

Rapport nr. 2054

BIBLIOTHEEK
STARRINGEBOUW

MICROMORFOLOGISCH EN BODEMFYSISCH ONDERZOEK IN HET
KADER VAN DE VERGELIJKENDE ANALYSE VAN HET FUNCTIO-
NEREN VAN BODEMECOSYSTEMEN BIJ EEN VORM VAN 'GANG-
BARE' EN GEÏNTEGREERDE' AKKERBOUW OP DE DR. H.J.
LOVINK-HOEVE (N.O.P.)

Een tussentijds verslag

Ing. E.C. Vos
Dr. M.J. Kooistra

Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 1988



24 NOV. 1988

JSN 200026 *

INHOUD	Blz.
SAMENVATTING	7
DEEL I (M.J. Kooistra) Micromorfologisch onderzoek	9
INLEIDING	13
1 BODEMSTRUCTUUR	15
2 STRUCTUURVERSCHILLEN	19
3 INTERNE SLEMP	21
4 BETEKENIS VOCHTHOUDEND VERMOGEN EN DOORLATENDHEID	23
5 CONCLUSIES	27
DEEL II (E.C. Vos) De bodemfysische karakteristieken	29
INLEIDING	33
1 METHODIEKEN	35
2 INDELING	39
3 BODEMFYSISCH KAKTERISTIEKEN	41
4 DE VOORLOPIGE KAKTERISTIEKEN	49
LITERATUUR	55

SAMENVATTING

In 1987 zijn de bouwvoren van drie langjarige landbouwsystemen micromorfologisch onderzocht. De bemonstering hiervoor is in 1985 uitgevoerd. Deze zijn: gangbare landbouw, wisselweide en minimale grondbewerking. De holten in de bodem gevormd of aangepast door mens, flora en fauna zijn onderzocht en relaties zijn gelegd met de aangetroffen structuurverschillen, bodemdegradatieverschijnselen, vochthoudend vermogen en de doorlatendheid van de grond. De genoemde landbouwsystemen zijn minimaal 15 jaar achtereen gehanteerd, zodat de resultaten voor deze systemen een evenwichtssituatie weergeven. In het veld waren in de akkers van de verschillende landbouwsystemen verschillen in bodemstructuur te zien. Deze zijn toe te schrijven aan de grondbewerking en de activiteit van de bodemfauna. In de akker met een hoger gehalte aan organische stof (wisselweide) is de invloed van de bodemfauna aanwijsbaar groter. In de akker met minimale grondbewerking is in het onbewerkte deel (dieper dan 7 cm - mv.) een goede porositeit opgebouwd die vnl. door de bodemfauna is geproduceerd.

Deze evenwichtssituatie is het uitgangspunt voor het onderzoeksproject "vergelijkende analyse van het functioneren van bodemecosystemen bij een vorm van 'gangbare en geïntegreerde' akkerbouw", en is door M.J. Kooistra beschreven in deel I van dit rapport.

In het project 'bodemecosystemen' zal het bestuderen van koolstof (C)- en stikstof(N)-kringlopen, simulatiemodellen en de bepaling van landhoedanigheden, het gebruik van de bodemfysische karakteristieken van de grond vereisen. Daartoe zijn in 1985, 1986 en 1987 bemonsteringen uitgevoerd op vijf verschillende landbouwsystemen t.w.:

- oud grasland,
- gangbare akkerbouw (arm aan organische stof),
- geïntegreerde akkerbouw,
- geïntegreerde akkerbouw met minimale grondbewerking,
- minimale akkerbouw.

In deel II van dit rapport worden door E.C. Vos de bodemfysische karakteristieken gegeven waarmee men voor de uitgangstoestand van de in het onderzoek betrokken akkers kan rekenen in de diverse modellen. De hier gegeven resultaten zijn voorlopig omdat in 1988 nog aanvullende metingen verricht zullen worden die enige bijstelling van de nu bepaalde bodemfysische karakteristieken noodzakelijk kunnen maken.

Bij het onderzoek zijn diverse bodemfysische bouwstenen onderscheiden. Voor de bouwvoor (0-25 cm - mv.) worden vijf bouwstenen onderscheiden t.w.: één per onderzocht landbouwsysteem. Voor de tussenlaag (25-50 cm - mv.) worden twee bouwstenen onderscheiden t.w.: één voor het oude grasland en één voor de diverse akkerbouwsystemen. Voor de ondergrond (55-75 cm - mv.) wordt één bouwsteen onderscheiden nl. voor alle landbouwsystemen gelijk.

DEEL I

Micromorfologisch onderzoek naar de bodemstructuur
verschillen in langjarige landbouwsystemen op de Dr. H.J.
Lovink-hoeve

M. Kooistra

	INHOUD DEEL I	Blz.
	INLEIDING	13
1	BODEMSTRUCTUUR	15
1.1	Bewerkings- en berijdingsholten	15
1.2	Wortelholten	16
1.3	Holten gevormd door de bodemfauna	16
2	STRUCTUURVERSCHILLEN	19
3	INTERNE SLEMP	21
4	BETEKENIS VOCHTHOUDEND VERMOGEN EN DOORLATENDHEID	23
5	CONCLUSIES	27
	FIGUREN	
1	Schema structuurvormende en structuurvolgende factoren en processen en hun onderlinge relaties. De structuurvormende factoren en processen zijn opgesplitst in natuurlijke factoren en processen en de antropogene invloeden	15
2	Effect van de beworteling op de bodemstructuur in de verschillende landbouwsystemen	16
3	Effect van de bodemfauna op de bodemstructuur in de verschillende landbouwsysteem	17
4	Indeling aanwezige holten ($> 30 \mu\text{m}$) naar oorsprong via verticale slijpplaten van de bouwvoor genomen op 30 en 31 mei 1985 in het gewas suikerbieten	20
5	Actuele interne slemp bepaald in verticale slijpplaten van de bouwvoor genomen op 30 en 31 mei 1985 in het gewas suikerbieten	22
6	pF-curves A en doorlatendheden (K-h) B van de bouwvoor van akker 12 (gangbaar), akker 16 (wisselweide) en akker 20 (minimale grondbewerking), mei 1985	24
7	Distributie van de poriën $> 30 \mu\text{m}$ in de bouwvoor van akker 12 gangbare landbouw), akker 16 (wisselweide) en akker 20 (minimale grondbewerking). De poriëndistributies zijn gemeten met behulp van beeldanalyse in horizontale slijpplaten van met methyleen-blauw gekleurde kolommen. De bovenste staaf geeft de totale macroporositeit, de onderste alleen de holten met blauwgekleurde wanden	25
8	Bewortelingsopnamen van suikerbieten aan het eind van het groeiseizoen (7-10-1985) in akker 12 (gangbare landbouw), akker 16 (wisselweide) en akker 20 (minimale grondbewerking)	26

INLEIDING

In 1987 zijn de bouwvoren cq. de bovenste 30 cm van 3 langjarige landbouwsystemen op de Lovinkhoeve micromorfologisch onderzocht. Deze landbouwsystemen zijn: gangbare landbouw, wisselweide en minimale grondbewerking. De slijpplaten zijn afkomstig van akker 12B, 16A en 20. Zij zijn genomen op 30 en 31 mei 1985, alle in het gewas suikerbieten. De resultaten van dit onderzoek geven de uitgangssituatie weer voor de aanvang van het Bodemecosystemen project. De genoemde landbouwsystemen zijn dan minimaal 15 jaar achtereen gehanteerd, zodat de resultaten voor de bestudeerde landbouwsystemen een evenwichtssituatie weergeven. Bij het micromorfologisch onderzoek lag het accent op de bestudering van de bodemstructuur. In het veld waren in de diverse akkers al verschillen in bodemstructuur te zien. De bouwvoor van de wisselweide bevatte kleinere afgerondblokkige aggregaatjes (2-5 mm $\emptyset$ t.o.v. 5-10 mm $\emptyset$) met een hogere structuurgraad (sterk t.o.v. zwak-matig) dan die van de gangbare akker en een deel hiervan is door de bodemfauna (excrementen) bepaald. In akker 20 met minimale grondbewerking, zijn de aggregaatjes ook kleiner dan in de gangbare akker en van dezelfde afmetingen als in de wisselweide, de structuurgraad is matig en er is weinig effect van de bodemfauna te zien.

Omdat de bodemstructuur een resultante is van vele, elkaar onderling beïnvloedende processen (fig 1.), moet er verschuiving in de bijdrage van de verschillende factoren en processen zijn opgetreden. Het uitgangsmateriaal is hetzelfde qua textuur, pH en CO₂ gehalte en ook het weer en de drainage zijn gelijk. De verschillen moeten dus toegeschreven worden aan andere factoren m.n. de grondbewerking, organische stof en bemesting en aan de veranderende activiteit van de structuurvormende bodemorganismen.

1 BODEMSTRUCTUUR

De bodemstructuur kan in slijpplaten bestudeerd worden door analyse van de aanwezige holten. In de bestudeerde slijpplaten komen 3 basisgroepen van holten voor. Dit zijn:

1. de bewerkingsholten,
2. de wortelholten en
3. de holten gevormd door de bodemfauna.

1.1 De bewerkings- en berijdingsholten

In landbouwgronden worden de aggregaten die door grondbewerkingen ontstaan zijn niet begrensd door natuurlijke scheuren. Daardoor

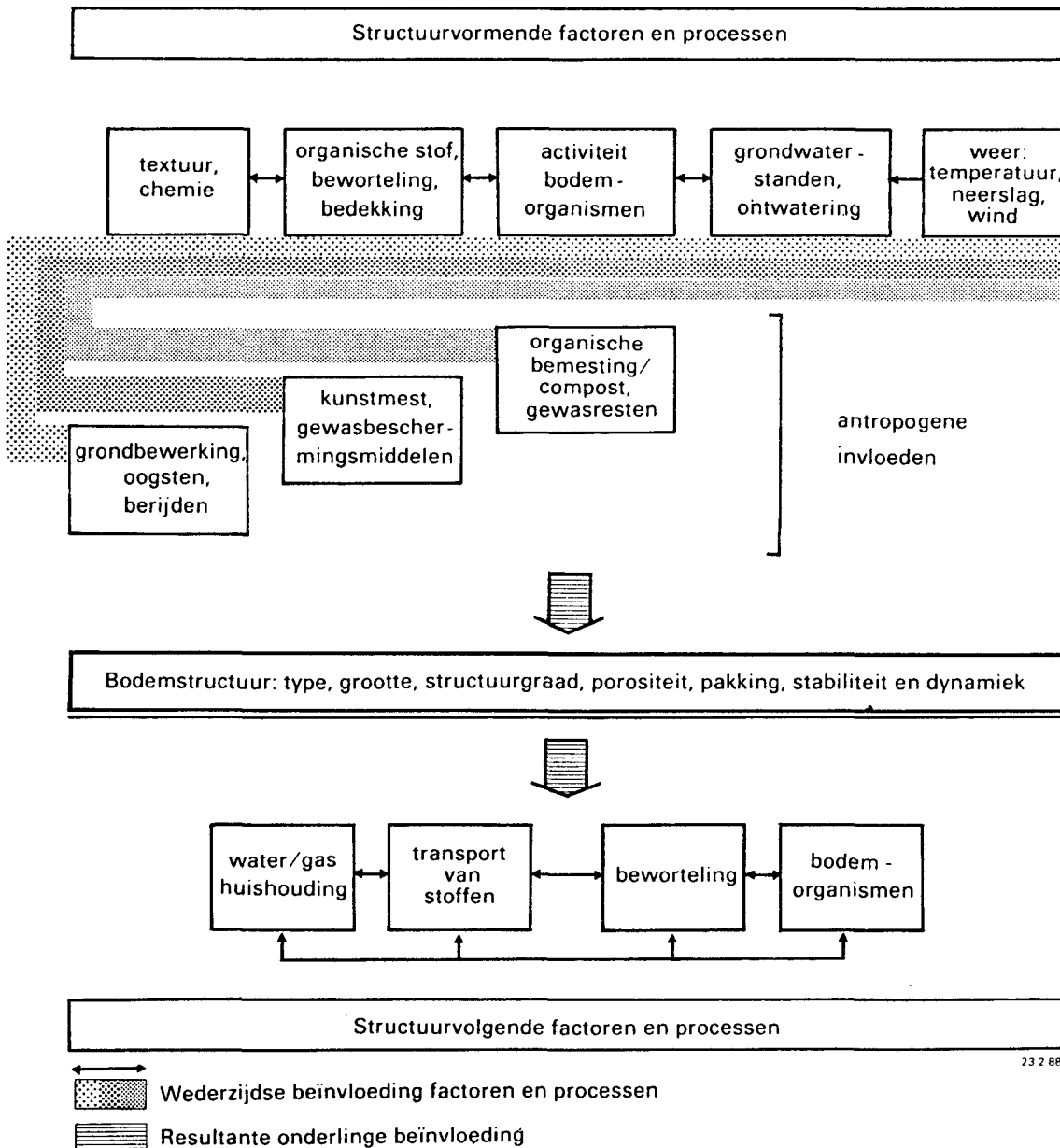


Fig. 1. Schema structuurvormende en structuurvolgende factoren en processen en hun onderlinge relaties. De structuurvormende factoren en processen zijn opgesplitst in natuurlijke factoren en processen en de antropogene invloeden

sluiten ze zelden aan en zijn er onregelmatige holten tussen aanwezig. De gevormde aggregaten en tussenliggende holten hebben meestal een korte levensduur, omdat het geen evenwichtssituatie betreft. Door natuurlijke zetting, maar ook door latere grondbewerking en berijding wordt de grond weer dichter. De aggregaten zijn steeds minder goed te scheiden en de bewerkingsholten nemen af en worden steeds meer geïsoleerd. Behalve door primaire grondbewerkingsholten komen ook veel scheuren voor die indirect door berijding veroorzaakt zijn. Door druk op de grond treedt een horizontale oriëntatie op van de bodemdeeltjes onder vochtige condities en na droging ontstaan horizontale scheuren. Dit zijn kleine scheuren van een paar cm lang, die in series op bepaalde diepten voorkomen. In deze zones zijn veel bewerkingsholten verdwenen en domineren deze horizontale scheuren.

