

Verslag van de werkzaamheden in 1983 van het onderzoek
naar de invloed van het losmaken van zavelige ondergronden
op de structuurontwikkeling, waterhuishouding en
beworteling in relatie tot produktie van landbouwgewassen
door de Stiboka.

Projectleider Dr. M.J. Kooistra

A. Jager, O.H. Boersma

Stichting voor Bodemkartering, rapport nr. 1793, project nr. 271.17
Rapport nr. 1, afdeling Bodemstructuur en Micromorfologie
Bestemd voor intern gebruik
Wageningen, januari 1984

INHOUD

	blz.
1. INLEIDING	5
2. DE INDRINGINGSWEERSTAND VAN DE GROND	9
3. DE DICHTHEID VAN DE GROND	19
4. DE BEWORTELINGSBEELDEN VAN DE DIVERSE GEWASSEN	27
5. EINDCONCLUSIES	37
LIJST VAN FIGUREN	39
REFERENTIES	41

1 INLEIDING

In 1983 vond evenals in voorgaande jaren onderzoek plaats op proefvelden behorend tot het LOZ project dat door het P.A.G.V. gecoördineerd wordt. Het betreft in totaal 4 proefvelden nl. WS 337, WS 410, RH 500 en RH 750. Het onderzoek van de Stiboka werd gekoncentreerd op de proefvelden WS 337 en RH 500. Op proefveld WS 410 stond voor het laatste jaar graszaad, waardoor onderzoek achterwege kon blijven. Omdat het proefveld RH 750 nog in een aanlegfase verkeerde, heeft hier slechts beperkt onderzoek plaatsgevonden. Volstaan werd met het verrichten van enkele weerstandsmetingen en bewortelingsopnamen. Nu in de nazomer van 1983 de aanleg van dit proefveld voltooid is, kan volgend jaar uitgebreid onderzoek worden gedaan. De onderzoeksresultaten die dit jaar verkregen zijn, worden opgenomen in het verslag over 1984. De werkzaamheden op de proefvelden WS 337 en RH 500 bestonden uit slempopnamen, indringingsweerstandsmetingen, dichtheidsbepalingen van de grond en bewortelingsopnamen. In het vroege voorjaar is de oppervlakkige verslemping van de bouwvoor opgenomen. De verschillende bewerkingsoBJECTEN van het proefveld WS 337 bleken geen verschillen in de oppervlakkige slemp te veroorzaken. Wel bleek de ruwheid van het oppervlak van invloed. De op wintervoor geploegde bouwvoor vertoonde maar iets verslemping, terwijl het meer verfijnde oppervlak van het zaaibed voor de wintertarwe een vrij sterke verslemping te zien gaf. Het proefveld RH 500 vertoonde in z'n geheel een vrij sterke verslemping. De sterkere verslemping van het laatstgenoemde proefveld is een gevolg van de lichtere textuur van de bouwvoor.

In het voorjaar is op beide proefvelden de indringingsweerstand van de verschillende objecten bepaald. Op het proefveld RH 500 bleef dit beperkt tot het gedeelte waar niet periodiek tot 40 cm - mv. wordt gewoeld.

Ook vond omstreeks dezelfde tijd bemonstering plaats voor bepaling van de dichtheid van de grond. Dit werd alleen uitgevoerd op de verschillende objecten met de gewassen aardappelen en suikerbieten. In de nazomer zijn op het proefveld WS 337 de bewortelingsbeelden van de gewassen aardappelen, suikerbieten en wintertarwe opgenomen. Op het proefveld RH 500, bleef dit beperkt tot

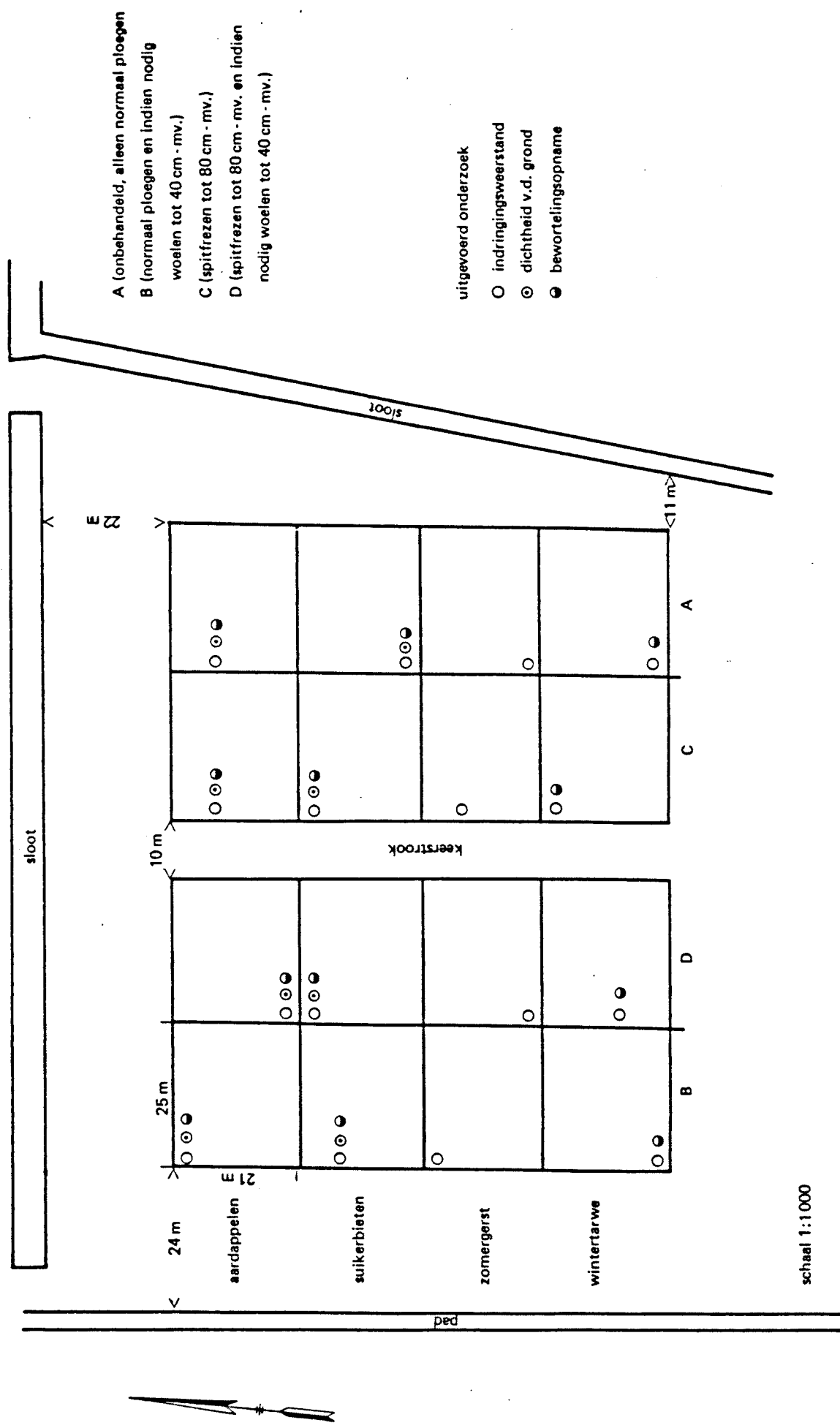
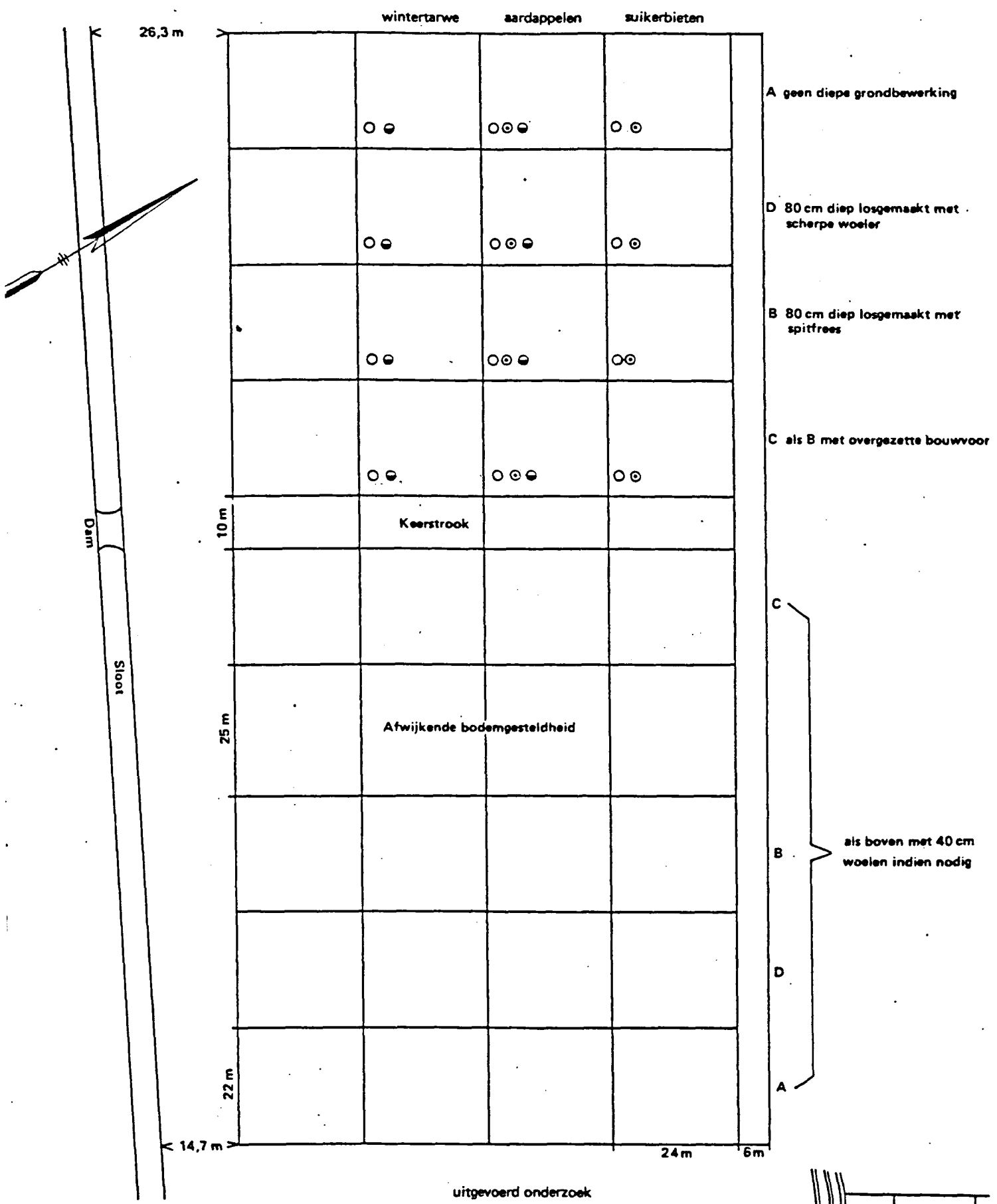


