



**Vlaanderen**  
is landbouw & visserij

**ILVO Mededeling 230**  
December 2017

# **EFFECT VAN BANDENSPANNING EN BODEMVOCHTGEHALTE OP BODEMVERDICHTING EN GEWASGROEI**

**ILVO**

Instituut voor Landbouw-,  
Visserij- en Voedingsonderzoek

[www.ilvo.vlaanderen.be](http://www.ilvo.vlaanderen.be)



**Effect van bandenspanning  
en bodemvochtgehalte  
op bodemverdichting  
en gewasgroei**

ILVO MEDEDELING 230

December 2017

ISSN 1784-3197

Wettelijk Depot: D/2017/10.970/230

D'Hose Tommy

Ren Lidong

Cornelis Wim

Ruysschaert Greet

## Woord vooraf

Graag willen wij het DEPARTEMENT OMGEVING, Afdeling Vlaams Planbureau voor Omgeving bedanken voor het in ons gestelde vertrouwen en de financiering van deze studie.

December 2017

De auteurs



## INHOUDSTAFEL

|     |                                                                                                           |    |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1   | INLEIDING                                                                                                 | 7  |
| 2   | SITUERING PROEFVELD                                                                                       | 8  |
| 3   | MATERIAAL EN METHODEN                                                                                     | 12 |
| 3.1 | Proefopzet                                                                                                | 12 |
| 3.2 | Chemische en fysische karakterisatie proefveld                                                            | 15 |
| 3.3 | Drijfmesttoepassing bij vochtige omstandigheden                                                           | 16 |
| 3.4 | Drijfmesttoepassing bij droge omstandigheden                                                              | 22 |
| 3.5 | Zaaibedbereiding, inzaai en bijbemesting                                                                  | 22 |
| 3.6 | Opvolgen bodemfysische eigenschappen doorheen de proef                                                    | 23 |
| 3.7 | Gewasopvolging en maïsoogst                                                                               | 26 |
| 3.8 | Statistische analyse                                                                                      | 28 |
| 4   | RESULTATEN EN DISCUSSIE                                                                                   | 29 |
| 4.1 | Chemische en fysische karakterisatie proefveld voor aanvang van de proef                                  | 29 |
| 4.2 | Effect van de bandenspanning en de omstandigheden van drijfmesttoepassing op de insporing en bandenafdruk | 33 |
| 4.3 | Effect van de bandenspanning op de bodemfysische eigenschappen                                            | 36 |
| 4.4 | Effect van de bandenspanning op de gewasopbrengst                                                         | 47 |
| 5   | CONCLUSIE                                                                                                 | 49 |
|     | REFERENTIES                                                                                               | 50 |



## 1 Inleiding

Het steeds groter en zwaarder worden van landbouwmachines als antwoord op de toenemende productiviteitseis en de noodzaak tot het betreden van het veld in soms (te) vochtige omstandigheden maakt van **bodemverdichting een actueel probleem in de Vlaamse land- en tuinbouw**. Bodemverdichting kan in natte periodes o.a. leiden tot een **minder goede drainage** en dus wateroverlast. In droge periodes kunnen wortels niet aan water in de diepere bodemlagen en kan onder bepaalde omstandigheden het vocht dieper uit het profiel niet opstijgen, wat kan leiden tot **droogtestress**. Aangezien verschillende (Vlaamse) klimaatstudies langere droogteperiodes gevolgd door perioden van intense neerslag voorspellen, lijkt een goede waterhuishouding nog belangrijker te worden. Een **beperkte beworteling** kan tevens tot een **reductie van de gewasontwikkeling** en de opbrengst leiden. Gerapporteerde oogstverliezen situeren zich tussen 0,5% en 50% (Departement Leefmilieu, Natuur en Energie 2016). In onderzoek en praktijk zijn reeds verschillende systemen ontwikkeld die de bodembelasting beduidend kunnen verminderen. Het gebruik van vaste rijpaden, groot-volume banden, rupsen en drukwisselsystemen zijn enkele voorbeelden die er kunnen voor zorgen dat de draagkracht van de bodem niet wordt overschreden. Dergelijke systemen vinden echter nog geen algemene ingang in de Vlaamse landbouw.

Om de preventie van bodemverdichting meer onder de aandacht te brengen, voerde ILVO samen met de Universiteit Gent – Vakgroep Bodembeheer, in opdracht van LNE-ALBON, een veldproef uit waarbij het effect van bandenspanning op bodemverdichting en gewasgroei onderzocht werd. Hierbij werd gebruik gemaakt van een drijfmestvat uitgerust met een drukwisselsysteem. Tevens werd rekening gehouden met de bodemconditie bij het uitvoeren van de werkzaamheden. Het risico op bodemverdichting is immers sterk afhankelijk van het bodemvochtgehalte.

Deze veldproef had dan ook de volgende **doelstellingen**:

1. Het **effect van bandenspanning en bodemvochtgehalte bij het uitrijden van drijfmest op insporing, bodemdruk, bodemverdichting, vochthuishouding en gewasgroei onderzoeken**;
2. Plaatsen **bereden** met het drijfmestvat **vergelijken met niet-bereden** plaatsen qua bodemverdichting, vochthuishouding en gewasgroei.

De volgende hypothesen werden daarbij vooropgesteld:

- H1:** Het toepassen van drijfmest bij natte omstandigheden heeft een negatief effect op insporing, bodemdruk, vochthuishouding, bodemverdichting in de diepere lagen en gewasgroei in vergelijking met toepassen in droge omstandigheden.
- H2:** Het toepassen van drijfmest met een hoge bandenspanning heeft een negatief effect op insporing, bodemdruk, vochthuishouding, bodemverdichting in de diepere lagen en gewasgroei in vergelijking met toepassen met een lage bandenspanning.
- H3:** Het berijden van de bodem met het drijfmestvat heeft een negatief effect op vochthuishouding, bodemverdichting in de diepere lagen en gewasgroei in vergelijking met niet berijden.

## 2 Situering proefveld

Om het effect van bandenspanning op de bodemverdichting en de gewasgroei aan te tonen, werd een veldproef aangelegd op de terreinen van het Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek (ILVO). Het perceel situeert zich aan de gebouwen van het vroegere CRV gelegen aan de Van Thorenburghlaan in Scheldewindeke (50°57'N, 03°47'O), is ongeveer 1 ha groot en wordt omzoomd door bomenrijen (Figuur 2-1). De bodem is volgens de Belgische bodemkaart een zandleembodem ((w)Lda: matig natte zandleembodem met textuur B horizont en qLca: matig droge zandleembodem met textuur B horizont; Figuur 2-2).



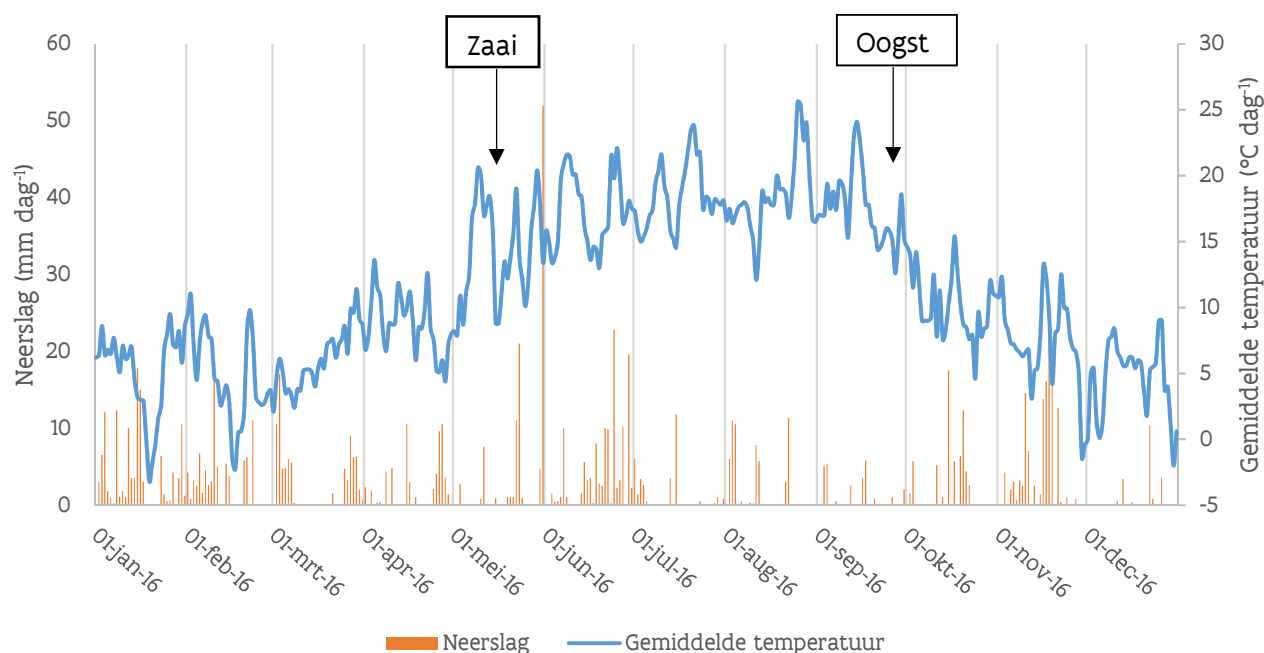
Figuur 2-1: Luchtfoto van het proefperceel (blauwe lijn) en de zwaar verdichte zone (gele lijn) (Bron: Google Earth, 06/12/2016)





Figuur 2-2: Luchtfoto van het proefperceel met aanduiding van de bodemtypes (w)Lda (matig vochtige zandleembodem met textuur B horizont) en qlca (matig droge zandleembodem met textuur B horizont) (bron: Databank Ondergrond Vlaanderen, 10/03/2017)

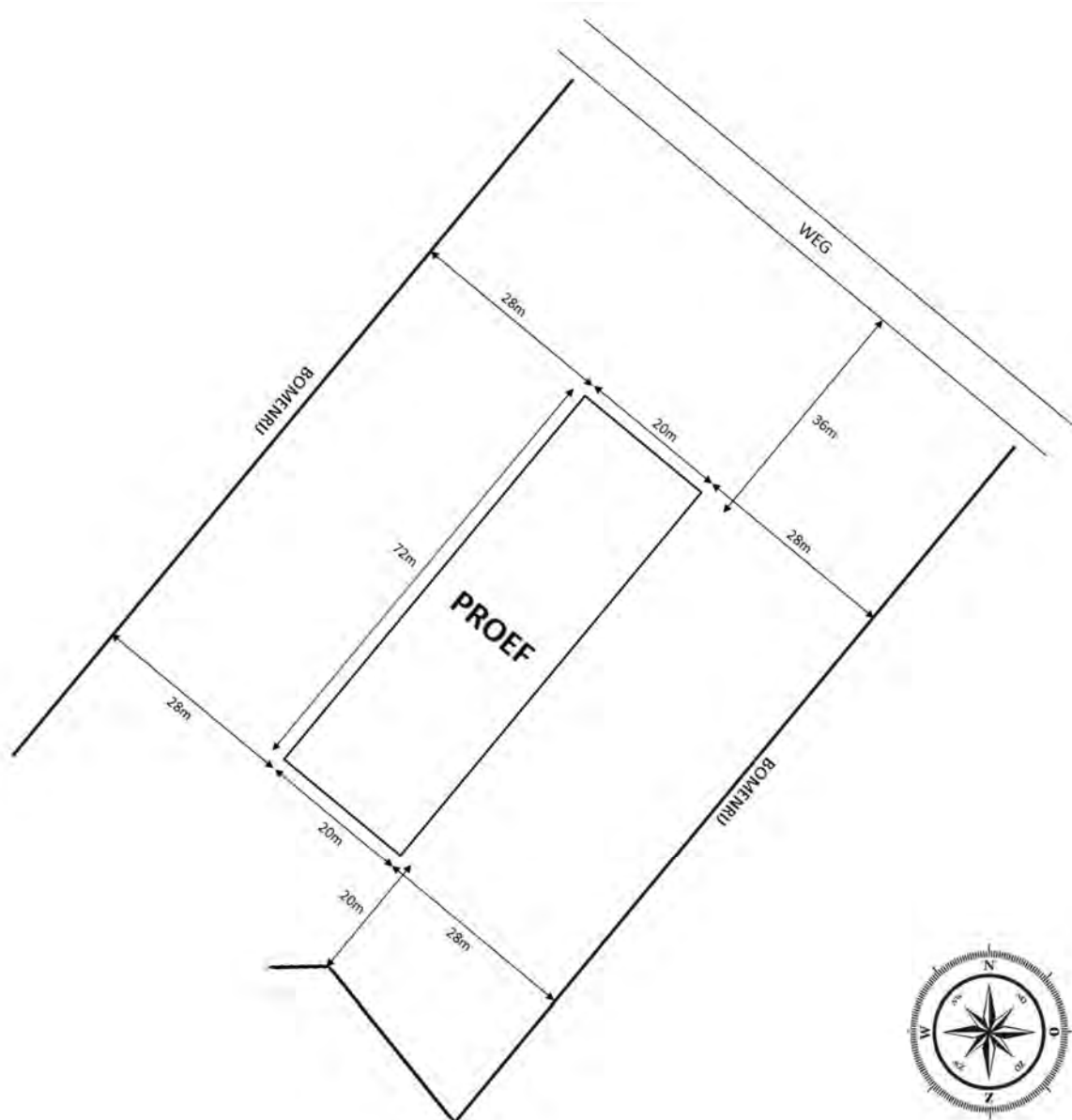
De gemiddelde temperatuur en totale neerslag voor de site in 2016 bedroegen respectievelijk 11°C en 898 mm (KMI meetstation, Merelbeke). De weersgegevens voor 2016 staan tevens weergegeven in Figuur 2-3. De temperatuur kende een gemiddeld verloop doorheen het groeiseizoen (mei-september). Enkel de maand september was uitzonderlijk warm met een gemiddelde temperatuur die 2,5°C boven het lang jaarlijks gemiddelde (1981-2010; bron KMI) uitkwam. De hoeveelheid neerslag kende een grillig verloop. De maanden voorafgaand aan de bloei van de maïs (mei-juni) waren uitzonderlijk nat met een totale maandelijkse neerslag van 110-160mm wat ruim boven het lang jaarlijks gemiddelde 1981-2010 lag (60-150% meer neerslag dan normaal; bron: KMI). De maand september was dan weer uitzonderlijk droog met slechts 30-40% van de normale hoeveelheid neerslag.



Figuur 2-3: Gemiddelde dagelijkse temperatuur en hoeveelheid neerslag voor het jaar 2017 (KMI meetpunt Merelbeke)

In 2015 werden er aardappelen geteeld gevolgd door winterrogge als groenbedekker. Om de heterogeniteit van het perceel in kaart te brengen, werden in het voorjaar van 2016 (29-30/02/2016 en 02/03/2016) een groot aantal penetrometingen uitgevoerd op het perceel. De metingen werden uitgevoerd tot een diepte van 80cm en op 32 transecten (verspreid over het perceel) van elk 3m loodrecht op de lengterichting (en bewerkingsrichting) van het perceel. Binnen ieder transect werden 5 metingen uitgevoerd op ongeveer een afstand van 60cm van elkaar. De penetrometingen werden uitgevoerd met de Eijkelkamp Penetrologger voorzien van een conus met een oppervlak van 1,0 cm<sup>2</sup> en een hoek van 60°. De metingen werden uitgevoerd aan een snelheid van 2 cm s<sup>-1</sup>.

Uit deze metingen bleek dat aan de bovenzijde van het perceel (noordoosten) een zwaar verdichte zone aanwezig was (gele lijn op Figuur 2-1). Ter hoogte van de ploegzool (30-40cm) werden waarden genoteerd tot 8 MPa waarbij op sommige plaatsen de ploegzool ondoordringbaar bleek voor de penetrologger. Deze zone werd dan ook gemeden bij de aanleg van de proef. Tevens werd er rekening gehouden met de eventuele schaduweffecten van de bodemrijen op de gewasgroei en werd er voldoende afstand bewaard (28m) van de zijanten van het perceel. De oppervlakte binnen het perceel die uiteindelijk werd aangewend voor de aanleg van de proef bedraagt 20m bij 72m en staat weergegeven in Figuur 2-4.



Figuur 2-4: Situering van het proefvlak binnen het perceel

### 3 Materiaal en methoden

#### 3.1 Proefopzet

De verschillen in bandenspanning en bijgevolg bodemdruk werden in dit proefopzet gecreëerd tijdens het toepassen van drijfmest in het voorjaar. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een tandem (dubbelas) drijfmestvat (Dezwaef) dat tevens uitgerust was met een luchtdrukwisselsysteem (Figuur 3-1). De technische specificaties staan weergegeven in Tabel 3-1.