1.2 De wortelholten

Wortels maken gangen in de grond door druk uit te oefenen op de bodembestanddelen. Wortels kunnen ook bestaande holten volgen en deze lokaal verwijderen. In landbouwgronden volgen ze in de bouwvoor vnl. bewerkingsholten, die ze tijdens hun groei, zetting van de grond en berijding weer modificeren. Onder de bouwvoor volgen ze ook pedale scheuren en diergangen. Wortelgangen zijn heel stabiele gangen, die als ze niet verstoord worden over grotere afstanden continue zijn. In figuur 2 zijn de aangetroffen effecten van de beworteling in de bestudeerde akkers weergegeven.

Zichtbare effecten van beworteling in de verschillende landbouwsystemen

	holten		oorspronkelijke holte
	primaire	gemodificeerde	
gangbaar, akker 12B	-	x	bewerking
wisselweide, akker 16A	(x)	x	bewerking (fauna)
minimaal, akker 20	xx	x	(bewerking) fauna

Fig. 2. Effect van de beworteling op de bodemstructuur in de verschillende landbouwsystemen

1.3 Holten gevormd door de bodemfauna

De bodemfauna produceert allerlei holten, waaronder gangen. De gangen kunnen worden gemaakt door druk uit te oefenen op de grondmassa, zoals wortels doen, maar ook door graven en verwijderen van het losse materiaal alsook door consumptie. De gangen gemaakt door de bodemfauna zijn onregelmatiger en kunnen veel vertakter zijn dan die van wortels. Modificatie van bestaande holten, hetzij pedale scheuren, bewerkingsholten en bestaande wortel of diergangen, door een of meerdere groepen organismen komt op grote schaal voor. Mijten en springstaarten maken zelden

eigen gangenstelsels, maar verwijden lokaal bestaande holten. In al deze holten kunnen excrementen voorkomen. Deze kunnen de holten al of niet geheel opvullen, waardoor weer andere vormen van holten ontstaan. Diergangen zijn net zo als wortelgangen stabiel en vaak over grotere afstanden continue. Een aantal verschijnselen van dierlijke activiteit m.n. het type diergangen, excrementen en lokatie, kunnen toegeschreven worden aan specifieke groepen bodemfauna. Dit zegt niet veel over de populaties omdat het ene soort qua activiteit veel meer effect op de bodemstructuur kan hebben dan een ander soort. Van niet alle effecten van de bodemfauna kan herleid worden door welke groep van organismen ze gevormd zijn. In figuur 3 is een overzicht gegeven van de aangetroffen verschijnselen van de bodemfauna in de verschillende akkers.

Gangbare landbouw, akker 12B

	holten		excrementen		
	primaire	gemodificeerde	OM	OM/MIN	MIN
mesofauna					
acarina (mijten)	-	(x)	-	-	-
collembola (springstaarten)	-	(x)	-	-	-
macrofauna					
enchytraea (potwormen)	-	x	x	-	-
lumbricidae (regenwormen)	x*	x	-	(x)	x
anderen		x	-	-	x

Wisselweide, akker 16A (wisselweide)

	holten		excrementen		
	primaire	gemodificeerde	OM	OM/MIN	MIN
mesofauna					
acarina (mijten)	-	x	-	-	-
collembola (springstaarten)	-	x	x	-	-
macrofauna					
enchytraea (potwormen)	-	x	x		
lumbricidae (regenwormen)	x	x		x	x
anderen	x	x		?	x

Minimale landbouw, akker 20

	holten		excrementen		
	primaire	gemodificeerde	OM	OM/MIN	MIN
mesofauna					
acarina (mijten)	-	x	x	-	-
collembola (springstaarten)	-	x	x	-	-
macrofauna					
enchytraea (potwormen)	-	x	x	-	-
lumbricidae (regenwormen)	-	-	-	-	-
anderen	x	x	-		x

OM = organische materiaal

MIN = mineraal materiaal

* = alleen dieper dan 21 cm in de "oude" bouwvoor

Fig. 3. Effect van de bodemfauna op de bodemstructuur in de verschillende landbouwsystemen

In deze figuur zien we dat vergeleken met de gangbare landbouw op de wisselweide meer gemodificeerde holten door mijten en springstaarten voorkomen en er worden excrementen van springstaarten aangetroffen. De effecten van potwormen en regenwormen zijn ook groter. Er zijn meer gewasresten en compost aanwezig in deze akker waarop deze organismen reageren. Over de gehele diepte van de bouwvoor komen wormgangen en wormexcrementen voor. Er komen ook gangen en excrementen voor die niet eenduidig aan een van de genoemde groepen macrofauna toegeschreven kunnen worden, hetzij omdat ze teveel gemodificeerd zijn, te niet specifiek of geproduceerd door een groep van organismen bijv. keverlarven waarvan de verschijnselen onbekend zijn. Op de minimale grondbewerkingsakker ontbreken de regenwormen. Zij zijn na de drooglegging van de Noordoostpolder hier nog niet aangekomen. De effecten van de mesofauna en de potwormen zijn groter dan in de wisselweide akker. De andere aanwezige effecten van de macrofauna vertonen zoveel variatie dat ze aan meerdere groepen organismen toegeschreven moeten worden.

2 STRUCTUURVERSCHILLEN

De drie bovengenoemde groepen holten komen in alle drie landbouwsystemen voor in de bovenste 30 cm. Hoe deze groepen zich onderling verhouden is weergegeven in figuur 4. De hoofdingeling in typen holten is iets gewijzigd om duidelijk aan te geven wat primaire holten zijn. Ook het totale poriënvolume $> 30 \mu\text{m}$ in $\emptyset$, de poriën die met lichtmicroscopie in slijpplaten te bestuderen zijn, van de verschillende landbouwsystemen is aangegeven. Deze getallen zijn bepaald met beeldanalyse aan de slijpplaten die bestudeerd zijn. De drie hoofdgroepen zijn 1. de bewerkingsholten en drukoriëntatie scheuren, zoals die genoemd zijn onder 1.1; 1.2 de primaire holten van bodemorganismen, zowel fauna als beworteling en 1.3 de gemodificeerde holten. Dit zijn alle holten die niet meer de oorspronkelijke vorm hebben. Ook diergangen die door andere groepen bodemfauna gemodificeerd zijn vallen hieronder. In figuur 4 zien we dat in de gangbare akker vnl. anthropogene holten voorkomen. Tot 21 cm diepte komen vrijwel geen primaire holten voor. Dit zijn vnl. diergangen. De gemodificeerde holten zijn meestal bewerkingsholten, die hetzij door wortels, hetzij door de fauna zijn beïnvloed. Dieper dan 21 cm, tot waar geploegd is, treedt een sterke toename op van primaire holten, die vrijwel geheel veroorzaakt is door regenwormen. In de wisselweide is het percentage anthropogene holten beduidend lager. De fauna is veel belangrijker en ook wortels maken primaire gangen. Na 15 cm diepte neemt het aantal primaire biologische holten relatief sterk toe. Deze verschillen in holteverdeling is in absolute zin nog groter omdat in de wisselweide ca. 50% meer holten groter dan $30 \mu\text{m}$ in $\emptyset$ voorkomen dan in de gangbare akker. In de minimale grondbewerkingsakker verandert het beeld sterk. Er komen ook nog anthropogene holten onder de recente Ap (8 cm) voorkomen. Dit zijn drukoriëntatiescheuren. Zij komen zelfs voor tot een diepte van 18 cm. De primaire biologische holten nemen een veel grotere plaats in. Er zijn meer primaire wortelgangen dan in de wisselweide, maar het grootste deel is door de fauna aangelegd. In de recente Ap en in de Ap2 zijn de gemodificeerde holten vnl. bewerkingsholten. In de ploegzool (Ap2) komen ook nog scheuren voor die veroorzaakt zijn door het ploegen. Onder de Ap2 zijn het ook natuurlijke scheuren die door bodemorganismen worden beïnvloed. De totale porositeit $> 30 \mu\text{m}$ wisselt veel sterker dan in de voorgaande akkers. In de Ap2 is deze slechts 2.4%. Daaronder neemt het volume weer toe tot boven het niveau van de gangbare akker.

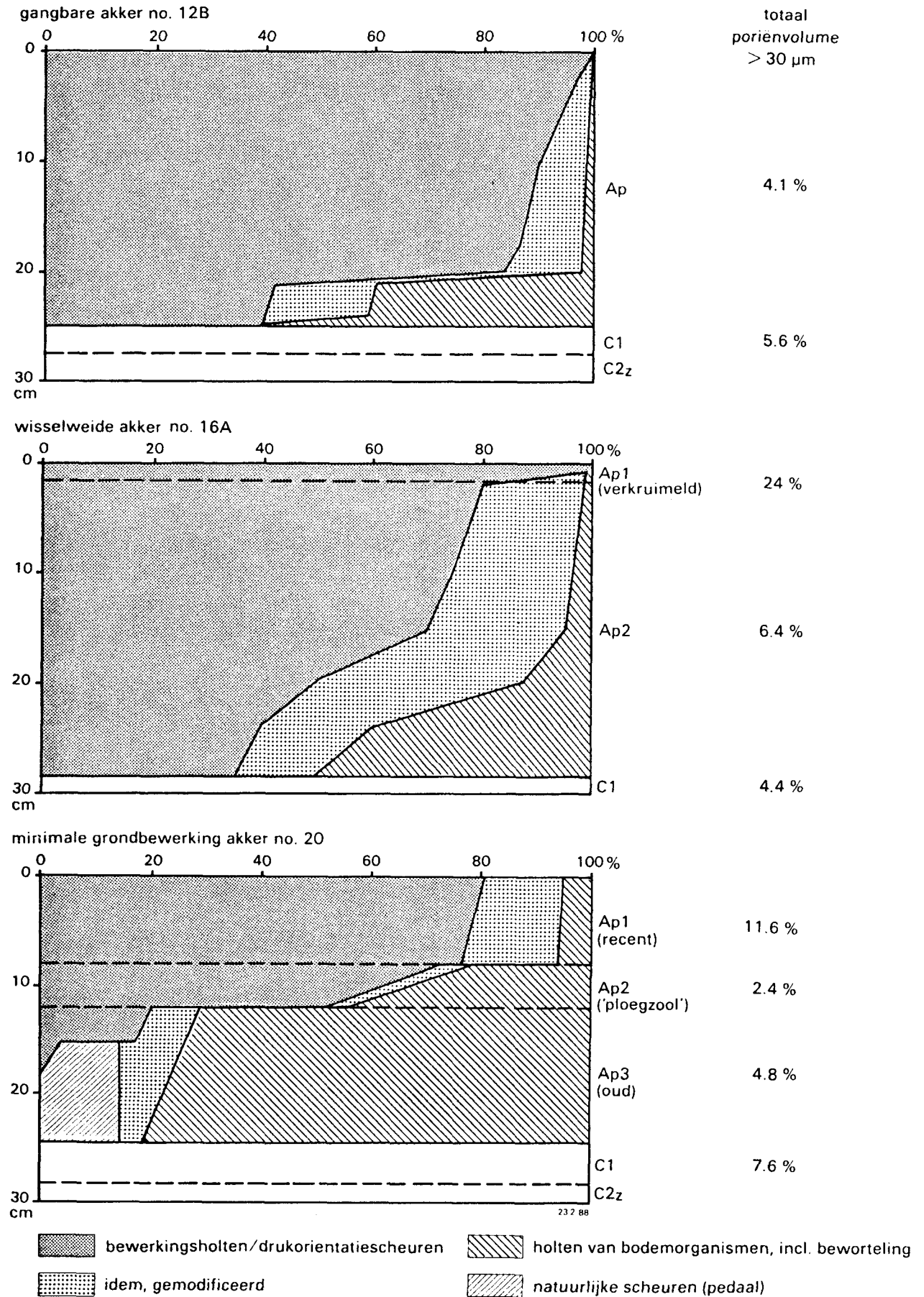
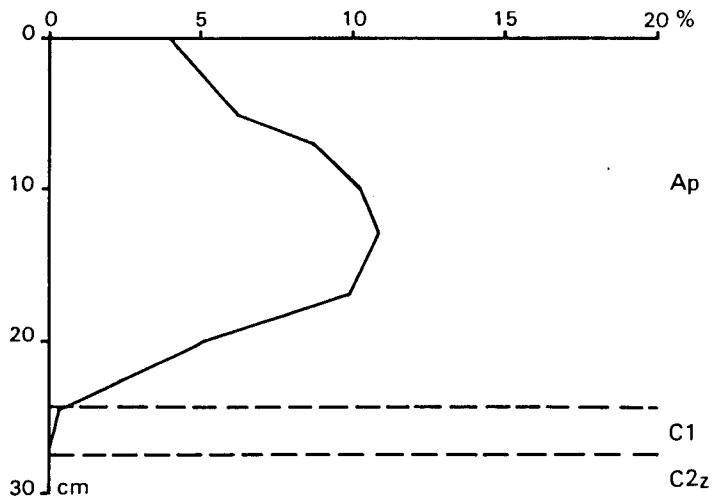


