

NN31545.0598

WATERHUISHOUDING IN RELATIE TOT DE
MENGINGSINTENSITEIT VAN ZAND EN VEEN

J. Beuving

BIBLIOTHEEK
STATIONSBUILDING

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemid-
delen, dus geen officiële publikaties.

Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een
eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende
discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen
de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek
nog niet is afgesloten.

Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut
in aanmerking.

279-736

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1..
2. DE UITGANGSTOESTAND	1
2.1. Het bodemprofiel	1
2.2. De ontwatering	2
3. MAATREGELEN TOT VERBETERING	4
3.1. Doel van de ingreep	4
3.2. Uitvoering	5
3.3. Nieuwe profielen	7
4. WATERHUISHOUDING	16
4.1. Grondwaterstanden	16
4.2. Bepaling van de waterdoorlatendheid	21
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE	30
LITERATUUR	33

I N H O U D

	Blz.
1. INLEIDING	1..
2. DE UITGANGSTOESTAND	1
2.1. Het bodemprofiel	1
2.2. De ontwatering	2
3. MAATREGELEN TOT VERBETERING	4
3.1. Doel van de ingreep	4
3.2. Uitvoering	5
3.3. Nieuwe profielen	7
4. WATERHUISHOUDING	16
4.1. Grondwaterstanden	16
4.2. Bepaling van de waterdoorlatendheid	21
5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE	30
LITERATUUR	33

1. INLEIDING

Het probleem wateroverlast met als gevolg niet tijdig kunnen bewerken en een latere gewasontwikkeling in het voorjaar doet zich voor op alle grondsoorten met storende lagen in het bodemprofiel. Deze lagen zijn vaak de oorzaak dat een drainage voor detailontwatering niet met succes kan worden toegepast. Bevinden deze storende lagen zich binnen het bereik van de moderne grondverbeteringsmachines dan is het in principe mogelijk door profielwijziging hier verbeteringen in aan te brengen. Het resultaat van een dergelijke bewerking wordt door de aard van het voorkomende materiaal en door de aard van de te gebruiken machine bepaald.

In nota 466 werd een probleem en een advies ter verbetering van de ontwateringsmogelijkheden behandeld. Het betrof één van de vele petgaten, voorkomende in Nederland, ontstaan door wilde vervening. Door een samenloop van omstandigheden werd het gegeven advies niet geheel opgevolgd. Het gevolg hiervan was dat zowel de mengrotor als de mengwoeler op dezelfde kavel voor hetzelfde doel werden ingezet. Het resultaat leende zich bijzonder om deze beide bewerkingen met elkaar te vergelijken.

2. DE UITGANGSTOESTAND

2.1. H e t b o d e m p r o f i e l

Door de lagere terreinligging werd dit reeds in cultuur gebrachte petgat in ruilverkavelingsverband volgespoten met zand. Het profiel bestond nadien uit 0,35 m spuitzand, 0,10 m oude bouwvoor, waaronder zwart veen overgaand in bruin veen tot 1,20 m. Beneden de diepte van 1,20 m kwam een zogenaamde meerbodem voor.

Het spuitzand is leemarm, matig fijn en vrijwel humusloos. Van dit

zand kan weinig verwacht worden met betrekking tot de vochtvoorziening voor het gewas, gezien de geringe hoeveelheid beschikbaar vocht die dergelijk zand kan bevatten. Bovendien heeft de geringe hoeveelheid humus een grote dichtheid tot gevolg (poriënvolume < 40 %), zodat beworteling van enige betekenis onmogelijk is.

De oude bouwvoor heeft dezelfde granulaire samenstelling als het spuitzand. Het grote verschil is het relatief hoge humusgehalte van 8 %; hierdoor wordt een blijvend hoger poriënvolume en een grotere stabiliteit verkregen.

De meerbodem bestaat uit sterk lemig uiterst fijn zand tot leem. Vermenging met bovenliggende lagen mag niet plaatsvinden; in dat geval zijn er onoverkomelijke moeilijkheden voor de ontwatering te verwachten.

Het zwarte en het bruine veen heeft een pH-KCL van 3,0 - 3,5. Dit vormt een chemische belemmering voor de beworteling van landbouwgewassen. Het hierin aanwezige vocht wordt niet voor de planten ontsloten indien zou worden volstaan met bewortelbaar maken van het spuitzand.

Alle horizonten zijn zeer slecht doorlatend of nagenoeg ondoorlatend voor water, met uitzondering van het spuitzand. Ook dit laatste heeft door de homogene korrelgrootte en het lage poriënvolume een doorlaatfactor welke voor een dergelijk steriel zand laag te noemen is, namelijk 1,3 m/etmaal.

2.2. De ontwatering

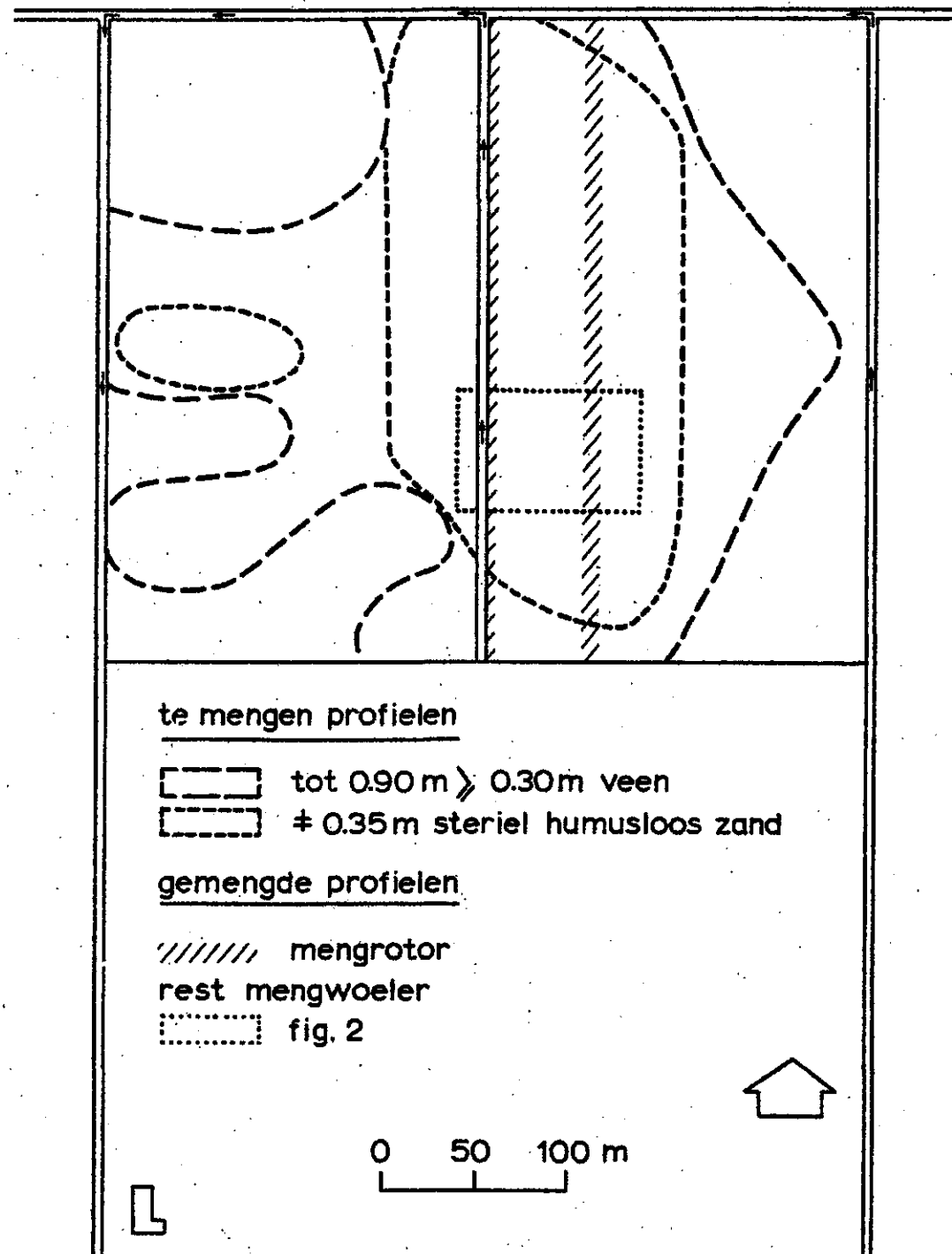
De ontwatering vindt plaats via een hoofdwaterlossing welke tevens als kavelsloot fungeert. Een extra gegraven sloot in lengterichting midden door het achterste deel van de kavel gaat door het laagste gedeelte van het petgat. Door deze wijze van indelen zijn er twee percelen elk van 200 m breed en 300 m lang ontstaan.

Er was een drainage in het veen aangebracht met een onderlinge afstand tussen de drainreeksen van 30 m en een drainlengte van 200 m, uitmondend op twee sloten. De grootste problemen van wateroverlast deden zich voor langs de middensloot waar zich het petgat bevond (fig. 1).

Aan de hand van metingen in de vorm van grondwaterstandswaarnemingen en drainafvoeren kon worden vastgesteld dat deze drainage en de extra

fig.1

Overzicht van de kavel, het bodemprofiel in de uitgangstoestand, de ontwateringsmogelijkheden en de nieuwe profielen.



gegraven middensloot bij lange na niet voldoende waren voor een goede detailontwatering. Bij dezelfde draindiepte zouden deze drains op ruwweg 2,5 m afstand van elkaar moeten liggen als er geen extra maatregelen voor de verbetering van de doorlatendheid zouden worden getroffen.

3. MAATREGELEN TOT VERBETERING

3.1. Doel van de ingreep

De verbeteringsmaatregelen voor dit object moeten gericht zijn op verbetering van de ontwatering bij veel neerslag en een betere vochtvoorziening van het gewas in drogere perioden.

Een betere vochtvoorziening is alleen te verkrijgen door een grotere vochtreserve voor het gewas te ontsluiten. Hiervoor is het noodzakelijk dat het spuitzand wordt gemengd met profielhorizonten welke hieraan kunnen bijdragen, in dit geval het humeuze zand en het veen. Deze mechanische bestrijding van de chemische wortelgroei-belemmering geeft goede resultaten dank zij de menging van bodemlagen met relatief hoge en lage pH. Bovendien wordt het spuitzand gestabiliseerd door het humusrijke materiaal hetgeen inzakken voorkomt (WIND, 1969).

De meerbodem werkt als een min of meer afsluitende laag in het profiel. Reeds eerder is opgemerkt dat deze onder geen enkele voorwaarde mag worden vermengd met bovenliggende horizonten, in het bijzonder het veen. Vermenging van humusrijk en sterk leemhoudend materiaal heeft door haar instabiliteit een sterk verdichtend effect op de kleinere watervoerende poriën. Die horizont vormt dus enerzijds een beperking voor een profielwijziging ten aanzien van de diepte, anderzijds is de aanwezigheid van een ondoorlatende laag in dit profiel gewenst. Na veel neerslag in de winterperiode komt het diepe grondwaterniveau zo hoog dat er zich kwel voor zou doen indien er geen sterk storende laag in het profiel zou bevinden. De ondoorlatendheid beneden de bewerkingsdiepte maakt het mogelijk en noodzakelijk dat de detailontwatering kan en moet plaatshebben met behulp van drainreeksen.