Figuur 3-1: Drijfmestvat tandem met luchtdrukwisselsysteem

Tabel 3-1: Technische specificaties drijfmestvat tandem met luchtdrukwisselsysteem en de trekker

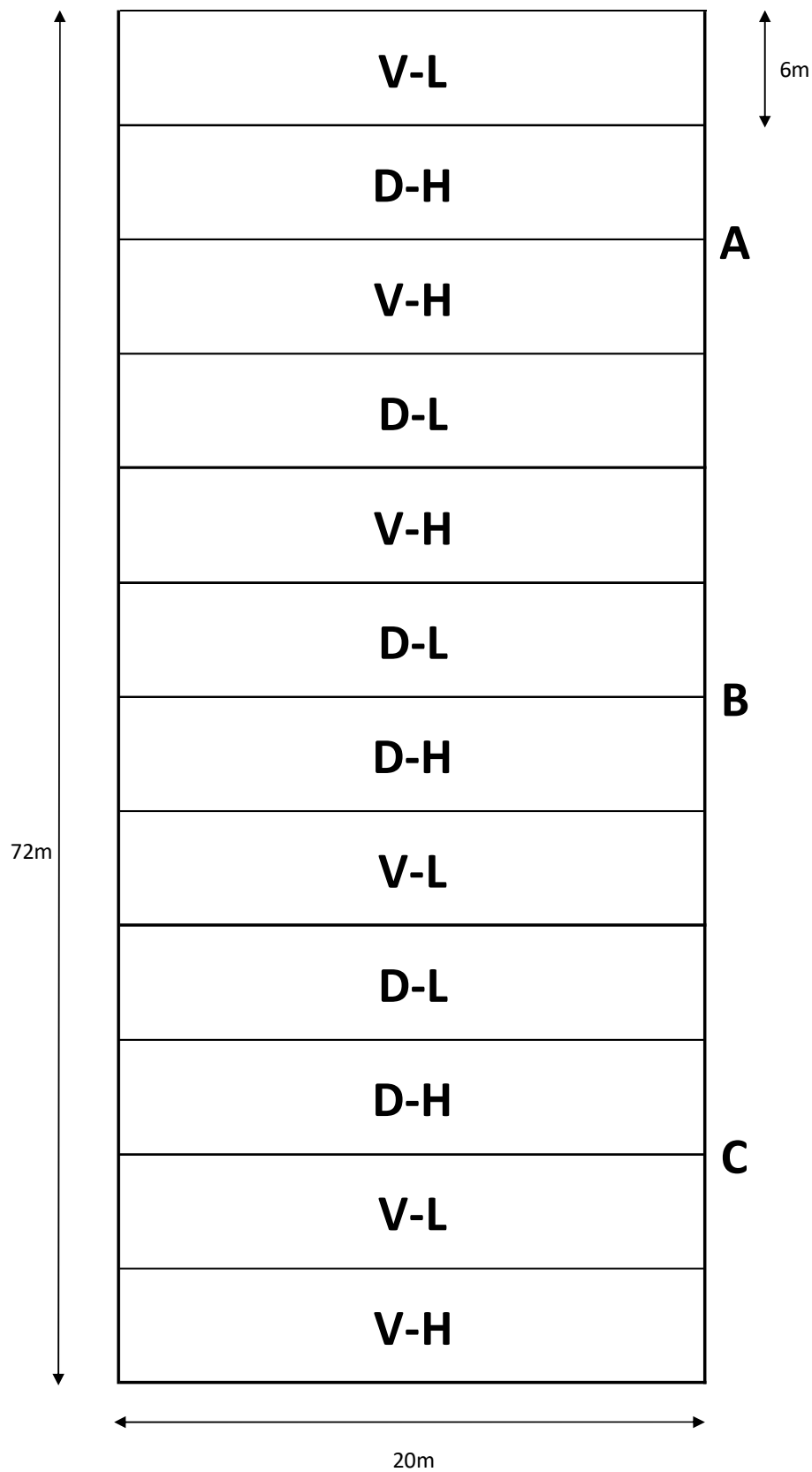
|                            |                                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b><u>Drijfmestvat</u></b> |                                                                                                                                                                                                              |
| Leeggewicht                | 9000 kg                                                                                                                                                                                                      |
| Inhoud                     | 16 m <sup>3</sup>                                                                                                                                                                                            |
| Aantal assen               | 2                                                                                                                                                                                                            |
| Bandenmaat                 | 800/60R32                                                                                                                                                                                                    |
| Bandenmerk/type            | Alliance 380 flotation radial                                                                                                                                                                                |
| Bandendrukwisselsysteem    | rotorcomp evo nk06 schroef-compressor in combinatie met Strobbe tractie-as zodat leiding door as kan. Maximaal debiet compressor: 5,5m <sup>3</sup> /min; werkelijk debiet compressor 4,5m <sup>3</sup> /min |
| <b><u>Trekker</u></b>      |                                                                                                                                                                                                              |
| Type                       | John Deere 6175R                                                                                                                                                                                             |
| Vermogen                   | 175 pk                                                                                                                                                                                                       |
| Gewicht                    | 7350 kg                                                                                                                                                                                                      |
| Bandentype/-druk vooraan   | Michelin Multibib 540/65 R30 / 1,0 bar                                                                                                                                                                       |
| Bandentype/-druk achteraan | Michelin Multibib 650/65 R42 / 1,6 bar                                                                                                                                                                       |



De druk in de banden kan ingesteld worden op **3 bar (hoge druk)** voor transport op de weg en op **1 bar (lage druk)** voor het uitvoeren van werkzaamheden op het veld. In praktijk beschikt een landbouwer en/of loonwerker niet altijd over een drukwisselsysteem en zullen de werkzaamheden op het veld bijgevolg ook uitgevoerd worden bij een druk van 3 bar. In dit proefopzet werd de drijfmest dan ook toegepast bij 3 bar en bij 1 bar in de banden van het drijfmestvat. De druk in de banden van de trekker bleef ongewijzigd. Naast de bandenspanning speelt ook het vochtgehalte van de bodem op het moment van de drijfmesttoepassing een rol. Bij vochtige omstandigheden is er immers een hoger risico op bodemverdichting dan bij droge omstandigheden. In dit proefopzet werd het **vochtgehalte van de bodem** dan ook meegenomen als een factor en werd de drijfmest toegepast bij **vochtige omstandigheden** en bij **droge omstandigheden**. De combinatie van bandenspanning en bodemvochtgehalte resulteerde in 4 behandelingen:

- Vochtige omstandigheden – lage druk (**V-L**)
- Vochtige omstandigheden – hoge druk (**V-H**)
- Droge omstandigheden – lage druk (**D-L**)
- Droge omstandigheden – hoge druk (**D-H**)

De proef werd aangelegd in 3 herhalingen en binnen iedere herhaling (blok A, B en C) werden de 4 behandelingen ad-random aangelegd (Figuur 3-2). De plotgrootte bedroeg 6x20m<sup>2</sup>.



Figuur 3-2: Proefplan (D: droge omstandigheden; V: vochtige omstandigheden; H: hoge bandendruk (3 bar); L: lage bandendruk (1 bar))

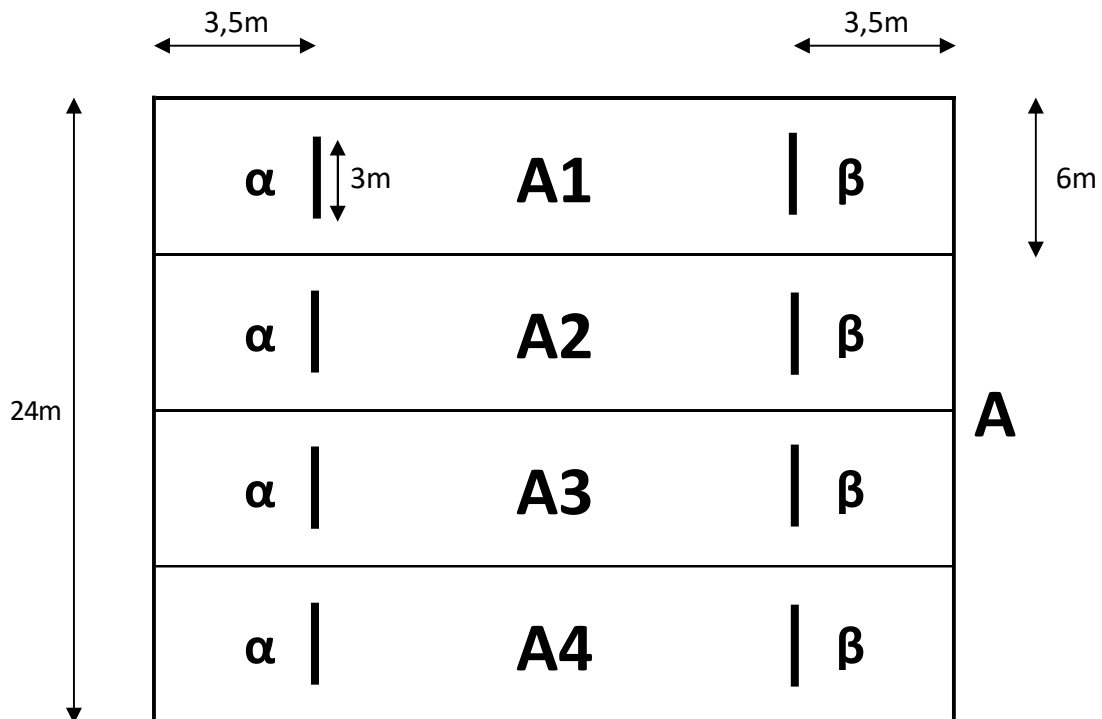
## 3.2 Chemische en fysische karakterisatie proefveld

Vooraleer van start te gaan met de proef werden de plots uitvoerig gescreend. Per plot werd een bodemstaal (mengstaal uit 5 steken) genomen tot een diepte van 90cm (opgedeeld in 0-30, 30-60 en 60-90cm). De stalen werden binnengebracht in het labo en bewaard bij -20°C tot analyse. Net voor analyse werden de stalen van de 0-30cm bodemlaag ontdooid bij 4°C, gehomogeniseerd en opgedeeld in vier substalen. Eén substaal werd onmiddellijk gebruikt voor de bepaling van de minerale stikstof. De minerale stikstof werd gemeten in een 1 M KCl-extract volgens de ISO TS14256-1:2003-norm met behulp van een Skalar San++ continuous flow analyzer. Ook het tweede substaal werd direct gebruikt voor de bepaling van de pH. De pH werd potentiometrisch gemeten in een 1:5 bodem:KCl (1M) extract volgens de ISO 10390-norm. Het derde en vierde substaal werden gedroogd in de oven bij respectievelijk 45°C en 70°C en vervolgens gemalen en gezeefd over respectievelijk 2mm en 250 µm. Ammonium lactaat extraheerbare P, Ca, Mg en K (P-AL, Ca-AL, Mg-AL en K-AL) werden gemeten op het derde substaal door extractie van de bodem met ammoniumlactaat (AL; extractie-ratio 1:20) in donkere polyethyleen flesjes. De flesjes werden geschud voor 4u waarna de suspensie werd gefilterd en bewaard bij 4°C tot analyse. P-AL, Ca-AL, Mg-AL en K-AL werden vervolgens gemeten met behulp van een ICP-OES (Varian Vista-Pro). Totale organische koolstof (OC) en stikstof (Totale N) werden gemeten op het vierde substaal door verbranding van het gedroogde monster bij respectievelijk 1050°C (Skalar Primacs SLC TOC analyser; ISO 10694) en 950°C (Thermo Flash 4000 N-analyser; ISO 13878). Ook de stalen van de 30-60 en 60-90cm bodemlaag werden ontdooid bij 4°C waarna enkel minerale N bepaald werd.

Naast de chemische karakterisatie werd de bodem ook fysisch gekarakteriseerd door middel van penetrometingen en het nemen van Kopecky-ringen. De penetrometingen (80cm diep) werden uitgevoerd op 2 transecten van 3m lang in iedere plot ( $\alpha$  en  $\beta$ , allebei op 3,5m van de rand van de plot; voorbeeld voor blok A in Figuur 3-3; idem voor blok B en C) waarbij 5 metingen werden uitgevoerd per transect (ongeveer 60cm tussen 2 metingen).

De Kopecky-ringen (hoogte 5cm; volume 100 cm<sup>3</sup>) werden enkel langs de  $\alpha$ -zijde genomen in het midden van het transect en dit op 2 verschillende dieptes, 10cm (7,5-12,5cm) en 25cm (22,5 – 27,5cm), m.b.v. een speciale boor met gesloten ringhouder. De Kopecky-ringen werden onverstoord naar het labo gebracht voor de bepaling van bulkdichtheid, porositeit en de vochtretentiekaracteristiek.

Voor de vochtretentiekaracteristiek werd het vochtgehalte bepaald bij zeven verschillende zuigspanningen, met name -10, -30, -50, -100, -333, -1000, -15000 hPa (overeenkomend met pF 1,0; 1,5; 1,7; 2,0; 2,5; 3,0; 4,2) volgens de methode van Cornelis et al. (2005). Een zandbak voor pF-bepalingen werd gebruikt voor pF 1,0 tot pF 2,0 terwijl een drukplaat werd gehanteerd voor pF 2,5 tot pF 4,2. Eens het evenwicht bij pF 2,0 werd bereikt, werd het gewicht van de bodem en de hoogte van de bodem in de Kopecky-ring bepaald. Vervolgens werden uit de ring 4 substalen genomen waarvan één substaal (20-30g) werd gedroogd bij 105°C voor de bepaling van de bulkdichtheid en het volumetrisch bodemvochtgehalte. De drie andere substalen werden gebruikt voor de bepaling van het vochtgehalte bij een pF van 2,5; 3,0 en 4,2. De porositeit werd als volgt berekend:  $\text{Porositeit} = 1 - (\rho_b / \rho_s)$  waarbij  $\rho_b$  staat voor de bulkdichtheid van de bodem (Mg m<sup>-3</sup>) en  $\rho_s$  voor de partikeldensiteit (Mg m<sup>-3</sup>) die bepaald werd aan de hand van de pycnometermethode. Tot slot werd aan de hand van de bodemvochtgehaltes bij verschillende pF een vochtretentiekaracteristiek gefit waarbij gebruik gemaakt werd van de van Genuchten-vergelijking (van Genuchten et al. 1980).



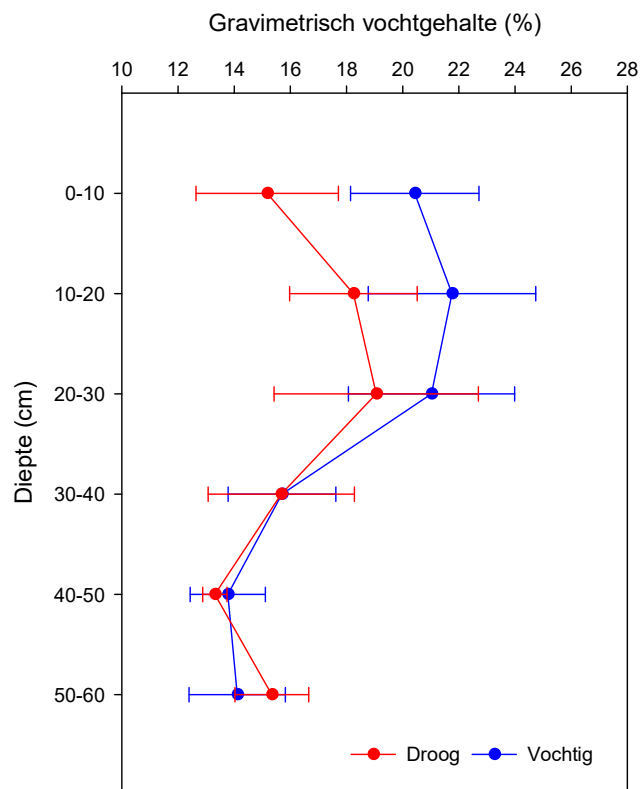
Figuur 3-3: Locatie van de transecten  $\alpha$  en  $\beta$  in iedere plot van blok A (idem voor blok B en C) waarlangs de penetrometingen werden uitgevoerd voor de aanleg van de proef.

### 3.3 Drijfmesttoepassing bij vochtige omstandigheden

Na de karakterisatie van de plots konden de verschillende behandelingen aangelegd worden. Vooraleer van start te gaan met de drijfmesttoepassing werd de winterrogge geklepeld op 18 april 2016. Dit gebeurde in de lengterichting (noordoost – zuidwest) van het perceel waarbij er werd over gewaakt dat de banden van de trekker niet over de transecten ( $\alpha$  en  $\beta$ ) reden. Diezelfde dag werden na het klepelen de behandelingen N-L en N-H aangelegd. Er werden vochtstalen genomen tot een diepte van 60cm (per interval van 10cm) in het midden van de  $\alpha$  en  $\beta$ -transecten in iedere plot. Deze staalname werd herhaald voor de drijfmesttoepassing bij droge omstandigheden in de behandelingen D-L en D-H (zie 3.4). De resultaten staan weergegeven in Figuur 3-4 en tonen aan dat de verschillen in vochtgehalte tussen 'vochtig' en 'droog' zich enkel in de bouwlaag (0-30cm) situeren. Het gemiddelde gravimetrisch **vochtgehalte van de proef (0-30cm)** bij aanleg in **vochtige** omstandigheden bedroeg **21,3%** wat overeenstemt met een volumetrisch vochtgehalte van 29,3% en een vochtspanning van -324 hPa (pF 2,51). Het gemiddelde gravimetrisch **vochtgehalte van de proef (0-30cm)** bij aanleg in **droge** omstandigheden bedroeg **17,5%** wat overeenstemt met een volumetrisch vochtgehalte van 24,1% en een vochtspanning van -724 hPa (pF 2,86) <sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Om de vochtspanning bij aanleg van de proef in vochtige en droge omstandigheden te berekenen werd het gravimetrisch vochtgehalte omgezet naar volumetrisch vochtgehalte aan de hand van de gemeten bulkdichtheden in de 10 en 25cm laag voor de aanvang van de proef in de N-H behandeling (Tabel 4-3; gemiddelde bulkdichtheid 0-30cm = 1,38 Mg m<sup>-3</sup>); Vervolgens werd gebruik gemaakt van de gemodelleerde vochtretentiekaracteristiek (zie Figuur 4-2) in de 10 en 25cm bodemlaag om de vochtspanning af te leiden.





Figuur 3-4: Gemiddeld gravimetrisch vochtgehalte en standaardafwijking in de 0-60cm bodemlaag (per interval van 10cm) bij het toepassen van de drijfmest in vochtige en droge omstandigheden (n=12)

De drijfmest werd toegepast aan een dosis van  $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$  (wat overeenstemde met  $170 \text{ kg N ha}^{-1}$ ) met het tandem drijfmestvat. **De stroken op hoge druk werden eerst aangelegd.** Het vat werd volledig gevuld met runderdrijfmest en de druk in de banden van het drijfmestvat werd ingesteld op **3 bar** (Figuur 3-5).



Figuur 3-5: Bandenspanning ingesteld op 3 bar

De drijfmest werd oppervlakkig toegepast in de breedterichting van het perceel (van noordwest naar zuidoost). De werkbreedte van het drijfmestvat bedroeg 5,6m. De trekker reed op GPS waardoor bij iedere strook van 6m de combinatie trekker+drijfmestvat éénmalig en juist in het midden reed. In iedere strook bleef dus 20cm langs weerszijden van de strook onbemest.



Figuur 3-6: Oppervlakkige toepassing van de drijfmest in de plots (links: net voor het inzetten van de drijfmesttank in de proefstrook, rechts: na de passage van het drijfmestvat)

Net voorbij elke proefstrook kwam de trekker tot stilstand, werd er gestopt met drijfmest toepassen en werd de injecteur in hef geplaatst zodat tevens een staal kon genomen worden van de runderdrijfmest. Vervolgens werd rond het linker achterste wiel van het drijfmestvat kalk gestrooid om de bandenafdruk te kunnen vastleggen (Figuur 3-7).





Figuur 3-7: Vastleggen van de bandenafdruk van het drijfmestvat na iedere proefstrook (linksboven: trekker en drijfmestvat komen tot stilstand net voorbij de proefstrook, rechtsboven en linksonder: kalk strooien rond linker achterwiel van het drijfmestvat, rechtsonder: resulterende bandenafdruk)

Bovenstaande procedure werd drie maal herhaald voor de drie V-H stroken in de proef. Vervolgens werd het drijfmestvat opnieuw volledig gevuld met runderdrijfmest en werd de **druk in de banden van het drijfmestvat verlaagd naar 1 bar** (Figuur 3-8).



Figuur 3-8: Bandenspanning ingesteld op 1 bar



Ook bij lage druk werd bovenstaande procedure drie maal herhaald voor de drie V-L stroken in de proef (Figuur 3-9).