Fig. 4. Indeling aanwezige holten (> 30 µm) naar oorsprong via verticale slijpplaten van de bouwvoor genomen op 30 en 31 mei 1985 in het gewas suikerbieten

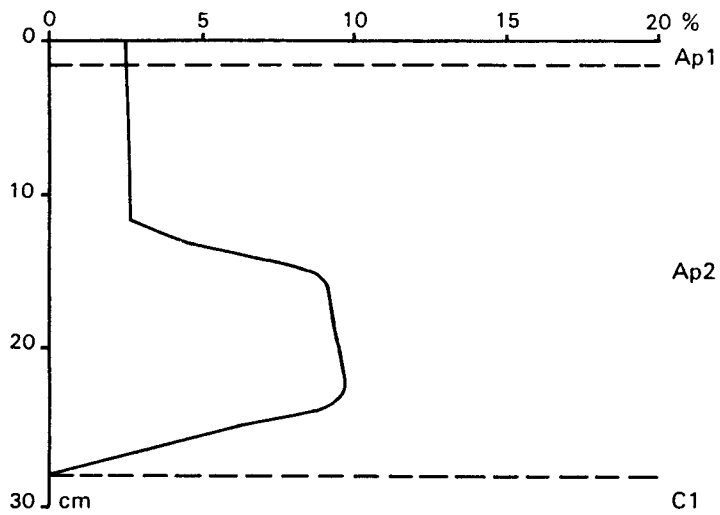
3 INTERNE SLEMP

Een proces dat de holtevorming tegengaat is de interne slemp. Op de Lovinkhoeve treedt het in alle landbouwsystemen op. In deze jonge polder treedt na grondbewerkingen in de bovenste laag van de onbedekte grond desintegratie op waarbij de elementaire bestanddelen vrijkomen. Deze spoelen in met de neerslag in de aanwezige holten. Tijdens dit transport treedt sortering op naar korrelgroottes en gewicht. Dit resulteert in opvullingen of huidjes van silt, klei en humus, die of gelaagd zijn en opgebouwd uit verschillende fracties of uit één fractie bestaan. Hoe fijner de fractie, hoe dieper deze voor kan komen. Deze opvullingen en huidjes komen voor in holten die contact hebben met de bovenste cm van de grond. In de geploegde bouwvoor zijn dit meestal de bewerkingsholten. Ook onder de bouwvoor komen nog verschijnselen van interne slemp voor. Dit zijn vnl. huidjes van kleirijk materiaal. De grovere fracties zijn al eerder afgezet. Door de steeds terugkerende grondbewerkingen komen in de grondmassa op grote schaal fragmenten voor van eerdere opvullingen en huidjes van interne slemp. In figuur 5 is een overzicht gegeven van de aange troffen interne slemp. In de gangbare akker bestaat de interne slemp vnl. uit opvullingen van bewerkingsholten met siltfracties, soms afgewisseld met dunne klei- en/of humuslagen. Er is een maximum te zien op ca. 13 cm diepte. In de wisselweide blijft het niveau de eerste 12 cm gelijk en neemt dan sterk toe. Hier zijn naast bewerkingsholten ook diergangen opgevuld. Het lage percentage interne slemp tot 12 cm diepte moet daarom waarschijnlijk toegeschreven worden aan het grote aantal diergangen tot het oppervlak waarlangs het materiaal kan inspoelen. De samenstelling van de opvullingen en huidjes is hetzelfde als in de gangbare akker. In de minimale grondbewerkingsakker wordt veel interne slemp opgevangen in de ploegzool vnl. in de scheuren die met het ploegen ontstaan maar ook in enkele diergangen. Daaronder in de Ap3 komen vnl. huidjes voor van kleirijk materiaal in diergangen. In een nabijgelegen oud grasland dat ook micromorfologisch is bestudeerd zijn geen verschijnselen van interne slemp te zien. Dit verschijnsel is dus geheel gebonden aan het landgebruik.

gangbare akker no. 12B



wisselweide akker no. 16A



minimale grondbewerking akker no. 20

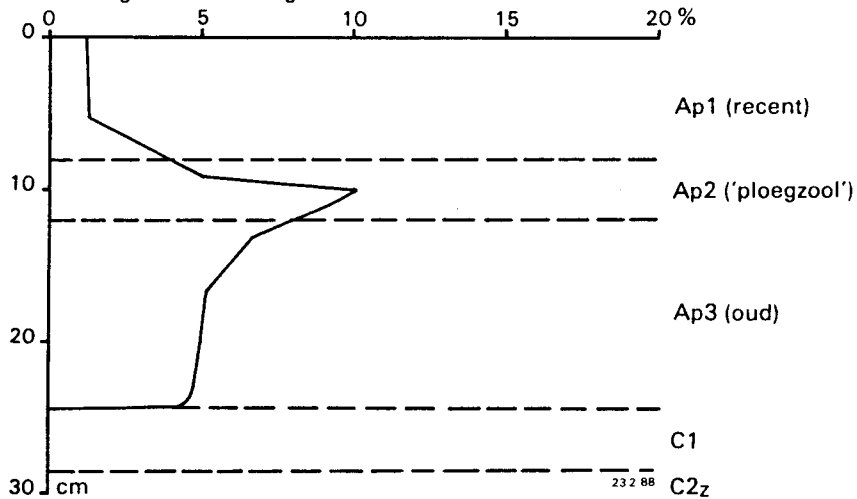


Fig. 5. Actuele interne slemp bepaald in verticale slijpplaten van de bouw-
voor genomen op 30 en 31 mei 1985 in het gewas suikerbieten

4 BETEKENIS VOCHTHOUDEND VERMOGEN EN DOORLATENDHEID

De afmetingen en continuïteit van holten bepalen de bodemfysische karakteristieken. Dit zijn de vochtgehalte bepalingen, pF curves en de doorlaatcurves, de zgn. K-h relaties. In figuur 6 zijn deze van de bestudeerde akkers weergegeven. De vochtgehalten van de drie akkers in het traject van verzadiging tot aan veldcapaciteit is vrijwel gelijk, waarbij de gangbare akker de laagste waterberging heeft. Bij de hogere pF waarden is de waterberging in de minimale grondbewerkingsakker duidelijk lager dan die van de twee andere akkers en blijft de wisselweide iets achter vergeleken met de gangbare akker. Dit zien we terug in de doorlaat curves. Bij verzadiging zijn de doorlatendheden vrijwel gelijk. Bij een geringe onderdruk is de doorlatendheid van de minimale grondbewerkingsakker even iets hoger dan de andere twee om daarna duidelijk achter te blijven. De wisselweide heeft bij de hogere pF-waarden een net iets hogere doorlatendheid. Ook in slijpplaten kan zichtbaar gemaakt worden welke holten continue zijn en dus verantwoordelijk zijn voor het watertransport in de bodem. Hiervoor worden ongestoorde kolommen grond bij verzadiging gepercoleerd met een methyleen-blauw oplossing in water. Alle continue poriën waarlangs het water gestroomd is krijgen blauwgekleurde wanden, die in horizontale coupes waarvan slijpplaten gemaakt worden zichtbaar zijn. In figuur 7 zijn de beeldanalyse resultaten van de gepercoleerde kolommen van de bestudeerde akkers te zien. De totale macroporositeit, dwz. alle poriën groter dan $30\text{ }\mu\text{m } \varnothing$, is in de gangbare akker het laagst op de gemeten diepten, niet meer dan ca. 6% en op 18 cm diepte heeft nog geen 1% van de aanwezige macroporiën blauwgekleurde wanden. De wisselweide heeft op alle gemeten diepten een macroporositeit groter dan 6%, met een duidelijke toename vnl van de grotere poriën onder de 15 cm diepte. Maar deze holten dragen niet bij aan de continuïteit en slechts minder dan 1% heeft blauwgekleurde wanden. In de minimale grondbewerkingsakker is de totale macroporositeit ook wat groter dan 6%, maar ook hier is het deel continue holten ca. 1%. Deze resultaten verklaren waarom de pF curves tot pF 2 vrijwel gelijk zijn en de K-h relaties niet meer verschillen, ondanks het feit dat er duidelijk verschil in typen en aantallen aanwezige holten is. In de bewortelingsbeelden die op dezelfde dag van deze akkers gemaakt zijn is het verschil in aanwezige macroporositeit goed te zien (fig. 8).

In de gangbare akker is het wortelstelsel relatief het minst ontwikkeld, in de wisselweide het meest en die van de minimale grondbewerking ligt er tussen in.

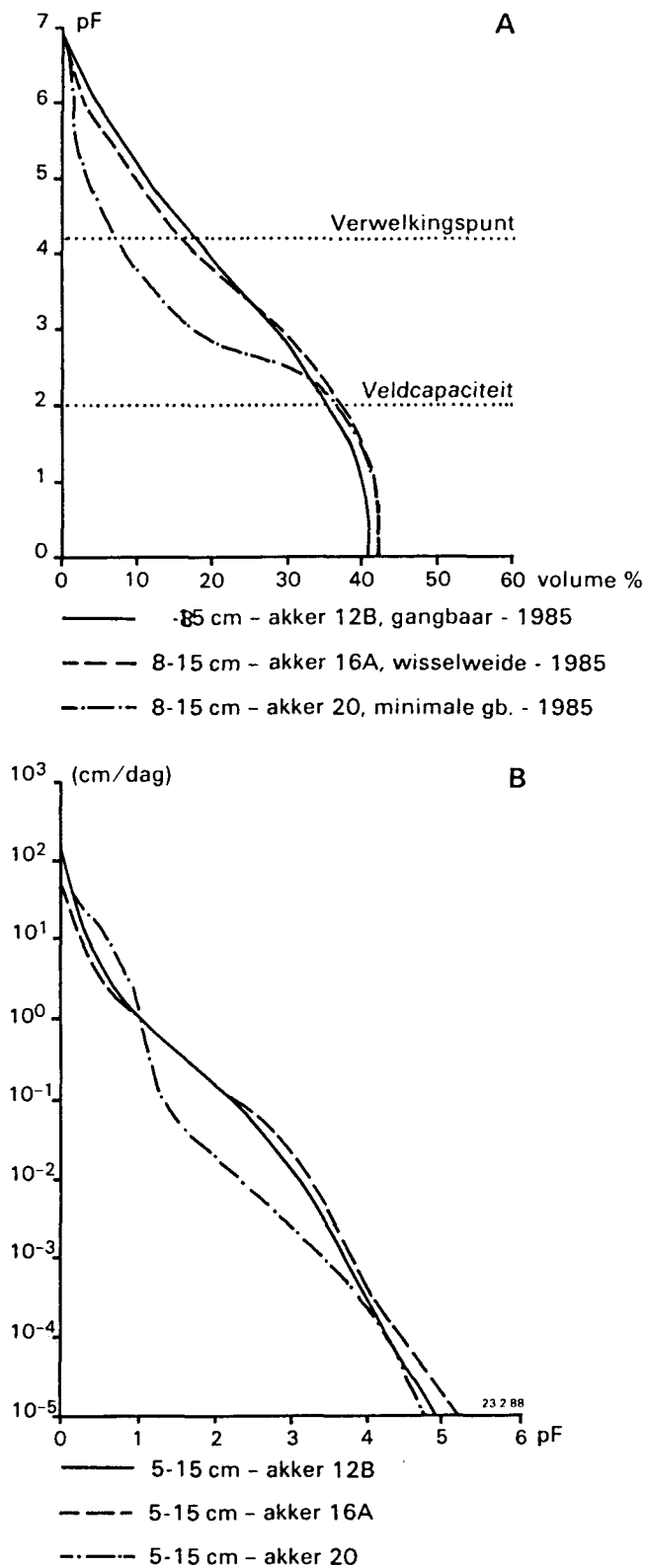


Fig. 6. pF-curves A en doorlatendheden (K-h) B van de bouwvoor van akker 12 (gangbaar), akker 16 (wisselweide) en akker 20 (minimale grondbewerking), mei 1985

