

CODEN: IBBRAH (4-87) 1-23 (1987)

ISSN 0434-6793

I N S T I T U U T V O O R B O D E M V R U C H T B A A R H E I D

RAPPORT 4-87

HET EFFECT VAN DIEPE GRONDBEWERKING OP DE BESPEELBAARHEID VAN
GRASSPORTVELDEN

With a summary: Effect of deep tillage on the playability of sports
turf

door

J.S. ZWIERS

1987

Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Oosterweg 92, Postbus 30003,
9750 RA Haren (Gr.)

Inst. Bodemvruchtbaarheid, Rapp. 4-87 (1987) 23 pp.

INHOUD

1. Inleiding	3
2. Gebruikte machines	4
2.1. De vertidrain	4
2.2. De diepbeluchtingsschudfrees	4
3. Sportvelden waarop het onderzoek heeft plaatsgevonden	6
4. Wijze van onderzoek	7
5. De uitgangstoestand op de sportvelden	8
5.1. Profielopbouw	8
5.2. Organische-stofgehalte	9
5.3. Drainage en grondwaterstanden	9
5.4. Dichtheid en doorlatendheid van de grond	11
6. Effect van diepe grondbewerking	14
7. Bespreking van de resultaten	16
8. Samenvatting en conclusies	18
9. Summary and conclusions	20
10. Literatuur	22
11. Bijlage	23

1. INLEIDING

De kwaliteit van grassportvelden laat nogal eens te wensen over. Plasvorming en een slechte bespeelbaarheid als gevolg van een onvoldoende afvoer van overtollig regenwater komt op sommige velden regelmatig voor. De oorzaak wordt vaak gezocht in de aanwezigheid van dichte of ondoorlatende lagen in het profiel. Om deze lagen te kunnen doorbreken, zonder dat de top laag (zode), teveel wordt beschadigd, zijn diverse machines ontwikkeld (o.a. de vertidrain en de diepbeluchtingsschudfrees). Deze machines worden op probleemvelden algemeen ingezet (Nederlandse Sportfederatie 1980, 1981 a, b; Breukink 1985).

Het is evenwel de vraag of de genoemde problemen altijd het gevolg zijn van de aanwezigheid van dichte lagen in het profiel (Boekel en Zwiers, 1982). Als andere mogelijke oorzaken kunnen worden genoemd het slecht functioneren van het drainagesysteem, de aanwezigheid van ingesloten lucht (Boekel en Bregman, 1959) of een wat minder gunstige samenstelling van de top laag (Boekel, 1979).

Het doel van dit onderzoek is een antwoord te kunnen geven op de volgende vragen: welke factoren zijn verantwoordelijk voor plasvorming?; heeft het toepassen van een diepe grondbewerking effect, hoe lang blijft dat eventuele effect gehandhaafd?

Het onderzoek heeft plaatsgevonden in samenwerking met de Begeleidingscommissie Sportveldenonderzoek, waarin zijn vertegenwoordigd: Heidemij Nederland BV, Grontmij NV, de Landelijke Contactraad en het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid.

2. GEBRUIKTE MACHINES

2.1. De vertidrain

Bij de vertidrain (figuur 1) is op de krukas een aantal pennen gemonteerd, die beurtelings gaten in de grond persen. Bij het voortbewegen wordt een wrikkende beweging bewerkstelligd, waardoor de grond wordt opengebrokeu. De vertidrain heeft een werkdiepte van 30 à 40 cm, de afstand tussen de gaten is 12 cm.