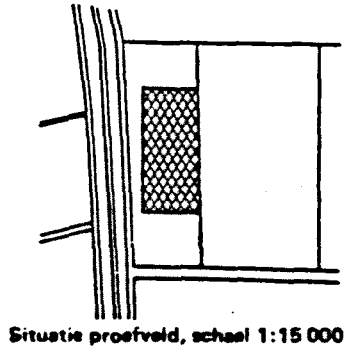
Fig. 1 Situatiekaart van het proefveld Ws 337 met overzicht van het uitgevoerde onderzoek in 1983 en de lokatie

schaal 1:1000



Schaal 1:1000
 Diepe grondbewerking
 Rusthoeve RH 500

uitgevoerd onderzoek
 indringingsweerstand
 dichtheid v.d. grond
 ● bewortelingsopname



Situatie proefveld, schaal 1:15 000

Fig. 2 Situatiekaart van het proefveld RH 500 met overzicht van het uitgevoerde onderzoek in 1983 en de lokatie

de verschillende objecten met de gewassen wintertarwe en aardappelen. In fig. 1 en 2 zijn de situatiekaarten van deze proefvelden gegeven met een overzicht van de uitgevoerde onderzoeken.

De resultaten van de 3 laatstgenoemde werkzaamheden nl. de indringingsweerstandsmetingen, de dichtheidsbepalingen van de grond en de wortelingsopnamen zijn in opeenvolgende hoofdstukken behandeld.

2 DE INDRINGINGSWEERSTAND VAN DE GROND

2.1 De indringingsweerstand van de grond op het proefveld WS 337.

Op alle bewerkingsoBJECTEN (A-B-C-D), en de hierop voorkomende gewassen aardappelen, suikerbieten, zomergerst en wintertarwe, werden indringingsweerstandsmetingen (I_w) verricht (zie fig. 1). De metingen werden uitgevoerd op 1 juni 1983. Dit late tijdstip was een gevolg van het langdurig natte voorjaar. Op het moment van de meting was de grond op veldcapaciteit. Gemeten is met een penetrograaf met een basisoppervlak van de conus van 1 cm^2 en een tophoek van 60° en een bereikbare diepte van 80 cm. De weerstanden worden bij het in de grond drukken van de conus geregistreerd op een kaart en aangegeven in MPa (vroeger kg f per cm^2 ; $1 \text{ kg f} = \text{ca. } 0,1 \text{ MPa}$). In het algemeen geldt dat bij weerstanden gemeten in vochtige grond van $<1,5 \text{ MPa}$ de wortels gemakkelijk de grond indringen. Bij 1,5 tot 3,0 MPa wordt de beworteling in toenemende mate gestremd terwijl boven 3,0 MPa beworteling nog alleen mogelijk is door scheurtjes en macroporiën die bij deze hoge weerstanden slechts sporadisch voorkomen.

Elke meting vond in vijf-voud plaats; de resultaten zijn weergegeven in Fig. 3.

2.1.1 Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

Uit de I_w -curves van het onbehandelde object blijkt, dat de I_w direct onder de bouwvoor, weinig verschilt met de diepere ondergrond. Hieruit zou afgeleid kunnen worden dat er geen verdichte laag (ploegzool) in deze onbehandelde gronden voorkomt. Deze interpretatie is echter onjuist, want er is wel degelijk een vrij sterke tot sterk verdichte laag aanwezig. Dat deze laag niet tot uitdrukking komt in de I_w -curves is als volgt te verklaren.

De I_w wordt naast de dichtheid van de grond mede bepaald door de granulaire samenstelling, met name door het lutum- en leemgehalte. Naarmate dit gehalte afneemt, wordt de I_w hoger en omgekeerd geeft een hoger lutum- en leempercentage een lagere I_w .

De profielopbouw van dit onbehandelde object (A) bestaat uit een bovengrond van matig humusarm, kalkrijke, zware zavel, die naar beneden geleidelijk lichter wordt, en op ± 50 cm - mv. overgaat in zeer licht zavelig materiaal. De verdichte laag heft hier een hoger lutumgehalte dan de ondergrond, terwijl de poriënfractie t.g.v. de verdichting veel lager is dan die van de ondergrond.

Deze parameters beïnvloeden de Iw. in tegengestelde richting, wat tot gevolg heeft dat het verschil in dichtheid tussen ploegzool en ondergrond in de Iw-curve niet tot uitdrukking komt.

2.1.2 Object B (normaal ploegen en indien nodig woelen tot 40 cm - mv.)

In de Iw. van dit object is in het algemeen een positief effect van het woelen zichtbaar. Op de veldjes met de gewassen winter-tarwe en zomergerst is in de nazomer van 1981, voor het laatst gewoeld, terwijl dit op de veldjes met aardappelen en suikerbieten in de nazomer van 1982 het laatst gebeurd is. Zowel bij de in 1981 als in 1982 gewoelde veldjes werd een duidelijk lagere Iw. gevonden. Uit het verticale verloop van de Iw-curves blijkt dat de diepte van het woelen varieert van 40 - 55 cm - mv.

2.1.3 Object C (spitfreesen tot 80 cm - mv.).

Wanneer de Iw. van dit gespitfreesde object vergeleken werden met de metingen van voorgaande jaren (zie rapporten Ovaa: febr. 1980, april 1981; maart 1982), dan kunnen we hieruit opmaken dat in de loop van de tijd de Iw. weer geleidelijk is toegenomen. Deze toename is het gevolg van de natuurlijke zetting van het losgemaakte materiaal.

Bij vergelijking met de onbehandelde ondergrond van object A blijkt dat de Iw. van het losgemaakte bodemmateriaal in dit object nog steeds beduidend lager is dan de uitgangstoestand (resp. 1 Mpa en $2\frac{1}{2}$ Mpa). Direct onder de bouwvoor wordt een iets hogere Iw. aangetroffen (ca. $1\frac{1}{2}$ Mpa). Naast de natuurlijke zetting is hier sprake van enige verdichting, hetgeen een begin van ploegzoolvorming aanduidt.

2.1.4 Object D (spitfrozen tot 80 cm - mv. en indien nodig woelen tot 40 cm - mv.)

De Iw. van de ondergrond in dit object is vrijwel gelijk aan het gespittfreesde object C. Dit ligt ook geheel in de lijn van de verwachting, omdat beide projecten tot 80 cm - mv. gespittfreesd werden.

In tegenstelling tot object C is in dit object echter geen hogere Iw. direct onder de bouwvoor aanwezig. Dit is waarschijnlijk het gevolg van het incidentele woelen. In de nazomer van 1982 is voor het laatst gewoeld. Met name in de veldjes met aardappelen en suikerbieten is het effect van het woelen nog duidelijk aantoonbaar. Tussen ± 30 à 40 cm - mv., komt een grote variatie in Iw. voor (0.3 - 1.6 Mpa) afhankelijk van lokatie in of naast woelsleuven. De laagste Iw. wordt gemeten in het hart van de woelsleuf.