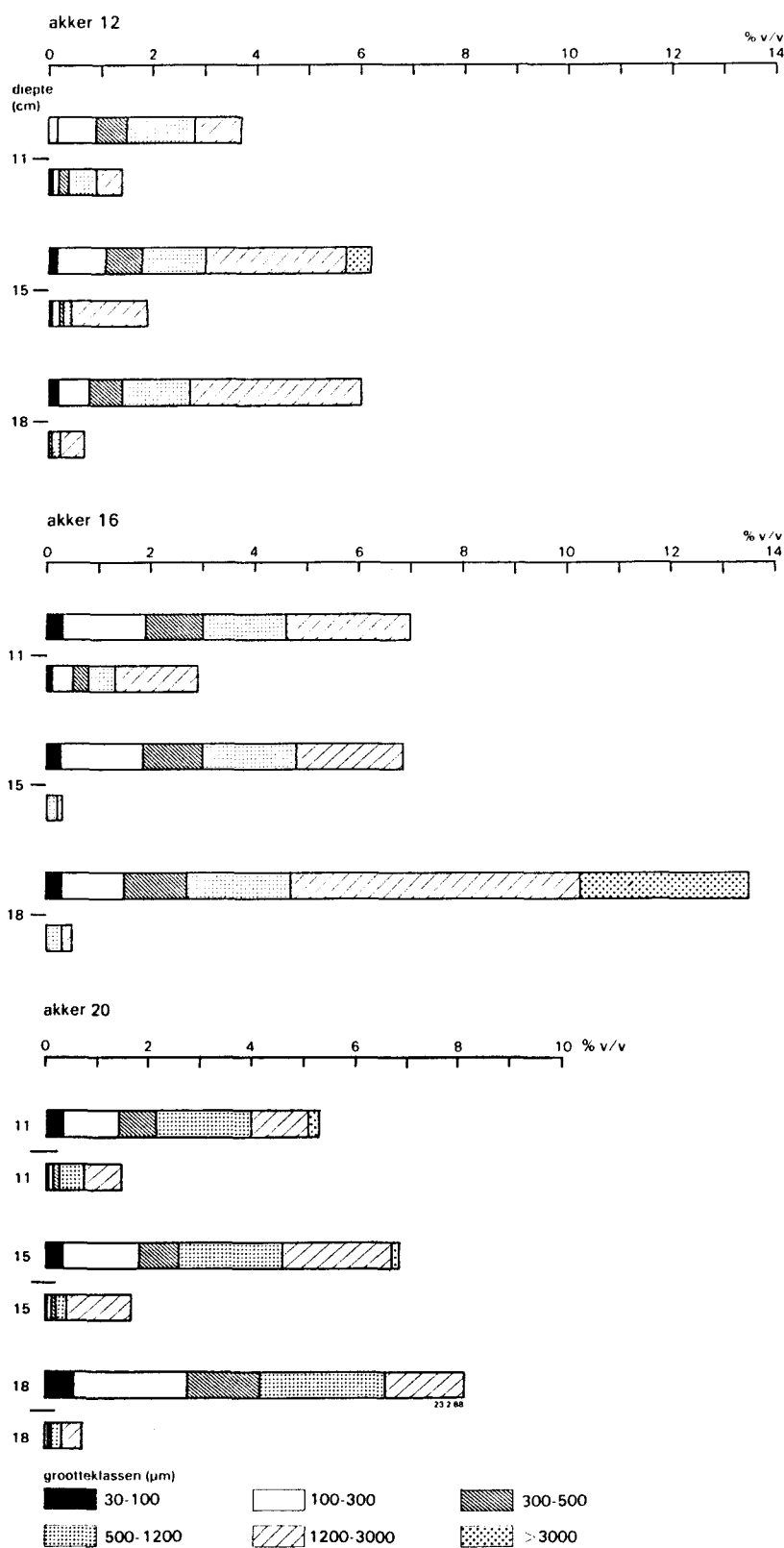


Fig. 7. Distributie van de poriën > 30 µm in de bouwvoor van akker 12 (gangbare landbouw), akker 16 (wisselweide) en akker 20 (minimale grondbewerking). De poriëndistributies zijn gemeten met behulp van beeldanalyse in horizontale slijpplaten van met methyleen-blauw gekleurde kolommen. De bovenste staaf geeft de totale macroporositeit, de onderste alleen de holten met blauwgekleurde wanden

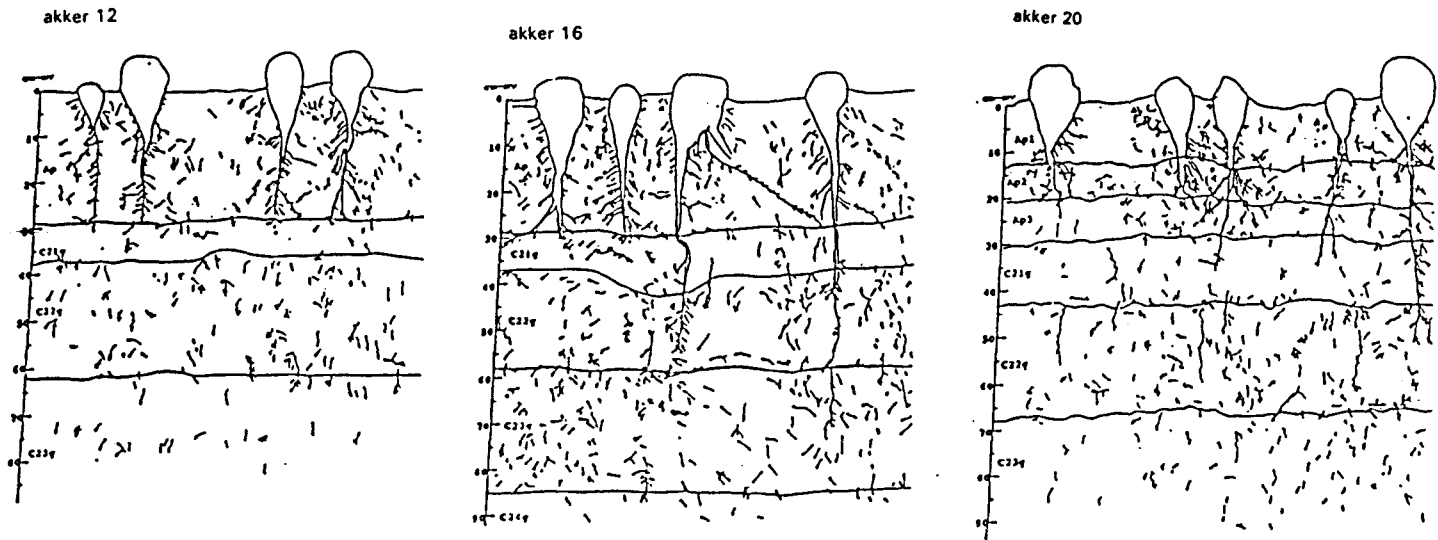


Fig. 8. Bewortelingsopnamen van suikerbieten aan het eind van het
groeiseizoen (7-10-1985) in akker 12 (gangbare landbouw), akker 16
(wisselweide) en akker 20 (minimale grondbewerking)

5 CONCLUSIES

Door de verschillen in landbouwsystemen treden verschillen in bodemstructuur op. Deze zijn in dit geval voornamelijk toe te schrijven aan activiteit van de bodemfauna. In de gangbare akker en de wisselweide is het effect van de grondbewerking op de bodemstructuur nauwelijks verschillend. De hogere giften van organische mest en de regelmatige inzaai van groenbemesters hebben echter zo'n stimulerende werking op de bodemfauna dat deze een veel grotere inbreng op de structuurvorming heeft. De minimale grondbewerkingsakker heeft ondanks de afwezigheid van grondbewerking een goede porositeit opgebouwd, die vnl. door de bodemfauna geproduceerd is. Door de afwezigheid van regenwormen die in de twee andere akkers wel voorkomen is de totale porositeit en het gehalte aan continue holten lager dan wanneer zij wel aanwezig zouden zijn. Ondanks het grote verschil in type en aantallen van de onderscheiden groepen holten is de groep continue holten in de bouwvoor van ieder landbouwsysteem vrijwel gelijk. Dit geringe verschil in bodemfysische karakteristieken verklaart. Wanneer echter de grondbewerking, inclusief onkruidbestrijding en bemesting in de landbouwsystemen niet meer hetzelfde zijn, zoals het geval is bij het latere geïntegreerde landbouwsysteem, dan zullen de bodemfysische karakteristieken wel verschillend zijn omdat de bodemstructuur primair anders wordt. Ondanks het feit dat in deze uitgangssituatie de bodemfysische karakteristieken niet fundamenteel verschillen, zullen de verschillen in aanwezige holten van invloed zijn op het leefmilieu van micro-organismen en omzettingen van organische stof.

DEEL II

De bodemfysische karakteristieken van de Dr. H.J. Lovink-
hoeve te Marknesse

E.C. Vos

	INHOUD DEEL II	Blz.
	INLEIDING	33
1	METHODIEKEN	35
1.1	Doorlaatkarakteristiek (K-h-relatie)	35
1.2	Waterretentiekarakteristiek (pF-relatie)	36
1.3	Functionele criteria	37
2	INDELING	39
2.1	Bouwstenen	39
2.2	Groepen	39
3	BODEMFYSISCH KENMERKEN	41
3.1	De bovengrond	42
3.1.1	Doorlaatkarakteristiek	44
3.1.2	Waterretentiekarakteristiek	45
3.2	De tussenlaag	46
3.2.1	Doorlaatkarakteristiek	48
3.2.2	Waterretentiekarakteristiek	48
4	DE VOORLOPIGE KENMERKEN	49
4.1	De bovengrond	49
4.2	De tussenlaag	49
4.3	Toekomstig onderzoek	53
	LITERATUUR	55
	TABELLEN	
1	Methoden voor het opstellen van de doorlaatkarakteristiek bij de verschillende drukhoogte-trajecten	36
2	Methoden voor het opstellen van de waterretentiekarakteristiek bij de verschillende drukhoogte-trajecten	37
3	Doorlatendheid (K, cm/dag) en volumefractie vocht (θ , in %) bij dertien pF-waarden van de bovengrond	44
4	Doorlatendheid (K, cm/dag) en volumefractie vocht (θ , in %) bij dertien pF-waarden van de tussenlaag	48
5	Functionele criteria van de geometrisch gemiddelde bodemfysische kenmerken van de bovengrond	49
6	Functionele criteria van de geometrisch gemiddelde bodemfysische kenmerken van de tussenlaag	50
7	Doorlatendheid (K, cm/dag) en volumefractie vocht (θ , in %) bij dertien pF-waarden van de tussenlaag van oud grasland en het gemiddelde van de akkers	53
	FIGUREN	
1	Doorlaatkarakteristiek	35
2	Waterretentiekarakteristiek	36
3	Doorlaatkarakteristieken bovengrond	42
4	Waterretentiekarakteristieken bovengrond	43
5	Doorlaatkarakteristieken tussenlaag	46
6	Waterretentiekarakteristieken tussenlaag	47
7	Doorlaatkarakteristiek tussenlaag akkers en oud grasland	51
8	Waterretentiekarakteristiek tussenlaag akkers en oud grasland	52

INLEIDING

In het project "vergelijkende analyse van het functioneren van bodemecosystemen bij een vorm van 'gangbare' en 'geïntegreerde' akkerbouw" wordt voor verschillende deelonderzoeken gebruik gemaakt van de bodemfysische karakteristieken van de grond.

Dat zijn:

- traceronderzoek en simulaties m.b.v. SWATRE
- koolstof(C)- en stikstof(N)-kringlopen
- bepaling landhoedanigheden

In dit kader heeft de afdeling Bodemstructuur en Micromorfologie bodemfysische karakteristieken bepaald in de vorm van;

1. de doorlaatkarakteristiek, (K-h-kurve) en de
2. waterretentiekarakteristiek (pF-kurve).

Het onderzoek is gericht op de akkers 'gangbaar' (12B) en 'geïntegreerd' (16B) met een 'kunstmest' voorgeschiedenis, 'geïntegreerd' met een 'wisselweide' (16A) voorgeschiedenis en 'geïntegreerd' met minimale grondbewerking met als voorgeschiedenis 'klaverweide' (12C).

Het bodemgebruik en vooral de wijze van grondbewerking heeft een aantoonbaar effect op de bodemfysische karakteristieken doordat de bodemstructuur zich wijzigt (Kooistra, 1985 en Van Lanen, 1987). In het verslag van Kooistra is geconstateerd dat er weinig verschillen tussen de akkers 12B en 16A zijn in de bodemfysische karakteristieken. In het voorgaande landbouwsysteem was er in de wijze van grondbewerking tussen de akkers geen verschil. Bij het project worden wijzigingen aangebracht in o.a. de wijze van grondbewerking. Daarom mag worden verwacht dat er wijzigingen zullen optreden in de bodemfysische karakteristieken van de verschillende akkers. Omdat het enige jaren duurt voordat een situatie van evenwicht bereikt wordt, zijn ook een perceel waarop langjarig een minimale grondbewerking (akker 20A) wordt toegepast en een oud grasland onderzocht. De eerste veranderingen hebben we al wel kunnen constateren in de akkers 12C en 16B. Deze zijn echter veroorzaakt door de omschakeling van de gangbare naar de geïntegreerde akkerbouwsystemen. We beschikken nu over een aantal verschillende bodemfysische karakteristieken, waarbij de verschillen veroorzaakt worden door verschillen in bodemstructuur in hetzelfde moedermateriaal.

In 1985 is de uitgangstoestand vastgesteld op akkers 12B, 16A, 20A en 23A. In 1986 is de ondergrond van de akkers van de Lovinkhoeve bemonsterd. In 1987 hebben we de bovengronden van de akkers 12A, 12C, 16A, 16B, 20A en het oude grasland, de tussenlagen van de akkers 12C, 16B en het oude grasland en de ondergrond van het oude grasland doorgemeten.

In dit verslag behandel ik in paragraaf 1 de methodieken, die wij gebruiken om doorlaat- en waterretentiekarakteristieken te bepalen. Het bodemprofiel dat we op de Lovinkhoeve aantreffen, kunnen we indelen in een aantal bouwstenen. Deze indeling behandel

ik in paragraaf 2. De verkregen grafieken van de bodemfysische karakteristieken presenteer ik in paragraaf 3. Op grond van de resultaten van de metingen van de diverse akkers en het grasland komen we voor de bovengrond en voor de tussenlaag voorlopig tot een aantal bodemfysische karakteristieken. Deze staan vermeld in paragraaf 4.

1 METHODIEKEN

1.1 Doorlaatkarakteristiek (K-h-relatie)

De resultaten van de metingen naar de doorlatendheid van de bodem, worden weergegeven in de 'doorlaatkarakteristiek' zoals weergegeven in figuur 1.