De drainafstand wordt door de doorlatendheid van het profiel zowel boven als beneden drainniveau bepaald. Bevinden zich slecht doorlatende lagen in het profiel dan wordt de drain hierop gelegd. Draineren op een

diepte van 0,40 m is door het kleine waterbergend vermogen, de vorstgevoeligheid en de geringe drainafstand niet mogelijk. Door het nagevoeg ondoorlatende veen intensief te breken of te vermengen met het spuitzand wordt er een dikker watervoerend pakket verkregen. Anderzijds kan de bewerkingsdiepte niet naar willekeur gekozen worden wegens het risico van een te humeuze bovengrond. In feite is de laagdikte van het spuitzand bepalend voor de aan te houden bewerkingsdiepte omdat er geen zand uit de ondergrond naar boven kan worden gehaald.

Het meer of minder behoudend mengen van de te gebruiken machine kan hierop eveneens nog van enige invloed zijn.

3.2. U i t v o e r i n g

De uitvoering was bedoeld als praktijkobject. Hiervoor werd als advies gegeven: mengwoelen onder uiterst droge omstandigheden tot een diepte van 0,90 m dat wil zeggen 0,35 m spuitzand, 0,10 humeus zand en 0,45 m veen. Direct na mengwoelen een drainage met plastic buizen en turfmoilm omhulling aanbrengen op de ondoorlatende ondergrond. In gemengde toestand zou dan na enige oxydatie van het veen een toplaag met een organische stofgehalte van $\pm 8\%$ ontstaan.

Aan de uitvoering van de verbeteringsmaatregelen werd op 19 september 1968 begonnen. Aanvankelijk kon onder vrij gunstige omstandigheden worden gewerkt. Het werk werd sterk vertraagd door verschil van mening over de mogelijkheden van verschillende mengmethodes. Eerst werd de mengrotor ingezet, deze werd later vervangen door de mengwoeler.

Naarmate de tijd vorderde begon het er naar uit te zien dat de drainage door de overvloedige regenval niet of onder ongunstige omstandigheden zou moeten worden gelegd. Het weer onderging tijdig een verbetering zodat op 15 oktober een begin kon worden gemaakt met de aanleg van de drainage.

3.2.1. Mengrotor

De bij het object betrokken cultuurmaatschappij voelde er weinig voor de mengwoeler te organiseren voor 13 ha, terwijl de mengrotor in de directe omgeving werkte. Ondanks de bezwaren van een mogelijk te fijne menging en het in het profiel aanwezige kienhout werd deze machine ingezet.

Op 25 september werd begonnen aan profielmenging met de mengrotor gemonteerd aan een wiettrekker. De roterende frees wordt hierbij aangedreven via de aftak-as van de trekker. Wanneer de frees vastliep op het kienhout moest deze worden uitgeschakeld om stuk draaien te voorkomen. In dat geval slipten echter de wielen van de trekker zodat de gehele combinatie zichzelf vastdraaide.

De gevolgen van het vastlopen op het kienhout bleven niet uit. Na twee werkdagen waren de messen van de mengrotor zodanig beschadigd, dat het werk werd gestopt. De bewerkte oppervlakte betrof 0,30 ha in twee stroken, gelegen aan- en op 50 m afstand van de middensloot ter breedte van respectievelijk 3 en 7 m.

3.2.2. Mengwoeler

Na het uitvallen van de mengrotor moest de mengwoeler alsnog worden aangevoerd. Deze veel robuustere machine werd op 7 oktober ingezet.

De trekkracht werd geleverd door twee Caterpillars D7, voldoende om met een snelheid van 6 à 7 km/uur de grond te mengen tot de voorgestelde diepte van 0,90 m. Het kienhout vormde hierbij geen enkel probleem. Dit werd door de machine aan de oppervlakte getrokken of bleef in de gemengde grond achter. Van enig oponthoud was dan ook geen sprake; na drie dagen mengwoelen was de 13 ha geheel bewerkt. Het maaiveld was na mengwoelen in tegenstelling tot het werk van de mengrotor woest en onegaal. Voordat de drainage kon worden aangebracht moest dit worden geëgaliseerd. Onnodige verdichting van het nieuwe profiel werd voorkomen door het niet intensief te gaan berijden met zwaar materiaal, maar het enigszins vlak te slepen met een eg verzaard met balken.

3.2.3. Drainage

Het voorgestelde drainage advies werd opgevolgd. Er werd gedraïneerd dwars op de bewerkingsrichting; de drains werden, uitmondend op twee sloten, op een onderlinge afstand van 10 m en een diepte van 0,85 m gelegd bij een drainlengte van 100 m. Deze drainage op de slappe veenondergrond bestond uit plastic drains \emptyset 5 cm, met een turfmoelm omhulling.

Aanvankelijk deden zich moeilijkheden voor met het aanbrengen van de turfmoelm op de drain. Zodra de sleufgeleider geen steun meer aan de losgewoelde grond gaf stortte de wand van de drainsleuf in. Het was niet

mogelijk in die korte tijd turfmoalm op de drain te gooien. Door extra lange platen aan de sleufgeleider te monteren kon dit probleem worden opgelost.

In de week van 14 tot 19 oktober kwam de drainage gereed zodat met de bekalking en de grondbewerking kon worden begonnen. Daarna werden de percelen ingezaaid met rogge als grondbedekking.

3.3. N i e u w e p r o f i e l e n

Door de beide bewerkingen zijn dus, uitgaande van eenzelfde oorspronkelijk profiel, twee nieuwe profielen ontstaan. Deze bevatten beide de componenten van de uitgangstoestand in dezelfde hoeveelheden, maar zijn toch verschillend als gevolg van verschillen in mengingsintensiteit en het meer of minder behoudend mengen van de horizonten door de verschillende machines.

Een beoordeling van het resultaat van deze verschillende mengmethoden kan langs visuele weg geschieden, doch leidt dan slechts tot een graduele beoordeling zonder dat verschillen in een getal tot uitdrukking kunnen worden gebracht. Een mengsel van gelijke hoeveelheden zand en veen, intensief gemengd zoals bijvoorbeeld gebeurt met de mengrotor, wekt bij visuele beoordeling namelijk de indruk dat het geheel bestaat uit veen waarin slechts een zeer geringe bijmenging van zand heeft plaatsgevonden.

Een juiste beoordeling van het bereikte resultaat kan dan ook slechts worden verkregen aan de hand van bemonsteringsgegevens. Zoals beschreven door DE HAAN (1971) kan op deze wijze de brokgrootte worden bepaald en daardoor een maat worden gegeven voor de mengingsintensiteit. De resultaten van de uitgebreide bemonsteringen van beide profielwanden worden in de nu volgende paragrafen weergegeven voor zover zij van belang worden geacht voor de waterhuishouding van de twee objecten.

3.3.1. Bemonstering en analyse

In de wand van een profielkuil op het mengrotor- en het mengwoelobject heeft een volumebemonstering met Kopeckyringen plaatsgevonden. Er zijn ringen van halve hoogte voor gebruikt zodat de inhoud hiervan 50 in plaats van 100 cm³ is. Door deze in de profielwand te steken wordt een relatief grote oppervlakte ten opzichte van de laagdikte van

2,5 cm van deze wand bemonsterd. Deze methode van bemonstering geeft, indien uitgevoerd met een groot aantal monsters waarbij de plaats van het monster op de profielwand steeds bekend is, een duidelijk beeld van de profielopbouw na de bewerking.

Per 50 cm² profielwand is een ringmonster genomen. Tot op het ongestoorde veen op 0,80 m diepte en 1,20 m breed zijn dat 192 monsters met een totale oppervlakte van 3840 cm². Er is dus 40 % van de profielwand in de bemonstering opgenomen.

In deze monsters zijn fysische grootheden als gewichtspercentage organische stof en het volumegewicht bepaald. Een dergelijke analyse is eenvoudig en zonder grote fouten uit te voeren, terwijl de grote verschillen in het organische stofgehalte tussen het zand en het veen er zich goed voor lenen.

3.3.2. Het mengend effect

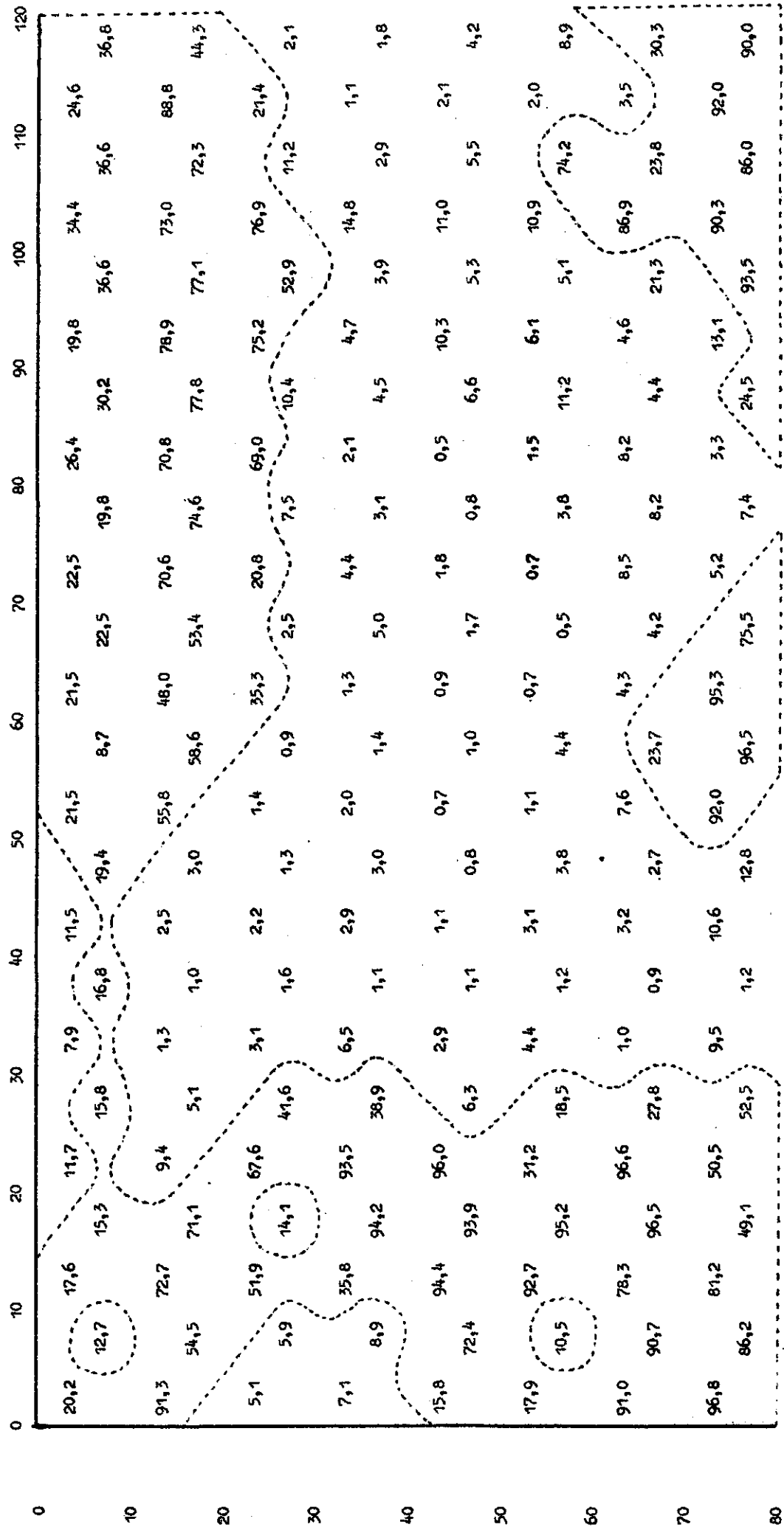
In het voorgaande is vermeld dat het profiel tot de bewerkingsdiepte in uitgangstoestand bestond uit 0,35 m spuitzand, 0,10 m humeus zand en 0,45 m veen. Het gemiddelde volumegewicht aan de hand van meerdere bemonsteringen van deze drie horizonten is respectievelijk 1,61 -, 1,24 - en 0,16 gr./cm³. De bijbehorende gewichtspercentages organische stof 1,0 -, 8,3 - en 91,9 %.