Figuur 3-9: Luchtfoto van de veldproef na oppervlakkige toepassing van drijfmest bij lage (3 stroken) en hoge (3 stroken) bandenspanning bij vochtige omstandigheden (bron: Databank Ondergrond Vlaanderen, 06/12/2016)

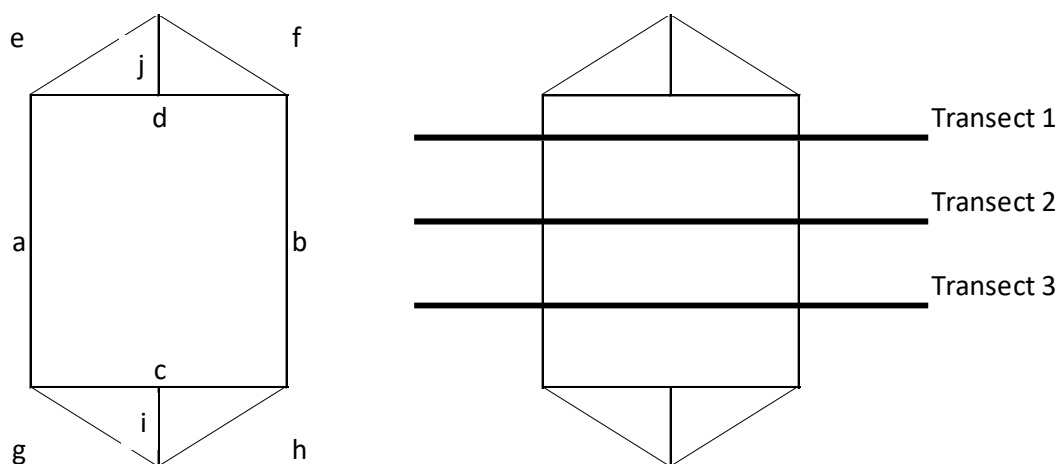
Na de drijfmesttoepassing werden de drie drijfmeststalen bij zowel hoge als lage druk samengebracht tot één mengstaal voor V-H en één voor V-L (idem voor D-H en D-L, zie verder). De stalen werden koel bewaard en binnen gebracht in het labo ter analyse. De samenstelling van de runderdrijfmest benaderde de gemiddelde samenstelling (Coppens et al. 2009) en er werden geen noemenswaardige verschillen in samenstelling vastgesteld tussen de verschillende behandelingen. Tevens werden volgende gegevens bepaald:

- **Tijd** nodig om de bandendruk te verhogen **van 1 naar 3 bar** en om de druk te verlagen **van 3 naar 1 bar**
- Het drijfmestvat werd ook **gewogen** na het vullen en na het toepassen van de drijfmest in de 3 stroken
- **Lengte en breedte** van de bandenafdruk
- **Insporing** in de bandenafdruk

De oppervlakte van de bandenafdruk werd opgemeten volgens Figuur 3-10 waarbij de totale oppervlakte van de bandenafdruk overeenstemde met de oppervlakte van de rechthoek abcd (er werd gewerkt met een gemiddelde van

de zijden a en b en van d en c voor de berekening van de oppervlakte van de rechthoek) in combinatie van de oppervlakte van de 2 driehoeken efd en cgh.

De insporing werd gemeten langs drie transecten dwars over de bandenaafdruk waarbij op iedere transect 5 metingen op de nok van de band gebeurden en 5 metingen tussen de nok (Figuur 3-10). Een panlat werd daarbij dwars over het rijspoor gelegd waarna de insporing werd gemeten met behulp van een vouwmeter (het opmeten van de insporing en bandenaafdruk staat tevens geïllustreerd in Figuur 3-11).



Figuur 3-10: Opmeten oppervlakte bandenaafdruk (links) en insporing (rechts)



Figuur 3-11: Opmeten bandenaafdruk en insporing

- De **wielsporen** van het drijfmestvat werden vastgelegd met de handheld GPS (3 punten per spoor, in het midden van het spoor, 2 sporen per strook).



Na het verzamelen van alle gegevens werd de drijfmest zeer oppervlakkig ingewerkt (ongeveer 5 cm diep) met behulp van een frees. De werkbreedte van de frees bedroeg 3m waardoor de trekker 2 maal diende te rijden in iedere strook. Het spoor van het drijfmestvat liep tussen de banden van de trekker (Figuur 3-12). De ruimte tussen de 2 sporen van het drijfmestvat werd dus bereiden door de trekker met de frees.



Figuur 3-12: Oppervlakkig inwerken (0-5cm) van de drijfmest met een frees

### 3.4 Drijfmesttoepassing bij droge omstandigheden

Op 09/05/2016 werd het tweede deel van de proef aangelegd bij droge omstandigheden. Ook hier werden voorafgaand aan het uitvoeren van de proef bodemstalen genomen in het midden van de  $\alpha$  en  $\beta$ -transecten in iedere plot tot een diepte van 60cm (per interval van 10cm) om het vochtgehalte te bepalen. Het gemiddelde gravimetrisch **vochtgehalte van de proef bij droge omstandigheden (0-30cm)** bedroeg **17,5%** wat overeen stemt met een volumetrisch vochtgehalte van 24,1% en een vochtspanning van -724 hPa (pF 2,81) (zie ook 3.3).

De aanleg van de proef bij droge omstandigheden verliep analoog aan de aanleg bij vochtige omstandigheden (3.3).

### 3.5 Zaaibedbereiding, inzaai en bijbemesting

Twee dagen na de drijfmesttoepassing bij droge omstandigheden (13/05/2016) werd het perceel geploegd (drieschaar) in de breedterichting van het perceel tot op een diepte van ongeveer 30cm. Het perceel werd zaaiklaar gelegd met behulp van een rotoeg en een trekker met brede banden en een luchtdrukwisselsysteem waardoor op lage druk (0,5 bar) kon worden gereden (Figuur 3-13). De trekkers voor ploegen en zaaibedbereiding, uitgerust met GPS, reden in de breedterichting van het perceel, net zoals bij berijding met het drijfmestvat.

Als laatste werd maïs ingezaaid (14/05/2016). De maïs (ras: LG30209; afstand tussen de rijen 75cm) werd ingezaaid aan een dichtheid van 100.000 zaden per hectare en dit in de lengterichting van het perceel (dus dwars op de rijrichting van het drijfmestvat). Tijdens de zaai werd tevens bijbemest met 200 kg ha<sup>-1</sup> groeistart (20-8-0 + 4 MgO + 0,05 B) wat overeenstemt met 40 kg N ha<sup>-1</sup> en 16 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>.



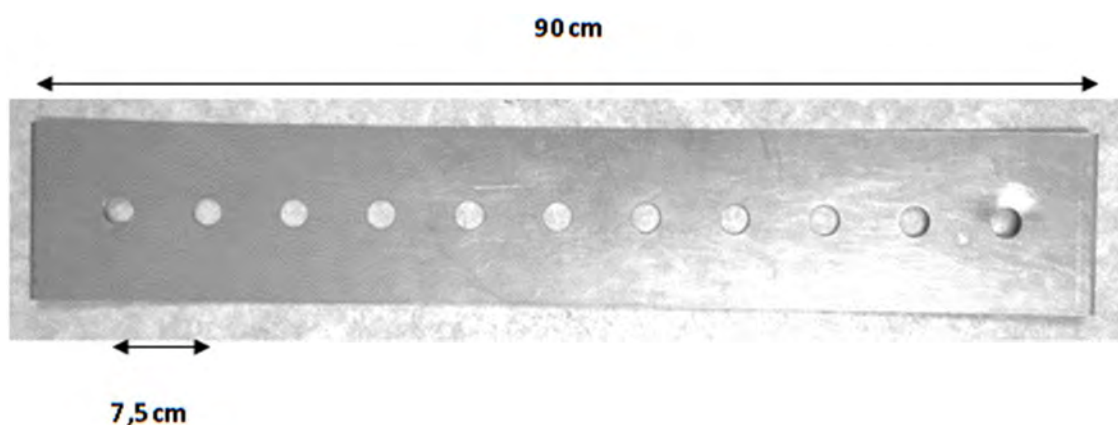


Figuur 3-13: John Deere 6150R trekker met brede banden en luchtdrukwisselsysteem in combinatie met rotoeg en zaaimachine (enkel de rotoeg werd gebruikt bij het zaaiklaar leggen in deze proef)

### 3.6 Opvolgen bodemfysische eigenschappen doorheen de proef

Net na elke drijfmesttoepassing en na de zaai van de maïs werden penetrometingen uitgevoerd en Kopecky-ringen genomen voor de bepaling van bulkdichtheid, porositeit en de vocht karakteristiek.

De penetrometingen net na het toepassen van de drijfmest in de V-L en V-H behandelingen werden uitgevoerd op 29/04/2016. Aan de hand van de handheld GPS werden de wielsporen van het drijfmestvat eerst opnieuw uitgezet (midden van ieder spoor werd vastgelegd in de GPS). In iedere strook werden vervolgens ter hoogte van de  $\alpha$  en  $\beta$ -transecten (Figuur 3-3) penetrometingen uitgevoerd dwars op de rijrichting van het drijfmestvat (bij  $\alpha$  gebeurde dit in het rechterspoor van het drijfmestvat, bij  $\beta$  in het linkerspoor). De penetrometingen werden zowel uitgevoerd in het spoor als tussen het spoor. Hiervoor werd gebruik gemaakt van een mal voorzien van 11 gaten (Figuur 3-14).



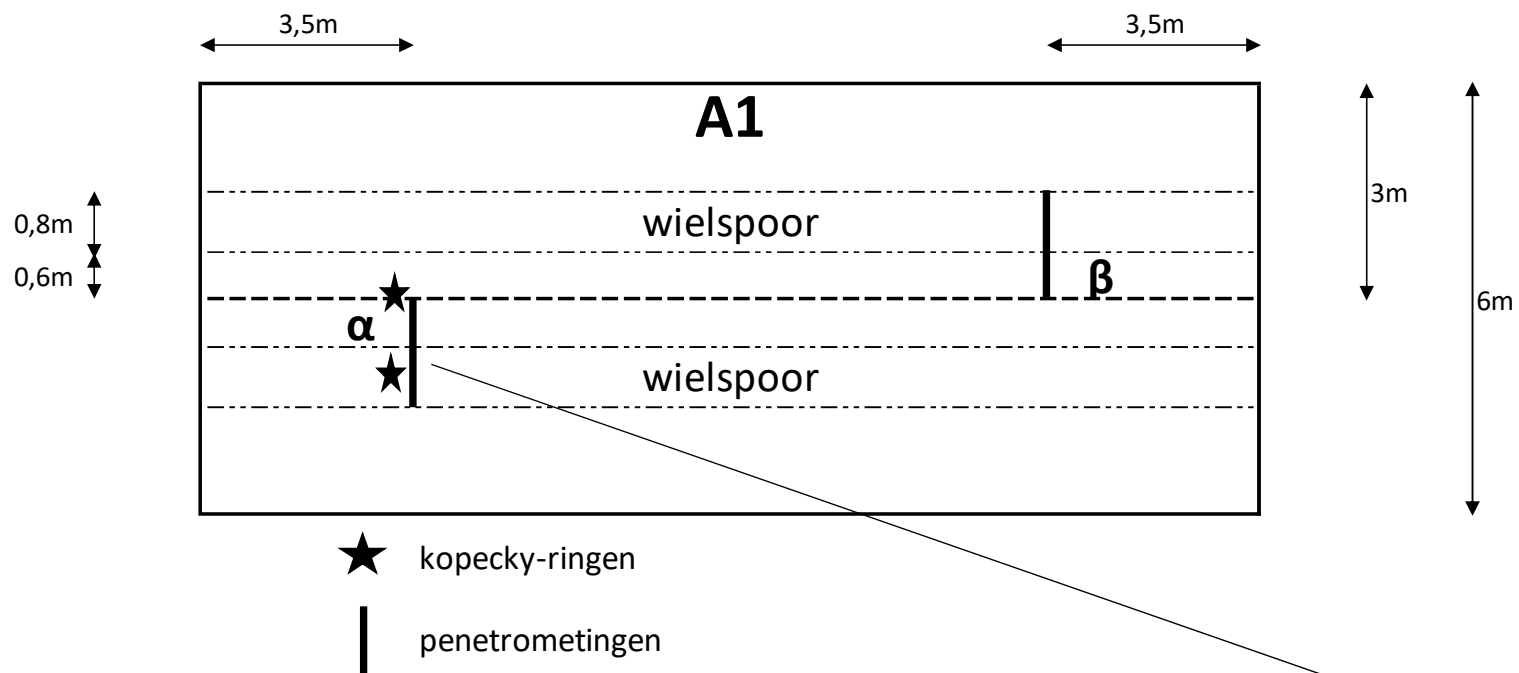
Figuur 3-14: Mal voorzien van 11 gaten die werd gebruikt bij het uitvoeren van de penetrometingen na het toepassen van de drijfmest en na de zaai van maïs

De mal werd dwars over het wielspoor geplaatst waarbij de buitenste zijde van de mal overeenstemde met de buitenzijde van de band. Na het nemen van 11 metingen (10 metingen in het spoor en 1 meting buiten het spoor, afstand tussen de metingen bedroeg 7,5cm) werd de mal verplaatst. De mal sloot hierbij perfect aan bij de vorige positie waarna nog 4 extra metingen buiten het spoor werden genomen met een tussenafstand van 15cm. De 15<sup>e</sup> en laatste meting situeerde zich ongeveer in het midden van de plot (Figuur 3-15).

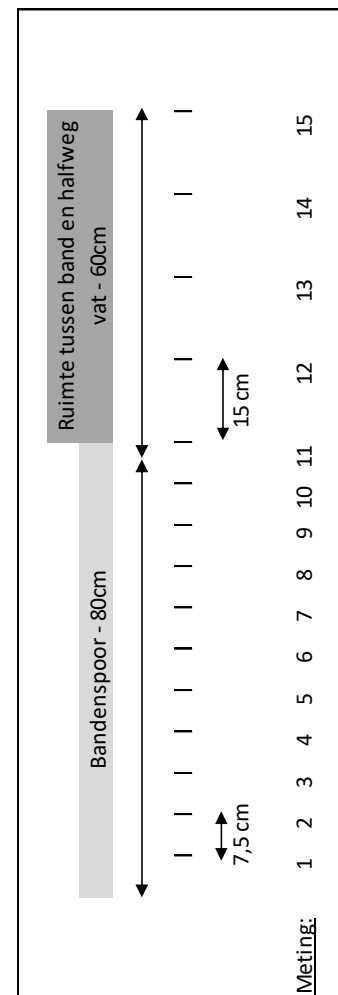
Na de penetrometingen werden ook bodemstalen genomen tot een diepte van 60cm (per interval van 10cm) in het midden van de  $\alpha$  en  $\beta$ -transecten (Figuur 3-3) om het vochtgehalte te bepalen (03/05/2016).

Na het aanleggen van de D-L en D-H behandelingen werden ook in deze stroken penetrometingen uitgevoerd volgens dezelfde werkwijze als hierboven beschreven (10/05/2016). Hier werden geen extra vochtstalen genomen aangezien het bodemvochtgehalte reeds bepaald werd op 09/05/2016 net voor de drijfmesttoepassing onder droge omstandigheden. Op 10/05/2016 werden tevens de Kopecky-ringen genomen in alle stroken (zowel D-L en D-H als V-L en V-H) en dit zowel in de toplaag (10 (7,5-12,5)cm) als in de ploegzool (35 (32,5-37,5)cm). De ringen werden enkel genomen langs de  $\alpha$ -zijde van iedere strook en op 2 verschillende locaties: in het midden van de proefstrook (tussen beide wielsporen van het drijfmestvat) en in het midden van het rechterwielspoor (Figuur 3-15).

Ongeveer anderhalve maand na het zaaien van de maïs werden opnieuw penetrometingen uitgevoerd in alle behandelingen (29/06/2016) volgens dezelfde werkwijze als hierboven beschreven. Tevens werden bodemstalen genomen tot een diepte van 60cm (per interval van 10cm) in het midden van de  $\alpha$  en  $\beta$ -transecten (Figuur 3-3) om het vochtgehalte te bepalen. Het nemen van Kopecky-ringen werd beperkt tot één behandeling: N-H (02/07/2016). In analogie met de staalname net na de drijfmesttoepassing werd zowel in de toplaag (10 (7,5-12,5)cm) als in de ploegzool (35 (32,5-37,5)cm) bemonsterd. De ringen werden enkel genomen langs de  $\alpha$ -zijde van iedere strook en op 2 verschillende locaties: in het midden van de proefstrook (tussen beide wielsporen van het drijfmestvat) en in het midden van het rechterwielspoor (Figuur 3-15).



Figuur 3-15: Locatie van de penetrometingen en de Kopecky-ringen in strook A1 (idem voor alle andere stroken)



### 3.7 Gewasopvolging en maïsoogst

Tijdens het groeiseizoen werd de groei van de maïs visueel opgevolgd. Een maand na zaai (10/06/2016) werden tevens herbiciden toegepast (1,5 l ha<sup>-1</sup> clio elite, 0,6 l ha<sup>-1</sup> samson, 1,0 l ha<sup>-1</sup> zeus, 0,3 l ha<sup>-1</sup> banvel).

