

NN31396.1404.2

STICHTING VOOR BODEMKARTERING
WAGENINGEN

BESPEELBAARHEID VAN GRASSPORTVELDEN
MET EEN DUINZANDBOVENGROND



Stichting voor Bodemkartering
Postbus 98
6700 AB Wageningen
Tel. 08370-19100

Rapport nr. 1404
Project nr. 108.42

W.C.A. van der Knaap
141082-03

BESPEELBAARHEID VAN GRASSPORTVELDEN
MET EEN DUINZANDBOVENGROND

W.C.A. van der Knaap

141082-03

ISBN 90 327 0054 5

Wageningen, januari 1980

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm en op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de Stichting voor Bodemkartering en de instantie die de opdracht tot het onderzoek heeft gegeven.

16 JUNI 1980



INHOUD		Blz.
	WOORD VOORAF	9
1	INLEIDING	11
2	DOEL VAN HET ONDERZOEK	13
3	OPZET VAN HET ONDERZOEK	17
4	RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK	19
4.1	De grond	19
4.1.1	Profielopbouw	19
4.1.2	Profielverandering in de bovengrond bij en na de aanleg van een grassportveld	19
4.1.3	Verschillen in profielopbouw binnen een grassportveld	21
4.1.4	De bodemeenheden	24
4.1.5	De korrelgrootteverdeling van de toplaag van de proefplekken	24
4.1.6	Vochtkarakteristieken van de toplaag en van de humusarme ondergrond	27
4.2	Grondwaterstanden op grassportvelden op duinzand	32
4.3	De stevigheid van de toplaag	35
4.3.1	De indringingsweerstand (Iw) als maat voor de stevigheid van de toplaag	35
4.3.2	Methodiek voor het meten van de indringingsweerstand	37
4.3.3	Indringingsweerstand op 1 en op 5 cm beneden maaiveld en de invloed hierop van de bespelingsintensiteit	38
4.3.4	Indringingsweerstand op zes velden die verschillen in bodemkundig en hydrologisch opzicht	42
4.3.5	Indringingsweerstand en grondwaterstand	47
4.3.6	Verband tussen zuigspanning en grondwaterstand in de wintermaanden	49
4.3.7	De dichtheid van de grond in duinzandtoplagen op sportvelden	49
4.3.7.1	Dichtheid van de grond, organische-stofgehalte en lutumgehalte	49
4.3.7.2	Dichtheid van de grond en bemonsteringsdiepte	54
4.3.7.3	Dichtheid van de grond, bespelingsintensiteit, stevigheid en bewortelingsmogelijkheden voor gras	54
4.4	Kans op plasvorming	55
4.4.1	Inleiding	55
4.4.2	De doorlatendheid	55
4.4.3	Berging van water in de toplaag	57
4.4.3.1	Inleiding	57
4.4.3.2	Bepaling van de tijdelijke berging van water in de bovenlaag met behulp van pF-curven	57
4.4.3.3	Bepaling van de tijdelijke berging in de bovenlaag met behulp van slijpplaten	59

4.5	De grasmāt	61
4.5.1	Bedekkingsgraad, samenstelling en bespelingsintensiteit	61
4.5.2	Verband tussen de mate van verdroging, de grondwaterstand en de afstand van de grondwaterspiegel tot de onderkant van de effectieve wortelzone	64
4.5.3	De gewenste grondwaterstand voor grassportvelden op duinzandgronden in perioden met een neerslagtekort	73
5	REGRESSIE-ANALYSE MET Iw ALS TE VERKLAREN VARIABLE	75
6	RELATIE TUSSEN BESPELINGSMOGELIJKHEDEN EN ORGANISCHE-STOFGEHALTE OP HET INTENSIEF EN HET EXTENSIEF BESPEELDE DEEL VAN VELDEN MET EEN ZEER KLEIARME ZANDBOVENGROND	81
7	PROBLEMEN IN VERBAND MET ONGELIJKE HOOGTELIKKING VAN EEN GRASSPORTVELD OP DUINZANDGROND MET GRONDWATERINVLOED	83
8	INDELING VAN GRASSPORTVELDEN MET DUINZANDTOPLAGEN, MET MOGELIJKHEDEN VOOR GRONDWATERSTANDBEHEERSING, NAAR BESPELINGSMOGELIJKHEDEN GEBASEERD OP DE INDRINGINGSWEERSTAND	85
9	CONCLUSIES	87
10	SAMENVATTING	91
11	LITERATUUR	93
	BIJLAGEN	
1	Verklarende woordenlijst	95
2	Analyse-uitslagen van de laag van 0-2,5 cm beneden de grasmāt (maart-april 1976)	101
3	Analyse-uitslagen (augustus-september 1973)	103
4	Analyse-uitslagen van de laag van 2,5-7,5 cm beneden de grasmāt (maart-april 1976)	105
5	Analyse-uitslagen van profielen met capillaire nalevering	107
6	pF-curve, dichtheid van de grond enz. van de laag van 0-2,5 cm beneden de grasmāt	109
7	pF-curve, dichtheid van de grond enz. veelal van de laag van 2,5-7,5 cm beneden de grasmāt	111
8	Berekeningen capillaire stijghoogte van duinzandondergronden	113

FIGUREN

1	Situatieschets van de velden met hun grondsoorten	16
2	Schematische doorsnede (noordwest-zuidoost)	20
3	Slijpplaatfoto's van de bovengrond van het zeer intensief bespeelde deel van twee grassportvelden met gehomogeniseerde top laag, circa tien jaar na de aanleg	22
a	Humeus, zeer kleiarm duinzand (broekeerdgrond) met een grotendeels doorgewerkte laag moerig materiaal (proefplek 5C)	22
b	Lichte kleigrond (ooivaaggrond) met (kleiig) bezandingsdek van ca. 8 cm dikte (proefplek 2C)	22
4	Bemonsteringsdiepten van de laag 0-2,5 en 2,5-7,5 cm beneden de grasmat in drie bijzondere gevallen	26
5	Sommatiecurven van granulaire analyses van top-lagen (2,5-7,5 cm beneden grasmat) nabij de kern (proefplek 5B) en aan de rand van een strandwal (proefplek 1A)	28
6	Sommatiecurven van granulaire analyses van top-lagen (2,5-7,5 cm beneden grasmat) van een bezandingsdek van een kleiveld (proefplek 2C) en een door omspuiten verkregen zanddek (proefplek 7aA)	29
7	pF-curve van duinzandgronden op het zeer intensief bespeelde deel van het veld	30
8	Het grondwaterstandsverloop op veld 7a en 7b en het neerslagoverschot per decade, gemeten op het weerstation te Naaldwijk	34
9	Verband tussen slootpeil, Eskamppolderpeil en de grondwaterstand ten opzichte van een plat vlak (= maaiveld proefplek 1A) en het neerslagoverschot per decade, gemeten op het weerstation te Naaldwijk	36
10	Gemiddelde Iw ($\bar{Iw}$) en standaardafwijking (S) van twaalf waarnemingen op extensief (.), matig intensief (o) en zeer intensief (x) bespeelde proefplekken, na 10 à 15 mm neerslag in het voorafgaande etmaal (eind november 1975)	39
11	De grootste afwijkingen in negatieve en positieve richting van de Iw op een grassportveld dat in de voorafgaande herstelperiode heringezaaid was (veld 3) en een oud grassportveld (veld 8), bij een toenemend aantal metingen tot respectievelijk 17 en 13	40
12	De Iw op 1 cm beneden de grasmat en het grondwaterstandsverloop op een ooivaaggrond (lichte klei met een top laag van lichte zavel) (proefplek 2A) en van kleiig duinzand (proefplek 2C)	43
13	De Iw op 1 cm beneden de grasmat en het grondwaterstandsverloop op een duinzandgrond met een zeer humeuze, zeer kleiarne bovengrond (veld 5)	44

		Blz.
14	De Iw op 1 cm beneden de grasmat en het grondwaterstandsverloop op het zeer intensief bespeelde gedeelte van het veld van een broek-eerdgrond (zWz, proefplek 6C) en een madeveen-grond (saVc, proefplek 8C), beide met een zeer humeuze, zeer kleiarne duinzandbovengrond	45
15	De Iw op 1 cm beneden de grasmat op een duinzandgrond met een zeer humeuze, zeer kleiarne bovengrond op een veld met overjarige (7a) en met een halfjaar tevoren heringezaaide (7b) grasbegroeiing	46
16	Verband tussen grondwaterstand en Iw op 1 cm beneden de grasmat van duinzandgronden in een periode met een neerslagtekort van 2 à 3 mm per dag (eind april tot eind mei 1976)	48
17	Verband tussen grondwaterstand en Iw op het zeer intensief bespeelde deel van grassportvelden op duinzand op 1 cm beneden de grasmat in het competitie seizoen 1975/'76	48
18	Verband tussen de hoogte boven het grondwater en de zuigspanning in perioden met neerslagoverschot	50
19	Het zuigspanningsverloop op drie proefplekken in de laag van 1 tot 20 cm op een zandveld (7a) en een veenveld met zanddek (8)	51
20	Verband tussen het organische-stofgehalte en de dichtheid van de grond in duinzandbovengronden	53
21	Maximumgrens (A) van het specifiek volume en minimum grens (B) van de dichtheid van de grond op het intensief bespeelde deel van zeer kleiarne duinzandvelden. Deze grenswaarden voor voldoende stevigheid gelden voor de laag 0-2,5 cm beneden de grasmat bij pF 1,85	56
22	Verband tussen de doorlatendheid (K) en het lutumgehalte van grof zand (U-43), onder natte omstandigheden gemengd met fijne klei-aggregaten (0-½ mm) volgens Fahmy (1961)	56
23	Water-luchtverhouding bij grondwaterstanden van 0,25, 0,50, 0,75 en 1,00 m - mv.	58
24	De grasbedekkingsgraad op een speelveld (7a) en op een speeloefenveld (7b) dat een halfjaar tevoren (april 1975) heringezaaid was; de gegevens hebben betrekking op de strook waarvan ook de Iw is gemeten	62
25	Bedekkingsgraad van de vegetatie tegen het einde van het competitie seizoen (april 1973) van een tamelijk intensief gespeeld sportveld (veld 4)	63
26	Verdroging van grassportveld op 27-8-'73	66
27	Verband tussen de zuigspanning en de hoogte boven het grondwater op de proefplekken 1 west en 1 oost op 4 september 1975	70
28	Verband tussen de zuigspanning en de stijghoogte boven de grondwaterspiegel bij een capillaire nalevering van 0,5, 0,2 en 0,1 cm/d in zandgronden	71

		Blz.
29	Verband tussen de zuigspanning en de stijghoogte boven de grondwaterspiegel (z) bij een capillaire nalevering V van 0,2 cm/d	72
30	Verband tussen de bewortelingsdiepte en de gewenste zomergrondwaterstand voor grassportvelden op duinzandgronden	72
31	Invloed van het specifiek volume (S) en het gewichtsperscentage vocht (A) van de laag van 0-2,5 à 5 cm beneden de grasmat op de indringingsweerstand (Iw) bij 6,7% organische stof, 1,6% lutum en een bedekkingsgraad van de grasmat van 70%	77
32	Invloed van organische stof (H) en lutum (L) als gewichtsperscentages van de grond op de indringingsweerstand (Iw) bij 31 gew. % vocht en een specifiek volume van 0,82 cm ³ /g in de laag van 0-2,5 à 5 cm beneden de grasmat en een bedekkingsgraad van de grasmat van 70%	77
33	Invloed van de bedekkingsgraad van de grasmat (B) en het gewichtsperscentage vocht (A) op de indringingsweerstand (Iw) bij 6,7% organische stof, 1,6% lutum en een specifiek volume van 0,82 cm ³ /g in de laag van 0-2,5 à 5 cm beneden de grasmat	77
34	Indringingsweerstand (gemeten met penetrograaf met conusbasis van 1 cm ² en tophoek van 60°) op diep humeus (strandwal) zandprofiel (zEZ21) op 10 maart 1975 na 18,8 mm neerslag in voorafgaande drie etmalen waaryan 7 mm in het voorafgaande etmaal	84

TABELLEN

1	Aantal in Nederland aanwezige grassportvelden, gesplitst naar takken van sport, op 1 januari 1970 en 1975	11
2	Aantal voetbalvelden per 100 000 inwoners per provincie in 1963, 1970 en 1975	12
3	Verschillen in profielopbouw enz. binnen één grassportveld	23
4	De bodemeenheden	25
5	De hoeveelheid beschikbaar vocht	31
6	Gemiddelde indringingsweerstand ($\bar{Iw}$ in MPa), standaardafwijking (s in MPa) en variatiecoëfficiënt (s/ $\bar{Iw}$)	41
7	Verband tussen organische-stofgehalte (x in %) en specifiek volume (y in cm ³ /g) van duinzand-toplagen	52
8	Poriënverdeling (> 30 µm) in slijpplaten van een zeer kleiarne (5C) en een kleiige (2C) duinzand-bovengrond afkomstig van respectievelijk duinzand en lichte klei	60
9	Samenstelling van de grasmat aan het eind en kort voor het begin van het competitieseizoen (Kraak, 1974)	64

		Blz.
10	Neerslagcijfers van het weerstation Naaldwijk in de aan de opname voorafgaande periode	65
11	Verband tussen droogteschade, grondwaterstand en afstand (z) tussen onderkant bewortelde laag en grondwaterspiegel in de nazomer van 1973 op grassportvelden op duinzandgronden	67
12	Gegevens van plekken op duinzand-grassportvelden op de grens van een wel en een niet verdorde grasmatt	68
13	Regressie van de indringingsweerstand (Iw) in MPa op het specifiek volume (S) in cm ³ /g, de bedekkingsgraad van de grasmatt (B) in %, het gewichtspercentage vocht (A), het gewichtspercentage organische stof (H) en het gewichtspercentage lutum (L) van de laag van 0-2,5 à 5 cm beneden de grasmatt van zeer kleiarme duinzandgronden	75

WOORD VOORAF

In samenwerking met de afdeling Vegetatiekunde van het voormalige Instituut voor Biologisch en Scheikundig Onderzoek te Wageningen (thans opgenomen in het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek) is door de Stichting voor Bodemkartering onderzoek verricht op grassportvelden in de jaren 1973 t/m 1976. In dit rapport zijn de resultaten verwerkt van het onderzoek op de velden met een duinzandbovengrond in Den Haag en omgeving.

Uiteraard was dit onderzoek slechts mogelijk dank zij de medewerking van velen. Van hen moeten in de eerste plaats worden genoemd de hoofden van de afdeling Onderhoud van sportvelden in de desbetreffende gemeenten. Een bijzonder woord van dank verdienen ook de terreinmeesters en hun opzichters voor het verzamelen van gegevens over bespelingsintensiteit, terreingesteldheid, afkeuring van velden en grondwaterstand. Door veelvuldige uitwisseling van ervaringen met hen, zijn de inzichten betreffende waterbeheersing en gewenste samenstelling van de bovengrond van grassportvelden aanmerkelijk verruimd. Belangrijke bijdragen hierin werden ook geleverd door medewerkers van de genoemde afdeling Vegetatiekunde.

Ook moet worden gememoreerd de hulp die diverse afdelingen van de Stichting voor Bodemkartering hebben verleend. Een medewerker van de afdeling Opdrachten karteerde in detail de grassportvelden die bij het onderzoek betrokken waren, en plaatste de grondwaterstandsbuizen. De afdeling Micropedologie vervaardigde en interpreteerde slijpplaten van bovengronden van enkele sportvelden. In de laboratoria van de afdeling Bodemtechniek en van rayonkantoor Boskoop zijn fysische bepalingen verricht.

Na uitgebreide hulp tijdens het onderzoek heeft de heer W. Butteling, destijds opzichter van de afdeling Onderhoud van sportvelden in Den Haag, samen met zijn chef, de heer Melkert, het rapport kritisch willen doornemen.

Het Hoofd van de afdeling
Tuinbouw en Stedelijk Groen,

Dr.Ir. J.G.C. van Dam

Grassportvelden nemen met een aantal van ca. 10 000 (tabel 1) slechts 0,3% van de oppervlakte van de Nederlandse gronden in beslag. Toch vormen grassportvelden een belangrijke vorm van bodemgebruik. Talrijke Nederlanders zijn actief of passief betrokken bij diverse veldsporten, in het bijzonder bij de voetbalsport. Vooral door de toenemende hoeveelheid vrije tijd is de behoefte aan sportvelden na de Tweede Wereldoorlog sterk gestegen. Dit heeft een grote uitbreiding van het aantal sportvelden tot gevolg gehad. Tabel 1 laat zien, dat in een periode van vijf jaar ruim 2 000 sportvelden zijn aangelegd.

Tabel 1 Aantal in Nederland aanwezige grassportvelden¹⁾, gesplitst naar takken van sport, op 1 januari 1970 en 1975 (Inventarisatie sportaccomodaties, CBS, 's-Gravenhage, 1970, 1975)

Tak van sport	Wedstrijd velden		Oefenvelden		Totaal	
	1970	1975	1970	1975	1970	1975
Voetbal	5 150	6 396	887	1 242	6 037	7 638
Hockey	622	789	36	63	658	852
Korfbal	593	709	46	62	639	771
Handbal	352	455	22	27	374	482
Honkbal	58	63	2	2	60	65
Subtotaal	6 775	8 412	993	1 396	7 768	9 808
Softbal		23		—		23
Rugby		19		—		19
Cricket		10		—		10
Kaatsen		74		1		75
Totaal		8 538		1 397		9 935

1) Exclusief velden bij scholen en kazernes

Ook het aantal sportvelden per 100 000 inwoners is sterk gestegen. Tabel 2 geeft een overzicht van het aantal voetbalvelden per 100 000 inwoners in 1963, 1970 en 1975.

Sedert 1963 is het aantal voetbalvelden in Nederland gestegen van 38 per 100 000 inwoners tot 59 in 1975. Bij diverse andere sporten is deze stijging nog groter geweest. Hierdoor is het aantal velden en banen voor sportbeoefening in dezelfde periode verdubbeld. Door de sterke afnemende bevolkingsgroei wordt voor de komende jaren geen sterke uitbreiding van het aantal sportvelden meer verwacht.

De aanlegkosten van grassportvelden zijn hoog; ze bedragen veelal 75 000 à 150 000 gulden per veld, afgezien van de kosten voor kleedgebouwen, aanleg van riolering, gas, water, elektriciteit en een lichtinstallatie. Door bij de keuze van de plaats en de aanleg van de velden rekening te houden met de bodemkundige situatie, kan men soms aanzienlijk op de kosten

besparen. Bodemkundig onderzoek voorafgaand aan de aanleg van sportvelden is daarom alleszins gerechtvaardigd.

Tabel 2 Aantal voetbalvelden per 100 000 inwoners per provincie in 1963, 1970 en 1975
(CBS, 's-Gravenhage)

Provincie	1963	1970	1975
Groningen	49	59	70
Friesland	39	59	69
Drenthe	57	74	87
Overijssel	40	55	72
Gelderland	43	54	65
Utrecht	31	40	50
Noord-Holland	35	40	51
Zuid-Holland	28	36	42
Zeeland	43	58	69
Noord-Brabant	43	57	69
Limburg	44	59	73
Zuidelijke IJsselmeerpolders	57	54	78
Nederland	38	49	59

De Stichting voor Bodemkartering voert sinds 1950 karteringen uit ten behoeve van sportvelden. Deze kunnen worden verdeeld in drie categorieën:

- 1 bodemkartering van een gebied om vast te stellen welk deel ervan het meest geschikt is voor de aanleg van sportvelden;
- 2 bodemkartering van een voor sportvelden bestemd terrein om een advies over de aanleg uit te brengen;
- 3 bodemkartering van bestaande sportvelden om een advies over de verbeteringsmogelijkheden uit te brengen.

Om de geschiktheid van gronden voor sportvelden te kunnen aangeven, is er behalve een bodemkartering inzicht nodig in de specifieke eisen die sportvelden aan de grond stellen. Tot voor enkele jaren waren deze erg vaag. Mede daarom achtte de Stichting voor Bodemkartering het wenselijk onderzoek te doen om deze eisen beter te leren kennen.

Grassportvelden moeten voor balspelen, zoals voetbal, hockey, handbal en korfbal, aan een aantal eisen voldoen. De eisen die de gebruikers (de spelers) stellen, hebben behalve op de afmetingen betrekking op de bespeelbaarheid van de velden. De bespeelbaarheid van een veld wordt bepaald door de invloed op het balgedrag en door de begaanbaarheid. De bal mag tijdens het spel door contact met de grond geen onverwachte veranderingen in snelheid en richting krijgen. De spelers moeten zich gemakkelijk over het veld kunnen bewegen. Grote kans op vallen, veroorzaakt door de staat waarin het veld tijdens het spel verkeert, is niet geoorloofd.

Voor een goede bespeelbaarheid van een veld zijn nodig:

- a een vlakke ligging,
- b een stevig en stroef oppervlak,
- c geen plassen,
- d geen stenen.

ad a Vlakke ligging

Een sportveld in zijn geheel moet in het algemeen vlak liggen. In Nederland is volgens de KNVB een helling van maximaal 0,5 cm per meter toegestaan. Bij de aanleg wordt aan de meeste grassportvelden een zogenaamde tonrondte gegeven, dat wil zeggen dat de gehele lengtemiddenas van de sportvelden 15 à 20 cm hoger komt te liggen dan de zijlijnen. Deze tonrondte heeft de bedoeling te voorkomen, dat visueel de indruk kan ontstaan dat het veld hol ligt. Voorts kan hierdoor de grotere zetting van het midden van het veld als gevolg van de zwaardere betreding, worden opgevangen. Om ongewenste baleffecten te voorkomen, moeten hoogteverschillen op korte afstand zo gering mogelijk zijn. Hoe kleiner en harder de bal is, des te vlakker dient het veldoppervlak te zijn. Op een hockeyveld zijn de eisen dan ook zwaarder dan op een voetbal-, handbal- of korfbalveld.

ad b Stevig en stroef oppervlak

Zachte velden zijn moeilijk begaanbaar, spelen zwaar. Daarentegen mag een veld ook niet te hard zijn. Op harde velden is de kans op letsel groter en is het balgedrag anders. Gladde velden zijn slecht begaanbaar en geven een grotere kans op letsel.

ad c Plassen

Plassen zijn tijdens het spelen niet toegestaan, omdat de bal hierin "gesmoord" wordt, afgezien nog van de nadelen voor de spelers.

ad d Stenen

De toplaag van grassportvelden dient vrij te zijn van grind en stenen in verband met mogelijke verwonding van vallende spelers, richting-verandering van de speelbal, extra slijtage en stukgaan van maaimachines en het gevaar van opspringen van de stenen bij gebruik van cirkelmaaiers. De oppervlakte gronden waarvan de stenigheid een beperking kan vormen, is gering.

Een goede grasmant, hoewel niet noodzakelijk, wordt door de spelers op prijs gesteld. Een grasmant heeft door zijn veerkracht een dempende werking en heeft bovendien een gunstige invloed op een aantal bodemkundige eigenschappen die samenhangen met de bespeelbaarheid van een veld.

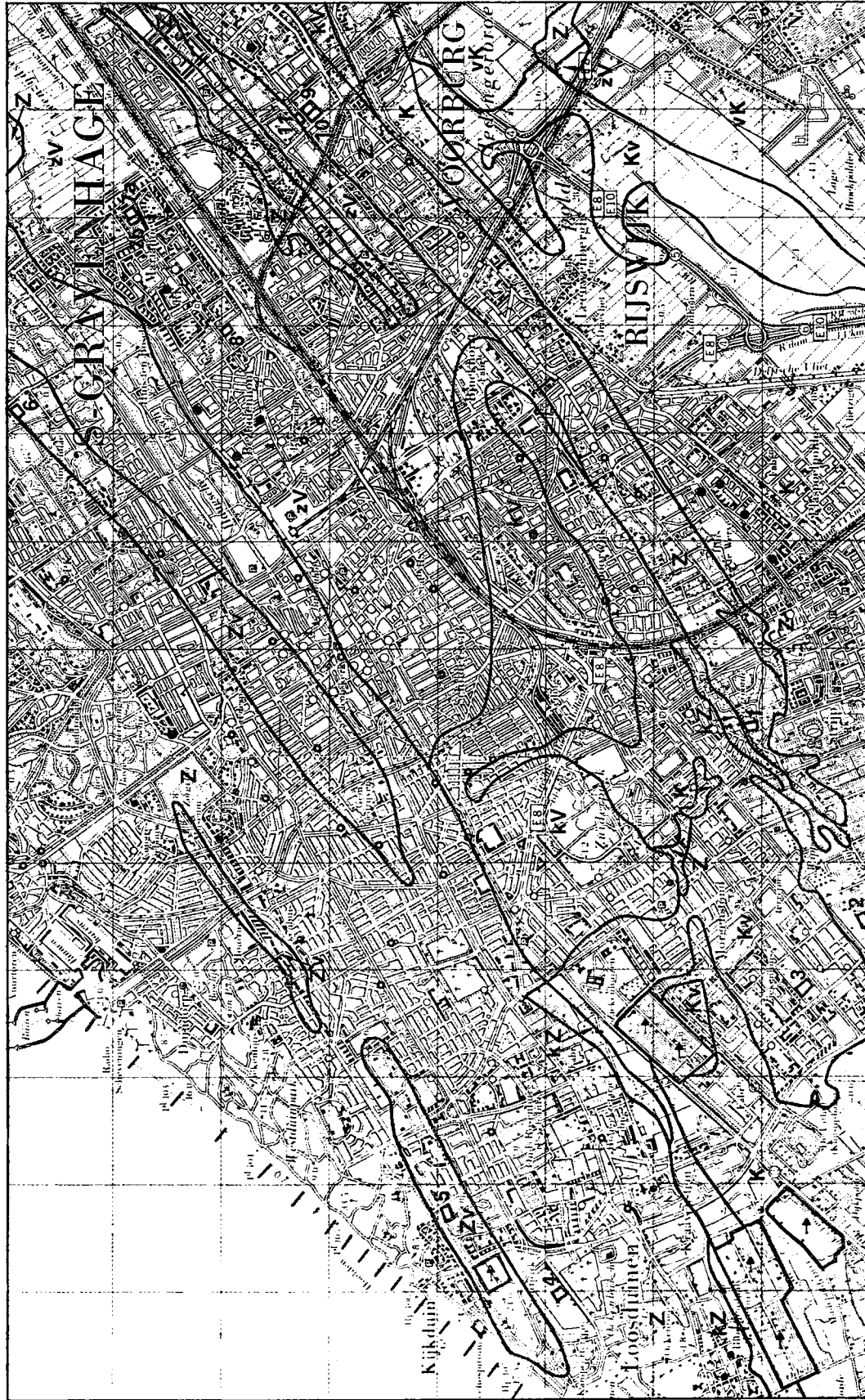
Voor een gebied zoals Den Haag en omgeving met een relatieve schaarste aan grassportvelden, is een hoge bespelingsintensiteit noodzakelijk om competitieprogramma's tijdig te kunnen afwerken. Een belangrijke voorwaarde hiervoor is, dat op alle dagen waarop het competitieprogramma voortgang vindt, de velden zodanig bespeelbaar zijn, dat verscheidene wedstrijden per dag kunnen worden gespeeld. Dit geldt uiteraard niet voor dagen waarop wegens de weersomstandigheden, zoals vorst, alle competitiewedstrijden in het district worden afgelast.

Om een hoge bespelingsintensiteit mogelijk te maken, dient een veld zowel onder droge als onder natte omstandigheden en zowel bij een hoge als bij een lage bedekkingsgraad van de grasmant bespeelbaar te zijn. Vragen die dan rijzen, zijn:

- Hoe dient de samenstelling van de toplaag te zijn om zowel bij een lage als bij een hoge bedekkingsgraad van de grasmant bij extreem droge en natte weersomstandigheden over een goed bespeelbaar grassportveld te beschikken met weinig kans op plasvorming?
- Zijn grassportvelden op klei- en veengronden, afgezien van de hogere aanlegkosten in verband met het aanbrengen van een bezandingsdek, gelijkwaardig aan die op zandgronden?
- Wat is de invloed van de grondwaterstand op de bespeelbaarheid en op de grasmant?
- Welke bijdrage kan een regelbare grondwaterstand leveren aan de bespeelbaarheid in dit tamelijk vlakke gebied met tamelijk constante boezem- en polderpeilen?
- Hoe is het regelbaar maken van de grondwaterstand te verwezenlijken?
- Kan in verband met de gemakkelijk te meten en constant te houden grondwaterstand de optimale grondwaterstand worden vastgesteld?

- Wat is de betekenis van de grasmatten voor de bespeelbaarheid op de verschillende gronden?
- Stellen zeer intensief bespeelde, ook wel overbespeelde velden genoemd, andere eisen aan de grond?

Met het onderzoek werd getracht antwoord te geven op deze vragen.



- Legenda
- Z duinzand (strandwallen en duinen)
 - Zv duinzand, veelal met moerige laag of moerige ondergrond
 - kZ kleilig duinzand
 - zV veen met zanddek
 - kV kleilig veen
 - vK klei met moerige bovengrond
 - Kv klei op veen
 - K klei
 - strandvlakte - gronden
 - strandvlakte - gronden
 - duinzand (na omspuiten)
 - 6 proefsportveld

Fig. 1 Situatieschets van de velden met hun grondsoorten

Het onderzoek dat in dit rapport wordt beschreven, heeft betrekking op twaalf grassportvelden gelegen in Den Haag, Rijswijk en Voorburg. Deze velden liggen op strandwalgronden, strandvlaktegronden of kleigronden (fig. 1). Strandwalgronden bestaan meestal tot vele meters diepte uit kalkrijk duinzand waarvan de bovenlaag ontkalkt is. Strandvlaktegronden hebben een profiel bestaande uit veen, soms afgewisseld met zand- en kleilagen, rustend op duinzand en meestal afgedekt met duinzand of klei.

Tien velden worden zowel voor wedstrijden als voor training gebruikt. Acht velden zijn voorzien van lichtmasten, om ook tijdens winteravonden benut te kunnen worden. Behalve voor voetbal worden de meeste velden tevens voor andere veldsporten gebruikt, vooral door scholieren. Het gemiddelde aantal jaarlijkse gebruiksuren per veld is ca. 1 300. Op het intensiefst bespeelde veld bedraagt dit aantal 1 600, bijna uitsluitend in de periode van 1 september tot 1 juni. Dit komt dus neer op 49 gebruiksuren per week.

Het intensief bespeelde deel van het veld wordt in de winter vaak zo kaal gespeeld, dat de bedekkingsgraad van de grasmat tot 0 nadert en in het voorjaar nauwelijks meer toeneemt. Na of aan het einde van het speelseizoen worden de kaal gespeelde gedeelten van de velden zo snel mogelijk met graszaad in- en doorgezaaid. Men hoopt dan aan het begin van het nieuwe seizoen, dus na circa tien weken, weer over een gesloten, goed ontwikkelde grasmat te beschikken die bestand is tegen intensieve bespeling, ten minste tot het einde van het groeiseizoen van het gras.

De keuze van zeer intensief bespeelde velden bood de mogelijkheid na te gaan, aan welke eisen velden moeten voldoen die door zogenaamde overbespeling een groot deel van het speelseizoen een lage bedekkingsgraad van de grasmat hebben.

Na een gedetailleerde kartering van twaalf geselecteerde velden, werden drie proefplekken per veld aangelegd. Om de invloed van de bodemgesteldheid en de grondwaterstand op de speelbaarheid te leren kennen, is bij de keuze van de proefplekken gestreefd naar zoveel mogelijk variatie in deze factoren. Tevens is één proefplek op het extensief, één op het matig intensief en één op het zeer intensief bespeelde deel van het veld aangelegd. Deze drie plekken per veld worden in het vervolg aangeduid met respectievelijk A, B en C.

De proefplek A lag in een van de hoeken van het veld buiten het strafschoopgebied; de proefplek C lag in de middencirkel. De plaats van de proefplek B is moeilijker algemeen aan te duiden, doch deze lag steeds op de andere speelhelft dan A.

Per proefplek is een uitvoerige profielbeschrijving gemaakt. Tevens zijn de bewortelingsdiepte en -intensiteit van het gras vastgesteld. Op iedere proefplek werd een grondwaterstandsbuis geplaatst, waarvan in de periode van 1973 tot in 1976 op of om-

streeks de 14e en 28e van iedere maand de stand werd opgenomen. Tevens werd dan het slootpeil gemeten. Voorts zijn van 1973 tot in 1976 gegevens verzameld om de bespelingsintensiteit te kunnen vaststellen. Ook werden genoteerd het aantal malen dat een veld werd afgekeurd, en de reden ervan. In 1973 en in 1974 is aan het einde van het competitie seizoen, dus omstreeks eind april, en in de tweede helft van augustus, juist voor het begin van het nieuwe competitie seizoen, de samenstelling van de grasmat vastgesteld en de bedekkingsgraad berekend. Dit onderzoek is uitgevoerd door een medewerker van het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek (Kraak, 1974).

Gedurende het competitie seizoen 1975/'76 zijn de veldwaarnemingen, die twee keer per maand plaatshadden, uitgebreid met waarnemingen van de stevigheid van de toplaag. Per proefplek werd de "hakmethode" toegepast. Tevens werd met een penetrometer de indringingsweerstand van de bovengrond gemeten en werd de bedekkingsgraad van de grasmat geschat.

In dit seizoen zijn eenmaal in de herfst, de winter en het voorjaar volumemonsters genomen voor bepaling van de volumieke massa en het gewichtspercentage vocht. Van de voorjaarsmonsters is tevens de pF-curve bepaald en is een uitgebreid granulair onderzoek (UGO) gedaan. Met dit alles werd beoogd meer inzicht te krijgen in de invloed die de waterhuishouding en de samenstelling van de bovengrond hebben op de bespelbaarheid.

4 RESULTATEN VAN HET ONDERZOEK

4.1 De grond

4.1.1 Profielopbouw

Alle velden waarop dit onderzoek betrekking heeft, liggen in de kuststrook. Dit gebied kenmerkt zich landschappelijk door strandwallen in de richting van zuidwest naar noordoost met strandvlakten ertussen (Van Liere, 1953).

Figuur 2 geeft een schematische doorsnede door dit gebied met de profielopbouw van de velden. De ligging van de twaalf velden is met cijfers aangegeven. Aan de noordzijde van Den Haag zijn deze strandvlakten veelal opgevuld met enkele decimeters tot 1 à 2 meter veen (veld 8). Aan de zuidwestzijde komen in de strandvlakten klei- (veld 2) of klei-op-veengronden voor (veld 3). De kern van de strandwallen bestaat echter tot vele meters diepte uit duinzand (veld 4, 9, 10 en gedeeltelijk 1). Plaatselijk komen er veenlensjes van enkele centimeters tot enkele decimeters dikte in voor, vooral op de overgang van de strandwal naar de strandvlakte, waar ook de bovengrond humusrijk tot moerig kan zijn (veld 5 en 6). In deze overgangsronden kunnen ook enkele centimeters tot enkele decimeters dikke kleilagen worden aangetroffen (veld 11 en gedeeltelijk 1).

In de loop der eeuwen hebben de gronden in de strandvlakten veelal een zandiger bovengrond gekregen, onder andere door baggeren (Van Egmond, 1971). Tijdens de aanleg zijn de sportvelden in de strandvlakte bezand met duinzand (veld 2 en 3). Door omspuiten, vergraven en egaliseren zijn gronden in de strandvlakten plaatselijk veranderd in kalkrijke zandgronden (veld 5, 7a en 7b); hierbij is de moerige bovenlaag verwisseld met zand, rijk aan schelpgruis, uit de ondergrond.

4.1.2 Profielverandering in de bovengrond bij en na de aanleg van een grassportveld

Bij de aanleg van grassportvelden wordt de grond geëgaliseerd. Hierbij krijgt het terrein een lichte tonronning, dit wil zeggen dat het maaiveld tussen de doelen 15 à 20 cm hoger wordt gelegd dan langs de zijlijnen.

Door het grondverzet is de bovengrond na de aanleg van een sportveld veelal heterogeen. Op zandgronden bestaat deze bovenlaag meestal uit laagjes en brokken, afwisselend meer en minder rijk aan organische stof. Figuur 3a toont een foto van een slijpplaat van de bovengrond van proefplek 5C. Deze bovenlaag bestaat uit humeus, zeer kleiarm duinzand gemengd met brokken en brokjes veen.

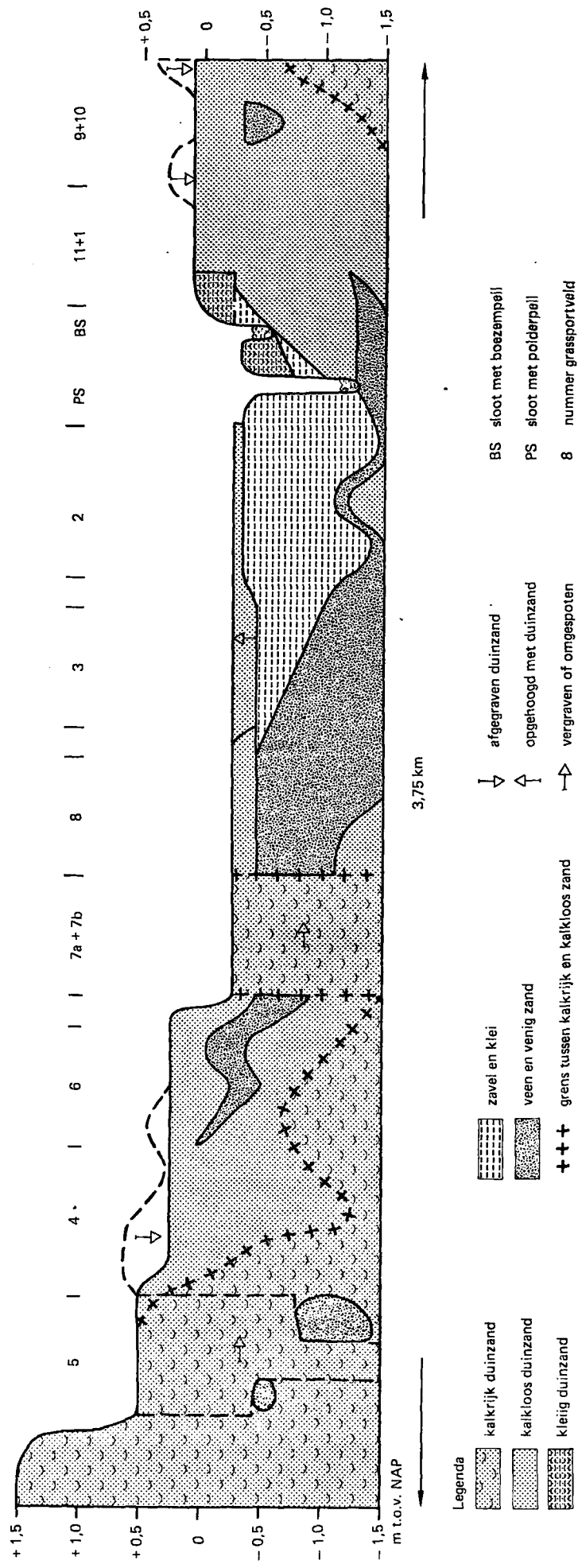


Fig. 2 Schematische doorsnede (noordwest - zuidoost)

Zavel- en kleigronden hebben onder natte omstandigheden een onvoldoende stevige, glibberige toplaag. Daarom worden ze bij de aanleg meestal voorzien van een bezandingsdek van enkele centimeters tot enkele decimeters dikte. Daardoor bestaat de bovenlaag doorgaans uit een bezandingsdek, gemengd met zavel- en/of kleikluitjes. Door de menging worden de droogte- en de stuifgevoeligheid van de bovengrond verminderd en worden de bewortelingsmogelijkheden verruimd. Figuur 3b geeft een beeld van een bovengrond waarop bij de aanleg ca. 5 cm duinzand is aangebracht, dat met enkele centimeters van de onderliggende lichte klei werd vermengd.

Beide bovengronden (fig. 3a en 3b) zijn door de zeer intensieve bespeling verdicht, zoals uit de structuurbeschrijvingen blijkt. Naar beneden toe neemt deze verdichting af.

Sinds de aanleg is de grasmat op beide velden dertig à veertig maal per jaar gemaaid, veelal zonder het gras af te voeren. Een of meer keren per jaar werden enkele millimeters zand gestrooid om een stroef oppervlak te verkrijgen en/of te behouden.

Voornamelijk onder invloed van bodemdieren en -diertjes, vooral wormen, heeft homogenisatie van het oorspronkelijke mengsel met grasmaaisel en gedrest zand plaatsgehad. Deze gehomogeniseerde laag wordt geleidelijk dikker. Op de zeer intensief bespeelde bovengrond in figuur 3 is deze laag ca. 5 cm dik geworden in acht à twaalf jaar.

4.1.3 Verschillen in profielopbouw binnen een grassportveld

Om een idee te geven van de verschillen binnen een grassportveld, zijn daarvan in tabel 3 gegevens opgenomen van het extensief, matig intensief en zeer intensief bespeelde gedeelte. Het hoogteverschil, gemeten evenwijdig aan de doellijnen, bedraagt gemiddeld 5 ⁰/100. Op een voetbalveld dat de normale breedte van 64 à 75 m heeft, betekent dit dat het midden van het veld tussen de doelen 16 à 19 cm hoger ligt dan de zijlijnen. De grens tussen de al dan niet vermengde humushoudende bovengrond en de humusarme ondergrond met B-, C- en/of E-horizonten, ligt op de hoger gelegen strook tussen de doelen dieper dan nabij de zijlijnen.

De tendens is aanwezig, dat in de toplaag van het extensief bespeelde gedeelte het gehalte aan organische stof en het lutumgehalte hoger zijn dan in de toplaag van het midden van het veld.

Zoals te verwachten was, werden op de lager gelegen, extensief bespeelde proefplekken ondiepere grondwaterstanden gemeten dan op de intensief bespeelde plekken. Dit komt zowel tot uiting in het gemiddelde van de twee hoogste (HG2) als van de twee laagste standen (LG2) van zestien waarnemingen in het competitie-seizoen 1975/'76.