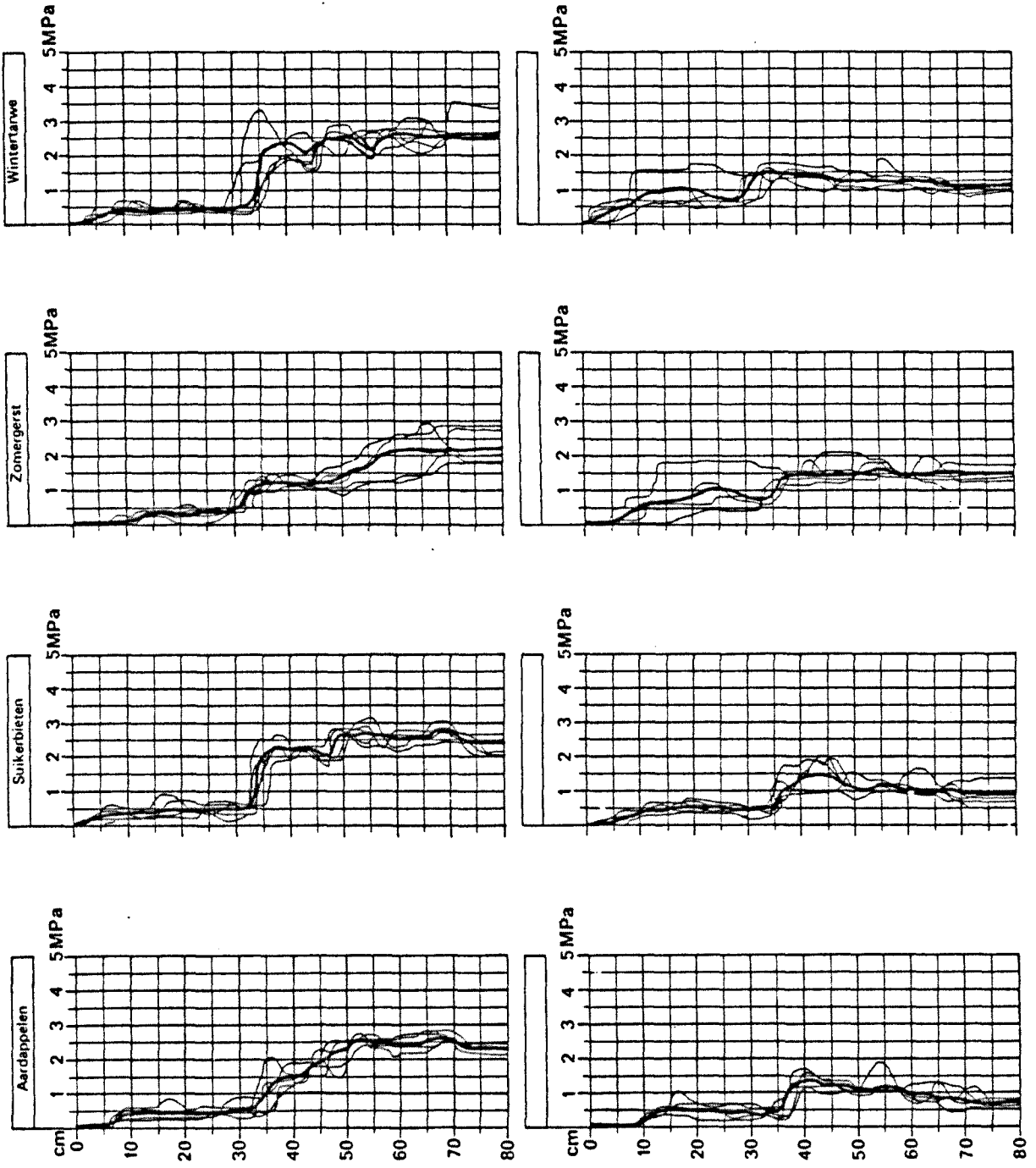
2.1.5 Conclusies

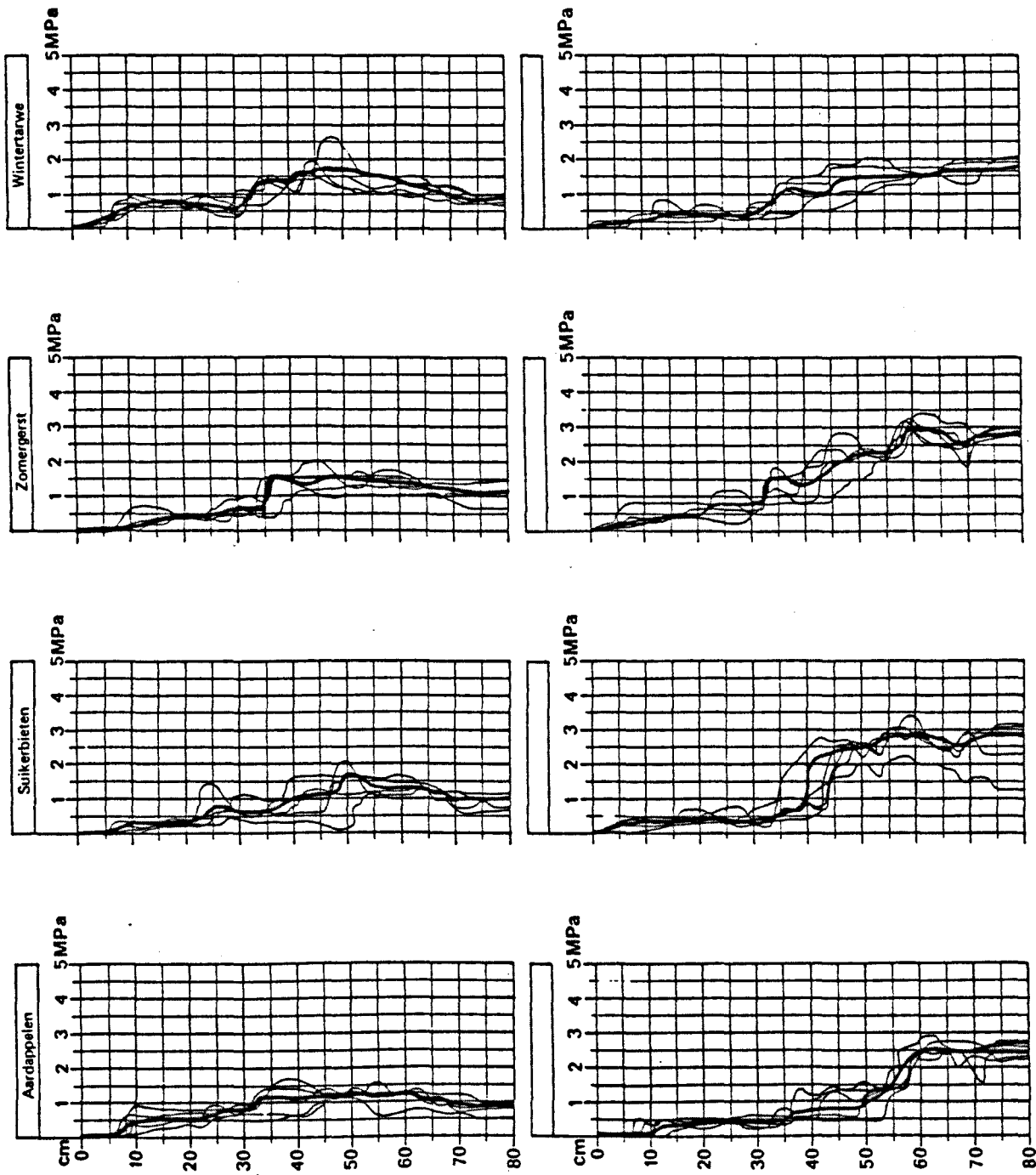
De Iw. in de ondergrond (± 40 -80 cm - mv.) is in de gespittfreesde objecten C en D duidelijk lager dan in de ongestoorde objecten A en B. Dit is toe te schrijven aan het relatief hoge lutumgehalte van het bodemmateriaal, lichte tot matig zware zavel, waardoor de natuurlijke zetting langzaam verloopt. Wel is in het gespittfreesde object C direct onder de bouwvoor, een iets hogere Iw. gemeten, wat op een hernieuwde verdichting duidt.

In de objecten B en D, die periodiek tot 40 cm - mv. worden gewoeld, wordt geen hernieuwde verdichting aangetroffen. Dit toont aan dat periodiek woelen een gunstig effect kan hebben.

Object A (onbehandeld,
alleen normaal ploegen)

Object C (spitfrozen
tot 80 cm - mv.)





Object D (spitfrazen tot 80 cm - mv. en indien nodig woelen tot 40 cm - mv.)

Object B (normaal ploegen en indien nodig woelen tot 40 cm - mv.)

Fig. 3: Indringingsweerstand van het proefveld Ws 337

2.2 De indringingsweerstand van de grond op het proefveld RH 500

De Iw. werd bepaald op de veldjes met de gewassen wintertarwe, aardappelen en suikerbieten, van de bewerkingsobjecten A-B-C-D, die niet periodiek worden gewoeld tot 40 cm - mv. Elke meting is in vijfvoud uitgevoerd. Op het tijdstip van de meting, 2 juni 1983, was de grond op veldcapaciteit. De resultaten zijn weergegeven in Fig. 4.

2.2.1 Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

De Iw-curves van dit uitsluitend geploegde object, vertonen direct onder de bouwvoor een toenemende Iw. veroorzaakt door een verdichte laag (ploegzool). Een uitzondering hierop vormt het veldje met wintertarwe. Uit de Iw-curve is geen verdichting onder de bouwvoor af te leiden. De Iw van de diepere ondergrond (45 à 50 cm - mv.) is echter weer gelijk aan de andere, tot het object A behorende, veldjes met aardappelen en suikerbieten. De meest voor de hand liggende oorzaak is, dat de ploegzool op de plaats van waarneming, is verstoord.

2.2.2 Object B (spitfreesen tot 80 cm - mv.)

In dit gespitfreesde object komt meestal een duidelijk hernieuwde verdichting, direct onder de bouwvoor voor. In het veldje met aardappelen komt dit niet zo duidelijk tot uitdrukking, omdat maar 3 van de 5 Iw-curves een hogere weerstand vertonen. De onderlinge spreiding in de Iw-curves op dit veldje kan verklaard worden door de heterogeniteit van het gespitfreesde profiel. De lage indringingsweerstand worden nl. gevonden waar onder de bouwvoor veel brokken humushoudende bovengrondmateriaal voorkomen. De hoge indringingsweerstand vallen samen met het voorkomen van veel ondergrondmateriaal met een lichtere textuur.

2.2.3 Object C (spitfrozen tot 80 cm - mv. met overgezette bouwvoor)

In dit object wordt in alle veldjes, direct onder de bouwvoor een hogere Iw. aangetroffen. Omdat de bovengrond bij de bewerking apart werd gehouden, is de profielopbouw minder heterogeen, waardoor de Iw-curves onderling slechts een geringe spreiding vertonen.

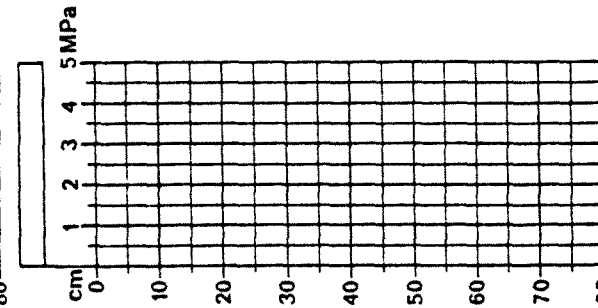
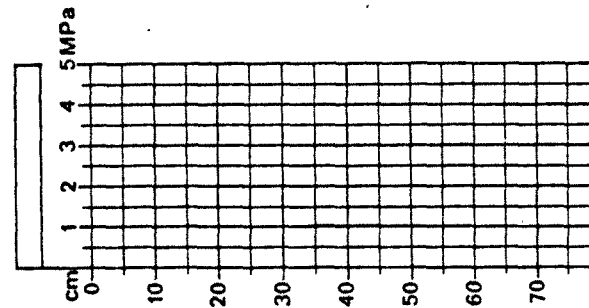
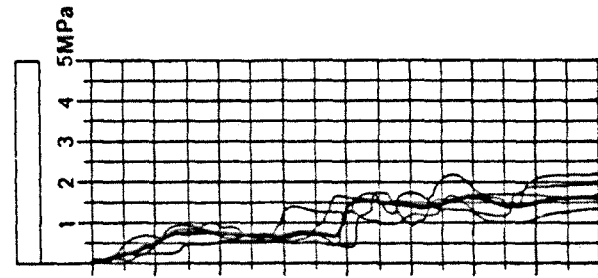
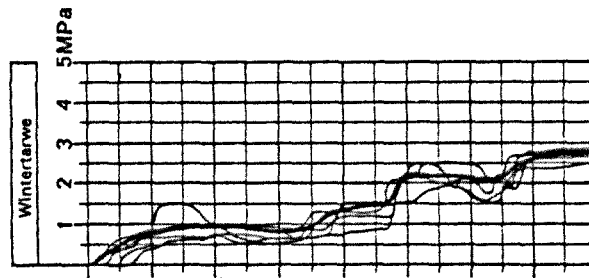
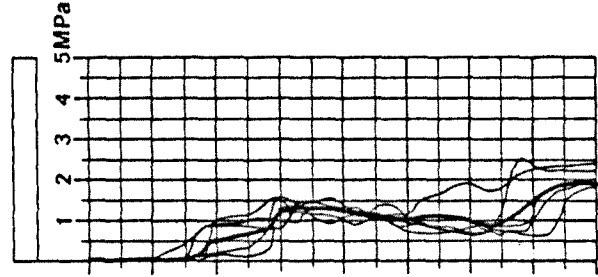
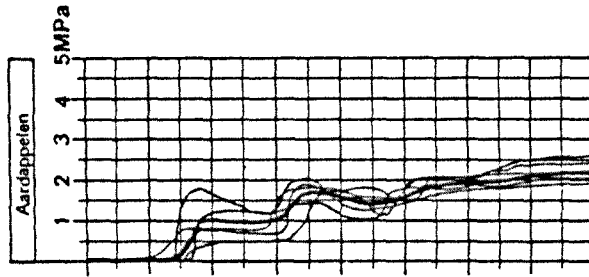
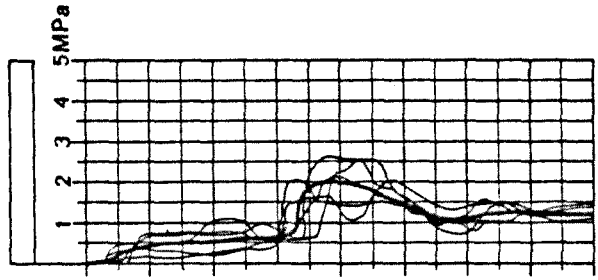
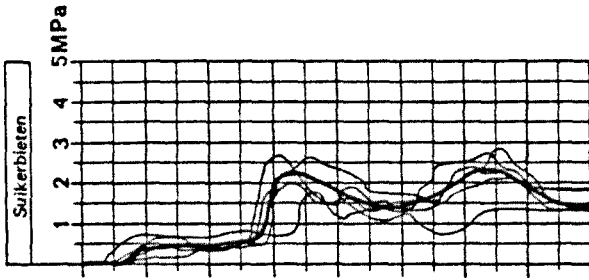
2.2.4 Object D (woelen tot 80 cm - mv.)