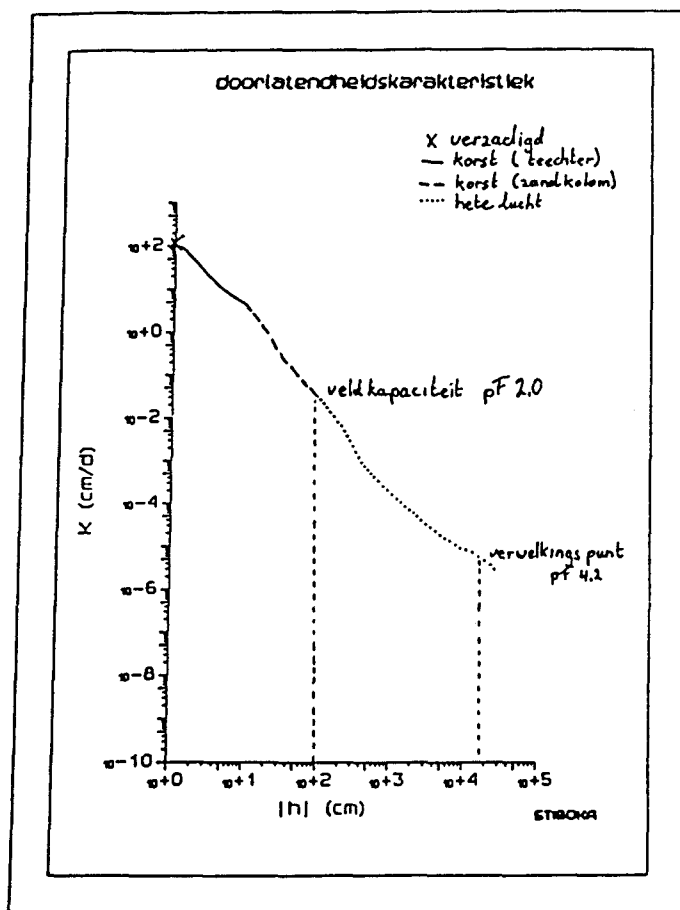


Fig. 1. Doorlaatkarakteristiek

Op de horizontale as is de drukhoogte uitgezet (h in cm) en op de verticale as is de hoeveelheid water aangegeven (uitgedrukt in cm waterlaag) die per dag door de bodem heen stroomt (K in cm/dag). Deze relatie geeft dus aan hoe snel het water door de bodem getransporteerd wordt bij een bepaalde vochtspanning (drukhoogte h) van de grond. Twee specifieke waarden zijn in de grafiek aangegeven namelijk; veldcapaciteit ($h = 100$ cm, pF 2,0) en het verwelkingspunt ($h = 16000$ cm, pF 4,2).

In de metingen is een viertal trajecten te onderscheiden waarvoor verschillende methoden gebruikt worden (tabel 1). In Verlinden (1983) staan deze methodieken nader uitgewerkt.

Tabel 1 Methoden voor het opstellen van de doorlaatkarakteristiek bij de verschillende drukhoogtetrajecten.

DRUKHOOGTETRAJECT	METHODE
verzadigd $\theta(h) =$	0 cm trechter
onverzadigd $\theta(h) =$	0 - 11 cm trechter + korsten
$\theta(h) =$	11 - 70 cm zandkolom + korsten
$\theta(h) =$	70 - 16 000 cm hete lucht

1.2 Waterretentiekarakteristiek (pF-relatie)

De Waterretentiekarakteristiek kan in de volgende figuur worden weergegeven (figuur 2).

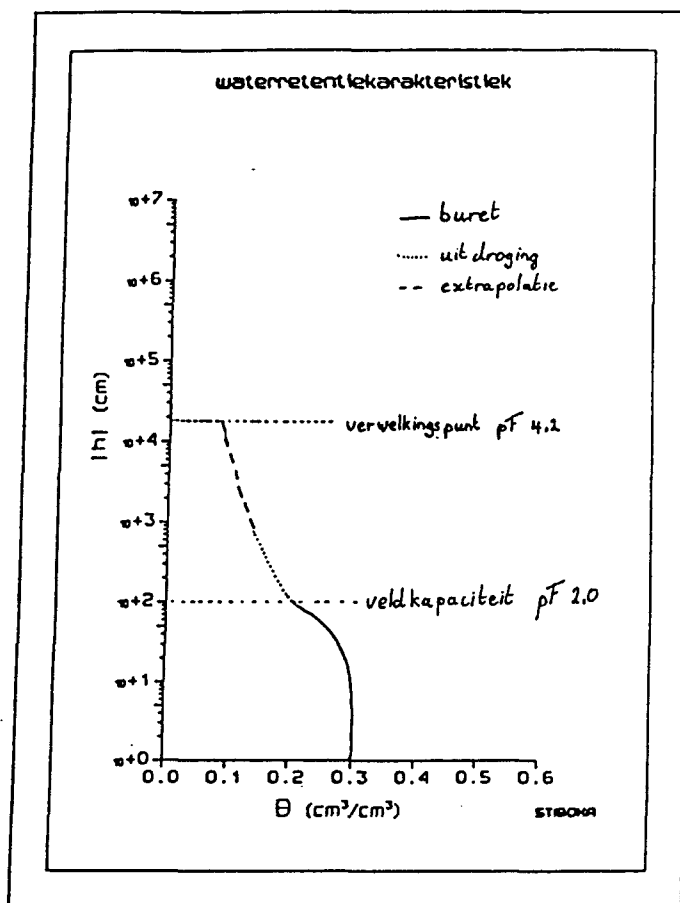


Fig. 2. Waterretentiekarakteristiek

Op de horizontale as staat theta (θ , volumefractie vocht) en op de verticale as staat de drukhoogte (h in cm). Deze figuur geeft dus aan wat de hoeveelheid vocht in de grond is bij een bepaalde vochtspanning (drukhoogte h). Ook hier heb ik twee specifieke waarden in de grafiek aangegeven namelijk; veldcapaciteit ($h = 100$ cm, $pF = 2.0$) en het verwelkingspunt ($h = 16000$ cm, $pF = 4.2$).

In de meting zijn drie trajecten te onderscheiden waarbij we de verschillende methoden gebruikt hebben (tabel 2). In Verlinden (1983) zijn deze methodieken nader uitgewerkt.

Tabel 2 Methoden voor het opstellen van de waterretentiekarakteristiek bij de verschillende drukhoogtetrjecten.

DRUKHOOGTETRAJECT	METHODE
0 - 125 cm pF 0 - 2,1	buret
100 - 1000 cm pF 2,0 - 3,0	uitdroging
1000 - 16000 cm pF 3,0 - 4,2	extrapolatie

1.3 Functionele criteria

Om van de metingen van de afzonderlijke akkers te kunnen beoordelen of ze in een groep bij elkaar geschoven kunnen worden dan wel als aparte groep beschouwd moeten worden, hebben we naar de functionele criteria (Wösten, 1986) gekeken. Uit de doorlaat- en de waterretentiekarakteristiek leid je een drietal kwantitatieve gegevens af.

Deze functionele criteria zijn de volgende;

1. Verblifftijd = de tijd die een hoeveelheid water nodig heeft om van het oppervlak verticaal neerwaarts te bewegen naar de grondwaterspiegel. De diepte van de grondwaterspiegel wordt hierbij op 1 m - mv. verondersteld onder gemiddelde Nederlandse wintercondities waarbij een afvoeroverschot van 0,14 cm/dg optreedt.
2. Transportsnelheid = doorlaatsnelheid van de grond voor water bij een kritieke (minimale) luchthoeveelheid. Dit wordt uitgedrukt in de laag water (in cm) die door de bodem in een dag afgevoerd kan worden. Deze minimale luchthoeveelheid wordt genomen bij pF 0 minus 0,05 volume %
3. kritieke stijghoogte = maximale afstand van de grondwaterspiegel (in cm) tot de wortelzone waarbij nog 2 mm/dg aan de wortelzone geleverd kan worden.

Op basis van deze drie functionele criteria kun je de karakteristieken van de verschillende akkers met elkaar vergelijken. Dit is per laag uitgevoerd.

2 INDELING

2.1 Bouwstenen

Uit eerder onderzoek is gebleken dat het bodemgebruik van invloed is op de bodemstructuur en dat deze weer gevolgen heeft voor de bodemfysische karakteristieken (Kooistra, 1985, Van Lanen, 1987, deel I van dit rapport). Deze invloed neemt echter met diepte in de grond af. In modellen waarbij met bodemfysische karakteristieken gewerkt wordt, wordt de bodem in lagen opgedeeld. In akkerbouwgronden hebben we te maken met een bouwvoor, een beïnvloede laag daaronder en een ongestoorde ondergrond. In deze nog jonge polder (ongeveer veertig jaar droog) hebben we aldus onderscheid gemaakt in drie lagen.

Dit zijn:

- bovengrond 0 - 25 cm
- tussenlaag 25 - 50 cm
- ondergrond 55 - 75 cm

Door verschillen in bodemgebruik (geïntegreerd ten opzichte van gangbaar bijvoorbeeld) is het mogelijk dat per laag verschillende bodemfysische karakteristieken gevonden worden. Op de Lovinkhoeve kunnen we per landbouwsysteem een aantal bouwstenen onderscheiden. De invloed van de verschillende akkerbouwsystemen is in de bouwvoor (0 - 25 cm - mv.) het duidelijkst waarneembaar. Bij het grasland en de akkerbouwsystemen met een minimale grondbewerking zal de invloed nog tot in de tussenlaag (25 - 50 cm - mv.) merkbaar zijn. Hierbij wordt namelijk het bodemleven minder vaak en minder ingrijpend verstoord dan bij landbouwsystemen met een grondbewerking dieper dan 7 cm zodat de bodemorganismen (regenwormen, kevers, potwormen, etc.) een grotere activiteit zullen vertonen, en in grotere aantallen tot op grotere diepte zullen voorkomen.

2.2 Groepen

In het veld waren in 1985 tussen de diverse akkers al verschillen in bodemstructuur te zien. De bouwvoor van de wisselweide (de A-akkers) bestaat uit kleine afgerondblokkige aggregaatjes met een hoge structuurgraad. Die van de gangbare akker (de B-akkers) zijn groter en de structuurgraad is lager. Bij structuuroptnamen in 1987 bleek dat in de akker met minimale grondbewerking (12C) net onder de bewerkingsdiepte een laag is ontstaan die bestaat uit ruwe prisma's. De prisma's zijn samengesteld uit afgerond blokkige elementen. In 1985 zal akker 12C een grotendeels dezelfde structuur gehad hebben als de gangbare akkers (de B-akkers). Dit zou dus een teruggang in de structuurvorming betekenen. In akker 20 met minimale grondbewerking, zijn de aggregaatjes kleiner dan in de gangbare akker en van dezelfde afmetingen als in de wisselweide, de structuurgraad is matig.

Het uitgangsmateriaal is voor de diverse akkers hetzelfde qua textuur, pH en CO_3 gehalte en ook het weer en de drainage zijn gelijk. De verschillen moeten dus toegeschreven worden aan andere

factoren m.n. de grondbewerking, organische stof en bemesting en aan de veranderende activiteit van de structuurvormende bodemorganismen. In de bovengrond zijn alle genoemde factoren duidelijk van invloed. In de tussenlaag zijn hoofdzakelijk de activiteiten van de bodemorganismen verantwoordelijk voor verschillen in de bodemfysische karakteristieken. In de ondergrond (55-75 cm) oefenen geen van de genoemde factoren nog invloed uit, omdat de structuurvormende bodemorganismen niet zo diep in voldoende aantallen doordringen om invloed op de bodemstructuur uit te oefenen. In het geval van akker 12C is het vooral de grondbewerking, namelijk de overschakeling naar een systeem met minimale grondbewerking.

Wij komen nu tot een drietal hypothesen.

Hypothese 1

"De bovengrond zal per landbouwsysteem een verschillende bodemfysische karakteristiek te zien geven." Voor de bovengrond van de verschillende landbouwsystemen (vier akkerbouw- en een weidebouwsysteem) zullen we in verband met de structuurverschillen met vijf sets bodemfysische karakteristieken moeten werken. In de bovengrond onderscheiden we dan ook 5 groepen:

- 1 oud grasland
- 2 gangbaar (12B)
- 3 geïntegreerd (16A, 16B)
- 4 geïntegreerd minimaal (12C)
- 5 minimaal (20A)

Hypothese 2

"De tussenlaag zal onder de akkerbouwsystemen een andere bodemfysische karakteristiek geven dan het grasland." Hiervoor kan met een set bodemfysische karakteristieken volstaan worden voor de verschillende akkerbouwsystemen en met een set bodemfysische karakteristieken voor het oude grasland. We onderscheiden dan ook 2 groepen:

- 1 oud grasland
- 2 akkers

Uit de structuurkarakterisering blijkt dat in de tussenlaag van het minimale grondbewerkingssysteem evenals dat van het oude grasland meer biologische activiteit plaatsvindt. De kans bestaat dat de bodemfysische karakteristieken van dit landbouwsysteem dezelfde richting uitgaan als dat van het oude grasland. Voorlopig beschikken we nog niet over voldoende metingen om dit te bewijzen. Verder onderzoek in de komende jaren zal hiervoor nodig zijn.

Hypothese 3

"Voor de ondergrond van de verschillende akkerbouwsystemen en het oude grasland kan volstaan worden met een enkele set bodemfysische karakteristieken."

3 BODEMFYSISCH KRAKTERISTIEKEN

Per akker hebben we nu een wisselend aantal metingen verricht. Als resultaat van elke meting is een set bodemfysische karakteristieken bepaald en deze hebben we in een figuur uitgezet. Daarna is per akker het geometrisch gemiddelde van deze afzonderlijke bodemfysische karakteristieken bepaald (vgl. Wösten et al., 1987). Van deze geometrisch bepaalde gemiddelden geef ik hier achtereenvolgens de voorlopige resultaten van de bovengronden en de tussenlaag van vier akkers en het oude grasland en bespreek ik ze kort. Omdat van verschillende lagen in diverse akkers nog metingen verricht moeten worden, kunnen de hier gegeven cijfers nog bijgesteld worden. Van de ondergrond zijn de gegevens nog niet beschikbaar.