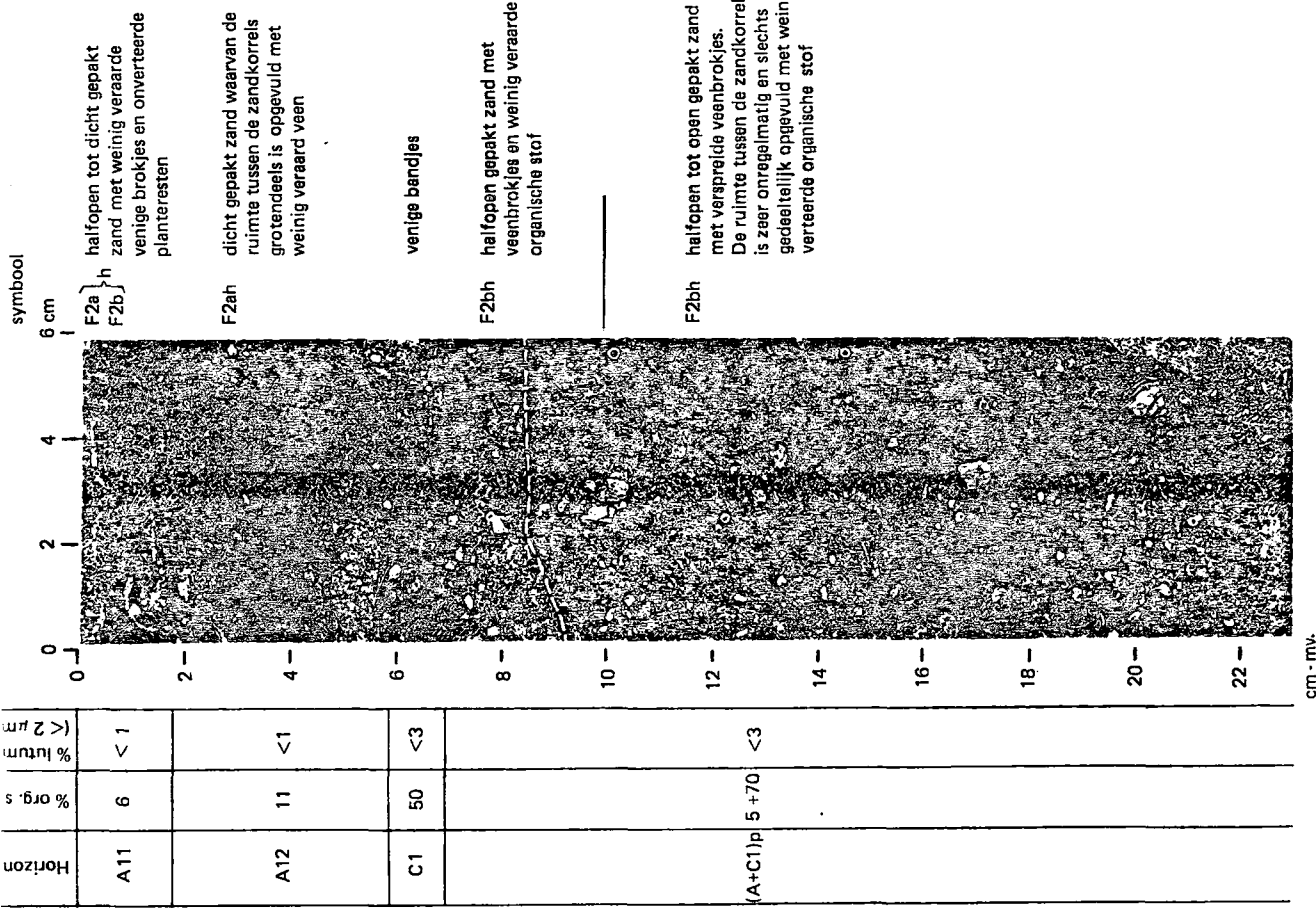


Fig. 3a Humeus, zeer kleiarm duinzand (broekeergrond) met een grotendeels doorgewerkte laag moerig materiaal (proefplek 5c)

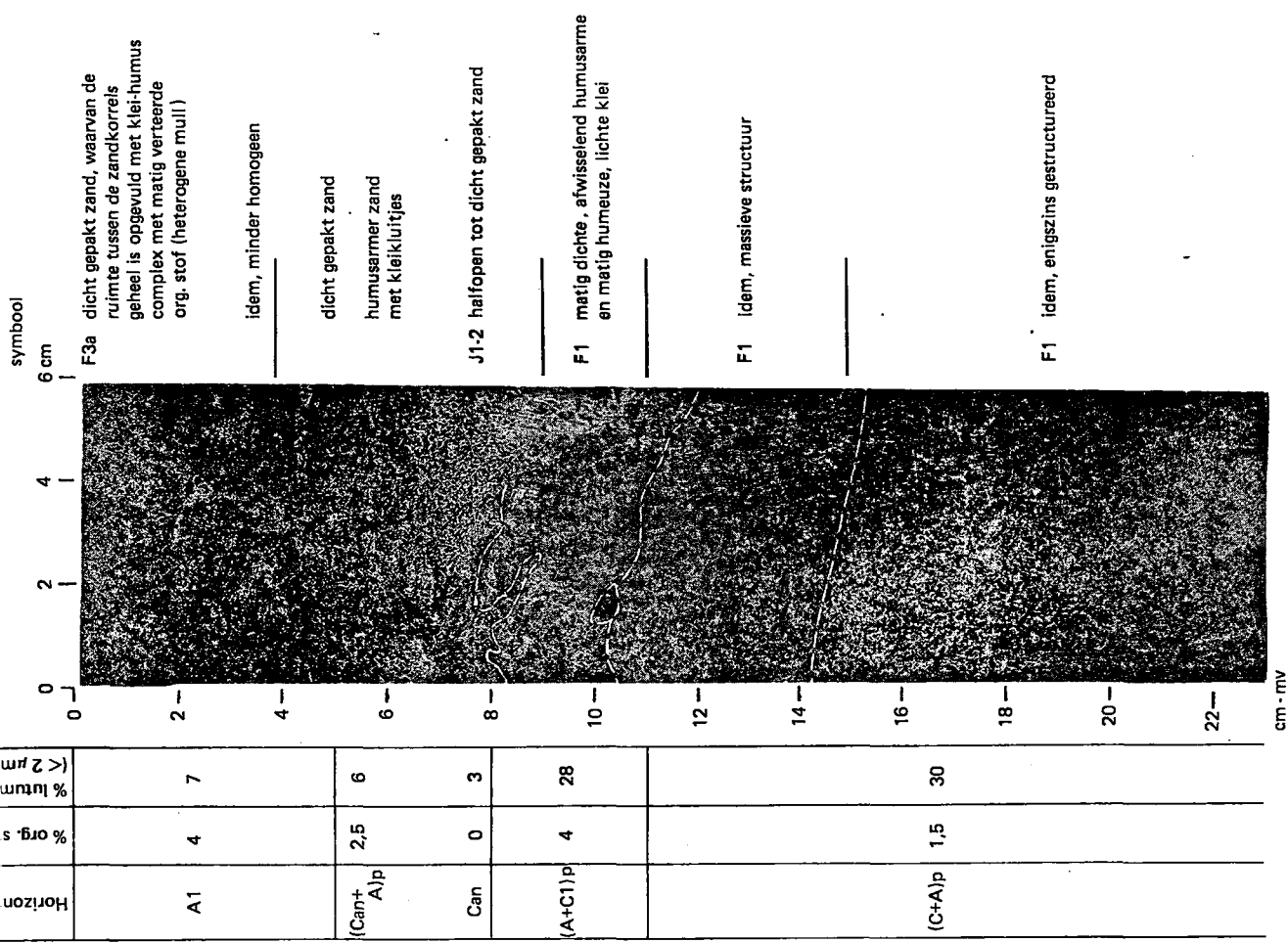


Fig. 3b Lichte kleigrond ooivaaggrond met kleilig bezandingsdek van ca 8 cm dikte (proefplek 2c)

Fig. 3 Slijpplaatfoto's van de bovengrond van het zeer intensief bespeelde deel van twee grassportvelden met gehomogeniseerde toplaag circa tien jaar na de aanleg

Tabel 3 Verschillen in profielopbouw enz. binnen een grassportveld

Indeling naar bespelingsintensiteit	A		B		C	
	extensief		matig intensief		zeer intensief	
	gem.	stand. afw.	gem.	stand. afw.	gem.	stand. afw.
Afstand tot de zijlijn in m	9		14		30	
Hoogteverschil in cm t.o.v.						
extensief bespeelde proefplek	0	0	7,5 ⁺⁺⁺	7	10,5 ⁺⁺⁺	7
Dikte A-horizont in cm	23	19	26	16	32	18
Grens tussen humeuze bovenlaag en						
humusarme ondergrond in cm - mv.	34	17	47	17	60 ⁺⁺⁺	24
Dikte zeer intensief bewortelde						
laag (zode) in cm	4	1,7	3,5	1,4	3,8	1,6
Diepte intensieve beworteling	32	18	27	19	27	13
Onderkant bewortelde laag	45	20	47	24	52	25
Organische-stofgehalte:						
0 -2,5 cm - grasmatt	8,1	3,6	7,1	1,8	6,2	1,7
2,5-7,5 cm - grasmatt	7,8	4,0	6,5	1,8	6,3	2,0
Lutumgehalte op de minerale delen:						
0 -2,5 cm - grasmatt	3,6	2,9	2,4	1,5	2,4	1,3
2,5-7,5 cm - grasmatt	2,8	2,3	2,2	1,6	2,4	1,7
Grondwaterstand in cm - mv.:						
HG2	49	14	61 ⁺⁺	10	64 ⁺⁺	15
LG2	79	13	88	14	91 ⁺⁺	14
Dichtheid van de grond in g/cm ³ :						
0 -2,5 cm - grasmatt	1,129	0,132	1,214	0,138	1,398 ⁺⁺⁺	0,119
2,5-7,5 cm - grasmatt	1,270	0,112	1,361 ⁺	0,123	1,410 ⁺⁺⁺	0,125
Poriënvolume in %						
0 -2,5 cm - grasmatt	55,2	5,0	51,9	5,2	45,2 ⁺⁺⁺	4,4
2,5-7,5 cm - grasmatt	49,9	3,9	46,5 ⁺	4,4	44,6 ⁺⁺⁺	4,4
Indringingsweerstand in MPa:						
+ 1 cm - grasmatt	1,1	0,45	1,3	0,55	1,6	0,46
+ 5 cm - grasmatt	1,4	0,46	1,7	0,77	1,8	0,52

+ significant verschillend met de extensief bespeelde proefplek A (toets van Welch tweezijdig $x = 0,1$)

++ idem doch $x = 0,05$

+++ idem doch $x = 0,01$

Op enkele velden zijn begin april wormentellingen verricht. Op extensief bespeelde plekken kwamen na besproeiing met water waaraan kaliumpermanganaat was toegevoegd, circa 80 wormen per m² aan de oppervlakte. Op het intensief bespeelde deel van het veld werden weinig of geen wormen waargenomen.

Op de proefplekken in het extensief bespeelde deel verloopt de homogenisatie van de toplaag sneller dan midden op het veld. Op een kleiveld werd waargenomen, dat in de hoeken van het veld het aangebrachte humusarme zandlaagje van 4 cm dikte en de onderliggende klei in een periode van vier jaar voornamelijk door intensieve menging ten gevolge van wormenactiviteit waren veranderd in gehomogeniseerde lichte zavel. Op het intensief bespeelde deel van het veld verloopt dit proces trager.

4.1.4 De bodemeenheden

De bodemeenheden van de proefplekken zijn naar hun profielopbouw benoemd volgens de legenda van de Bodemkaart van Nederland, schaal 1 : 50 000 (tabel 4). De benaming berust op het Systeem van bodemclassificatie voor Nederland (De Bakker en Schelling, 1966). Met tekens kan worden aangeduid of de grond is afgegraven of vergraven. Voor dit laatste dient dan aan de eis te worden voldaan, dat de heterogene laag dikker is dan 20 cm en tussen 20 en 40 cm diepte begint.

Bezanding van veengronden en moerige gronden wordt aangegeven met het voorvoegsel s, als er een zanddek van 5 à 15 cm dikte aanwezig is. Voor een zanddek van 15 à 40 cm dikte wordt het voorvoegsel z gebruikt. Dekjes van 5 à 15 cm dikte aangebracht op zand- en kleigronden, worden per kaartvlak aangegeven met een opstaand schopje. De aard van het opgebrachte materiaal blijft dan buiten beschouwing.

Naar het lutumgehalte wordt het zand verdeeld in:
kleiarm zand met 0-5% lutum en
kleiig zand met 5-8% lutum.

In dit rapport is, in verband met grote verschillen in doorlatendheid en infiltratiecapaciteit, het kleiarne zand onderverdeeld in:

zeer kleiarm zand met 0-3% lutum en
matig kleiarm zand met 3-5% lutum.

Het verschil tussen zeer en matig kleiarm zand is in het laboratorium redelijk goed te bepalen. In het veld kan deze grens goed geschat worden.

4.1.5 De korrelgrootteverdeling van de toplaag van de proefplekken

Om de toplaag te karakteriseren is in 1973 per proefplek de korrelgrootteverdeling van de gehomogeniseerde bovenlaag bepaald

Tabel 4 De bodemeenheden*

	Grondwatertrap	Proefplekken	Omschrijving
VEENGRONDEN			
Eerdveengronden (met moerige eerdlaag)			
Madeveengronden (kleiarme eerdlaag < 50 cm dik):			
aVc met ondergrond van zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen			
saVc idem, met zanddek van 5 à 15 cm dikte	IV	8C	)
saVc idem, vergraven	IV	8A	) veengrond met zanddek
aVz zand ondieper dan 120 cm - mv. zonder podzol-B			)
saVz idem, met zanddek van 5 à 15 cm dikte; vergraven	IV	8B	
Rauwveengronden (zonder moerige eerdlaag)			
Weideveengronden (kleidek met minerale eerdlaag):			
pVc met ondergrond van zeggeveen, rietzeggeveen of broekveen			
zpVc idem, vergraven; opgehoogd met zanddek van 15 à 40 cm dikte	II*	3B,3C	klei-op-veengrond met bezandingsdek
MOERIGE GRONDEN			
Moerige eerdgronden			
Broekeerdgronden			
zWz zandgrond zonder duidelijke humuspodzol-B, met moerige tussenlaag	IV	6A,6C	)
zWz idem, vergraven	IV	5C	) duinzand met één of meer moerige lagen op geringe diepte
vWz moerige bovengrond op zand	IV	4A	) duinzand met moerige bovengrond
vWzv idem, moerig materiaal beginnend dieper dan 80 en doorgaand tot dieper dan 120 cm - mv.; vergraven	II*	5B	) duinzand met moerige laag in de ondergrond
PODZOLGRONDEN			
Humuspodzolgronden (geen ijzerhuidjes onmiddellijk onder de B2-horizont):			
Veldpodzolgronden (A1 < 30 cm dik)			
Hn21 kleiarm ¹⁾ matig fijn zand	IV	10B	)
Hn21w idem, met 15 à 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm - mv.	II*	10C	) oud duinzand met podzolprofiel, met dunne en matig dikke humeuze bovengrond
Laarpodzolgronden (A1 30-50 cm dik):			
cHn21 kleiarm ¹⁾ matig fijn zand	IV	9C	)
		9B	)
DIKKE EERDGRONDEN			
Enkeerdgronden (zandgronden)			
Zwarte enkeerdgronden:			
zEZ21 kleiarm ¹⁾ matig fijn zand	IV	1C	) duinzand met humeuze bovengrond van meer dan 50 cm
EZg21 idem, vergraven	III	1A	) dikte
KALKLOZE ZANDGRONDEN			
Eerdgronden			
Beekeerdgronden (met roestvlekken):			
pZg21 kleiarm ¹⁾ matig fijn zand	IV	10A	) oud duinzand met veel roestvlekken
		11B	
Gooreerdgronden (weinig roestvlekken):			
pZn21 kleiarm ¹⁾ matig fijn zand	IV	9A	) oud duinzand met weinig roestvlekken
		1B	
pZn21 idem, vergraven	IV	4B,4C	idem vergraven
pZn21w idem, met 15 à 40 cm moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm - mv.	IV	6B	oud duinzand met moerige tussenlaag
KALKHOUDENDE ZANDGRONDEN			
Eerdgronden			
Beekeerdgronden (met roestvlekken):			
pZg20A kleiarm matig fijn zand	II*	7 ²⁾ BA	kalkrijk duinzand, verkregen door omspuiten met humeuze bovengrond van 15 à 50 cm dikte
	IV	7aC,7bB,7bC	
pZg20A idem, opgehoogd		11A,11C	duinzand met humeuze bovengrond van 15 à 50 cm dikte, opgehoogd met kalkrijk duinzand
pZg20Av idem, moerig materiaal beginnend dieper dan 80 en doorgaand tot dieper dan 120 cm - mv.; vergraven	II*	5A	kalkrijk duinzand met humeuze bovengrond van 15 à 50 cm dikte en moerige laag in de ondergrond
Vaaggronden			
Vlakvaaggronden (A1 < 15 cm dik):	II*	7aA	kalkrijk duinzand, verkregen door omspuiten met humeuze
Zn50A kleiarm ¹⁾ matig fijn zand	IV	7aB	bovengrond van minder dan 15 cm dikte
ZEEKLEIGRONDEN			
Vaaggronden			
Drechtvaaggronden (moerig materiaal beginnend tussen 40 en 80 cm - mv.):			
zMv61c kalkarme klei; met zanddek van 15 à 40 cm dikte	II*	3A	kleigrond met veenondergrond en bezandingsdek
Poldervaaggronden (met kenmerken van natheid)			
Mn35A lichte klei, kalkrijk, profielverloop 5, vergraven; opgehoogd met zanddekje < 15 cm dikte	IV	2B	lichte kleigrond met bezandingsdekje
Ooivaaggronden (zonder kenmerken van natheid):			
Md80 klei, vergraven; opgehoogd met zanddekje < 15 cm dikte	IV	2A,2C	vergraven kleigrond met bezandingsdekje

* Zie voor toelichting op de gebruikte termen het glossarium (bijlage 1)

1) In afwijking van de legenda is voor deze duinzandgronden de term kleiarm i.p.v. leemarm gebruikt

2) Naast sportveld 7 is in het seizoen 1975/76 een heringezaaid speel-oefenveld bij het onderzoek betrokken. Beide velden worden in dit rapport aangeduid als 7a en 7b

door middel van een beperkt uitgebreid granulair onderzoek (BUGO) in het Bedrijfslaboratorium voor Grond- en Gewasonderzoek in Oosterbeek. De resultaten zijn vermeld in bijlage 3. Op proefplekken met een homogene tot tamelijk homogene bovengrond is de laag van 0-5 en van 6-10 cm beneden maaiveld bemonsterd. Het is gebruikelijk over centimeters beneden maaiveld te spreken. Bedoeld wordt echter het aantal centimeters beneden het grensvlak van de viltlaag (Horizont Ao) en de bouwvoor (A1) (fig. 4a). Daarom is de uitdrukking cm beneden grasmatof -grasmato juist. Als de gehomogeniseerde bovenlaag (A1) dunner was dan 5 cm, werd een dunnere laag bemonsterd. Heterogene lagen zijn niet bemonsterd.

In het voorjaar van 1976 is van de laag van 2,5-7,5 cm beneden de grasmato per proefplek een pF-curve gemaakt. Van deze laag is een zeer gedetailleerde korrelgrootteverdeling bepaald door middel van een uitgebreid granulair onderzoek (UGO). De resultaten hiervan zijn vermeld in bijlage 4. Op sommige proefplekken is een afwijkende bemonsteringsdiepte aangehouden. Dit betreft bijvoorbeeld proefplekken met een gehomogeniseerde top laag die dunner is dan 7,5 cm (fig. 4b) of plaatsen waar humusarm zand gedrest is (fig. 4c).

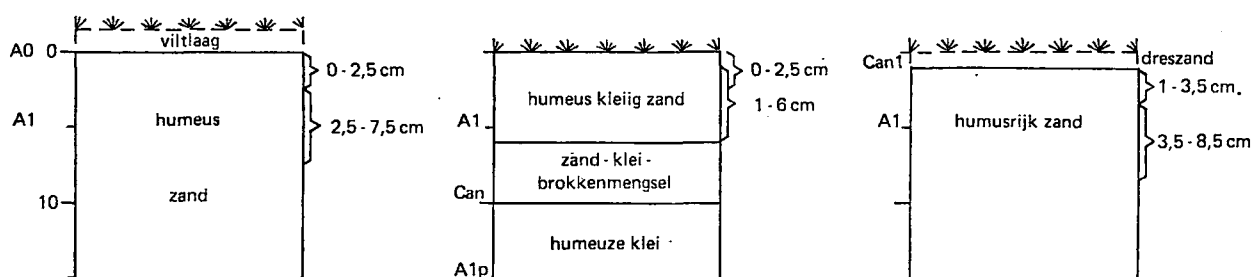


Fig. 4 Bemonsteringsdiepten van de laag van 0-2,5 en van 2,5-7,5 cm beneden de grasmato in drie bijzondere gevallen

Alle toplagen bestaan uit duinzand. De mediaan (zie voor de betekenis bijlage 1) van de zandfractie varieert slechts van 172 tot 200 μm (bijlage 4), wat wil zeggen dat al deze toplagen uit matig fijn zand bestaan. In de bovengrond van alle proefplekken is de fractie van 150-210 μm het sterkst vertegenwoordigd. Ieder monster bestaat voor ten minste twee derde deel uit de fractie 150-300 μm . Deze uniformiteit is kenmerkend voor duinzand.

De zogenaamde eentoppigheid van de korrelgrootteverdeling van duinzand heeft grote invloed op de poriënverdeling en daardoor op de doorlatendheid en de water- en luchtverhouding, zoals in de volgende hoofdstukken zal blijken.

De verschillen tussen de toplagen van de velden komen vooral tot uiting in het gehalte aan lutum en aan fijne fracties. Om dit te verduidelijken, zijn vier monsters gesommeerd uitgezet op waarschijnlijkheidspapier (Doeglas, 1949 en 1950; Van der Meer, 1952). Op dit papier neemt de schaal op de y-as van 0 tot 50% af en van 50 tot 100% weer toe. Hierdoor komen geringe verschillen in de grofste en de fijnste fracties beter tot uiting. Alle curven van de monsters hebben een ongeveer gelijke vorm (fig. 5 en 6); zij zijn gebogen door de eentoppigheid van het zand. Volgens de normen van de werkgroep "Zand voor sportvelden" (Versteeg e.a., 1972) is de fractie 150-210 μm van duinzand te ruim vertegenwoordigd om voor bezandingsdek in aanmerking te komen.

4.1.6 Vochtcharacteristieken van de toplaag en van de humus-arme ondergrond

In verband met de bepalingen van de indringingsweerstand van de laag van 1-2,5 en van 2,5-7,5 cm beneden het gras, zijn pF-curven bepaald van de laag van 0-2,5 en van 2,5-7,5 cm (bijlage 6 en 7). Ondanks de bezwaren van ringen van slechts 50 cm³ en de vele graswortels, is de voorkeur gegeven aan deze monsteringswijze, omdat de verkregen gegevens beter kunnen worden vergeleken met de indringingsweerstand van de beide lagen.

Met behulp van de gegevens in bijlage 6 en 7 zijn pF-curven getekend van toplagen van het zeer intensief bespeelde deel van het veld. Links in figuur 7 (1a en 1b) staan de gemiddelde pF-curven van de laag van 0-2,5 en van 2,5-7,5 cm beneden maaiveld van zeer kleiarne toplagen. De rechtse curven (2a en 2b) hebben betrekking op de gemiddelden van matig kleiarne tot kleiige duinzandtoplagen. Deze laatste onderscheiden zich van de eerste door een hoger lutumgehalte, een wat lager percentage organische stof, een lager poriënvolume en vooral door een wat steilere pF-curve. Om de invloed van deze verschillen op de hoeveelheid beschikbaar vocht te bepalen, is tevens tabel 5 samengesteld. In deze tabel zijn zowel voor grondwater- (kolom 7, 8, 10 en 11) als voor hangwaterprofielen (kolom 9 en 12) de totale hoeveelheid beschikbaar vocht (kolom 7, 8 en 9) en de hoeveelheid gemakkelijk beschikbaar vocht (kolom 10, 11 en 12) vermeld.

Zowel in de laag van 0-2,5 als van 2,5-7,5 cm beneden de grasmat is de hoeveelheid beschikbaar vocht groot. De tendens is aanwezig, dat op het matig intensief en het extensief bespeelde deel van het veld de hoeveelheid beschikbaar vocht stijgt bij toenemend organische-stofgehalte. Op het zeer intensief bespeelde deel van het veld is deze samenhang minder duidelijk.

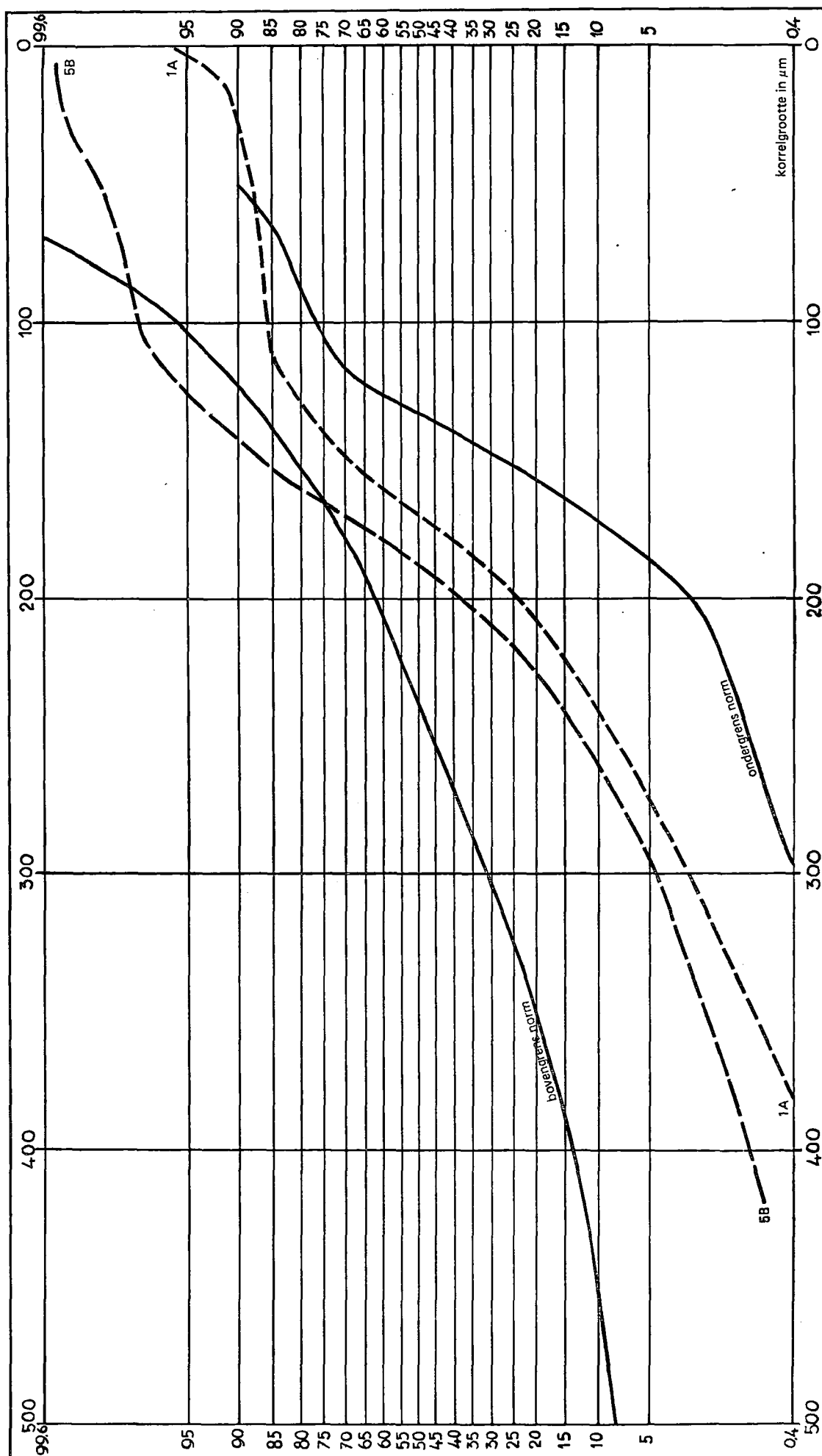


Fig. 5 Sommatiecurven van granulair analyses van toplagen (2,5 - 7,5 cm beneden de grasmatt) nabij de kern (proefplek 5B) en aan de rand van een strandwal (proefplek 1A)

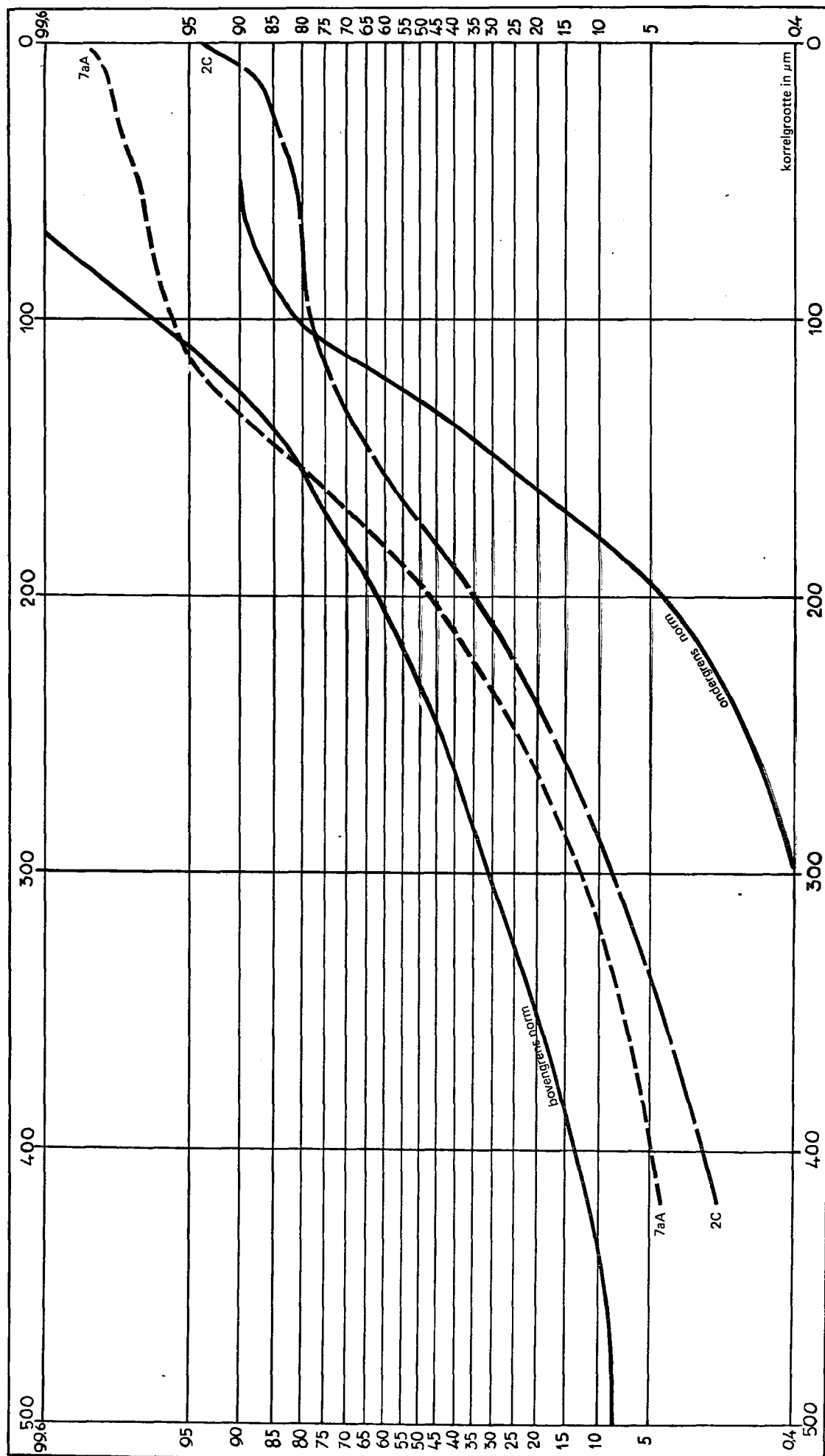
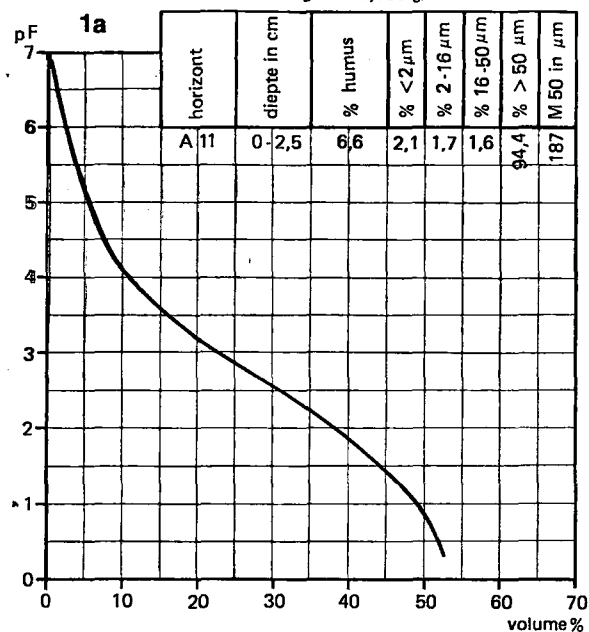


Fig. 6 Sommatiecurven van granulaire analyses van toplagen (2,5 - 7,5 cm beneden de grasmat) van een bezandingsdek van een kleiveld (proefplek 2C) en een door omspuiten verkregen zanddek (proefplek 7aA)

1 zeer kleiarm

dichtheid van de grond 1,339 g/cm³

2 matig kleiarm tot kleiig

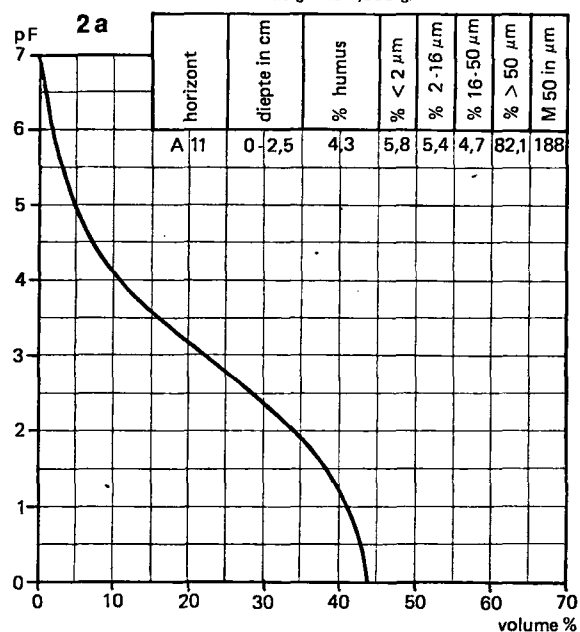
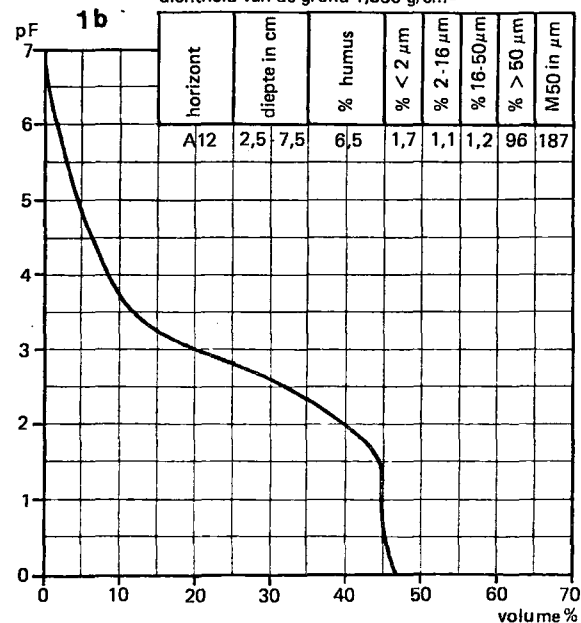
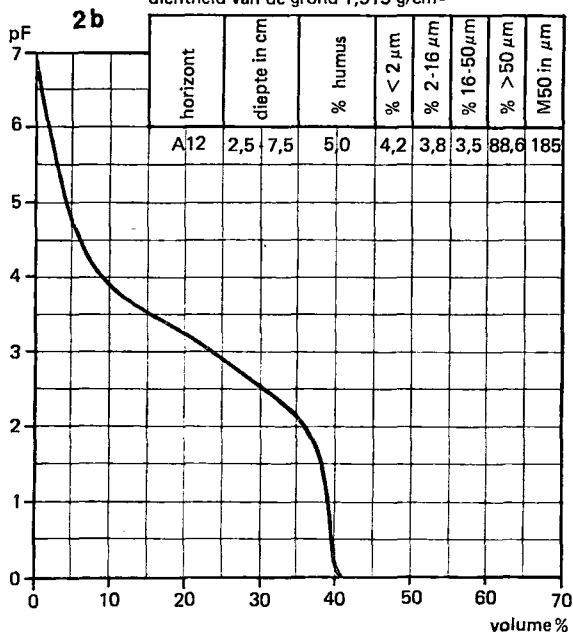
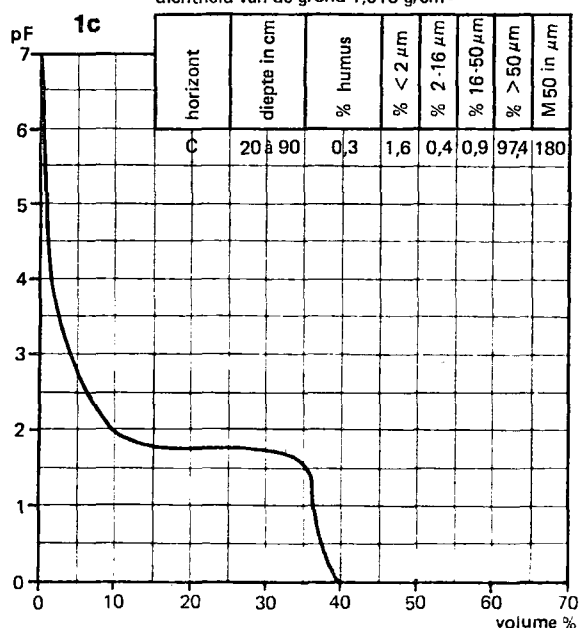
dichtheid van de grond 1,593 g/cm³dichtheid van de grond 1,356 g/cm³dichtheid van de grond 1,515 g/cm³dichtheid van de grond 1,610 g/cm³

Fig. 7 pF-curven van duinzandgronden op het zeer intensief bespeelde deel van het veld

Tabel 5 De hoeveelheid beschikbaar vocht

Bespeling	Aan- tal mon- sters	Organische stof (%)			Poriën- volume (%)	Hoeveelheid vocht (vol. %)					
		gem.	laagste	hoogste		tot pF 4,2			vanaf pF 3,4		
						1,8	2,0	2,3	1,8	2,0	2,3
Kolom 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Laag 0-2,5 cm beneden grasmatt, lutum < 3% van de grond											
Zeer intensief	6	5,3	4,7	5,8	46,9	28,7	26,5	23,2	25,2	23,0	19,7
	4	6,6	6,5	6,8	47,2	31,9	28,8	25,6	27,2	24,1	20,0
	3	9,0	8,8	9,1	47,9	29,1	28,2	25,3	23,4	22,5	19,6
	13	6,6			47,3	29,6	27,6	24,4	25,2	23,2	20,0
Matig intensief	3	5,7	5,1	6,2	52,3	32,5	27,7	23,7	29,4	24,6	20,6
	4	7,4	6,9	7,8	52,4	36,3	32,9	29,7	32,8	29,4	26,2
	4	8,7	8,0	9,1	56,9	39,9	36,5	33,0	36,0	32,6	29,1
	11	7,4			54,0	36,5	32,7	29,2	33,0	29,2	25,7
Extensief	3	5,3	4,6	6,2	51,8	32,5	28,1	24,3	28,7	24,3	20,5
	4	8,8	7,9	9,9	61,0	37,9	33,8	28,8	32,4	28,3	23,3
	7	7,3			57,1	35,6	31,3	26,9	30,8	26,1	22,1
Laag 0-2,5 cm beneden grasmatt, lutum 3,1-10,1% van de grond											
Zeer intensief	5	4,3	3,4	5,3	38,9	26,8	23,8	21,6	20,9	17,9	15,7
Matig intensief	2	5,0	4,5	5,4	49,8	31,8	28,6	24,9	29,0	25,8	22,1
Extensief	4	6,5	5,0	6,9	53,6	36,3	32,9	29,6	32,0	28,6	25,3
Laag 2,5-7,5 cm beneden de grasmatt, lutum < 3% van de grond											
Zeer intensief	6	5,2	4,4	6,0	44,0	33,8	29,7	26,6	31,0	26,9	23,8
	4	7,0	6,8	7,3	47,9	32,4	29,7	27,7	27,2	25,5	22,5
	2	10,5	9,7	11,2	51,6	42,9	40,2	37,9	40,0	37,3	35,0
	12	6,7			45,9	34,9	31,5	28,9	31,2	27,8	25,2
Matig intensief	6	4,9	4,0	5,6	45,5	33,9	29,0	25,3	30,7	25,8	22,1
	6	7,8	7,3	8,9	49,5	36,9	33,1	29,4	33,2	29,4	26,5
	12	6,4			47,5	35,4	31,3	27,8	32,0	27,7	24,4
Extensief	2	4,8	4,0	5,5	46,1	35,8	32,6	30,3	32,5	29,2	27,0
	2	10,2	8,5	11,9	50,0	41,2	37,1	34,3	37,4	33,3	30,5
	4	7,5			48,0	38,5	34,9	32,4	35,0	31,0	28,5
Laag 2,5-7,5 cm beneden de grasmatt, lutum 3,1-5,7% van de grond											
Zeer intensief	5	4,6	3,2	5,5	40,3	28,6	26,2	24,2	23,7	21,3	19,3
Matig intensief	1	6,1			48,0	34,4	31,6	29,2	30,6	27,8	25,4
Extensief	3	5,0	4,6	5,7	46,8	36,3	33,5	30,3	30,8	28,0	24,8

Verschillen in de hoeveelheid beschikbaar vocht tussen gronden met minder en met meer dan 3% lutum, kunnen bij gelijk organische-stofgehalte niet worden aangetoond. Aan de vergroting van de hoeveelheid beschikbaar vocht in de top laag van de onderzochte grassportvelden heeft blijkbaar organisch materiaal wel een bijdrage geleverd en toevoeging van klei niet.

Op alle duinzandproefplekken is de humusarme ondergrond zeer kleiarm. De gemiddelde pF-curve van negen monsters is gegeven in diagram 1c van figuur 7. Zeer opvallend is, dat bij verhoging van de zuigspanning van pF 1,5 naar 1,8 het volumepercentage water met meer dan 30 afneemt. Voor de lagen met een volumieke massa beneden $1,6 \text{ g/cm}^3$ is dit gemiddeld zelfs 33 volume %. Door deze eigenschap van duinzand kan een beperkte verandering in de grondwaterstand grote verandering in de waterluchtverhouding in het profiel veroorzaken. Deze verandering heeft grote invloed op het capillair geleidingsvermogen (K), het bergend vermogen, de zuurstofvoorziening en de capillaire nalevering.

Zowel van de zeer kleiarme als van de kleiige toplagen zijn de lagen van 0-2,5 en van 2,5-7,5 cm beneden maaiveld qua textuur vrijwel identiek en hebben gemiddeld hetzelfde organische-stofgehalte. Een belangrijk verschil is, dat de laag van 0-2,5 cm beneden maaiveld een veel hoger percentage graswortels bevat dan de laag van 2,5-7,5 cm. Bij de verzadiging met water zwellen de graswortels blijkbaar meer dan de overige organische stof. Dit zal de belangrijkste reden zijn dat in de bovenste laag het vochtgehalte bij pF 0,4 gemiddeld 5 volumepercenten hoger is dan het berekende poriënvolume. Dit verschijnsel treedt niet op in de laag van 2,5-7,5 cm beneden maaiveld. In die laag is het berekende poriënvolume groter dan het volumepercentage vocht bij pF 0,4, overeenkomstig de verwachting.