De verdeling van de organische stof in gewichtspercentages en het gewicht aan vaste bestanddelen in gr./cm³ (volumegewicht) staan vermeld in tabel 1 en 2. Bij de bemonstering van de nieuwe profielen zijn de vaste bestanddelen van de drie horizonten geheel teruggevonden. De mengingsintensiteit is sterk verschillend. Door menging met de mengrotor is er een humeus profiel ontstaan waarvan het organische stofgehalte met de diepte enigszins toeneemt; het mengsel doet denken aan potgrond. Bij het mengwoelen is zand van bovenaf tot de bewerkingsdiepte in grote brokken tussen het veen gedrongen. Het nieuwe profiel bevat grote brokken zand en grote brokken veen.

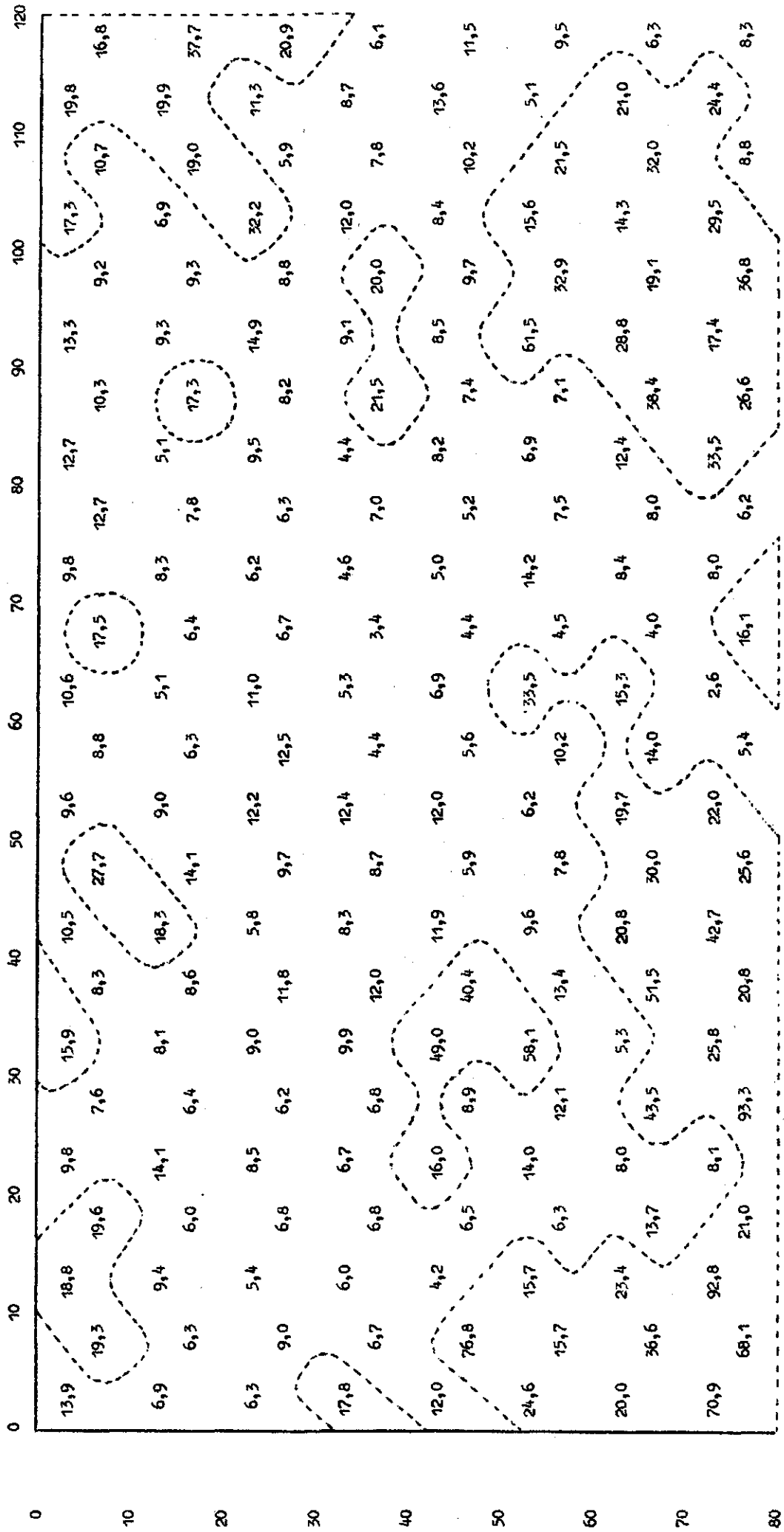
3.3.3. Poriënvolume

In de uitgangstoestand was het poriënvolume voor spuitzand, humeus zand en veen respectievelijk 39,3 - 51,1 - en 87,6 %. Deze horizonten zijn niet met de mengsels te vergelijken. Bovendien bleek bij de bemonstering in juni 1970 de bewerkingsdiepte van 0,90 m visueel beoor-

Tabel 1A. De verdeling van de organische stof in gewichtspercentages in een profielwand na bewerking met de mengwoiler \diamond volgens indeling Stiboka veen \rangle 15 % organische stof



Tabel 1B. De verdeling van de organische stof in gewichtpercentages in een profielwand na bewerking met de mengrotor \diamond volgens indeling Stiboka veen $> 15\%$ organische stof



Tabel 2A. De verdeling van de vaste bestanddelen in gr/cm^3 (volumegewicht) in een profielwand na bewerking met de mengvoeler

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	0,70	0,86	1,00	1,23	0,98	0,69	0,74	0,72	0,65	0,82	0,50	0,67	
10	0,92	0,89	0,89	0,92	0,77	1,11	0,73	0,80	0,57	0,48	0,51	0,44	
20	0,24	0,27	0,99	1,53	1,43	0,22	0,44	0,30	0,25	0,25	0,28	0,25	0,42
30	0,34	0,26	0,26	1,19	1,33	0,25	0,38	0,27	0,24	0,24	0,24	0,24	0,42
40	1,29	0,32	0,30	1,29	1,41	1,41	0,32	0,72	0,26	0,24	0,24	0,64	1,46
50	1,29	0,88	0,88	0,38	1,44	1,51	1,46	1,24	1,01	0,31	0,91	0,91	1,46
60	1,25	0,59	0,21	1,15	1,53	1,68	1,53	1,43	1,45	1,42	0,79	1,50	1,49
70	1,15	0,20	0,20	0,25	1,45	1,57	1,39	1,50	1,50	1,47	1,45	1,31	1,49
80	0,93	0,15	0,16	1,42	1,54	1,47	1,50	1,49	1,60	1,10	1,04	1,48	1,46
90	0,79	0,17	0,17	1,10	1,56	1,56	1,49	1,52	1,52	1,24	1,46	1,25	1,46
100	0,68	0,11	0,43	1,31	1,49	1,54	1,56	1,56	1,50	1,09	1,08	1,60	1,31
110	0,68	0,18	0,18	0,73	1,56	1,61	1,58	1,59	1,59	1,35	1,35	0,26	1,31
120	0,13	0,17	0,17	1,55	1,50	1,22	1,43	1,32	1,24	1,46	0,25	1,53	0,64
130	0,10	0,17	0,17	0,55	1,64	1,40	1,44	1,26	1,26	1,37	0,74	0,47	0,64
140	0,11	0,22	0,38	1,04	1,24	0,21	0,15	1,38	1,45	1,01	0,12	0,19	0,21
150	0,16	0,37	0,36	1,59	0,90	0,15	0,19	0,70	0,51	0,51	0,12	0,19	0,23

Tabel 2B. De verdeling van de vaste bestanddelen in gr/cm^3 (volumegewicht) in een profielwand na bewerking met de mengrotor

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0	1,04	0,91	1,20	0,95	1,15	1,24	1,14	1,17	1,07	1,12	0,94	0,83	
10	0,84	0,88	1,23	1,25	0,71	1,20	0,86	1,22	1,18	1,21	1,09	0,90	
20	1,19	1,16	0,91	1,17	0,74	1,05	1,30	1,42	1,32	1,18	1,09	0,75	
30	1,28	1,28	1,33	1,16	0,90	1,25	1,28	1,23	0,77	1,17	0,76	0,47	
40	1,35	1,41	1,22	1,12	1,25	0,96	0,95	1,33	1,11	0,80	0,49	1,13	
50	1,12	1,23	1,30	0,95	1,14	0,80	1,27	1,34	1,08	1,22	1,35	0,57	
60	0,71	1,34	1,29	1,06	1,19	0,93	1,26	1,43	1,29	1,07	0,78	1,25	
70	1,22	1,34	1,23	0,87	1,15	1,38	1,38	1,39	1,18	0,63	0,55	1,13	1,41
80	0,97	1,49	0,81	0,56	0,94	1,03	1,23	1,37	1,22	0,97	1,15	0,84	
90	0,27	1,35	1,10	0,44	1,35	1,34	1,37	1,37	1,28	1,14	1,01	0,93	
100	0,56	0,86	0,92	0,34	1,06	1,26	0,43	0,87	1,22	0,18	0,58	1,30	
110	0,78	1,31	1,01	0,93	1,17	1,08	1,32	1,32	1,15	1,20	0,30	0,44	1,10
120	0,69	0,61	1,15	0,90	0,65	0,73	0,66	1,01	0,81	0,51	0,45	0,56	
130	0,41	0,93	0,37	0,31	0,46	0,65	1,31	1,04	0,32	0,62	0,32	1,24	
140	0,26	0,15	1,11	0,54	0,33	0,67	1,50	1,02	0,30	0,39	0,36	0,70	
150	0,23	0,57	0,49	0,59	0,52	1,28	0,69	1,07	0,43	0,27	0,81	1,05	

deeld gereduceerd te zijn tot 0,80 m. Van het profiel in de uitgangstoestand werd het gemiddelde poriënvolume berekend door tot aan de bewerkingsdiepte van 0,90 m de drie horizonten in de volumeverhouding 35:10:45 in beschouwing te nemen. Op deze wijze kan de uitgangstoestand worden vergeleken met de beide nieuwe profielen. In tabel 3 staan de benodigde gegevens en de verkregen resultaten vermeld.