3.1 De bovengrond

Figuur 3 geeft de geometrisch gemiddelde doorlaatkarakteristieken van de bovengrond van respectievelijk de akkers 12B, 12C, 16A, 16B en het oude grasland.

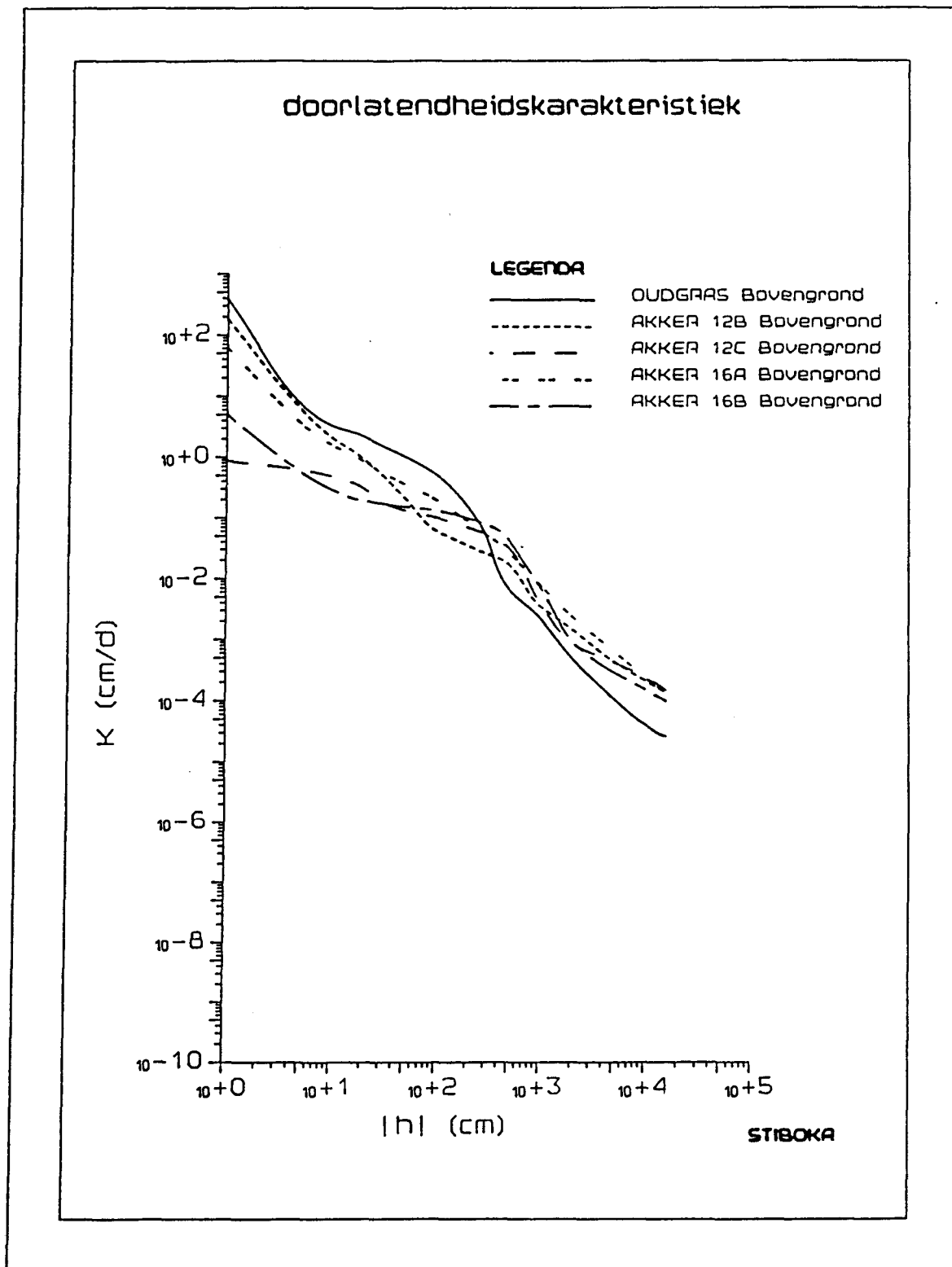


Fig. 3. Doorlaatkarakteristieken bovengrond

Figuur 4 geeft de geometrisch gemiddelde Waterretentiekarakteristieken van de bovengrond van respectievelijk de akkers 12B, 12C, 16A, 16B en het oude grasland.

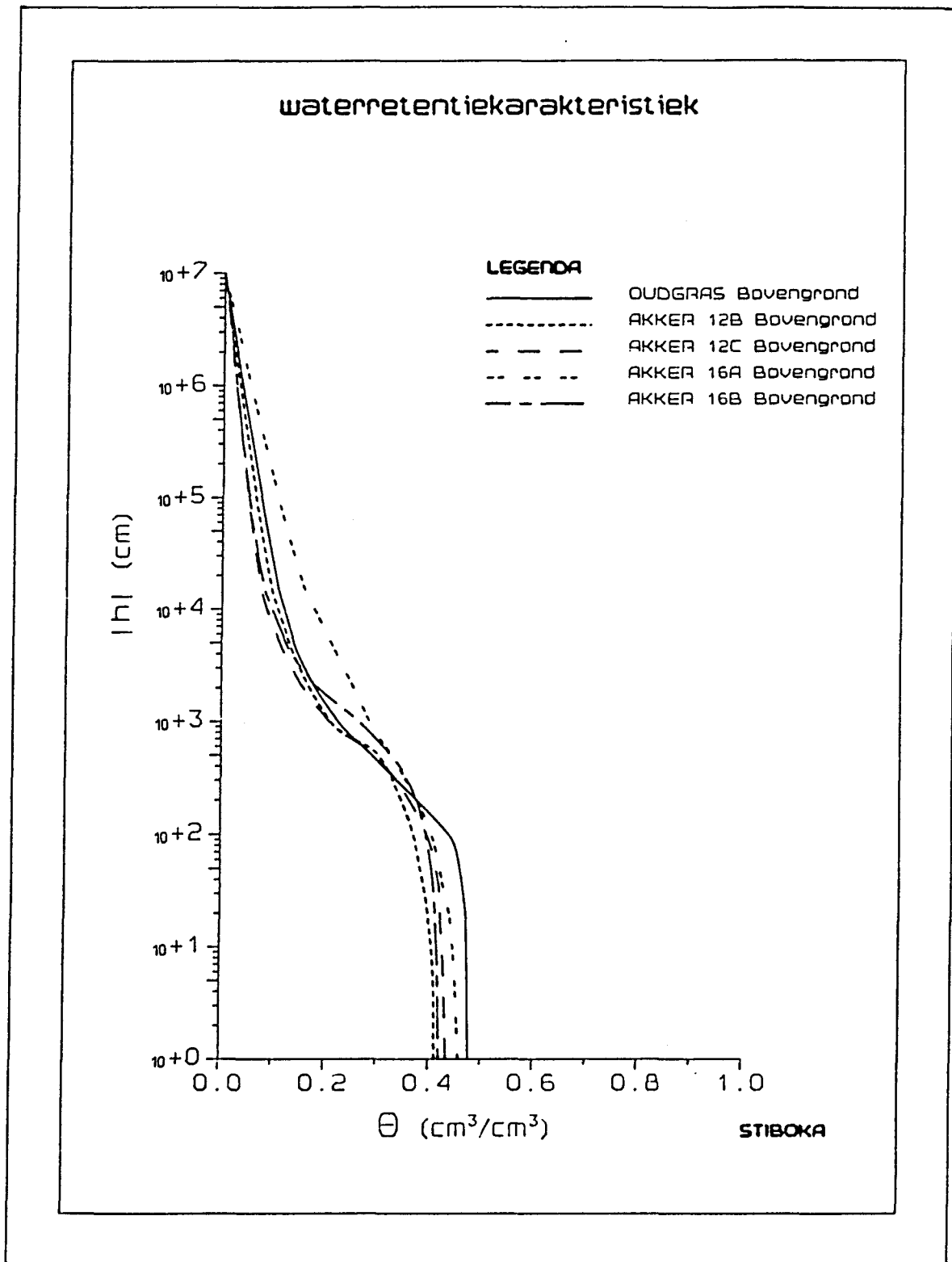


Fig. 4. Waterretentiekarakteristieken bovengrond

In tabel 3 zijn van deze karakteristieken de doorlatendheid en de volumefractie vocht weergegeven bij 13 drukhoogten. De hier gegeven voorlopige waarden kunnen in de diverse modellen gebruikt worden.

Tabel 3 Doorlatendheid (K, cm/dag) en volumefractie vocht (θ , in %) bij dertien pF-waarden respectievelijk drukhoogte (h) van de bovengrond.

BOVENGROND

pF	h (cm)	akker 12B		akker 12C		akker 16A		akker 16B		oud grasland	
		K	θ	K	θ	K	θ	K	θ	K	θ
0	0	178.55	41,1	0.86	43,3	60.59	45,7	4.95	41,9	380.70	47,6
1.0	10	2.09	40,4	0.48	42,5	1.57	44,5	0.29	41,4	3.31	47,2
1.3	31	0.93	39,6	0.31	42,0	0.85	43,7	0.19	41,0	2.21	46,9
1.5	50	0.49	39,0	0.18	41,8	0.54	42,7	0.17	40,7	1.00	45,7
1.7	75	0.21	38,1	0.13	41,1	0.35	41,8	0.15	40,2	1.50	46,4
2.0	100	6.0E-2	36,8	9.9E-2	39,3	1.9E-1	40,2	1.3E-1	39,1	4.9E-1	43,5
2.4	250	2.9E-2	33,6	6.0E-2	34,6	6.5E-2	36,3	8.6E-2	36,5	8.7E-2	35,3
2.7	500	1.7E-2	30,0	3.1E-2	29,3	2.7E-2	32,5	4.2E-2	32,4	6.7E-3	28,8
3.0	1000	3.5E-3	20,8	3.8E-3	20,5	7.7E-3	28,3	7.1E-3	26,2	2.2E-3	22,3
3.4	2500	1.1E-3	15,7	6.9E-4	14,3	1.7E-3	24,2	6.5E-4	16,5	3.3E-4	16,7
3.7	5000	4.4E-4	12,9	4.2E-4	11,1	6.5E-4	20,9	2.9E-4	12,2	1.1E-4	13,8
4.0	10000	2.1E-4	10,7	2.4E-4	8,6	2.4E-4	17,6	1.5E-4	9,6	4.1E-5	11,9
4.2	16000	1.3E-4	9,4	1.4E-4	7,4	1.2E-4	15,5	9.6E-5	8,0	2.6E-5	10,7

3.1.1 doorlaatkarakteristiek

Tussen de akkers is een aantal verschillen waar te nemen. Het verschil is het grootst tussen de karakteristiek van het grasland en akker 12C (geïntegreerd met minimale grondbewerking). Akker 12C en 16B (geïntegreerd) zijn minder doorlatend in het natte traject dan de overige akkers.

Bij 12C is dit wellicht veroorzaakt doordat voor de eerste maal minimale grondbewerking is toegepast. Deze verandering in grondbewerking veroorzaakt in eerste instantie een structuurdegradatie omdat er geen evenwicht meer is tussen de diverse structuurvormende processen (zie verslag Kooistra, 1988).

Op 16B zijn in het najaar van 1986 veel problemen opgetreden met het opbrengen van de mestkoek. Als gevolg hiervan is door Van Ouwkerk en Koning wateroverlast op het perceel geconstateerd. Dit is in de doorlaatkarakteristiek terug te vinden. In volgende metingen zullen we nagaan of dit van blijvende invloed is. Hoewel de karakteristiek van akker 12C geen stabiele situatie voorstelt, zal deze karakteristiek zich toch de eerste jaren nog slechts langzaam gaan wijzigen. Uit ervaring (Jongorius, 1972; pag. 190) blijkt dat een nieuw structureevenwicht pas na enige jaren bereikt is.

Het oude grasland is meer doorlatend in het traject pF 0,8 - 2,5 dan de akkers.

3.1.2 waterretentiekarakteristiek

In de waterretentiekarakteristieken zijn geen grote verschillen te constateren.

Akker 16A bevat meer vocht in het drogere deel (vanaf pF 2,9) dan de andere akkers en het oude grasland. Hierbij moet wel aangetekend worden dat dit trajectgedeelte van de grafiek door extrapolatie tot stand gekomen is.

Aanvullende metingen zijn hiervoor nog noodzakelijk. Het oude grasland bevat in het traject pF 0 tot pF 2,3 meer vocht dan de akkers en voldoet hiermee aan de verwachting dat een hoger gehalte aan organische stof meer biologische activiteit en een hoger waterhoudend vermogen oplevert dan percelen met een lager gehalte aan organische stof en minder biologische activiteit.

3.2 De tussenlaag

Figuur 5 geeft de geometrisch gemiddelde doorlaatkarakteristieken van de tussenlaag van respectievelijk de akkers 12B, 12C, 16A en het oude grasland.