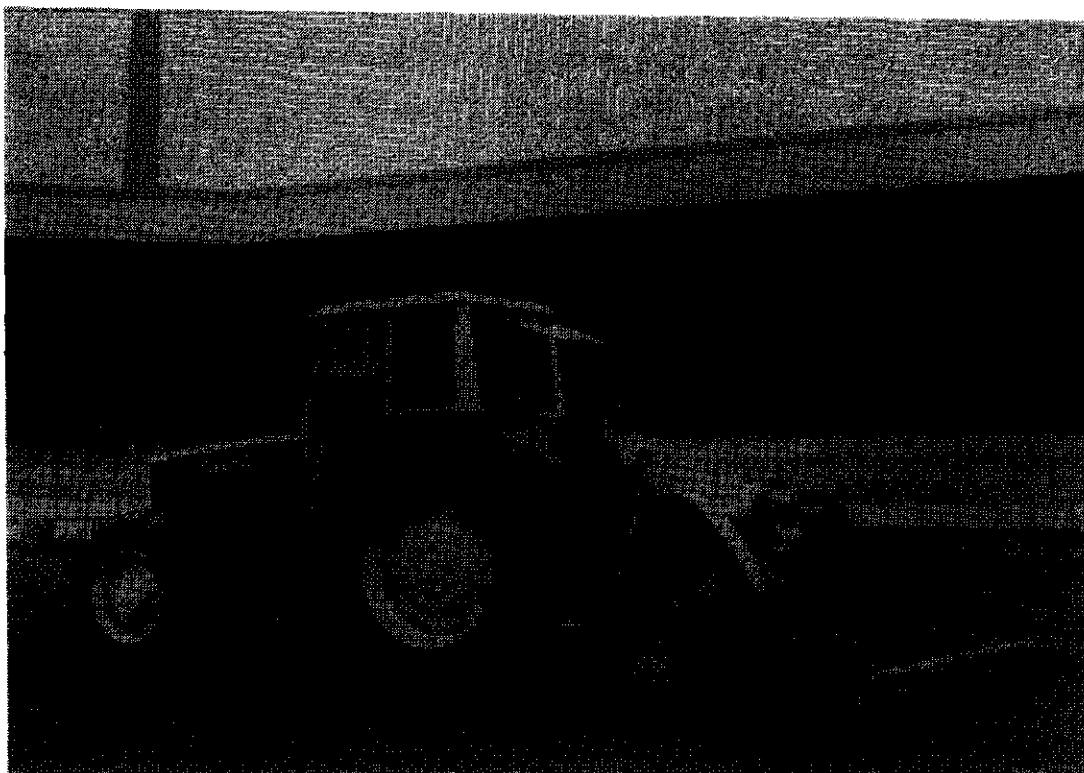


Figuur 1. Vertidrain.
Figure 1. Vertidrain.

2.2. De diepbeluchtingsschudfrees

De werking van de diepbeluchtingsschudfrees (figuur 2) berust op het frezen van sleufjes door wigvormige messen. Bij het in de grond gaan drukken ze om de beurt de grond zijdelings iets weg, waardoor het schudeffect wordt bereikt. De grond tussen de messen wordt volledig losgeschud. De sleufjes zijn ca. 2 cm breed en hebben een onderlinge afstand van ± 25 cm. De machine wordt aangedreven door de aftakas van de trekker.

Beide machines mogen alleen bij droge terreinomstandigheden worden toegepast (Koolen, 1985). Bewerkingen onder natte omstandigheden verergeren de toestand. Aan de bewerking gaat vaak een bezanding vooraf. Bij het inslepen worden de gaten en de sleufjes dan opgevuld met zand.



Figuur 2. Diepbeluchtingsschudfrees.
Figure 2. Deep-aerating rotovator.

3. SPORTVELDEN WAAROP HET ONDERZOEK HEEFT PLAATSGEVONDEN

Door Heidemij en Grontmij zijn enkele velden aangewezen waar de bespeelbaarheid te wensen overliet en waarop in de zomer van 1983 een diepe grondbewerking zou worden toegepast.

Het betrof de volgende objecten:

- a) enkele hockey- en korfbalvelden te Hoogezand, waar de topplaag onder natte omstandigheden zacht werd, bij bespeling veel te lijden had en erg ongelijkmatig werd, wat voor hockey zeer ongewenst is;
- b) een korfbalveld en een trainingsveld te Elsloo, die kortgeleden waren aangelegd en waar na regenval veel water bleef staan. (Op een voetbalveld van oudere datum was dat niet het geval.);
- c) enkele voetbalvelden van de Rijksuniversiteit in de wijk Paddepoel te Groningen, waar door veel plasvorming de bespelingsmogelijkheden werden beperkt.

In al deze gevallen met problemen werd door de gebruiker de oplossing gezocht in een diepe grondbewerking. Daarbij is de vertidrain ingezet op de twee hockeyvelden aan de Kalkwijck te Hoogezand. De diepbeluchtings-schudfrees is toegepast op het korfbalveld te Hoogezand, op het korfbalveld en het oefenveld te Elsloo en op de twee voetbalvelden van de Rijksuniversiteit. Tevens is onderzoek verricht op het voetbalveld te Elsloo, waarop geen diepe grondbewerking heeft plaatsgevonden.

4. WIJZE VAN ONDERZOEK

In de eerste plaats is op de genoemde velden voor de uitvoering van de verschillende grondbewerkingen een algemeen oriënterend onderzoek verricht. Daarbij is gekeken naar de opbouw van het profiel en is het organische-stofgehalte per laag van 10 cm bepaald tot 50 cm beneden maaiveld.

Vervolgens zijn gegevens verzameld over de ontwateringstoestand door het vaststellen van de drainafstand en de draindiepte. Ook zijn enkele waterstandsbuizen geplaatst om de grondwaterstand te kunnen bepalen.

Omdat op de velden te Elsloo zo op het oog nogal wat verschil in hoogteligging voorkwam werden daar waterpasmetingen verricht.

In de tweede plaats werden direct voor de grondbewerkingen alsmede ongeveer een jaar daarna tot op een diepte van 50 cm-maaiveld per laag van 10 cm ringmonsters genomen waaraan de volgende bepalingen werden verricht:

- volumegewicht,
- poriënvolume,
- volumepercentages water en lucht bij bemonstering en pF 2,0,
- verzadigde waterdoorlatendheid en
- luchtdoorlatendheid bij pF 2,0.

Ten slotte werden de terreinen geregeld op stevigheid, bespeelbaarheid en plasvorming beoordeeld.