De veldjes wintertarwe en aardappelen op dit gewoelde object, hebben vrijwel geen hogere Iw. direct onder de bouwvoor. In het veldje met suikerbieten daarentegen is wel een duidelijk hogere Iw. gemeten. Voor deze verschillen is geen verklaring te vinden. In het algemeen geldt, afgezien van de reeds genoemde afwijking bij de suikerbieten, dat in dit object minder hernieuwde verdichtingen voorkomt, dan in de gespitfreesde objecten.

2.2.5 Conclusies

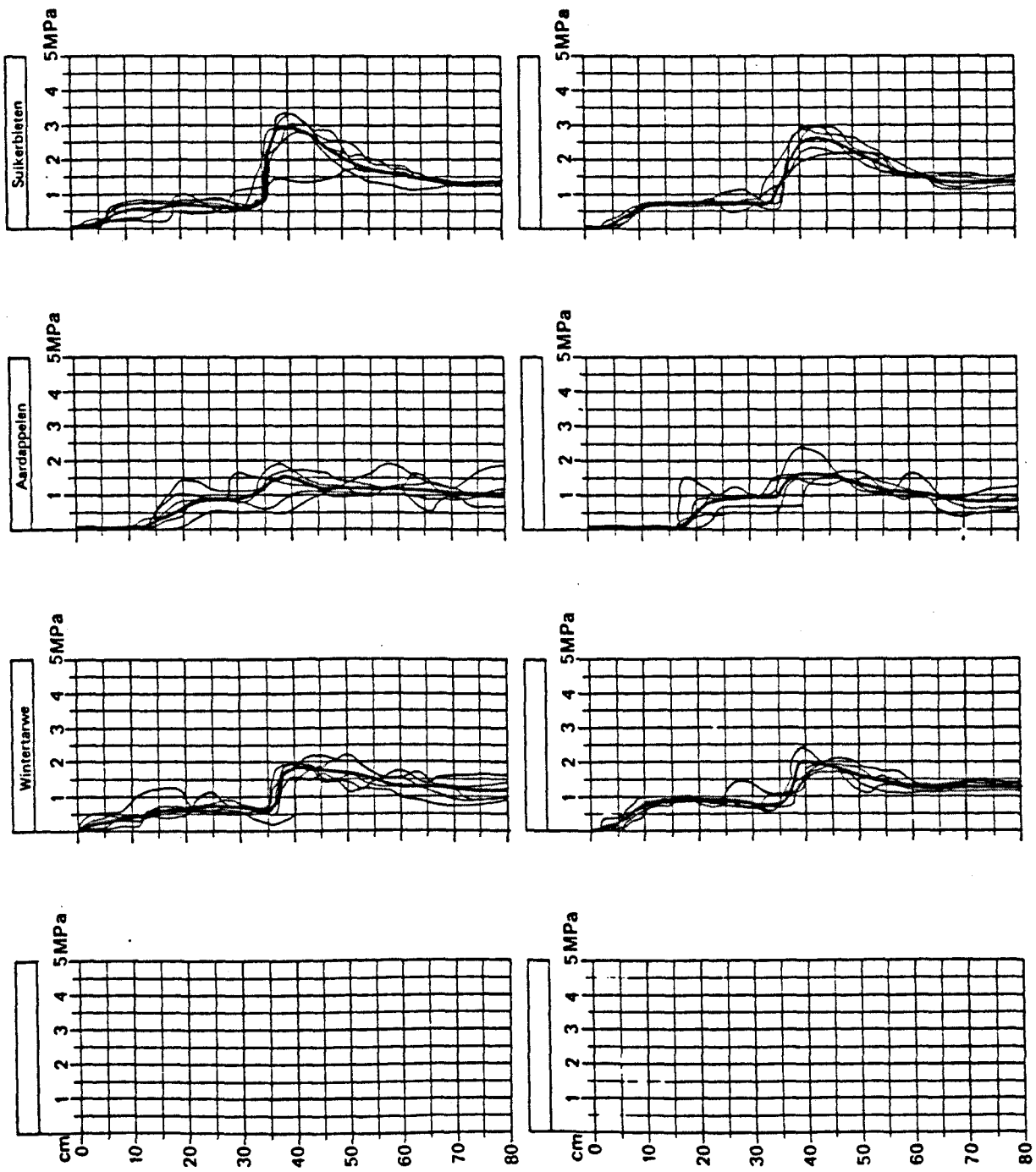
Samengevat komt in alle bewerkte objecten onder de bouwvoor een zone met een meer of minder hogere Iw. voor. Dit geldt met name voor de gespitfreesde objecten B en C waar in een aantal gevallen dezelfde Iw. wordt gevonden als in het onbehandelde object A. Zeer waarschijnlijk is hier opnieuw dezelfde verdichting bereikt als voor de bewerking.

Opvallend is dat in alle objecten (A t/m D) de veldjes met suikerbieten een duidelijk hogere Iw. direct onder de bouwvoor hebben. Een verklaring voor dit verschijnsel is niet bekend.



Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

Object D (woelen tot 80 cm . mv.)



Object B (spitfrozen tot 80 cm - mv.)

Object C (spitfrozen tot 80 cm - mv.
met overgezette bouwvoor)

Fig. 4: Indringingsweerstand van het proefveld RH 500

3 DE DICHTHEID VAN DE GROND¹⁾

3.1 De dichtheid van de grond op het proefveld Ws 337

Van alle bewerkingsoBJECTEN is de dichtheid bepaald van de veldjes met aardappelen en suikerbieten. In fig. 5 zijn de resultaten weergegeven. De dichtheid is bepaald aan 4 cm hoge ringen met een inhoud van 235 cc gevuld met ongestoord bodemmateriaal. Voor de onderlinge vergelijking van de verschillende objecten, wordt de dichtheid van het onbehandelde object A als referentieniveau gebruikt.

3.1.1 Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

De laag direct onder de bouwvoor heeft een dichtheid die varieert van 1.43 tot 1.62 g/cm³ (porositeit: 0.39 tot 0.46). De laag die 10 tot 15 cm dieper ligt heeft daarentegen dichtheden die variëren van 1.41 tot 1.49 g/cm³ (porositeit: 0.44 tot 0.47). Gezien de profielopbouw moet dit verschil in dichtheden geheel toegeschreven worden aan een ploegzool die net onder de bouwvoor aanwezig is. De verschillen in dichtheid lopen op tot maximaal 0.21 g/cm³. Bij verdichting worden vnl. de grotere poriën in de grond (>100 µm) dichtgedrukt. In een niet verdichte ondergrond in een oud bouwland schommelt het percentage grotere poriën om de 5 vol.%. Een verdichting tot 0.21 g/cm³ geeft een indicatie dat hier de grotere poriën vrijwel allemaal dichtgedrukt kunnen zijn. De konsekwentie is dat de aëratie van de grond, de waterdoorlatendheid en de beworteling veel sneller niet optimaal zijn. Dieper in het profiel neemt de dichtheid geleidelijk weer toe en varieert tussen 1.46 tot 1.52 g/cm³ (porositeit: 0.43 tot 0.45), wat een gevolg is van de geringere natuurlijke porositeit van de grond.

¹⁾ Volgens de nieuwe SI terminologie, zoals uitgewerkt in de cursus Bodemkunde, bestaan een aantal formuleringen in dit verband:

- (1) Volumieke massa of dichtheid van de vaste fase ρ_{m+h} kg/m³ (of g/cm³)
- (2) Volumefractie vaste fase of volumiek gehalte φ_{m+h} (dimensieloos) (m³/m³)
- (3) Poriënfraction of porositeit φ_p (dimensieloos) (is complementair met (2)). In dit rapport worden waarden gegeven voor de onder punt (1) en (3) gedefiniëerde begrippen.

3.1.2 Object B (normaal ploegen en indien mogelijk woelen tot 40 cm - mv.)

De dichtheden van dit object geven geen aanwijzingen voor een verdichte laag direct onder de bouwvoor. Slechts in 1 geval is er sprake van enige verdichting. De afwezigheid van een verdichte laag is het gevolg van het intensief woelen tot 40 cm - mv. in de nazomer van 1982. De gemiddelde dichtheid in het voorjaar van 1983 was 1.41 g/cm^3 (porositeit 0.47). Dieper in het profiel komt de dichtheid van de grond niet overeen met die van de ondergrond van het onbehandelde object A. Dit was te verwachten, omdat de profielopbouw in beide gevallen vrijwel identiek is en er geen grondbewerkingen hebben plaatsgevonden. De dichtheid van de ondergrond varieert van 1.46 tot 1.54 g/cm^3 (porositeit 0.42 tot 0.45).

3.1.3 Object C (spitfrozen tot 80 cm - mv.)

De dichtheid van de laag direct onder de bouwvoor varieert van 1.41 tot 1.48 g/cm^3 (porositeit 0.42 tot 0.45). Deze cijfers duiden op een hernieuwde verdichting. Deze is nog niet zo extreem als in het onbehandelde object, maar de verdichting is met zeker 2 à 3 vol.% toegenomen.