Tabel 3. Gegevens nodig om te komen tot het gemiddelde poriënvolume en de \int poriën in cm van het profiel in de uitgangstoestand, het mengrotorprofiel en het mengwoelprofiel

	Uitgangs- toestand	Mengrotor	Mengwoeler
Volumegewicht gr/cm^3	0,84	0,96	0,92
Profiel diepte in m	0,90	0,80	0,80
Profiel diepte x vol. gewicht	0,756	0,767	0,733
% organische stof	10,8	11,3	12,2
Poriënvolume in %	65,7	60,6	62,2
\int poriën in cm	59,1	48,5	49,8

De uitkomst bewerkingsdiepte x volumegewicht is voor de drie profielen nagenoeg gelijk, terwijl het organische stofgehalte van de mengprofielen nog iets hoger is dan in de uitgangstoestand. Hieruit mag worden geconcludeerd dat de bemonsteringsdiepte van 0,80 m minstens het gehele uitgangsprofiel van 0,90 m betreft. Er heeft geen oxydatie plaatsgevonden, de zakking van het maaiveld moet worden toegeschreven aan krimp door vochtonttrekking aan het veen.

In tabellen 4A en 4B is de poriënverdeling van de bemonsterde profielwanden in volumeprocenten gegeven. Naarmate het organische stofgehalte hoger is, is de waarde van het poriënvolume ook hoger. Het mengrotorprofiel is intensiever gemengd dan het mengwoelprofiel. In de eerst genoemde komen geen extreem hoge en lage waarden naast elkaar voor. Na mengwoelen zitten tussen het spuitzand grote brokken veen in het profiel. Dit komt tot uitdrukking in het voorkomen van grote aaneengesloten stukken met erg hoge en erg lage poriënvolumina (b.v. 40 % en 90 %). Het spuitzand is echter voldoende gebroken om

Tabel 4A. De porienverdeling in volume percentages in een profielwand na bewerking met de mengrooler

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0-5	69,5	63,2	58,7	51,0	59,8	69,7	67,1	67,9	70,5	64,4	75,8	69,9	
5-10	61,7	62,4	60,9	62,1	66,4	55,5	67,6	73,2	65,2	76,6	74,9	78,6	
10-15	84,5	83,9	60,1	42,0	45,3	88,1	76,8	82,1	85,0	84,4	83,2	84,1	
15-20	81,6	84,4	84,4	53,5	41,9	48,7	86,0	79,7	83,9	85,2	85,1	86,0	78,8
20-25	49,3	82,9	82,8	42,4	46,0	46,6	84,4	68,6	84,5	85,3	85,6	68,5	
25-30	49,2	63,3	80,8	43,2	45,3	42,7	44,2	44,2	50,4	59,0	89,3	62,6	44,2
30-35	50,3	71,6	86,4	54,6	41,3	35,8	41,8	44,3	44,4	44,7	66,6	43,0	
35-40	53,9	86,7	87,7	43,1	44,2	44,2	40,5	45,7	42,0	42,7	43,7	49,6	43,1
40-45	60,8	89,9	89,2	45,4	41,3	44,5	43,1	43,1	39,7	55,3	57,5	43,3	
45-50	88,9	88,9	56,6	41,5	41,1	41,1	41,0	43,1	42,5	50,8	42,8	50,7	43,1
50-55	69,5	92,5	79,6	49,5	42,7	41,6	41,0	41,2	42,8	49,6	55,7	38,9	
55-60	72,1	88,1	68,4	40,8	37,5	40,4	40,4	40,3	38,4	55,5	47,1	84,4	47,4
60-65	91,6	89,3	88,8	41,4	41,9	51,3	44,5	46,9	50,2	43,0	84,2	40,4	
65-70	93,8	88,4	74,8	38,0	46,4	66,6	66,6	43,8	49,4	46,5	67,2	78,7	70,2
70-75	92,6	86,5	80,8	57,9	45,7	86,0	89,6	46,1	44,0	58,0	91,5	86,5	
75-80	89,7	80,5	80,9	39,5	62,5	87,8	88,1	88,1	72,2	77,2	92,4	88,7	84,9

Tabel 4B. De porieënverdeling in volume procentages in een profielwand na bewerking met de mengrobor

	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
0-5	56,4	60,7	51,2	59,9	53,0	49,6	53,6	52,6	55,6	53,5	59,6	63,8	
5-10	63,5	61,6	61,6	50,8	49,7	67,3	51,5	63,2	49,5	52,1	51,1	55,4	61,4
10-15	52,7	53,0	61,7	52,9	68,2	57,6	49,2	43,1	48,2	52,2	56,7	67,2	
15-20	49,3	49,5	49,5	47,3	53,4	62,1	50,7	49,5	50,9	66,9	52,6	67,2	77,0
20-25	46,4	44,7	50,9	55,0	50,6	60,3	61,0	47,4	55,0	66,1	76,7	53,5	
25-30	54,7	51,1	51,1	48,7	61,0	53,7	67,0	49,5	46,9	56,8	50,7	46,9	74,7
30-35	69,4	47,4	48,8	57,0	52,1	61,6	50,4	44,4	49,7	56,8	67,8	49,8	
35-40	51,4	47,0	47,0	51,3	64,1	53,9	46,4	46,3	53,0	72,1	75,7	54,8	44,2
40-45	60,1	49,8	65,5	81,1	61,5	57,4	51,2	46,2	47,2	60,6	54,0	65,6	
45-50	83,3	46,5	46,5	55,8	77,9	46,9	47,4	46,8	49,7	54,0	53,7	58,8	61,7
50-55	74,7	65,8	61,7	82,2	56,1	50,3	79,2	63,3	51,8	89,9	75,6	49,3	
55-60	67,0	48,2	48,2	58,4	61,1	53,0	56,0	48,7	54,3	52,4	85,6	80,5	55,4
60-65	70,1	72,2	53,9	64,7	71,2	68,2	65,6	59,4	66,7	76,4	80,0	75,5	
65-70	80,0	61,4	61,4	81,1	83,7	78,5	64,6	49,0	58,6	84,5	73,2	84,9	50,1
70-75	58,9	90,1	55,6	75,4	83,3	70,5	42,5	59,3	86,5	83,4	83,0	68,6	
75-80	86,6	74,9	74,9	87,2	74,0	76,4	49,7	70,5	57,9	80,2	86,9	67,4	57,8

beworteling voor landbouwgewassen mogelijk te maken.

Voor de inzaai met gras in het voorjaar 1969 heeft er nauwelijks een oppervlakkige grondbewerking plaatsgevonden. In de langere periode met droogte in 1970 is niet op het spuitzand, echter wel op brokken veen enige droogteschade geconstateerd. Alleen na mengwoelen komen deze horizonten tot nagenoeg aan de oppervlakte in grote brokken naast elkaar voor. Na een goede grondbewerking waarbij het veen met een lage pH en het zand in de bouwvoor intensiever worden gemengd, zullen beide profielen redelijk zo niet goed voldoen voor de vochtvoorziening van het gewas.

4. WATERHULSHOUDING

4.1. G r o n d w a t e r s t a n d e n

In peilbuizen op verschillende afstanden tot drains zijn periodiek grondwaterstanden in de nieuwe profielen gemeten. Bovendien is in de periode van eind maart tot begin mei 1970 met behulp van hydrografen het freatisch niveau midden tussen de drains geregistreerd. De ligging van de peilbuisraaien in beide objecten is schematisch weergegeven in fig. 2. De buizen zijn in het mengwoelobject op 15-, 45- en 62 m en in de mengrotorstrook op 54 m afstand tot de midden sloot geplaatst. De waarnemingen in het mengwoelprofiel zijn nagenoeg gelijk aan elkaar. Bij de verwerking van de gegevens wordt volstaan met de waarnemingen in de minst gunstige situatie betreffende de ontwateringsmogelijkheden, namelijk voorbij de mengrotorstrook op 62 m afstand tot de midden sloot. Dit om uit te laten komen dat een verschil tussen beide objecten ten gunste van het mengwoelobject in elk geval niet aan slootinvloed toegeschreven moet worden.

De buizen die periodiek zijn opgenomen stonden direct naast de drain en op 1-, 3- en 5 m afstand tot de drain; de drains liggen dwars op de bewerkingsrichting. Door de ondoorlatendheid van de ondergrond moeten deze alle overtollige neerslag afvoeren. In fig. 3 zijn drie waarnemingen, opgenomen in maart 1970, grafisch weergegeven. Duidelijk komt hier het verschil in drooglegging van de nieuwe profielen tot uiting. Dit verschil is op 9 maart 20-, op 20 maart 36- en op 25 maart 27 cm ten gunste van mengwoelen. In perioden met regelmatig enige

fig.2

Het gedeelte van het object waarop de profielbeschrijving van de uitgangstoestand de volumebemonstering de grondwaterstandswaarnemingen en de omgekeerde pompproef betrekking heeft.