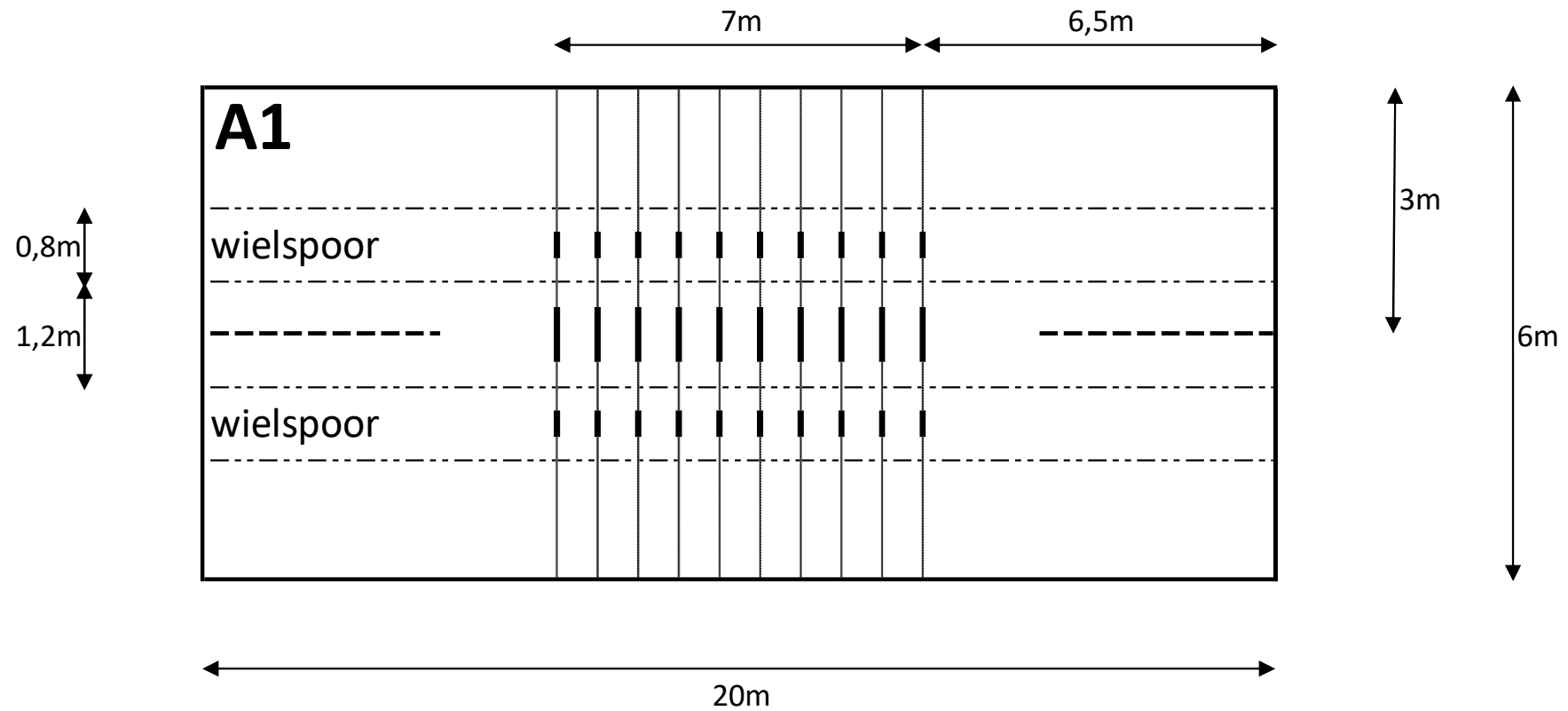
Op 28/09/2016 werd de maïs geoogst (Figuur 3-16).



Figuur 3-16: Foto van de maïs op moment van oogst (28/10/2016)

In iedere proefstrook werden de 10 middelste rijen geselecteerd voor oogst. Gezien de maïs in de lengterichting van het perceel werd gezaaid, groeide van iedere rij een deel van de planten in een wielspoor van het drijfmestvat en tussen de wielsporen van het drijfmestvat. Om het potentiële effect van 'in spoor/tussen spoor' op de gewasgroei te achterhalen, werden bij iedere rij 5 planten manueel geoogst 'in spoor' (verdeeld over de twee wielsporen per proefstrook) en 5 planten 'tussen spoor' (Figuur 3-17; Figuur 3-18). Voor iedere proefstrook resulteerde dit bijgevolg in 50 geoogste planten 'in spoor' en 50 geoogste planten 'tussen spoor'. De 50 volledige maïsplanten (kolf + stengel) werden gewogen voor de bepaling van de verse opbrengst waarna 4 maïsplanten ad random werden geselecteerd, gehakseld en gedroogd voor 48u bij 70°C voor de bepaling van het drogestof-gehalte.





Figuur 3-17: Schematische voorstelling van de manueel geoogste oppervlakte in de middelste 10 maïsrijen van proefstrook A1 (idem voor alle andere proefstroken)



Figuur 3-18: Geoogste maïsplanten 'in spoor' (links en rechts) en 'tussen spoor' (midden)

### 3.8 Statistische analyse

De statistische analyse werd uitgevoerd met behulp van SPSS Statistics 23. Bij de chemische karakteristatie van de proef werd geen onderscheid werd gemaakt tussen 'in spoor' en 'tussen spoor' en werden de data geanalyseerd als een Randomized Complete Block Design met 'behandeling' (D-L, D-H, V-L, V-H) als factor en dit in 3 herhalingen. Na het toepassen van de drijfmest werd er wel een onderscheid gemaakt tussen 'in spoor' en 'tussen spoor' en werden de fysische bodemdata en de opbrengstgegevens geanalyseerd volgens twee methodes. Volgens een eerste methode werd enkel gebruik gemaakt van de data 'in spoor' en werd de proef geanalyseerd als een two-way anova met als factoren 'bodemvochtgehalte bij aanleg van de proef' en 'bandendruk'. Op die manier wordt getracht het effect van bodemvochtgehalte en bandenspanning op de bodemfysische data en gewasopbrengst te achterhalen (**H1 en H2**). Volgens een tweede methode werden de data 'in spoor' en 'tussen spoor' gebruikt en werd de proef geanalyseerd als een Split-Plot Design met 2 factoren ('behandeling' en 'spoor (in en tussen)') in 3 herhalingen. Op die manier wordt getracht het effect van al dan niet berijden met het drijfmestvat op de bodemfysische data en gewasopbrengst te achterhalen (**H3**). Indien er een significant effect van de factor 'behandeling' werd waargenomen, werd een post-hoc Scheffé-test uitgevoerd om significante verschillen ( $p < 0,05$ ) aan te tonen tussen de vier verschillende behandelingen. De statistische procedures staan beschreven in Gomez en Gomez (1984).

## 4 Resultaten en discussie

### 4.1 Chemische en fysische karakterisatie proefveld voor aanvang van de proef

De resultaten van de chemische bodemeigenschappen voor proefaanleg staan weergegeven in Tabel 4-1. Er werd geen statistisch significant effect vastgesteld ( $p > 0,05$ ) van de plots waar de verschillende behandelingen zullen aangelegd worden op TOC, pH, Totale N, K-AL, Mg-AL, Ca-AL en P-AL in de 0-30cm bodemlaag. Ook de hoeveelheid beschikbare minerale stikstof ( $\text{NO}_3\text{-N} + \text{NH}_4\text{-N}$ ) in het volledige profiel (0-90) toonde geen significante verschillen tussen de verschillende plots. De vier behandelingen startten dus op gelijke voet wat maakt dat eventuele verschillen in gewasopbrengst niet te wijten zullen zijn aan de chemische samenstelling van de bodem.

Tabel 4-1: Chemische bodemeigenschappen in de verschillende behandelingen voor de aanvang van de proef (n=3)

| <b>0-30cm</b>                  |                |                    |                      |                                                  |                                       |                                       |                                      |
|--------------------------------|----------------|--------------------|----------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Behandeling<sup>1</sup></b> | <b>OC</b><br>% | <b>pH-KCl</b><br>- | <b>Totale N</b><br>% | <b>K-AL<sup>2</sup></b><br>mg 100g <sup>-1</sup> | <b>Mg-AL</b><br>mg 100g <sup>-1</sup> | <b>Ca-AL</b><br>mg 100g <sup>-1</sup> | <b>P-AL</b><br>mg 100g <sup>-1</sup> |
| V-L                            | 1,63 ± 0,08    | 5,93 ± 0,07        | 0,15 ± 0,01          | 23 ± 4                                           | 26 ± 3                                | 151 ± 5                               | 37 ± 8                               |
| V-H                            | 1,57 ± 0,11    | 5,91 ± 0,02        | 0,14 ± 0,01          | 22 ± 3                                           | 26 ± 3                                | 147 ± 5                               | 38 ± 4                               |
| D-L                            | 1,60 ± 0,09    | 5,89 ± 0,03        | 0,14 ± 0,01          | 22 ± 4                                           | 25 ± 2                                | 144 ± 3                               | 34 ± 2                               |
| D-H                            | 1,57 ± 0,03    | 5,88 ± 0,02        | 0,14 ± 0,01          | 24 ± 2                                           | 26 ± 3                                | 145 ± 1                               | 37 ± 6                               |

| <b>0-90cm</b>      |                                                |                                                |                                                                   |
|--------------------|------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| <b>Behandeling</b> | <b>NO<sub>3</sub>-N</b><br>kg ha <sup>-1</sup> | <b>NH<sub>4</sub>-N</b><br>kg ha <sup>-1</sup> | <b>NO<sub>3</sub>-N + NH<sub>4</sub>-N</b><br>kg ha <sup>-1</sup> |
| V-L                | 11,2 ± 3,0                                     | 17,1 ± 1,4                                     | 28,3 ± 2,6                                                        |
| V-H                | 8,9 ± 0,3                                      | 17,7 ± 1,1                                     | 26,6 ± 0,8                                                        |
| D-L                | 8,7 ± 0,1                                      | 16,9 ± 0,7                                     | 25,6 ± 0,7                                                        |
| D-H                | 9,3 ± 1,0                                      | 17,6 ± 0,5                                     | 26,9 ± 0,9                                                        |

<sup>1</sup> Er werden geen significante effecten ( $p > 0,05$ ) vastgesteld van behandeling op de chemische bodemeigenschappen; <sup>2</sup> AL: ammonium-lactaat extraheerbare

In Tabel 4-2 worden tevens de gemiddelde waarden vergeleken van verschillende chemische bodemeigenschappen zoals bepaald in de proef (0-30cm) met de meest recente streefwaarden voor akkerland vooropgesteld door de Bodemkundige Dienst van België (0-23cm, Tits et al. 2016) voor een zandleem-bodem. Daaruit bleek het OC- en Ca-AL-gehalte zich binnen de streefzone te bevinden, de pH onder de streefzone en het K-AL-, Mg-AL- en P-AL-gehalte boven de streefzone te bevinden. Met een waarde van 37 mg 100g<sup>-1</sup> voor P-AL bevindt de bodem van de veldproef zich aan de bovenzijde van Klasse 3 (19-40, matige P beschikbaarheid).

De fysische karakterisatie van de bodem voor aanvang van de proef staat weergegeven in Tabel 4-3, Figuur 4-1 en 4-2. Tabel 4-3 toont aan dat voor de bulkdichtheid en porositeit de variabiliteit tussen de blokken beperkt is in de toplaag (10cm). Net boven de ploegzool (25cm) varieerde de bulkdichtheid van de bodem aanzienlijk tussen de 3 blokken met een standaardafwijking van 0,11 Mg m<sup>-3</sup>. Dit werd niet vastgesteld bij de porositeit. Bij de bodemvochtgehalten bij verschillende pF blijft de variabiliteit beperkt en schommelen de standaardafwijkingen tussen 0,01 en 0,03 m<sup>3</sup> m<sup>-3</sup> in beide bodemlagen (10 en 25cm). Dit resulteert tevens in vergelijkbare vochtretentiekarakteristieken (Figuur 4-2).

Tabel 4-2: Chemische bodemeigenschappen van de proef (0-30cm) in relatie tot de streefwaarden van de BDB voor zandleem (0-23cm)

| Chemische bodemeigenschap | Eenheid               | Gemiddelde waarde proef | Streefzone BDB zandleem <sup>1</sup> |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------|--------------------------------------|
| OC                        | %                     | 1,6                     | 1,2 - 1,6                            |
| pH-KCl                    | -                     | 5,9                     | 6,2 - 6,6                            |
| K-AL <sup>2</sup>         | mg 100g <sup>-1</sup> | 23                      | 14 - 20                              |
| Mg-AL                     | mg 100g <sup>-1</sup> | 26                      | 9 - 14                               |
| Ca-AL                     | mg 100g <sup>-1</sup> | 147                     | 100 - 240                            |
| P-AL                      | mg 100g <sup>-1</sup> | 37                      | 12 - 18                              |

<sup>1</sup> Tits et al. 2016; <sup>2</sup> AL: ammonium-lactaat extraheerbare

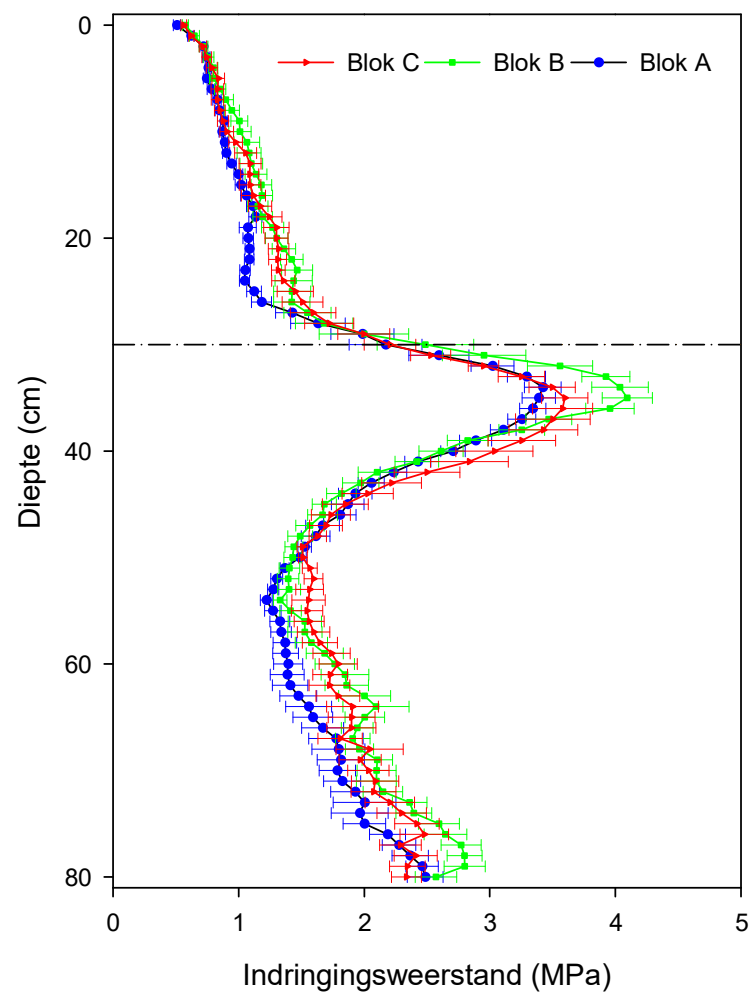
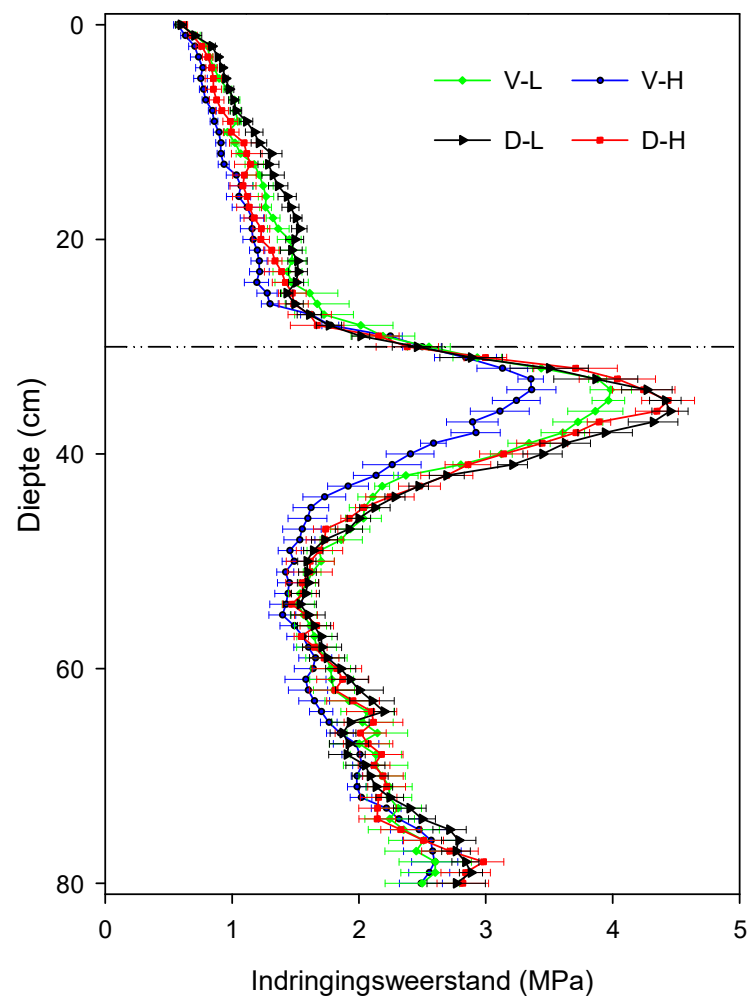
Tabel 4-3: Bulkdichtheid, porositeit en volumetrisch vochtgehalte van de bodem bij verschillende pF voor aanvang van de proef op 2 verschillende dieptes, 10 en 25cm (waarde per plot en gemiddelde waarde ± standaardafwijking) in de N-H behandeling (n=3)

| Plot             | BD*                | Por.*                          | Bodemvochtgehalte (m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> ) bij pF |                |                |                |                |                |                |
|------------------|--------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|                  | Mg m <sup>-3</sup> | m <sup>3</sup> m <sup>-3</sup> | 1                                                          | 1,5            | 1,7            | 2              | 2,5            | 3              | 4,2            |
| <b>10cm</b>      |                    |                                |                                                            |                |                |                |                |                |                |
| A3               | 1,36               | 0,49                           | 0,43                                                       | 0,38           | 0,35           | 0,33           | 0,30           | 0,21           | 0,10           |
| B1               | 1,40               | 0,47                           | 0,41                                                       | 0,39           | 0,38           | 0,36           | 0,30           | 0,26           | 0,11           |
| C4               | 1,37               | 0,48                           | 0,44                                                       | 0,42           | 0,41           | 0,40           | 0,32           | 0,24           | 0,10           |
| Gem. ±<br>stdev. | 1,38 ±<br>0,02     | 0,48 ±<br>0,01                 | 0,43 ±<br>0,01                                             | 0,40 ±<br>0,02 | 0,38 ±<br>0,03 | 0,36 ±<br>0,03 | 0,31 ±<br>0,01 | 0,24 ±<br>0,02 | 0,10 ±<br>0,01 |
| <b>25cm</b>      |                    |                                |                                                            |                |                |                |                |                |                |
| A3               | 1,38               | 0,48                           | 0,44                                                       | 0,42           | 0,41           | 0,38           | 0,33           | 0,25           | 0,12           |
| B1               | 1,27               | 0,52                           | 0,45                                                       | 0,41           | 0,39           | 0,37           | 0,29           | 0,25           | 0,11           |
| C4               | 1,49               | 0,44                           | 0,40                                                       | 0,38           | 0,37           | 0,35           | 0,30           | 0,21           | 0,11           |
| Gem. ±<br>stdev. | 1,38 ±<br>0,11     | 0,48 ±<br>0,04                 | 0,43 ±<br>0,02                                             | 0,40 ±<br>0,02 | 0,39 ±<br>0,02 | 0,37 ±<br>0,02 | 0,31 ±<br>0,02 | 0,24 ±<br>0,02 | 0,11 ±<br>0,01 |