Voor een goede aëratie van zandgronden is een watervrij poriënvolume nodig van ten minste 10%. Op deze intensief bespeelde proefplekken wordt dit percentage in de zeer kleiarme toplagen bereikt bij pF 1,9 à 2,2 en in de matig kleiarme tot kleiige toplagen pas bij pF 2,4. In de winterperiode is de zuigspanning lager dan deze waarden. Dat de aëratie onvoldoende was, bleek uit de talrijke reductievlekken in de top laag van het intensief bespeelde deel van de velden, vooral in het vroege voorjaar.

4.2 Grondwaterstanden op grassportvelden op duinzand

Duinzaandgronden behoren voor een groot gedeelte tot het boezemgebied van hoogheemraadschappen. In deze boezemgebieden tracht men het slootpeil constant te houden. Door de goede doorlatendheid van het duinzand en ook van de slootwanden is bij niet te grote slootafstanden de grondwaterstand gelijk aan het slootpeil. Percelen die voor agrarische doeleinden in gebruik zijn, liggen veelal tamelijk vlak op 55 à 65 cm boven het slootpeil. Voor agrarisch bodemgebruik is het gunstig als het winterpeil

wat lager wordt gehouden dan het zomerpeil. In het hoogheemraadschap Rijnland wordt aan deze wens tegemoet gekomen door gedurende de wintermaanden het boezempeil 5 cm te verlagen. Voor een goede waterbeheersing van een grassportveld is een verschil van 5 cm tussen zomer- en wintergrondwaterstand echter te gering. Op een grassportveld daalt het maaiveld door bespeling, vooral op het zeer intensief bespeelde deel van het veld. Bovendien vermindert de hoeveelheid grove poriën. Beide factoren hebben tot gevolg, dat zonder slootpeilverlaging het bergend vermogen van de grond te klein wordt voor een goede bespeelbaarheid in de winter, waardoor dan gemakkelijk plassen ontstaan. Bij de aanleg is verwezenlijking van een lager winterpeil mogelijk door maaiveldsverhoging of grondwaterstandsverlaging. Het aantrekkelijke van maaiveldsverhoging is, dat men bij aanwezigheid van voldoende sloten een gelijkmatige grondwaterstand kan handhaven zonder drainage. Een nadeel is dat het boezempeil door opstuwing of na veel neerslag tijdelijk door een beperkte bemalingscapaciteit wel 10 à 20 cm kan stijgen, juist als een laag peil gewenst is. In de zomerperiode zal men door de lagere grondwaterstand ten opzichte van het maaiveld vaak moeten beregenen om verdroging van de grasmat te voorkomen. Waar instelling van een variabel slootpeil mogelijk is, kan beregening achterwege blijven, omdat dan het slootpeil kan worden aangepast aan het neerslagtekort. Meestal is dan wel een drainagestelsel gewenst, waardoor de aanpassing sneller kan plaatsvinden. Ideaal is, als de drainreeksen uitmonden in een sloot of put waarvan het peil met behulp van een stuw te regelen is. Een voorbeeld van zo'n situatie zijn de velden 7a en 7b.

In figuur 8 is het grondwaterstandsverloop van deze velden midden tussen de drainreeksen weergegeven. De ontwatering geschiedt via onderbemaling op een put. Op de proefplekken op het matig en zeer intensief bespeelde deel van de velden is het grondwaterstandsverloop ongeveer gelijk. Op dit deel van het veld is er een nauwe relatie tussen de grondwaterstand en het onderbemalingspeil in de put. De grondwaterstanden op de proefplekken in het extensief bespeelde deel vertonen meer overeenkomst met het slootpeil (niet aangegeven). Dergelijke grote verschillen in de grondwaterstanden binnen een veld dienen te worden voorkomen. Ze geven op duinzandgronden veel moeilijkheden bij het vaststellen van de gewenste onderbemalingsdiepte.

Voor de berekening van het neerslagoverschot (fig. 8) is aangenomen, dat de verdamping van de grasmat gedurende het gehele competitie seizoen 80% van de open-watervedamping E bedraagt. In werkelijkheid zit er wat variatie in, die nog wordt versterkt door verschillen in de bedekkingsgraad van de grasmat. De bedekkingsgraad verandert niet alleen in de loop van het competitie seizoen, maar wordt ook sterk beïnvloed door verschillen in bespelingsintensiteit binnen een speelveld, vooral in het voorjaar. Op het zeer intensief bespeelde deel van het veld was de bedekkingsgraad van de grasmat dan vaak minder dan 10%.

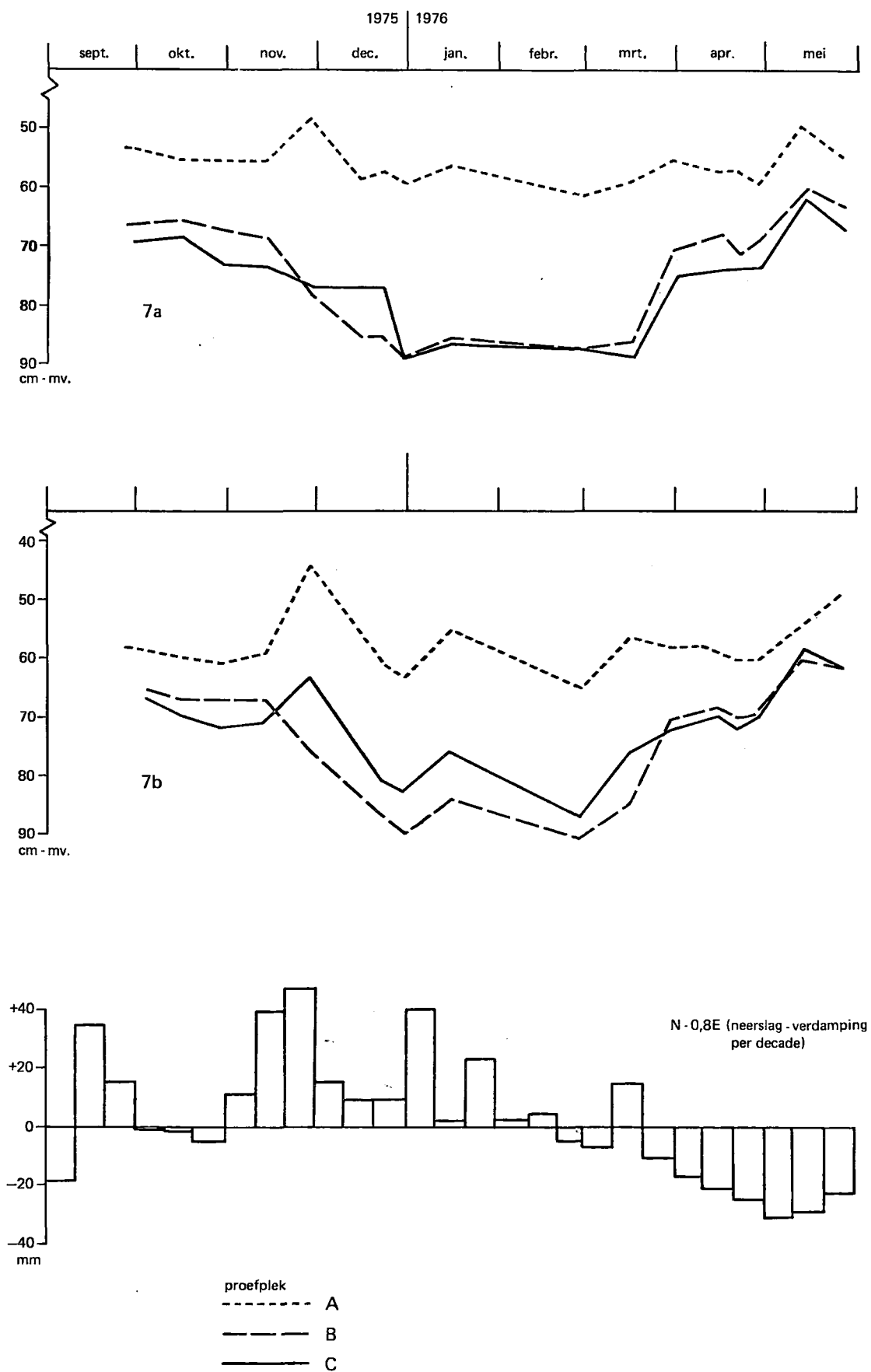


Fig. 8 Het grondwaterstandsverloop op veld 7a en 7b en het neerslagoverschot per decade, gemeten op het weerstation te Naaldwijk

De metingen hebben betrekking op de periode september 1975 tot en met mei 1976

Een bijzondere plaats nemen de zandgronden aan de randen van polders met een laag slootpeil in. Op deze gronden is de infiltratie vanuit de sloot onvoldoende om het neerslagtekort en de afzijging te compenseren. In een periode met een neerslagtekort van ca. 3 mm per dag werden grondwaterstanden van 30 à 40 cm beneden slootpeil gemeten op een grassportveld dat aan drie zijden geflankeerd werd door sloten (zie fig. 9, mei 1976). Op deze gronden is in dergelijke perioden aanvullende beregening nodig of infiltratie met behulp van een drainagesysteem.

Zoals vaak het geval is, bestaat de bovengrond van dit aan de rand van de strandwal gelegen veld uit matig kleiarm zand. Daardoor heeft het profiel een beperkt bergend vermogen. In perioden met veel neerslag kan daardoor de grondwaterstand snel stijgen (zie als voorbeeld fig. 9, 28 november 1975 en 14 januari 1976). Dit wordt nog versterkt door de aanwezigheid van een moerige laag in de ondergrond, die de neerwaartse waterbeweging vertraagt, zoals bij proefplek 1A.

Voor een goede beheersing van de grondwaterstand op grassportvelden die aan de rand van een strandwal zijn gelegen, is het nodig een drainagesysteem aan te leggen dat tevens benut kan worden voor infiltratie.

4.3 De stevigheid van de toplaag

4.3.1 De indringingsweerstand (I_w) als maat voor de stevigheid van de toplaag

Voor een goede bespeelbaarheid van een veld is het nodig, dat de noppen van de voetbalschoenen de toplaag niet of weinig vervormen, onder andere om de grasmat zo min mogelijk te beschadigen. De druk die een voetballer via de noppen van zijn schoenen op het maaiveld uitoefent, bedraagt 0,9 tot 1,5 MPa. Tijdens het spel kan deze echter oplopen tot 4,0 MPa, bijvoorbeeld wanneer een zware speler nog slechts met twee noppen van een schoen op de grond staat. Er zijn verschillende methoden om de bespeelbaarheid van een grassportveld te bepalen. Door Boekel (1972) is de "hakmethode" ingevoerd. Deze methode is ontwikkeld op het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid voor toetsing van de draagkracht voor grasland. Hierbij wordt de hak van een schoen stevig op de grond gedrukt.

Door schrijver dezes en door het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding wordt een Barentsen penetrometer gebruikt met een tophoek van 60° en een conus van 1 cm^2 om de indringingsweerstand (I_w) van de toplaag te meten en aldus de stevigheid ervan te karakteriseren. Beide methoden hebben voor- en nadelen (Van Wijk en Beuving, 1974). In intensief bewortelde toplagen komen de resultaten van beide methoden het best overeen. Naarmate de beworteling ijler wordt nemen in humus-, klei- en leemarme zandtoplagen de verschillen toe. In dergelijke toplagen is de indruk van de hak zeer beperkt, zodat

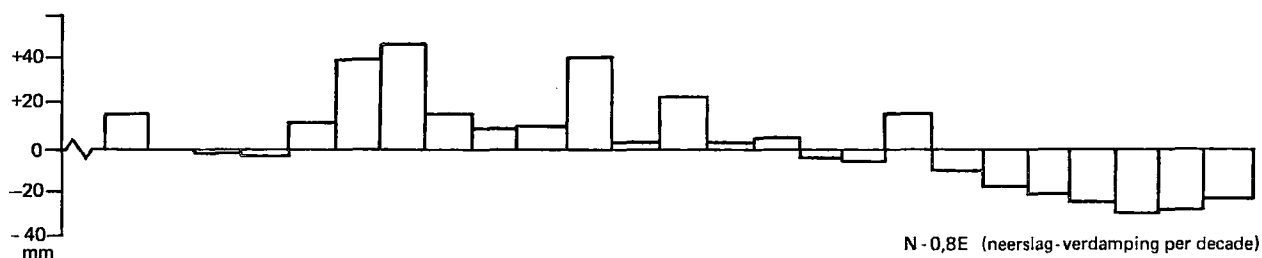
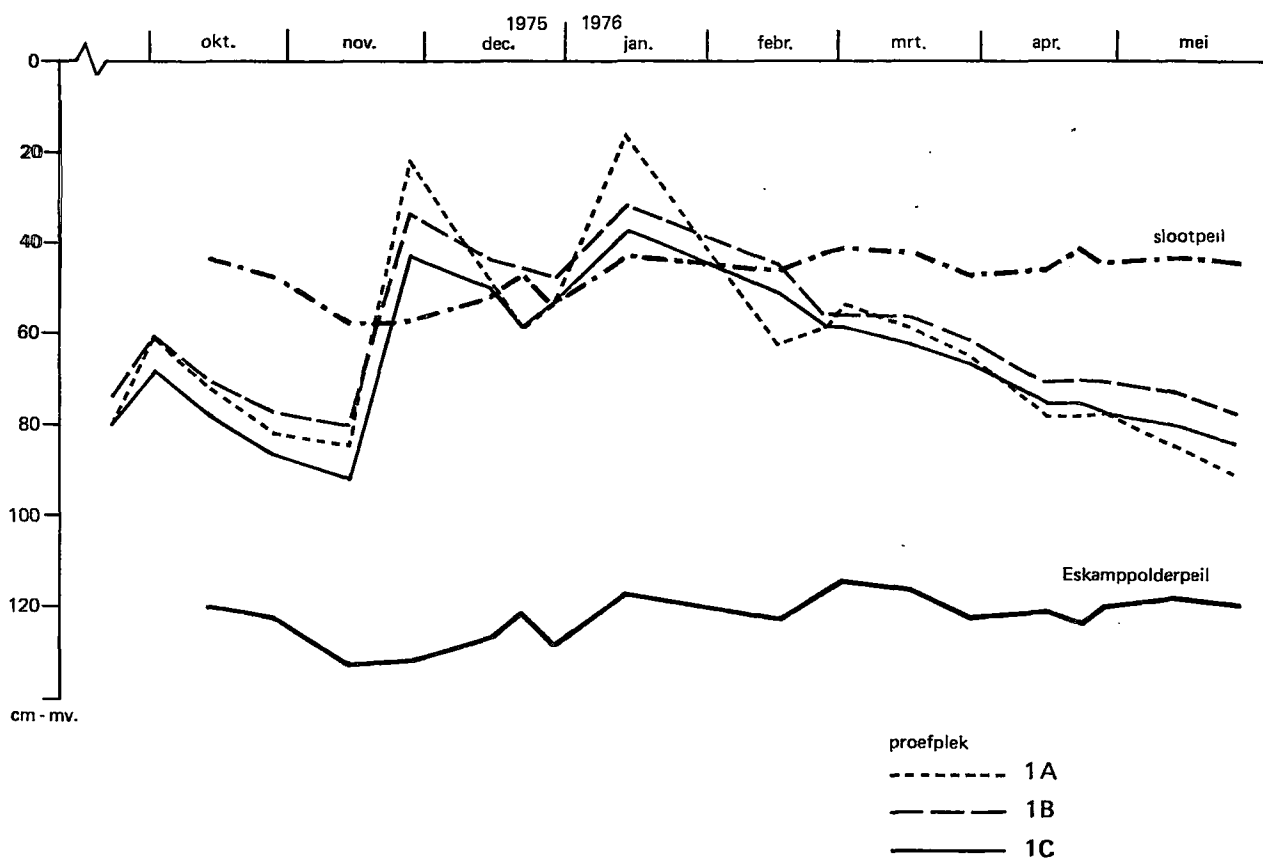


Fig. 9 Verband tussen slootpeil, Eskamppolderpeil en de grondwaterstand ten opzichte van een plat vlak (= maaiveld proefplek 1A) en het neerslagoverschot per decade, gemeten op het weerstation te Naaldwijk

met behulp van de hakmethode de conditie van het veld gunstig beoordeeld wordt. Met een penetrometer echter worden lage indringingsweerstand gemeten, doordat losse zandkorrels zijwaarts omhoog gedrukt worden. Volgens Huizinga (1969) wordt de indringingsweerstand van kleine vlakken, zoals een conus van 1 cm^2 en noppen van voetbalschoenen, slechts beïnvloed door de weerstand van de bovenste centimeters van de toplaag. Pas als de noppen van de schoenen geheel in de toplaag zijn weggezakt en de zolen en hakken op het maaiveld drukken, wordt ook de stevigheid van de diepere toplaag van betekenis zoals bij de hakmethode. Metingen met behulp van een penetrometer leveren betrouwbaardere, objectievere en beter overdraagbare gegevens op dan de hakmethode. In dit rapport is daarom gekozen voor metingen van de Iw om de stevigheid van de toplaag te karakteriseren.

Met behulp van vergelijkend onderzoek van metingen van de Iw, de hakmethode, beoordeling van de terreingesteldheid en ervaringen van terreinmeesters kon worden vastgesteld, dat zeer kleiarne duinzandtoplagen voldoende stevig zijn als de $Iw > 1,2 \text{ MPa}$ is (1 megapascal $\approx 10 \text{ kgf/cm}^2$). Voormatig kleiarne tot kleiige duinzandtoplagen is een Iw nodig van 1,3 à 1,4 MPa. Dit is in overeenstemming met de ervaringen op andere zandtoplagen (Van Wijk en Beuving, 1974; Beuving en Van Wijk, 1979). Deze schrijvers kwamen tot minimumwaarden van 1,3 à 1,4 MPa.

Naarmate toplagen droger worden, neemt de Iw toe. Om diverse, in paragraaf 4.5.3 opgesomde redenen is het gewenst, dat de toplaag niet te veel uitdroogt. Op onze praktijkvelden kon sterke uitdroging van de toplaag worden voorkomen met behulp van infiltratie. Met behulp van penetrometerwaarnemingen kon worden vastgesteld, dat de toplaag niet te ver is uitgedroogd als de $Iw \leq 2,0 \text{ MPa}$ bedraagt.

4.3.2 Methodiek voor het meten van de indringingsweerstand

De conus van een penetrometer heeft een tophoek van 60° . Pas als de punt van de conus circa 1 cm in de grond gedreven is, drukt er 1 cm^2 op de grond. Op dat moment wordt de indringingsweerstand op de manometer afgelezen. Deze weerstand komt overeen met de kracht die nodig is om de conus door de bovenkant van de grasmatten te drukken. Hoewel een puntige conus van 1 cm^2 niet gelijk is aan vlakke noppen van voetbalschoenen van ca. $1,25 \text{ cm}^2$, is gebleken dat een penetrometer toch een nuttig apparaat is om de stevigheid van de toplaag te bepalen in verband met de bespeelbaarheid.

Om de Iw-bepaling met behulp van een penetrometer te toetsen, zijn de bepalingen steeds op 1 en 5 cm diepte in twaalfvoud verricht. Gedurende het competitie seizoen 1975/'76 is op of omstreeks de 14e en de 28e van elke maand de Iw gemeten, behalve tijdens vorstperioden. Ten minste twaalf metingen werden

verricht op een rij evenwijdig aan de doellijnen met een onderlinge afstand van 0,2 meter. Met deze plaatskeuze werd beoogd de invloed van eventueel aanwezige wielsporen op extensief bespeelde proefplekken te beperken. Om de betrouwbaarheid van de gemiddelden na te gaan, is van alle reeksen van twaalf de standaardafwijking bepaald. Van de waarnemingen op 27 en 28 november 1975 is de samenhang weergegeven in figuur 10.

Om nog een wat beter gefundeerde indruk te krijgen van de invloed van het aantal waarnemingen, is van een aantal grotere reeksen het voortschrijdend gemiddelde berekend (fig. 11).

Bij een gemiddelde van twaalf waarnemingen zijn afwijkingen van 15% niet uitgesloten. Op oudere velden met een meer gehomogeniseerde top laag is de te verwachten afwijking aanzienlijk kleiner. De verschillen die op de oudere grassportvelden zijn gemeten, worden voornamelijk veroorzaakt, doordat de conus op of naast een grasplant, keitje, wormgang of prikrolgaatje terecht komt.

4.3.3 Indringingsweerstand op 1 en op 5 cm beneden maaiveld en de invloed hierop van de bespelingsintensiteit

Door Van Wijk en Beuving (1974) is reeds melding gemaakt van grote verschillen in indringingsweerstand binnen een veld, die samenhangen met verschillen in betreding door de spelers binnen dat veld. Deze verschillen komen ook duidelijk naar voren op de onderzochte velden (fig. 10 en tabel 6). Ook zijn verschillen geconstateerd tussen de Iw op 1 en die op 5 cm beneden maaiveld. Op 5 cm is de Iw namelijk duidelijk hoger dan op 1 cm en de standaardafwijking S lager. Om dit laatste te verduidelijken zijn in figuur 10 lijnen met gelijke variatiecoëfficiënten S/Iw getrokken. Evenzo zijn gemiddelden, standaardafwijkingen en variatiecoëfficiënten voor de wintermaanden met weinig of geen verdamping (november tot en met februari) berekend en eveneens voor de gehele meetperiode van september tot eind mei. De resultaten van deze berekeningen staan vermeld in tabel 6. Afzonderlijke berekeningen zijn gemaakt voor de velden op duinzandgronden met een zeer kleiarme top laag.

De gemiddelde Iw blijkt in de beschouwde perioden op 5 cm diepte hoger te zijn dan op 1 cm diepte. Dit geldt zowel voor extensief als voor intensief bespeelde proefplekken. De variatiecoëfficiënt is op zeer intensief bespeelde proefplekken lager dan op matig intensief bespeelde proefplekken. Niet aangetoond kan worden, dat over langere meetperioden de standaardafwijking van de Iw-metingen op 1 cm diepte anders is dan op 5 cm diepte.

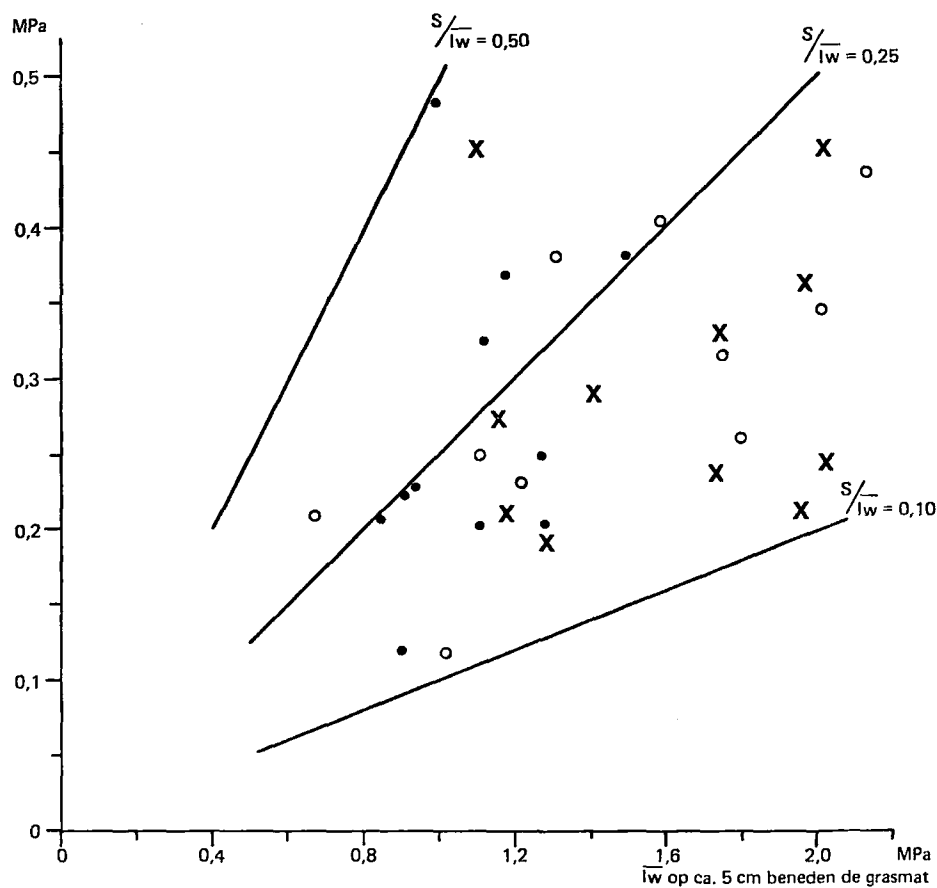
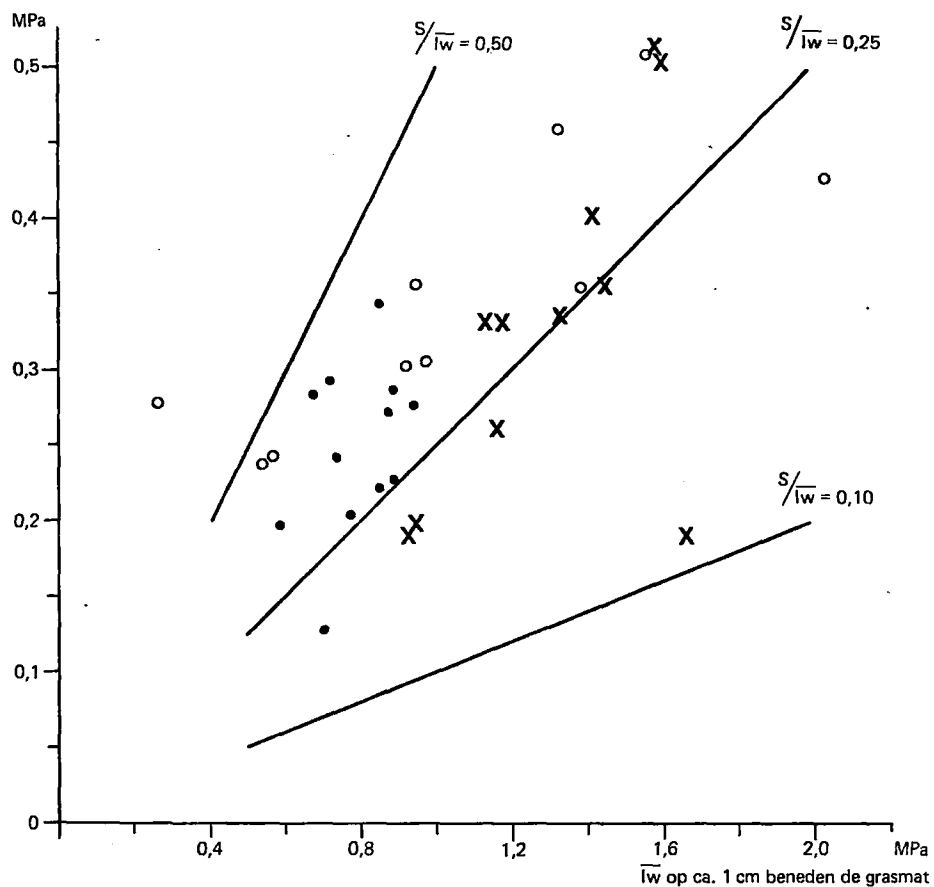


Fig. 10 Gemiddelde $\overline{lw}$ en standaardafwijking (s) van series met twaalf waarnemingen op extensief (●), matig intensief (o) en zeer intensief (x) bespeelde proefplekken, na 10 à 15 mm neerslag in het voorafgaande etmaal (eind november 1975)

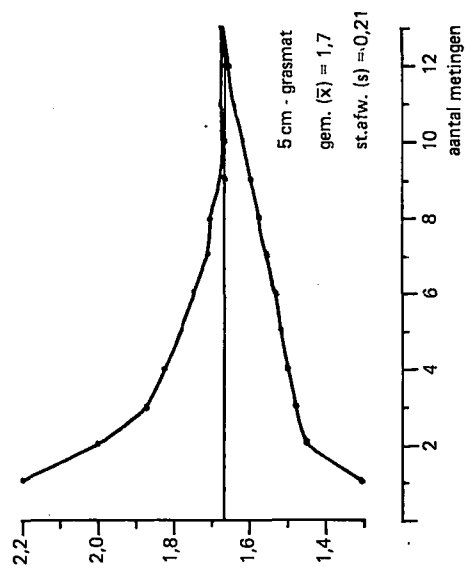
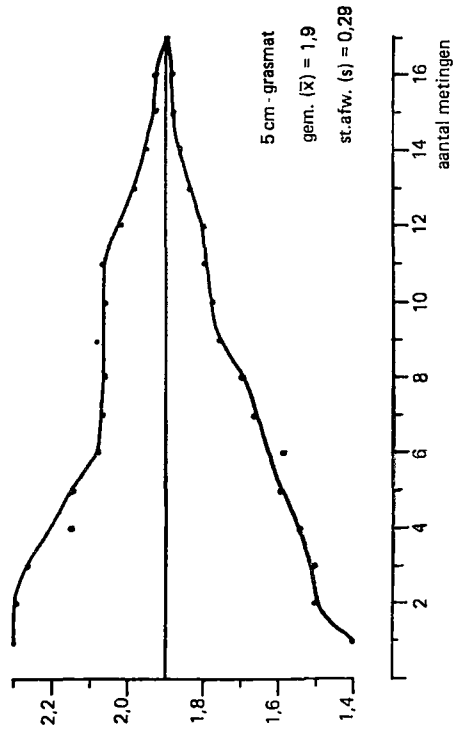
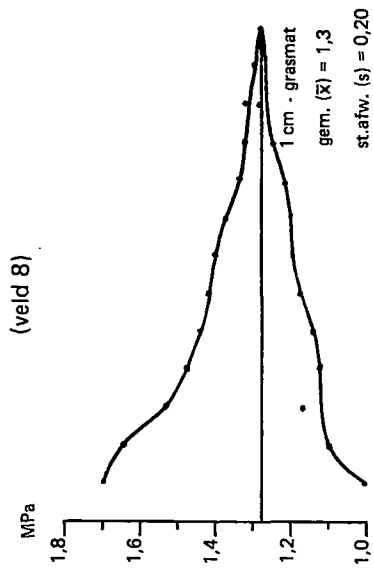
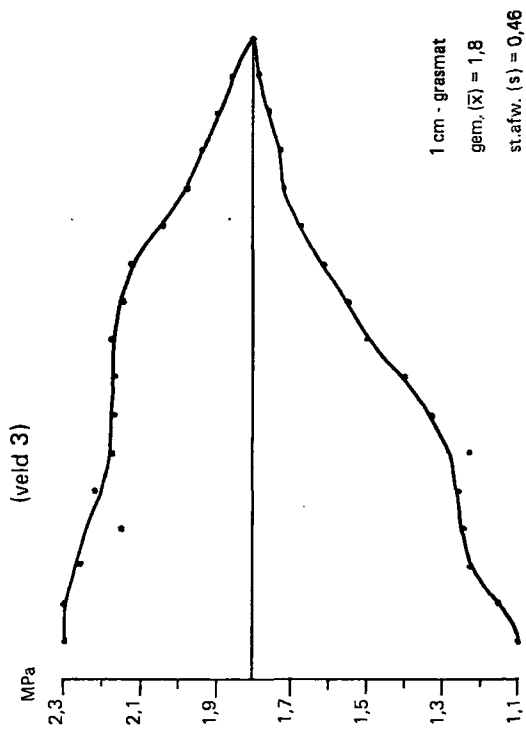


Fig. 11 De grootste afwijkingen in negatieve en positieve richting van de lw op een grassportveld dat in de voorafgaande herstel - periode heringezaaid was (veld 3) en op een oud grassportveld (veld 8), bij een toenemend aantal metingen tot respectievelijk 17 en 13

Tabel 6 Gemiddelde indringingsweerstand ($\bar{I}_w$ in MPa), standaardafwijking (S in MPa) en variatiecoëfficiënt ($S/\bar{I}_w$)

Opname competitie- seizoen 1975-1976	Indringingsweerstand											
	extensief bespeeld				matig intensief bespeeld				zeer intensief bespeeld			
	in zode				op 5 cm - mv.				in zode			
	$\bar{I}_w$	S	$S/\bar{I}_w$	$S/\bar{I}_w$	$\bar{I}_w$	S	$S/\bar{I}_w$	$S/\bar{I}_w$	$\bar{I}_w$	S	$S/\bar{I}_w$	$S/\bar{I}_w$
n												
Sept. t/m mei	170	1,2	0,57	0,5	1,5	0,62	0,4	0,4	1,6	0,81	0,5	0,3
Nov. t/m febr.	65	0,9	0,25	0,3	1,3	0,29	0,2	0,3	1,1	0,45	0,4	0,4
27 en 28 nov.	11	0,8	0,11	0,1	1,1	0,22	0,2	0,2	1,1	0,51	0,5	0,5
Duinzandgronden met zeer kleiarme toplaag:												
Sept. t/m mei	95	1,1	0,45	0,4	1,4	0,46	0,3	0,3	1,3	0,55	0,4	0,3
Nov. t/m febr.	35	0,8	0,15	0,2	1,1	0,23	0,2	0,2	1,0	0,21	0,2	0,2
27 en 28 nov.	6	0,7	0,10	0,1	1,0	0,18	0,2	0,2	0,9	0,30	0,3	0,3

4.3.4 Indringingsweerstanden op zes velden die verschillen in bodemkundig en hydrologisch opzicht

Het competitie seizoen 1975/'76 bood goede mogelijkheden om op de velden de indringingsweerstanden bij zeer uiteenlopende weersomstandigheden te meten. Er kwamen een zeer natte periode (eind november) en enkele vorstperiodes in voor. Bovendien was in de tweede helft van de competitieperiode 1975/'76 het neerslagoverschot geringer, dan wel het neerslagtekort groter dan normaal, waarbij met normaal wordt bedoeld het gemiddelde over een groot aantal jaren.

Op veel velden, vooral op de bezande kleivelden, werd de Iw sterk beïnvloed door de weersomstandigheden. Het aantal malen, dat op de proefplekken van het bezande kleiveld (2) de gewenste Iw-waarde tussen 1,4 en 2 MPa werd gemeten, was beperkt (fig. 12). Zowel in de neerslagrijke periode in de tweede helft van november, als na de vorstperiode van half december, werden ook op de zeer intensief bespeelde proefplek te lage waarden gemeten en was het veld onbespeelbaar. In perioden met een neerslagtekort, ook al was het soms maar gering zoals in oktober (zie fig. 8), steeg de Iw al snel boven 2 MPa. Verder waren er velden op duinzand met en zonder moerige tussenlagen (5 en 6) en het bezande veenveld (8) waar op het zeer intensief bespeelde gedeelte nooit te lage Iw-waarden werden gemeten (zie fig. 13 en 14). De velden waarop de figuren 12, 13 en 14 betrekking hebben, zijn intensief gedraineerd en van onderbemaling voorzien. Op het kleiveld (2) liggen de drainreeksen op 105 à 120 cm, op het zandveld (5) op 70 à 85 cm en op beide andere velden (6 en 8) op 80 à 90 cm beneden maaiveld.

In perioden met een neerslagtekort wordt minder diep bemalen of wordt de onderbemalingspomp uitgeschakeld. Op de duinzandgronden reageert de grondwaterstand daarop sneller dan op de kleigronden. Door hogere grondwaterstanden en de grotere capillaire stijgsnelheid in duinzandgronden kan het vocht dat door de graswortels aan de top laag wordt onttrokken, worden gecompenseerd. Aldus kan de top laag zonder berekening zo vochtig worden gehouden, dat de Iw-waarden beneden de gewenste 2 MPa blijven.

Veld 7b (fig. 15) werd in april 1975 heringezaaid en na een halfjaar, dus in september, weer in gebruik genomen. Op dat moment was de Iw te laag. Door bespeling nam de Iw maar weinig toe. Daarom werd in de tweede helft van november de top laag verdicht met een wals. Dit had tot resultaat, dat in de natte periode van eind november en na de vorstperiode in december ongeveer gelijke Iw-waarden werden gemeten als op veld 7a eraan. Vanaf januari kon lange tijd de gewenste Iw (tussen 1,2 en 2 MPa) gehandhaafd worden, grotendeels dank zij de goede grondwaterbeheersing vanaf januari op basis van Iw-metingen en tenslotte via aanvullende berekening (zie ook fig. 8).

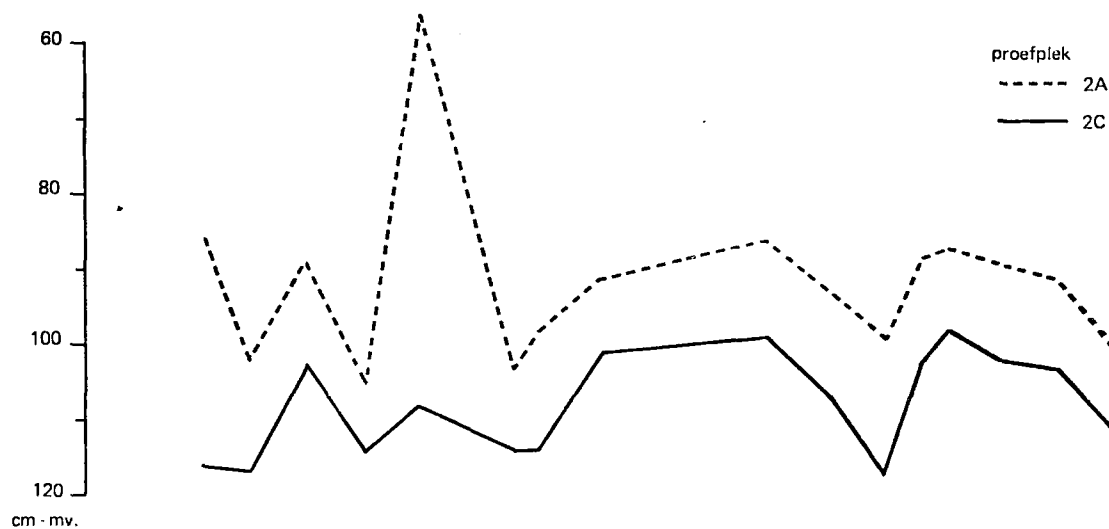
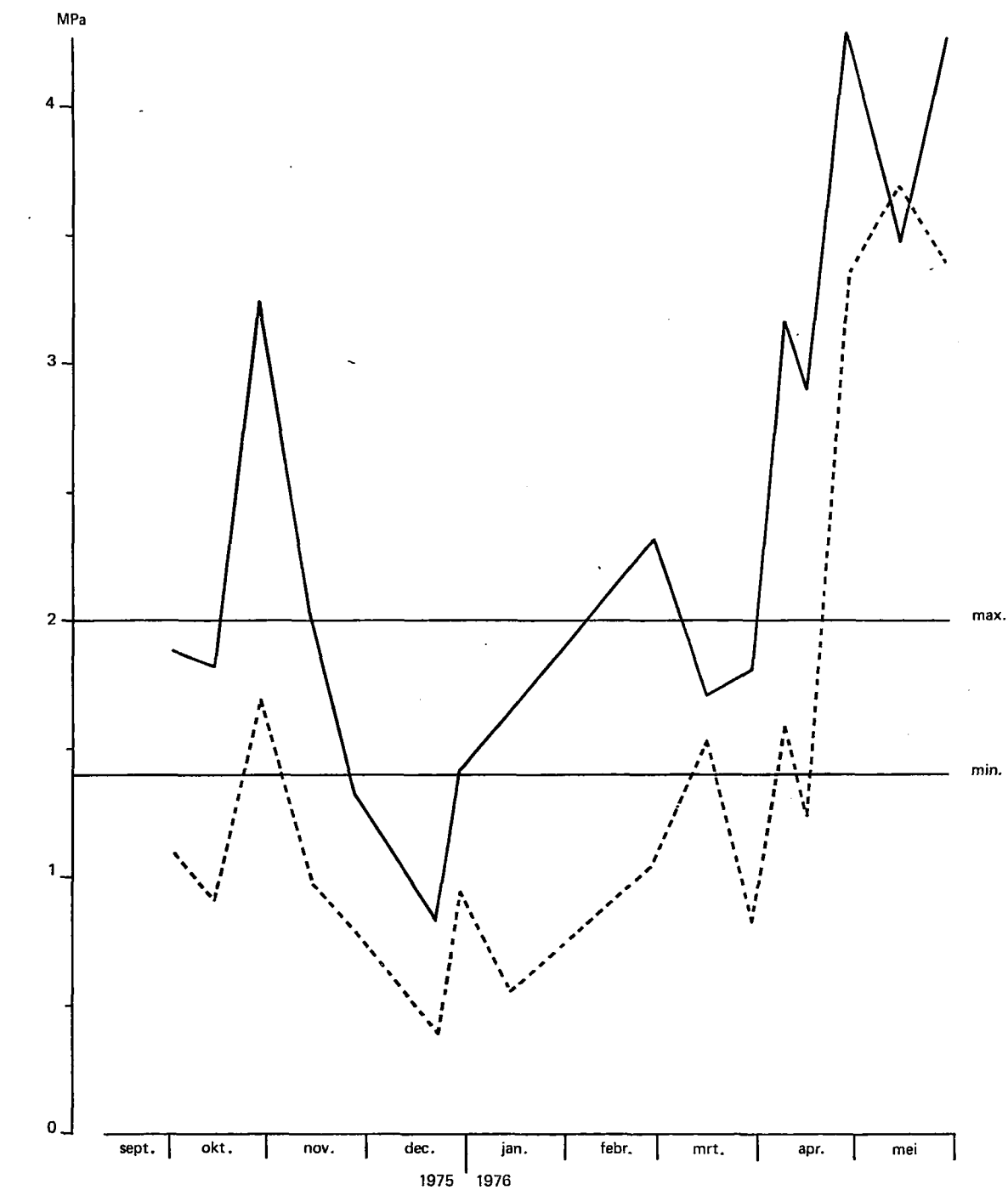


Fig. 12 De lw op 1 cm beneden de grasmat en het grondwaterstandsverloop op een ooivaaggrond (lichte klei met een toplaag van lichte zavel) (proefplek 2A) en van kleiig duinzand (proefplek 2C)