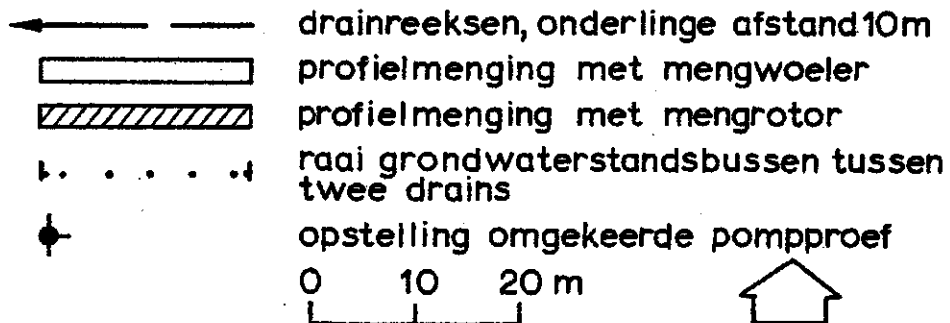
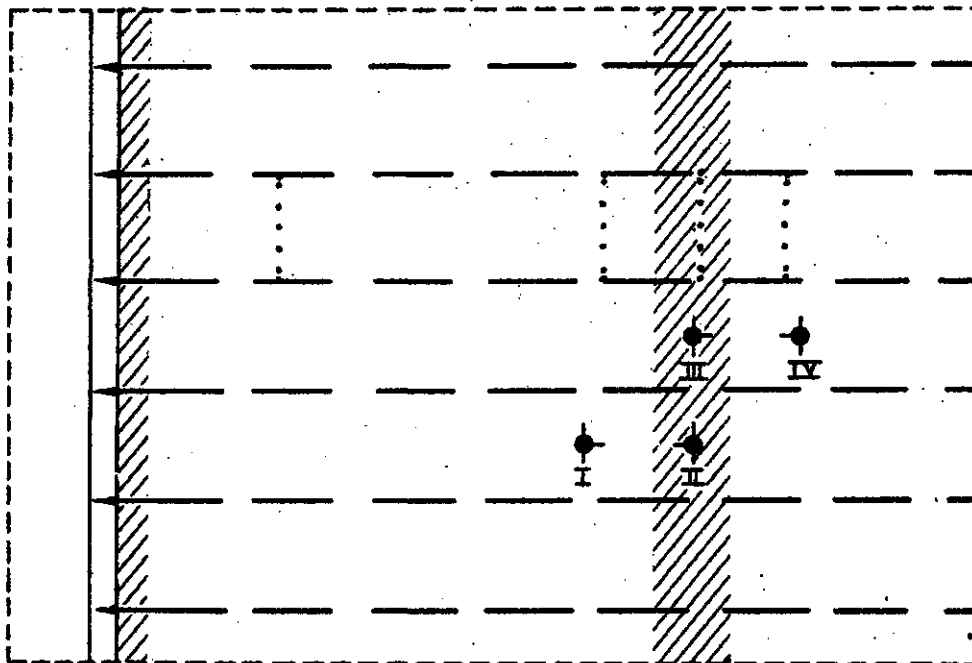


fig. 3

Periodieke grondwaterstandswaarnemingen in maart 1970, in het mengrotorprofiel op 54 en in het mengwoelprofiel op 62 m afstand tot de middensloot

grondwaterstand

m +NAP

30.60

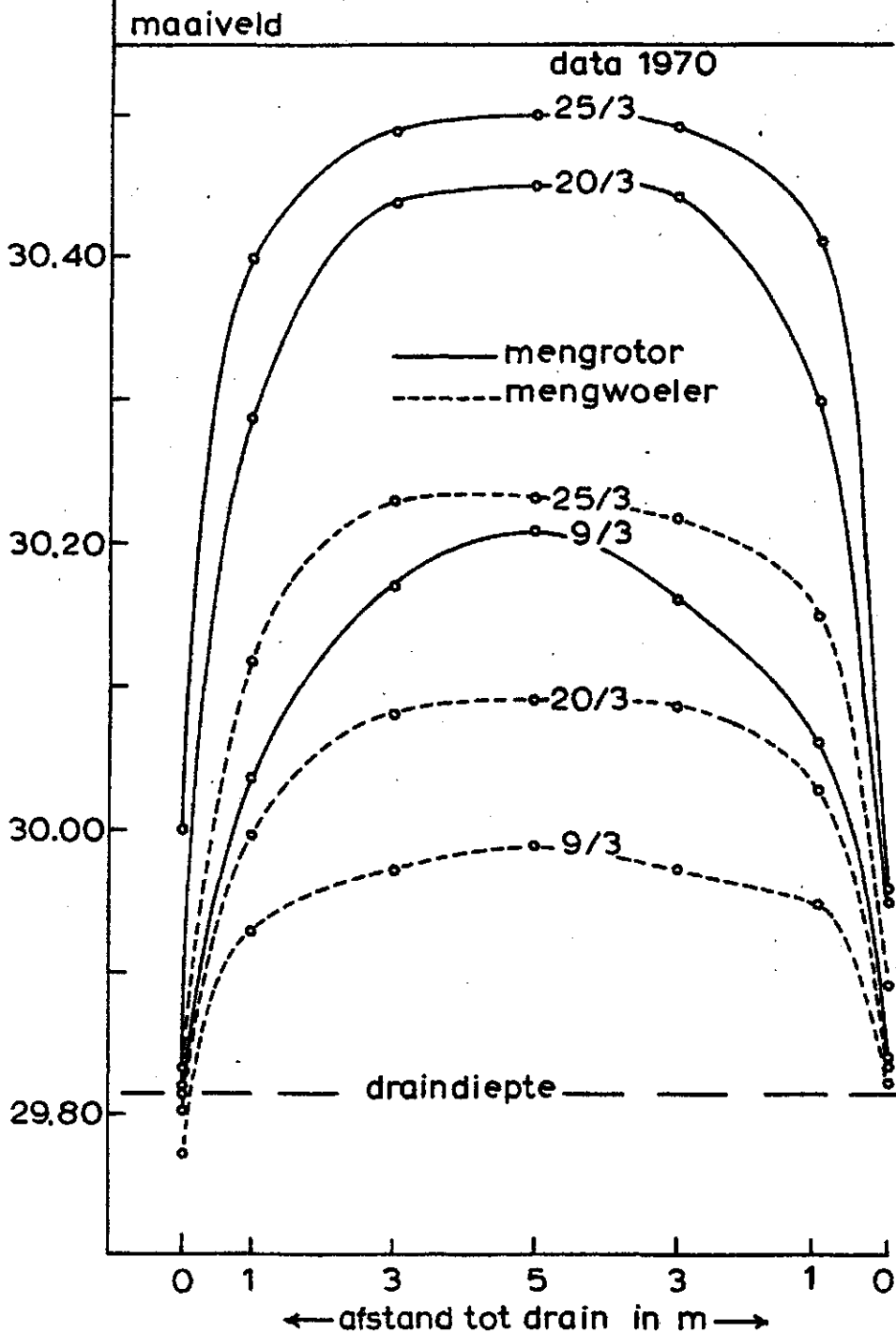
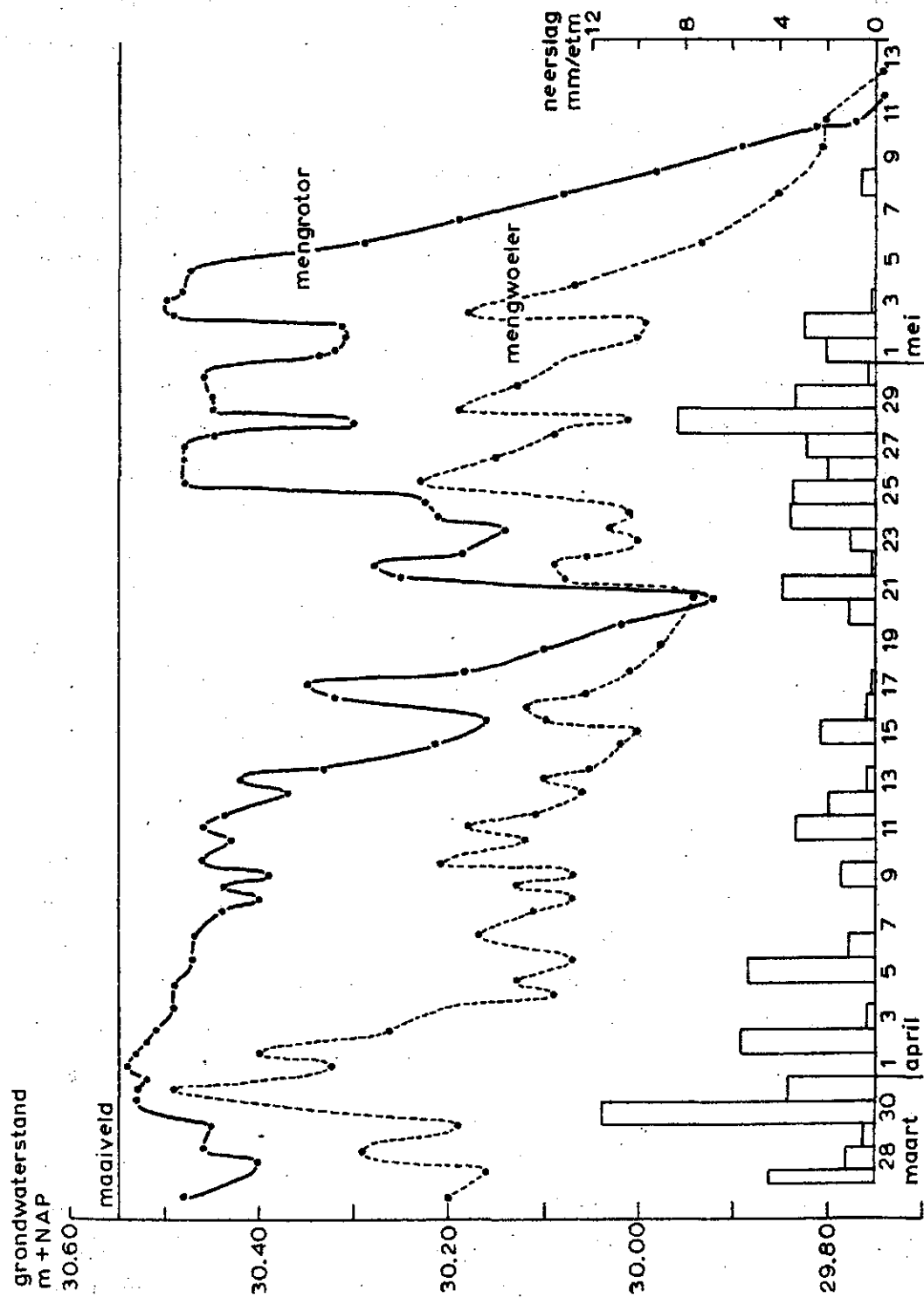


fig. 4

Het verloop van het freatisch niveau midden tussen de drains, zoals waargenomen met behulp van hydrografen, uitgezet tegen de tijd. De neerslag in mm/etmaal, gemeten te IJsselsteijn



neerslag staat het water in de mengrotorstrook met een steile opbolling nagenoeg tot aan maaiveld. In het mengwoelprofiel werd de minimale eis van 0,35 m drooglegging alleen bij langdurig grotere hoeveelheden neerslag voor korte tijd overschreden.

Direct naast de drains wordt in de herfst, winter en voorjaar bij neerslag een waterstand gemeten boven drainniveau in de nieuwe profielen. Dit moet worden toegeschreven aan de wijze van draineren, namelijk op de ondoorlatende ondergrond.

In fig. 4 is het verloop van de grondwaterstand midden tussen de drains, zoals waargenomen met behulp van hydrografen, uitgezet tegen de tijd. Ook de neerslag in mm/etmaal, gemeten te IJsselsteijn, is hierin weergegeven. De grondwaterstand is het gehele voorjaar in de mengrotorstrook duidelijk hoger dan in het mengwoelobject. Door de regelmatigheid in de neerslagverdeling is het moeilijk uit te maken of dit verschil in waterstand verband houdt met de doorlatendheid van het profiel of met een geringer waterbergend vermogen. Op 20 april komt de waterstand in het mengrotorprofiel eindelijk op het niveau van het mengwoelprofiel.