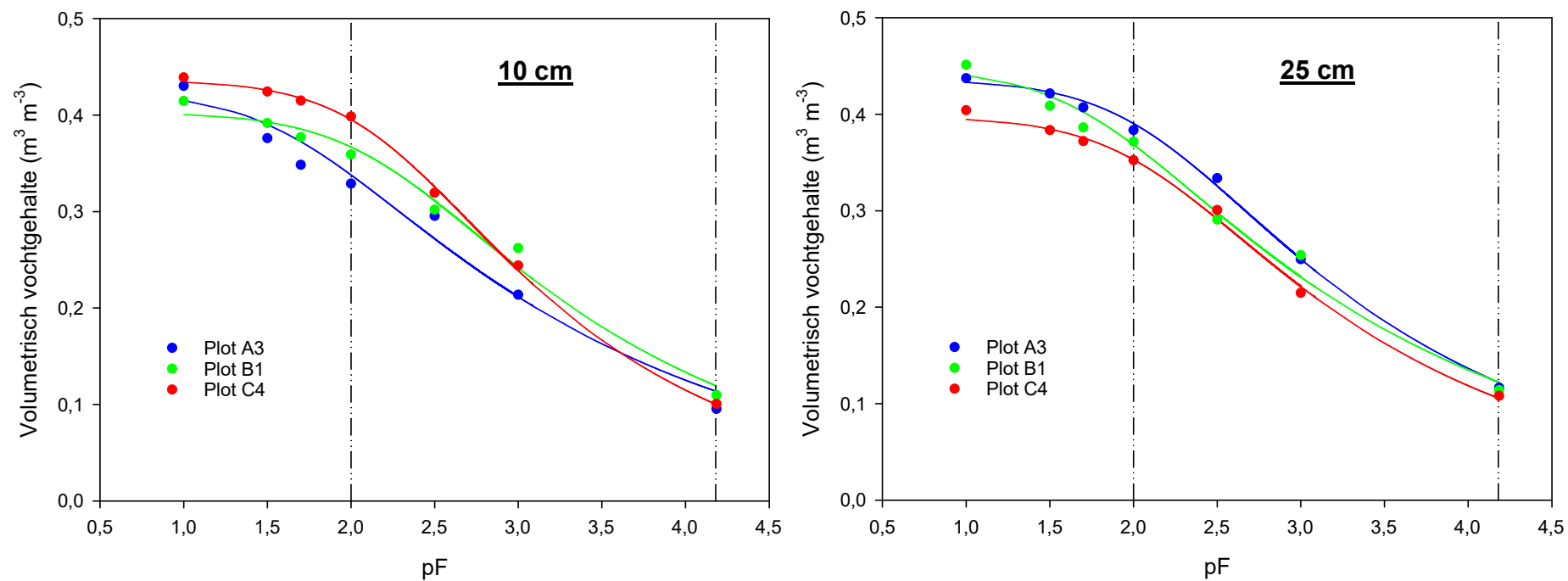
\*: BD: bulkdichtheid; Por.: porositeit

Uit Figuur 4-1 kunnen we afleiden dat in de bouwlaag (0-30cm) en de diepere lagen (40-80cm) de verschillen in indringingsweerstand tussen de verschillende behandelingen en blokken verwaarloosbaar waren. In de ploegzool (30-40cm) merken we wel een zekere variatie op. Een hogere indringingsweerstand werd waargenomen in de plots die bestemd waren voor het uitvoeren van de proef bij droge omstandigheden (D-L en D-H). In blok B werd dan weer een duidelijk hogere indringingsweerstand waargenomen dan in blokken A en C.





Figuur 4-1: Indringingsweerstand (gemiddelde  $\pm$  standaarderror) tot op een diepte van 80cm in de verschillende behandelingen (links; n=30) en blokken (rechts; n=40) voor de aanvang van de proef (de stippellijn geeft de ploegdiepte (30cm) aan; V: vochtige omstandigheden; D: droge omstandigheden; L: lage druk; H: hoge druk)



Figuur 4-2: Volumetrisch vochtgehalte van de bodem bij verschillende pF en bijhorende vochtretentiekaracteristiek op een diepte van 10 cm (links) en 25 cm (rechts) voor aanvang van de proef (n=3)

## 4.2 Effect van de bandenspanning en de omstandigheden van drijfmesttoepassing op de insporing en bandenafdruk

Zowel bij het toepassen in vochtige omstandigheden als bij toepassen in droge omstandigheden werden de insporing en de bandenafdruk van de banden van het drijfmestvat opgemeten bij hoge en bij lage druk in de banden. De resultaten staan weergegeven in Tabel 4-4 en Tabel 4-5. Het gemiddeld gravimetrisch vochtgehalte in de 0-60cm bodemlaag (per interval van 10cm) bij het toepassen van de drijfmest staat tevens grafisch weergegeven in Figuur 3-4.

Het effect van de bandenspanning op de bandenafdruk en bijhorende insporing hangt sterk af het bodemvochtgehalte. Bij vochtige omstandigheden leidt het verlagen van de bandenspanning van 3 naar 1 bar tot een **verhoging van de bandenafdruk met 19% en 35% minder insporing**. Bij droge omstandigheden is het effect op de insporing minder duidelijk (**15% minder insporing bij lage druk**) maar is het effect op de bandenafdruk meer uitgesproken: het verlagen van de druk van 3 naar 1 bar in de banden van het drijfmestvat resulteert in een **verhoging van de bandenafdruk met 67%**.

Om de bodemdruk te kunnen bepalen werd het drijfmestvat steeds gewogen vooraleer van start te gaan met de proef. Hiervoor werd de mesttank op de weegbrug gereden en werd het gewicht bepaald dat op beide assen samen terecht kwam. Het **volledige gewicht dat op de achterassen terecht kwam bij een volle mesttank bedroeg gemiddeld 22400 kg**. Na het toepassen van de drijfmest over de drie stroken per behandeling bedroeg het gewicht nog 19400 kg wat betekent dat per strook 1000kg drijfmest werd toegepast. Uit Tabel 4-4 en Tabel 4-5 blijkt dat bij vochtige omstandigheden het verlagen van de druk van 3 naar 1 bar resulteert in 16% minder bodemdruk terwijl dit bij droge omstandigheden resulteerde in 40% minder bodemdruk. Het grote verschil in bodemdruk tussen vochtige en droge omstandigheden is vooral te wijten aan de oppervlakte van de bandenafdruk van de banden onder hoge druk. Door de lagere insporing is deze ongeveer 30% kleiner onder droge omstandigheden dan onder vochtige omstandigheden terwijl de bandenafdruk van de banden onder lage druk min of meer gelijk blijft.

De totale tijd die nodig was om de bandendruk te **verhogen van 1 naar 3 bar** bedroeg gemiddeld **3 minuten en 30 seconden** terwijl het **verlagen van de druk van 3 naar 1 bar** gemiddeld **4 min en 40 seconden** in beslag nam.

Tabel 4-4: Bandenafdruk en insporing bij hoge en lage druk in de banden bij vochtige omstandigheden

Vochtige omstandigheden

Gravimetrisch bodemvochtgehalte (0-30cm): 21,3%

Bandendruk

1 bar

3 bar

Oppervlakte bandenafdruk

|                   |      |      |      |      |      |      |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|
| Behandeling       | V-L  | V-L  | V-L  | V-H  | V-H  | V-H  |
| Blok              | A    | B    | C    | A    | B    | C    |
| Oppervlakte (cm²) | 5375 | 5404 | 4727 | 4035 | 4490 | 4564 |
| Gemiddelde        |      | 5168 |      |      | 4363 |      |
| Verschil          | +19% |      |      |      |      |      |

Bodemdruk

|                                  |      |      |      |      |      |      |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Behandeling                      | V-L  | V-L  | V-L  | V-H  | V-H  | V-H  |
| Blok                             | A    | B    | C    | A    | B    | C    |
| Belasting per band (kg)          | 5600 | 5350 | 5100 | 5600 | 5350 | 5100 |
| Bodemdruk (kg cm <sup>-2</sup> ) | 1,04 | 0,99 | 1,08 | 1,39 | 1,19 | 1,12 |
| Gemiddelde                       |      | 1,04 |      |      | 1,23 |      |
| Verschil                         | -16% |      |      |      |      |      |

Insporing

|                |      |     |     |     |     |     |
|----------------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Behandeling    | V-L  | V-L | V-L | V-H | V-H | V-H |
| Blok           | A    | B   | C   | A   | B   | C   |
| Insporing (cm) | 3,2  | 4,5 | 3,0 | 5,1 | 6,2 | 5,2 |
| Gemiddelde     |      | 3,6 |     |     | 5,5 |     |
| Verschil       | -35% |     |     |     |     |     |



Tabel 4-5: Bandenafdruk en insporing bij hoge en lage druk in de banden bij droge omstandigheden

| Droge omstandigheden     |                                                                                   |      |      | Gravimetrisch bodemvochtgehalte (0-30cm): 17,5%                                    |      |      |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|------|------|------------------------------------------------------------------------------------|------|------|
| Bandendruk               |                                                                                   |      |      |                                                                                    |      |      |
|                          | 1 bar                                                                             |      |      | 3 bar                                                                              |      |      |
|                          |  |      |      |  |      |      |
| Oppervlakte bandenafdruk |                                                                                   |      |      |                                                                                    |      |      |
|                          |  |      |      |  |      |      |
| Behandeling              | D-L                                                                               | D-L  | D-L  | D-H                                                                                | D-H  | D-H  |
| Blok                     | A                                                                                 | B    | C    | A                                                                                  | B    | C    |
| Oppervlakte (cm²)        | 5252                                                                              | 5066 | 4720 | 3015                                                                               | 3256 | 2749 |
| Gemiddelde               | 5013                                                                              |      |      | 3007                                                                               |      |      |
| Verschil                 | +67%                                                                              |      |      |                                                                                    |      |      |
| Bodemdruk                |                                                                                   |      |      |                                                                                    |      |      |
| Behandeling              | D-L                                                                               | D-L  | D-L  | D-H                                                                                | D-H  | D-H  |
| Blok                     | A                                                                                 | B    | C    | A                                                                                  | B    | C    |
| Belasting per band (kg)  | 5600                                                                              | 5350 | 5100 | 5600                                                                               | 5350 | 5100 |
| Bodemdruk (kg cm⁻²)      | 1,07                                                                              | 1,06 | 1,08 | 1,86                                                                               | 1,64 | 1,86 |
| Gemiddelde               | 1,07                                                                              |      |      | 1,79                                                                               |      |      |
| Verschil                 | -40%                                                                              |      |      |                                                                                    |      |      |
| Insporing                |                                                                                   |      |      |                                                                                    |      |      |
| Behandeling              | D-L                                                                               | D-L  | D-L  | D-H                                                                                | D-H  | D-H  |
| Blok                     | A                                                                                 | B    | C    | A                                                                                  | B    | C    |
| Insporing (cm)           | 2,2                                                                               | 1,9  | 2,6  | 2,6                                                                                | 2,4  | 2,9  |
| Gemiddelde               | 2,2                                                                               |      |      | 2,6                                                                                |      |      |
| Verschil                 | -15%                                                                              |      |      |                                                                                    |      |      |

### 4.3 Effect van de bandenspanning op de bodemfysische eigenschappen

De bulkdichtheid, de porositeit en het bodemvochtgehalte bij een pF van 1,0; 1,5; 1,7; 2,0; 2,5; 3,0 en 4,2 werden gemeten op 2 verschillende dieptes: 10cm (toplaag) en 35cm (in de ploegzool). Een pF-waarde van 2,0 wordt vaak geassocieerd met een situatie van veldcapaciteit, terwijl pF 4,2 overeenkomt met verwelkingspunt van de meeste gewassen. Voor de aanvang van de proef werd net boven de ploegzool gemeten (25cm i.p.v. 35cm). De resultaten staan weergegeven in Tabel 4-6, Tabel 4-7 en Tabel 4-8.

In de toplaag (10cm) werden na de toepassing van de drijfmest geen significante verschillen ( $p > 0,05$ ) in bulkdichtheid en porositeit aangetroffen tussen hoge en lage bandendruk en tussen droge en vochtige omstandigheden (Tabel 4-6). Er werd wel een **duidelijke trend** aangetroffen ( $p < 0,10$ ): **de bulkdichtheid en de porositeit waren respectievelijk hoger en lager wanneer de drijfmest werd toegepast bij vochtige omstandigheden**. Verder werd een significant interactie-effect ( $p < 0,05$ ) tussen vochtgehalte en bandendruk vastgesteld bij pF 2,0 (veldcapaciteit) waarbij enkel bij droge omstandigheden een significant hoger bodemvochtgehalte werd gemeten bij een hoge bandenspanning ( $0,35 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) in vergelijking met een lage bandenspanning ( $0,32 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) Tabel 4-7 toont aan dat over alle behandelingen heen, het al dan niet berijden van de bodem met het drijfmestvat ('in spoor' vs. 'tussen spoor') geen significant effect ( $p > 0,05$ ) uitoefent op de bulkdichtheid, de porositeit en het bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waarden. We dienen hierbij wel te vermelden dat 'tussen spoor' niet bereiden werd door het drijfmestvat maar wel door de trekker met frees (zie ook 3.3).

Ook na de inzaai van de maïs was er geen significant verschil tussen 'in spoor' of 'tussen spoor' op de bodemfysische eigenschappen binnen de behandeling V-H (Tabel 4-7).

In vergelijking met de initiële situatie (voor toepassen drijfmest) namen we in de behandeling V-H een toename in de bulkdichtheid en een afname van de porositeit weer net na toepassen van de drijfmest terwijl het bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waarden quasi ongewijzigd bleef.

Tabel 4-6: Bulkdichtheid, porositeit en bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waarde in beide bodemlagen (10 en 35cm) voor de verschillende behandelingen in spoor net na het toepassen van de drijfmest

| Factor                                  | Bulkdichtheid | Porositeit  | Bodemvochtgehalte (m³ m⁻³) bij pF |             |             |             |             |             |             |  |
|-----------------------------------------|---------------|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--|
|                                         | Mg m⁻³        | m³ m⁻³      | 1,0                               | 1,5         | 1,7         | 2,0         | 2,5         | 3,0         | 4,2         |  |
| <u>10cm</u>                             |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| <b>Vochtgehalte</b>                     |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| Vochtig                                 | 1,49 ± 0,06   | 0,44 ± 0,02 | 0,38 ± 0,01                       | 0,37 ± 0,01 | 0,35 ± 0,01 | 0,34 ± 0,01 | 0,32 ± 0,01 | 0,25 ± 0,02 | 0,10 ± 0,01 |  |
| Droog                                   | 1,42 ± 0,07   | 0,47 ± 0,03 | 0,39 ± 0,01                       | 0,37 ± 0,01 | 0,35 ± 0,02 | 0,33 ± 0,02 | 0,31 ± 0,02 | 0,23 ± 0,02 | 0,11 ± 0,01 |  |
| <b>Bandendruk</b>                       |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| Laag                                    | 1,43 ± 0,04   | 0,46 ± 0,02 | 0,39 ± 0,01                       | 0,37 ± 0,01 | 0,35 ± 0,01 | 0,33 ± 0,02 | 0,31 ± 0,02 | 0,23 ± 0,02 | 0,10 ± 0,01 |  |
| Hoog                                    | 1,48 ± 0,09   | 0,44 ± 0,03 | 0,39 ± 0,01                       | 0,37 ± 0,01 | 0,36 ± 0,01 | 0,34 ± 0,02 | 0,32 ± 0,02 | 0,25 ± 0,02 | 0,10 ± 0,01 |  |
| <b>Statistische analyse<sup>1</sup></b> |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| Vochtgehalte                            | <b>0,08</b>   | <b>0,06</b> | 0,24                              | 0,55        | 0,51        | 0,50        | 0,16        | 0,30        | 0,30        |  |
| Bandendruk                              | 0,22          | 0,18        | 0,68                              | 0,33        | <b>0,07</b> | <b>0,03</b> | 0,24        | 0,13        | 0,59        |  |
| Vochtgehalte x Bandendruk               | 0,69          | 0,64        | 1,00                              | 0,18        | <b>0,07</b> | <b>0,02</b> | 0,68        | 0,79        | 0,30        |  |
| <u>35cm</u>                             |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| <b>Vochtgehalte</b>                     |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| Vochtig                                 | 1,62 ± 0,03   | 0,39 ± 0,01 | 0,36 ± 0,01                       | 0,34 ± 0,01 | 0,32 ± 0,01 | 0,30 ± 0,01 | 0,25 ± 0,02 | 0,17 ± 0,03 | 0,10 ± 0,01 |  |
| Droog                                   | 1,63 ± 0,06   | 0,38 ± 0,02 | 0,35 ± 0,01                       | 0,33 ± 0,01 | 0,32 ± 0,01 | 0,30 ± 0,01 | 0,25 ± 0,01 | 0,19 ± 0,02 | 0,10 ± 0,01 |  |
| <b>Bandendruk</b>                       |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| Laag                                    | 1,64 ± 0,05   | 0,38 ± 0,02 | 0,35 ± 0,01                       | 0,33 ± 0,01 | 0,32 ± 0,01 | 0,30 ± 0,01 | 0,25 ± 0,01 | 0,18 ± 0,03 | 0,10 ± 0,01 |  |
| Hoog                                    | 1,61 ± 0,04   | 0,39 ± 0,02 | 0,36 ± 0,01                       | 0,34 ± 0,01 | 0,32 ± 0,01 | 0,30 ± 0,01 | 0,25 ± 0,02 | 0,19 ± 0,01 | 0,10 ± 0,01 |  |
| <b>Statistische analyse<sup>1</sup></b> |               |             |                                   |             |             |             |             |             |             |  |
| Vochtgehalte                            | 0,84          | 1,00        | 0,55                              | 0,62        | 0,33        | 0,37        | 0,78        | 0,4         | 0,69        |  |
| Bandendruk                              | 0,32          | 0,26        | 0,84                              | 0,62        | 0,62        | 0,65        | 1,00        | 0,54        | 0,69        |  |
| Vochtgehalte x Bandendruk               | 0,84          | 1,00        | 0,55                              | 1,00        | 1,00        | 0,65        | 1,00        | <b>0,06</b> | 1,00        |  |