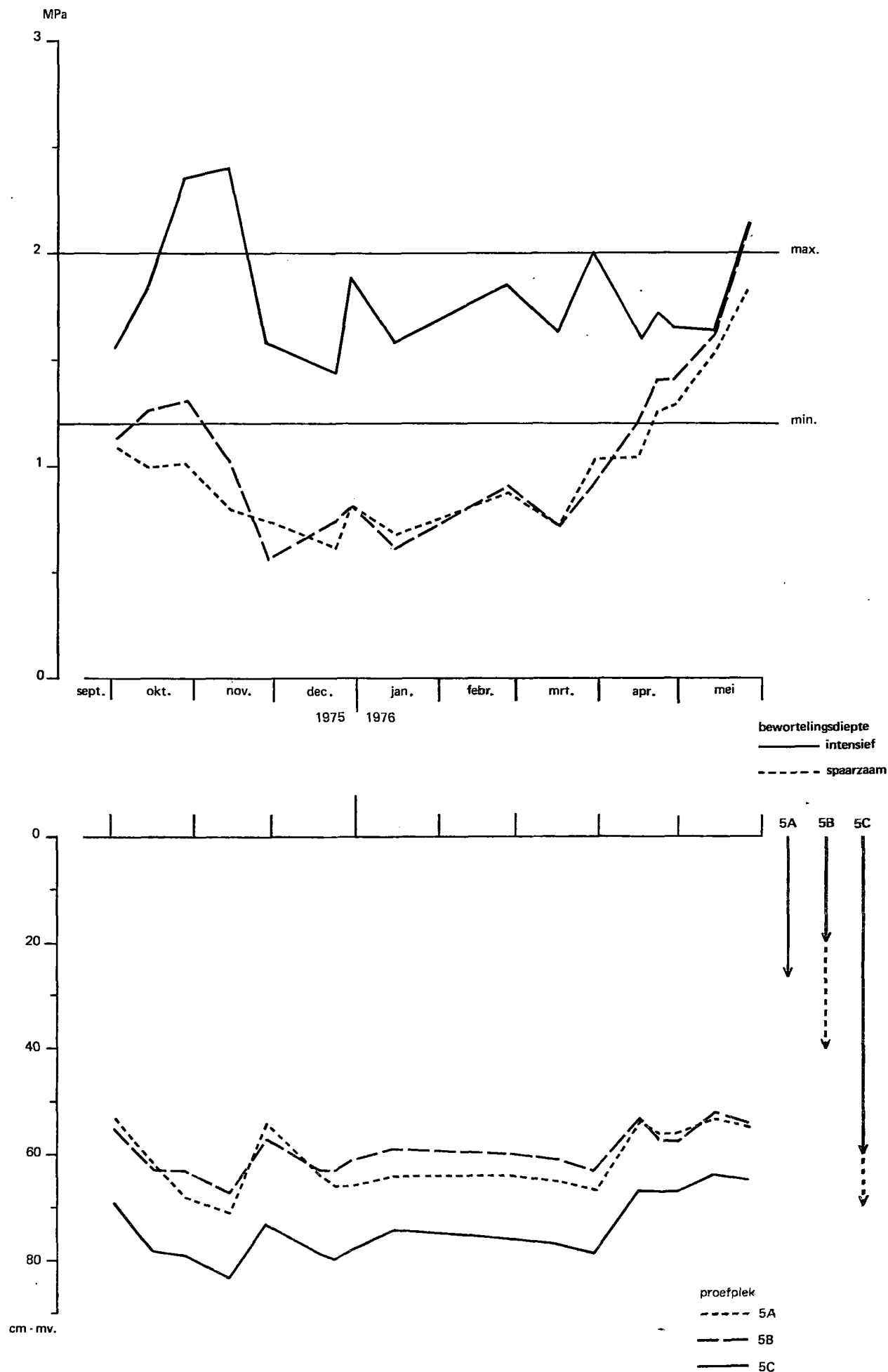


Fig. 13 De lw op 1 cm beneden de grasmat en het grondwaterstandsverloop op een duinzandgrond met een zeer humeuze, zeer kleiarme bovengrond (veld 5)

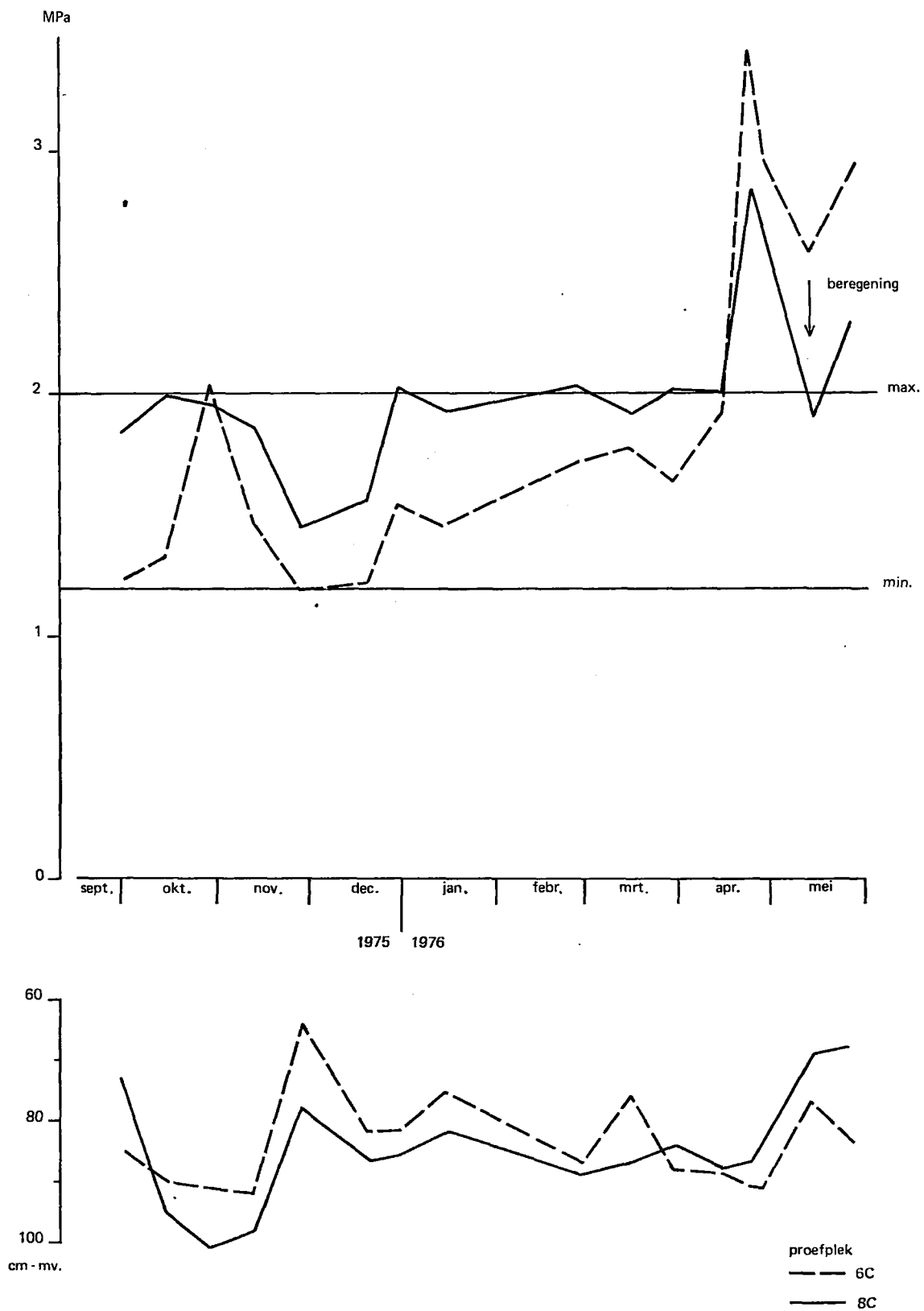


Fig. 14 De lw op 1 cm beneden de grasmat en het grondwaterstandsverloop op het zeer intensief bespeelde gedeelte van het veld van een broekeerdgrond (zWz, proefplek 6C) en een madeveengrond (saVc, proefplek 8C), beide met een zeer humeuze, zeer kleiarme duinzandbovengrond

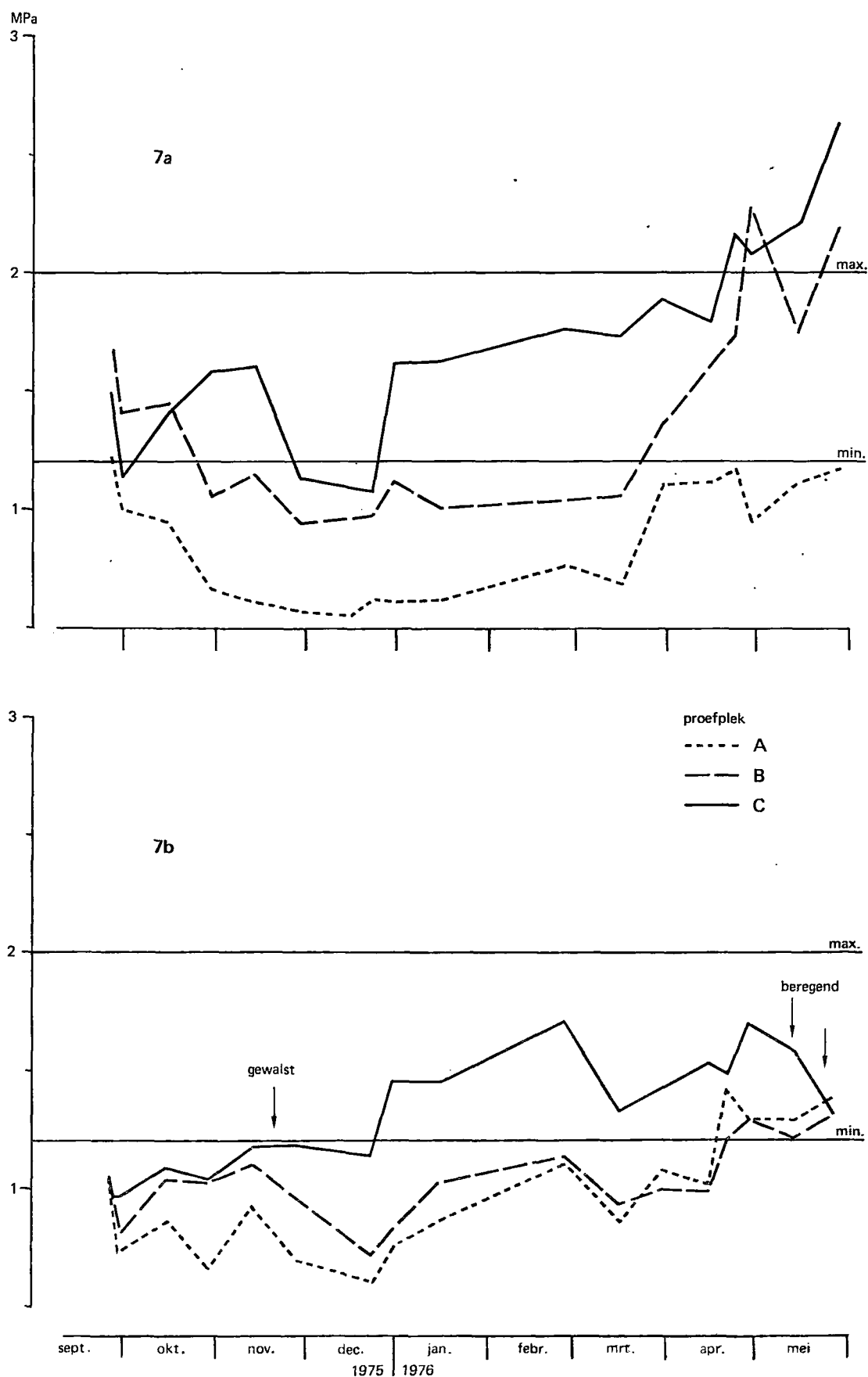


Fig.15 De lw op 1 cm beneden de grasmatt op een duinzandgrond met een zeer humeuze, zeer kleiarme bovengrond op een veld met overjarige (7a) en met een halfjaar tevoren heringezaaide (7b) grasbegroeiing

4.3.5 Indringingsweerstand en grondwaterstand

In figuur 16 is het verband weergegeven tussen de grondwaterstand en de Iw van alle proefplekken op duinzand. Per proefplek zijn de metingen van eind april, half en eind mei 1976 weergegeven. Deze periode werd gekenmerkt door een neerslagtekort van 2 à 3 mm per dag (fig. 8). Er blijkt een rechtlijnig verband te bestaan tussen de grondwaterstand en de Iw. Voor de zeer intensief bespeelde proefplekken is dit verband berekend. De lineaire regressielijn is weergegeven in figuur 17. Per 10 cm daling van de grondwaterstand neemt de gemiddelde Iw met meer dan 0,2 MPa toe. Bij grondwaterstanden dieper dan 70 cm beneden maaiveld komt de gemiddelde Iw boven 2 MPa, hetgeen te hoog is.

Van de waarnemingen van eind oktober 1975 is van de zeer intensief bespeelde proefplekken eveneens de regressielijn berekend. In die periode was er nauwelijks neerslag en verdamping (fig. 8 onderaan). Ook in die periode werden Iw's gemeten boven 2 MPa; gemiddeld was dit het geval bij grondwaterstanden dieper dan 85 cm beneden maaiveld. Afhankelijk van de capillaire nalevering kan er enige variatie optreden. Zo bleek op veld 5 in die meetperiode een grondwaterstand van ca. 80 cm - mv. al te diep te zijn om de Iw beneden 2 MPa te houden (fig. 13). Te lage waarden, dus lager dan 1,2 MPa, werden in die periode niet gemeten. De regressielijn blijkt de horizontale lijn van 1,2 MPa bij een grondwaterstand van ca. 60 cm - mv. te snijden (fig. 17).

Omstreeks 20 december was er weer een periode met weinig of geen neerslag en verdamping; deze volgde op een vorstperiode. Op twee derde deel van de proefplekken, voornamelijk die met een matig kleiarne tot kleiige zandtoplaag, leverde de meting toen de laagste waarden van het gehele seizoen op. Voorbeelden hiervan vormen de velden 2, 5, 7a en 7b in de figuren 12, 13 en 15. In die periode moest de grondwaterstand dieper dan 80 cm - mv. zijn voor voldoende stevigheid van de top laag (fig. 17).

De vierde regressielijn heeft betrekking op de metingen op de zeer intensief bespeelde proefplekken eind november. Deze meetdagen vielen in de decade met het grootste neerslagoverschot van het hele competitie seizoen (fig. 8 onderaan). Er viel toen 18 à 23 mm neerslag in de drie voorafgaande etmalen. Onder die omstandigheden voldeden slechts enkele velden, en wel uitsluitend die met een zeer kleiarne duinzandbovengrond, aan de norm van 1,2 à 1,4 MPa. Invloed van de grondwaterstand bij zoveel neerslag kon statistisch niet worden aangetoond. Op enkele velden, met een zeer kleiarne zandbovengrond, was de Iw tijdens deze neerslagperiode nog wat lager dan na de vorstperiode van half december, bijvoorbeeld op de velden 6 en 8 (fig. 14).

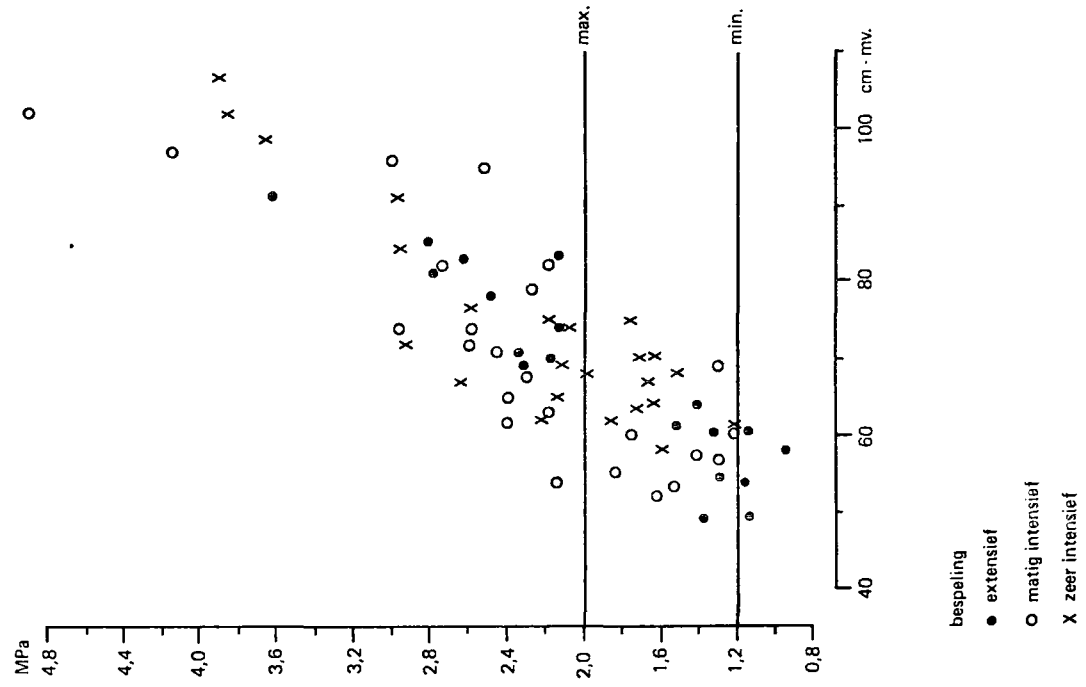


Fig. 16 Verband tussen grondwaterstand en lw op 1 cm beneden de grasmat van duinzandgronden in een periode met neerslagtekort van 2 à 3 mm per dag (eind april tot eind mei 1976)

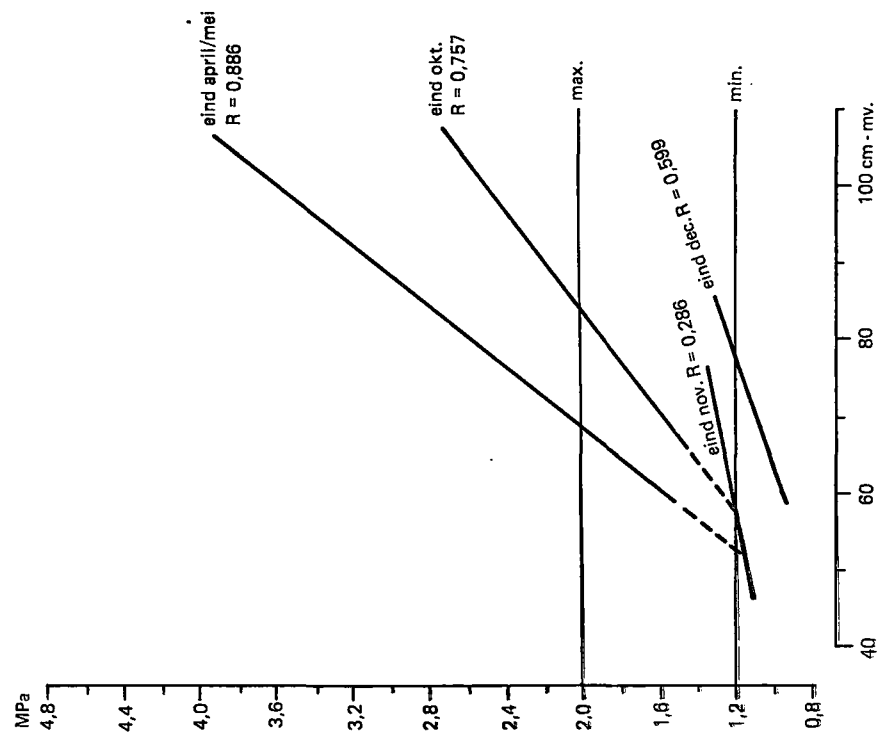


Fig. 17 Verband tussen grondwaterstand en lw op het zeer intensief bespeelde deel van grassportvelden op duinzand op 1 cm beneden de grasmat in het competitie seizoen 1975/'76

4.3.6 Verband tussen zuigspanning en grondwaterstand in de wintermaanden

De stevigheid van de top laag wordt in sterke mate bepaald door de capillaire krachten in deze laag. Deze krachten hangen op hun beurt weer af van de zuigspanning. Het leek ons daarom zinvol na te gaan, hoe in de wintermaanden het verband was tussen de zuigspanning en de grondwaterstand.

Dank zij medewerking van het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding kon in de wintermaanden van 1975/'76 op een aantal proefplekken de zuigspanning worden gemeten met behulp van een drukopnemer - tensiometer op 1, 2,5, 5, 10 en 20 cm - mv. Op alle meetdiepten werd een redelijk verband gevonden tussen de zuigspanning en de grondwaterstand. In figuur 18 worden de meetresultaten op 1 en op 20 cm beneden maaiveld weergegeven.

De zuigspanning was op geringe diepte beneden maaiveld gemiddeld verder verwijderd van de evenwichtstoestand, in de natte richting, dan op 10 à 20 cm beneden maaiveld. De spreiding rondom de evenwichtstoestand was wat groot. Dit komt doordat op de eerste meetdag nachtvorst was opgetreden. Hierdoor konden op die dag alleen op de extensief bespeelde proefplekken met veel gras op alle gewenste diepten metingen worden verricht. Op de intensief bespeelde proefplekken met een lage grasbedekkingsgraad kon alleen onder het vorstlaagje worden gemeten. Op die plaatsen werden onder het vorstlaagje zuigspanningen gemeten die aanzienlijk hoger waren dan die in de evenwichtstoestand (zie ook fig. 19). Op de laatste meetdag werden op geringe diepte zuigspanningen gemeten die lager waren dan die in de evenwichtstoestand, door een geringe hoeveelheid neerslag kort voor de opname.

Op het sportveld op veengronden met een zanddek van ca. 20 cm werden op gelijke hoogte boven het grondwater lagere zuigspanningen gemeten dan op duinzandgronden (fig. 19). Op beide meetdagen was de zuigspanning op de veengronden met zanddek ongeveer 20 cm waterkolom lager dan op duinzandgronden. Op de veengronden was op beide meetdagen de zuigspanning lager, dus de top laag natter, naarmate de bespelingsintensiteit hoger was (fig. 19).

4.3.7 De dichtheid van de grond in duinzandtoplagen op sportvelden

4.3.7.1 De dichtheid van de grond, organische-stofgehalte en lutumgehalte

Door de sterke eentoppigheid in de granulaire samenstelling van duinzand kan men op de kleiige duinzandbovengronden een dichtere structuur verwachten dan op de kleiarne. Dit vindt dan zijn weerslag in de waarden van de dichtheid van de grond.

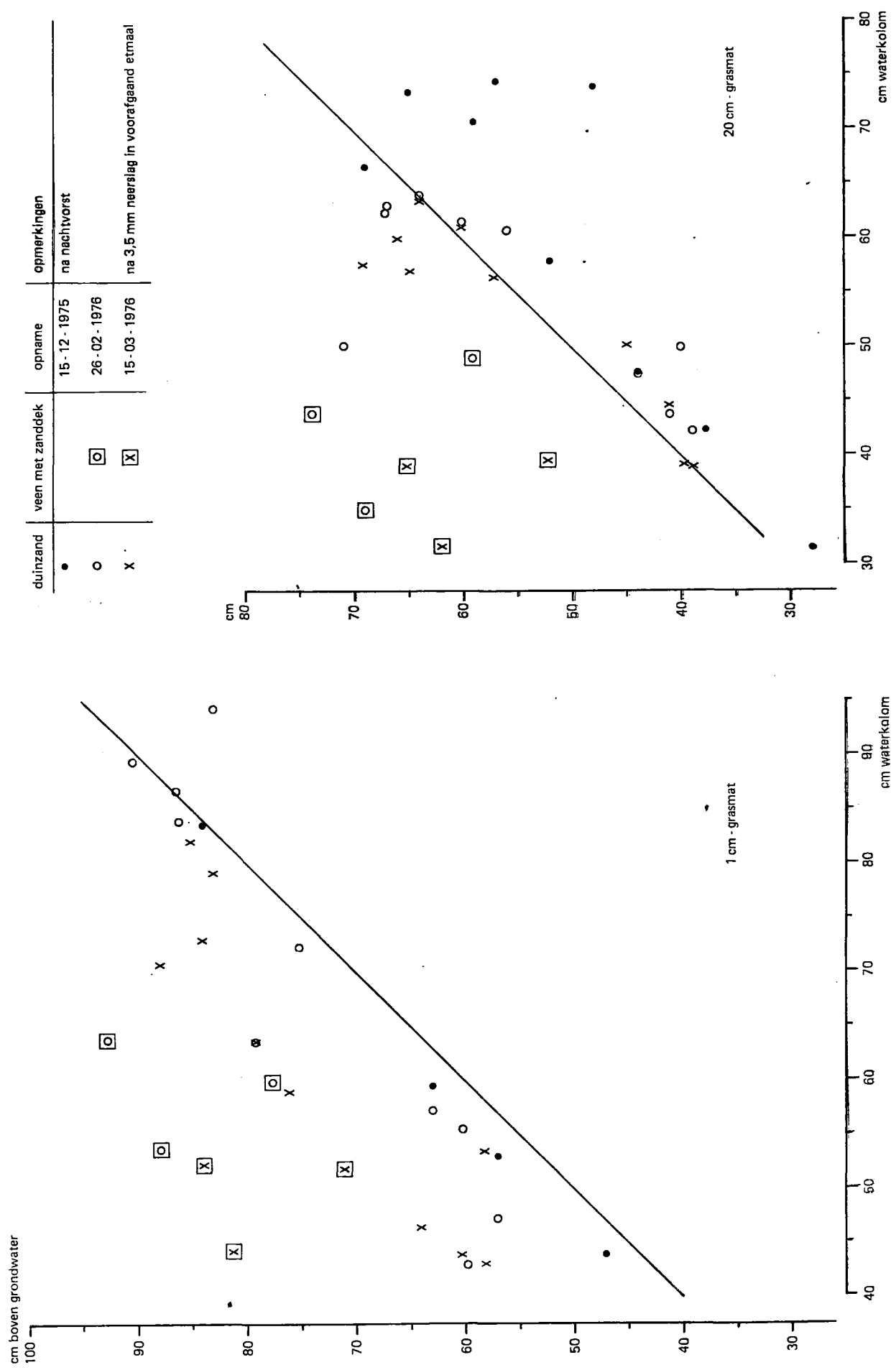


Fig. 18 Verband tussen de hoogte boven het grondwater en de zuigspanning in perioden met neerslagoverschot

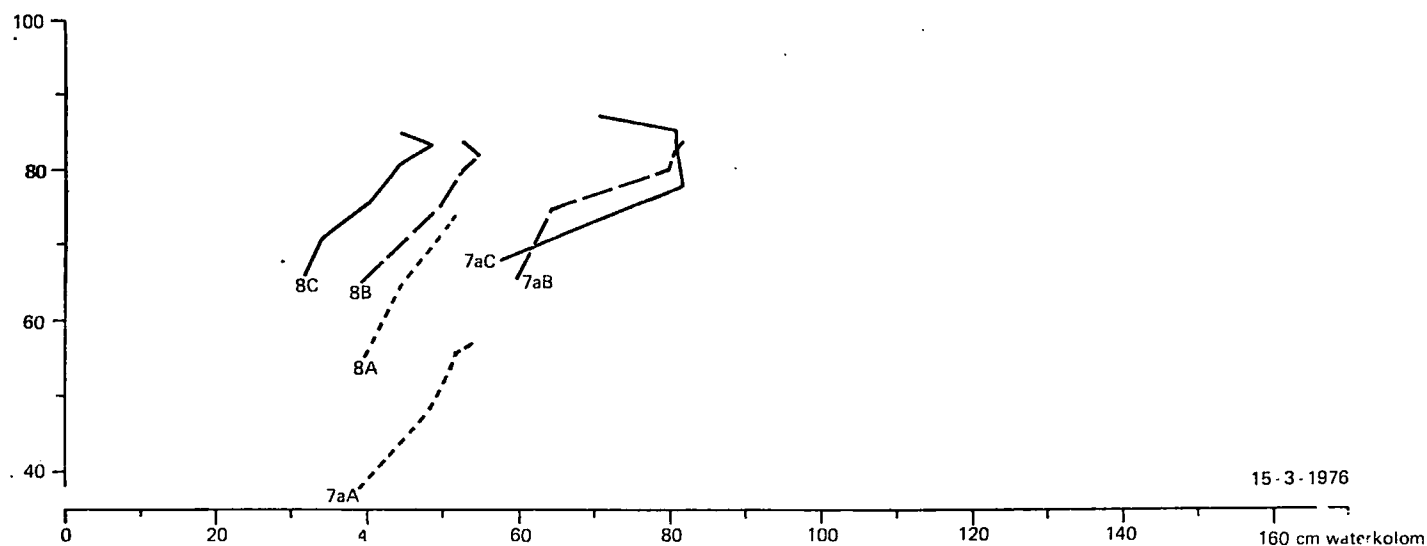
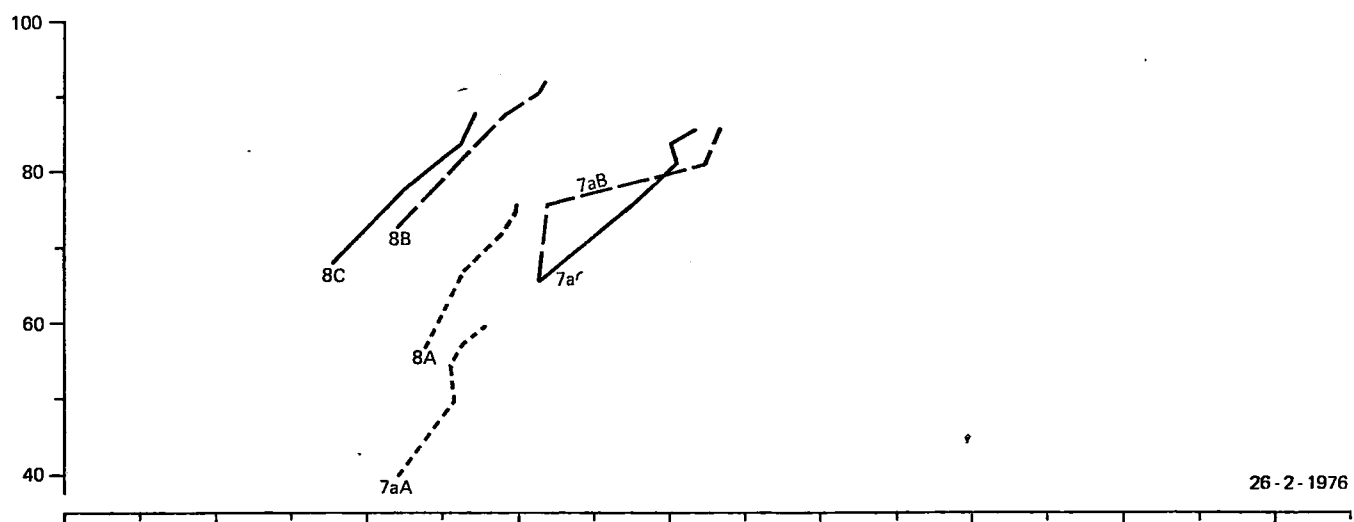
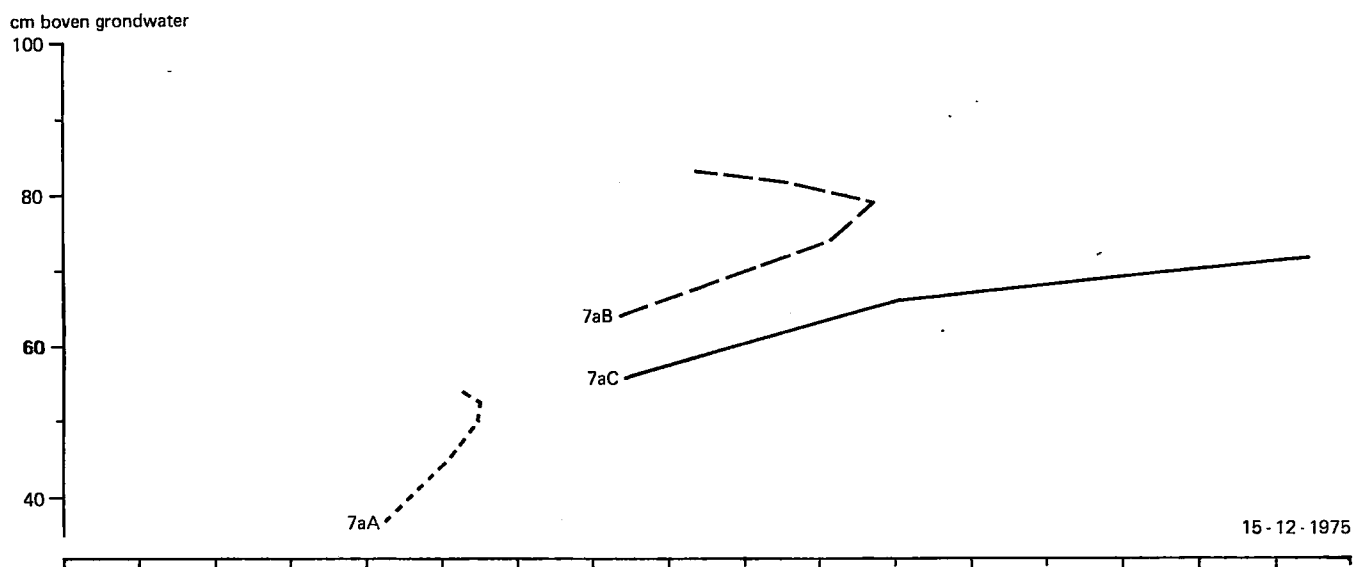


Fig. 19 Het zuigspanningsverloop op drie proefplekken in de laag van 1 tot 20 cm beneden de grasmat op een zandveld (7a) en een veenveld met zanddek (8)

De grotere kans op plasvorming op sportvelden met een kleiige duinzandbovengrond t.o.v. die met een kleiarne duinzandbovengrond (zie volgend hoofdstuk) wijst in die richting. Om deze veronderstelling te toetsen is zowel voor de zeer kleiarne als voor de matig kleiarne tot kleiige duinzandbovenlagen het verband bepaald tussen het organische-stofgehalte en de dichtheid van de grond. Kortleven (1970) vond een rechtlijnig verband tussen het organische-stofgehalte en het specifiek volume. Van de zeer kleiarne en van de matig kleiarne tot kleiige duinzandbovengronden zijn deze rechtlijnige verbanden berekend. De hierop betrekking hebbende regressievergelijkingen zijn vermeld in tabel 7.

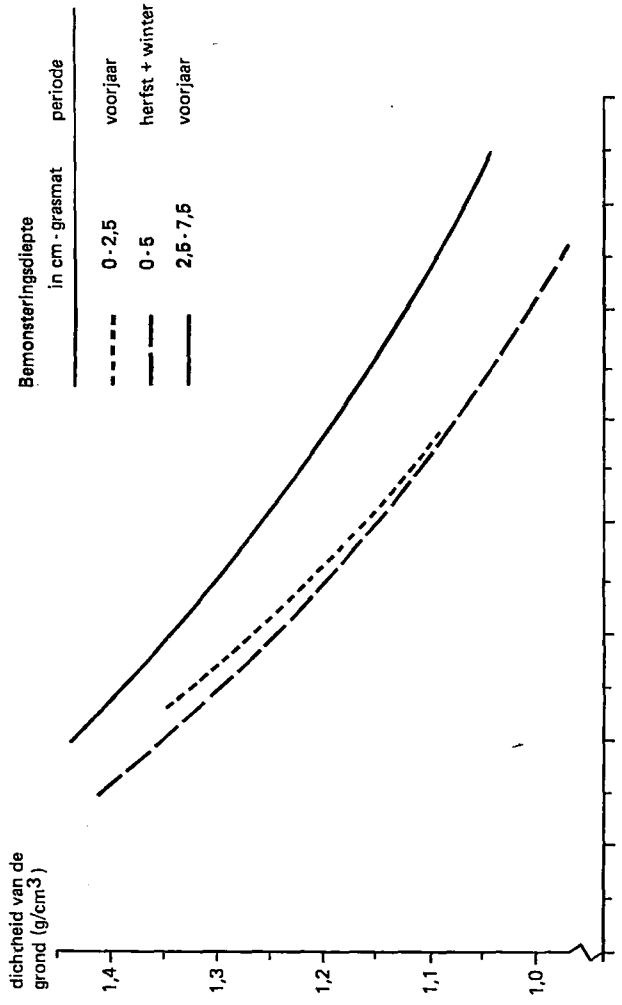
Tabel 7 Verband tussen organische-stofgehalte (x in %) en specifiek volume (y in cm³/g) van duinzandtoplagen

	y	r	(n)
Zeet kleiarne	$0,609 + 0,0294 x$	0,602	120
Matig kleiarne tot kleiig	$0,473 + 0,0411 x$	0,659	37
Zeet kleiarne duinzandtoplagen (n = 120)			
Diepte in cm - grasmat:			
0 -2,5	$0,584 + 0,0345 x$	0,625	32
0 -5	$0,612 + 0,0320 x$	0,634	55
2,5-7,5	$0,598 + 0,0246 x$	0,711	33
Bespeling:			
extensief	$0,659 + 0,0308 x$	0,553	38
matig intensief	$0,610 + 0,0307 x$	0,618	37
zeet intensief	$0,618 + 0,0192 x$	0,578	45
Minimum voor voldoende stevigheid in de winter bij een pF $\leq 1,85$	$0,600 + 0,0267 x$	.	

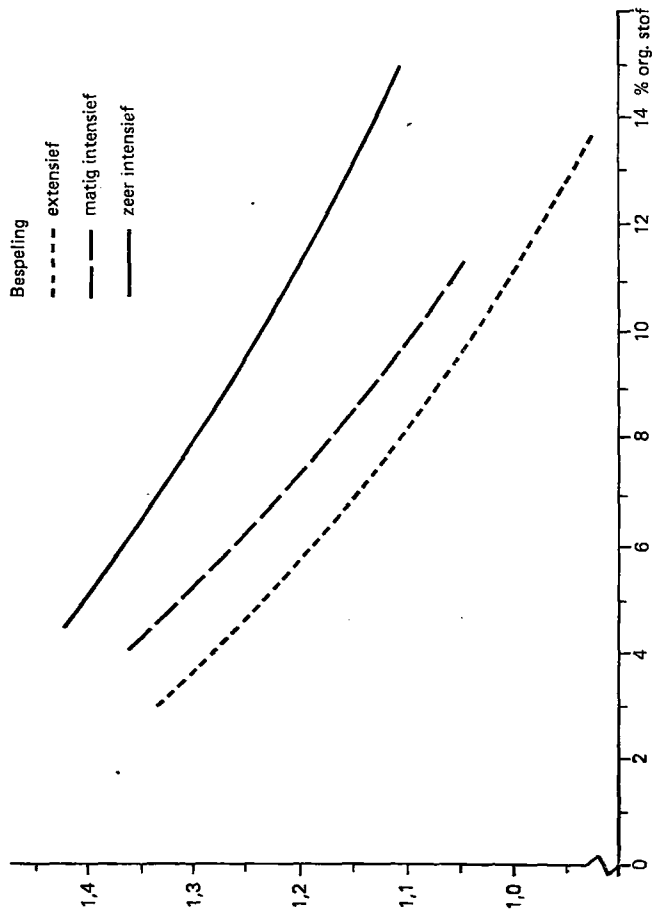
r = correlatiecoëfficiënt

n = aantal waarnemingen

Met behulp van deze regressievergelijkingen is figuur 20 samengesteld, waarin het verband tussen het organische-stofgehalte en de dichtheid van de grond van beide onderscheiden groepen van bovengronden wordt weergegeven. De dichtheid van de grond van de matig kleiarne tot kleiige duinzandbovengronden op sportvelden blijkt inderdaad hoger te zijn dan die van de zeer kleiarne. Het verschil wordt groter naarmate het percentage organische stof lager is. Bij 4% organische stof bedroeg dit verschil zelfs 15%.



B zeer kleiarme duinzandtoplagen



C zeer kleiarme duinzandtoplagen van 0 tot 5 à 7,5 cm beneden de grasmat

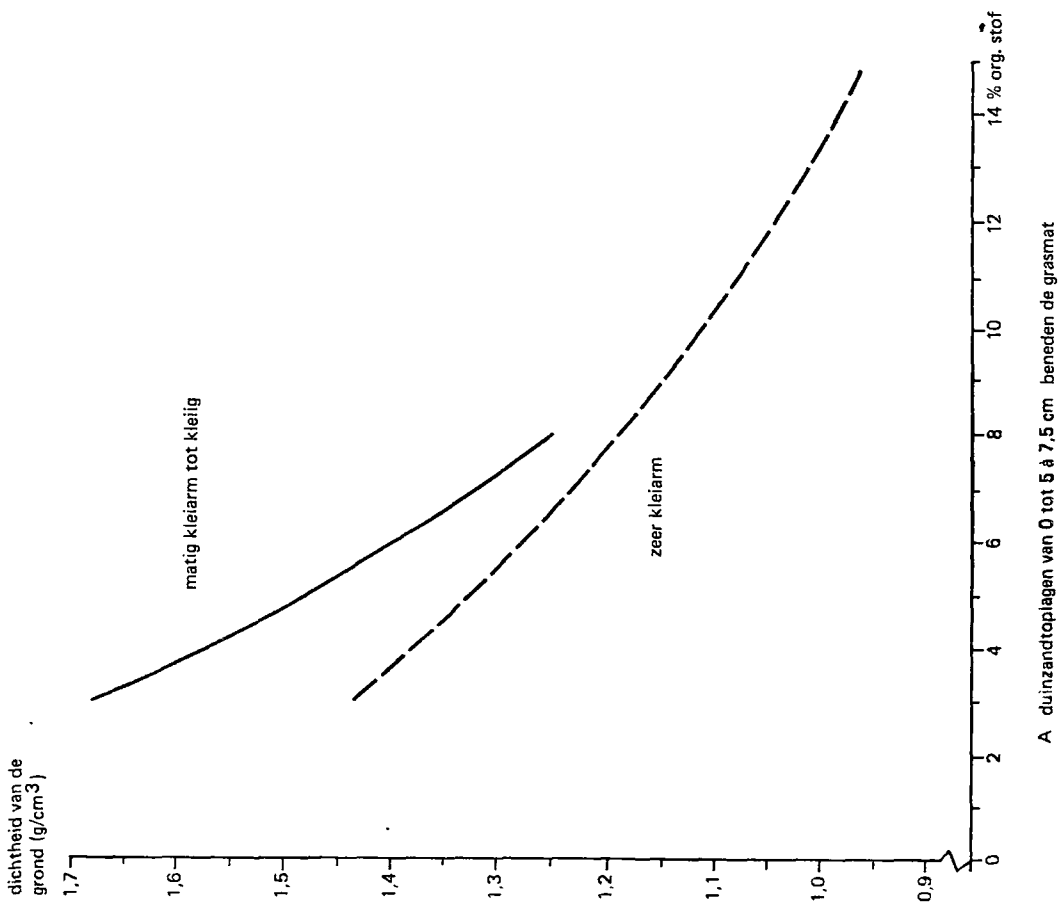


Fig. 20 Verband tussen het organische - stofgehalte en de dichtheid van de grond in duinzandbovengronden

4.3.7.2 Dichtheid van de grond en bemonsteringsdiepte

De bemonsteringsdiepte blijkt bij de zeer kleiarme duinzandbovengronden een belangrijke invloed te hebben op de dichtheid van de grond. De laag van 2,5-7,5 cm beneden maaiveld is 5 à 10% dichter dan de laag van 0-2,5 cm, de laag direct onder de grasmat (fig. 20B). De regressievergelijkingen waarmee deze figuur is samengesteld, zijn vermeld in tabel 7. De oorzaak van het gevonden verschil is niet geheel duidelijk. Vermoedelijk zijn de lagere bewortelingsintensiteit, de geringere invloed van de weersomstandigheden (o.a. vorst) en de geringere biologische activiteit in de minder oppervlakkige lagen hierop van invloed. Bij de meer kleiige duinzandbovengronden was het aantal monsters te gering om eventuele verschillen te kunnen meten.