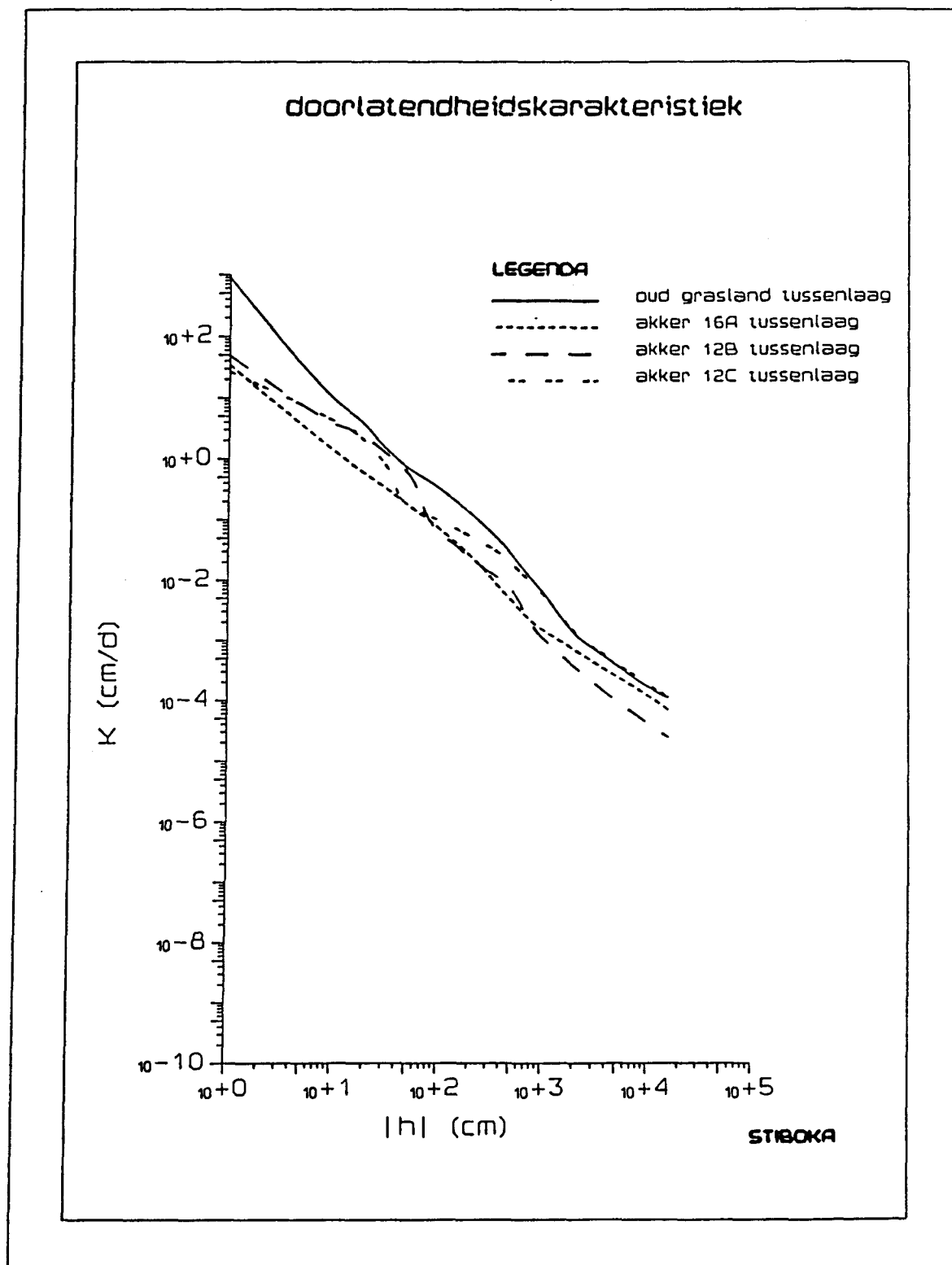


Fig. 5. Doorlaatkarakteristieken tussenlaag

Figuur 6 geeft de geometrisch gemiddelde waterretentiekaracteristieken van de tussenlaag van respectievelijk de akkers 12B, 12C, 16A en het oude grasland.

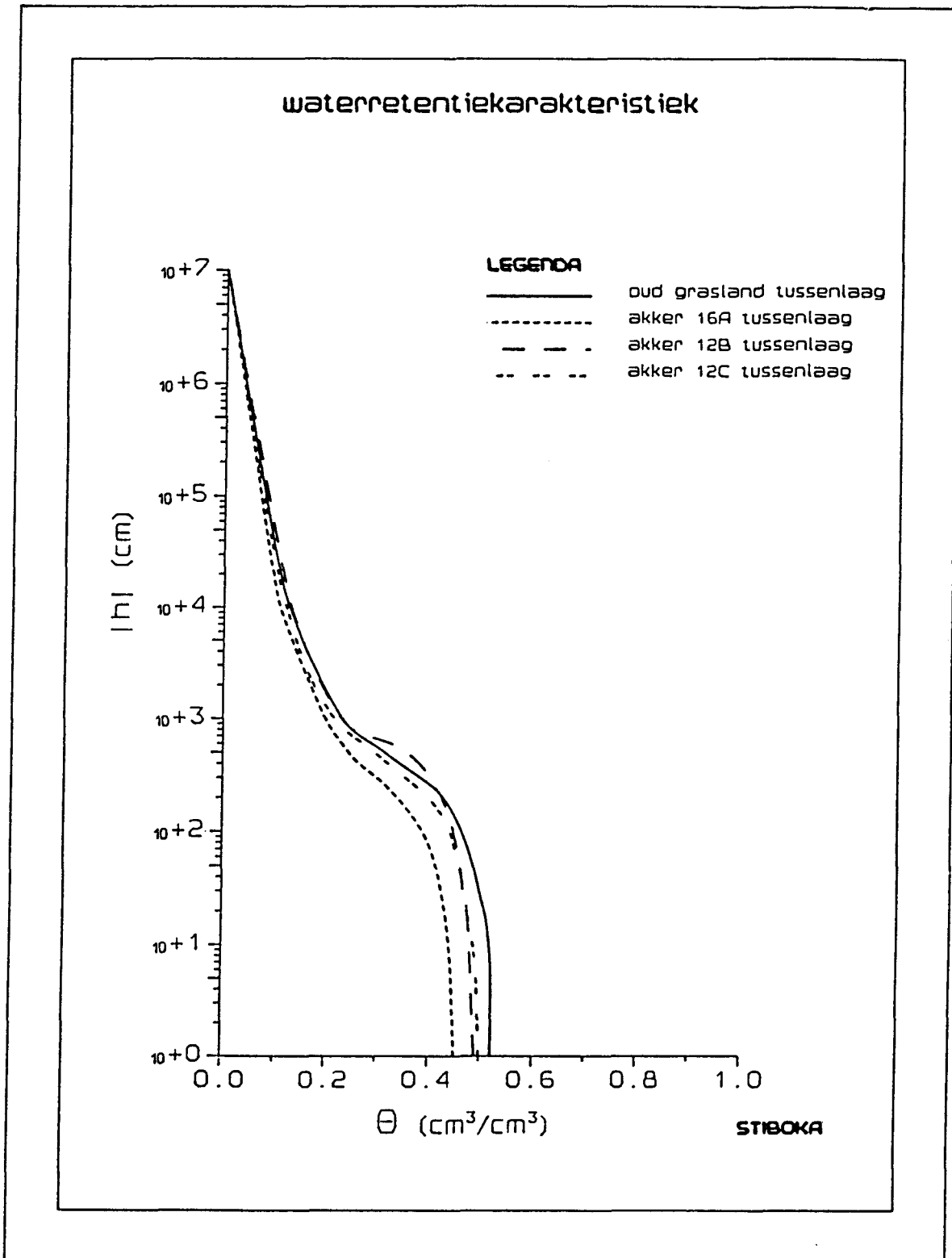


Fig. 6. Waterretentiekaracteristieken tussenlaag

In tabel 4 zijn van deze karakteristieken de doorlatendheid en de volumefractie vocht weergegeven bij 13 drukhoogten.

Tabel 4 Doorlatendheid (K, cm/dag) en volumefractie vocht (θ , in %) bij dertien pF-waarden, respectievelijk drukhoogte (h) van de tussenlaag.

TUSSENLAAG

pF	-h (cm)	akker 12B		akker 12C		akker 16A		oud grasland	
		K	θ	K	θ	K	θ	K	θ
0	0	42.43	49,0	26.39	49,9	23.24	45,4	866.23	52,1
1.0	10	3.67	47,7	4.16	48,6	1.41	45,2	9.57	51,7
1.3	31	2.24	47,2	1.89	47,4	0.63	44,5	3.43	50,7
1.5	50	1.40	46,3	0.78	46,8	0.42	44,1	1.49	49,6
1.7	75	0.67	45,8	0.18	45,6	0.24	43,5	0.72	48,5
2.0	100	4.6E-2	44,4	9.7E-2	43,9	1.1E-1	41,1	3.3E-1	46,2
2.4	250	1.3E-2	40,9	4.4E-2	37,3	3.0E-2	35,4	9.4E-2	40,4
2.7	500	4.6E-3	35,2	2.0E-2	29,2	6.2E-3	24,3	2.8E-2	31,2
3.0	1000	7.7E-4	21,4	5.7E-3	21,4	1.7E-3	18,8	6.3E-3	23,0
3.4	2500	1.6E-4	16,4	1.0E-3	16,4	5.5E-4	14,6	9.2E-4	18,2
3.7	5000	5.5E-5	13,6	4.2E-4	13,9	2.4E-4	11,6	3.9E-4	15,1
4.0	10000	2.2E-5	11,4	1.9E-4	11,9	1.2E-4	9,1	1.7E-4	12,6
4.2	16000	1.1E-5	10,4	1.1E-4	10,6	5.9E-5	8,2	1.1E-4	11,2

3.2.1 Doorlaatkarakteristiek

Het oude grasland is meer doorlatend dan de akkers over vrijwel het gehele traject, vooral in het natte deel van de karakteristiek, pF 0 tot pF 2,9. Akker 16A geeft in het natte traject, pF 0 tot pF 2,0 een lagere doorlatendheid te zien dan het oude grasland en de overige akkers.

3.2.2 Waterretentiekarakteristiek

Als we naar de waterretentiekarakteristieken van de tussenlaag van de verschillende akkers kijken, blijkt dat het oude grasland vooral in het natte traject (pF 0 tot pF 2,2) meer vocht bevat dan de akkers. Akker 16A bevat de geringste hoeveelheid vocht van alle onderzochte percelen.

4 DE VOORLOPIGE KARAKTERISTIEKEN

Op grond van de drie genoemde functionele criteria heb ik de bodemfysische karakteristieken van de diverse akkers met elkaar vergeleken.

Aan de hand van de vergelijking van de functionele criteria heb ik de hypothesen 1 en 2 getest. Hypothese 3 hebben we nog niet kunnen testen omdat de gegevens nog niet volledig bewerkt zijn. In een artikel in voorbereiding (Wösten en Vos, 1988) gaan we met behulp van een lineaire regressieanalyse nader in op de verschillen die tussen de diverse bodemfysische karakteristieken te constateren zijn.

4.1 De bovengrond

Hypothese 1: "De bovengrond zal per landbouwsysteem een verschillende bodemfysische karakteristiek te zien geven."

In tabel 5 staan de functionele criteria van de bovengronden van de akkers en het oude grasland vermeld.

Tabel 5 Functionele criteria van de geometrisch gemiddelde bodemfysische karakteristieken van de bovengrond.

	Verblijftijd in dagen	Transportsnelheid cm/dg	Stijghoogte in cm
akker 12B	271	0,025	105,2
akker 12C	293	0,028	130,2
akker 16A	278	0,028	160,6
akker 16B	282	0,090	154,6
oud grasland	264	0,350	183,4

Op grond van de verschillen tussen de hier vermelde functionele criteria mogen we voorlopig concluderen dat per akker een set bodemfysische karakteristieken voor de bovengrond opgesteld kan worden.

De in figuur 3 en 4 en tabel 3 gegeven karakteristieken kunnen in modelberekeningen toegepast worden.

4.2 De tussenlaag

Hypothese 2: "De tussenlaag zal onder de akkerbouwsystemen een andere bodemfysische karakteristiek geven dan het grasland."

In tabel 6 staan de functionele criteria vermeld van de bodemfysische karakteristieken van de akkers 12B, 12C, 16A en het oude grasland.

**Tabel 6 Functionele criteria van de geometrisch gemiddelde
bodempfysische karakteristieken van de tussenlaag.**

	Verblijftijd (dagen)	Transportsnelheid (cm/dag)	Stijghoogte (cm)
akker 12B	321	0,045	91,2
akker 12C	321	0,130	127,1
akker 16A	304	0,080	106,8
oud grasland	307	0,440	196,0

Het oude grasland springt er op transportsnelheid en stijghoogte duidelijk uit t.o.v. de akkers.

De verschillen tussen de functionele criteria van de akkers zijn onderling minder significant dan de die van het oude grasland. Dit is in de lijn van onze hypothese dat de verschillen in de tussenlaag minder significant zijn. Op basis van deze gegevens concluderen we dat er voor alle akkers met één set bodempfysische karakteristieken volstaan kan worden. Voor het oude grasland moet een aparte set bodempfysische karakteristieken opgesteld worden.

In figuur 7 geef ik de doorlaatkarakteristieken voor de tussenlaag. Daarin staat het geometrisch gemiddelde van de akkers en die van het oude grasland. De hier weergegeven grafiek van het oude grasland is identiek met de in figuur 5 gegeven doorlaatkarakteristiek.