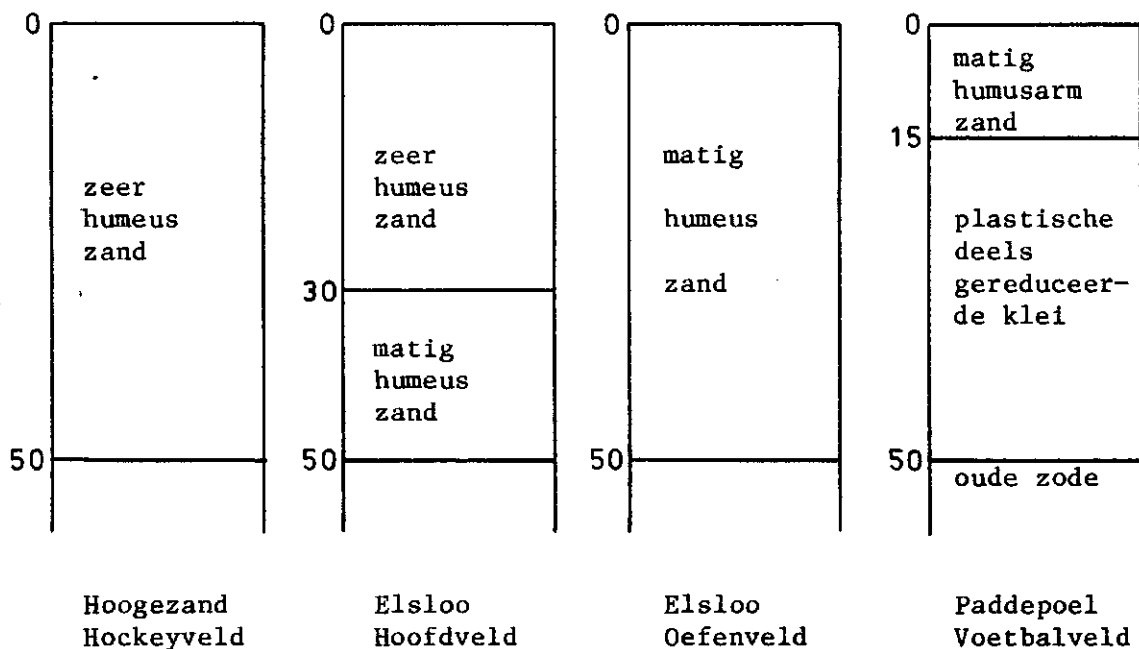
Op deze wijze werd een indruk verkregen van de bodemfysische gesteldheid van de terreinen vóór de bewerking en van het effect van de toegepaste diepe grondbewerking.

5. DE UITGANGSTOESTAND OP DE SPORTVELDEN

5.1. Profielopbouw

De sportvelden van Hoogezand en Elsloo zijn aangelegd op het oorspronkelijke profiel. Daarbij zijn het trainingsveld en het korfbalveld van Elsloo gespit en vlak geschoven en voorzien van een bezandingsdek van 10 cm humusarm zand.

Bij de profielopbouw van beide voetbalvelden in Paddepoel vinden we de oude zode terug op 50 cm beneden maaiveld, daar overheen is eerst 35 cm klei en daarna een bezandingslaag van 15 cm humusarm zand aangebracht. De klei onder de toplaag van zand vormt een gereduceerde, tamelijk plastische massa. De profielopbouw op de drie lokaties is in figuur 3 weergegeven.



Figuur 3. Profielopbouw op de verschillende velden.
Figure 3. Soil profiles of the different fields.

5.2. Organische-stofgehalte

De organische-stofgehalten tot een diepte van 50 cm beneden maaiveld zijn vermeld in tabel 1. Het organische-stofgehalte van de toplaag op de sportvelden in Hoogezand en het hoofdveld in Elsloo is voor een goede stevigheid (Boekel, 1979) aan de hoge kant.

Tabel 1. Organische-stofgehalten (%).
Table 1. Organic-matter contents (%).

Veld		Laag (cm-mv)				
		0-10	10-20	20-30	30-40	40-50
Hoogezand	hockeyveld 1	6,0	7,4	5,7	5,1	5,1
"	hockeyveld 2	6,6	9,6	9,8	8,6	5,1
"	korfbalveld	6,5	7,3	9,2	8,9	9,0
Elsloo	korfbalveld	2,8	2,9	4,4	4,5	5,0
"	oefenveld	3,0	4,0	3,5	4,8	3,6
"	hoofdveld	5,5	6,0	6,0	4,7	2,7
Paddepoel	voetbalvelden	1,5	2,2	4,0	4,5	4,3

De in tabel 1 vermelde gehalten aan organische stof zijn geheel in overeenstemming met de onder 5.1. gegeven profielbeschrijving.

5.3. Drainage en grondwaterstanden

De gegevens over de drainagetoestand en de grondwaterstanden zijn vermeld in tabel 2. Hierbij moet worden opgemerkt dat op elk veld op twee plekken de grondwaterstand werd opgemeten. Daarbij werd op de gedraineerde velden in Elsloo zowel op als tussen de drains gemeten. Omdat op deze laatste velden grote verschillen in grondwaterstand tussen de plekken werden aangetroffen, werden de desbetreffende gegevens afzonderlijk vermeld. In de overige gevallen werden de gemiddelden van de twee plekken vermeld.

Ondanks het feit dat de velden van Hoogezand niet zijn gedraineerd, schommelen de grondwaterstanden in de buurt van 1 meter beneden maaiveld. De zandondergrond is kennelijk goed doorlatend.

Het korfbalveld van Elsloo is gedraineerd op een diepte van 0,60-0,80 m en het oefenveld op een diepte van 0,50-0,65 m. De drainafstand is op beide velden $\pm$ 5 meter. De drainage is samengesteld, de hoofddrain mondt

Tabel 2. Grondwaterstanden.
Table 2. Groundwater levels.