4.3.7.3 Dichtheid van de grond, bespelingsintensiteit, stevigheid en bewortelingsmogelijkheden voor gras

De verschillen in dichtheid van de grond binnen een speelveld zijn erg groot. Op de extensief bespeelde proefplekken is de volumieke massa 14 à 23% lager dan op de zeer intensief bespeelde (figuur 20C).

Op proefplekken met een zeer kleiarme duinzandbovengrond is nagegaan hoe groot de dichtheid van de grond minimaal moet zijn om in de winter voldoende stevigheid te hebben (fig. 21). Hiervoor is gebruik gemaakt van bemonsteringen van de laag van 0-2,5 cm beneden de grasmat, bij een veldvochtigheid van pF 1,5-1,85 (30 à 70 cm waterkolom), zoals deze in de winter doorgaans voorkomt. Binnen dit vochtspanningstraject blijft de I_w van humeuze, matig fijne zandgronden ongeveer constant (Beuving en Van Wijk, 1979). Uit het rechtlijnige verband van figuur 21A kon de curve van figuur 21B afgeleid worden. Deze geeft de minimumgrens van de dichtheid van de grond in de toplaag voor voldoende stevigheid in de winter voor zeer kleiarme duinzandgronden. Toplagen die aan de stevigheid voor zandgronden van 1,2 MPa voldeden, bleken alle meer of minder reductieverschijnselen te vertonen. Hieruit kan worden afgeleid, dat bij deze dichtheid de zuurstofvoorziening ontoereikend is voor het goed functioneren van het bodemleven.

Op een beperkt aantal plaatsen was het mogelijk de minimumgrens voor beworteling van gras in duinzand met minder dan 0,5% organische stof vast te stellen. Hierbij bleek dat deze grens ligt bij een dichtheid van de grond van 1,56 à 1,58 g/cm³. Het hierbij behorende poriënvolume bedraagt 40 à 41%. Deze waarden komen goed overeen met die van Hidding en Van den Berg (1961). De humusarme duinzandondergronden van sportvelden hebben veelal een grotere dichtheid van de grond, dus een lager poriënvolume. De bewortelde laag op duinzand blijft daarom

beperkt tot de humeuze bovengrond. Als deze dan is zoals op de proefplekken 7aA en 7aB (tabel 6), blijft de beworteling zeer oppervlakkig. De grasmat is dan zeer droogtegevoelig.

Op veld 7b, waar de beworteling eveneens zeer oppervlakkig was, is in de herstelperiode van 1975 de bovenlaag circa 25 cm diep gefreesd. Door vermenging met de humeuze toplaag en de zode is nu blijvende beworteling tot 25 cm diepte mogelijk geworden.

Het is gebruikelijk dat een bezandingsdek op zavel en klei bij de aanleg enigszins vermengd wordt met materiaal uit de ondergrond. Het doel van deze vermenging is:

- een minder scherpe overgang te verkrijgen tussen bezandingsdek en ondergrond;
- de passage van wortels naar de vocht- en voedselrijkere ondergrond mogelijk te maken, ook na de verdichting door bespeling;
- een stevige verankering van de grasmat te verkrijgen door een omvangrijker, minder oppervlakkig wortelstelsel;
- de hoeveelheid beschikbaar vocht in het bezandingsdek te verhogen.

Als het humusarme bezandingsdek, gemengd met een beperkte hoeveelheid zavel- en kleikluitjes, echter 1 decimeter of dikker is, blijven de bewortelingsmogelijkheden beperkt. Op het intensief bespeelde deel van het veld dringen dan weinig of geen wortels door tot in de ondergrond. Dit verschijnsel werd al eerder waargenomen door Boekel e.a. (1971). Om de droogtegevoeligheid van de grasmat te verminderen is het gehele bezandingsdek van veld 3 in de herstelperiode van 1975 doorgefreesd. Door vermenging van de humeuze toplaag met de zode kunnen nu de wortels blijvend tot in de ondergrond doordringen.

4.4 Kans op plasvorming

4.4.1 Inleiding

Op goede sportvelden gaat voldoende stevigheid van de toplaag samen met een geringe kans op plasvorming. Behalve door oneffenheden van het maaiveld, wordt de kans op plasvorming op een grassportveld voornamelijk bepaald door de grootte van de tijdelijke berging van water in de toplaag en door de doorlatendheid (K).

4.4.2 De doorlatendheid

De kans op plasvorming wordt in sterke mate bepaald door de doorlatendheid van de toplaag. Naarmate deze kleiner is, wordt de kans op plasvorming groter. Wanneer onder de toplaag een

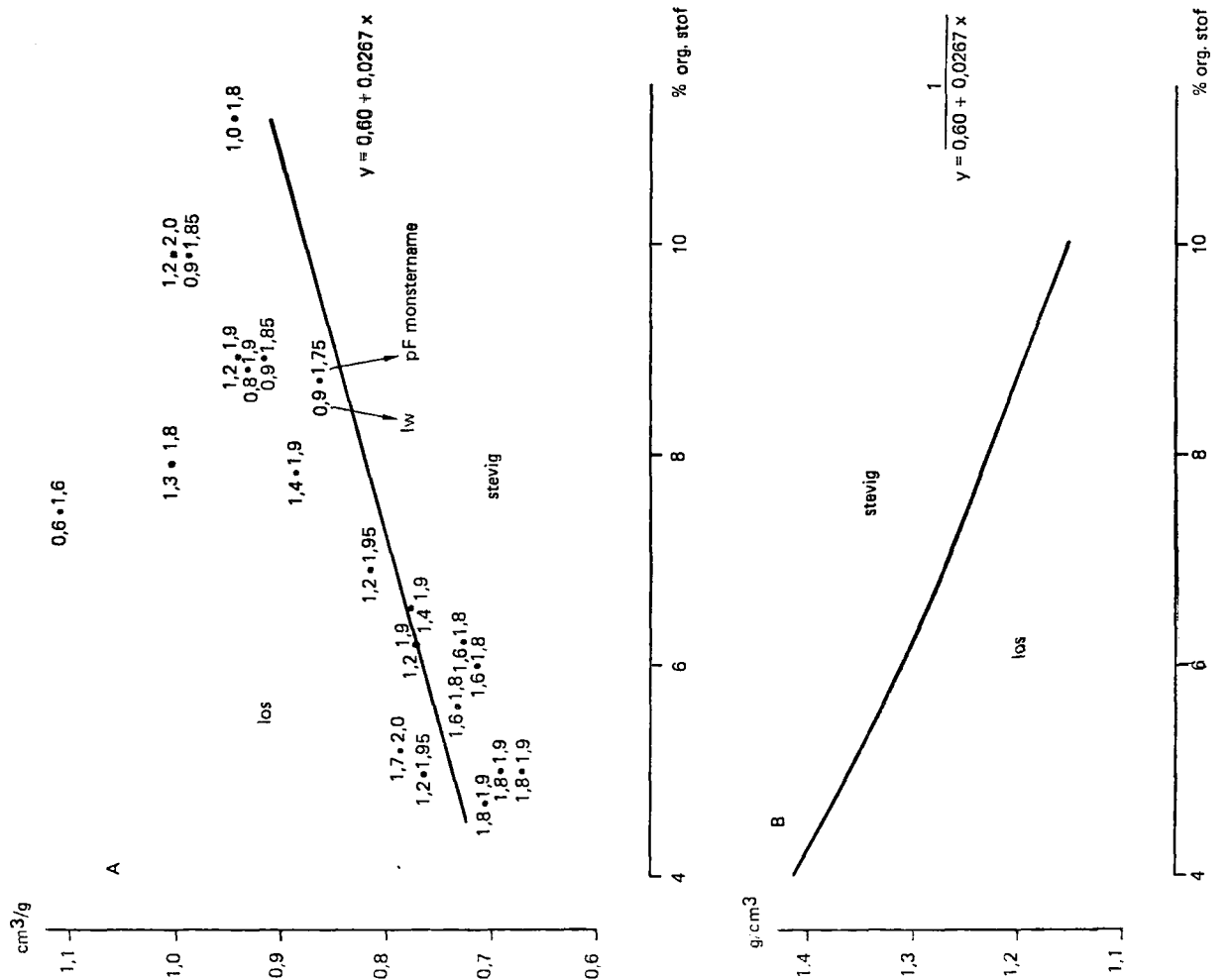


Fig. 21 Maximumgrens (A) van het specifiek volume en minimumgrens (B) van de dichtheid van de grond op het intensief bespeelde deel van zeer kleiarme duinzandvelden. Deze grenswaarden voor voldoende stevigheid gelden voor de laag 0 - 2,5 cm beneden de grasmat bij pF 1,85

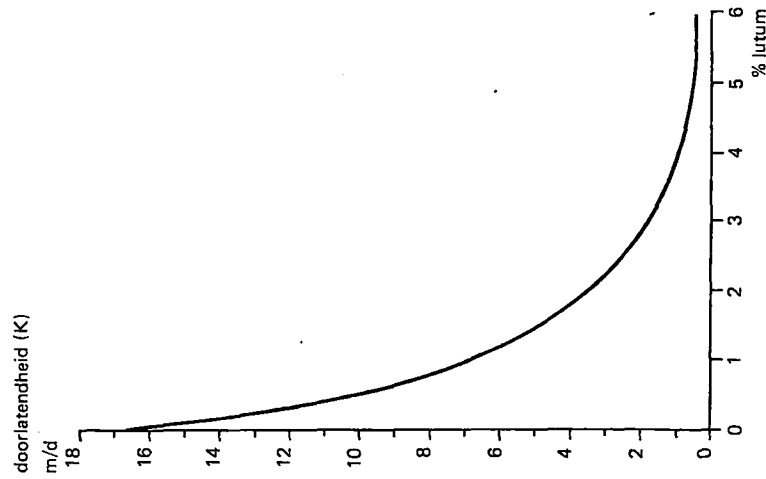


Fig. 22 Verband tussen de doorlatendheid en het lutumgehalte van grof zand (U - 43), onder natte omstandigheden gemengd met fijne klei-aggregaten (0 - 1/2 mm), volgens Fahmy (1961)

slecht doorlatende laag voorkomt, heeft behalve de doorlatendheid van deze laag ook de mogelijkheid voor tijdelijke berging boven deze laag invloed op de plasvorming.

Bijmenging van klei kan de doorlatendheid van zand sterk doen dalen. Uit laboratoriumonderzoek van Fahmy (1961) bleek, dat toeneming van het lutumgehalte (deeltjes $< 2 \mu\text{m}$) van 0 tot 1% de doorlatendheid van grof zand (U-43, $M_{50} > 250 \mu\text{m}$) deed dalen van 17 tot 7 m per dag (fig. 22). Bij 3% lutum was de doorlatendheid tot minder dan 2 m per dag gedaald.

In Amerika werd eveneens onderzoek verricht naar de doorlatendheid van grof zand met en zonder toevoeging van klei (Bouma and Anderson, 1973). De verzadigde doorlatendheid van het klei-loze, sterk verdichte zand was 4 meter per dag. Toevoeging van klei, die zeer intensief door het zand werd gekneed, deed matig kleiarm, grof zand ontstaan met 4,6% lutum en grofzandige zeer lichte, zavel met 9,3% lutum. Hierin werd een verzadigde doorlatendheid gemeten van respectievelijk 0,42 en 0,045 meter per dag.

Deze resultaten zijn goed in overeenstemming met onze praktijk-waarnemingen op grassportvelden, dat vergroting van het lutumgehalte in de toplaag niet alleen de glibberigheid doet toene-men, doch ook de kans op plasvorming. Dit laatste treedt echter in veel mindere mate op bij toeneming van het organische-stofgehalte in de toplaag.

4.4.3 Berging van water in de toplaag

4.4.3.1 Inleiding

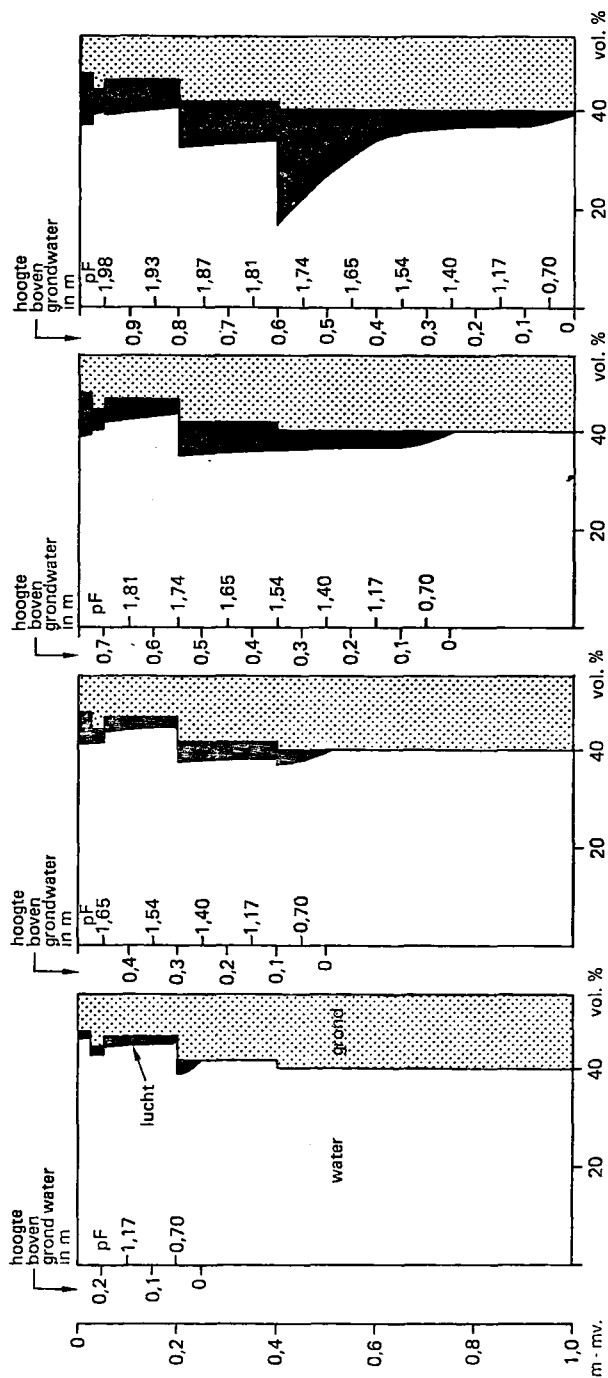
De kans op plasvorming wordt op sportvelden voor een belangrijk gedeelte bepaald door de hoeveelheid neerslag die in de toplaag geborgen kan worden. Deze hoeveelheid is op zijn hoogst gelijk aan het percentage poriën dat met lucht gevuld is.

Dit percentage met lucht gevulde poriën is afhankelijk van de zuigspanning waarmee het water in de poriën wordt vastgehouden. Als de zuigspanning in de grond in evenwicht is met de grondwaterstand, zijn op 1 m boven de grondwaterspiegel alle poriën met een diameter groter dan $30 \mu\text{m}$ met lucht gevuld en alle poriën met een diameter kleiner dan $30 \mu\text{m}$ met water gevuld. Dit percentage poriën met een diameter groter dan $30 \mu\text{m}$ kan zowel met behulp van vocht karakteristieken (de pF-curve) als met behulp van slijpplaten worden bepaald.

4.4.3.2 Bepaling van de tijdelijke berging van water in de bovenlaag met behulp van pF-curven

In figuur 23 zijn evenwichtsvochtcurven weergegeven bij grond-

A duinzandgrond met een zeer humeuze, zeer kleiarne bovengrond van 40 cm dikte



B duinzandgrond met een matig tot zeer humeuze, matig kleiarne tot kleiige bovengrond van 40 cm dikte

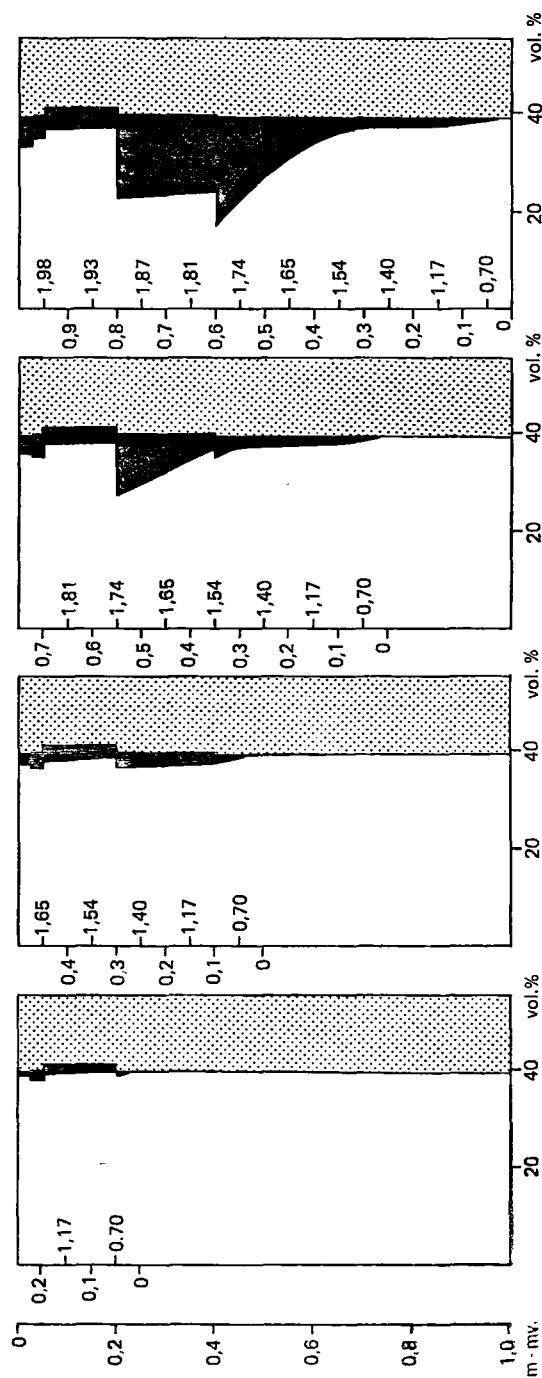


Fig. 23 Water-luchtverhouding bij grondwaterstanden van 0,25, 0,50, 0,75 en 1,00 m beneden maaiveld

waterstanden van 0,25, 0,50, 0,75 en 1,00 m beneden maaiveld. Deze hebben betrekking op duinzandgronden met een humeus dek van 40 cm dikte, gelegen op het zeer intensief bespeelde gedeelte van het veld. Voor de vervaardiging is onder andere gebruik gemaakt van de pF-curven in figuur 7.

Figuur 23a heeft betrekking op zeer kleiarme duinzandbovengronden. Links van het gearceerde gedeelte, dat betrekking heeft op de grond, is het poriënvolume in % aangegeven. Bij vier grondwaterstanden is vermeld, welk percentage hiervan met water gevuld is, als het vochtgehalte van de grond in statisch evenwicht is met de grondwaterstand. Het restant tussen water en grond vormen de met lucht gevulde poriën. Dit percentage blijkt op het zeer intensief bespeelde deel van sportvelden niet groot te zijn.

Dit aanwezige volume lucht, per eenheid van oppervlakte, bij een bepaalde waterstand en een vochttoestand die hiermee in statisch evenwicht is, wordt het bergend vermogen van de grond genoemd. Bij grondwaterstanden van 75 cm en dieper neemt het bergend vermogen voornamelijk toe, doordat in de humusarme ondergrond meer vocht geborgen kan worden.

Op sportvelden is vooral de hoeveelheid neerslag die in de bovengrond geborgen kan worden, van belang. De mogelijkheden voor tijdelijke berging in de bovengrond bepalen voor een belangrijk deel de kans op plasvorming.

In verband met de ruime mogelijkheden voor tijdelijke berging van water, lijkt het aantrekkelijk bij de aanleg een dekje van humusarm duinzand aan te brengen. Het bezwaar van een dergelijk laagje is echter, dat grasplanten zich onvoldoende kunnen verankeren, zodat ze er gemakkelijk uitgespeeld worden. Daarna gaat het onbegroeide zand gemakkelijk verstuiven. Ook ontstaan door bespeling spoedig grotere en kleinere bulten en gaten. Een dergelijk oneffen oppervlak is gevaarlijk voor de spelers, omdat ze daardoor gemakkelijk een enkel kunnen breken.

Vergelijking van A en B in figuur 23 laat zien, dat de mogelijkheden voor tijdelijke berging in een humeuze, zeer kleiarme duinzandbovengrond groter zijn dan die in een humeuze, kleiige bovengrond, vooral in de bovenste centimeters; bij pF 2,0 kan in de laag van 0-2,5 cm - mv. $1\frac{1}{2}$ à 2 maal zoveel water worden geborgen.

4.4.3.3 Bepaling van de tijdelijke berging in de bovenlaag met behulp van slijpplaten

Met behulp van slijpplaten was het mogelijk per laagje het percentage poriën groter dan 30 μ m te bepalen (Ismail, 1975). Van de proefplekken 2C en 5C, waarvan de slijpplaten in figuur 3 zijn afgebeeld, zijn de berekeningen vermeld in tabel 8. Vergelijking leert, dat de gehomogeniseerde laag van 0-5 cm beneden maaiveld van de zeer kleiarme toplaag (5C) een ruim

Tabel 8 Poriënverdeling (> 30 µm) in slijpplaten van een zeer kleiarne (5C) en een kleiige duinzandbovengrond (2C) afkomstig van respectievelijk duinzand en lichte klei

Diepte in cm - grasmāt	Horizont ¹⁾	Percentage		Vol. % Poriën van de grootteklasse							
		org. stof	lutum	30-	100-	300-	500-	1200-	>3000	>30	
		v.d.	v.d. min.	100	300	500	1200	3000			
		grond	delen	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	
Proefplek 5C											
0-2	IA 11	5,9	0,3	0,8	2,0	1,0	1,8	1,4	0,0	7,0	
2-4 à 6	IA 12	11,4	0,3	0,9	2,2	0,6	0,3	0,1	0,0	4,1	
4 à 6-5 à 7	IIC 1	50	<3	0,9	1,8	0,8	0,7	0,1	0,0	4,3	
5 à 7-8	IApb	10	<1	1,6	3,2	1,1	0,8	0,2	0,0	6,9	
8-13	I+II(C1+C2)p	30	<3	4,4	10,9	5,6	3,4	0,5	0,0	24,8	
13-18	"	30	<3	4,8	13,5	8	5,7	1,2	0,0	33,2	
18-23	"	30	<3	3,9	9,8	5,5	3,4	0,4	0,0	23,0	
0-5	(gewogen gemiddelde)			0,9	2,1	0,8	0,9	0,6	0,0	5,3	
0-8	"			1,1	2,4	0,9	0,9	0,5	0,0	5,6	
0-23	"			3,2	8,3	4,4	3,9	0,7	0,0	20,5	

Proefplek 2C											
0-2 à 4	I-IIA 11	4,0	7	0,5	1,0	0,5	0,3	0,1	0,0	2,4	
2 à 4-5	I-IIA 12	3,8	7	0,8	1,4	0,3	0,2	0,1	0,0	2,8	
5-8	I-II(Can+A)p	0,2	4,5	0,8	1,5	0,6	0,5	0,1	0,0	3,5	
8-10	II(A+C1)p1	3,8	28	1,5	2,2	1,0	0,6	0,0	0,0	5,3	
10-14	II(A+C1)p2	3,0	29	0,8	1,6	0,4	0,2	0,0	0,0	3,0	
14-23	II(C+A)p	1,5	30	0,8	1,8	0,6	0,4	0,1	0,0	3,7	
0-5	(gewogen gemiddelde)			0,6	1,2	0,4	0,3	0,1	0,0	2,6	
0-8	"			0,7	1,3	0,5	0,4	0,1	0,0	2,9	
8-23	"			0,8	1,6	0,6	0,6	0,1	0,0	3,4	

1) Verschil in herkomst van het bodemmateriaal wordt aangeduid met I en II

tweemaal zo groot percentage poriën groter dan 30 µm bevat als de kleiige toplaag met een lager organische-stofgehalte (2C). De lichte kleilaag vanaf 8 cm diepte (2C), dus onder de zandtoplaag, bevat slechts 3 à 5% poriën groter dan 30 µm. Door de intensieve bespeling is deze laag blijkbaar sterk verdicht. De moerige laag op dezelfde diepte in proefplek 5C bevat 23 à 33 vol. % poriën groter dan 30 µm, dus zevenmaal zoveel (laatste kolom van tabel 5).

Ook uit dit onderzoek met behulp van slijpplaten blijkt dus, dat in dichte zandtoplagen van grassportvelden kleibijmenging het volumepercentage grove poriën sterker doet afnemen dan organische stof. Kleibijmenging verlaagt dus de tijdelijke bergingsmogelijkheden voor water meer dan toeneming van organische stof in zandtoplagen.

4.5 De grasmat

4.5.1 Bedekkingsgraad, samenstelling en bespelingsintensiteit

Iedere terreinbeheerder streeft ernaar bij het begin van het competitie seizoen te beschikken over sportvelden met een dichte grasmat. Tijdens de speelperiode, waarin juist de moeilijke winterperiode valt, worden maatregelen genomen om de bedekkingsgraad zo hoog mogelijk te houden.

Voor al op duinzandgronden met een top laag die arm is aan organische stof, vervult de grasmat een belangrijke functie. Door de grasbedekking wordt het losse en on samenh angende zand behoed voor verst uiving. De talrijke graswortels, vooral in de bovenste centimeters van de top laag, kunnen voor voldoende stevigheid zorgen (Van Wijk en Beuving, 1978). Zonder grasmat ontstaat bij bespeling gemakkelijk een oneffen oppervlak. De oneffenheden doen afbreuk aan het spel en zijn gevaarlijk voor de spelers.

In het begin van het competitie seizoen is het niet moeilijk ook bij intensieve bespeling een goede bedekkingsgraad van de grasmat te handhaven. Naarmate de herfst vordert neemt de grasgroei echter af, zodat de bedekkingsgraad, vooral op het intensief bespeelde deel van het veld, snel minder wordt. Deze afnem ing is in figuur 24 af te lezen voor een veld dat voornamelijk voor wedstrijden wordt gebruikt (7a), en een veld dat tevens als oefenveld in gebruik is (7b). Beide kunnen wat het aantal wedstrijden en oefeningen betreft, ongeveer als gemiddelde worden beschouwd binnen de proefserie. Zoals gewoonlijk is het speel-oefenveld van een lichtinstallatie voorzien. Op een speel-oefenveld is de grasmat moeilijker te handhaven dan op een speelveld, niet alleen door de grotere bespelingsintensiteit, maar ook door training bij ongunstige terreinomstandigheden. Op dagen en weekeinden dat alle competitiewedstrijden van de districten worden afgelast, zijn grassportvelden op duinzand, zoals de velden 7a en 7b, vaak nog bespeelbaar. Ze worden dan benut voor vriendschappelijke wedstrijden. Door de hogere bespelingsintensiteit in de winter maanden is de bedekkingsgraad aan het eind van de winter gemiddeld lager dan op velden die vaak worden afgekeurd. Zodra de grasgroei in het voorjaar weer op gang komt, neemt de bedekkingsgraad weer toe, vooral op het extensief en het matig intensief bespeelde deel van het veld.

Om de invloed van de bespelingsintensiteit beter tot uiting te laten komen, zijn kaartjes gemaakt van de bedekkingsgraad per speelveld aan het eind van het competitie seizoen; dit is gedaan in samenwerking met het Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek. Uit het desbetreffende rapport (Kraak, 1974) zijn gegevens ontleend die hierna worden beschreven. Figuur 25 geeft de bedekkingsgraad aan het eind van het competitie seizoen van een veld met een gemiddelde bespelingsintensiteit

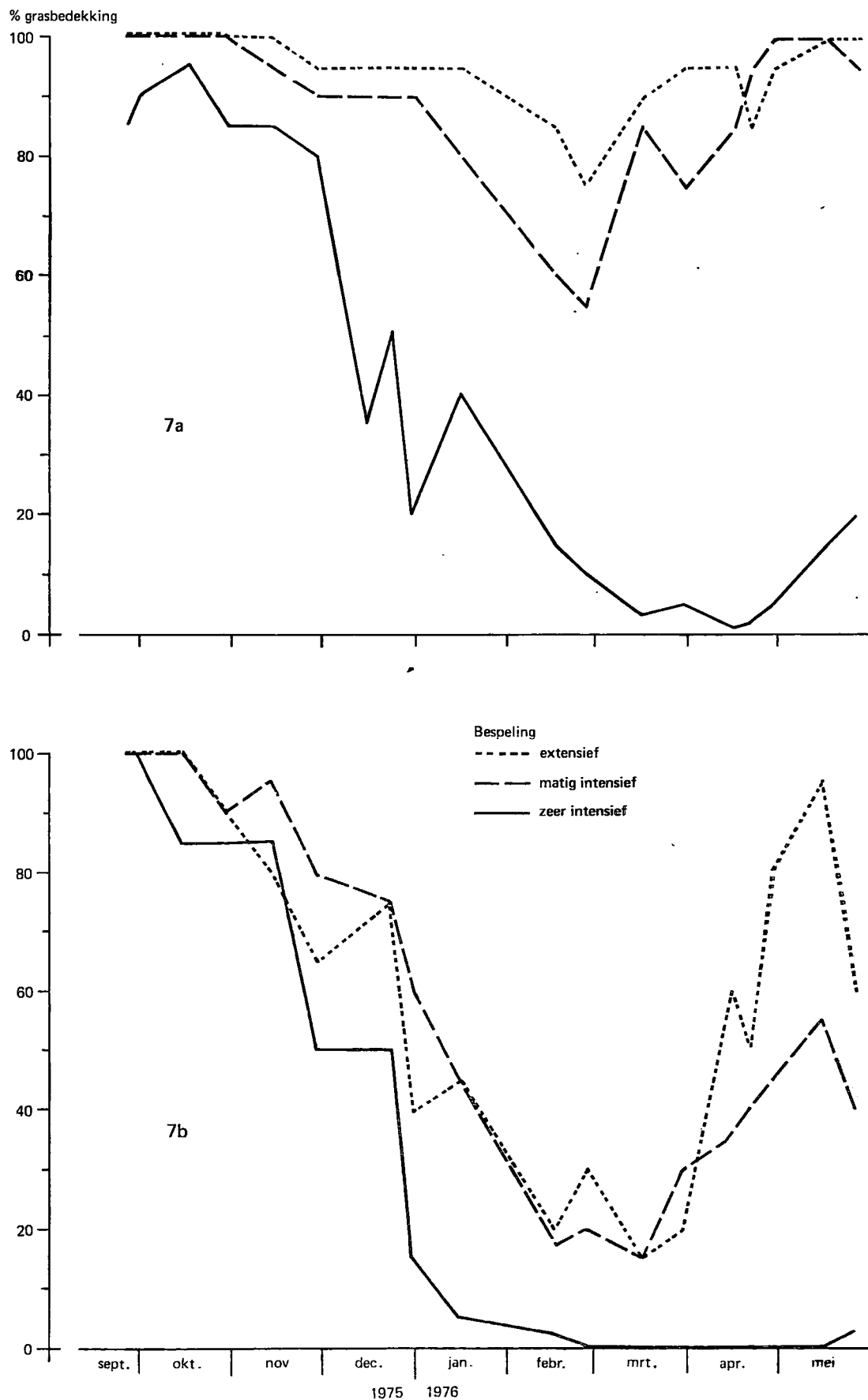


Fig. 24 De grasbedekkingsgraad op een speelveld (7a) en op een speeloefenveld (7b) dat een half jaar tevoren (april 1975) heringezaaid was; de gegevens hebben betrekking op een strook waarvan ook de lw is gemeten

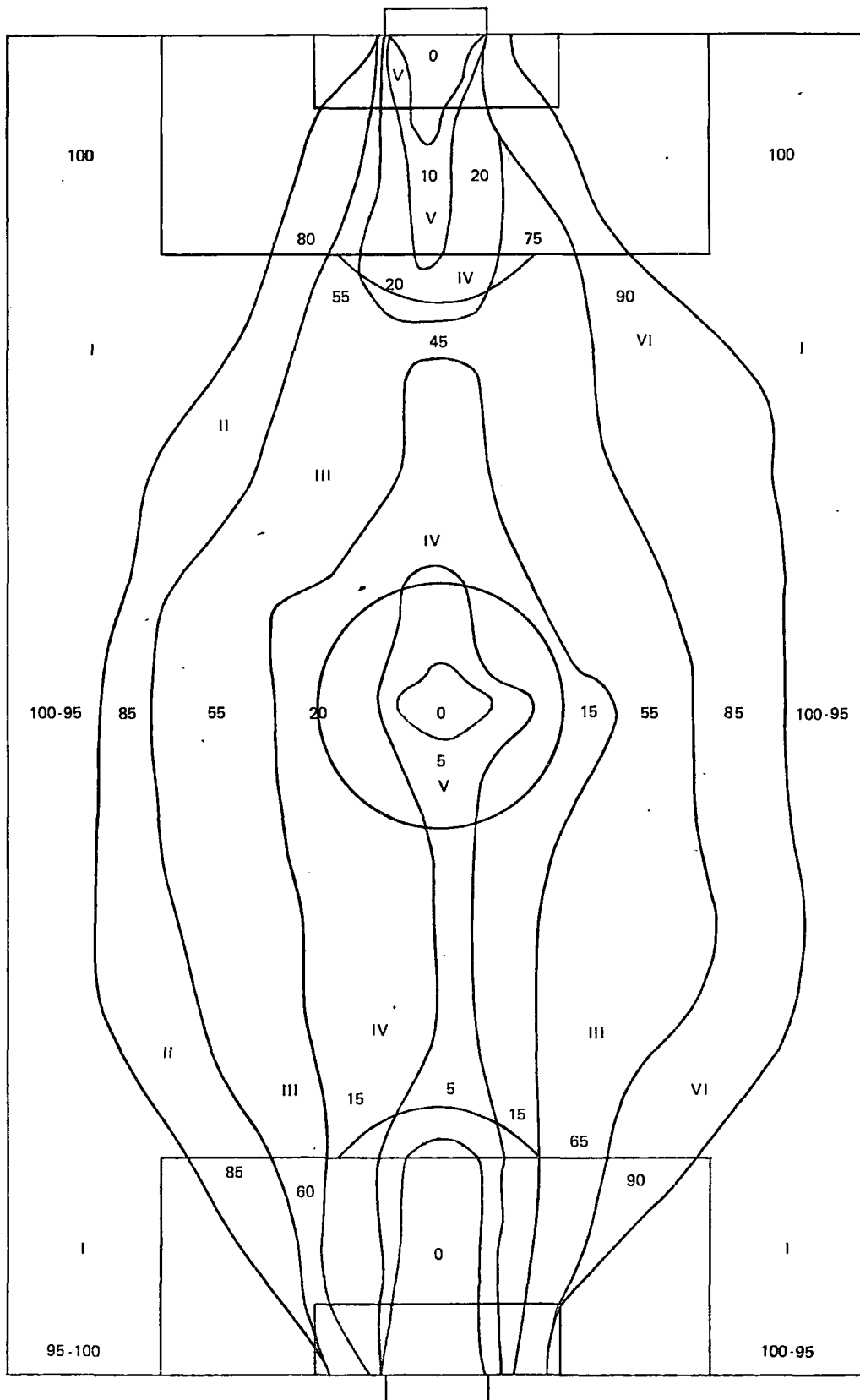


Fig. 25 Bedekkingsgraad van de vegetatie tegen het einde van het competitie seizoen (april 1973) van een tamelijk intensief gespeeld sportveld (veld 4) (Kraak, 1974)

Legenda

0 - 100 bedekkingsgraad in %

I - VI vlakken met gelijke vegetatie

schaal 1:500

(4). In tabel 9 is per vak de samenstelling van de grasmat in percentages vermeld van dit matig droogtegevoelige sportveld.

Tabel 9 Samenstelling van de grasmat in % aan het eind en kort voor het begin van het competitie seizoen (Kraak, 1974)

Vakken (zie figuur 25)	april						augustus					
	I	II	III	IV	V	VI	I	II	III	IV	V	VI
Engels raaigras (<i>Lolium perenne</i>)	59	70	81	90	93	72	60	70	81	83	95	71
Straatgras (<i>Poa annua</i>)	15	14	14	10	7	15	14	13	14	15	5	15
Ruw beemdgras (<i>Poa trivialis</i>)	12	4	1			3	10	4	1			5
Veldbeemdgras (<i>Poa pratensis</i>)	8	10	4	+	+	10	8	10	4	2		8
Timotheegras (<i>Phleum pratense</i>)	1	1	+				1	1	+			
Kruipend en gewoon struisgras (<i>Agrostis canina</i> en <i>A. tenuis</i>)	3	1					3	1				1
Echte witbol (<i>Holcus lanatus</i>)	+/1						1					
Rood zwenkgras (<i>Festuca rubra</i>)	1											
Gewoon duizendblad (<i>Achillea millefolium</i>)	+	+				+	3	1				
Paardebloem (<i>Taraxacum spec. div.</i>)	+	+	+			+			+			
Witte klaver (<i>Trifolium repens</i>)	+	+				+	+					+
Grote weegbree (<i>Plantago major</i>)			+			+			+			
Ooievaarsbek (<i>Geranium spec. div.</i>)							+	+				
Bedekkingsgraad per vak	95-	80-	45-	15-	5-	85-	100	100	100	95	95	100
	100	85	75	20	10	90						
Gemiddelde bedekkingsgraad per veld	68											

Zoals op alle niet recent aangelegde sportvelden, overheerst in deze oude grasmat het Engels raaigras, vooral op het intensief bespeelde deel van het veld (vak IV en V), en is het straatgras ruim vertegenwoordigd. Op het minder intensief bespeelde deel komt nogal wat ruw beemdgras en het geliefde veldbeemdgras voor. Er werd jaarlijks tijdens de herstelperiode veel zaad van veldbeemdgras en Engels raaigras doorgezaaid op het intensief bespeelde deel van het veld. Wegens trage kieming en groei is bij de aanvang van het competitie seizoen het veldbeemdgras echter nog onvoldoende ontwikkeld.

4.5.2 Verband tussen de mate van verdroging, de grondwaterstand en de afstand van de grondwaterspiegel tot de onderkant van de effectieve wortelzone

De hoeveelheid neerslag en de verdamping van open water in de periode van half april tot eind augustus 1973 kwamen ongeveer overeen met een gemiddeld jaar (50% droog jaar; Klimaatatlas van Nederland, 1972). De periode van 23 juli tot half september werd echter gekenmerkt door een geringe hoeveelheid neerslag (tabel 10). In die tijd waren er nog maar weinig beregeningsinstallaties op grassportvelden in gebruik. Dit bood de mogelijk-

heid de invloed van profielopbouw en grondwaterstand op de droogteschade van de grasmat na te gaan. Op sportvelden is de nazomer een aantrekkelijke periode voor dergelijk onderzoek, omdat de grasbedekking over het gehele veld dan tamelijk uniform is. Hierdoor verschilt de verdamping van de grasmat van plaats tot plaats niet veel.

Tabel 10 Neerslagcijfers van het weerstation Naaldwijk in de aan de opname voorafgaande periode

Periode	N		E		N-0,8E in mm			
	(neerslag in mm)		(verdamping open water in mm)		per periode		per dag	
	M ¹⁾	N ²⁾	M	N	M	N	M	N
<u>1973</u>								
16 apr.-31 aug.	251,2	261,7	531	521	-174	-155	-1,3	-1,1
23 juli-28 aug.	26,7	91,1	132	129	- 79	- 12	-2,2	-0,3

<u>1975</u>								
16 apr.- 3 sept.	195,2	263,6	553	522	-247	-152	-1,8	-1,1
1 juli- 3 sept.	76,9	152,2	265	241	-138	- 41	-2,1	-0,6

1) M = hoeveelheid in de desbetreffende periode

2) N = gemiddelde in de desbetreffende periode 1931-1960

Van ieder veld werd een verdrogingskaart vervaardigd. Figuur 26 toont het veld met de ernstigste droogteschade. In tabel 11 is de mate van verdroging per proefplek gegeven. Tevens zijn vermeld de grondwaterstand en de afstand z tussen de grondwater-spiegel en de onderkant van respectievelijk de matig tot intensief bewortelde laag en de gehele wortelzone. In de matig tot intensief bewortelde laag zijn zoveel wortels aanwezig, dat alle vocht tot het verwelkingspunt (pF 4,2) onttrokken kan worden. Met de onderkant van de gehele wortelzone wordt de diepte aangegeven van de diepst waargenomen wortels.

Bij een grondwaterstand dieper dan 95 cm beneden maaiveld trad bij beworteling tot in de vochtige ondergrond, zelfs op de meest opdrachtige gronden droogteschade van de grasmat op. Met behulp van berekening bleek het echter mogelijk zelfs op het droogtegevoeligste veld (7a) met een hoeveelheid beschikbaar vocht in de wortelzone van meestal 25 à 35 volumepercenten, verdroging van de grasmat te voorkomen.

In de nazomer van 1975 was er weer een periode met een neerslagtekort van ruim 2 mm per dag (tabel 10). Daardoor kon wederom de invloed van profielopbouw en grondwaterstand op de droogteschade van de grasmat worden nagegaan. Dit onderzoek kon echter slechts worden uitgevoerd op plekken waar de grasmat niet of onvoldoende werd beregend.



Fig. 26 Verdroging van een grassportveld op 27 - 8 - 1973

Tabel 11 Verband tussen droogteschade, grondwaterstand en afstand (z) tussen onderkant bewortelde laag en grondwaterspiegel in de nazomer van 1973 op grassportvelden op duinzandgronden

Proefplek	Grondwaterstand in aug/sept '73	Diepte (cm) onderkant van		Afstand (cm) tussen		Mate van verdroging in % van de oppervlakte				Opmerkingen
		wortel- zone	matig tot intensief bewortelde laag	de onderkant van	grondwaterspiegel en de onderkant van	niets	grasmat slap	sterk tot matig verdord	geheel verdord	
1A	93-100	55	55	38-45	38-45	-	85	10	5	veenlaag op 135 cm - mv.
1B	106-113	65	65	41-48	41-48	-	67	30	3	
1C	107-114	70	70	37-44	37-44	-	67	30	3	
4A	95-96	45	45	50-51	50-51	-	59	39	2	
4B	88-91	58	58	30-33	30-33	40	60	-	-	
4C	97-102	95	95	2-7	2-7	-	60	40	-	
5A	65-70	25	25	40-45	40-45	-	80	20	-	
5B	70-71	40	20	30-31	50-51	100	-	-	-	schaduw, moerige bovenlaag, veenlagen vanaf 130 cm - mv.
5C	87-88	85	60	2-3	27-28	-	50	50	-	
6A	83-87	65	65	18-22	18-22	-	100	-	-	moerig laagje vanaf 47 cm - mv.
6B	87-92	70	70	17-22	17-22	-	100	-	-	moerige laag vanaf 50 cm - mv.
6C	91-98	65	47	26-33	44-51	-	100	-	-	moerig laagje vanaf 40 cm - mv.
7aA	48-49	17	5	31-32	43-44	100	-	-	-	regelmatig beregend
7aB	63-67	30	5	33-37	58-62	100	-	-	-	regelmatig beregend
7aC	64-74	18	18	46-56	46-56	100	-	-	-	regelmatig beregend
9A	85-90	45	45	40-45	40-45	-	50	50	-	regelmatig beregend
9B	89-95	60	28	29-35	61-67	-	100	-	-	regelmatig beregend
9C	81-89	50	30	31-39	51-59	-	100	-	-	regelmatig beregend
10A	71-82	25	25	46-57	46-57	100	-	-	-	regelmatig beregend
10B	89-96	48	25	41-48	64-71	-	100	-	-	regelmatig beregend
10C	75-83	45	30	30-38	45-53	100	-	-	-	regelmatig beregend; veenlaagje op 60 cm - mv.
11A	92-106	65	20	27-41	72-86	-	70	-	30	veenlaagje op 145 cm - mv.
11B	90-96	55	45	35-41	45-51	-	90	-	10	
11C	94-107	30	13	64-77	81-94	-	60	-	40	

Op vier van deze plekken op duinzand is op de grens van een wel of niet verdorde grasmat onderzoek gedaan naar de afstand z tussen de grondwaterspiegel en de onderkant van respectievelijk de matig tot intensief bewortelde laag en de gehele wortelzone. Van deze plekken zijn uitvoerige profielbeschrijvingen gemaakt, aangevuld met laboratoriumonderzoek (zie bijlage 5 en tabel 12).