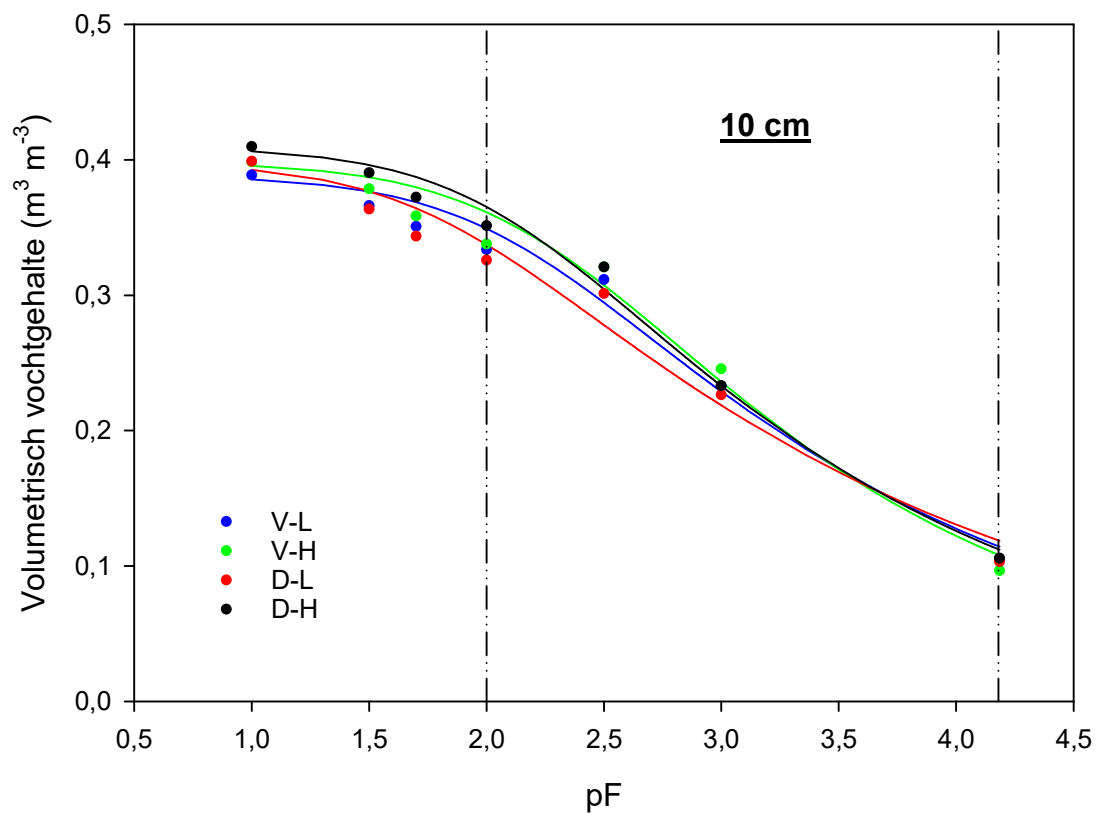
<sup>1</sup> Bij de statistische analyse staat de p-waarde weergegeven. p < 0,10 staat aangeduid in vet, p < 0,05 staat aangeduid in vet en onderstreept

Tabel 4-7: Bulkdichtheid, porositeit en bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waarde in de toplaag (10cm) voor de verschillende behandelingen op verschillende tijdstippen doorheen de proef

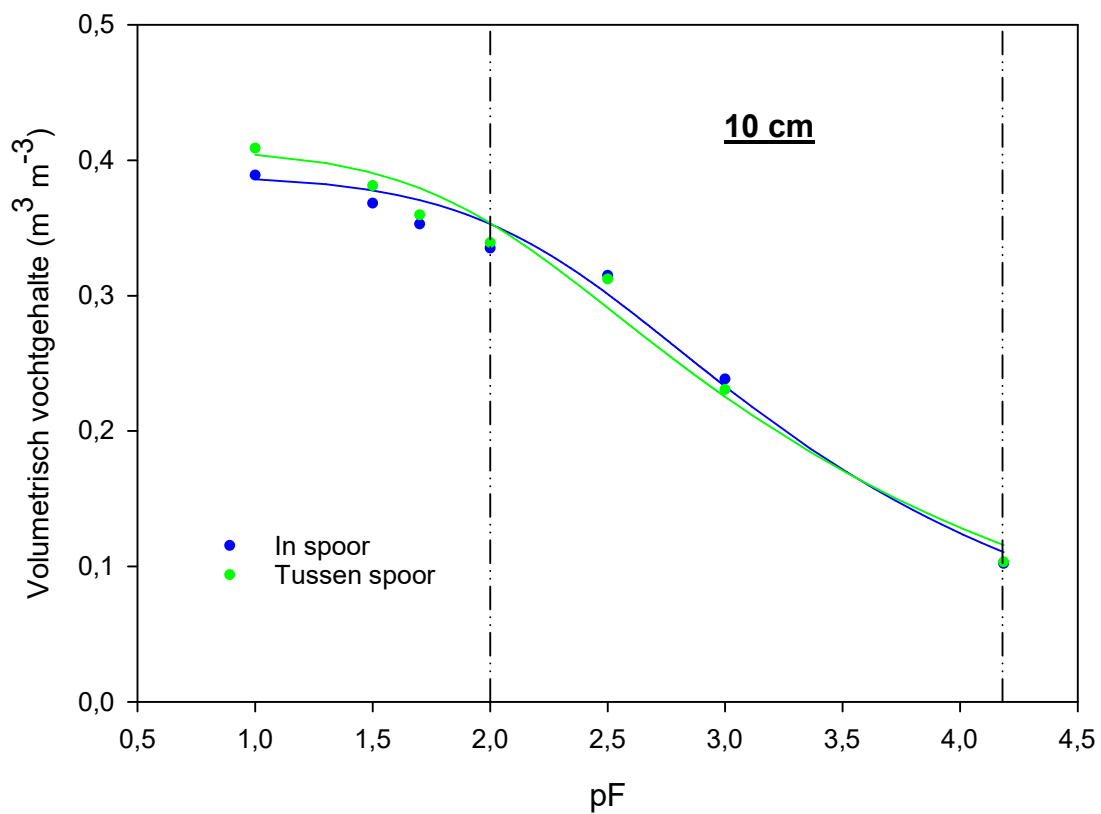
| Factor                            | Bulkdichtheid | Porositeit   | Bodemvochtgehalte (m³ m⁻³) bij pF |              |              |              |              |              |              |  |
|-----------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
|                                   | Mg m⁻³        | m³ m⁻³       | 1,0                               | 1,5          | 1,7          | 2,0          | 2,5          | 3,0          | 4,2          |  |
| <u>Voor toepassen drijfmest</u>   |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| <i>Behandeling¹</i>               |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| V-H                               | 1,38 ± 0,02   | 0,48 ± 0,01  | 0,43 ± 0,01                       | 0,40 ± 0,02  | 0,38 ± 0,03  | 0,36 ± 0,03  | 0,31 ± 0,01  | 0,24 ± 0,02  | 0,10 ± 0,01  |  |
| <u>Net na toepassen drijfmest</u> |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| <i>Behandeling¹</i>               |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| V-L                               | 1,44 ± 0,07   | 0,46 ± 0,03  | 0,39 ± 0,02                       | 0,37 ± 0,02  | 0,35 ± 0,01  | 0,33 ± 0,01  | 0,31 ± 0,02  | 0,23 ± 0,02  | 0,11 ± 0,01  |  |
| V-H                               | 1,49 ± 0,06   | 0,44 ± 0,02  | 0,40 ± 0,02                       | 0,38 ± 0,03  | 0,36 ± 0,02  | 0,34 ± 0,01  | 0,32 ± 0,02  | 0,25 ± 0,02  | 0,10 ± 0,01  |  |
| D-L                               | 1,42 ± 0,04   | 0,46 ± 0,01  | 0,40 ± 0,02                       | 0,36 ± 0,01  | 0,34 ± 0,01  | 0,33 ± 0,01  | 0,30 ± 0,02  | 0,23 ± 0,02  | 0,10 ± 0,01  |  |
| D-H                               | 1,44 ± 0,07   | 0,46 ± 0,03  | 0,41 ± 0,02                       | 0,39 ± 0,03  | 0,37 ± 0,02  | 0,35 ± 0,02  | 0,32 ± 0,02  | 0,23 ± 0,02  | 0,11 ± 0,01  |  |
| <i>Spoor</i>                      |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| in                                | 1,45 ± 0,07   | 0,45 ± 0,03  | 0,39 ± 0,01                       | 0,37 ± 0,01  | 0,35 ± 0,01  | 0,34 ± 0,02  | 0,31 ± 0,02  | 0,24 ± 0,02  | 0,10 ± 0,01  |  |
| tussen                            | 1,44 ± 0,06   | 0,46 ± 0,02  | 0,41 ± 0,02                       | 0,38 ± 0,03  | 0,36 ± 0,02  | 0,34 ± 0,01  | 0,31 ± 0,02  | 0,23 ± 0,01  | 0,10 ± 0,01  |  |
| <b>Statistische analyse²</b>      |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| Behandeling                       | 0,46          | 0,34         | 0,30                              | 0,14         | 0,17         | 0,13         | 0,32         | 0,58         | 0,54         |  |
| Spoor                             | 0,63          | 0,70         | <b>0,06</b>                       | <b>0,08</b>  | 0,58         | 0,25         | 0,56         | 0,11         | 0,72         |  |
| Behandeling x Spoor               | 0,30          | 0,30         | 0,35                              | 0,36         | 0,68         | 0,06         | 0,40         | 0,22         | 0,34         |  |
| <u>Na inzaai maïs</u>             |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| <i>Behandeling x spoor</i>        |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| V-H in spoor                      | 1,45 ± 0,12a³ | 0,45 ± 0,04a | 0,41 ± 0,01a                      | 0,38 ± 0,01a | 0,37 ± 0,01a | 0,36 ± 0,01a | 0,33 ± 0,01a | 0,24 ± 0,01a | 0,11 ± 0,01a |  |
| V-H tussen spoor                  | 1,48 ± 0,02a  | 0,44 ± 0,01a | 0,40 ± 0,01a                      | 0,38 ± 0,01a | 0,36 ± 0,01a | 0,35 ± 0,02a | 0,35 ± 0,01a | 0,24 ± 0,01a | 0,07 ± 0,06a |  |

<sup>1</sup> N: vochtige omstandigheden; D: droge omstandigheden; L: lage druk; H: hoge druk; de waarde voor iedere behandeling is het gemiddelde van de meting in spoor en tussen spoor; <sup>2</sup> Bij de statistische analyse staat de p-waarde weergegeven. p < 0,10 staat aangeduid in vet, p < 0,05 staat aangeduid in vet en onderstreept; <sup>3</sup> Binnen iedere fysische bodemeigenschap duiden verschillende letters een significant verschil (p < 0,05) aan tussen in en tussen spoor

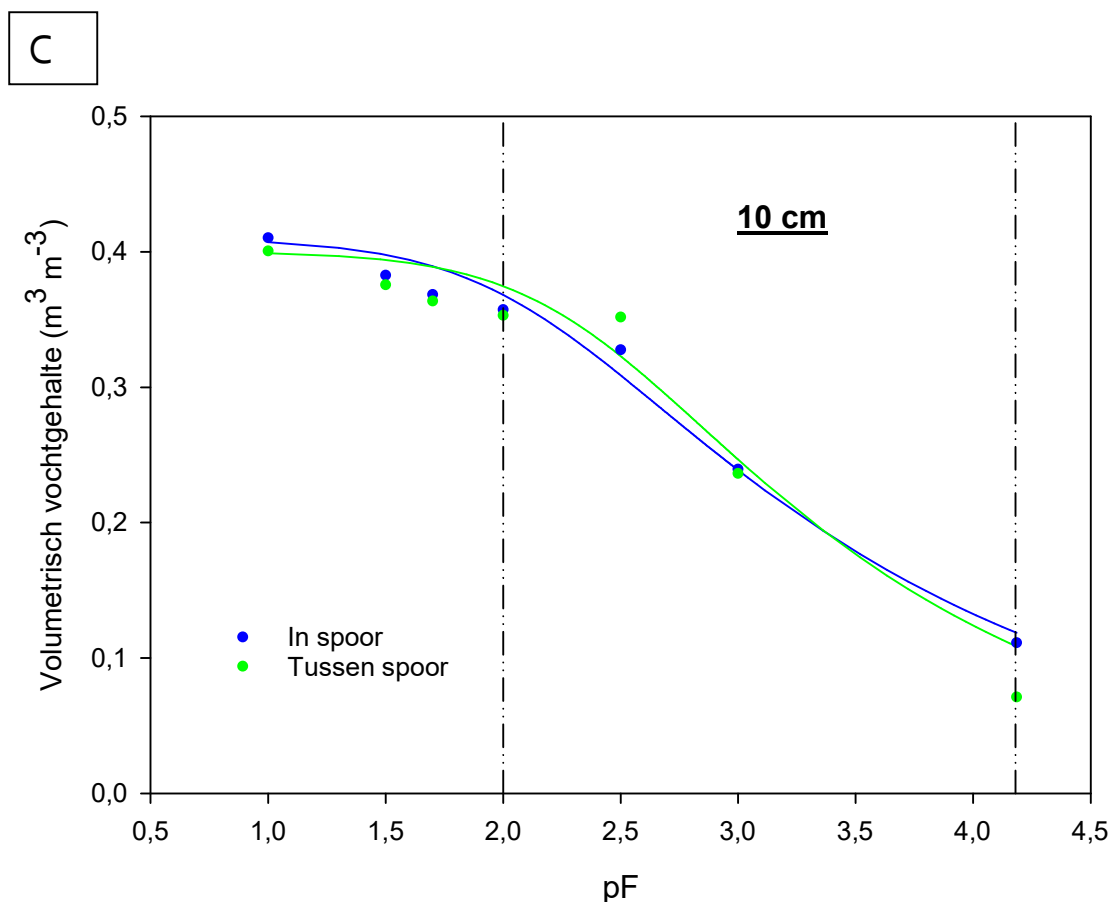
A



B







Figuur 4-3: Volumetrisch vochtgehalte van de bodem bij verschillende pF en bijhorende vochtretentiekarakteristiek op een diepte van 10 cm net na toepassen van de drijfmest (A en B) en na inzaai van de maïs in de V-H behandeling (C)

Soortgelijke resultaten werden gerapporteerd in de ploegzool (35cm; Tabel 4-6 en Tabel 4-8). Er werden na de toepassing van de drijfmest geen significante verschillen ( $p > 0,05$ ) in bulkdichtheid, porositeit en bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waarden aangetroffen tussen de verschillende behandelingen, noch tussen 'in spoor' en 'tussen spoor'. Ook na de inzaai van de maïs toonde 'in spoor' of 'tussen spoor' geen significante verschillen in de bodemfysische eigenschappen binnen de behandeling V-H. Er werd wel een grote variabiliteit opgetekend voor de bulkdichtheidwaarden V-H tussen spoor. Een vergelijking met de initiële situatie gaat hier niet op aangezien er net voor toepassen van de drijfmest net boven de ploegzool werd bemonsterd.

Zoals verwacht vertoont de bodem in de ploegzool (Tabel 4-8) een duidelijk hogere bulkdichtheid en lagere porositeit dan in de toplaag (10cm; Tabel 4-7).

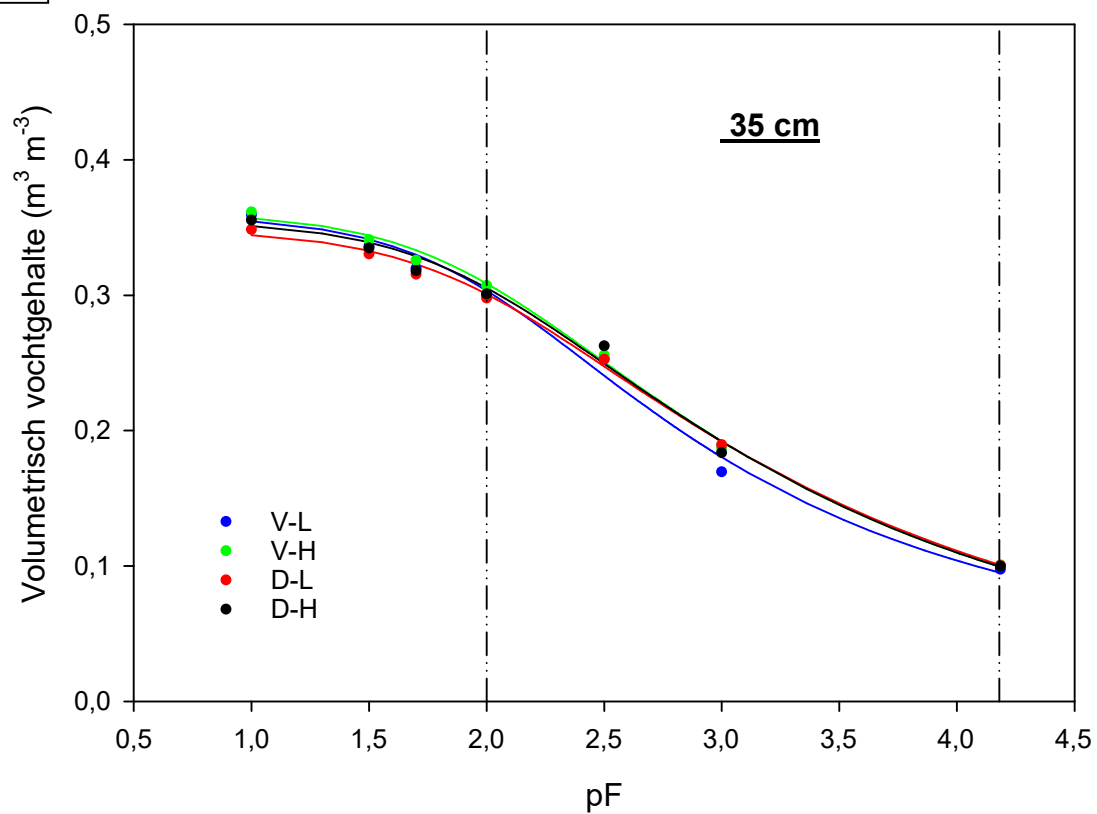
Aangezien nauwelijks significante verschillen in bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waarden werden aangetroffen tussen de behandelingen en/of in/tussen spoor, vertoonden ook de vochtretentiekarakteristieken een gelijkaardig verloop, zowel na het toepassen van de drijfmest als na het zaaien van de maïs, zowel in de toplaag (10cm) als in de ploegzool (35cm) (Figuur 4-3 en Figuur 4-4).