Velden	Drain- afstand (m)	Drain- diepte (cm)	Grondwaterstanden (in cm-mv.)						
			1983			1984			
			10-5	20-5	6-6	20-10	17-1	5-3	13-4
Hoogezand									
Hockeyveld 1	-	-	-	95	110	>120	75	110	>120
Hockeyveld 2	-	-	-	110	>120	>120	90	>120	>120
Korfbalveld	-	-	-	110	>120	>120	85	>120	>120
Elsloo Korfbalveld	5	60-80							
plek 1 op drain			35	30	>60	>60	35	>60	>60
plek 1 tussen drain			30	25	>60	>60	>60	>60	>60
plek 2 op drain			35	65	>85	>85	55	>85	>85
plek 2 tussen drain			20	60	>80	>80	55	80	>80
Elsloo Oefenveld	5	50-65							
plek 1 op drain			25	25	>50	>50	>50	>50	>50
plek 1 tussen drain			30	75	>85	>85	50	80	>85
plek 2 op drain			40	>60	>60	>60	60	>60	>60
plek 2 tussen drain			50	65	>85	>85	60	80	>85
Elsloo Hoofdveld	-	-	80	95	110	>120	60	110	>120
Paddepoel	4	100							
Veld 1			-	-	-	-	-	50	70
Veld 2			-	-	-	-	-	80	90

uit in de sloot. Daar het grondwater op deze velden aanvankelijk nogal eens boven de drains stond, kwam de vraag naar voren of de drainage wel perfect functioneerde. Om hierop een antwoord te kunnen geven zijn enkele drains en de hoofddrain gewaterpast. Het bleek inderdaad dat de ligging van de hoofddrain nogal te wensen overliet. Daarom is deze op enkele plaatsen opgegraven en dieper gelegd. Ook bleken verschillende drains een niet geheel juist verhang te hebben.

Het voetbalveld van Elsloo is niet gedraineerd en toch komen er vrijwel geen hoge grondwaterstanden voor. De hoogst gemeten grondwaterstand bedroeg nl. 0,60 meter beneden maaiveld. Dit wijst op een goede doorlatendheid van het gehele profiel en in het bijzonder van de ondergrond. Dat veld ligt ook nog 40 cm hoger dan de beide andere velden.

De voetbalvelden van Paddepoel zijn gedraineerd op een diepte van 1 m en op een afstand van 4 m. De grondwaterstanden tussen de plekken onderling lopen nogal uiteen. Wanneer deze velden in de zomer droogteverschijnselen vertonen worden ze regelmatig beregend.

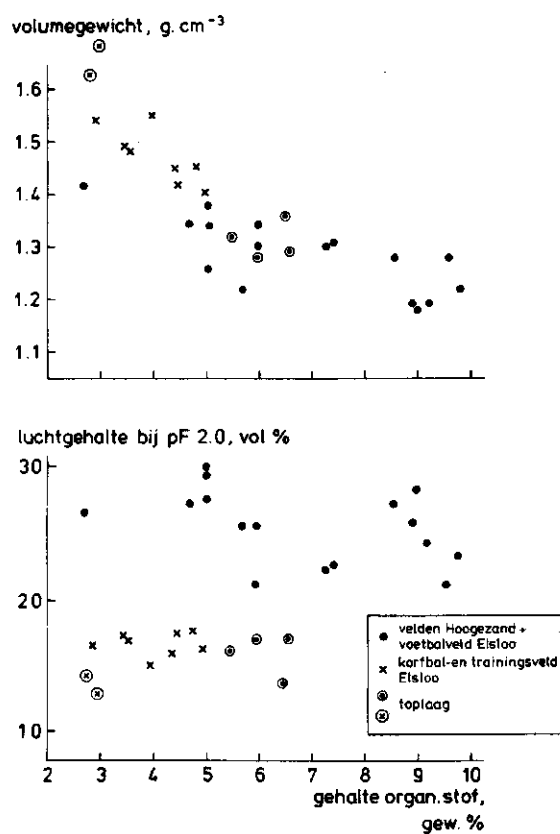
Uit deze resultaten kan worden vastgesteld dat er op het korfbal- en trainingsveld te Elsloo duidelijke problemen waren met de ontwatering. Die konden voor een deel worden toegeschreven aan een onjuiste ligging van de drains en van de verzameldrain. Correctie van de laatste lijkt verbetering te hebben gegeven. Ook op de voetbalvelden in Paddepoel lijkt de ontwatering niet geheel in orde. Ondanks een intensief ontwateringssysteem (diepte 1 m, afstand 4 m) komen er toch hoge grondwaterstanden voor.

5.4. Dichtheid en doorlatendheid van de grond

De dichtheid van de grond wordt enerzijds gekarakteriseerd door het volumegewicht (d.w.z. het gewicht van 1 cm³ droge grond in natuurlijke toestand) en anderzijds door het poriënvolume en het luchtgehalte. Deze eigenschappen zijn weer bepalend voor de doorlatendheid voor water en lucht, die op hun beurt weer van belang zijn voor de ontwatering en voor de groeimogelijkheden van het gras. De gemiddelde waarden van de genoemde eigenschappen zijn vermeld in tabel 3.