In 4 dagen tijd vindt er in het mengrotorprofiel een grondwaterstands-daling plaats van 42 cm, terwijl in het mengwoelprofiel in dezelfde periode de grondwaterstand slechts 8 cm daalt. Na een gemeten hoeveelheid neerslag van 4,5 mm stijgen de grondwaterstanden in deze profielen weer met respectievelijk 35- en 15 cm. Dit verschil, zowel in grondwaterstands-daling als in grondwaterstandsstijging, in de twee profielen vindt in een te korte periode plaats om het alleen toe te schrijven aan een verschil in doorlatendheid. In de maand april fluctueren de twee grondwaterstanden weer op regelmatige afstand tot elkaar in de verschillende profielen. Volgens de door de hydrografen geregistreeerde grondwaterstanden, is de doorlatendheid in het mengwoelprofiel bij een veel kleinere drukhoogte gelijk of iets groter dan in het mengrotorprofiel. In de eerste week van mei valt er geen neerslag van betekenis, de snelle grondwaterstands-daling herhaalt zich. De grondwaterstand daalt nu in het mengrotor- en het mengwoelprofiel met respectievelijk 70- en 38 cm tot een gelijk niveau van 0,75 m beneden maaiveld. Als de veronderstelling betreffende de doorlatendheid van het mengrotorprofiel juist is, bevat dit profiel na de snelle grondwaterstands-dalingen in april en mei meer watergevulde poriën. Dan is bij nagenoeg hetzelfde gemiddelde

poriënvolume van de beide mengprofielen het waterbergend vermogen in het mengwoelprofiel groter dan in het mengrotorprofiel.

4.2. B e p a l i n g v a n d e w a t e r d o o r l a t e n d h e i d

De resultaten van de grondwaterstandswaarnemingen geven aanleiding om te trachten de doorlaatfactor van de nieuwe profielen te bepalen. Door de sterke afwisseling van de verschillende materialen zowel in verticale als in horizontale richting is geen enkele methode die berust op bemonstering toepasbaar. Het gehele profiel moet in de meting worden betrokken door middel van een boorgatenmethode. Voor een goede onderlinge vergelijking is voor deze methode dezelfde hoge grondwaterstand vereist. Het gevaar voor toestroming van grond en water van bovenaf is in dergelijke mengprofielen nietdenkbeeldig.

De ondoorlatende ondergrond maakt het mogelijk de boorgatenmethode in omgekeerde richting toe te passen. Hiertoe wordt in een toevoerbuis door middel van een Mariotte-systeem een constant waterniveau gehandhaafd, terwijl op verschillende afstanden van deze toevoerbuis in peilbuizen de grondwaterstand wordt gemeten. Het gedeelte van het profiel direct boven het drainniveau, dat voor de ontwatering hier zo belangrijk is, wordt op deze wijze juist in de bepaling opgenomen.

De wijze van berekenen is gelijk aan de berekening van de K-factor bij de pompproef. Hierbij wordt echter water aan de grond onttrokken, terwijl er nu water aan de grond wordt toegevoegd. Het is daarom beter hier te spreken van een omgekeerde pompproef.

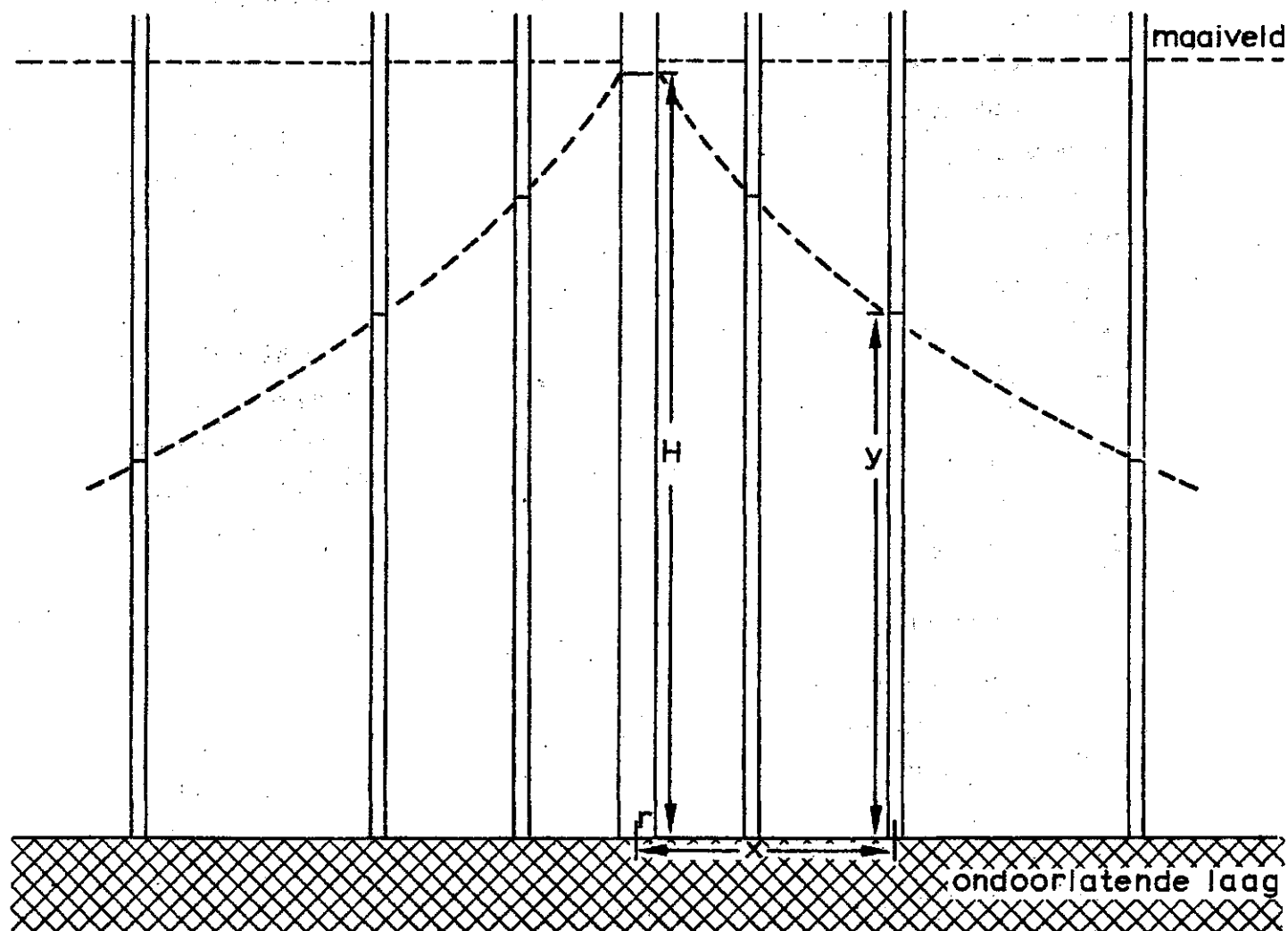
4.2.1. Omgekeerde pompproef

De berekening van de K-factor berust bij de omgekeerde pompproef evenals bij de normale pompproef op toepassing van de wet van Darcy. In fig. 5 zijn de te meten grootheden schematisch weergegeven. Hierin is:

- H, de waterhoogte in m ten opzichte van de ondoorlatende ondergrond in de toevoerbuis;
- y, de waterhoogte in m ten opzichte van de ondoorlatende ondergrond in de peilbuis;
- r, de straal van de toevoerbuis in m;
- x, de afstand midden toevoerbuis - midden peilbuis in m.

fig.5

Opstelling omgekeerde pompproef: de toevoerbuis waarin uit het Mariotte-systeem de toevoer wordt geregeld (Q) en peilbuizen op een afstand van resp. 0.24 - 0.54 - en 1.04 m tot het midden van de toevoerbuis (x) waarin de grondwaterstand wordt gemeten (y).



Volgens de wet van Darcy geldt:

$$Q = K.I.F. \quad (1)$$

Hierin is:

Q, het debiet in m³/etmaal, af te lezen uit de toevoerfles;

F, het doorstromend oppervlak in m²: de wand van een cylinder met hoogte y en straal x;

K, de doorlaatfactor van de grond in m/etmaal;

I, de potentiaalgradiënt.

Voor het hier omschreven geval geldt:

$$Q = K \cdot - \frac{dy}{dx} \cdot 2\pi xy \quad (2)$$

Het - teken moet worden ingevoerd omdat de stroming plaats vindt in de richting waarin $\frac{dy}{dx}$ negatief is.

$$\frac{Q}{2\pi} \cdot \frac{dx}{x} = - Kydy \rightarrow \frac{Q}{2\pi} d \ln x = - Kd \frac{1}{2} y^2$$

$$\int_0^x \frac{Q}{2\pi} d \ln x = - K \int_H^y d \frac{1}{2} y^2 \rightarrow \frac{Q}{2\pi} \ln x = - \frac{1}{2} Ky^2 + \text{constante} \quad (3)$$

De waarde van de integratieconstante wordt gevonden uit de grensvoorwaarden $x = r \rightarrow y = H$.

$$\text{constante} = \frac{Q}{2\pi} \ln r + \frac{1}{2} KH^2 \quad (4)$$

Substitutie van (4) in (3) geeft:

$$\frac{Q}{2\pi} \ln x = - \frac{1}{2} Ky^2 + \frac{Q}{2\pi} \ln r + \frac{1}{2} KH^2$$

$$\frac{Q}{2\pi} (\ln x - \ln r) = \frac{1}{2} K(H^2 - y^2) \quad (5)$$

Of wel:

$$H^2 - y^2 = \frac{Q}{\pi K} \ln \frac{x}{r} \rightarrow H^2 - y^2 = \frac{Q}{\pi K} \cdot 2,303 \log \frac{x}{r}$$
$$K = \frac{Q}{\pi(H^2 - y^2)} \cdot 2,303 \log \frac{x}{r} \quad (6)$$

Als de waterhoogte in de peilbuizen (y) in alle richtingen op gelijke afstand tot de toevoerbuis gelijk is, vormt het profiel in alle richtingen dezelfde belemmering voor een vrije watertoevoer uit het Mariotte-systeem (Q). Ten aanzien van de waterdoorlatendheid is het profiel dan isotroop hetgeen tot uiting komt in een cirkelvormig verloop van de equipotentiaallijnen. In dat geval kan de K -factor worden berekend door directe toepassing van vergelijking (6).

In het mengwoelprofiel wordt uit het verloop van de y -waarden in de bewerkingsrichting een grotere doorlatendheid waargenomen dan loodrecht op de bewerking. Het gemeten debiet (Q) is een gesommeerde hoeveelheid water die in de verschillende richtingen in verschillende hoeveelheden wordt afgegeven. In deze situatie is de K -factor in de beide hoofdstromingsrichtingen dus duidelijk verschillend, terwijl aan de hand van de meetgegevens deze waarde slechts berekend kan worden bij alzijdig gelijke doorlatendheid. In fig. 6a is het verloop van de gemeten y -waarden loodrecht op de bewerkingsrichting uitgezet als functie van de afstand tot de toevoerbuis; indien op soortgelijke wijze de y -waarden in de bewerkingsrichting worden uitgezet blijken deze hoger te liggen dan de eerstgenoemde y -waarden. Dit betekent dat loodrecht op de bewerkingsrichting gezien eenzelfde y -waarde als gemeten evenwijdig aan de bewerkingsrichting dichterbij de toevoerbuis wordt aangetroffen. De meest waarschijnlijke vorm van de equipotentiaallijn is een ellips (fig. 6b).