Tabel 12 Gegevens van plekken op duinzand-grassportvelden op de grens van een wel en een niet verdorde grasmat

	Proefplek			
	1 oost	1 west	7a	17
Bemonsteringsdiepte in m - mv.	0,83-0,88	0,83-0,88	0,74-0,79	0,72-0,77
Percentage org. stof (v.d. grond)	0,2	0,2	0,1	0,4
Percentage CaCO ₃ (v.d. grond)	0,1	0,1	6,4	0,2
Lutumpercentage (v.d. min. delen)	0,7	0,7	2,0	0,8
Dichtheid van de grond in g/cm ³	1,656	1,656	1,49	1,59
Poriënvolume in %	37,8	37,8	44	40
Diepte matig intensief bewortelde laag in m - mv.	0,40/0,45	0,45	0,10	0,07
Diepte onderkant wortelzone in m - mv.	0,50	0,45/0,55	0,17	0,16
Grondwaterstand in m - mv.	0,98	1,03	0,77	0,68
Hoogte boven grondwater van de onderkant van de matig tot intensief bewortelde laag in m	0,53/0,58	0,58	0,67	0,61
Hoogte boven grondwater v.d. onderkant v.d. wortelzone in m	0,48	0,48/0,58	0,60	0,52
Berekende capillaire nalevering (V) in cm/d aan de onderkant van de matig tot intensief bewortelde laag volgens Bloemen	0,20/0,15	0,15	0,00	0,00
Idem volgens Rijtema (2)	0,2/0,1	0,1	0,02	0,06
Berekende capillaire nalevering (V) in cm/d aan de onderkant van de wortelzone volgens Bloemen	0,3	0,3/0,15	0,00	0,01
Idem volgens Rijtema (2)	0,4	0,4/0,1	0,06	0,2
f-waarde	3,35	3,35	2,46	3,42
M2	180	180	175	181
Vochthoudend vermogen matig tot intensief bewortelde laag pF 2,2-4,2 in mm	69	75	23	22
Verdorrings v.d. grasmat	niet verdord	verdord	verdord	verdord

Op deze plekken, alle met een kleiarme duinzandondergrond doch met variatie in korrelgrootteverdeling en pakking van het zand, bleek dat een afstand z tussen de onderkant van de matig tot intensief bewortelde laag en de grondwaterspiegel van 60 cm of meer te groot is voor voldoende capillaire nalevering ten behoeve van de grasmat. Op proefplek 1 west, nabij de rand van een strandwal gelegen, met een dichte pakking van de kleiarme zandondergrond en de grootste z , was de grasmat verdord op de plaatsen waar de afstand z 58 cm of meer bedroeg. Op deze plaatsen was in de matig tot intensief bewortelde laag al het

vocht tot het verwelkingspunt (pF 4,2) aan de grond onttrokken (fig. 27).

Op proefplek 1 oost met een 5 cm lagere maaiveldsligging was de grasmat niet verdord. Hier bedroeg de pF begin september 1975 aan de onderkant van de matig tot intensief bewortelde laag 3,9. Bovendien was de afstand tussen de onderkant van de intensief en matig intensief bewortelde laag en het grondwater plaatselijk ca. 5 cm kleiner.

In de omgeving van de plek bleek eveneens, dat dit verschil in hoogteligging van 5 cm bepalend was voor het wel of niet verdord zijn van de grasmat. Door Bloemen (1977) is van de vier plekken waar de veldwaarnemingen zijn gedaan, de capillaire stijghoogte (z) berekend voor verschillende zuigspanningen en hoeveelheden capillaire naleveringen. Deze berekeningen hebben betrekking op de humusarme duinzandlaag boven het grondwater. Deze berekening berust op de dikte van de volcapillaire zone, luchtintredepunt genoemd, de verzadigde doorlatendheid (K_{verz}) de mediaan van het zand (M_2) en de f -waarde, die een maat is voor de korrelgrootteverdeling (Bloemen, 1977). Deze berekeningen zijn vermeld in bijlage 8.

Voor de capillaire nalevering van 0,1, 0,2 en 0,5 cm per dag is het verband tussen de zuigspanning en de stijghoogte boven het grondwater uitgezet in figuur 28. Uit de berekeningen blijkt, dat de duinzandondergrond bij plek 1 west en 1 oost (Bloemen 27) een belangrijk grotere nalevering bij gelijke stijghoogte z heeft dan beide andere plekken (Bloemen 25 en 26) en die van de gemiddelde duinzandgrond (Bloemen 3). Op plek 7a en 17 heeft volgens de berekeningen van Bloemen geen capillaire nalevering plaats aan de onderkant van de matig tot intensief bewortelde laag (tabel 12). Op proefplek 1 west wordt 0,15 cm per dag geleverd en op proefplek 1 oost 0,15 à 0,20 cm per dag. Deze hoeveelheid is onvoldoende om gedurende enkele maanden het neerslagtekort van ruim 2 mm per dag (tabel 10) te compenseren. Hieruit blijkt de goede overeenstemming tussen deze berekeningen en de veldwaarnemingen.

De onderkant van de spaarzaam bewortelde laag op plek 1 west en 1 oost ligt 5 à 10 cm dicht bij de grondwaterspiegel dan die van de matig tot intensief bewortelde laag. De ijle beworteling is echter niet in staat veel vocht aan deze laag te onttrekken. Dit blijkt uit figuur 27, waar te zien is dat de pF in de spaarzaam bewortelde laag 2,1 bedroeg en de grasmat toch verdord was.

Uit het onderzoek in een dekzandgebied in het oostelijk deel van Noord-Brabant (Van Heesen en Krabbenborg, 1976) bleek, dat men voor de berekening van de capillaire nalevering van matig fijn, leemarm zand kan uitgaan van tabel 2 van Rijtema (Rijtema, 1969).

Volgens de berekening is de capillaire nalevering op plek 1 oost en 1 west ongeveer gelijk aan die van Rijtema 2 (vergelijk Bloemen 27 met Rijtema 2 en figuur 15). Om deze overeenkomst te verduidelijken is figuur 29 vervaardigd. Hierbij is uitgegaan

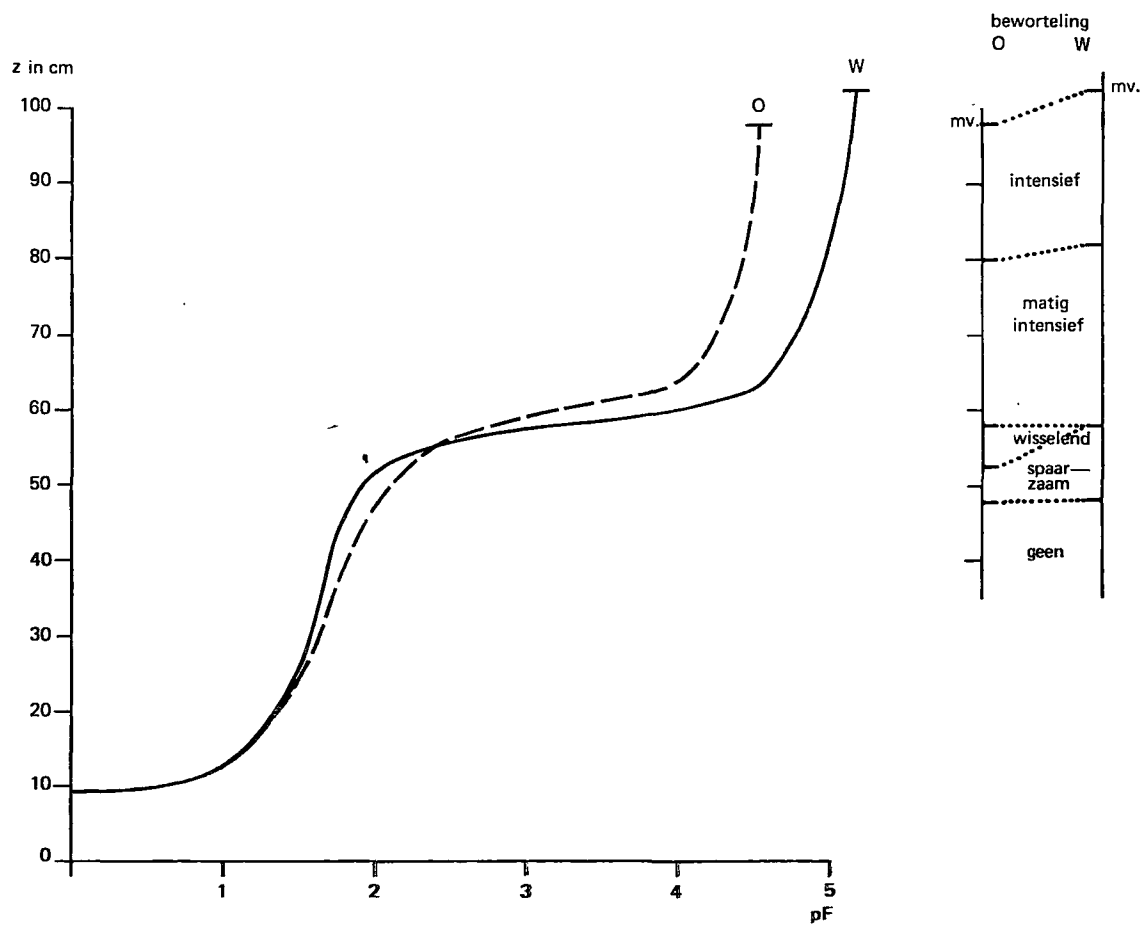


Fig. 27 Verband tussen de zuigspanning en de hoogte boven het grondwater (z) op de proefplekken 1 west en 1 oost op 4 september 1975

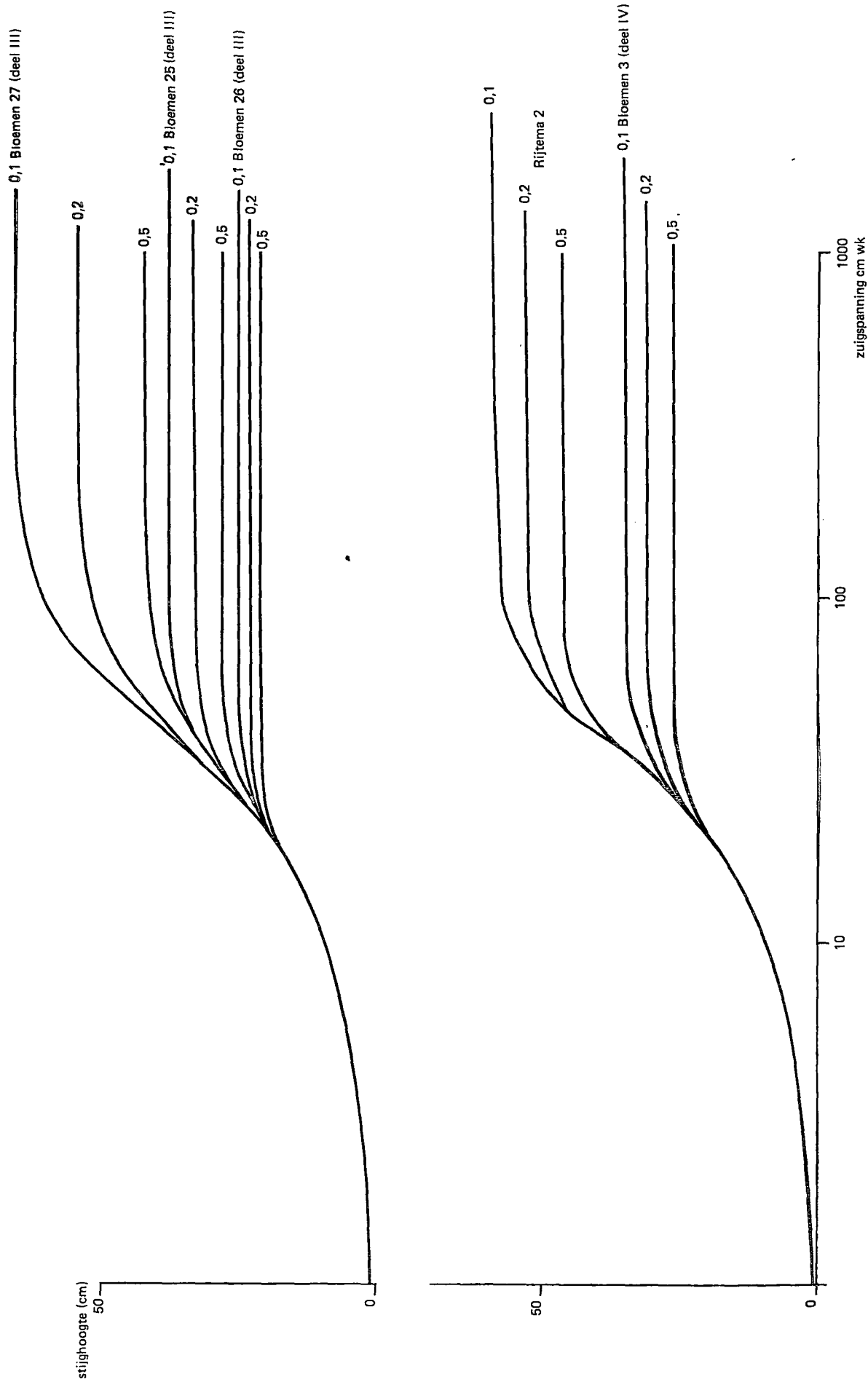


Fig. 28 Verband tussen de zuigspanning en de stijghoogte boven de grondwaterspiegel bij een capillaire nalevering van 0,5, 0,2 en 0,1 cm/d in zandgronden

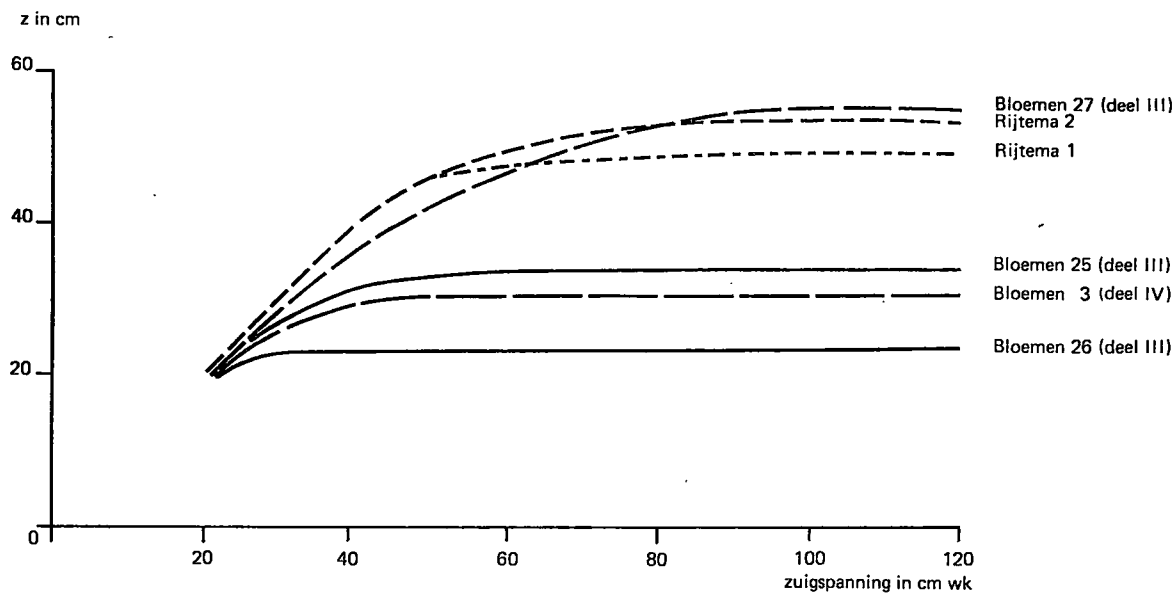


Fig. 29 Verband tussen de zuigspanning en de stijghoogte boven de grondwaterspiegel (z) bij een capillaire nalevering V van 0,2 cm/d

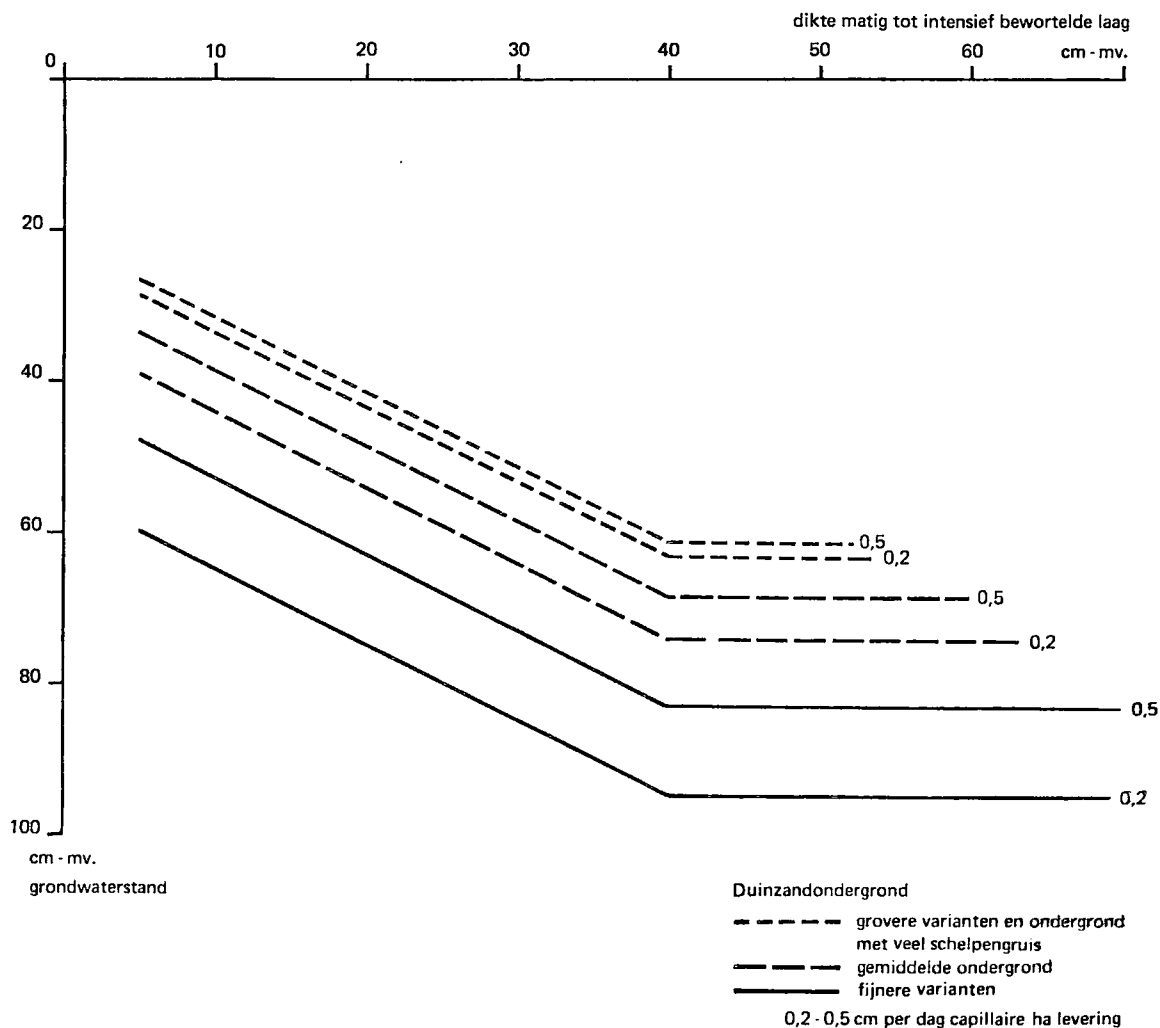


Fig. 30 Verband tussen de bewortelingsdiepte en de gewenste zomergrondwaterstand voor grassportvelden op duinzandgronden

van een capillaire nalevering van 0,2 cm per dag. Voor wortelzones met een beperkt vochthoudend vermogen, zoals op deze plekken, is dit een gewenste hoeveelheid voor handhaving van de grasmat in droge perioden in de zomer. Volgens de berekeningen kan deze hoeveelheid op de plekken 1 oost en 1 west worden geleverd tot 55 cm boven het grondwater volgens Bloemen en 54 cm volgens Rijtema. Bij een wat grotere afstand neemt de capillaire nalevering af en de kans op droogteschade toe. Deze berekening is goed in overeenstemming met de veldwaarneming, dat bij een z van 58 cm de grasmat verdorde en bij een z van 53 cm niet.

Uit de berekeningen blijkt echter, dat de capillaire stijghoogte op plek 1 west en 1 oost hoog is in vergelijking met de berekende stijghoogte van de gemiddelde duinzandondergrond. Deze blijft belangrijk achter bij die van de berekende stijghoogte van Rijtema 1, die voor grof zand geldt.

4.5.3 De gewenste grondwaterstand voor grassportvelden op duinzandgronden in perioden met een neerslagtekort

Uit het onderzoek in 1973 bleek, dat ook bij diepe bewortelingsmogelijkheden, dus een geringe afstand tussen de grondwaterspiegel en de onderkant van de bewortelde laag (kleine z) een grondwaterstand dieper dan 95 cm beneden maaiveld ernstige droogteschade veroorzaakte. Uit het onderzoek in 1975 kwam naar voren, dat in duinzand een maximale z van ca. 55 cm voor de capillaire aanvoer van 2 mm per dag alleen wordt bereikt bij een gunstige combinatie van factoren. Grenswaarden van een grondwaterstand van 95 cm - mv. en een z van 55 cm leiden ertoe, dat graswortels op sportvelden dieper dan 40 cm niet in staat zijn zoveel vocht op te nemen, dat de grasmat niet verdroogt. In geval een van de factoren die de capillaire stijghoogte bepalen, niet optimaal is, wordt z kleiner, zodat de grondwaterstand ondieper moet zijn om verdroging van de grasmat te voorkomen.

Met behulp van de berekende waarden voor z (bijlage 8) en een grenswaarde van 40 cm beneden maaiveld tot waartoe de graswortels op een sportveld in staat zijn de beschikbare hoeveelheid vocht op te nemen, kan de gewenste grondwaterstand worden aangegeven (fig. 30).

Door middel van instelling van de juiste grondwaterstand, is het mogelijk op duinzandgronden zonder aanvullende berekening verdroging van de grasmat te voorkomen. Hiervoor is nodig dat voorzieningen worden getroffen om de grondwaterstand te kunnen verhogen. Voor de bepaling van de gewenste grondwaterstand kunnen enkele vuistregels worden gegeven:

- voor de onderkant van de bewortelde laag kan als maximale diepte 40 cm worden aangehouden;
- voor niet-verwerkte duinzandondergronden kan voor een maximale capillaire nalevering van 0,2 cm per dag worden uitgegaan van een afstand z tussen de grondwaterspiegel en de onderkant van de wortelzone van 30 à 35 cm en voor 0,5 cm per dag van 25 à

- 30 cm (bijlage 8-1). Dit betreft duinzandondergronden met minder dan 1% organische stof, minder dan 3% lutum, een mediaan (M50) van ca. 180 μm en een volumieke massa van ca. 1,6 g/cm³ dus een poriënvolume van ca. 40%;
- voor grovere of lossere humusarme duinzandondergronden kan voor 0,2 à 0,5 cm per dag 20 à 25 cm worden aangehouden (bijlage 8-2);
 - voor zeer vaste, minder humusarme, minder kleiarme dan wel fijnere duinzandondergronden kan de afstand z voor een maximale capillaire nalevering van 0,2 à 0,5 cm per dag respectievelijk op 50 à 55 cm en 40 à 50 cm worden gesteld (bijlage 8-6 (Rijtema 2) of 8-3 (Bloemen 27)).

Dit alles is samengevat in figuur 30. Hieruit is af te lezen, dat voor de gemiddelde duinzandgrond met een matig tot intensief bewortelde laag van 40 cm of meer een grondwaterstand van ca. 70 cm beneden maaiveld nodig is. Bij deze grondwaterstand hebben enkele centimeters verschil een belangrijke invloed op de hoeveelheid vocht die aan de onderkant van de wortelzone wordt geleverd en de vochtigheidstoestand van de top laag.

Het vochtig blijven van de top laag in de zomer door voldoende capillaire nalevering is nuttig om:

- het verdorren van de grasmat te voorkomen;
- het kiemen van het doorgezaaide graszaad te bevorderen;
- het groeiproces van het jonge gras te versnellen, zodat de jonge grasmat voldoende ontwikkeld is als het competitie seizoen begint;
- de grasmat vitaal te houden, waardoor het gras niet zo gemakkelijk los raakt bij bespeling;
- de top laag (zode) enigszins dempend te houden, opdat vallende spelers zich niet ernstig bezeren.

Bezwaren van een voor de grasgroei gunstige grondwaterstand zijn:

- de noodzaak van vaak maaien, tenzij de stikstofbemesting beperkt blijft;
- verkleining van het bergend vermogen, waardoor eerder plassen ontstaan, tenzij bij veel neerslag tijdig de grondwaterstand wordt verlaagd.

Op velden waar deze grondwaterstandsbeheersing mogelijk is, blijken de voordelen ruim op te wegen tegen de maatregelen om de bezwaren op te heffen.

Om inzicht te krijgen in de factoren die de indringingsweerstand van de top laag zouden kunnen beïnvloeden, is een lineaire regressie-analyse uitgevoerd (tabel 13).

Tabel 13 Regressie van de indringingsweerstand (Iw) in MPa¹⁾ op het specifiek volume (s) in cm³/g, de bedekkingsgraad van de grasmat (B) in %, het gewichtspercentage vocht (A), het gewichtspercentage organische stof (H) en het gewichtspercentage lutum (L) van de laag van 0-2,5 à 5 cm beneden de grasmat van zeer kleiarme duinzandgronden

Variabele	Regressie-coëfficiënt	Stand. afw. regr. coëff.	t-waarde	min.	max.
Intercept	2,15881	0,69067	3,13		
S	-2,46164	1,20006	-2,05	0,662	1,172
B x S	-0,02903	0,00723	-4,01	0,662	117,2
H x S	0,64242	0,08582	7,49	1,99	15,24
L x S	0,13730	0,06284	2,19	0,20	1,99
H x A	-0,01334	0,00210	-6,35	22,2	848,90
B ²	0,00016	0,00005	3,10	1	10000
A ²	0,00104	0,00026	3,98	11,56	1169,64

aantal waarnemingen (n) = 83, multiple stand. afw. (S) = 0,37, multiple correlatiecoëfficiënt (R) = 0,80

1) 1 MPa $\approx$ 10 kgf/cm²

Voor dit onderzoek zijn de metingen gebruikt die gedaan zijn, toen tegelijkertijd het vochtgehalte van de top laag (het A-cijfer) bepaald is. Dit onderzoek is driemaal op alle proefplekken uitgevoerd, waarvan tweemaal van de laag van 0-5 cm beneden de grasmat, namelijk eind september, begin oktober en eind december. De eerste keer was aan het eind van een periode met veel neerslag. De tweede keer was na een vorstperiode in een droge tijd (fig. 8). De derde keer is de laag van 0-2,5 cm bemonsterd in de periode maart-april. Voor de berekening zijn zowel extensief als intensief bespeelde proefplekken genomen.

Zoals in paragraaf 4.3.4 bleek, is het op duinzandgronden met een zeer kleiarme top laag mogelijk de Iw binnen de norm te houden, mits aan diverse voorwaarden is voldaan. Voor duinzandgronden met kleirijkere zandtoplagen is zulks niet mogelijk. Daarom zijn voor de berekening alleen de duinzandproefplekken met een zeer kleiarme zandtop laag gebruikt. Om een lineair verband te krijgen werd in plaats van de volumieke massa de reciproke ervan (het specifiek volume) als verklarende variabele in de berekening opgenomen (Kortleven, 1970).

Bij de regressie-analyse werd de kleinste-kwadratenmethode toegepast. Daarbij werd uitgegaan van een uitgebreid model met als termen: de vijf verklarende variabelen A, B, H, L en S, alle interacties van de eerste orde daartussen (A x B, A x H, enz.) en alle kwadratische termen (A², B² enz.). Uit dit model werden

in een aantal stappen alle termen verwijderd die geen significante invloed op de Iw hadden. Uiteindelijk bleven, behalve het intercept, de volgende termen over: S, B x S, H x S, L x S, H x A, B² en A². De resultaten behorend bij het definitieve model, zijn in tabel 13 samengevat. Alle termen hebben een t-waarde > 2 en verschillen dus bij toetsing met $\alpha = 0,05$ significant van nul.

Een van de vooronderstellingen bij de regressie-analyse is, dat de waarnemingen statistisch onafhankelijk zijn. Aangezien de metingen in de diverse perioden op nagenoeg dezelfde plaatsen werden verricht, was het nodig dit uitgangspunt achteraf te verifiëren. Daartoe werden in een spreidingsdiagram de residuen (verschillen tussen de gemeten Iw's en de Iw's volgens het model) die in de eerste meetperiode werden gevonden, uitgezet tegen die in de tweede. Evenzo voor de tweede en de derde periode. Hieruit bleek dat er geen samenhang bestond tussen de residuen in opeenvolgende perioden. Eventuele onderlinge afhankelijkheid van de waarnemingen zal dus de regressie-analyse niet ernstig hebben kunnen storen.

Om de invloed van diverse verklarende variabelen te verduidelijken, zijn uitgaande van het regressiemodel grafieken getekend (fig. 31, 32 en 33) met niveaulijnen van Iw als functie van twee verklarende variabelen, bij constante waarden voor de overige drie. Voor deze constante waarden werden de gemiddelden in de steekproef gekozen. Deze gemiddelden zijn 6,7% organische stof, 1,6% lutum, een specifiek volume van 0,82 cm³/g, 31,9 gewichtspercenten vocht en een bedekkingsgraad van 70%. De gemiddelde Iw is 1,38 MPa, dus ruim boven de minimumwaarde van 1,2 MPa.

In figuur 31 is de invloed van het specifiek volume (S) en het gewichtspercentage vocht (A) op de Iw weergegeven bij de gemiddelde waarden van 6,7% organische stof, 1,6% lutum en een bedekkingsgraad van 70%. Tussen A = 30 en A = 10 geldt, dat per procent daling van A de Iw stijgt met 0,04 à 0,05 MPa, onafhankelijk van de waarde van S, zoals uit de figuur blijkt.

Bij de eerder genoemde gemiddelde waarden wordt de gewenste minimale Iw-waarde van 1,2 MPa gevonden bij een gewichtspercentage vocht van 31. Ter verduidelijking kunnen we nagaan, wat de invloed is van toenemende S bij gelijkblijvend A-cijfer op het volumepercentage water, de verzadigingsgraad en de zuigspanning.

Bij 6,7% organische stof 1,7% lutum, S = 0,7 cm³/g en A = 31% is het volumepercentage water $1/0,7 \times 31\% = 44\%$; als S = 0,9 cm³/g: $1/0,9 \times 31\% = 34\%$; bij S = 0,7 is het poriënvolume

$$100\% - \frac{1}{0,7 \times 2,53} \times 100\% = 44\% \text{ en bij } S = 0,9:$$

$$100\% - \frac{1}{0,9 \times 2,53} \times 100\% = 56\%.$$

Bij S = 0,7 zijn dus alle poriën met water gevuld. Bij S = 0,9 is de verzadigingsgraad van de grond met water $34/56 \times 100\% = 61\%$. Bij S = 0,7 mogen dus alle poriën gevuld zijn met water voor een Iw-waarde van 1,2 MPa. Uit het laboratoriumonderzoek van Beuving en Van Wijk (1979) bleek eveneens, dat zeer humeuze zand-

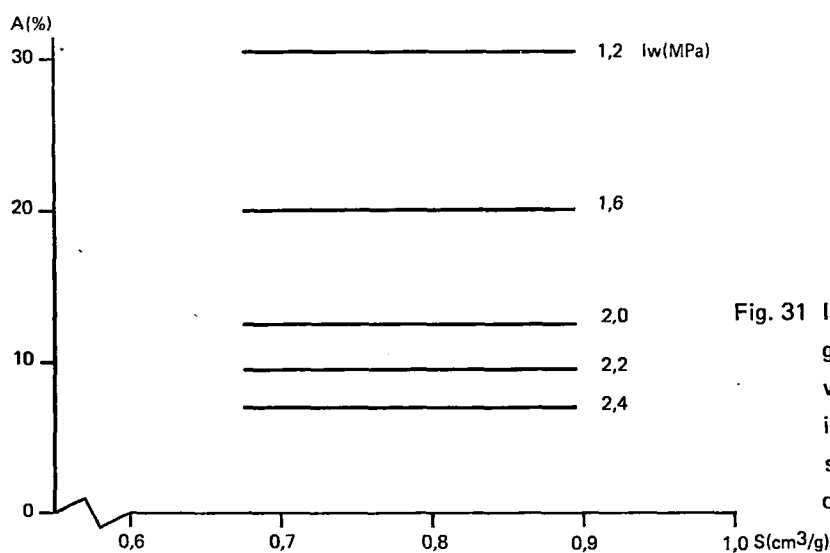


Fig. 31 Invloed van het specifiek volume (S) en het gewichtspercentage vocht (A) van de laag van 0 - 2,5 à 5 cm beneden de grasmat op de indringingsweerstand (lw) bij 6,7% organische stof, 1,6% lutum en een bedekkingsgraad van de grasmat van 70%

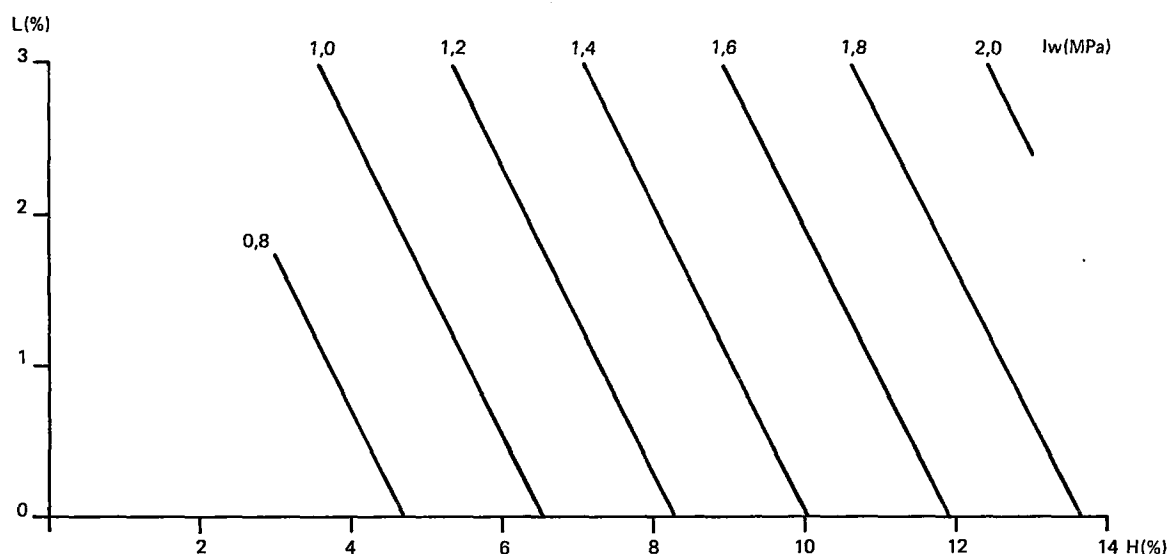


Fig. 32 Invloed van organische stof (H) en lutum (L) als gewichtspercentage van de grond op de indringingsweerstand (lw) bij 31 gew. % vocht en een specifiek volume van $0,82 \text{ cm}^3/\text{g}$ in de laag van 0 - 2,5 à 5 cm beneden de grasmat en een bedekkingsgraad van de grasmat van 70%

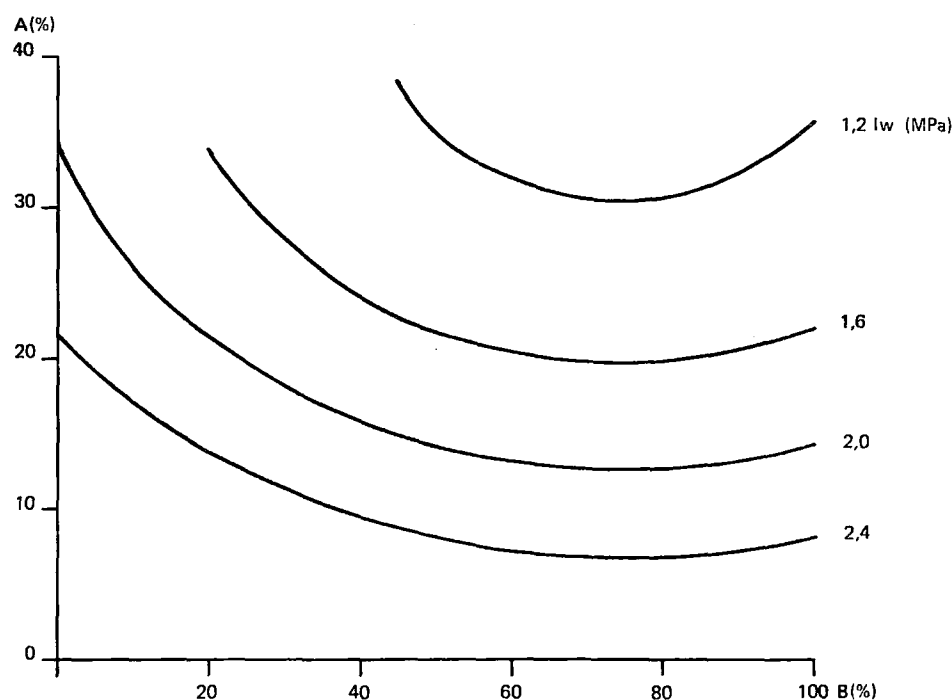


Fig. 33 Invloed van de bedekkingsgraad van de grasmat (B) en het gewichtspercentage vocht (A) op de indringingsweerstand (lw) bij 6,7% organische stof, 1,6% lutum en een specifiek volume van $0,82 \text{ cm}^3/\text{g}$ in de laag van 0 - 2,5 à 5 cm beneden de grasmat

toplagen met water verzadigd mogen zijn, mits de zuigspanning boven de minimumwaarde van pF 1,5 blijft.

Met behulp van het model en de pF -curve in figuur 7-1a van de laag van 0-2,5 cm beneden de grasmat is het nu mogelijk na te gaan, bij welke zuigspanning gemiddeld een I_w van 1,2 MPa gemeten wordt, uitgaande van 31 gew. % vocht. Deze pF -curve heeft betrekking op zeer kleiarm duinzand met 6,6% organische stof en een volumieke massa van 1,339 gram per cm^3 . 31 gewichtspercent vocht komt overeen met $1,339 \times 31 = 41,5$ volumepercenten vocht. Op de pF -curve bevat de top laag van 0-2,5 cm 41,5 volumepercenten vocht bij pF 1,7. Bij een zuigspanning van 50 cm waterkolom werd dus gemiddeld een I_w gemeten van 1,2 MPa.

In de top laag is in de winterperiode de zuigspanning 5 à 10 cm waterkolom lager dan in de evenwichtstoestand t.o.v. het grondwater (4.3.6). Een zuigspanning van 50 cm waterkolom in de laag van 0-2,5 cm zal in die periode dus optreden bij een grondwaterstand van 55 à 60 cm beneden maaiveld. Volgens het model is er bij deze grondwaterstand 50% kans, dat de I_w minder dan 1,2 MPa, dus te laag, is. Om deze kans te verminderen dient de grondwaterstand in de winterperiode dus lager te zijn dan 55 à 60 cm beneden maaiveld.

Bij pF 1,7 is het percentage met lucht gevulde poriën 47 - 41,5 = 5,5%. Dit is te weinig voor een goede zuurstofvoorziening van het bodemleven.

De bovengrens van de I_w -norm wordt bereikt bij $A = 12,5$ gew. % (fig. 31); dit komt overeen met $1,339 \times 12,5 = 16,7$ vol. % vocht. Volgens de pF -curve (fig. 7-1a) komt dit overeen met pF 3,4. Om te voorkomen dat de I_w de bovengrens zal overschrijden, zal de zuigspanning wat beneden pF 3,4 dienen te blijven.

Uitgaande van $A = 31$ gew. % en de gemiddelde waarden voor B (70%) en S ($0,82 \text{ cm}^3/\text{g}$) is de invloed van het percentage organische stof en lutum berekend en weergegeven in figuur 32. Bij deze waarden voor B , S en A blijkt in het traject van 3 tot 13% organische stof en 0-3% lutum, per procent stijging van het organische-stofgehalte de I_w met bijna 0,1 MPa te stijgen; voor het lutumgehalte geldt hetzelfde. Deze gunstige invloed van een toenemend lutumgehalte op de I_w geldt tot 4% lutum. Bij hogere percentages neemt de I_w weer in versnelde mate af. Dit laatste bleek uit de regressie-analyse met duinzandmonsters tot 10% lutum. Uit veldwaarnemingen en onderzoekresultaten bleek dat stijging van het percentage organische stof een minder ongunstige invloed heeft op de doorlatendheid dan stijging van het percentage lutum. Daarom verdienen zeer humeuze zandtoplagen met weinig of geen lutum de voorkeur boven kleiige zandtoplagen. Uit figuur 32 blijkt, dat zeer kleiarm duinzand met $5\frac{1}{2}$ à 8% organische stof gemiddeld aan de norm van 1,2 MPa kan voldoen. Dit gemiddelde betekent dus dat er 50% kans is, dat onder de gegeven omstandigheden een I_w van ca. 1,2 MPa wordt gemeten. Om de kans op te lage waarden te verkleinen moet H en/of L stijgen of S en/of A dalen. Een voorbeeld hiervan wordt gegeven in figuur 21A. Als maximaal specifiek volume bij 6,7% organische

stof is daar $0,78 \text{ cm}^3/\text{g}$ af te lezen, dus $0,04 \text{ cm}^3/\text{g}$ lager dan het gemiddelde van $0,82 \text{ cm}^3/\text{g}$.