Daaruit blijkt dat op de velden in Hoogezand de bodemfysische toestand goed genoemd kan worden. De luchtgehalten en de doorlaatfactoren zijn er vrij hoog. Op het korfbalveld- en trainingsveld te Elsloo is de situatie duidelijk minder gunstig: lagere luchtgehalten en lagere doorlaatfactoren. Toch is de doorlatendheid hier niet zo extreem laag dat daardoor de eerder genoemde moeilijkheden zouden kunnen ontstaan. Het voetbalveld in Elsloo vertoont een veel gunstiger beeld.

Op het veld in Paddepoel heeft vooral de laag direct onder de top laag van zand een laag luchtgehalte en een lage waterdoorlatendheid. Dat die laag storend werkt op de waterafvoer lijkt aannemelijk. De minder gunstige toestand wat de profielopbouw betreft op het korfbalveld en het trainingsveld te Elsloo blijkt ook uit figuur 4, waarin volumegewicht en luchtgehalte tegen het gehalte aan organische stof zijn uitgezet.



Figuur 4. Samenhang tussen enkele bodemfysische eigenschappen en het gehalte aan organische stof.

Figure 4. Relation between some soil physical characteristics and organic-matter content.

6. EFFECT VAN DIEPE GRONDBEWERKING

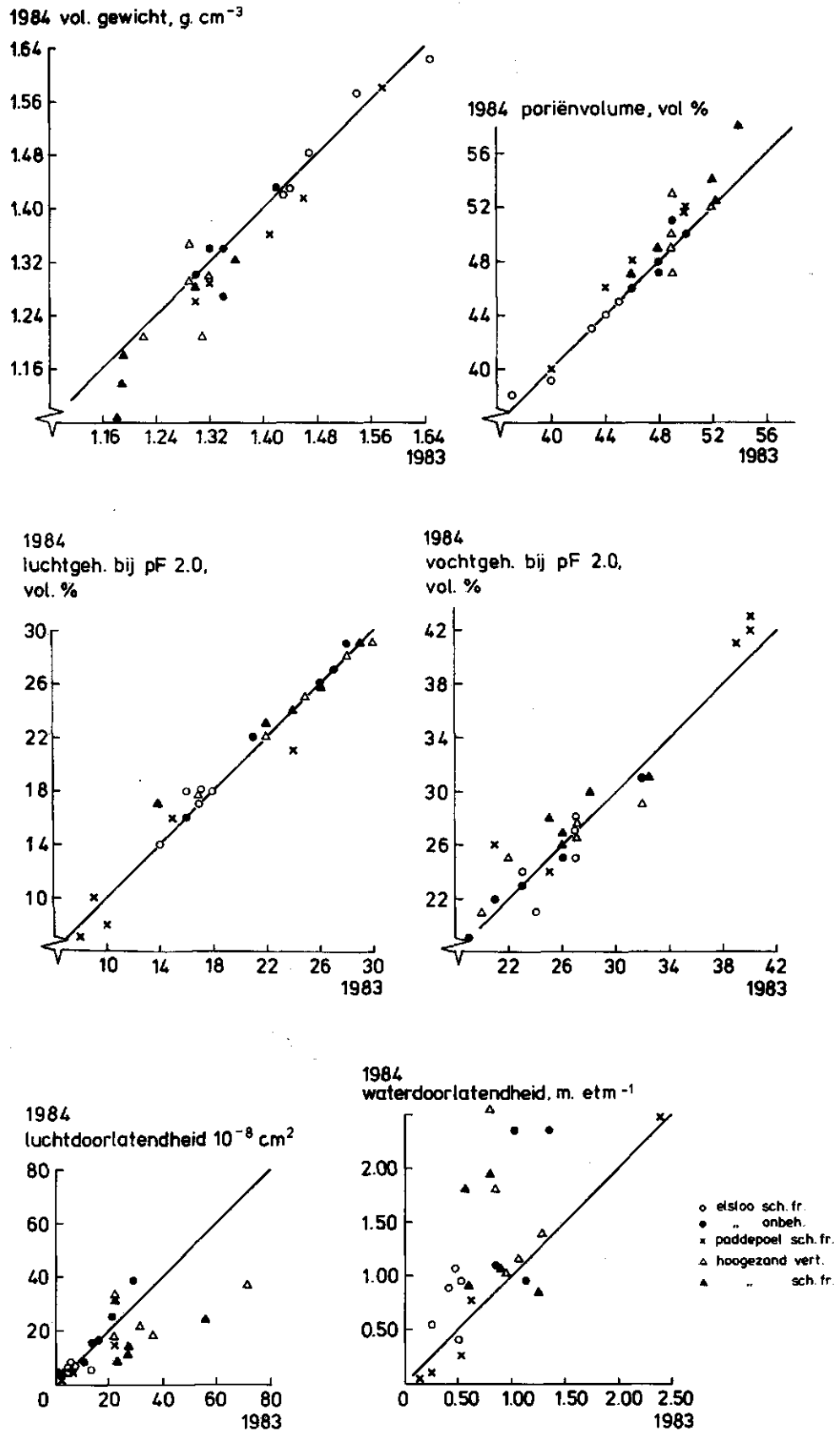
De voornaamste resultaten van het bodemfysisch onderzoek voor en na de verschillende ingrepen zijn vermeld in bijlage 1.