De oplossing wordt nu gegeven door een lineaire transformatie van het coördinatenstelsel waardoor het anisotrope geval in een isotroop-systeem wordt omgezet. De werkelijke waarden van de doorlatendheid in de beide hoofdstromingsrichtingen kunnen dan worden gevonden uit een fictieve waarde K^k , berekend met vergelijking (6) uit de meetgegevens, en de transformatie-coëfficiënt.

Dit kan worden voorgesteld aan de hand van een situatie met in twee loodrecht op elkaar staande richtingen x en y een verschillende K -factor, $K_x > K_y$. De y -as wordt zodanig getransformeerd in een nieuwe as (z), dat

fig. 6^a

- gemeten grondwaterstand (y) ⊥ bewerkingsrichting uitgezet als functie van de afstand tot de toevoerbuis
- gezochte grondwaterstand (y) ⊥ bewerkingsrichting gelijk aan de gemeten y-waarde in de bewerkingsrichting op dezelfde afstand als •

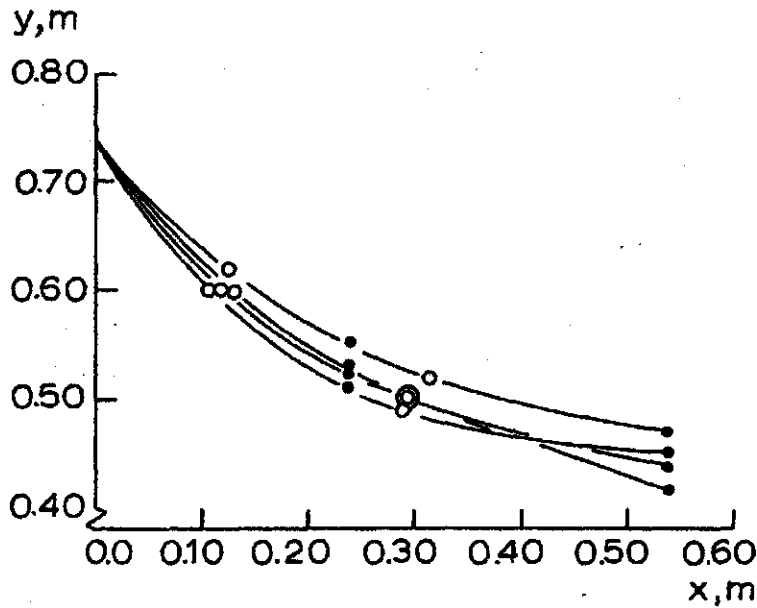


fig 6^b

equipotentiaalvlak in het anisotrope mengwoel profiel, x=afstand midden toevoerbuis tot daar waar de grondwaterstand in en loodrecht op de bewerkingsrichting gelijk is

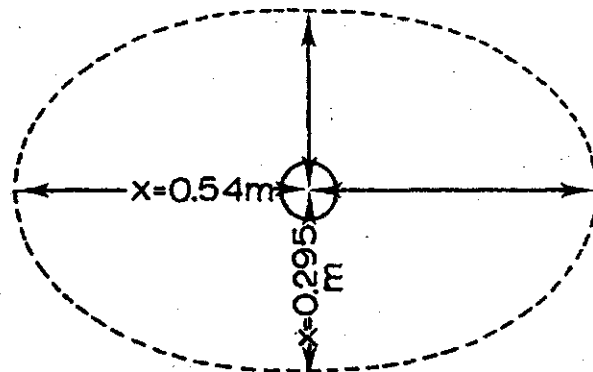
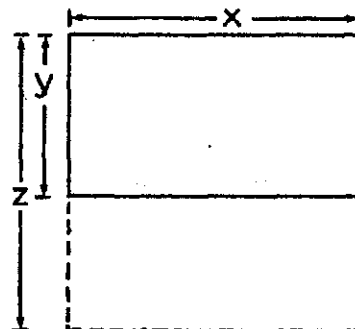


fig 6^c

transformatie y-as in een nieuwe as z gelijk aan x, de doorlatendheden worden dan in beide richtingen gelijk (K^*). de transformatie-coëfficiënt (α) bedraagt in dit geval $\frac{\Delta z}{\Delta y}$



de doorlatendheden in de beide richtingen gelijk geworden zijn (fig. 6c). De transformatie-coëfficiënt (α) bedraagt in dit geval $\frac{\Delta z}{\Delta y}$

Voor dit geval geldt nu:

$$Q_x = K_x \Delta y \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad (7)$$

$$Q_y = K_y \Delta x \frac{\Delta h}{\Delta y} \quad (8)$$

en voor het nieuwe systeem:

$$Q_x = K^* \Delta z \frac{\Delta h}{\Delta x} \quad (9)$$

$$Q_y = K^* \Delta x \frac{\Delta h}{\Delta z} \quad (10)$$

Combinatie van (7) en (9) geeft:

$$K_x \Delta y = K^* \Delta z \rightarrow K_x = \frac{\Delta z}{\Delta y} K^* = \alpha K^*$$

en uit de combinatie van (8) en (10) volgt:

$$K_y \frac{1}{\Delta y} = K^* \frac{1}{\Delta z} \rightarrow K_y = \frac{\Delta y}{\Delta z} K^* = \frac{1}{\alpha} K^*$$

Het systeem waarbij de K-factor duidelijk verschillende waarden heeft in de verschillende richtingen wordt aangeduid als het anisotroop systeem. In dat geval wordt op de boven aangegeven wijze de waarde van de K-factor voor de beide hoofdstromingsrichtingen berekend.

4.2.2. De metingen

In het mengrotor- en in het mengwoelprofiel zijn twee toevoerbuizen op de ondoorlatende ondergrond geplaatst op een afstand van elkaar van 10 m zoals in fig. 2 is aangegeven. Het peilen van de grondwaterstand is mogelijk gemaakt door het plaatsen van peilbuizen op respectievelijk 0,24-, 0,54- en 1,04 m afstand tot het midden van de toevoerbuiz (fig. 5). Regelmatig is de toevoer uit het Mariotte-systeem in de fles en de grondwaterstand in de peilbuizen opgenomen. Eerst nadat er een vrijwel constant niveau in de peilbuizen wordt bereikt zijn de waarnemingen bruikbaar voor het berekenen van de K-factor.

a. I s o t r o o p s y s t e e m. In het isotroop systeem wordt de K-factor berekend door gebruik te maken van vergelijking (6)

$$K = \frac{Q}{\pi(H^2 - y^2)} \cdot 2.303 \log \frac{x}{r}$$

Bijvoorbeeld; Bij een debiet (Q) van 0.0742 m³/etmaal en een grondwaterstand in de toevoerbuï ten opzichte van de ondoorlatende laag (H) van 0,79 m worden in de peilbuïzen waterstanden ten opzichte van de ondoorlatende laag (y) gemeten van respectievelijk 0,53-, 0,52- en 0,53 m op een afstand van 0,54 m vanaf het midden van de toevoerbuï (x). De straal van de toevoerbuï (r) bedraagt 0,04 m. De eerste twee y-waarden zijn gemeten in de bewerkingsrichting en de derde loodrecht daarop. De equipotentiaallijn vormt een cirkel rond de toevoerbuï, dus:

$$K = \frac{0,0742}{3,14(0,79^2 - 0,53^2)} \cdot 2,303 \log \frac{0,54}{0,04}$$

$$K = 0,175 \text{ m/etmaal}$$

Dit rekenvoorbeeld is één van de waarnemingen in het mengrotorprofiel.

In tabel 5 zijn bij ongeveer dezelfde y-waarden op 0,24 m in de peilbuïzen op de twee mengprofielen de berekende K-factoren in- en loodrecht op de bewerkingsrichting gegeven. Uit de y-waarden in- en loodrecht op de bewerkingsrichting bij één van de toevoerbuïzen in het mengwoelgedeelte (IV) blijkt dat het profiel anisotropie vertoont. De berekende K^x-factoren zijn van toepassing voor een isotroop-systeem met x kleiner dan in de tabel is opgenomen.

b. A n i s o t r o o p s y s t e e m. In de situatie zoals bij de toevoerbuï mengwoelen IV is de K-factor in de beide hoofdstromingsrichtingen duidelijk verschillend. De y-waarden loodrecht op de bewerkingsrichting worden nu uitgezet als functie van de afstand tot de toevoerbuï, de overeenkomstige y-waarden gemeten in de bewerkingsrichting worden nu dicht bij de toevoerbuï aangetroffen.

Bijvoorbeeld: bij een Q van 0,4164 m³/etmaal en H = 0,74 m wordt in de twee peilbuïzen welke in de bewerkingsrichting op een afstand van

Tabel 5. De K-factoren berekend bij verschillende grondwaterstanden (y) en op verschillende afstanden tot de toevoerbuis (x)

Q, m ³ per etmaal	$\log \frac{0,24}{0,04} = 0,7782$				$\log \frac{0,54}{0,04} = 1,13$				$\log \frac{1,04}{0,04} = 1,405$			
	y	K	y ¹⁾	K ¹⁾	y	K	y ¹⁾	K ¹⁾	y	K	y ¹⁾	K ¹⁾
Mengrotor II, H = 0,78												
0,1021	0,61	0,247	0,62	0,260	0,46	0,213	0,44	0,200	-	-	-	-
0,1067	0,61	0,258	0,62	0,272	0,48	0,234	0,46	0,223	-	-	-	-
0,0965	0,64	0,277	0,64	0,277	0,51	0,229	0,49	0,217	0,30	0,192	0,18	0,173
0,0894	0,63	0,241	0,63	0,241	0,52	0,219	0,49	0,201	0,30	0,178	0,20	0,162
0,0987		0,256		0,263		0,224		0,210		0,185		0,168
Mengrotor III, H = 0,79												
0,0752	0,61	0,170	0,58	0,149	0,50	0,166	0,50	0,166	-	-	-	-
0,0725	0,62	0,173	0,58	0,144	0,51	0,165	0,51	0,165	-	-	-	-
0,0742	0,64	0,197	0,61	0,168	0,53	0,175	0,53	0,175	0,26	0,137	0,29	0,142
0,0943	0,64	0,251	0,62	0,225	0,51	0,215	0,52	0,221	0,26	0,175	0,28	0,178
0,0791		0,198		0,172		0,180		0,182		0,156		0,160
Mengwoeler I, H = 0,79												
0,3088	0,64	0,822	0,66	0,935	0,50	0,684	0,50	0,684	0,33	0,618	0,17	0,535
0,2525	0,65	0,715	0,66	0,765	0,50	0,559	0,51	0,574	0,33	0,505	0,19	0,443
0,2479	0,66	0,751	0,69	0,956	0,54	0,617	0,52	0,580	0,39	0,541	0,31	0,484
0,2623	0,66	0,794	0,68	0,926	0,54	0,653	0,53	0,633	0,39	0,573	0,32	0,518
0,2679		0,771		0,893		0,626		0,618		0,559		0,495
Mengwoeler IV, H = 0,74												
0,4164	0,60	1,267*	0,53	-	0,50	1,159*	0,42	-	0,30	0,938*	-	-
0,3523	0,60	1,072*	0,52	-	0,50	0,980*	0,44	-	0,31	0,804*	-	-
0,3432	0,60	1,044*	0,51	-	0,49	0,924*	0,46	-	0,35	0,832*	0,10	-
0,3545	0,62	1,240*	0,55	-	0,53	1,101*	0,47	-	0,36	0,874*	0,12	-
0,3666		1,156*		-		1,041*		-		0,862*		-

1) loodrecht op bewerkingsrichting

* K* (x < respectievelijk 0,24-, 0,54- en 1,04 m)

0,54 m van de toevoerbuis zijn geplaatst een y-waarde gemeten van 0,50 m. De bijbehorende y-waarde loodrecht op de bewerkingsrichting bedraagt 0,42 m; in dezelfde richting wordt op een afstand van 0,24 m een waterstand gemeten van 0,53 m. In fig. 5a wordt gevonden dat loodrecht op de bewerking een y-waarde van 0,50 m voorkomt op een afstand van 0,295 m. De equipotentiaallijn voor $y = 0,50$ m is in fig. 5b weergegeven in zijn meest waarschijnlijke vorm. De transformatie-coëfficiënt (α) bedraagt in dit geval $\frac{\Delta z}{\Delta y} = \frac{0,54}{0,295}$.