Om de invloed van de verklarende variabelen na te gaan is uitgegaan van de gemiddelde bedekkingsgraad van 70%. Uit figuur 33 blijkt, dat bij deze waarde gemiddeld de laagste indringingsweerstand worden gevonden. Bij toeneming van de bedekkingsgraad treedt vanaf 70% een lichte stijging op van de indringingsweerstand, die sterker is naarmate de toplaag natter is.

Bij het gemiddelde organische-stofgehalte van 6,7%, een lutumgehalte van 1,6% en een specifiek volume van $0,82 \text{ cm}^3/\text{g}$ blijkt in figuur 33, dat bij een lage bedekkingsgraad van de grasmatten het gewichtsperscentage vocht hoger mag zijn voor gelijke waarden van de indringingsweerstand. Bij een lager gewichtsperscentage vocht bereikt de indringingsweerstand echter sneller de bovengrens van 2,0 MPa.

De algemene tendens in figuur 33 is, dat bij de gemiddelde waarden voor organische stof, lutum en specifiek volume zowel bij een hoge als bij een lage bedekkingsgraad van de grasmatten de gewenste indringingsweerstand tussen 1,2 en 2,0 MPa te verkrijgen en te handhaven is. Dit betekent dat op deze gronden een hoge bespelingsintensiteit mogelijk is, omdat kaal spelen van het zeer intensief bespeelde deel van het veld de stevigheid van de toplaag niet nadelig beïnvloedt. Voorwaarde hiervoor is, dat het vochtgehalte binnen de ruime marge blijft die in figuur 33 afgelezen kan worden. In paragraaf 4.3.4 is reeds aannemelijk gemaakt, dat het bij grondwaterstanden dieper dan 75 cm - mv. mogelijk is op deze gronden een te hoge vochtigheidstoestand van de toplaag te voorkomen. Evenzo is het mogelijk door grondwaterstandsverhoging en/of beregening te voorkomen, dat de toplaag te ver uitdroogt, zodat de lw stijgt boven 2,0 MPa.

6 RELATIE TUSSEN BESPELINGSMOGELIJKHEDEN EN ORGANISCHE-
STOFGEHALTE OP HET INTENSIEF EN HET EXTENSIEF BESPEEL-
DE DEEL VAN VELDEN MET EEN ZEER KLEIARME ZANDBOVEN-
GROND

Op de zeer kleiarme velden liep het organische-stofgehalte van de laag van 0-2,5 cm beneden de grasmat uiteen van 5 tot 10% (bijlage 2). Volgens figuur 32 is bij een bedekkingsgraad van 70%, 31 gewichtsprocenten vocht en een specifiek volume van 0,82 cm³/g voor zeer kleiarm duinzand ten minste 5½% organische stof nodig in de laag van 0-2,5 à 5 cm beneden de grasmat om gemiddeld aan de stevigheidsnorm van 1,2 MPa te voldoen. Dit is goed in overeenstemming met de veldwaarnemingen. Op de proefplekken met minder dan 5½% organische stof in de laag van 0-2,5 cm beneden de grasmat, bleek het moeilijk de stevigheidsnorm te halen, ondanks veelvuldig rollen en soms walsen. Doordat dan, ondanks een hoge bedekkingsgraad van de grasmat, nauwelijks aan de stevigheidsnorm kon worden voldaan, wordt het gras gemakkelijker losgespeeld dan op velden met een hoger organische-stofgehalte. Hierdoor neemt het percentage graswortels af; deze wortels leveren juist bij een lager gehalte aan organische stof een grote bijdrage aan de stevigheid van de top laag (Beuving en Van Wijk, 1979).

Op het extensief bespeelde deel van het veld voldoet de indringingsweerstand gedurende een groot gedeelte van het seizoen niet aan de norm (fig. 12, 13 en 15). Op het extensief bespeelde deel van het veld is de bedekkingsgraad van de grasmat, vooral in het voorjaar, belangrijk hoger dan op de overige delen (fig. 24 en 25). Hierdoor blijven op het extensief bespeelde deel grotere hoeveelheden gemaaid gras achter. Deze grote toevoer van vers organisch materiaal bevordert in sterke mate het bodemleven (par. 4.1.2). Vooral door de wormenactiviteit en de grasbegroeiing is de doorlatendheid gunstig, doch mede daardoor en door de lage bespelingsintensiteit kan de stevigheid van de top laag in de hoeken van de velden en langs de zijlijnen, vooral in de wintermaanden, veel te wensen overlaten.

Ondanks de grotere toevoer van organische stof, wordt op het extensief bespeelde deel van het veld minder gedrest dan op het intensief bespeelde deel van het veld. Door de lossere pakking, de grotere hoeveelheid organische stof, het hoger vochtgehalte en de hogere grondwaterstand, is de grasmat op het extensief bespeelde deel van het veld minder bestand tegen slidings (glijdend de bal afnemen) van de spelers dan op het intensief bespeelde deel. Herstel van schade door slidings is een tijdrovende bezigheid. De schade zou beperkt kunnen worden door op het extensief bespeelde deel van het veld de vochtigheidstoestand van de top laag te verlagen door meer te drossen en de grondwaterstanden te verlagen. Als middel om dit laatste te verwezenlijken werd reeds genoemd het op zijn minst halveren van het hoogteverschil tussen de zijlijnen en het midden van het veld bij de aanleg (hoofdstuk 7). Een andere mogelijkheid is, dat bij de aanleg van de speelvelden de richting en het afschot van de drains, na

bodemkundig onderzoek, zorgvuldig worden bepaald. Op veel velden die bij het onderzoek betrokken waren, bleek dat een veel gunstiger waterbeheersing mogelijk zou zijn, als aan dit facet bij de aanleg meer aandacht was besteed.

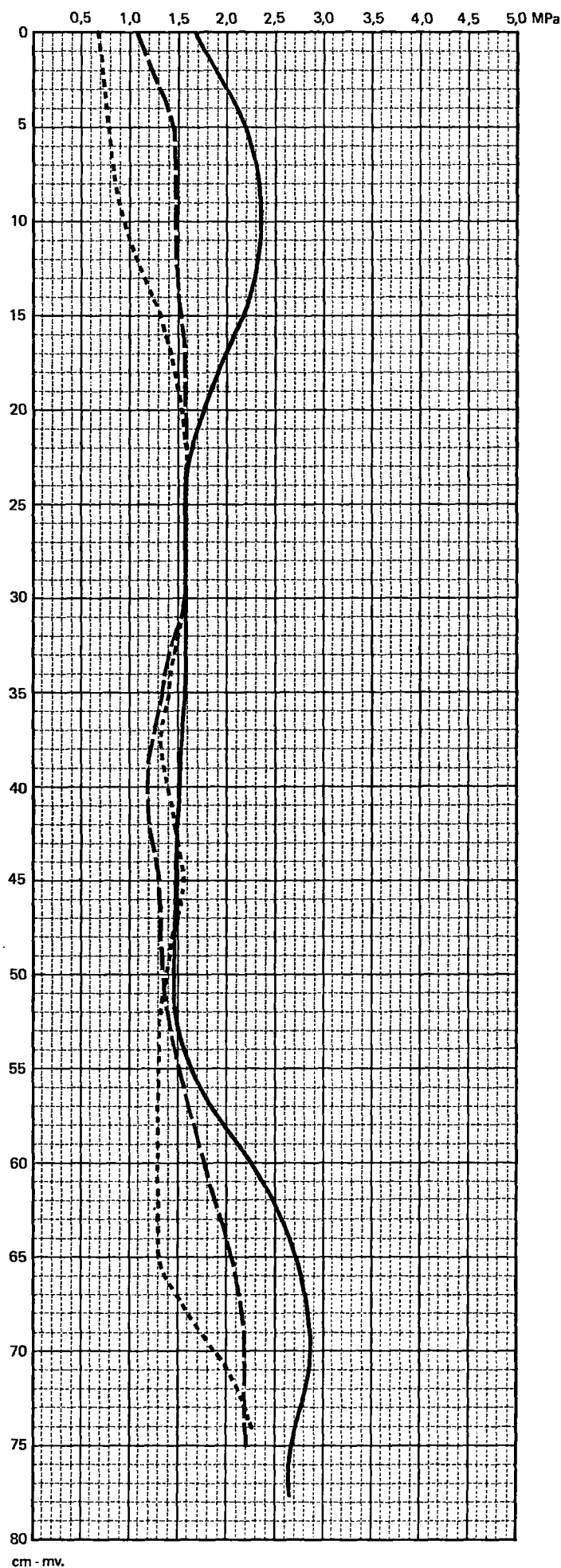
Bij de aanleg kan op het extensief bespeelde deel van het veld beter met een matig humeuze tot humusarme bovengrond worden gestart (ca. 3% org. stof) en op het intensief bespeelde deel met een matig tot zeer humeuze bovengrond (ca. 5% org. stof). Het lagere organische-stofgehalte is mogelijk, doordat in de hoeken van het veld:

- de grasmat gedurende het competitie seizoen een hoge bedekkingsgraad houdt en de graswortels een hoge bijdrage leveren aan de stevigheid;
- tijdens de herstelperiode niet in- of doorgezaaid behoeft te worden, zodat het vochthoudend vermogen van het top-laagje lager mag zijn;
- door de permanente aanwezigheid van een grasmat geen verstuiwing optreedt.

Het is ook mogelijk bij de aanleg op terreinen met een zeer humeuze bovengrond in de hoeken een laagje van ca. 1 cm zand op te brengen en dit met zoveel van de onderliggende humeuze bovengrond door te werken, dat een dekje met ca. 3% organische stof ontstaat. Het is nog beter aanvankelijk het hoge organische-stofgehalte in de hoeken te handhaven in verband met gunstige groeivoorwaarden voor de kieming en ontwikkeling van het jonge gras. Vanaf kort voor de bespeling is het dan gewenst de hoeken van het veld een paar maal te dresen om een steviger top laag te verkrijgen.

Dit advies is gebaseerd op onderzoekresultaten van zand- en veenvelden. De vraag of een bezandingsdek met circa 5% organische stof op het intensief te bespelen deel van kleivelden eveneens gewenst is, kan met behulp van de onderzoekresultaten niet beantwoord worden.

Door de grote bespelingsintensiteit van de strook tussen de doelen wordt deze strook meer verdicht dan die langs de zijlijnen. Deze grotere dichtheid zet zich doorgaans voort tot ca. 20 cm beneden maaiveld. Dit komt onder andere tot uiting in het verloop van de indringingsweerstand (fig. 34). Als een grassportveld vlak aangelegd zou worden, ontstaat door bespeling een komvormige flauwe laagte. Dit effect wordt nog versterkt, als op het zeer intensief bespeelde deel van het veld de bedekkingsgraad van de grasmat sterk terugloopt. Doordat bij de aanleg veelal nogal wat grondverzet plaatsheeft, bijvoorbeeld bij slootdemping, treedt vaak ongelijke nazakking op. Naar ingesloten laagten heeft afstroming van neerslagwater plaats, zodat daar gemakkelijk plassen ontstaan. Om dit euvel zoveel mogelijk tegen te gaan, wordt een grassportveld met tonrondding aangelegd. Gemiddeld bleek het maaiveld van onze serie 0,5 cm per meter te dalen van het midden van het veld naar de zijlijnen. Over deze afstand (32 à 37,5 m) betekent dit ca. 17 cm hoogteverschil. Door de grotere dichtheid van het bodemprofiel in de strook tussen de doelen is het niet ongunstig, dat deze strook een diepere grondwaterstand heeft dan de grond langs de zijlijnen. Door de tonrondding stroomt in de winter de neerslag af in de richting van de zijlijnen, waar de doorlatendheid beter is. Bovendien reikt de capillaire stijghoogte verder door de grotere dichtheid. Tijdens ons onderzoek bleek echter, dat een verschil in grondwaterstand van 15 cm op duinzandgronden te veel is om een aangepaste vochtvoorziening voor het gehele veld met behulp van grondwaterstandsregeling mogelijk te maken. Zo gezien zou dit hoogteverschil bij de aanleg niet meer dan 0,25 cm per meter moeten bedragen.



bespeling	grondwaterstand
----- extensief	49 cm - mv.
- . - . - matig intensief	70 cm - mv.
———— zeer intensief	73 cm - mv.

Fig. 34 Indringingsweerstand (gemeten met penetrograaf met conusbasis van 1 cm² en tophoek van 60°) op grassportveld met diep humeus (strandwal) zandprofiel (zEZ21) op 10 maart 1975 na 18,8 mm neerslag in voorafgaande drie etmalen waarvan 7 mm in het voorafgaande etmaal

8 INDELING VAN GRASSPORTVELDEN MET DUINZANDTOPLAGEN,
MET MOGELIJKHEDEN VOOR GRONDWATERSTANDSBEHEERSING,
NAAR BESPELINGSMOGELIJKHEDEN GEBASEERD OP DE INDRIN-
GINGSWEERSTAND

Met behulp van de resultaten van het onderzoek is het nu mogelijk een indeling te maken naar bespelingsmogelijkheden. Randvoorwaarde is, dat de grondwaterstand beheerst kan worden. De indeling berust op de mogelijkheid de Iw van de toplaag tussen 1,2 en 2 MPa te handhaven.

1a Zeer goede bespelingsmogelijkheden

Hiertoe behoren diepe duinzandgronden met een zeer humeuze tot humusrijke, zeer kleiarne bovengrond. Dit betreft podzolgronden (Hn21, cHn21), dikke eerdgronden (zEZ21 en EZg21), kalkloze zandgronden (pZg21 en pZn21) en kalkhoudende zandgronden (pZg20A) (tabel 4), voor zover ze in de laag van 0-2,5 cm beneden maaiveld minder dan 3% lutum en 5 à 10% organische stof bevatten. Van deze bodemeenheden zijn die met een matig dikke bovengrond het aantrekkelijkst. Dikkere humeuze dekken leveren nauwelijks een bijdrage aan de vochtvoorziening en ze verkleinen het vochtbergend vermogen.

1b Goede bespelingsmogelijkheden

Hiertoe kunnen worden gerekend de moerige eerdgronden met een diep duinzandprofiel, zoals zWz en vWz, met minder dan 3% lutum en 5 à 10% organische stof in de laag van 0-2,5 cm beneden maaiveld. Deze gronden hebben lichte beperkingen. De aanwezigheid van een moerige tussenlaag op wisselende diepte werkt veelal storend op de waterbeweging. Drainreeksen kunnen ongelijk verzakken, tenzij aangepaste maatregelen worden getroffen. Door de variërende dikte van de moerige laag blijft ongelijke nazakking optreden. Hierdoor zal periodiek naëgalisatie nodig zijn om afstroming naar de laagten en plasvorming te voorkomen. Met behulp van aangepaste waterbeheersing, aanvullende berekening, periodieke naëgalisatie en dressing met zand, is het mogelijk de toplaag binnen de gewenste stevigheidsnorm te houden.

Kleiarne eerdveengronden met zanddek, zoals saVc en sAvz, kunnen eveneens tot deze klasse worden gerekend. Van deze gronden is de toplaag in de winter veelal wat natter dan van de duinzandgronden met of zonder moerige tussenlaag (fig. 19). De problemen door ongelijke zakking zijn veelal nog groter dan op de moerige eerdgronden. Toch is het met de juiste maatregelen ook op deze gronden mogelijk een toplaag van de gewenste stevigheid te handhaven.

Hiertoe worden gronden gerekend waarvan niet steeds de topplaag binnen de gewenste stevigheidsnorm kan worden gehouden. Het betreft de duinzand- en eerdveengronden met een humusarm tot matig humeus, zeer kleiarm zanddek, zoals Zn50A. Slechts met een grasmat is de topplaag voldoende stevig. Deze velden raken gemakkelijk overbespeeld, waardoor de bedekkingsgraad van het gras snel afneemt. De Iw daalt dan beneden de norm. Er ontstaan oneffenheden in het losse, onsaamenhangende zand, hetgeen gevaarlijk is voor de spelers. Bovendien wordt de kans op verstuiwing groter. Door omzetting van het gemaaide gras in de grond stijgt het organische-stofgehalte van deze velden geleidelijk. Aanwending van organisch materiaal zoals tuinturf kan de topplaag sneller saamenhangend maken. Door verrijking met organische stof gaan deze gronden na verloop van jaren eveneens tot klasse 1a behoren.

Een tweede categorie binnen deze klasse vormen de zandgronden met een matig kleiarne tot kleiige bovengrond. Door de grote dichtheid van de grond ten opzichte van de zeer kleiarne zandgronden, zijn het bergend vermogen en de onverzadigde doorlatendheid kleiner. Er ontstaan gemakkelijk plassen, waardoor het maaiveld glibberig en te zacht wordt. Door veelvuldig dressen kan het oppervlak stroef gehouden worden. Het bezwaar van dressen is echter een sterke verschraling van de topplaag, wat de kans op verstuiwing vergroot. Ook bemoeilijkt het door verlaging van het vochtleverend vermogen de kieming van in- en doorgezaaid graszaad en vertraagt het de ontwikkeling van het jonge gras.

Tot deze klasse behoren ook de kleigronden met een zanddek, zoals poldervaag- (Mn..) en ooivaaggronden (Md..). Deze gronden hebben dezelfde beperkingen als de voorgaande groep. Bovendien kan in droge perioden in de zomer de vochtigheidstoestand van de bovengrond niet met behulp van grondwaterbeheersing worden geregeld. Dit is wel mogelijk met beregening.

Tenslotte worden tot deze klasse gerekend de kleiige eerdveengronden met een zanddek. Voor deze gronden gelden zowel de bezwaren van kleigronden als die van veengronden voor gras-sportvelden.

- 1 De penetrometer is een bruikbaar instrument voor de beoordeling van de stevigheid van toplagen van grassportvelden.
- 2 Voor een goede bespeelbaarheid van grassportvelden op duinzandgronden is het nodig, dat op het intensief bespeelde deel van het veld de indringingsweerstand (I_w) van de top laag 1,2 MPa of meer bedraagt. Bij lagere waarden is de top laag in natte toestand te zacht; het veld dient dan te worden afgekeurd onder andere om de grasmat te sparen.
- 3 Het is gewenst, dat de top laag van grassportvelden niet zo ver uitdroogt, dat de I_w boven 2 MPa stijgt. Bij waarden boven deze grens kunnen graswortels er moeilijk in doordringen, treedt droogteschade van de grasmat op, neemt de dempende werking van de zode af en worden kleiige zandtoplagen te hard voor bespeling.
- 4 In het gebied van onderzoek - Den Haag en omgeving - komen grassportvelden voor die, afgezien van vorstperioden, aan de stevigheidsnorm beantwoorden. Belangrijke voorwaarden hiervoor zijn in het onderzochte gebied:
 - een zeer kleiarme duinzandtop laag met 5 à 10% organische stof;
 - een vlotte waterbeweging in het profiel of, met andere woorden, een groot capillair geleidingsvermogen;
 - een goede regelingsmogelijkheid van sloot- en grondwaterstanden.
- 5 Grassportvelden op diepe duinzandgronden kunnen vaak aan bovengenoemde voorwaarden voldoen. De kans dat de I_w van de top laag van deze gronden beneden 1,2 MPa daalt, blijft klein als de grondwaterstand gedurende de winterperiode op 75 cm of dieper beneden maaiveld wordt gehandhaafd (fig. 13 en 14). Een I_w van meer dan 2 MPa kan op deze gronden worden voorkomen door de grondwaterstand te verhogen en wel meer naarmate het neerslagtekort groter wordt (fig. 11).
- 6 Om inzicht te verkrijgen in de relatie tussen grondwaterstand en I_w is het nodig, dat terreinbeheerders regelmatig grondwaterstandswaarnemingen doen midden tussen de drains op verscheidene plaatsen van het veld in samenhang met metingen van de I_w . Hiermee kan snel kennis worden opgedaan om met geschikte maatregelen de bespeelbaarheid te verbeteren.
- 7 Voor oudere velden zijn ca. twaalf metingen per keer voldoende om een goede indruk van de I_w te verkrijgen. Op jonge of gerenoveerde velden is een groter aantal metingen nodig.
- 8 Ook bezande, kleiarme eerdveengronden kunnen het gehele seizoen aan de in 2 en 3 genoemde stevigheidsnorm voldoen (fig. 14). Het is mogelijk, dat aanvullende berekening dan niet kan worden gemist. Periodiek dressen en egaliseren maakt de onderhoudskosten op deze gronden hoger dan op duinzandgronden.
- 9 Op sportvelden gelegen op duinzandgronden, verdroogt de grasmat bij grondwaterstanden dieper dan 95 cm beneden maaiveld, tijdens langdurige perioden met een neerslagtekort, ook al is een goede capillaire nalevering mogelijk tot de onderkant van de bewortelde laag.

- 10 Op sportvelden kunnen graswortels van de kort gehouden grasmat die zich dieper dan 40 cm beneden maaiveld bevinden, geen belangrijke bijdrage leveren aan de vochtvoorziening.
- 11 Voor niet-verwerkte duinzandgronden kan voor capillaire nalevering van 0,2 cm per dag, een afstand z tussen de wortelzone en de grondwaterspiegel worden aangehouden van 30 à 35 cm (bijlage 8-1, Bloemen 25). Dit betreft duinzand-ondergronden met een dichtheid van de grond van ca. 1,6 g/cm³, een poriënvolume van ca. 40%, < 1,0% organische stof, < 3% lutum en een M50 van ca. 180 µm.
- 12 Grassportvelden met een matig kleiarne tot kleiige duinzandbovengrond kunnen slechts binnen een nauw zuigspanningstraject aan de stevigheidsnorm (> 1,3 à 1,4 MPa) voldoen. Door de grote dichtheid is de tijdelijke berging vooral van de top laag beperkt, zodat gemakkelijk plassen ontstaan. Tijdens en na veel neerslag en na een vorstperiode is de top laag te zacht voor bespeling.
- 13 Bij grassportvelden met een zanddek op zavel of klei is het niet mogelijk in perioden met een neerslagtekort uitdroging van de top laag te voorkomen, als niet wordt beregend. Zonder berekening komt de I_w al snel boven 2,0 MPa (fig. 12).
- 14 Een duinzanddek(je) op zavel en klei kan al in enkele jaren veranderen in homogeen kleiig zand onder invloed van bodemdieren en bespeling. Deze top laag is dan zeer dicht. Dit komt tot uiting in een grote dichtheid van de grond (fig. 20A) en weinig grove poriën (tabel 5). Op dergelijke toplagen is geen hoge neerslaghoeveelheid en -intensiteit nodig voor plasvorming en slechte bespeelbaarheid.
- 15 De bespelingsmogelijkheden van grassportvelden op duinzandgronden kunnen gunstig worden beïnvloed door bij de aanleg:
 - een bovengrond te vormen van minimaal 20 cm dikte met meer dan 3% organische stof en minder dan 3% lutum om een redelijke hoeveelheid beschikbaar vocht en goede bewortelingsmogelijkheden voor de grasmat te verkrijgen. In verband met de gewenste stevigheid dient het organische-stofgehalte van de zeer kleiarne top laag van 3 à 5 cm dikte, op het intensief te bespelen gedeelte van het veld te worden verhoogd tot ca. 5%;
 - slechts een lichte tonroning aan te brengen van 0,25 cm per strekkende meter. Dit hoogteverschil neemt onder invloed van de bespeling nog wat af;
 - richting, afschot en eventueel diepte van de drainage na bodemkundig onderzoek zorgvuldig te kiezen.
- 16 Voor het bezandingsdek op veen- en kleigronden dient de voorkeur te worden gegeven aan zeer kleiarm zand. Op kleiarne veengronden kan zoveel van de onderliggende veraarde venige laag door het aangebrachte zanddek worden gefreesd, dat het onder 10 genoemde gewenste humusgehalte wordt verkregen.
- 17 Voor kleigronden is het gewenst, dat aan een zeer kleiarm bezandingsdek circa 3% organische stof wordt toegevoegd.

Aldus kan een voldoende stevige top laag worden verkregen die weinig gevoelig is voor verstui ving en geschikt is voor beworteling. Deze werkwijze is veelal duurder dan het mengen van het bezandingsdek met de onderliggende zavel of klei. De bespelingsmogelijkheden worden er echter belangrijk ruimer door, vooral de eerste jaren na de aanleg. Ook op deze velden zal de top laag geleidelijk kleiiger worden door wormenactiviteit e.d. Dit proces zal dan echter veel trager verlopen. Door regelmatig dressen met zeer kleiarm zand kan dit proces nog extra worden vertraagd. Of het verhogen van het organische-stofgehalte van het bezandingsdek op het intensief te bespelen deel van kleivelden van 3 tot circa 5% voordelen biedt, kon niet worden nagegaan.

Op twaalf grassportvelden op duinzand of met een duinzandbovengrond is onderzoek gedaan naar de samenhang tussen de factoren die de bespeelbaarheid beïnvloeden. Deze velden liggen in Den Haag en omgeving, waar een goede beheersing van sloot- en grondwaterstand mogelijk is.

Veel aandacht werd besteed aan de invloed op de indringingsweerstand van het lutumgehalte in de duinzandtoplaag, de dichtheid van de grond en het percentage grovere poriën.

- Bakker, H. de, en J. Schelling, 1966. Systeem van bodemclassificatie voor Nederland. De hogere niveaus, PUDOC, Wageningen.
- Bakker, J.W., 1978. Snelle vochtspanningsmetingen door tensiometers met elektrische drukopnemers. Landbouwk. Tijdschr./PT 90, nr. 5, 132-136.
- Beuving, J., en A.L.M. van Wijk, 1979. Het gedrag van de top-laag van sport- en recreatieterreinen. Groen jrg. 35 nr. 3, blz. 102-111.
- Bloemen, G.W., 1977. Calculation of capillary conductivity and capillary rise from grain size distribution. ICW-nota, deel III en IV.
- Boekel, P., 1972. Onderzoek naar de stevigheid van de top-laag van de sportvelden in de gemeente Haren in de winter 1970/1971. IB-rapport nr. 4, 49 blz.
- Boekel, P., 1975. Het fysisch milieu van grasvelden voor re-creatief gebruik en de doeleinden van grondverbete-ring. In: Grasveldkunde.
- Boekel, P., et alii. 1971. Onderzoek naar de oorzaken van de slechte bespeelbaarheid van enkele sportvelden in Den Haag. IB-rapport nr. 6.
- Bouma, J., and J.L. Anderson, 1973. Relationships between soil structure characteristics and hydraulic conductivity. Field Soil Water Regime SSSA Special Publication no. 5, 77-105.
- Doeglas, D.J., 1949. Korrelgrootte-onderzoek. In: Boor en Spade III, blz. 27-39. Oosthoek, Utrecht.
- Doeglas, D.J., 1950. De interpretatie van korrelgrootte-ana-lysen. Verk. Ned. Geol. Mijnbouwk. Genoot, Gevl. Serie 15, 247-357.
- Egmond, Th. van, 1971. Het baggeren in relatie tot het toe-maken. In: Boor en Spade 17, 82-90. Veenman, Wageningen.
- Fahmy, M.I., 1961. The influence of clay particles on the hydraulic conductivity of sandy soils. Wageningen.
- Haans, J.C.F.M., en P. van der Sluijs, 1970. Water- en lucht-huishouding van de grond. In: Bodem en Bemesting; Cursus Bodemkunde, 105-172.
- Heesen, H.C. van, en A.J. Krabbenborg, 1976. Verslag vocht-leverantie-onderzoek "Overloon". Rapport Stichting voor Bodemkartering.
- Hidding, A.P., en C. van der Berg, 1961. The relation between pore volume and the formation of root systems in soils with sandy layers. Technical Bulletin, nr. 24.

Institute for Land and Water Management Research,
Wageningen.

- Houben, J.M.M.Th., 1974. Wortelontwikkeling en bodemgesteldheid. *Bedrijfsontwikkeling* 5, nr. 2, 141-148.
- Huizinga, T.K., 1969. *Grondmechnica en toepassingen bij grond- en kunstwerken* Agon Elsevier, Amsterdam/Brussel. 291 blz.
- Ismail, S.N.A., 1975. Micromorphometric soil-porosity characterization by means of electro-optical image analysis (Quantimet 720). *Soil Survey Papers* no. 9. Soil Survey Institute, Wageningen. 104 pp.
- Klimaatatlas van Nederland, 1972. Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- Kortleven, J., 1970. Volumegewicht, poriënvolumen en humusgehalte. *Inst. Bodemvruchtbaarheid*, ref. no. C7759; 15 blz.
- Kraak, T., 1974. Vegetatiekartering van sportvelden. CABO *Karteringsverslag* nr. 158, 55 blz.
- Liere, W.J. van, 1953. Bodemkundige verkenning van het noordelijk deel van de provincie Zuid-Holland. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering. *Rapport* nr. 317, 140 blz.
- Meer, K. van der, 1952. De bloembollenstreek. De bodemkartering van Nederland, deel XI. Staatsdrukkerij, 's-Gravenhage.
- Poelman, J.N.B., 1975. Dichtheid van de vaste delen van rivierkleigronden. In: *Boor en Spade* 19, blz. 32-38. Veenman, Wageningen.
- Rijtema, P.E., 1969. Soil moisture forecasting. *Nota* nr. 13 ICW, 28 blz.
- Versteeg, W., et alii, 1972. Zand voor sportvelden. *Tijdschrift Kon. Ned. Heidemij* 83, nr. 10, 363-370.
- Wijk, A.L.M. van, en J. Beuving, 1974. Bespeelbaarheid van sportvelden: criterium en samenhang met enkele bodemfysische eigenschappen van de top laag. *Groen* 30 nr. 12, 400-407.
- Wijk, A.L.M. van, and J. Beuving, 1978. Relation between soil strength, bulk density and soil water pressure head of sandy top-layers of grass sportfields. *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 1, nr. 2, 53-58.

BIJLAGE 1 VERKLARENDE WOORDENLIJST

BOVENGRONDEN

Moerige eerdlaag

Een moerige A1-horizont dikker dan 15 cm of een moerige Ap-horizont ongeacht de dikte, waarin ten hoogste 10 à 15 volumeprocent uit planteresten bestaat met een herkenbare weefselopbouw.

Kleiige moerige eerdlaag

Een moerige eerdlaag waarin lutum voorkomt.

Kleiarme moerige eerdlaag

Een moerige eerdlaag waarin geen lutum van betekenis voorkomt.

Minerale eerdlaag

- 1 Een A1- of Ap-horizont die over een diepte van ten minste 15 cm humusrijk is, of
- 2 een A1- of Ap-horizont, die over een diepte van ten minste 15 cm matig humusarm of humeus is en tevens voldoet aan de volgende kleureisen: value < 3,5 en ten minste één value-eenheid donkerder dan de C-horizont, of
- 3 een dikke niet-moerige A1-horizont.

Dikke A1-horizont

Een niet-vergraven A1-horizont die dikker dan 50 cm is.

Matig dikke A1-horizont

Een niet-vergraven A1-horizont van 30-50 cm dikte.

Dunne A1-horizont

Een niet-vergraven A1-horizont die dunner is dan 30 cm of een vergraven bovengrond, ongeacht de dikte.

Bruine minerale eerdlaag

Een minerale eerdlaag waarin binnen 25 cm diepte een laag van ten minste 10 cm dikte begint die aan één der volgende kleureisen voldoet (Munsell Soil Color Charts):

Hue	10YR	7,5YR	5YR
Som value en chroma	>4,5	>4,5	>4
Chroma	>1	>1	>1

Zwarte minerale eerdlaag

Een minerale eerdlaag die niet aan de criteria voor de bruine voldoet.

Kleidek

Een minerale bovengrond die meer dan 8% lutum of meer dan 50% leemfractie bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm diepte) en binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzolgrond of op een zandlaag die dikker is dan 40 cm.

Zanddek

Een minerale bovengrond die minder dan 8% lutum en minder dan 50% leemfractie bevat (ook na eventueel ploegen tot 20 cm diepte) en binnen 40 cm diepte ligt op moerig materiaal, op een podzolgrond of op een kleilaag die dikker is dan 40 cm.

Moerige bovengrond

Een bovengrond die moerig is (ook na eventueel ploegen tot 20 cm diepte) en binnen 40 cm diepte op een minerale ondergrond ligt.

Toplaag

Het bovenste deel van de bovengrond van een grassportveld, dat veelal meer of minder gehomogeniseerd is.

Diepte in cm beneden de grasmant

Als bovengrens geldt het grensvlak tussen de viltlaag (A0) of het laagje gedrest zand (Can) met de bovengrond (A1).

Moerige tussenlaag

Een laag die moerig is, dikker dan 5 à 15 cm en dunner dan 40 cm is en onder een kleidek of een zanddek ligt.

Podzol-B-horizont

Een B-horizont (inspoelingshorizont) in minerale gronden, waarvan het ingespoelde deel vrijwel uitsluitend uit amorfe humus, of uit amorfe humus en sesquioxiden bestaat, of uit sesquioxiden te zamen met niet-amorfe humus.

Duidelijke humuspodzol-B-horizont

Een duidelijke podzol-B-horizont waarin beneden 20 cm diepte:
1 een B2h voorkomt of
2 de bovenste 5 à 10 cm (of meer) amorfe humus bevat die als disperse humus is verplaatst.
Deze differentiërende horizont kan zowel enig ijzer bevatten als bijna ijzerloos zijn.

E-horizont

Een horizont van maximale eluviatie (uitspoeling), meestal relatief licht gekleurd.

OVERIGE BEGRIPPEN

Vergraven

In een verwerkte laag komen grotere en kleinere brokken voor, die onderling kunnen verschillen in één of meer van de volgende eigenschappen: vastheid, textuur, rijping, kleur, vlekken, kalkgehalte, structuur, humificatiegraad, mate van irreversibele indroging en richting van de gelaagdheid. Verder kunnen op korte afstand grote verschillen in doorlatendheid voorkomen.

Vergraven gronden

Gronden waarin een vergraven laag voorkomt die tussen 0 en 40 cm begint, tot grotere diepte dan 40 cm doorloopt en dikker is dan 20 cm.

Hydromorfe kenmerken (kenmerken van natheid)

- 1 Voor de podzolgronden:
 - a een moerige bovengrond of
 - b een moerige tussenlaag, en/of
 - c geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onmiddellijk onder de B2-horizont.
- 2 voor de eerdgronden en de vaaggronden:
 - a een G-horizont binnen 80 cm diepte beginnend, en/of
 - b een niet-gerijpte ondergrond en/of
 - c een moerige bovengrond en/of
 - d een moerige laag binnen 80 cm diepte beginnend;
 - e bij zandgronden met een A1-horizont dunner dan 50 cm: geen ijzerhuidjes op de zandkorrels onder de A-horizont;
 - f bij kleigronden met A1-horizont dunner dan 50 cm: roestvlekken binnen 50 cm diepte beginnend, in een hoofdkleur met chroma 2 of kleiner; of andere (grijze) vlekken, b.v. reductievlekken die ten minste 2,5 eenheden in hue geler of/en 1 eenheid in chroma lager zijn dan de hoofdkleur.

Minerale gronden

Gronden die tussen 0 en 80 cm diepte voor minder dan de helft van de dikte uit moerig materiaal bestaan.

Zandgronden

Minerale gronden waarvan het minerale deel tussen 0 en 80 cm diepte voor meer dan de helft van de dikte uit zand bestaat. Indien een dikke A1-horizont voorkomt, moet deze gemiddeld uit zand bestaan.

Kleigronden

Minerale gronden waarvan het minerale deel tussen 0 en 80 cm diepte voor minder dan de helft van de dikte uit zand bestaat. Indien een dikke A1-horizont voorkomt, moet deze gemiddeld zwaarder zijn dan de textuurklasse zand.

Mediaan van de zandfractie (M50)

Hieronder wordt verstaan de korrelgrootte waarboven en waarbeneden 50% van het gewicht van de zandfractie ligt.

M50 tussen:

50 - 105 μm	uiterst fijn zand
105 - 150 μm	zeer fijn zand
150 - 210 μm	matig fijn zand
210 - 420 μm	matig grof zand
420 - 2000 μm	zeer grof zand

Mediaan van de fractie 2-2000 μm (M2)

Hieronder wordt verstaan de korrelgrootte waarboven en waarbeneden 50% van het gewicht van de fractie van 2-2000 μm ligt.

Grondwatertrappenindeling

Grondwatertrap (Gt)	I	II')	III')	IV	V')	VI	VII
grondwaterstanden in cm's beneden maaiveld							
GHG	<20	<40	<40	>40	<40	40-80	>80
GLG	<50	50-80	80-120	80-120	>120	>120	>160

')

*) een * achter de Gt-code betekent "droger deel"; om de gedachten te bepalen: met een GHG dieper dan 25 cm beneden maaiveld.

HG2

Gemiddelde van de twee hoogste grondwaterstanden van 16 waarnemingen per proefplek in het competitie seizoen 1975/76.

LG2

Idem van de twee laagste.

GHG

Langjarig gemiddelde van de drie hoogste grondwaterstanden van 24 waarnemingen in een grondwaterstandsbuis.

GLG

Idem van de drie laagste.

Dichtheid van de grond ρ_d

Onder dichtheid van de grond wordt verstaan het aantal grammen van 1 cm^3 veldvochtige grond, na drogen bij 105° C.

Specifiek volume

Het specifiek volume is de reciproke van de dichtheid van de grond.

pF-curve

Het verband tussen de vochtspanning en het daarbij behorend vochtgehalte, in volume-procenten, van een grondmonster uit een horizont. Dit verband kan worden weergegeven in een figuur. Omdat de vochtspanning zich over een groot traject uitstrekt, zet men de logaritme van de vochtspanning, uitgedrukt in cm H₂O (pF genoemd), uit tegen het vochtgehalte. Wanneer men de punten door een lijn verbindt, krijgt men een kromme die pF-curve of vochtkarakteristiek wordt genoemd.

Indeling naar het lutumgehalte

% lutum	naam	samenvattende namen	
0 - 3	zeer kleiarm zand	} kleiarm zand	} zand
3 - 5	matig kleiarm zand		
5 - 8	kleiig zand		
8 -12	zeer lichte zavel	} lichte zavel	} zavel
12 -17,5	matig lichte zavel		
17,5-25	zware zavel		
25 -35	lichte klei	} zware klei	} klei
35 -50	matig zware klei		
50 -100	zeer zware klei		

Indeling naar het gehalte aan organische stof bij gronden met een laag lutumgehalte

% organische stof	naam	samenvattende namen				
0 -0,75	uiterst humusarm	}	}	} mineraal		
0,75-1,5	zeer humusarm				}	humusarm zand
1,5 -2,5	matig humusarm					
2,5 -5	matig humeus	}	humeus zand		}	
5 -8	zeer humeus					
8 -15	humusrijk					
15 -22,5	venig zand	}		} moerig		
22,5 -35	zandig veen					
>35	veen					

Infiltratiesnelheid

De infiltratiesnelheid is de hoeveelheid water die per oppervlakte-eenheid en per tijdseenheid in de grond dringt.

Bergend vermogen

Onder bergend vermogen wordt verstaan de hoeveelheid neerslag die in een grond nog geborgen kan worden, als de vochtigheidstoestand van de grond in evenwicht is met de grondwaterstand.

Lineaire regressielijn

Als er een rechtlijnig verband is tussen de onafhankelijke en de afhankelijke variabele, kan een lijn g etrokken worden door de punten, zodanig dat de afstand tussen de punten en deze lijn zo klein mogelijk is. Deze lijn wordt regressielijn genoemd.

Dempende werking van de grasmat

In afhankelijkheid van de dichtheid van de grasmat worden de schokken van springende en vallende spelers in meerdere of mindere mate opgevangen. Deze eigenschap van de grasmat wordt met dempende werking aangeduid.

Bedekkingsgraad

Onder bedekkingsgraad wordt verstaan het percentage per oppervlakte-eenheid van de grond dat met gras is bedekt. Het is een grove maat voor de dichtheid van de zode, dus het wortelstelsel.