Inzicht in mogelijk opgetreden veranderingen kan worden verkregen door de samenhang weer te geven tussen de waarden voor de verschillende eigenschappen, zoals die voor en na de diepe grondbewerking werden verkregen (figuur 5). Uit de figuren blijkt dat er door of na de bewerking niet zo veel veranderd is: de punten wijken in de meeste gevallen niet zo veel af van de 45^o lijn. Toch zijn er aanwijzingen dat het volumegewicht bij de lagere waarden nog lager is geworden, dat het poriënvolume bij de hogere waarden hoger is geworden en dat de waterdoorlatendheid daar waar hij al groot was, nog verder is toegenomen: dat wijst erop dat de lossere grond nog wat lossier is geworden en dat er bij de vastere grond weinig of niets is veranderd. De luchtgehalten zijn echter niet veranderd en dat zou betekenen dat de wat lossere structuur vooral ten goede is gekomen aan het water in de grond.

Opvallend is echter dat ook de waterdoorlatendheid op het voetbalveld te Elsloo, waar geen diepe grondbewerking werd toegepast, is toegenomen. Dat wijst erop dat ook zonder ingreep de doorlatendheid in de loop van de tijd kan variëren. De oorzaak daarvan is niet duidelijk, maar wel is bekend dat lucht, aanwezig in de grond of het water, het doorlaten van water kan beïnvloeden. Dat kan ook hier een rol hebben gespeeld. Het heeft echter tot gevolg dat moeilijk de conclusie kan worden getrokken dat de waterdoorlatendheid door diepe grondbewerking is verbeterd.

Toch kan worden vastgesteld dat na uitvoering van de diepe grondbewerking in Elsloo geen plasvorming meer is opgetreden. Het is duidelijk dat ook andere factoren daarbij een rol gespeeld kunnen hebben, waarbij gedacht kan worden aan regenintensiteit en regenverdeling, drainage-toestand, wijze en tijdstip van bespeling. De ervaring is dat onder invloed van dit soort factoren de gesteldheid van sportterreinen vrij sterk kan variëren en dat een langere periode van waarneming noodzakelijk is om een indruk over de kwaliteit van het sportveld te krijgen. Op de velden van Hoogezand daarentegen kon in het algemeen geen verbetering van de toplaag worden geconstateerd. Die bleven ook na de bewerking door het hoge humusgehalte aan de zachte kant.

Op de velden in Paddepoel is eerst geen verbetering opgetreden en werden daar in natte perioden nog plassen waargenomen. De laatste jaren is dat niet meer het geval geweest.



Figuur 5. Bodemfysische eigenschappen voor en na de ingreep (resp. 1983 en 1984).

Figure 5. Soil physical characteristics before and after the tillage treatments (1983 and 1984, respectively).

7. BESPREKING VAN DE RESULTATEN

Wat heeft het onderzoek op de drie proefobjecten met diepe grondbewerking nu opgeleverd? In ieder geval de conclusie dat bij problemen met grassportvelden, vooral waar het plasvorming en onvoldoende stevigheid betreft, de oplossing te snel wordt gezocht in toepassing van vertidrain of diepbeluchtingsschudfrees en te weinig aandacht wordt besteed aan mogelijk andere oorzaken van de genoemde problemen. De hockeyvelden in Hoogezand zijn daarvan een goed voorbeeld. Dat zijn goed doorlatende gronden met een diepe grondwaterstand, waar geen plasvorming optreedt maar waar de toplaag onder natte omstandigheden wat zacht kan worden omdat het humusgehalte hoog is. Verlaging van het humusgehalte door geregelde bezanding zou hier voorop moeten staan.

Op de voetbalvelden in de wijk Paddepoel lijkt het ontwateringssysteem niet goed te functioneren. Dat zal eerst goed nagekeken moeten worden. Het is echter zeer waarschijnlijk dat de onder de toplaag liggende opgebrachte klei die ongerijpt, gereduceerd, erg plastisch en vrij ondoorlatend is voor water, de problemen voor een belangrijk deel veroorzaakt. Deze toestand is ongetwijfeld in de hand gewerkt door de beregening die in droge perioden in de zomer geregeld werd toegepast. Indroging, rijping en scheurvorming zijn daardoor achterwege gebleven. Het is onze overtuiging dat zonder beregening de profielopbouw in de loop der jaren gunstiger zal worden en de problemen zullen afnemen. De ontwikkelingen in de laatste jaren wijzen in die richting. Het is duidelijk dat toepassing van de diepbeluchtingsschudfrees op een plastische kleigrond, zoals hier is gebeurd, geen zin heeft en ook ongewenst is (Koolen, 1984).

De aard van de problemen op de velden in Elsloo was minder duidelijk. Er werden onvolkomenheden in de drainage geconstateerd en de bodemfysische gesteldheid van het profiel bleek vrij ongunstig te zijn. Nadat verbeteringen zijn aangebracht aan het drainagesysteem en de diepbeluchtingsschudfrees op de velden werd ingezet, zijn weinig of geen problemen meer opgetreden. Gezien het feit dat de bodemfysische eigenschappen door diepe grondbewerking vrijwel niet zijn veranderd, ligt de conclusie voor de hand dat hier vooral de verbetering van de ontwatering belangrijk is geweest.