De gespitfreesde ondergrond verschilt in dichtheid met de ongestoorde ondergrond van het onbehandelde object A en varieert tussen 1.41 tot 1.54 g/cm^3 (porositeit 0.42 tot 0.47). Deze spreiding wordt grotendeels veroorzaakt door menging van bovengrond met ondergrond materiaal. Het bovengrondmateriaal heeft doorgaans een lagere dichtheid, dan het meer zandige ondergrondmateriaal.

3.1.4 Object D (spitfrozen tot 80 cm - mv. en indien nodig woelen tot 40 cm - mv.)

Dit object werd, evenals object B, in de nazomer van 1982 tot 40 cm gewoeld. In tegenstelling tot object B, waar in de meeste gevallen de verdichte laag door het woelen verdwenen is, wordt

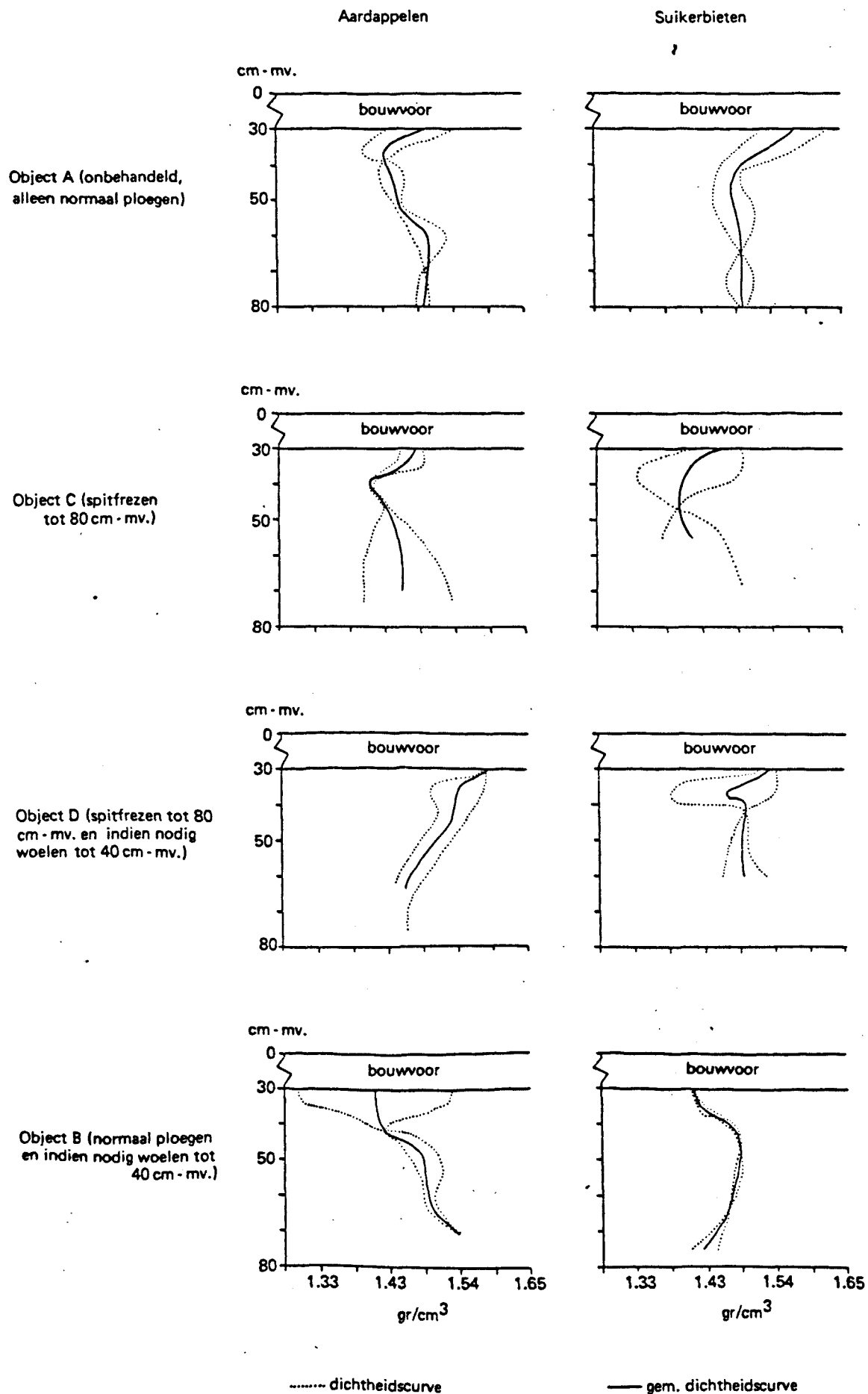


Fig. 5 Vertikaal verloop van de dichtheid van de grond van het proefveld Ws 337

hier wel een verdichte laag gevonden. De dichtheid onder de bouwvoor varieert van 1.52 tot 1.59 g/cm³ (porositeit: 0.40 tot 0.43) en neemt naar beneden geleidelijk af tot 1.43 tot 1.51 g/cm³ (porositeit: 0.43 tot 0.46).

3.1.5 Conclusies

Wanneer alle gegevens van het in 1978 aangelegde grondverbeteringsproefveld Ws 337 naast elkaar gezet worden blijkt dat de objecten C en D een duidelijk hernieuwde verdichting vertonen. Dit zijn de objecten welke tot 80 cm gespittfreesd werden. Hieruit kan afgeleid worden dat er een verband bestaat tussen het spittfreen en het spoedig opnieuw degraderen van de grondmassa direct onder de bouwvoor. Door het spittfreen treedt op een diepte van 30-50 cm menging van het oorspronkelijke materiaal met humusarm, instabiel bodemmateriaal uit de ondergrond. Hierdoor neemt de stabiliteit van de grondmassa, direct onder de bouwvoor af. Bovendien heeft losgemaakt bodemmateriaal een beduidend hoger vochtgehalte in het voor- en najaar, waardoor de kans op hernieuwde verdichting bij berijden en bewerken sterk toeneemt (Jager, Boersma, 1983). Het effect van periodiek woelen tot 40 cm in dit gespittfreesde materiaal (object D) blijkt gering te zijn. Door het instabiele karakter zakt de gewoelde grondmassa snel weer ineens.

Het effect van periodiek woelen tot 40 cm zonder diepspitten van de ondergrond (object B) is aanmerkelijk beter en heeft een langduriger nawerking. Dit komt omdat bij woelen de grondmassa meer wordt losgetrokken dan gemengd waardoor er o.a. ook geen instabiel ondergrond materiaal hoger in het profiel terecht komt.

3.2 De dichtheid van de grond op het proefveld RH 500

Evenals bij het proefveld Ws 337 werd ook alleen van de veldjes met aardappelen en suikerbieten van de verschillende objecten, met uitzondering van de objecten die periodiek gewoeld worden, het volume percentage van de vaste fase van de grond bepaald. De resultaten zijn weergegeven in fig. 6. Evenals voorgaande jaren werd ook nu een hernieuwde verdichting in de verschillende bewerkingsobjecten aangetroffen.

3.2.1 Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

In dit object komt een duidelijke ploegzool direct onder de bouwvoor voor. De dichtheid van de vaste fase in deze laag varieert van 1.51 tot 1.57 g/cm³. (porositeit: 0.41 tot 0.439. Ongeveer 10 cm dieper is de dichtheid aanmerkelijk minder en bedraagt 1.38 tot 1.46 g/cm³ (porositeit: 0.45 tot 0.48). De porositeit van laatstgenoemde laag is goed. Het verschil in dichtheid tussen de ploegzool en de onderliggende ongestoorde laag, wordt dan ook uitsluitend veroorzaakt door de verdichting tijdens bewerking en oogstwerkzaamheden. Grotere poriën komen in de ploegzool vrijwel niet voor. Beneden 70 cm - mv. neemt de dichtheid weer toe 1.49 tot 1.54 g/cm³ (porositeit: 0.42 tot 0.44), wat een gevolg is van zandiger bodemmateriaal met een lage porositeit.

3.2.2. Object B (spitfrezen tot 80 cm - mv.)

In dit object treedt een duidelijke hernieuwde verdichting direct onder de bouwvoor op. De dichtheid varieert hier van 1.46 tot 1.65 g/cm³ (porositeit 0.38 tot 0.45). Plaatselijk is de dichtheid zelfs hoger dan in de ploegzool van het onbehandelde object A. Onder de ploegzool is de dichtheid van het gespitfreesde materiaal weer lager.

3.2.3 Object C (spitfrezen tot 80 cm - mv. met overgezette bouwvoor)

Ook hierin komt een opnieuw verdichte laag direct onder de bouwvoor voor. De dichtheid van deze laag is eveneens vrij hoog 1.43 tot 1.59 g/cm³ (porositeit: 0.40 tot 0.46). Verder naar beneden wordt de dichtheid aanzienlijk minder, 1.41 tot 1.46 g/cm³ (porositeit: 0.45 tot 0.47).

3.2.4 Object D (woelen tot 80 cm - mv.)

De hernieuwde verdichting direct onder de bouwvoor varieert in dit object van 1.51 tot 1.62 g/cm³ (porositeit: 0.39 tot 0.43). In het algemeen wordt de dichtheid naar beneden minder. Eèn bepaling gaf dezelfde waarde als die van de ongestoorde ondergrond op dezelfde diepte van object A. Vermoedelijk is bemonsterd op een plek die tijdens het woelen niet werd verstoord.

3.2.5 Conclusies

In alle diepbewerkte objecten (B-C-D) is in meerdere of mindere mate sprake van een hernieuwde verdichting. In vergelijking met het onbehandelde profiel object A, is de verdichting in de bewerkte objecten vaak groter.

Ook het bodemmateriaal onder de hernieuwde verdichting heeft in veel gevallen een grotere dichtheid dan het bodemmateriaal van het onbehandelde object A op dezelfde diepte. Opmerkelijk is dat de hernieuwde ploegzoolvorming bij het gewas suikerbieten groter is dan bij aardappelen. Dezelfde tendens werd ook gevonden bij de indringingsweerstand (2.2.5). Het is mogelijk dat dit veroorzaakt is door oogstwerkzaamheden van het vorig jaar.