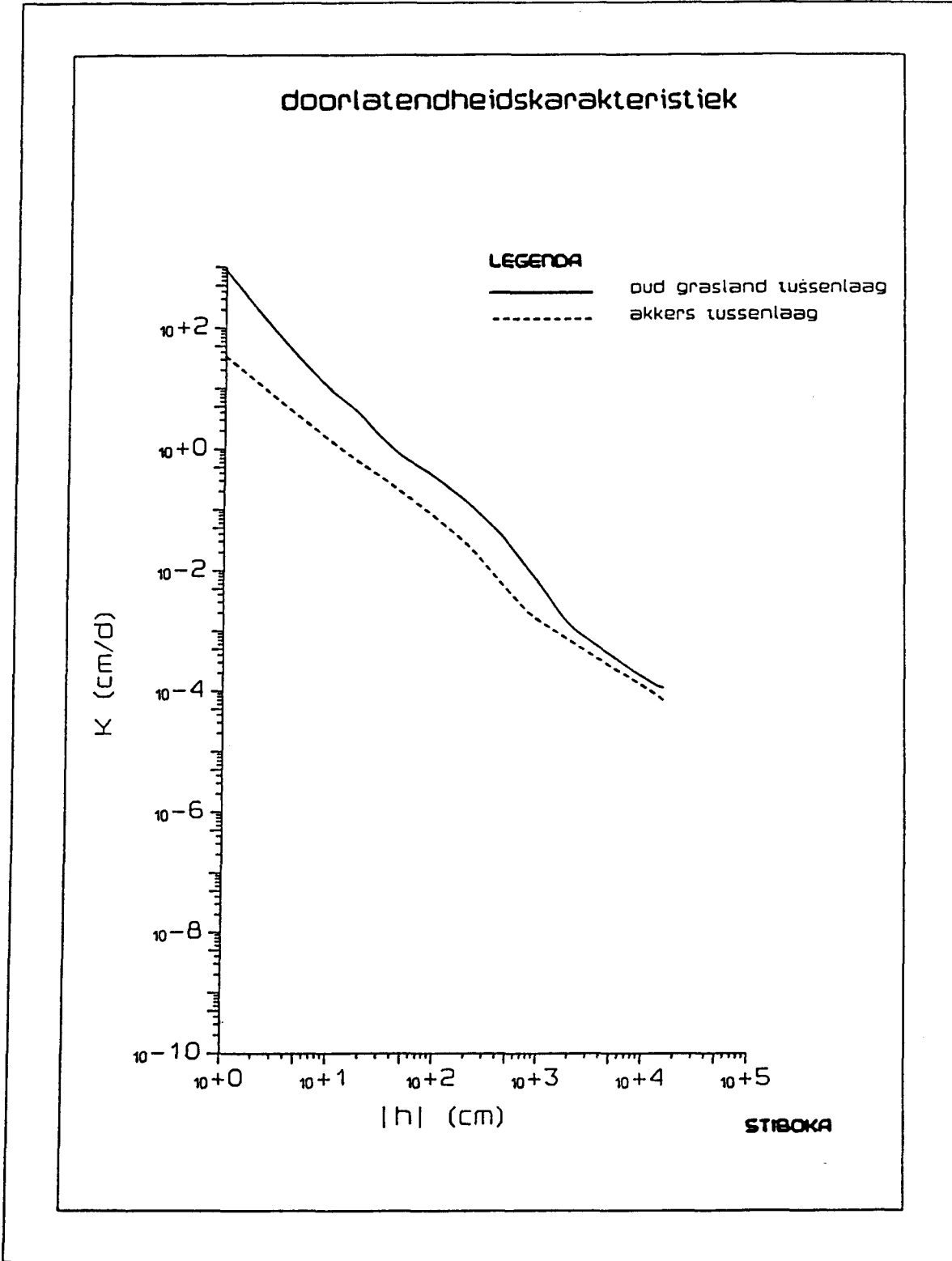


Fig. 7. Doorlaatkarakteristiek tussenlaag akkers en oud grasland

In figuur 8 geef ik de waterretentiekarakteristieken voor de tussenlaag. Daarin staat het geometrisch gemiddelde van de akkers en die van het oude grasland. De hier weergegeven grafiek van het oude grasland is identiek met de in figuur 6 gegeven waterretentiekarakteristiek.

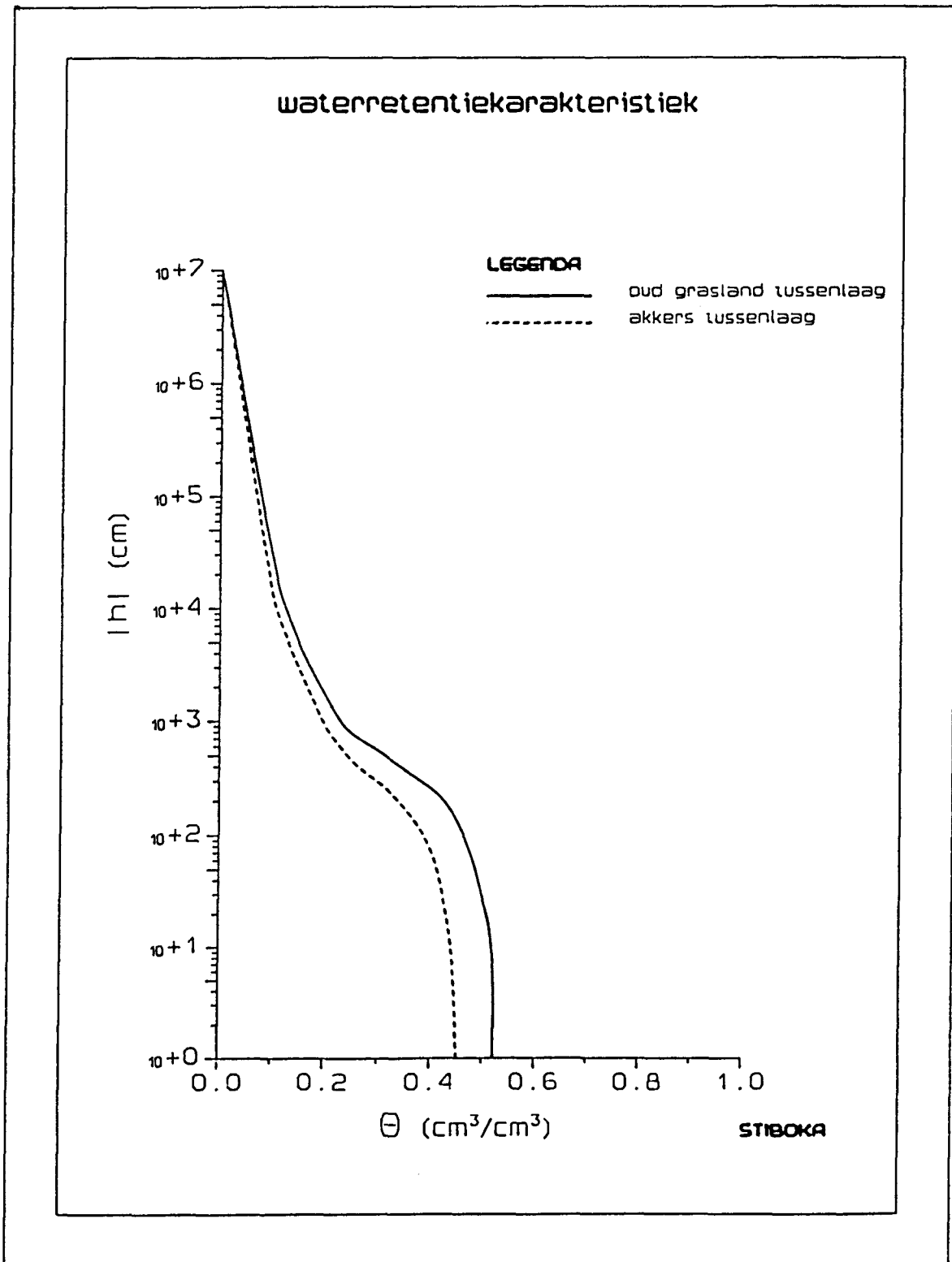


Fig. 8. Waterretentiekarakteristiek tussenlaag akkers en oud grasland

In tabel 7 zijn van deze karakteristieken bij een reeks van 13 drukhoogten de doorlatendheid en de volumefractie vocht weergegeven. De hier gegeven voorlopige waarden kunnen in de diverse modellen gebruikt worden.

Tabel 7 Doorlatendheid (K, cm/dag) en volumefractie vocht (θ , in %) bij dertien pF-waarden, respectievelijk drukhoogte (h) van de tussenlaag van oud grasland en het gemiddelde van de akkers.

TUSSENLAAG

pF	h (cm)	oud grasland		akkers	
		K	θ	K	θ
0	0	866.23	52,1	33.74	45,1
1.0	10	9.57	51,7	1.38	43,9
1.3	31	3.43	50,7	0.56	43,0
1.5	50	1.49	49,6	0.33	42,2
1.7	75	0.72	48,5	0.18	41,2
2.0	100	3.3E-1	46,2	7.3E-2	38,6
2.4	250	9.4E-2	40,4	1.8E-2	31,7
2.7	500	2.8E-2	31,2	4.7E-3	24,2
3.0	1000	6.3E-3	23,0	1.5E-3	19,7
3.4	2500	9.2E-4	18,2	5.4E-4	15,8
3.7	5000	3.9E-4	15,1	2.5E-4	13,1
4.0	10000	1.7E-4	12,6	1.2E-4	10,7
4.2	16000	1.1E-4	11,2	6.7E-5	9,7

In de kolommen die we in het laboratorium doorgemeten hebben, is veel interne slomp te constateren. Aan slijpplaten van monsters die in het veld genomen zijn en aan slijpplaten van de kolommen nadat de metingen in het laboratorium uitgevoerd zijn, zal onderzoek verricht worden in welke mate de slomp in de kolommen opgetreden is voor of na de bemonstering.

4.3 Toekomstig onderzoek

Bij het bodemfysische onderzoek blijkt dat er tussen de diverse landbouwsystemen verschillen geconstateerd kunnen worden. De voor-geschiedenis van de akkers (A-, B- en C-strook) respectievelijk de wisselweide, de kunstmestakker en de klaverweide en het oude grasland gebruik hebben verschillen veroorzaakt. Deze landbouw-systemen zijn gedurende lange tijd op deze bodem toegepast. De verschillen blijken onder andere uit het bodemstructuuronderzoek in 1985 en de micromorfologie (zie verslag Kooistra, 1988). De nu geconstateerde verschillen moeten voor een belangrijk deel aan deze voorgeschiedenis toegeschreven worden.

Echter, in de karakteristieken van diverse akkers (bv 12C en 16B) zijn al wijzigingen aan te geven die veroorzaakt zijn door het toepassen van de verschillende akkerbouwsystemen zoals ze in het project bodemecosystemen toegepast worden.

De resultaten zijn gebaseerd op een wisselend aantal metingen. Aanvullend onderzoek zal de nu aangetroffen trends moeten bevestigen. Dit zal op de akkers 12B (2x), 16A (2x), 16B (3x) en het oude grasland (3x) voor de bovengrond en op het oude grasland voor de tussenlaag nog uitgevoerd worden. Met de resultaten van dit aanvullend onderzoek kunnen we de karakteristieken vaststellen waarmee we de eerste jaren in de modelberekeningen kunnen rekenen. Voor sommige akkers zal na enige jaren weer een bijstelling van de bodemfysische karakteristieken nodig zijn bijvoorbeeld voor de akkers 12C en 16B waar een relatieve grote omschakeling van akkerbouwsystemen heeft plaatsgevonden. Op andere akkers, bijvoorbeeld 12B en 16A, heeft geen of slechts een geringe omschakeling van akkerbouwsysteem plaatsgevonden en zal geen of slechts een kleine bijstelling noodzakelijk zijn. Nadat de geïntegreerde akkerbouwsystemen in het project bodemecosystemen enige jaren zijn toegepast, zal een nieuwe serie bemonsteringen en metingen de uiteindelijke effecten op de bodemfysische karakteristieken vast moeten leggen.

LITERATUUR

- Jongerius, A., 1972. Morfologische aspecten van structuurverval onder invloed van de landbouwcultuur. De bodemkunde in de moderne land- en tuinbouw. 28ste B-leergang (25-28 april 1972): pp.180-214. Stiboka overdruk 105.
- Van Lanen, H.A.J., M.H. Bannink and J. Bouma, 1987. Use of simulation to assess the effects of different tillage practices on land qualities of a sandy loam soil. Soil and Tillage Research 10, 4: 347-361.
- Kooistra, M.J., J. Bouma and O.H. Boersma, 1986. Soil structure differences as a function of tillage practices. Transactions of the 13th Congress of the International Society of Soil Science, Hamburg, 13-30 July, 1986. ISSS, Hamburg, 4, pp.1366-1367.
- Kooistra, M.J., J. Bouma, O.H. Boersma and A. Jager, 1985. Soil-structure differences and associated physical properties of some loamy Typic Fluvaquents in The Netherlands. Geoderma, 36: 215-228.
- Verlinden, H.L. en J. Bouma, 1983. Fysische bodemonderzoeksmethoden voor de onverzadigde zone. VOMIL rapport nr. BO 22. Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieuhygiëne, 's-Gravenhage. 199 p.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink, J.J. de Gruyter and J. bouma, 1986. A procedure to identify different groups of hydraulic-conductivity and moisture-retention curves for soil horizons. Journal of Hydrology, 86: 133-145.
- Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. STIBOKA rapport nr. 1932, Stichting voor Bodemkartering, Wageningen, 75 p.
- Wösten, J.H.M. en E.C. Vos, 1988 (in press). Identification of different groups of soil-fysical characteristics for a sandy clay loam soil as effect of different soil tillage practices.