Dit onderzoek bevestigt de al eerder getrokken conclusie (Boekel en Zwiers, 1982) dat alvorens tot een ingrijpende verbeteringsmaatregel

wordt overgegaan, eerst meer en dieper gaand onderzoek naar de aard en de oorzaak van de problemen moet worden verricht dan gebruikelijk is. Te snel wordt aangenomen dat er een dichte, ondoorlatende laag in het profiel aanwezig is en dat diepe grondbewerking de oplossing is.

8. SAMENVATTING EN CONCLUSIES

Als gevolg van overmatig regenwater laat de toestand van sportvelden nogal eens te wensen over. Als oorzaak wordt vaak het vóórkomen van ondoorlatende lagen in het profiel gezien. De laatste jaren zijn machines (o.a. de vertidrain en de diepbeluchtingsschudfrees) ontwikkeld, die in staat zijn deze lagen te breken met behoud van de toplaag. Om het effect van de diepe grondbewerking na te kunnen gaan zijn deze machines ingezet op enkele sportvelden in Elsloo, Hoogezand en Groningen (Paddepoel) in de zomer van 1983. Er zijn waarnemingen verricht betreffende de profielopbouw, het organische-stofgehalte en de ontwatering. Bovendien is onderzoek gedaan naar de dichtheid en de doorlatendheid van het profiel tot 0,5 m beneden maaiveld, zowel voor als een jaar na de bewerking.

De voornaamste resultaten waren de volgende:

- a. het organische-stofgehalte van de velden in Hoogezand is vrij hoog, waardoor in een natte periode de toplaag vrij veel water vasthoudt en zacht wordt waardoor de speelbaarheid terugloopt. Vooral voor hockey is dat ongewenst;
- b. bij het optreden van droogteverschijnselen worden de voetbalvelden in Paddepoel vrij snel beregend, waardoor een ondiepe beworteling optreedt en de kleilaag bovendien geen kans krijgt om flink uit te drogen en te scheuren waardoor de doorlatendheid zou kunnen worden bevorderd;
- c. de ontwatering van het korfbalveld en het oefenveld van Elsloo was niet optimaal, waardoor plasvorming ongetwijfeld in de hand is gewerkt. Correctie van de verzameldrain lijkt gunstig te hebben gewerkt;
- d. het losmakend effect van de diepe grondbewerking op dichte lagen is op langere termijn vrijwel nihil. Dit is het geval op het oefenveld en het korfbalveld van Elsloo en bij de laag 10-20 cm-mv van de velden in Paddepoel;
- e. de bewerking heeft geen gunstige invloed uitgeoefend op de luchtdoorlatendheid. De verzadigde waterdoorlatendheid is op de meeste velden toegenomen. Of dit evenwel geheel een gevolg is van de diepe grondbewerking moet worden betwijfeld, omdat op het onbehandelde voetbalveld van Elsloo de waterdoorlatendheid zelfs bijna is verdubbeld. Blijkbaar zijn daarbij ook andere factoren in het spel geweest.

Samenvattend kan worden gesteld dat op de bij dit onderzoek betrokken velden op wat langere termijn geen losmakend effect van diepe grondbewerking door vertidrain en diepbeluchtingsschudfrees naar voren is gekomen en dat daarom ook geen effect daarvan op plasvorming en bespeelbaarheid kan worden verwacht. Dat in de jaren daarna in Elsloo en Paddepoel de gesteldheid van de velden toch beter was dan daarvoor, moet vooral worden toegeschreven aan andere veranderingen bv. aan de verbetering van het drainagesysteem te Elsloo en het (meer) achterwege laten van beregning in Paddepoel.

Dit onderzoek heeft wederom duidelijk gemaakt dat het gewenst is om alvorens diepe grondbewerking toe te passen, door beoordeling van het profiel en van de ontwateringstoestand vast te stellen wat de aard en de oorzaak is van de problemen. Wanneer dat inderdaad de aanwezigheid van een dichte, ondoorlatende laag in het profiel blijkt te zijn kan een diepe grondbewerking bij goede geschiktheid van de ondergrond (voldoende droog en niet plastisch) worden uitgevoerd.

9. SUMMARY AND CONCLUSIONS

As a result of excessive rainfall the playability of sports turf is unsatisfactory at times. The presence of impermeable layers in the profile is often seen as the cause. Recently, machines have been developed (e.g. vertidrain and deep-aerating rotovator) that can break these layers whilst leaving the top layer intact. To establish the effect of deep tillage these machines have been used in the Netherlands on some sports fields in Elsloo, Hoogezand and Groningen in the summer of 1983. The following parameters were determined: soil profile, organic-matter content and drainage. Density and permeability of the profile to a depth of 0.5 m were also studied, a year before as well as a year after the tillage treatments.