Tabel 4-8: Bulkdichtheid, porositeit en bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waarde in de ploegzool (35cm) voor de verschillende behandelingen op verschillende tijdstippen doorheen de proef

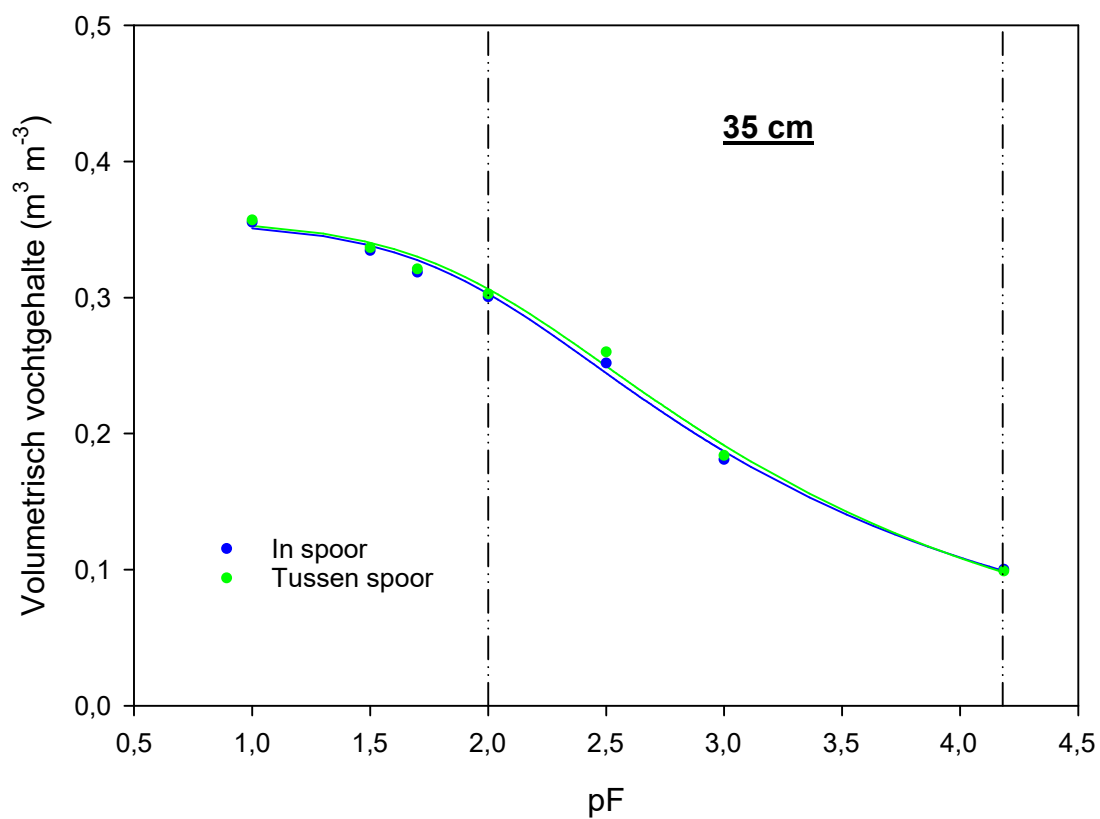
| Factor                                   | Bulkdichtheid | Porositeit   | Bodemvochtgehalte (m³ m⁻³) bij pF |              |              |              |              |              |              |  |
|------------------------------------------|---------------|--------------|-----------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--|
|                                          | Mg m⁻³        | m³ m⁻³       | 1,0                               | 1,5          | 1,7          | 2,0          | 2,5          | 3,0          | 4,2          |  |
| <b><u>Voor toepassen drijfmest¹</u></b>  |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| <b><i>Behandeling²</i></b>               |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| V-H                                      | 1,38 ± 0,11   | 0,48 ± 0,04  | 0,43 ± 0,02                       | 0,40 ± 0,02  | 0,39 ± 0,02  | 0,37 ± 0,02  | 0,31 ± 0,02  | 0,24 ± 0,02  | 0,11 ± 0,01  |  |
| <b><u>Net na toepassen drijfmest</u></b> |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| <b><i>Behandeling²</i></b>               |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| V-L                                      | 1,63 ± 0,06   | 0,38 ± 0,02  | 0,36 ± 0,02                       | 0,34 ± 0,02  | 0,32 ± 0,01  | 0,30 ± 0,01  | 0,25 ± 0,01  | 0,17 ± 0,03  | 0,10 ± 0,01  |  |
| V-H                                      | 1,65 ± 0,05   | 0,38 ± 0,02  | 0,36 ± 0,01                       | 0,34 ± 0,01  | 0,33 ± 0,01  | 0,31 ± 0,01  | 0,26 ± 0,02  | 0,19 ± 0,01  | 0,10 ± 0,01  |  |
| D-L                                      | 1,66 ± 0,06   | 0,37 ± 0,02  | 0,35 ± 0,01                       | 0,33 ± 0,01  | 0,32 ± 0,01  | 0,30 ± 0,01  | 0,25 ± 0,02  | 0,19 ± 0,02  | 0,10 ± 0,01  |  |
| D-H                                      | 1,61 ± 0,05   | 0,39 ± 0,02  | 0,36 ± 0,01                       | 0,33 ± 0,01  | 0,32 ± 0,01  | 0,30 ± 0,01  | 0,26 ± 0,02  | 0,18 ± 0,02  | 0,10 ± 0,01  |  |
| <b><i>Spoor</i></b>                      |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| in                                       | 1,63 ± 0,05   | 0,39 ± 0,02  | 0,36 ± 0,01                       | 0,33 ± 0,01  | 0,32 ± 0,01  | 0,30 ± 0,01  | 0,25 ± 0,02  | 0,18 ± 0,02  | 0,10 ± 0,01  |  |
| tussen                                   | 1,65 ± 0,06   | 0,38 ± 0,02  | 0,36 ± 0,01                       | 0,34 ± 0,01  | 0,32 ± 0,01  | 0,30 ± 0,01  | 0,26 ± 0,02  | 0,18 ± 0,01  | 0,10 ± 0,01  |  |
| <b><u>Statistische analyse³</u></b>      |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| Behandeling                              | 0,52          | 0,40         | 0,58                              | 0,56         | 0,63         | 0,35         | 0,60         | 0,21         | 0,98         |  |
| Spoor                                    | 0,22          | 0,49         | 0,44                              | 0,45         | 0,56         | 0,68         | 0,47         | 0,85         | 0,88         |  |
| Behandeling x Spoor                      | 0,19          | 0,20         | 0,40                              | 0,85         | 0,95         | 0,67         | 0,94         | 0,42         | 0,92         |  |
| <b><u>Na inzaai maïs</u></b>             |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| <b><i>Behandeling x spoor</i></b>        |               |              |                                   |              |              |              |              |              |              |  |
| V-H in spoor                             | 1,67 ± 0,05a⁴ | 0,37 ± 0,02a | 0,36 ± 0,01a                      | 0,34 ± 0,01a | 0,32 ± 0,01a | 0,31 ± 0,01a | 0,25 ± 0,02a | 0,18 ± 0,01a | 0,10 ± 0,01a |  |
| V-H tussen spoor                         | 1,51 ± 0,11a  | 0,43 ± 0,04a | 0,38 ± 0,02a                      | 0,35 ± 0,03a | 0,34 ± 0,03a | 0,32 ± 0,04a | 0,25 ± 0,01a | 0,18 ± 0,01a | 0,10 ± 0,01a |  |

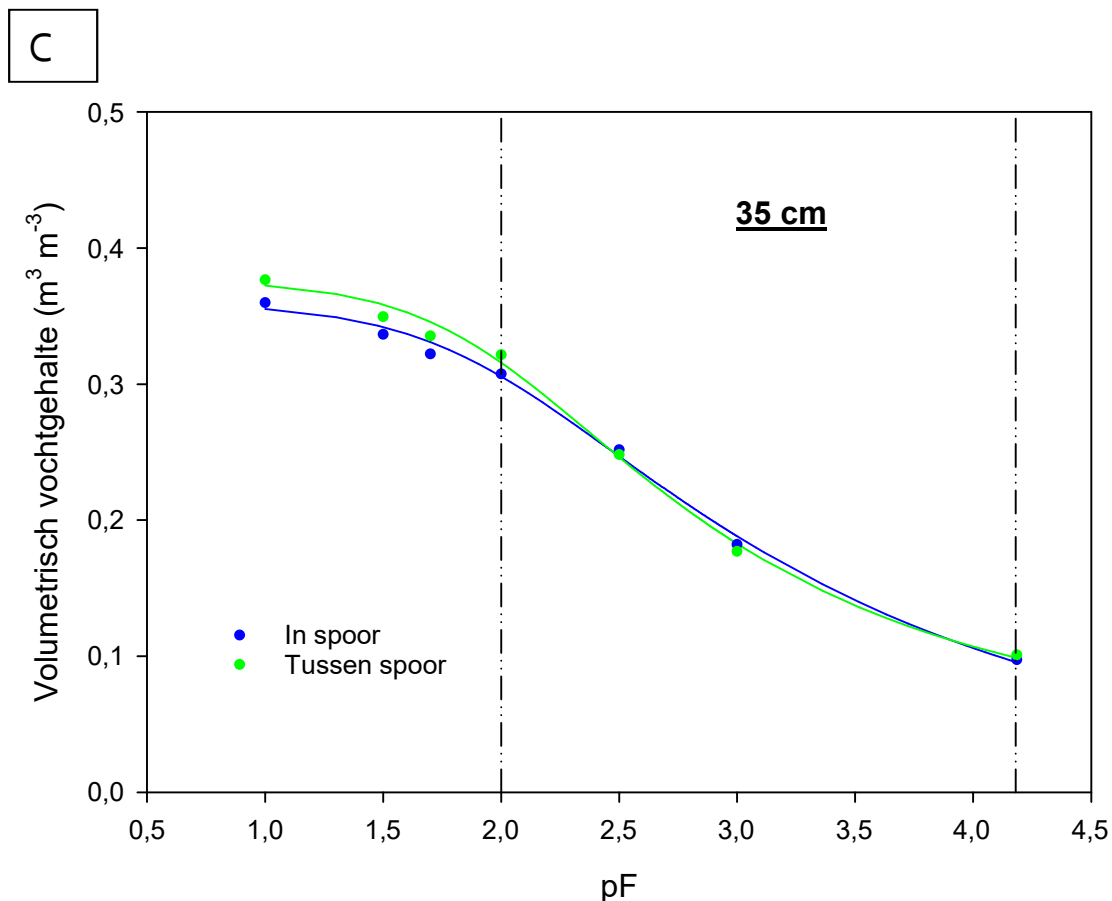
<sup>1</sup> Voor het toepassen van de drijfmest werd bemonsterd voor bulkdichtheid, porositeit en bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waardes boven de ploegzool (25cm) <sup>2</sup> V: vochtige omstandigheden; D: droge omstandigheden; L: lage druk; H: hoge druk, gemiddeldes voor in en buiten spoor samen; <sup>3</sup> Bij de statistische analyse staat de p-waarde weergegeven. p < 0,10 staat aangeduid in vet, p < 0,05 staat aangeduid in vet en onderstreept; <sup>4</sup> Binnen iedere fysische bodemeigenschap duiden verschillende letters een significant verschil (p < 0,05) aan tussen in en tussen spoor

A



B





Figuur 4-4: Volumetrisch vochtgehalte van de bodem bij verschillende pF en bijhorende vochtretentiekaracteristiek op een diepte van 35 cm net na toepassen van de drijfmest (A en B) en na inzaai van de maïs in de V-H behandeling (C)

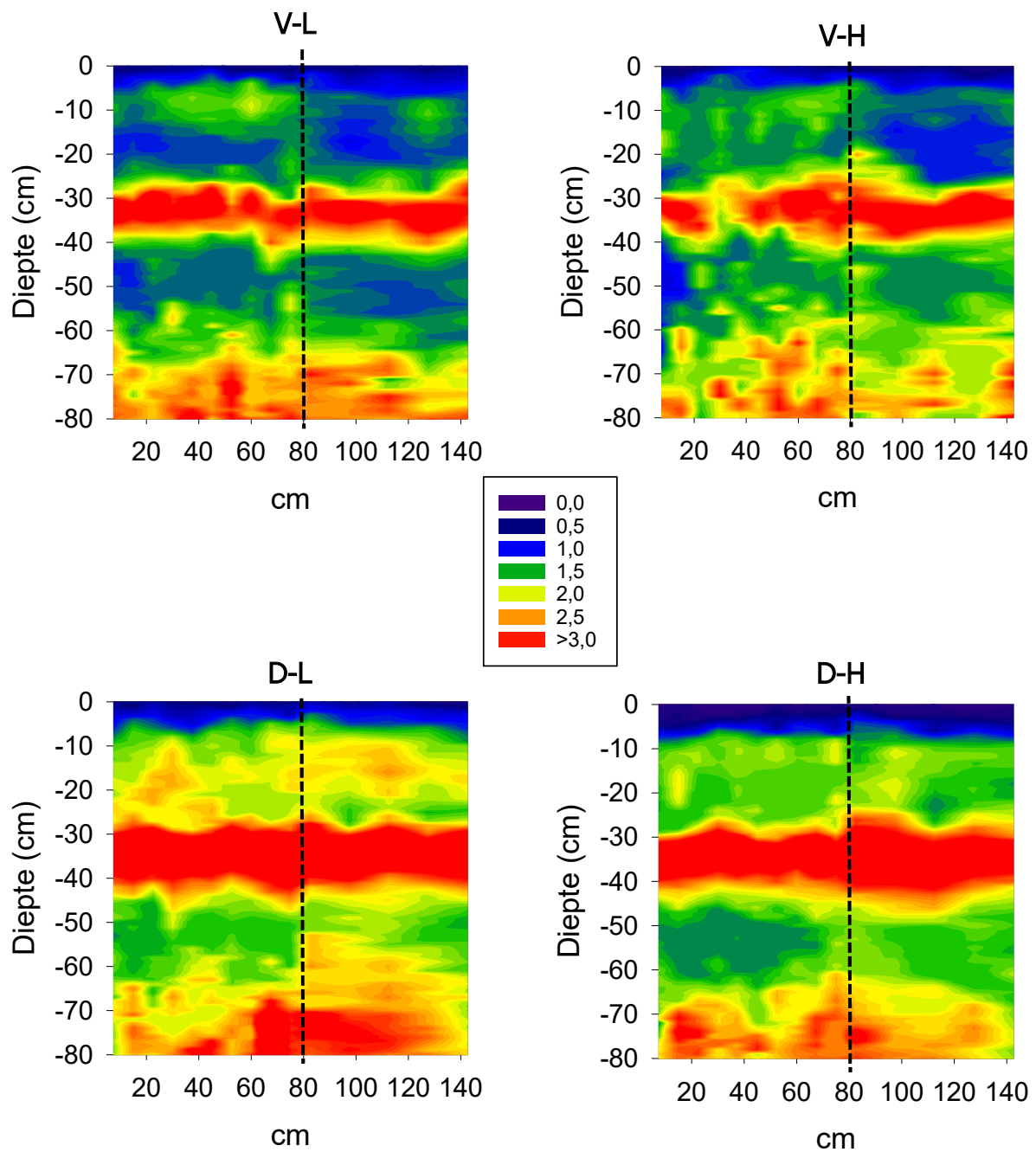
De resultaten van de **indringingsweerstandsmetingen die uitgevoerd werden net na het toepassen van de drijfmest** tot een diepte van 80cm, staan weergegeven in **Figuur 4-5**. Voor iedere behandeling toont de figuur de metingen die genomen werden langsheen de transecten in de proefstroken (Figuur 3-15). Deze transecten liepen dwars over de wielsporen van het drijfmestvat en omvatten het volledige wielspoor (0-80cm op de X-as in de figuur) en een deel van de oppervlakte tussen de wielsporen (80-142,5 cm op de X-as in de figuur). De grootte van de indringingsweerstand wordt aangeduid met behulp van een kleurencode waarbij de indringingsweerstand toeneemt van paars naar rood.

Het verlagen van de bandendruk van het drijfmestvat (Tabel 4-4 en Tabel 4-5) lijkt vooral **bij vochtige omstandigheden** te resulteren in minder verdichting en bijgevolg **een lagere indringingsweerstand in de 15-25cm bodemlaag** (Figuur 4-5). Het verschil 'in spoor' ( $X < 80\text{cm}$ ) en 'tussen spoor' ( $X > 80\text{cm}$ ) is duidelijk bij zowel V-H als bij V-L (lagere indringingsweerstand 'tussen spoor' dan 'in spoor') en bij V-L stellen we tevens een lagere indringingsweerstand vast in de 5-20cm bodemlaag in het spoor ( $< 80\text{cm}$ ) in vergelijking met V-H. Onder de ploegzool (die zich op ongeveer 30-40cm diep bevindt) nemen we geen verschillen waar die éénzijdig aan het drukverschil in de banden kunnen gerelateerd worden. Mogelijk zorgt de aanwezige ploegzool ervoor dat de druk zich niet doorzet in de onderlaag ( $> 40\text{cm}$ ). Bij droge omstandigheden nemen we in de bouwlaag (0-30cm) geen verschillen waar tussen 'in spoor' ( $X < 80\text{cm}$ ) en 'tussen spoor' ( $X > 80\text{cm}$ ). Er werd een hogere indringingsweerstand gemeten bij D-L dan bij D-H in het spoor, maar doordat deze trend zich manifesteert over het volledige transect (0-142,5cm) kunnen we dit niet aan het verschil in bandendruk wijten. Onder de ploegzool stellen we wel een verschil in indringingsweerstand vast tussen D-L en D-H en meer bepaald 'in spoor' ( $< 80\text{cm}$ ). Tegen de verwachtingen in blijkt een hoge druk in de banden (D-H) te resulteren in een lagere indringingsweerstand in de 45-65cm bodemlaag dan wanneer er bij lage

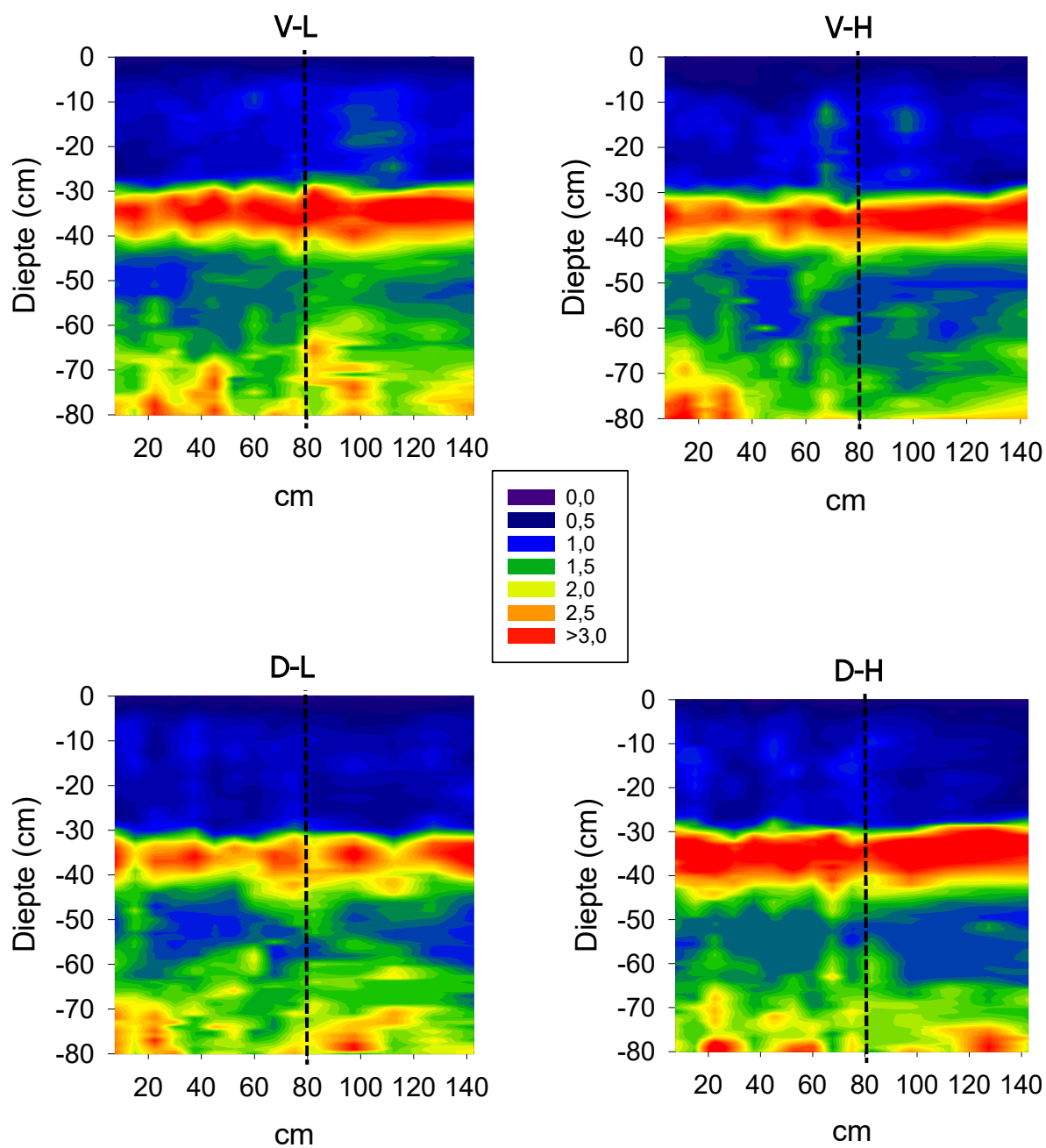
druk wordt gereden (D-L). Er werden daarbij geen noemenswaardige verschillen in het gravimetrisch bodemvochtgehalte vastgesteld in de 40-50 en 50-60cm laag tussen beide behandelingen.