In tabel 5 is de berekende K^* -factor, berekend met vergelijking (6), af te lezen namelijk 1,159 m/etmaal. Hieruit resulteert dan:

$$\text{K-factor//bewerkingsrichting is: } \alpha \cdot K^* = \frac{0,54}{0,295} \cdot 1,159 \text{ m/etm.} = 2,12 \text{ m/etm.}$$

$$\text{K-factor} \perp \text{ bewerkingsrichting is: } \frac{1}{\alpha} \cdot K^* = \frac{0,295}{0,54} \cdot 1,159 \text{ m/etm.} = 0,63 \text{ m/etm.}$$

Tabel 6. De gemeten grondwaterstand in- en loodrecht op de bewerkingsrichting op een afstand Δz van de toevoerbuis, de afstand Δy waar de waterstand loodrecht op- gelijk is aan de waterstand in de bewerkingsrichting en de K-factor berekend met behulp van de transformatie-coëfficiënt, $\frac{\Delta z}{\Delta y}$

Waterstand			K-factor		Waterstand			K-factor	
$x = 0,24 = \Delta z$	Δy		$\frac{1}{\alpha} K^*$	αK^*	$x = 0,54 = \Delta z$	Δy		$\frac{1}{\alpha} K^*$	αK^*
=	\perp	$\perp \dot{=} =$	\perp	=	=	\perp	$\perp \dot{=} =$	\perp	=
0,60	0,53	0,13	0,69	2,34	0,50	0,42	0,295	0,63	2,12
0,60	0,52	0,12	0,54	2,14	0,50	0,44	0,295	0,54	1,79
0,60	0,51	0,11	0,48	2,28	0,49	0,46	0,29	0,50	1,72
0,62	0,55	0,11	0,62	2,93	0,53	0,47	0,315	0,64	1,89

\perp , = bewerkingsrichting

Het hier gegeven voorbeeld en de op dezelfde wijze berekende K-factoren uit de K^* -waarden worden in tabel 6 gegeven. Voor $X = 1,04$ m is de K-factor niet te berekenen. Op de afstand toevoerbuis-peilbuis $x = 2,04$ m waren geen of nauwelijks grondwaterstanden te peilen; dus is Δy tussen $x = 0,54$ m en $x = 1,04$ m niet te benaderen.

Er werden dus duidelijke verschillen in de K-factoren bij verschillende mengingsintensiteiten gemeten. Het mengwoelprofiel is loodrecht op de bewerkingsrichting vrij goed en in de bewerkingsrichting goed doorlatend. Hetzelfde uitgangsmateriaal gemengd met de mengrotor tot dezelfde werkdiepte is matig doorlatend. Deze matige doorlatendheid gecombineerd met een geringer waterbergend vermogen van dit over het geheel genomen humeuze profiel heeft hoge grondwaterstanden tot gevolg.

5. SAMENVATTING EN CONCLUSIE

Het profiel in zijn uitgangstoestand betreft een slecht doorlatende veenhorizont waaronder een zogenaamde 'meerbodem' die nagenoeg ondoorlatend is. Bij het in cultuur brengen is dit profiel bezand; door veenresten aan te ploegen is er een humeuze bouwvoor ontstaan van $\pm 0,10$ m.

Vanwege de lage terreinligging werd dit profiel in het kader van ruilverkavelingswerkzaamheden opnieuw bezand. Er werd $\pm 0,35$ m zand op het oorspronkelijke profiel gespoten. Na deze bezanding werden op een diepte van 0,90 m en op een onderlinge afstand van 30 m drainreeksen in het veen aangebracht voor een betere detailontwatering.

In perioden waarin de verdamping de neerslag te boven ging deden zich verdrogingsverschijnselen voor. Het leemarme humusloze spuitand bevatte te weinig beschikbaar vocht, terwijl de grote hoeveelheid vocht, in het oligotrofe veen aanwezig, voor het gewas onbereikbaar bleef. Het poriënvolume van het opgebrachte spuitand was door het ontbreken van organische stof te laag om beworteling van landbouwgewassen mogelijk te maken. Het waterbergend vermogen, de waterdoorlatendheid en de ontwateringsmogelijkheden van het profiel onder het spuitand waren dermate slecht dat zich bovendien in perioden met veel neerslag wateroverlast voordeed. De in het veen aanwezige drains waren nauwelijks van invloed op de ontwatering.

De verbeteringsmogelijkheden moesten gericht zijn op een betere vochtvoorziening van het gewas en verbetering van de ontwatering, waarbij na menging van zand en veen de doorlatendheid van de verschillende profielhorizonten zou worden verbeterd en de hoeveelheid beschikbaar vocht voor het gewas zou worden vergroot.

De meerbodem werkt echter als een min of meer afsluitende laag in het profiel. Door zijn sterk lemig karakter mag deze niet met humeuze materialen als veen worden vermengd. De instabiliteit van dergelijke materialen heeft een sterk verdichtend effect op de kleinere, watervoevende poriën. Anderzijds is de aanwezigheid van de ondoorlatende laag in dit profiel gewenst. In de winterperiode komt het diep grondwater-niveau zo hoog, dat er zich kwel voor zou doen indien er zich geen slecht doorlatende laag in het profiel zou bevinden. De ondoorlatendheid op deze diepte in het profiel maakt een goede detailontwatering met drainreeksen na een diepe grondbewerking mogelijk en noodzakelijk.

De bewerkingsdiepte werd dus bepaald door:

1. Het aanwezig zijn van de meerbodem.
2. De diepte waarop minimaal nog drainage mogelijk was.
3. Het percentage organische stof van de nieuwe toplaag.

Eenzijds verdiende een zo diep mogelijke menging de voorkeur, zodat dieper en op grotere afstand gedraineerd kon worden. Anderzijds zou een te humeuze toplaag na veel neerslag beweiding en bewerking onmogelijk maken. De bewerkingsdiepte werd in feite door dit laatste bepaald, te meer omdat het effect van de menging op de doorlatendheid van het nieuwe profiel niet viel te voorzien.

De profielwijziging waarbij spuitzand, oude bouwvoor en veen werden gemengd vond plaats op twee verschillende manieren. Door het inzetten van de mengrotor werd een vrij intensieve menging van het profiel verkregen, met de mengwoeler werd een aanzienlijk grovere menging tot stand gebracht. Met beide machines werd een bewerkingsdiepte van 0,90 m aangehouden. Het te verwachten organische stofgehalte van de toplaag kon alleen bij volledige menging zeer plaatselijk de 10 % iets te boven gaan.

Een nadeel voor de mengrotor was dat deze roterende machine het in het profiel aanwezige kienhout niet kon verwerken. Na twee werkdagen waren de messen dusdanig beschadigd dat het werk door de mengwoeler werd overgenomen.

Na mengwoelen was enige egalisatie noodzakelijk. Om onnodige verdichting van het nieuwe profiel te voorkomen werd het terrein enigszins vlak geslept met een eg verzwaaard met balken. Daarna werd op de nage-noeg ondoorlatende veenondergrond gelijk aan de bewerkingsdiepte een plastic drainage met turfmoles omhulling op een onderlinge afstand van

10 m aangebracht. De noodzakelijke bekalking om de pH van de nieuwe toplaag te verhogen werd aangewend voordat er met de cultivator een zaaibed werd gemaakt.

De mengintensiteit van de twee machines is bepaald door volume monsters te nemen van twee profielwanden welke representatief zijn voor de nieuwe profielen (DE HAAN, 1971). Het totaal aan poriën is in de beide profielen afgenomen. Het maaiveld is $\pm 0,10$ m gezakt, terwijl het geanalyseerde organische stofgehalte gemiddeld iets hoger is dan berekend van het profiel in de uitgangstoestand. Deze zakking wordt toegeschreven aan krimp van het veen door indroging en is niet van invloed op de bewortelingsmogelijkheid. De waarden van het poriënvolume zijn voor beide mengprofielen voldoende hoog om tot aan de bewerkingdiepte geen mechanische belemmering voor wortelgroei te veroorzaken.

De grondwaterstanden zijn op verschillende afstanden tot drains gemeten in beide profielen. Er blijkt een duidelijk steilere opbolling tot een hoger niveau in het mengrotorprofiel. Bij een drooglegging van 0,40 m van het mengwoelprofiel staat het water in het mengrotorprofiel tot aan maaiveld. Debietmetingen gaven, doordat de drains dwars over de bewerkingen werden gelegd, niet de mogelijkheid om deze verschillen in ontwatering te verklaren.

Overtreft de verdamping in het voorjaar de neerslag dan daalt de waterstand in het mengrotorprofiel snel. Hieruit wordt geconcludeerd dat het profiel veel water vasthoudt, zodat het een gering bergend vermogen heeft.

Doorlaatfactoren zijn bepaald door de gehele profielen in de metingen te betrekken. Met een Mariotte-systeem werd water in een buis toegevoerd, terwijl op regelmatige afstand van de toevoerbuis de grondwaterstand in peilbuizen werd gemeten. Het systeem is te vergelijken met de pompproef, alleen vindt de waterstroming hier in omgekeerde richting plaats. De K-factor is berekend uit $Q = K.I.F.$, voor deze situatie herleidbaar tot

$$K = \frac{Q}{\pi(H^2 - y^2)} \cdot 2,303 \log \frac{x}{r}$$

Dit geldt alleen bij alzijdige gelijke doorlaatfactoren in het profiel. In het mengwoelprofiel wordt uit de meetgegevens anisotropie geconstateerd. De meest waarschijnlijke vorm van de equipotentiaallijn