The most important results were the following:

- a. the organic-matter content of the fields at Hoogezand is fairly high, so that the top layer holds a relatively large amount of water during a wet period and becomes soft, which has a negative effect on playability. This is especially undesirable for hockey fields;
- b. the soccer fields at Groningen are irrigated fairly soon after drought symptoms occur, which results in shallow rooting and does not allow the clay layer to dry out properly and to form cracks that could improve the permeability;
- c. drainage of the korfbal and the practice field at Elsloo were not optimal, which without doubt increased the formation of puddles. Correction of the collection drain seems to have had a positive effect;
- d. the long-term loosening effect of deep tillage on the impermeable layers seems to be practically zero. This is the case on the practice field and on the korfbal field, as well as the 10-20 cm layer of the fields in Groningen;
- e. the tillage treatments did not have a positive effect on aeration. The saturated water permeability has increased on most fields. It is doubtful, however, whether this effect is exclusively the result of deep tillage, because the water permeability of even the untreated soccer field at Elsloo has almost doubled. Apparently other factors also played a role.

It can be concluded that on the fields in this study in the longer term no loosening effect of deep tillage with vertidrain and deep-aerating rotovator has been observed, and thus, that no effect on the formation of puddles and playability may be expected. The fact that after deep tillage the condition of the fields at Elsloo and Groningen was better than previously must be attributed to other changes, such as the improvement of the drainage system at Elsloo and less frequent irrigation in Groningen.

This study has again made clear that is desirable to evaluate the profile and the drainage situation to identify the cause of the problems before deep tillage is carried out. When the cause indeed appears to be an impermeable layer in the profile, deep tillage can be carried out, provided that the subsoil is in suitable condition (sufficiently dry and not plastic).

10. LITERATUUR

- Boekel, P., 1979. Verbetering van de stevigheid van grassportvelden.
Landbouwkd. Tijdschr. 91: 92-98.
- Boekel, P. en L. Bregman, 1959. Moeilijkheden met de waterhuishouding in
de polder Zijpe. Landbouwvoorl. 166: 293-297.
- Boekel, P. und J.S. Zwiers, 1982. Unterbodenlockerung bei Sportrasen.
Z. Vegetationstechn. 5: 144-147.
- Breukink, B., 1985. Diepere grondbewerkingsmachines. Tuin en Landschap
7: 24-25.
- Koolen, A.J., 1985. Processen die in de grond optreden bij diepe
grondbewerkingen. PAGV Verslag nr. 42, Lelystad, pp. 19-28.
- Nederlandse Sportfederatie, 1980. Onderhoud grassportvelden. Technische
Mededelingen 30, pp. 1-56.
- Nederlandse Sportfederatie, 1981a. Grondbewerkingsmachines. Technische
Mededelingen 33, pp. 10-12.
- Nederlandse Sportfederatie, 1981b. Grondbewerkingsproeven te Lonneker-
Enschede. Technische Mededelingen 36, pp. 23-24.

BIJLAGE 1.

Terrein	Laag (cm-mv)	Volumegewicht (g.cm ⁻³)	Poriën- volume (vol.%)	Volume %		bij pF 2,0		Luchtdoorlatend- heid ^{-8 2} (10 ⁻⁸ cm)		Verzadigde water- doorlatendheid (m.atm ⁻¹)			
				1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984	1983	1984
Elsloo korfbal- en oefenveld (schudfrees)	1- 6	1,65	1,62	37	38	14	14	23	24	13	6	0,50	0,39
	11-16	1,54	1,57	41	39	16	19	25	20	7	7	0,53	0,95
	21-26	1,47	1,48	44	43	17	18	27	25	5	8	0,41	0,87
	31-36	1,43	1,42	45	45	18	19	27	26	5	8	0,48	1,08
	41-46	1,44	1,43	44	45	17	17	27	28	4	5	0,25	0,55
Paddepoel voetbalvelden (schudfrees)	1- 6	1,46	1,41	45	46	24	21	21	25	22	15	2,41	2,49
	11-16	1,58	1,58	40	40	16	17	24	23	6	5	0,68	0,78
	21-26	1,41	1,36	47	49	8	8	39	41	2	3	0,14	0,04
	31-36	1,32	1,28	50	52	10	10	40	42	2	4	0,53	0,25
	41-46	1,30	1,26	51	52	11	9	40	43	2	1	0,25	0,10
Hoogezand hockeyvelden (vertidrain)	1- 6	1,28	1,35	50	48	17	18	33	30	71	38	1,27	1,38
	11-16	1,29	1,29	49	49	22	23	27	26	36	18	1,07	1,15
	31-36	1,31	1,21	50	54	28	28	22	26	22	18	0,85	1,80
	41-46	1,32	1,30	49	50	29	30	20	21	22	34	0,80	2,60
	1- 6	1,36	1,32	46	47	14	17	32	30	56	24	1,25	0,86
(schudfrees)	11-16	1,30	1,28	48	49	22	23	26	26	22	31	0,56	1,81
	21-26	1,19	1,15	52	54	24	24	28	30	27	11	0,89	1,08
	31-36	1,19	1,18	52	52	26	26	26	26	23	9	0,69	0,89
	41-46	1,18	1,08	54	58	29	29	25	29	27	14	0,80	1,94
Elsloo voetbalveld	1- 6	1,32	1,34	48	47	16	16	32	31	29	39	1,11	0,95
	11-16	1,34	1,34	48	48	21	22	27	26	16	16	0,84	1,12
	21-26	1,30	1,30	50	50	26	26	24	24	21	25	1,35	2,35
	31-36	1,34	1,27	49	51	28	29	21	22	14	16	1,27	2,81
	41-46	1,42	1,43	46	46	27	27	19	19	10	9	1,01	2,35