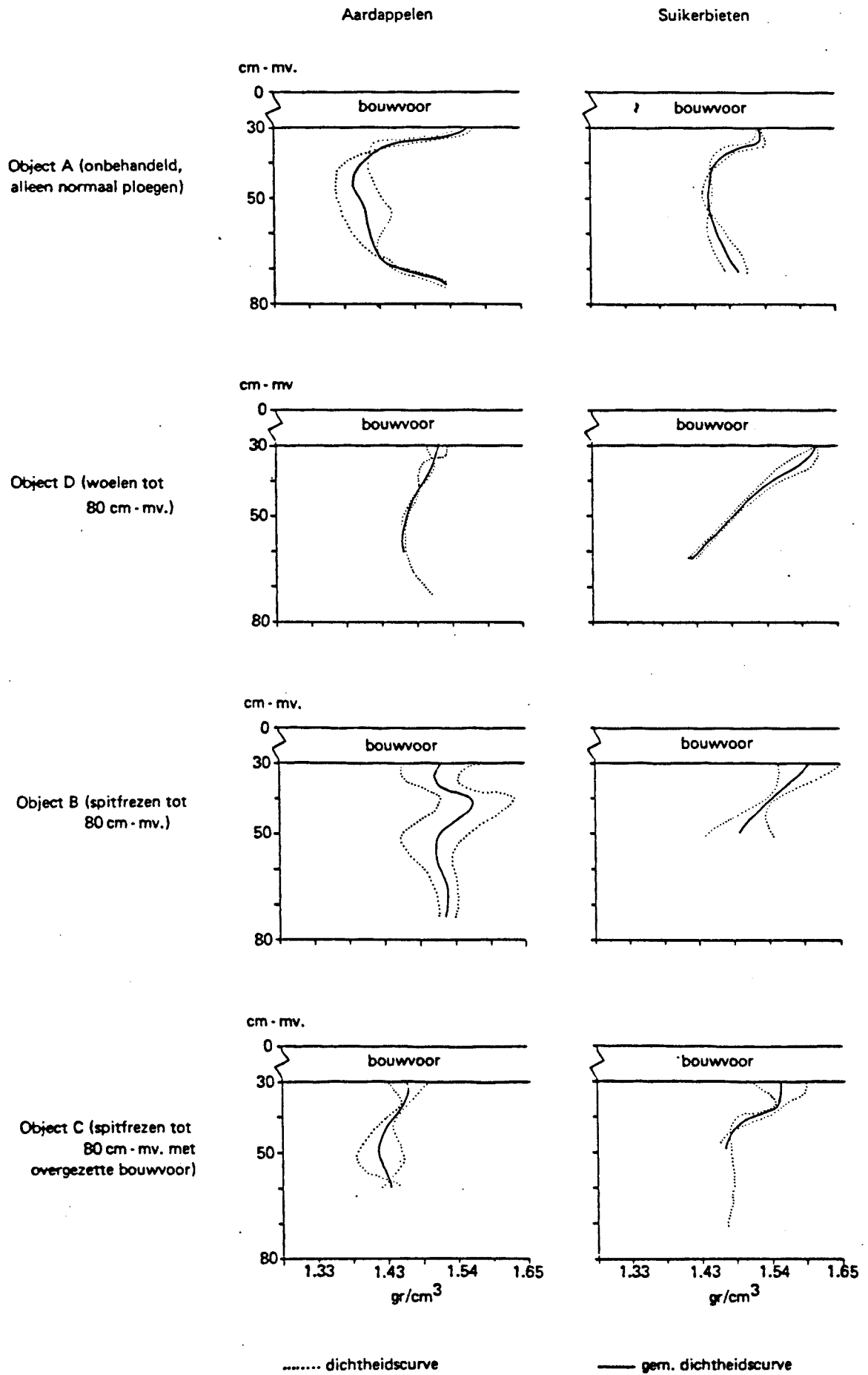


Fig. 6 Vertikaal verloop van de dichtheid van de grond van het proefveld RH 500

4 DE BEWORTELINGSBEELDEN VAN DE DIVERSE GEWASSEN

4.1. De bewortelingsbeelden op het proefveld Ws 337

Van de gewassen aardappelen, suikerbieten en wintertarwe werden op alle bewerkingsobjecten de bewortelingsbeelden opgenomen (fig. 7). Deze bewortelingsopnamen werden enigszins gewijzigd uitgevoerd volgens de methode Reijmerink (Reijmerink, 1964).

4.1.1 Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

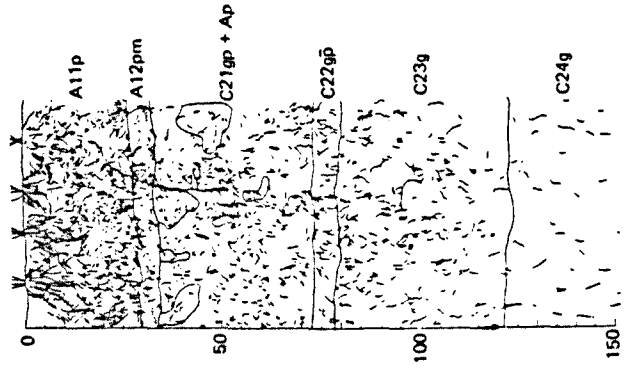
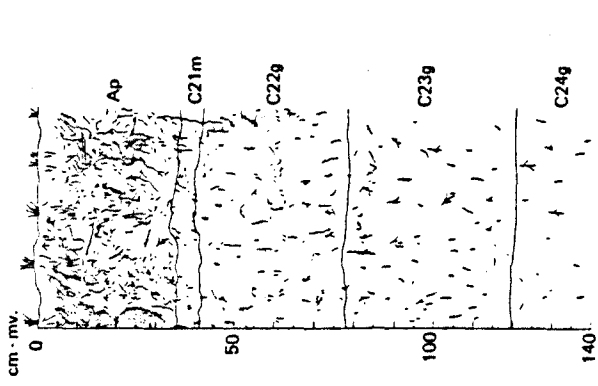
In dit onbehandelde object ondervinden de aardappelwortels een duidelijke groeistagnatie op de hierin voorkomende ploegzool. Het overgrote deel van de wortels kan hierin niet doordringen, maar is genoodzaakt van groeirichting te veranderen en bevinden zich aan de bovenzijde van de ploegzool. Onder de ploegzool komen nog maar enkele wortels voor.

Ook in de onbehandelde veldjes met suikerbieten en wintertarwe komt een ploegzool voor. Het blijkt echter dat de wortels van deze gewassen een groter indringend vermogen hebben dan de aardappelwortels, en kunnen wel naar beneden doorgroeien. Toch is de diepere ondergrond bij de wintertarwe niet zo intensief beworteld. Dit wordt hoogstwaarschijnlijk veroorzaakt door de sedimentair gelaagdheid. Het verschil in granulaire samenstelling van de enkele mm's dikke laagjes, heeft een ongunstige invloed op de bewortelingsmogelijkheden.

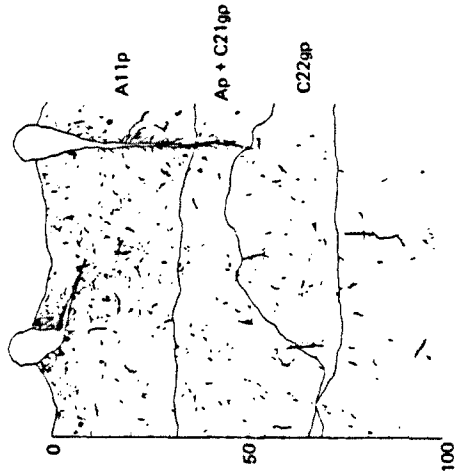
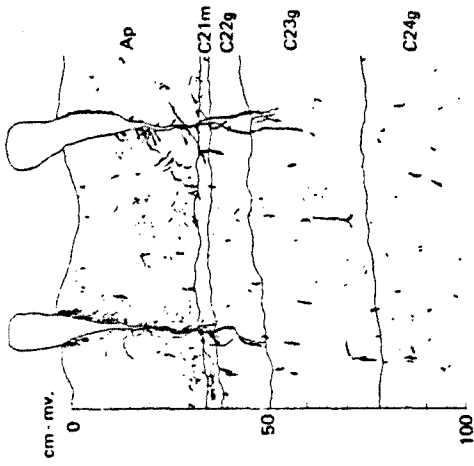
4.1.2 Object B (normaal ploegen, en indien nodig woelen tot 40 cm -mv.)

In dit gewoelde object ondervinden de aardappelwortels geen zichtbare groeistagnatie, dank zij het feit dat de aanwezige ploegzool plaatselijk periodiek verbroken wordt. In tegenstelling tot het onbehandelde object A, waar de ploegzool voor de aardappelwortel sterk groeibelemerd werkt, kan deze nu ongehinderd doorgroeien. In de ondergrond (>40 cm) komen aanmerkelijk meer aardappelwortels voor.

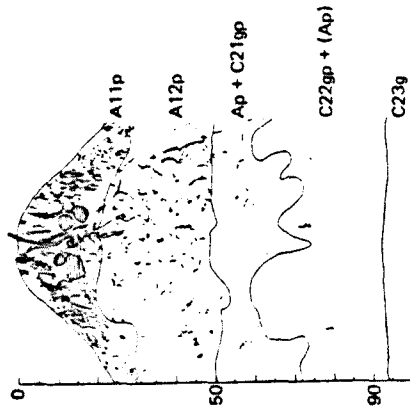
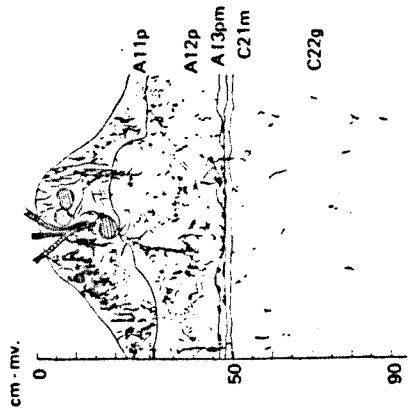
Wintertarwe