In het kader van deze studie werden ook na de inzaai van de maïs (en het voorafgaand ploegen en zaaiklaar leggen van het perceel) indringingsweerstandsmetingen uitgevoerd in de verschillende behandelingen (Figuur 4-6). Figuur 4-6 toont duidelijk aan dat de verschillen in indringingsweerstand in de bouwlaag (0-30cm) die vastgesteld werden na het toepassen van de drijfmest, weggewerkt zijn na het ploegen van het perceel. Ook onder de ploegzool (40-80cm) nemen we geen verschillen in indringingsweerstand waar die kunnen gerelateerd worden aan de druk in de banden (hoog of laag), het bodemvochtgehalte bij toepassen van drijfmest of 'in spoor' of 'tussen spoor'.





Figuur 4-5: Gemiddelde indringingsweerstand (uitgedrukt in MPa) tot 80cm diep van de verschillende behandelingen in spoor (0-80cm) en tussen spoor (80-142,5cm) net na het toepassen van de drijfmest



Figuur 4-6: Gemiddelde indringingsweerstand (uitgedrukt in MPa) tot 80cm diep van de verschillende behandelingen in spoor (0-80cm) en tussen spoor (80-142,5cm) na het inzaaien van de maïs

#### 4.4 Effect van de bandenspanning op de gewasopbrengst

Tijdens het groeiseizoen werden er visueel geen verschillen vastgesteld in maïsgroei tussen de verschillende behandelingen. Ook binnen één behandeling werden geen visuele verschillen genoteerd tussen 'in spoor' en 'tussen spoor'. De maïs haalde een gemiddelde verse opbrengst van **52 ton per ha** met een gemiddeld **drogestof (DS)-gehalte van 40%**. Het DS-gehalte lag vrij hoog en boven het optimale DS-gehalte voor inkuilen (30-35%) zoals aangegeven in de Belgische beschrijvende en aanbevelende rassenlijst voor voedergrassen en groenbedekkers 2017 (Pannecouque et al. 2016). Dit is te wijten aan de ongewoon hoge temperaturen in september waardoor de afrijping sneller verliep dan verwacht (Figuur 2-3). Met een gemiddelde DS-opbrengst van 21 ton per ha sluit de proef nauw aan bij de gemiddelde waarde van alle kuilmaïsrassen op de Belgische rassenlijst 2017 (20 ton per hectare; Pannecouque et al. 2016).

Er werden geen significante effecten ( $p > 0,05$ ) van bandendruk (hoog vs. laag) of bodemvochtgehalte (vochtig vs. droog) op de verse opbrengst, het DS-gehalte en de DS-opbrengst van de kuilmaïs vastgesteld (Tabel 4-9). Het al dan niet berijden met het drijfmestvat blijkt wel een invloed uit te oefenen (Tabel 4-9).

Tabel 4-9: Verse opbrengst, drogestof (DS)-opbrengst en DS-gehalte (gemiddelde  $\pm$  stdev) van de maïs bij de verschillende behandelingen en in en tussen spoor

| Factor                                     | Verse opbrengst<br>kg/ha | DS-gehalte<br>% | DS-opbrengst<br>kg/ha |
|--------------------------------------------|--------------------------|-----------------|-----------------------|
| <b>Opbrengstcijfers in spoor</b>           |                          |                 |                       |
| <i>Vochtgehalte</i>                        |                          |                 |                       |
| Vochtig                                    | 50.810 $\pm$ 1.668       | 40 $\pm$ 2      | 20.381 $\pm$ 1.045    |
| Droog                                      | 51.160 $\pm$ 3.684       | 39 $\pm$ 2      | 19.858 $\pm$ 1.797    |
| <i>Bandendruk</i>                          |                          |                 |                       |
| Laag                                       | 50.000 $\pm$ 3.029       | 39 $\pm$ 2      | 19.443 $\pm$ 1.703    |
| Hoog                                       | 51.970 $\pm$ 2.219       | 40 $\pm$ 2      | 20.795 $\pm$ 700      |
| <b>Statistische analyse<sup>1</sup></b>    |                          |                 |                       |
| Vochtgehalte                               | 0,85                     | 0,19            | 0,49                  |
| Bandendruk                                 | 0,30                     | 0,31            | 0,11                  |
| Vochtgehalte x Bandendruk                  | 0,55                     | 0,49            | 0,90                  |
| <b>Opbrengstcijfers in en tussen spoor</b> |                          |                 |                       |
| <i>Behandeling<sup>2</sup></i>             |                          |                 |                       |
| V-L                                        | 51.900 $\pm$ 1670        | 41 $\pm$ 1      | 21.519 $\pm$ 722      |
| V-H                                        | 51.500 $\pm$ 1692        | 40 $\pm$ 2      | 20.590 $\pm$ 1.243    |
| D-L                                        | 51.677 $\pm$ 2063        | 40 $\pm$ 2      | 20.545 $\pm$ 671      |
| D-H                                        | 52.103 $\pm$ 5454        | 40 $\pm$ 2      | 20.718 $\pm$ 2.768    |
| <i>Spoor</i>                               |                          |                 |                       |
| in                                         | 50.985 $\pm$ 2733        | 39 $\pm$ 2a     | 20.119 $\pm$ 1.428    |
| tussen                                     | 52.605 $\pm$ 3039        | 41 $\pm$ 1b     | 21.567 $\pm$ 1.336    |
| <b>Statistische analyse<sup>1</sup></b>    |                          |                 |                       |
| Behandeling                                | 0,99                     | 0,48            | 0,79                  |
| Spoor                                      | <b>0,07</b>              | <b>0,02</b>     | <b>0,00</b>           |
| Behandeling x Spoor                        | <b>0,08</b>              | 0,79            | <b>0,00</b>           |

<sup>1</sup> Bij de statistische analyse staat de p-waarde weergegeven.  $p < 0,10$  staat aangeduid in vet,  $p < 0,05$  staat aangeduid in vet en onderstreept; binnen iedere factor duiden verschillende letters een significant verschil ( $p < 0,05$ ) aan volgens

Scheffé. <sup>2</sup> V: vochtige omstandigheden; D: droge omstandigheden; L: lage druk; H: hoge druk; de waarde voor iedere behandeling is het gemiddelde van de meting in spoor en tussen spoor

De verse opbrengst 'tussen spoor' was hoger dan 'in spoor', zij het niet significant ( $p = 0.07$ ). Het DS-gehalte en DS-opbrengst van de maïs werd wel significant ( $p < 0.05$ ) beïnvloed door de factor spoor. Zo werd er een significant ( $p = 0.02$ ) **hoger DS-gehalte** vastgesteld bij de maïsplanten **tussen de sporen** dan bij de planten in de sporen. Er werd geen significant effect van de verschillende behandelingen waargenomen op het DS-gehalte ( $p = 0.48$ ).

Bij de **DS-opbrengst** werd er een **interactie-effect vastgesteld tussen de factoren 'behandeling' en 'spoor'** ( $p = 0.004$ ). Aangezien er interactie werd vastgesteld, werd iedere behandeling apart geanalyseerd als een randomized complete block design met spoor als factor. Daaruit bleek dat bij drie van de vier behandelingen (V-L, V-H en D-H) de DS-opbrengst hoger was tussen spoor dan in spoor maar alleen voor behandeling 'D-H' werd een significant effect ( $p < 0.05$ ) vastgesteld (Tabel 4-10).

Tabel 4-10: Verse opbrengst, drogestof (DS)-opbrengst en DS-gehalte (gemiddelde  $\pm$  stdev) van de maïs bij de verschillende combinaties van behandeling en spoor

| Behandeling <sup>1</sup> | Spoor  | DS-opbrengst (kg/ha)           |
|--------------------------|--------|--------------------------------|
| V-L                      | in     | 21.010 $\pm$ 450a <sup>2</sup> |
|                          | tussen | 22.029 $\pm$ 566a              |
| V-H                      | in     | 19.751 $\pm$ 1.157a            |
|                          | tussen | 21.428 $\pm$ 642a              |
| D-L                      | in     | 20.581 $\pm$ 940a              |
|                          | tussen | 20.509 $\pm$ 488a              |
| D-H                      | in     | 19.136 $\pm$ 2.372a            |
|                          | tussen | 22.301 $\pm$ 2.452b            |

<sup>1</sup> V: vochtige omstandigheden; D: droge omstandigheden; L: lage druk; H: hoge druk; <sup>2</sup> binnen iedere behandeling duiden verschillende letters een significant verschil ( $p < 0.05$ ) aan tussen in en tussen spoor

Samenvattend kunnen we dus stellen dat het hanteren van lage druk of hoge druk en het toepassen van drijfmest bij droge of bij vochtige omstandigheden, geen significant effect uitoefenden op de gewasopbrengst in deze proef. Gezien de geringe verschillen in bodemfysische eigenschappen geïnduceerd door de aangelegde behandelingen was dat ook verwacht. Ook kwam door de extreme hoeveelheden neerslag in de maanden na de zaai en voorafgaand aan de bloei (mei-juni) de vochtvoorziening in de bouwlaag (0-30cm) niet in het gedrang. Bovendien stelden we vast bij het graven van een profielput na de oogst de wortels vrij gemakkelijk door de ploegzool konden groeien, waardoor ze een groot bodemvolume konden exploreren. Wel stellen we vast dat de maïsplanten die in het wielspoor van het drijfmestvat groeiden meestal lagere verse en DS-opbrengsten (enkel significant voor de DS-opbrengst in de D-H behandeling) haalden dan de planten die tussen de wielsporen groeiden. Ook het DS-gehalte was significant hoger in de planten die tussen de sporen groeiden, wat wijst op een sneller afrijping, dan de maïsplanten die in het wielspoor van het drijfmestvat groeiden.

## 5 Conclusie

Uit deze proef kunnen we besluiten dat de bodemconditie (bodemvochtgehalte) een belangrijke invloed uitoefent op het effect van bandenspanning van een drijfmestvat op bodemdruk, indringingsweerstand en insporing. Zo resulteerde het verlagen van de bandenspanning (3 bar naar 1 bar) bij vochtige omstandigheden tot een **verhoging van de bandenafdruk met 19% en een verlaging van de insporing en bodemdruk met respectievelijk 35% en 16%**. Bij droge omstandigheden is het effect op de insporing minder duidelijk (**15% minder insporing bij lage druk**) maar is het effect op de bandenafdruk en bodemdruk meer uitgesproken: het verlagen van de druk van 3 naar 1 bar in de banden van het drijfmestvat resulteert in een **verhoging van de bandenafdruk met 67% en een verlaging van de bodemdruk met 40%**.

Toch resulteert de afname in bodemdruk bij het rijden op lage druk enkel bij vochtige omstandigheden effectief ook tot een **afname in indringingsweerstand in de bouwlaag (5-20cm)** in vergelijking met rijden op hoge druk. In tegenstelling tot wat werd verwacht, konden er geen effecten op indringingsweerstand in en onder de ploegzool vastgesteld worden. Wellicht bufferde de ploegzool de aangelegde bodemdrukken. De bulkdichtheid en porositeit van de bodem en het bodemvochtgehalte bij verschillende pF-waardes bleven grotendeels ongewijzigd. Wellicht kan het effect van een eenmalige berijding op hoge/lage druk of in vochtige/droge omstandigheden moeilijk worden aangetoond, maar is het bodemfysische effect pas zichtbaar na herhaaldelijke bodemdruk gespreid over meerdere jaren. We merken tevens op dat zelfs bij vochtige omstandigheden, de bodem nog relatief droog was (met een volumetrisch vochtgehalte van 29,3% (pF 2,51) was de bodem (0-30cm) beduidend droger dan bij veldcapaciteit (pF 2,00)) waardoor de impact van hoge of lage bandendruk beperkt bleef).

De verschillen in indringingsweerstand in de bouwlaag (5-20cm) die vastgesteld werden na het toepassen van de drijfmest verdwenen, zoals verwacht, na ploegen. Bovendien werd vastgesteld dat de wortels gemakkelijk doorheen de ploegzool konden groeien. Hierdoor werd **geen significant effect van de bandenspanning op de gewasgroei vastgesteld**

**H1 en H2** worden dus slechts **gedeeltelijk weerhouden**. Hoewel een duidelijk effect van vochtig vs. droog en hoge druk vs. lage druk werd vastgesteld op de insporing en bodemdruk, werden geen eenduidige effecten op de vochthuishouding, bodemverdichting in de diepere lagen en gewasopbrengst gerapporteerd.

Wel stelden we een effect van het al dan niet berijden met het drijfmestvat op de gewasopbrengst vast. Ondanks het feit dat er na de zaai van de maïs geen verschillen meer in indringingsweerstand, bulkdichtheid, porositeit en vochthuishouding werden waargenomen, haalden de maïsplanten die in het wielspoor van het drijfmestvat groeiden meestal lagere verse en DS-opbrengsten dan de planten die tussen de wielsporen groeiden. Ook het DS-gehalte was significant hoger in de planten die tussen de sporen groeiden, wat wijst op een sneller afrijping, dan de maïsplanten die in het wielspoor van het drijfmestvat groeiden. Ook **H3** wordt dus slechts **gedeeltelijk weerhouden**. Het vastgestelde effect op de gewasopbrengst kon immers niet toegewezen worden aan veranderingen in de vochthuishouding van de bodem of verschillen in bodemverdichting in de diepere lagen.



## Referenties

Coppens G., Vandendriessche H., Moens W., Bries J. 2009. De mestwegwijzer. Overzicht van 15 jaar mestanalyse door de Bodemkundige Dienst van België. Bodemkundige Dienst van België, 95 pp.

Cornelis, W.M., Khlosi, M., Hartmann, R., Van Meirvenne, M., De Vos, B., 2005. Comparison of unimodal analytical expressions for the soil–water retention curve. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 69, 1902–1911.

Gomez, K.A., Gomez, A.A., 1984. *Statistical Procedures For Agricultural Research*, second edition A Wiley-Interscience Publication, John Wiley & Sons, Inc, Chichester, UK.

Pannecoucq, J., Van Waes, J., De Vlieghe, A., Jacquemin, G. 2016. Belgische beschrijvende en aanbevelende rassenlijst voor voedergrassen en groenbedekkers 2017, ILVO MEDEDELING 222, ISSN 1784-3197 Wettelijk Depot: D/2016/10.970/222.

Tits, M., Elsen, A., Deckers, S., Boon, W., Bries, J., Vandendriessche, H. 2016. Bodemvruchtbaarheid van de Akkerbouw- en Weilandpercelen in België en Noordelijk Frankrijk (2012-2015). Publicatie van de Bodemkundige Dienst van België. 218pp.

van Genuchten, M.T. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 44, 892–898.

## Contact

Tommy D'Hose, Wetenschappelijk onderzoeker  
Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek ILVO  
Plant  
Burg. Van Gansberghelaan 109  
9820 Merelbeke  
T +32 9 272 26 69  
tommy.dhose@ilvo.vlaanderen.be

Greet Ruysschaert, Wetenschappelijk onderzoeker  
Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek ILVO  
Plant  
Burg. Van Gansberghelaan 109  
9820 Merelbeke  
T +32 9 272 26 98  
greet.ruysschaert@ilvo.vlaanderen.be

Deze publicatie kan ook geraadpleegd worden op:  
[www.ilvo.vlaanderen.be/pers en media/ILVO mededelingen](http://www.ilvo.vlaanderen.be/pers%20en%20media/ILVO%20mededelingen)

Vermenigvuldiging of overname van gegevens toegestaan mits duidelijke bronvermelding.



Aansprakelijkheidsbeperking

Deze publicatie werd door ILVO met de meeste zorg en nauwkeurigheid opgesteld. Er wordt evenwel geen enkele garantie gegeven omtrent de juistheid of de volledigheid van de informatie in deze publicatie. De gebruiker van deze publicatie ziet af van elke klacht tegen ILVO of zijn ambtenaren, van welke aard ook, met betrekking tot het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.

In geen geval zal ILVO of zijn ambtenaren aansprakelijk gesteld kunnen worden voor eventuele nadelige gevolgen die voortvloeien uit het gebruik van de via deze publicatie beschikbaar gestelde informatie.



Instituut voor Landbouw-, Visserij- en Voedingsonderzoek  
Burg. Van Gansberghelaan 92  
9820 Merelbeke - België

T +32 9 272 25 00  
[ilvo@ilvo.vlaanderen.be](mailto:ilvo@ilvo.vlaanderen.be)  
[www.ilvo.vlaanderen.be](http://www.ilvo.vlaanderen.be)