Suikerbieten

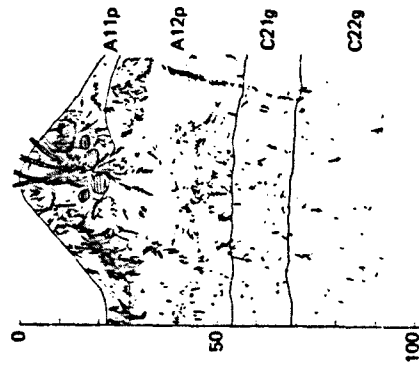
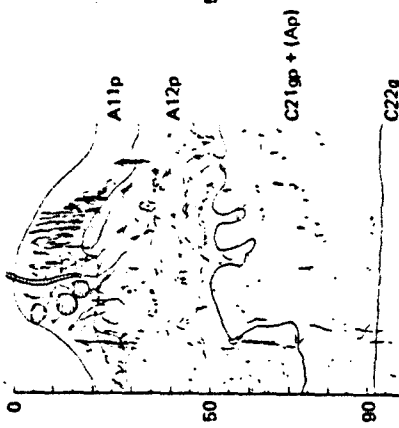
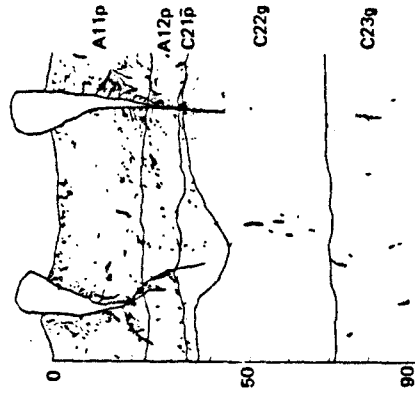
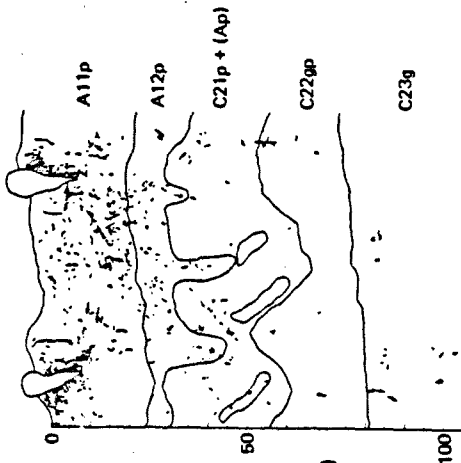
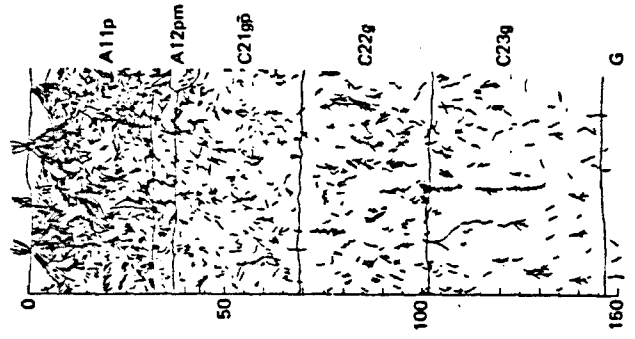
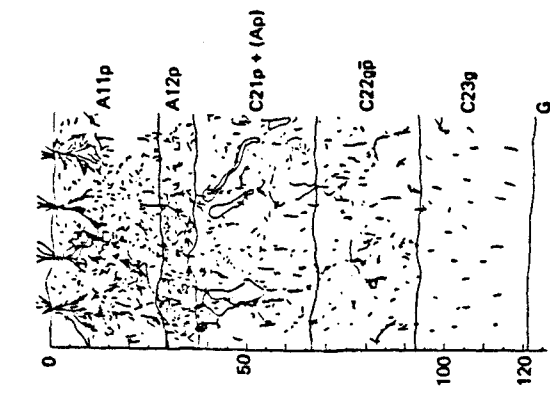


Aardappelen



Object A (onbehandeld,
alleen normaal ploegen)

Object C (spitfreen
tot 80 cm - mv.)



Object D (spitfrenzen tot 80 cm -mv. en indien nodig woelen tot 40 cm -mv.)

Object B (normaal ploegen en indien nodig woelen tot 40 cm -mv.)

Toevoegingen aan de gebruikelijke horizontcoderingen

m relatief massieve horizont t.g.v. bodemverdichting (ploegroof)
p losgemaakte horizonten onder de Ap waarin geen duidelijke sporen van bewerking zichtbaar zijn

Fig. 7: Wortelbeelden van de gewassen aardappelen, suikerbieten en wintertarwe van het proefveld Ws 337

Het bewortelingsbeeld van de suikerbieten van dit object, is tegengesteld aan hetgeen we zouden verwachten. Het bewortelingsbeeld is niet beter dan van de aardappelen en komt hoogstens overeen met de beworteling van de suikerbieten op het onbehandelde object A. Een duidelijke verklaring hiervoor is niet te geven.

Het bewortelingsbeeld van de wintertarwe is aanmerkelijk beter dan het hiermede te vergelijken onbehandelde object A. Ook de bewortelingsintensiteit in de ondergrond is beduidend hoger.

4.1.3 Object C (spitfrozen tot 80 cm - mv.)

Het bewortelingsbeeld van de aardappelen in dit gespitfreesde object is maar zeer matig te noemen. In vergelijking met het onbehandelde object A is zeker geen verbetering te bespeuren. Wat het bewortelingsbeeld van de suikerbieten betreft is deze, in vergelijking met de suikerbieten van object A, wel enigszins verbeterd. Vooral in de ondergrond is de bewortelingsintensiteit toegenomen. Plaatselijk zijn er echter wel groeibelemmingen aanwezig, gezien het feit dat sommige suikerbieten een groeiafwijking van de penwortel vertonen.

De bewortelingsintensiteit van de wintertarwe is zowel in boven- als ondergrond redelijk goed. In vergelijking met het onbehandelde object A is hier de ondergrond intensiever doorworteld, een gevolg van de minder sterke gelaagdheid.

4.1.4. Object D (spitfrozen tot 80 cm - mv., en indien nodig woelen tot 40 cm - mv.)

De beworteling van alle gewassen is in dit gespitfreesde en periodiek gewoelde object maar matig. Dit is met name het geval bij de aardappelen en de suikerbieten. De beworteling beperkt zich voornamelijk tot het losgemaakte bodemmateriaal tot 80 cm diepte en is ijl ontwikkeld. De bewortelingsbeelden zijn qua diepte en intensiteit van beworteling te vergelijken met die van de aardappelen en suikerbieten van het hiervoor besproken object C. Ook de bewortelingsbeelden van de wintertarwe zijn relatief matig ontwikkeld, en zijn nauwelijks beter dan die van de wintertarwe op het onbehandelde object A.

4.1.5 Conclusies

De ploegzool in het onbehandelde object A heeft een sterk groeibelemerende invloed op de beworteling van aardappelen, in tegenstelling tot de beworteling van de suikerbieten en wintertarwe. Hieruit kan worden geconcludeerd dat het penetrerend vermogen van een aardappelwortel aanmerkelijk minder is dan die van suikerbieten en wintertarwe.

Uit de losgemaakte objecten blijkt dat de tot 80 cm - mv. gespitsfreesde gronden die al of niet periodiek tot 40 cm - mv. gewoeld worden (object C-D), in het algemeen maar een matige beworteling hebben. Dit geldt in het bijzonder voor de aardappelen en suikerbieten, en in een wat mindere mate voor de wintertarwe.

Dit betekent dat een intensief losgemaakte grondmassa, zoals dit bij spitsfrozen het geval is, niet dat effect voor de beworteling oplevert, als men zou verwachten. Deze matige beworteling wordt veroorzaakt door verschillende factoren. Het losgemaakte bodemmateriaal gaat zich weer zetten. Door grondbewerking ontstaan in dit veel kwetsbaardere materiaal weer snel verdichtingen direct onder de bouwvoor. Ook dieper in het profiel treedt verdichting op. Bij afwezigheid van een goed ontwikkeld wortelstelsel en bodemfauna ontstaat er geen natuurlijk poriënpatroon waarbij uiteindelijk een dichtere grondmassa verkregen kan worden, als waar van werd uitgegaan.

De grondbewerking, waarbij de ploegzool periodiek verbroken wordt door woelen (object B), heeft de beste bewortelingsresultaten. Het veldje suikerbieten maakt om onverklaarbare redenen hierop een uitzondering. Het feit dat de grondmassa door het woelen minder diep, alsook minder intensief wordt verstoord, resulteerde in een betere beworteling dan in het d.m.v. spitsfrozen intensief verstoord materiaal.

Bij het woelen blijft de natuurlijke structuur in de ongestoorde ondergrond die meestal geen belemmering vormt, intact. Slechts de sedimentaire gelaagdheid is plaatselijk wel eens remmend voor de wortelgroei.

4.2 De bewortelingsbeelden op het proefveld RH 500

Op dit proefveld werden alleen de wortelbeelden van de gewassen wintertarwe en aardappelen opgenomen (fig. 8). Hoewel het de bedoeling was ook de beworteling van de suikerbieten op te nemen, kon dit niet tijdig gebeuren vanwege de vroege oogstdatum op 27 september. Het onbehandelde object A wordt als referentieniveau gebruikt voor vergelijking van de bewerkte objecten B-C-D.

4.2.1 Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

In het onbehandelde object heeft de hierin voorkomende ploegzool een remmende invloed op de beworteling. De gewassen reageren hier echter verschillend op. Bij de wintertarwe is nauwelijks een remmende invloed zichtbaar, hoogstens kan gezegd worden dat de ploegzool wat minder intensief doorworteld is. Bij de aardappelen daarentegen is de belemmering van de wortelgroei veel sterker. Een groot gedeelte van de wortels bevinden zich aan de bovenkant van de ploegzool zowel bij wintertarwe als bij aardappelen komt in de ondergrond nog enige beworteling voor. De bewortelingsdiepte van wintertarwe is ruim 1 m, wat voor dit gewas vrij ondiep genoemd kan worden.

4.2.2 Object B (spitfrezen tot 80 cm-mv)

De door spitfrezen losgemaakt laag heeft een ongunstig effect op de beworteling. De wortels van wintertarwe reiken niet verder dan ca. 90 cm-mv, en dieper dan 40 cm-mv is de beworteling ijl. De wortels van de aardappelen reiken eveneens niet diep. Opvallend is dat het plaatselijk voorkomend humusarme A-materiaal aanmerkelijk intensiever beworteld is dan het humusarme C-materiaal, waarin bijna geen wortels voorkomen.

4.2.3 Object C (spitfrezen tot 80 cm-mv met overgezette bouwvoor)

De bewortelingsmogelijkheid van de gespitfreesde laag is bij dit object gering. Zowel de wintertarwe alsook de aardappelen vertonen een ondiepe beworteling. De hoofdmassa van de wortels bevindt zich

in het matig humusarme A-materiaal. Dieper in het profiel, beneden 40cm-mv, in het losgemaakte C-materiaal, komen vrijwel geen wortels meer voor. De wortels van de wintertarwe bereiken maximaal 90 cm-mv, wat voor dit gewas ondiep is. Ook de aardappelwortels komen nauwelijks voor in de losgemaakte ondergrond.

4.2.4 Object D (woelen tot 80 cm-mv)

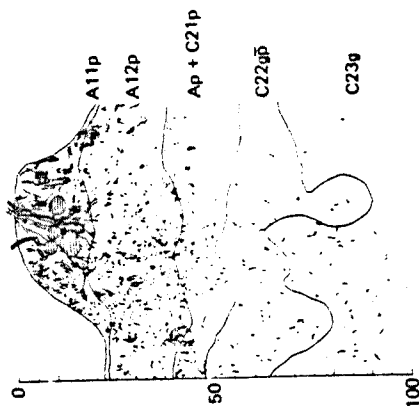
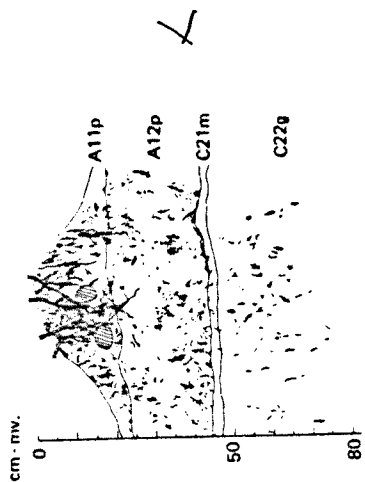
In vergelijking met de andere objecten, heeft dit gewoelde object een aanmerkelijke beworteling. De tot 80 cm-mv gewoelde zone is tot volledige diepte vrij intensief doorworteld. Ook in de ongestoorde ondergrond komen nog wortels voor, hoewel daar de intensiteit snel afneemt. De vrij goede beworteling geldt niet alleen voor de wintertarwe. Ook de aardappelen bewortelen in de losgemaakte grond redelijk intensief.

4.2.5 Conclusies

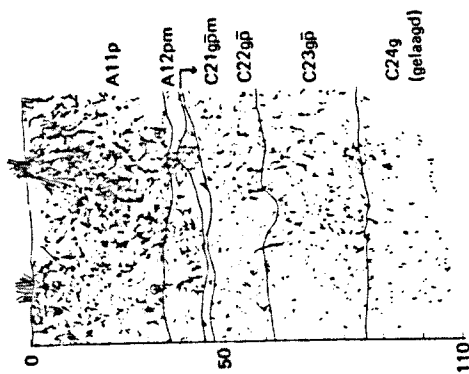
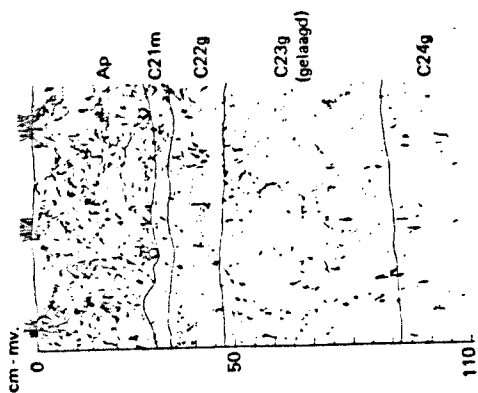
In het onbehandelde object A is de groeibelemerde invloed van de ploegzool duidelijk zichtbaar. De ongestoorde ondergrond onder de ploegzool heeft ook nog enige beworteling.

In de bewerkte objecten zijn de gespitfreesde lagen (obj. B-C) het minst bewortelbaar wat een gevolg is van hernieuwde verdichting direct onder de bouwvoor door grondbewerking en zetting dieper in het profiel. In losgemaakt licht zavelig bodemmateriaal is een dergelijke degradatie te verwachten, omdat dit materiaal instabiel wordt na ingreep. Opvallend is dat de bewortelingsdiepte van het gespitfreesde object met overgezette bouwvoor (obj. C) zeker niet beter is dan het gespitfreesde object B zonder overgezette bouwvoor. Hoewel het overzetten van de matig humusarme bouwvoor, belangrijk is voor het behoud van het humusgehalte in de A-horizon, kan dit wel eens nadelig zijn voor de bewortelingsmogelijkheid van het losgemaakte C-materiaal. In het gespitfreesde object zonder behoud van de bovengrond (obj. B) is het losgemaakte C-materiaal gemengd met het oorspronkelijke bovengrondmateriaal. In het plaatselijk voorkomende, wat meer humus bevattende bovengrondmateriaal komt een hogere bewortelingsintensiteit voor waardoor de beworte-

Aardappelen

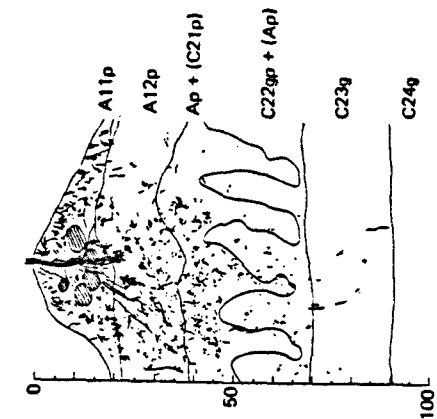


Wintertarwe

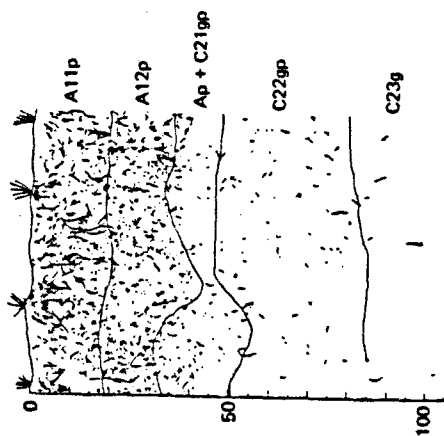


Object A (onbehandeld, alleen normaal ploegen)

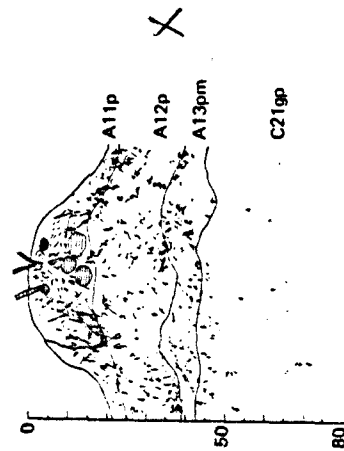
Object D (woelen tot 80 cm - mv.)



Object B (spitfrozen to 80 cm - mv.)



Object C (spitfrozen to 80 cm - mv. met overgezette bouwvoor)



Toevoegingen aan de gebruikelijke horizontcoderingen

m relatief massieve horizont t.g.v. bodemverdichting (ploegzool)

p losgemaakte horizonten onder de Ap waarin geen duidelijke sporen van bewerking zichtbaar zijn

o min of meer zichtbare woelssporen

Fig. 8. Wortelbeelden van de gewassen wintertarwe en aardappelen van het proefveld RH 500

ling als geheel beter wordt. In het gespitfreesde object met overgezette bouwvoor ontbreekt dit.

De beworteling in het gewoelde object D is ten opzichte van de objecten A-B-C duidelijk beter. Dit is mede het gevolg dat de grondmassa door woelen minder wordt verstoord, en meer wordt opengebroken, waarbij een deel van het natuurlijk poriënpatroon en de pakking van de grond intact blijft.

5 EINDCONCLUSIES

Uit de resultaten van het onderzoek van dit jaar en van de afgelopen jaren (Ovaa 1980, 1981, 1982, 1983) zijn de volgende conclusies te trekken. Op beide proefvelden Ws 337 en RH 500 komen in alle losgemaakte objecten weer hernieuwde verdichtingen direkt onder de bouwvoor voor. Ook dieper losgemaakt materiaal gaat na verloop van tijd verdichten. Deze hernieuwde verdichtingen zijn het resultaat van de natuurlijke zetting van het bodemmateriaal beïnvloed door de verschillende vormen van grondbewerking.

Er blijkt een verband te bestaan tussen het lutum- en humusgehalte van de grond en de snelheid van zetting. Naarmate deze gehalten lager zijn is de snelheid van zetting groter. Dit komt ook bij vergelijking van beide proefvelden tot uiting. De textuur van de grond op RH 500 is lichter dan op Ws 337 en op Rh 500 werden de sterkste hernieuwde verdichtingen aangetroffen.

Omdat de aangetroffen indringingsweerstand en de bepaalde dichtheden van de verschillende objecten hetzelfde beeld te zien gaven, kunnen zij beiden als maat voor hernieuwde verdichting gebruikt worden.

Naast invloed van de textuur speelt ook het type losmaken een rol. Naarmate het bodemmateriaal intensiever losgemaakt is en in fijnere aggregaten verdeeld treedt sneller hernieuwde verdichting op. Dit wordt geïllustreerd door de gespitfreesde en gewoelde percelen van de verschillende proefvelden te vergelijken. Op de gespitfreesde objecten komt zowel op Ws 337 en RH 500 de grootste verdichting voor. Deze verdichting is het sterkst op proefveld RH 500 omdat hier de lichtere textuur meespeelt.

Bij vergelijking van de diepgewoelde en slechts periodiek tot 40 cm-mv gewoelde objecten spelen meer factoren mee. Als de ondergrond van nature een goede structuur bezit geeft periodiek woelen tot 40 cm-mv om de ploegzool op te breken een gunstig effect, hetgeen op proefveld Ws 337 te zien is.

Ook wat betreft de beworteling blijven de gespitfreesde objecten achter in vergelijking met de gewoelde objecten. Wel speelt het gewas een duidelijke rol. Wintertarwe geeft in vrijwel alle gevallen goede resultaten. Suikerbieten zijn gevoeliger en reageren sneller op ongunstiger omstandigheden maar geven nog steeds redelijke re-

sultaten. Aardappelen zijn verreweg het gevoeligste. Als er maar enigszins sprake is van een dichtere grond laten de wortels het afweten. Dus zeker voor het gewas aardappelen is het nodig een optimale bodemstructuur te handhaven.

LIJST VAN FIGUREN

- Fig. 1 Situatieschets van de bemonsteringsplaatsen op het proefveld Ws 337.
- Fig. 2 Situatieschets van de bemonsteringsplaatsen op het proefveld RH 500.
- Fig. 3 Indringingsweerstand van het proefveld Ws 337.
- Fig. 4 Indringingsweerstand van het proefveld RH 500.
- Fig. 5 Vertikaal verloop van de dichtheid van de grond van het proefveld Ws 337.
- Fig. 6 Vertikaal verloop van de dichtheid van de grond van het proefveld RH 500.
- Fig. 7 Wortelbeelden van de gewassen aardappelen, suikerbieten en wintertarwe en aardappelen van het proefveld Ws 337.
- Fig. 8 Wortelbeelden van de gewassen wintertarwe en aardappelen van het proefveld RH 500.