BIJLAGE 2 ANALYSE-UITSLAGEN VAN DE LAAG VAN 0-2,5
CM BENEDEN DE GRASMAT (MAART-APRIL 1976)

Proefplek	In gew. % van de grond		
	org. stof ¹⁾	CaCO ₃	lutum (<2 mμ)
1A	6,8	0,2	5
1B	7,5	0,3	4
1C	6,5	0,4	4
2A	6,7	1,5	11
2B	7,8	1,2	4
2C	3,6	1,9	5
3A	6,9	3,0	6
3B	4,5	3,5	4
3C	5,0	1,5	6
5A	7,9	1,1	3
5B	7,8	1,9	3
5C	6,8	1,2	3
6A	7,5	0,7	3
6B	8,0	0,3	3
6C	6,6	1,0	3
7aA	8,9	1,9	3
7aB	9,0	1,0	3
7aC	8,8	0,6	3
7bA	6,2	4,2	3
7bB	5,1	3,5	3
7bC	5,7	3,5	3
8A	9,9	0,8	3
8B	8,8	1,0	3
8C	6,5	2,0	3
9A	6,9	2,5	3
9B	5,4	3,0	4
9C	5,0	4,0	2
10A	4,6	5,2	2
10B	5,8	1,1	3
10C	5,2	5,2	2
11A	5,0	0,5	4
11B	6,2	0,4	3
11C	5,3	0,8	4

1) Gloeiverliesmethode met correctie

BIJLAGE 3 ANALYSE-UITSLAGEN (AUGUSTUS-SEPTEMBER 1973)

Proef- plek	Laag in cm - mv.	pH (KCl)	In gew. % van de grond					In gew. % van de minerale delen						M50 (µm)	P ₂ O ₅		K- geh. ²⁾	MgO 3)	Cu 3)
			org. stof	Ca- CO ₃	< 2 µm	< 16 µm	tot. zand	< 2 µm	2-16 µm	16-50 µm	50- 105 µm	105- 150 µm	>150 µm		P-Al 2)	P-			
																tot. ¹⁾			
1A	0- 5	5,3	7,2	0,3	4,7	11,9	80,6	5,1	7,8	2,1	1,5	15,6	67,9	192	34		46	282	6,1
	6-10	4,8	4,0	0,0	5,6	13,0	83,0	5,8	7,8	2,6	1,3	14,5	68,0	194	44		19	134	6,0
1B	0- 5	4,9	7,0	0,0	2,6	8,7	84,3	2,8	6,7	1,8	3,2	16,5	69,0	195	32		49	271	3,7
	5-10	4,0	4,2	0,0	3,5	10,6	85,2	3,7	7,4	1,7	1,6	18,8	66,8	190	40		10	88	3,7
1C	0- 5	6,4	7,2	0,4	1,8	7,0	85,4	1,9	5,6	0,8	1,8	15,5	74,4	194	48		34	144	4,8
	5-10	5,5	5,9	0,1	2,8	9,0	85,0	3,0	6,6	1,8	1,9	15,2	71,5	194	99		20	167	6,7
2A	0-3/5	6,5	9,5	2,0	9,9	19,0	69,5	11,2	10,2	3,8	4,1	19,6	51,1	177	56		59	243	5,2
	6-30	6,8	3,4	0,6	27,8	47,2	48,8	29,0	20,2	26,2	3,7	4,2	16,7	(177)	12		26	438	6,4
2B	0- 5	6,7	8,2	1,1	4,8	11,4	79,3	5,3	7,2	0,6	2,4	15,8	68,7	191	48		54	194	3,8
	8-27	6,8	4,8	0,8	29,5	48,8	44,6	31,2	21,6	22,6	3,7	5,1	15,8	(173)	24		31	478	6,7
2C	0- 5	7,0	4,0	1,5	6,6	14,2	80,3	7,0	8,1	4,3	4,2	17,0	59,4	184	47		36	155	4,9
	9-40	6,8	3,8	0,6	26,6	45,3	50,3	27,8	19,5	21,8	3,7	5,2	22,0	(181)	19		19	481	7,2
3A	0- 5	6,6	8,3	1,3	3,3	7,1	83,3	3,7	4,2	1,6	8,7	18,7	63,1	180	85		32	140	3,9
3B	0- 5	6,8	6,2	1,4	3,0	7,2	85,2	3,2	4,5	9,1	3,8	18,4	61,0	185	77		29	188	4,9
3C	0- 5	7,0	5,2	1,4	2,2	6,4	87,0	2,4	4,4	4,0	7,0	20,5	61,7	179	63		23	236	5,0
4A	0- 4	5,8	18,1	0,2	0,9	5,7	76,6	1,1	5,8	0,0	1,6	13,1	78,4	197	89	0,23	122	333	2,2
4B	0- 4	5,9	9,6	0,1	0,5	4,9	85,4	0,6	4,8	2,8	1,4	13,3	77,1	197	43	0,15	40	244	4,3
4C	0- 3	6,4	9,2	0,3	0,6	4,9	85,6	0,7	4,6	1,5	3,7	16,4	73,1	199	74	0,17	36	199	2,5
	3-9	6,3	8,8	0,2	0,9	6,7	84,3	1,0	6,4	3,8	1,4	11,5	75,9	199	106	0,22	22	190	2,4
5A	0- 4	7,2	9,4	1,2	0,4	3,8	85,6	0,5	3,7	1,3	1,1	12,0	81,4	200	51	0,15	40	152	1,6
	4- 9	6,9	8,8	0,5	0,7	4,6	86,1	0,8	4,2	1,8	1,5	14,3	77,4	196	32	0,12	13	149	1,2
5B	0- 4	6,9	8,2	0,4	0,2	3,7	87,7	0,2	3,8	1,2	1,2	11,2	82,4	201	48	0,13	31	167	2,8
	5- 9	7,1	11,1	0,6	1,6	5,5	82,8	1,8	4,4	1,7	1,9	15,8	74,4	193	22	0,12	8	139	4,0
5C	0- 6	7,2	6,3	1,3	0,3	3,7	88,7	0,3	3,5	1,9	1,5	14,5	78,3	196	37	0,10	26	111	1,1
	6-10	7,2	8,5	1,0	0,8	6,1	88,4	0,9	5,9	0,5	1,2	15,0	76,5	196	33	0,13	11	113	4,6
6A	0- 5	6,4	6,7	0,5	1,2	5,9	86,9	1,3	5,1	2,8	1,4	14,2	75,2	196	37	0,15	53	150	6,4
	5-10	6,7	6,2	0,4	0,6	5,0	88,4	0,6	4,8	2,4	1,4	12,7	78,1	198	27	0,14	11	73	6,8
6B	0- 2	5,9	4,0	0,3	2,8	5,3	90,4	2,9	2,6	0,2	1,3	16,8	76,2	193	48	0,14	48	152	3,5
	2-10	6,1	7,9	0,3	2,3	5,9	85,9	2,5	3,9	1,4	1,7	17,5	73,0	191	32	0,15	9	122	5,5
6C	0- 5	6,7	5,7	0,6	1,0	4,8	88,9	1,1	4,1	2,7	1,5	15,3	75,3	195	30	0,13	36	90	4,7
	5-10	6,6	5,9	0,8	0,9	5,0	88,3	1,0	4,4	2,2	1,5	14,1	76,8	196	29	0,14	14	82	5,0
7aA	0- 5	6,7	1,6	2,3	1,9	5,4	90,7	2,0	3,6	2,7	10,5	12,9	68,3	193	90	0,25	80	202	18,6
	5-10	7,5	0,8	4,9	1,2	3,5	90,8	1,3	2,4	0,1	0,5	16,7	79,0	195	13	0,05	7	27	3,1
7aB	0- 5	6,8	8,8	1,4	1,3	4,1	85,7	1,5	3,0	2,8	1,7	14,9	76,1	195	69	0,17	44	178	19,7
7aC	0- 5	6,6	7,2	0,9	2,7	6,1	85,8	2,9	3,8	3,7	7,2	19,8	62,5	180	76	0,20	47	207	9,8
	5-10	6,9	4,2	3,4	2,1	5,1	87,3	2,3	3,3	1,1	3,2	21,9	68,2	184	46	0,12	14	77	19,1
8A	0- 5	6,8	5,2	0,3	3,5	6,6	87,9	3,7	3,3	1,7	1,9	20,1	69,3	187	39	0,11	24	116	5,0
	5-10	6,4	30,3	0,2	0,9	6,5	63,9	1,3	6,7	7,2	1,9	11,7	71,1	197	51	0,30	25	245	35,1
8B	0- 5	6,9	5,2	1,1	1,7	4,0	89,7	1,8	2,5	2,7	1,2	15,4	76,5	195	43	0,13	30	103	4,9

BIJLAGE 3 ANALYSE-UITSLAGEN (AUGUSTUS-SEPTEMBER 1973)

Proef- plek	Laag in cm - mv.	pH (KCl)	In gew. % van de grond					In gew. % van de minerale delen						M50 (µm)	P ₂ O ₅		K- geh. ²⁾	MgO 3)	Cu 3)
			org. stof	Ca- CO ₃	< 2 µm	< 16 µm	tot. zand	< 2 µm	2-16 µm	16-50 µm	50- 105 µm	105- 150 µm	>150 µm		P-Al 2)	P- tot. ¹⁾			
8 C	5-10	6,8	6,3	0,9	1,0	3,8	89,1	1,1	3,0	5,1	1,8	10,4	78,6	201	49	0,12	15	88	7,
	0- 5	6,9	4,1	0,8	2,0	4,3	90,8	2,1	2,4	1,1	1,2	11,1	82,0	201	46	0,12	24	110	5,
9 A	5-10	6,3	21,1	0,3	0,8	4,4	74,2	1,0	4,5	35,7	1,6	9,5	47,7	193	24	0,20	23	271	37,
	0- 5	6,0	9,9	0,4	0,9	3,6	86,0	1,0	3,0	1,0	3,1	22,8	69,1	184	46	0,13	41	157	4,
9 B	5-10	5,9	7,0	0,0	1,8	5,4	87,6	1,9	4,0	3,2	2,3	23,9	64,7	181	30	0,13	12	124	8,
	0- 5	6,2	5,3	0,3	3,4	7,1	87,3	3,6	4,0	2,3	1,9	24,5	63,7	181	47	0,14	44	117	5,
9 C	5-10	6,2	4,7	0,4	4,1	8,7	86,2	4,3	4,9	2,0	2,2	18,8	67,8	187	51	0,16	14	99	6,
	0- 5	5,1	7,9	0,0	1,0	4,3	87,8	1,1	3,6	1,4	1,3	20,9	71,7	187	30	0,12	35	176	4,
10 A	5-10	4,9	6,3	0,0	2,2	5,9	87,8	2,4	3,9	2,0	2,0	26,9	62,7	178	28	0,12	14	98	4,
	0- 5	6,5	5,2	0,3	1,8	4,9	89,6	1,9	3,3	2,1	1,7	26,2	64,8	180	35	0,11	24	159	9,
10 B	5-10	6,2	3,1	0,2	3,3	4,8	92,0	3,4	1,5	0,9	1,4	24,5	68,3	184	11	0,07	4	74	5,
	0- 5	6,1	6,4	0,3	2,3	5,2	88,1	2,5	3,1	2,2	2,4	24,2	65,6	181	57	0,14	40	119	4,
10 C	5-10	6,0	5,1	0,3	2,1	5,0	89,6	1,3	4,0	1,6	1,5	26,7	64,9	180	53	0,13	13	99	4,
	0- 5	6,0	6,9	0,3	3,1	5,0	87,7	3,3	2,2	0,5	2,5	20,5	71,0	186	42	0,13	35	136	3,
11 A	5-10	6,2	4,5	0,2	2,6	5,9	89,4	2,7	3,5	1,1	2,5	28,9	61,3	175	36	0,13	9	75	2,
	0- 5	6,4	5,8	0,2	3,9	6,6	87,4	4,2	2,8	3,1	4,1	26,2	59,6	176	38	0,15	38	160	4,
11 B	5-10	7,0	3,4	0,9	3,1	7,2	88,5	3,2	4,5	1,4	3,5	25,4	62,1	177	28	0,13	11	90	5,
	0- 5	4,5	6,4	0,0	3,6	5,5	88,1	3,8	2,1	1,0	2,3	29,0	61,9	175	19	0,12	21	123	3,
11 C	5-10	4,6	4,6	0,0	3,4	6,3	89,1	3,6	3,1	1,0	2,1	22,8	67,5	184	20	0,12	5	91	3,
	0- 5	5,6	6,9	0,3	2,9	6,1	86,7	3,1	3,6	0,7	2,4	21,6	68,7	185	65	0,18	39	184	3,
	5-10	6,5	3,3	0,2	5,8	6,3	90,2	6,0	0,5	2,7	2,5	26,6	61,8	177	71	0,18	13	109	3,

1) %

2) mg per 100 gram

3) mg per kg

BIJLAGE 4 ANALYSE-UITSLAGEN VAN DE LAAG VAN 2,5-7,5 CM BENEDEN DE GRASMAT (MAART-APRIL 1970)

Proef- plek	Diepte in cm	pH - mv.	In gew. % v.d. grond				In gew. % van de minerale delen																			M50 (µm)
			org. stof (glv)	Ca- CO ₃ ($<16 \mu\text{m}$)	tot. zand µm	< 2 µm	2-4 µm	4-8 µm	8-16 µm	16-25 µm	25-35 µm	35-50 µm	50-75 µm	75-105 µm	105-150 µm	150-210 µm	210-300 µm	300-420 µm	420-600 µm	600-850 µm	850-1200 µm	1200-1700 µm				
1A	2,5-7,5	5,0	4,8	0,0	8,5	86,7	4,6	1,1	1,1	2,2	0,7	0,9	1,6	0,8	1,0	16,1	48,2	18,8	2,6	0,3	-	-	-	-	182	
1B	2,5-7,5	4,9	5,0	0,0	6,9	88,1	3,2	1,2	1,2	1,8	0,6	0,8	1,7	1,0	0,9	16,0	53,1	16,2	2,0	0,2	0,1	-	-	-	180	
1C	1	-6	6,2	6,8	0,2	5,0	88,0	2,6	1,1	0,5	1,2	0,6	0,4	1,1	0,8	1,0	14,2	52,3	21,2	2,7	0,3	-	-	-	185	
2A	0	-5	6,6	6,8	2,0	13,6	77,6	8,3	1,9	2,5	2,2	2,2	1,1	3,2	1,4	1,8	12,6	35,1	21,0	5,3	1,0	0,3	0,1	-	190	
2B	2,5-7,5	6,7	5,3	1,1	10,4	83,2	5,5	1,6	2,4	1,7	0,9	0,9	1,8	1,0	1,4	11,9	40,1	23,9	5,5	0,9	0,3	0,1	0,1	-	192	
2C	2,5-7,5	6,9	3,2	1,4	12,6	82,8	7,0	1,6	2,4	2,2	1,6	1,0	2,8	1,7	2,5	14,8	32,5	21,5	6,6	1,1	0,4	0,3	-	-	190	
3A	2,5-7,5	7,1	5,7	3,2	6,6	84,5	4,6	0,3	1,4	0,9	0,2	1,4	1,2	2,3	7,7	22,8	27,8	19,5	7,3	2,1	0,4	0,1	-	-	176	
3B	2,5-7,5	7,0	4,6	3,4	5,5	86,5	3,3	1,0	0,9	0,9	0,3	0,2	1,4	2,1	9,3	21,6	29,8	18,5	7,2	2,4	0,7	0,4	-	-	176	
3C	2,5-7,5	7,0	4,4	2,0	4,5	89,1	2,6	0,5	1,3	0,4	0,5	0,3	1,3	1,6	5,9	18,4	39,6	19,8	5,3	1,7	0,6	0,2	-	-	181	
5A	2,5-7,5	6,8	11,9	3,4	3,4	83,8	2,3	0,6	1,0	0,0	0,2	0,3	0,5	0,5	0,8	10,2	49,5	30,1	3,2	0,5	0,2	0,1	-	-	194	
5B	2,5-7,5	6,6	7,8	0,4	0,5	91,3	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1	0,1	0,5	0,5	0,7	10,0	53,8	29,6	3,5	0,5	0,2	-	-	-	200	
5C	2,5-7,5	6,7	9,7	0,8	1,4	88,1	1,0	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,9	0,6	0,9	13,7	51,8	26,0	3,5	0,5	0,1	0,1	-	-	189	
6A	4	-9	5,9	6,8	0,3	3,5	89,4	1,9	0,4	1,0	0,4	0,2	0,1	1,0	0,8	0,8	15,4	45,2	24,0	7,9	0,7	0,1	0,1	-	191	
6B	3	-8	5,5	5,6	0,2	5,1	89,1	3,0	0,3	0,8	1,3	0,2	0,2	1,2	0,8	0,9	13,6	48,4	21,1	7,5	0,6	0,1	-	-	189	
6C	3	-8	6,9	4,7	1,0	3,7	90,6	1,9	0,4	0,7	0,8	0,1	0,4	1,0	0,6	0,9	12,8	53,7	21,3	4,8	0,5	0,1	-	-	187	
7aA	1	-6	6,8	6,9	2,6	1,3	89,2	0,8	0,2	0,1	0,3	0,0	0,1	0,7	0,6	1,2	13,5	41,3	29,1	8,1	2,3	1,2	0,4	0,1	199	
7aB	0,2-5,2	6,9	8,9	1,9	1,8	87,4	1,1	0,3	0,4	0,1	0,0	0,1	0,8	0,7	1,2	12,8	47,2	28,0	5,0	1,0	0,7	0,4	0,2	-	193	
7aC	2,5-7,5	6,7	7,1	1,0	3,4	88,5	2,0	0,4	0,4	0,9	0,1	0,2	1,3	1,1	1,7	16,3	40,4	26,9	6,2	1,2	0,6	0,3	-	-	192	
7bA	0,5-5,5	6,9	4,6	4,1	1,6	89,7	1,2	0,0	0,2	0,3	0,1	0,4	0,7	0,9	1,5	21,0	37,5	27,6	7,3	0,7	0,3	0,2	0,1	-	190	
7bB	2,5-7,5	7,1	4,0	4,4	1,3	90,3	0,9	0,0	0,2	0,3	0,0	0,1	0,9	0,9	1,7	19,3	43,7	25,0	6,0	0,6	0,2	0,2	-	-	187	
7bC	2,5-7,5	7,0	5,8	3,9	1,3	89	1,0	0,0	0,2	0,2	0,2	0,0	1,1	1,2	2,1	21,0	41,1	24,3	6,0	0,8	0,5	0,3	-	-	186	
8A	2	-7	6,7	8,5	0,5	3,3	87,7	2,3	0,4	0,0	0,9	0,1	0,1	0,7	0,7	0,9	12,8	44,1	29,1	6,1	1,3	0,4	0,1	-	195	
8B	2	-7	6,8	8,2	0,6	1,3	89,9	0,9	0,2	0,2	0,1	0,2	0,4	0,8	0,5	0,8	13,0	46,6	29,5	5,3	0,9	0,5	0,1	-	194	
8C	2,5-7,5	6,8	5,0	1,0	2,1	91,9	1,6	0,1	0,2	0,3	0,1	0,0	0,5	0,5	0,8	11,0	51,4	29,1	3,8	0,5	0,1	-	-	-	192	
9A	2,5-7,5	6,5	7,3	0,8	1,9	90,0	0,9	0,5	0,1	0,5	0,3	0,9	0,5	0,7	2,2	23,1	46,8	15,9	4,5	1,7	0,9	0,5	-	-	178	
9B	2,5-7,5	6,1	6,1	0,3	4,6	89,0	3,4	0,2	0,4	0,9	0,9	0,9	1,3	0,9	1,3	17,9	49,0	19,5	2,8	0,4	0,1	0,1	-	-	182	
9C	3	-8	6,5	6,0	0,5	3,2	90,3	2,0	0,2	0,1	1,1	0,1	0,2	0,7	0,6	1,2	25,4	40,4	18,9	5,7	2,0	0,8	0,5	-	181	
10A	4	-9	6,5	4,0	0,4	1,5	94,1	1,2	0,0	0,0	0,4	0,5	0,3	0,6	0,7	1,3	31,9	40,7	17,3	4,2	0,5	0,2	0,2	-	172	
10B	2,5-7,5	6,5	5,0	0,7	2,5	91,8	1,9	0,1	0,2	0,4	0,5	0,2	0,9	0,8	1,5	23,8	48,2	16,4	3,5	1,0	0,4	0,2	-	-	177	
10C	5	-9	6,6	7,3	0,4	3,2	89,1	2,2	0,3	0,1	0,9	0,1	0,2	0,6	0,6	1,9	20,7	45,2	17,1	6,0	2,5	1,0	0,5	0,1	183	
11A	3	-8	5,5	5,5	0,2	4,3	90,0	3,1	0,3	0,2	1,0	0,6	0,2	1,0	1,1	1,2	23,4	51,7	13,4	1,5	0,7	0,3	0,2	0,1	175	
11B	2,5-7,5	5,8	5,0	0,1	2,9	92,0	2,2	0,0	0,2	0,6	0,5	0,1	0,5	0,8	1,4	24,4	50,1	15,4	2,6	0,7	0,3	0,2	-	-	176	
11C	2,5-7,5	6,3	5,5	0,3	4,3	89,9	3,3	0,1	0,3	0,8	0,8	0,1	0,9	1,0	1,8	18,0	42,7	18,0	7,1	2,8	1,6	0,6	0,1	-	187	
n.v.t.	n.v.t.	7,9	0,3	6,2	1,1	92,4	0,7	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,7	0,6	1,2	15,8	46,3	28,3	5,2	0,7	0,1	-	-	-	191	
n.v.t.	n.v.t.	7,0	4,1	1,0	1,5	93,4	1,3	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,5	0,5	0,7	14,1	56,3	23,9	2,3	0,1	-	-	-	-	186	

BIJLAGE 5 ANALYSE-UITSLAGEN VAN PROFIELEN MET CAPILLAIRE NALEVERING

Proef- veld	Ho- ri- zont	Diepte in cm - grasmat	pH (KCl)	In gew. % v.d. grond				In gew. % van de minerale delen																	M50 (µm)
				org.	Ca-	slib	tot.	< 2	2-4	4-8	8-16	16-25	25-35	35-50	50-75	75-105	105-150	150-210	210-300	300-420	420-600	600-850	850-1200		
				stof	CO ₃		zand				16	25	35	50	75	105	150	210	300	420	600	850	1200		
				(glv)		(16 µm)		µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm	µm		
1	Ap1	10-15	4,0	3,4	0,0	10,1	86,5	6,4	0,7	1,6	1,8	1,9	0,6	1,8	0,9	0,9	15,2	51,8	14,0	2,0	0,3	0,1		180	
	Ap2	27-32	4,5	5,0	0,0	6,5	88,5	4,3	0,7	0,5	1,3	1,2	0,3	1,6	0,8	0,7	16,0	53,1	17,2	2,1	0,2			180	
	C1p	47-52	5,0	1,4	0,0	1,8	96,8	1,1	0,2	0,0	0,5	0,2	0,1	0,6	0,4	0,8	17,7	62,8	14,2	1,4				180	
	C1g	64-69	6,1	0,2	0,2	1,9	97,7	1,4	0,2	0,1	0,2	0,0	0,2	0,3	0,2	0,4	16,4	57,2	20,8	2,5	0,1			185	
	A2	> 83	6,4	0,2	0,1	1,2	98,5	0,7	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,5	0,5	0,8	17,5	58,3	18,6	2,1	0,1			180	
7a	Ap	1- 7	6,7	6,0	1,7	3,3	89	2,4	0,4	0,1	0,7	1,2	0,1	1,2	1,1	1,8	20,1	45,9	21,1	3,4				180	
	C21	18-23	7,9	0,4	6,2	1,9	91,5	1,5	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,7	0,9	2,0	26,7	36,8	24,6	5,7				180	
	C22	30-43	7,7	0,2	6,4	2,5	90,9	2,5	0,0	0,1	0,1	0,0	0,3	0,7	0,9	2,3	24,8	44,0	20,1	4,2				175	
	C23	46-51	7,5	0,2	6,2	2,0	91,6	2,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7	1,4	22,1	36,6	28,9	7,1				190	
	G	74-79	7,5	0,1	6,4	2,2	91,3	2,0	0,2	0,0	0,1	0,1	0,5	0,8	0,8	2,1	27,6	41,0	20,5	4,2	0,1			175	
17	Aan2	10-15	6,7	3,0	0,2	3,5	93,3	2,3	0,6	0,1	0,6	0,5	0,3	0,8	0,7	0,9	20,3	54,1	14,5	3,8	0,3	0,2		180	
	Aan2	22-27	7,6	0,2	2,0	0,8	97,0	0,4	0,1	0,1	0,2	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	6,8	45,5	33,9	11,5	1,0			205	
	Ap	36-41	7,4	4,6	1,9	2,7	90,8	1,6	0,1	0,7	0,4	0,4	0,1	0,7	0,7	0,9	21,9	51,0	15,9	4,7	0,5	0,2	0,2	180	
	BC1	50-55	6,2	0,6	0,2	1,0	98,2	0,6	0,0	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,4	0,7	25,5	59,2	10,0	2,4	0,2			175	
	BC2	72-77	6,1	0,4	0,2	1,2	98,2	0,8	0,1	0,1	0,2	0,1	0,0	0,3	0,3	0,3	19,6	55,6	15,3	6,5	0,6			180	
Gemiddelde van 132 duinzandmonsters				1,8	2,2	2,5	93,5			2,7			0,8		0,8	1,2	23,9	46,5	20,0	3,8	0,2	0,1		180	

BIJLAGE 6 pF-CURVE, DICHTHEID VAN DE GROND ENZ. VAN DE LAAG VAN 0-2,5 CM BENEDEN DE GRASMAT

Proefplek	Vol. % v.d. grond		Volu- mieke massa (g/cm ³)	Ber. por.- vol. (%)	Vol. % vocht bij pF									
	org. stof	lutum												
					0,4 ¹⁾	1,0	1,5	1,8	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	
1A	6,8	4,4	1,110	56,1	62,2	59,6	53,4	47,0	42,8	39,0	31,6	11,7	10,3	
1B	7,5	3,0	1,240	50,6	58,6	56,6	53,4	48,8	46,2	43,6	39,0	13,6	10,7	
1C	6,5	2,4	1,288	49,1	47,4	44,6	42,2	39,0	36,8	34,8	30,2	12,5	8,8	
2A	6,7	10,1	1,254	50,6	62,0	59,2	53,2	50,0	46,6	43,2	40,2	18,7	12,5	
2B	7,8	3,6	1,468	41,5	49,8	46,0	41,2	36,6	34,0	31,8	29,0	15,3	9,8	
2C	3,6	4,7	1,642	36,7	43,0	39,2	34,8	29,0	25,4	22,8	20,6	11,3	6,9	
3A	6,9	5,4	1,038	59,0	60,8	58,6	50,4	47,2	45,0	41,8	34,8	13,2	8,5	
3B	4,5	3,7	1,406	45,3	52,6	50,0	45,2	38,8	36,0	33,8	28,8	11,0	7,5	
3C	5,0	5,6	1,558	39,3	47,0	45,2	42,0	40,4	38,0	35,0	31,0	14,5	9,5	
4C	9,1	0,6	1,357	45,1	46,4	46,2	44,8	-	40,4	37,8	35,4	17,6	13,6	
5A	7,9	1,9	1,004	59,0	66,9	63,8	60,3	55,1	50,9	46,1	37,3	11,2	8,4	
5B	7,8	0,3	1,128	54,9	61,4	58,4	52,6	44,2	40,4	37,8	32,0	13,9	9,2	
5C	6,8	0,9	1,340	46,8	53,0	50,6	46,2	40,2	37,0	35,0	30,2	13,5	9,4	
6A	7,5	1,8	1,192	52,5	57,6	55,4	51,4	47,4	44,4	41,4	34,2	13,4	9,2	
6B	8,0	2,9	1,094	56,2	56,0	54,4	49,0	43,6	39,8	36,8	31,2	11,9	7,8	
6C	6,6	1,8	1,400	44,7	48,4	46,8	44,0	38,2	34,4	30,8	23,6	10,8	6,2	
7aA	8,0	0,7	0,946	62,3	63,1	61,1	54,6	48,4	44,4	39,0	26,1	14,2	8,3	
7aE	9,0	1,0	1,028	58,4	64,4	60,0	52,6	46,6	43,0	40,0	33,8	13,9	9,7	
7aC	8,8	1,8	1,394	45,0	55,2	51,8	49,4	45,8	43,6	41,8	36,6	15,5	9,8	
7bA	6,2	1,1	1,292	48,9	54,8	52,2	45,2	37,0	32,4	29,0	22,8	9,8	6,5	
7bB	5,5	0,8	1,320	48,2	54,9	51,6	45,4	38,0	33,1	28,2	24,2	9,0	6,5	
7bC	5,7	0,9	1,400	45,0	51,2	47,6	43,6	36,0	30,6	28,4	23,6	10,8	7,1	
8A	9,9	2,1	0,968	61,0	70,8	65,6	58,4	54,8	50,6	42,8	38,8	36,5	-	
8B	8,8	0,8	1,074	56,8	69,2	62,4	56,0	52,4	48,8	43,6	39,2	16,0	10,8	
8C	6,5	1,5	1,312	48,1	58,6	52,8	47,0	43,4	40,2	35,0	31,0	15,2	8,9	
9A	6,9	2,7	1,226	51,4	59,8	56,0	48,4	41,6	37,2	32,6	29,0	12,9	7,8	
9B	5,4	3,7	1,170	54,2	64,6	58,6	45,8	39,4	35,8	30,6	27,6	9,2	7,1	
9C	5,0	1,8	1,306	49,0	54,2	51,8	46,0	38,0	34,0	30,6	28,0	10,3	7,2	
10A	4,6	1,8	1,080	57,9	64,8	59,6	45,8	40,8	35,8	30,4	26,8	8,9	5,8	
10B	5,8	2,8	1,216	52,3	65,2	60,8	50,6	44,6	38,6	32,0	29,6	11,4	7,5	
10C	5,2	1,8	1,258	51,4	54,8	49,7	37,5	29,5	24,7	18,6	15,7	7,7	4,9	
11A	5,0	3,8	1,316	48,6	58,2	54,6	47,2	39,6	35,8	33,2	27,2	12,4	7,4	
11B	6,2	2,8	1,208	52,6	55,8	54,0	47,0	41,0	38,0	35,6	30,0	11,1	8,3	
11C	5,3	3,8	1,480	42,2	48,4	45,6	42,2	36,6	33,4	31,6	27,6	13,0	8,3	
humeus zand	4,1	1,3	0,804	68,8	44,5	41,9	33,7	25,3	22,7	20,5	17,2	3,9	2,7	
(voor inzaaien)														
zand	0,5	0,6	1,446	45,5	36,9	35,4	33,7	8,7	5,4	4,7	3,8	1,3	0,9	
(voor dresen)														

1) Niet gecorrigeerd op volumevergroting door zwel van het monster op de pF-bak

BIJLAGE 7 pF-CURVES, DICHTHEID VAN DE GROND ENZ. VEELAL VAN DE LAAG VAN 2,5-7,5 CM
BENEDEN DE GRASMAT

Proef- plek	Diepte in cm - grasmat	Vol. % v.d. grond org. stof	lutum	Volumieke massa (g/cm ³)	Ber. por.- vol. (%)	Vol. % vocht bij pF									
						0,4	1,0	1,5	1,8	2,0	2,3	2,7	3,4	4,2	
1A	2,5-7,5	4,8	4,4	1,365	46,9	45,2	49,5	44,4	41,4	39,1	34,7	27,0	11,7	7,2	
1B	2,5-7,5	5,0	3,0	1,495	41,6	40,1	39,0	39,7	39,2	37,4	34,5	29,9	10,9	6,6	
1C	1 -6	6,8	2,4	1,450	42,7	40,0	39,4	39,8	39,6	37,3	34,9	31,2	13,8	9,1	
2A	0 -5	6,8	7,5	1,267	50,1	47,9	47,9	46,4	43,8	41,4	39,3	33,8	17,0	10,6	
2B	2,5-7,5	5,3	5,1	1,519	40,7	39,7	38,7	38,1	36,4	34,5	33,1	28,5	16,7	10,2	
2C	2,5-7,5	3,2	6,7	1,582	39,2	36,9	36,1	36,3	34,7	32,6	31,3	28,0	14,4	8,2	
3A	2,5-7,5	5,7	4,2	1,325	48,1	49,1	48,1	47,5	45,8	43,7	40,7	32,6	13,2	8,1	
3B	2,5-7,5	4,6	3,0	1,548	39,8	39,4	39,2	40,2	40,0	37,0	33,2	26,1	10,5	6,5	
3C	2,5-7,5	4,4	2,4	1,508	41,3	38,8	38,0	38,1	37,8	34,1	31,6	27,7	10,2	6,3	
4C	1 -3,5	9,6	0,6	1,389	43,6	46,0	46,0	45,4	-	41,0	37,8	33,8	17,8	14,6	
5A	2,5-7,5	11,9	1,9	1,124	54,1	55,4	55,4	54,2	51,8	48,2	45,1	36,1	12,2	9,2	
5B	2,5-7,5	7,8	0,3	1,319	47,2	47,3	47,1	47,5	45,8	42,2	39,3	31,6	12,4	8,6	
5C	2,5-7,5	9,7	0,9	1,283	48,1	47,9	47,7	48,0	47,1	44,1	41,2	34,8	14,1	10,5	
6A	4 -9	6,8	1,8	1,315	47,8	45,2	44,6	43,9	41,8	38,6	35,2	28,4	10,9	7,2	
6B	3 -8	5,6	2,9	1,303	48,9	44,5	44,9	44,5	42,3	36,8	32,6	26,4	9,9	6,5	
6C	3 -8	4,7	1,8	1,491	41,9	40,4	40,3	40,5	39,4	36,1	32,7	25,3	9,2	6,7	
7aA	1 -6	6,9	0,7	1,100	56,4	56,3	55,5	50,5	47,8	44,4	40,7	31,8	10,3	9,0	
7aB	0 -5	8,9	1,0	1,171	52,9	51,0	50,6	46,8	40,8	38,2	34,4	29,5	12,8	8,1	
7aC	2,5-7,5	7,1	1,8	1,318	47,7	43,5	43,1	44,8	42,0	38,3	36,0	30,9	11,9	8,3	
7bA	0,5-5,5	4,6	1,1	1,356	47,2	44,3	44,5	43,4	37,0	30,2	26,9	21,1	7,9	4,7	
7bB	2,5-7,5	4,0	0,8	1,411	45,2	42,8	43,2	43,0	36,8	28,8	25,7	20,5	6,8	4,7	
7bC	2,5-7,5	5,8	0,9	1,419	44,2	41,9	41,5	42,2	38,1	30,3	27,3	22,4	8,4	5,7	
8A	2 -7	8,5	2,1	1,123	54,9	54,9	52,1	50,0	45,8	43,4	39,8	33,2	12,7	8,2	
8B	2 -7	8,2	0,8	1,244	50,1	50,5	49,4	48,7	45,6	42,9	40,8	33,6	12,9	8,8	
8C	2 -7	5,0	1,5	1,518	40,7	40,9	39,6	39,1	35,6	32,8	28,1	21,2	8,6	5,5	
9A	2,5-7,5	7,3	0,8	1,222	51,3	51,2	49,2	48,2	44,4	42,1	40,1	37,8	13,1	10,3	
9B	2,5-7,5	6,1	3,2	1,322	48,0	48,3	45,6	43,9	41,4	39,4	37,0	28,4	11,6	7,8	
9C	3 -8	6,0	1,9	1,171	53,9	54,1	52,1	50,4	46,7	44,3	42,1	36,3	10,4	8,3	
10A	4 -9	4,0	1,1	1,322	48,8	49,2	46,5	45,3	41,0	38,3	36,4	28,7	7,4	5,4	
10B	2,5-7,5	5,0	1,8	1,243	51,4	50,9	47,3	43,5	38,0	34,7	30,3	24,1	8,4	6,4	
10C	5 -9	7,3	2,2	1,292	48,5	49,3	48,2	47,8	46,3	44,2	42,4	34,6	14,2	9,6	
11A	3 -8	5,5	2,9	1,444	43,4	42,2	41,4	42,4	41,5	39,4	36,7	30,2	11,8	7,2	
11B	4 -9	5,0	2,1	1,389	45,8	43,0	41,9	41,4	38,8	36,7	32,9	28,6	9,7	6,2	
11C	2,5-7,5	5,5	3,1	1,478	42,0	40,5	40,2	40,3	38,5	36,7	34,0	29,8	12,4	8,4	

BIJLAGE 8-1 BEREKENINGEN CAPILLAIRE STIJGHOOGTE VAN DUINZANDONDERGRONDEN

Bloemen 25 (deel III) $K_{\text{verz}} = 207 \text{ cm/d}$ $\psi = 9 \text{ cm}$

zuig- spanning ψ (cm wa- terkolom)	Konv (cm/d)	z (cm) bij een V (cm/d) van									
		0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01
20	0,1253201E 02	19,6	19,7	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	20,0	20,0	20,0
30	0,7587017E 00	25,6	26,2	26,9	27,7	28,2	28,8	29,2	29,5	29,7	29,9
40	0,1195267E 00	27,6	28,5	29,8	31,5	32,7	34,2	35,9	37,0	38,3	39,1
50	0,3010406E-01	28,1	29,2	32,7	32,6	34,3	36,5	39,2	41,3	44,3	46,6
60	0,1000393E-01	28,3	29,5	31,0	33,3	35,0	37,4	40,6	43,3	47,6	51,6
70	0,3998227E-02	28,4	29,6	31,1	33,5	35,2	37,8	41,3	44,2	49,3	54,5
80	0,1822533E-02	28,4	29,6	31,2	33,6	35,3	38,0	41,6	44,6	50,1	56,0
90	0,9167519E-03	28,4	29,6	31,2	33,6	35,4	38,1	41,7	44,8	50,8	56,8
100	0,4978049E-03	28,5	29,6	31,2	33,6	35,4	38,1	41,8	44,9	50,8	57,3
110	0,2873641E-03	28,5	29,7	31,3	33,6	35,4	38,2	41,8	45,0	51,0	57,6
150	0,4884852E-04	28,5	29,7	31,3	33,7	35,5	38,2	41,9	45,1	51,2	58,0
200	0,9604432E-05	28,5	29,7	31,3	33,7	35,5	38,2	41,9	45,1	51,2	58,1

K_{verz} = verzadigde doorlatendheid

ψ = luchtintredpunt in cm boven het grondwater

V = capillaire nalevering

K_{onv} = onverzadigde doorlatendheid

z = capillaire stijghoogte

E = macht van 10

BIJLAGE 8-2 BEREKENINGEN CAPILLAIRE STIJCHOOGTE VAN DUITZANDONDERGRONDEN

Bloemen 26 (deel III) $K_{verz} = 194 \text{ cm/d}$ $\psi = 10 \text{ cm}$

zuig- spanning ψ (cm wa- terkolom)	Konv (cm/d)	z (cm) bij een V (cm/d) van									
		0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01
30	0,1011106E-00	21,6	22,0	22,5	23,3	24,0	25,0	26,3	27,2	28,3	29,1
40	0,6298547E-02	21,8	22,1	22,7	23,6	24,4	25,6	27,2	28,5	30,7	33,0
50	0,7921337E-03	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,3	28,7	31,1	33,7
60	0,1512898E-03	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,8
80	0,1170971E-04	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
100	0,1665643E-05	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
150	0,5087632E-07	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
200	0,4415869E-08	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
300	0,1451343E-09	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
400	0,1305797E-10	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
500	0,2029125E-11	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
600	0,4446689E-12	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9
1000	0,6393833E-14	21,8	22,2	22,7	23,7	24,5	25,7	27,4	28,8	31,2	33,9

K_{verz} = verzadigde doorlatendheid

ψ = luchtintredepunt in cm boven het grondwater

V = capillaire nalevering

Konv = onverzadigde doorlatendheid

z = capillaire stijghoogte

E = macht van 10

BIJLAGE 8-3 BEREKENINGEN CAPILLAIRE STIJGHOOGTE VAN DUINZANDONDERGRONDEN

Bloemen 27 (deel III) $K_{\text{verz}} = 253 \text{ cm/d}$ $\psi = 7 \text{ cm}$

zuig- spanning ψ (cm wa- terkolom)	Konv (cm/d)	z (cm) bij een V (cm/d) van									
		0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01
20	0,1519692E 02	19,7	19,7	19,8	19,9	19,9	19,9	20,0	20,0	20,0	20,0
30	0,2307457E 01	27,9	28,3	28,6	29,1	29,3	29,5	29,7	29,8	29,9	29,9
40	0,6666858E 00	33,6	34,5	35,5	36,8	37,4	38,2	38,9	39,2	39,6	39,8
50	0,2637418E 00	37,0	38,5	40,2	42,4	43,8	45,5	47,0	47,9	48,9	49,4
60	0,1257749E 00	39,1	40,9	43,2	46,3	48,4	51,0	53,8	55,5	57,5	58,7
80	0,4004573E-01	41,0	43,2	46,2	50,5	53,6	57,9	63,1	66,8	71,9	75,4
100	0,1673910E-01	41,8	44,2	47,5	52,4	56,1	61,4	68,2	73,6	82,1	88,8
200	0,1178432E-02	42,7	45,3	48,9	54,5	58,8	65,4	74,8	82,9	98,6	116,0
500	0,3788254E-04	42,8	45,5	49,2	54,9	59,3	66,2	76,3	84,7	102,1	123,0
700	0,1082950E-04	42,8	45,5	49,2	54,9	59,3	66,2	76,0	84,8	102,3	123,4
900	0,4258977E-05	42,8	45,5	49,2	54,9	59,3	66,2	76,1	84,9	102,4	123,5
1000	0,2881145E-05	42,8	45,5	49,2	54,9	59,3	66,2	76,1	84,9	102,4	123,5

K_{verz} = verzadigde doorlatendheid

ψ = luchtintredepunt in cm boven het grondwater

V = capillaire nalevering

Konv = onverzadigde doorlatendheid

z = capillaire stijghoogte

E = macht van 10

BIJLAGE 8-4 BEREKENINGEN CAPILLAIRE STIJGHOOGTE VAN DUINZANDONDERGRONDEN

Bloemen 3 (deel IV) $K_{\text{verz}} = 206 \text{ cm/d}$ $\psi = 9 \text{ cm}$

zuig- spanning ψ (cm wa- terkolom)	Konv (cm/d)	z (cm) bij een V (cm/d) van									
		0,50	0,40	0,30	0,20	0,15	0,10	0,06	0,04	0,02	0,01
20	0,1059073E 02	19,5	19,6	19,7	19,8	19,9	19,9	19,9	20,0	20,0	20,0
30	0,5444835E 00	24,7	25,4	26,2	27,1	27,7	28,3	28,9	29,3	29,6	29,8
40	0,7708695E-01	26,1	27,0	28,2	29,9	31,1	32,7	34,6	35,9	37,6	38,7
50	0,1789994E-01	26,4	27,4	28,8	30,7	32,2	34,2	36,9	39,0	42,3	45,1
60	0,5578391E-02	26,5	27,6	28,9	31,0	32,5	34,7	37,7	40,2	44,5	48,7
80	0,9202594E-03	26,6	27,6	29,0	31,1	32,7	35,0	38,2	40,9	45,9	51,2
100	0,2330462E-03	26,6	27,7	29,1	31,2	32,8	35,1	38,3	41,1	46,2	51,9
200	0,3572030E-05	26,6	27,7	29,1	31,2	32,8	35,1	38,4	41,2	46,4	52,2
500	0,1593529E-07	26,6	27,7	29,1	31,2	32,8	35,2	38,4	41,2	46,4	52,3
700	0,2218628E-08	26,6	27,7	29,1	31,2	32,8	35,2	38,4	41,2	46,4	52,3
900	0,5104161E-09	26,6	27,7	29,1	31,2	32,8	35,2	38,4	41,2	46,4	52,3
1000	0,2758444E-09	26,6	27,7	29,1	31,2	32,8	35,2	38,4	41,2	46,4	52,3

K_{verz} = verzadigde doorlatendheid

ψ = luchtintredpunt in cm boven het grondwater

V = capillaire nalevering

Konv = onverzadigde doorlatendheid

z = capillaire stijghoogte

E = macht van 10

BIJLAGE 8-5

Rijtema 1

Ψ (cm water-kolom)	vocht-gehalte (vol.%)	z (cm) bij een V (cm/d) van							
		0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,02
20	14,5	19,98	19,98	19,99	19,99	19,99	19,99	20,0	20,0
50	6,6	43,30	44,06	44,96	46,10	46,80	47,63	48,43	49,4
100	3,2	44,4	45,4	46,7	48,5	49,8	51,6	53,9	58,8
250	2,7	44,5	45,5	46,7	48,6	49,9	51,7	54,0	59,2
500	1,8	44,5	45,5	46,8	48,6	49,9	51,8	54,1	59,5
1000	1,6	44,5	45,5	46,8	48,6	49,9	51,8	54,2	59,7
2500	1,5	44,5	45,5	46,8	48,6	49,9	51,8	54,2	59,8
5000	1,4	44,5	45,5	46,8	48,6	50,0	51,8	54,3	59,9
10000	1,3	44,5	45,5	46,8	48,6	50,0	51,9	54,3	60,0
16000	1,2	44,5	45,5	46,8	48,6	50,0	51,9	54,3	60,0

V = capillaire nalevering

Ψ = zuigspanning

z = capillaire stijghoogte

BIJLAGE 8-6

Rijtema 2

Ψ (cm water-kolom)	vocht-gehalte (vol.%)	z (cm) bij een V (cm/d) van							
		0,5	0,4	0,3	0,2	0,15	0,1	0,06	0,02
20	30,0	19,8	19,8	19,9	19,9	19,9	19,9	20,0	20,0
50	16,0	42,9	43,9	45,0	46,3	47,1	47,9	48,7	49,5
100	9,5	46,4	48,0	50,1	53,0	55,1	58,0	61,7	69,7
250	6,2	46,5	48,2	50,3	53,3	55,5	58,7	62,8	73,0
500	5,2	46,6	48,2	50,4	53,3	55,8	59,1	63,5	74,9
1000	3,8	46,6	48,3	50,5	53,7	56,0	59,4	64,0	76,3
2500	3,1	46,7	48,4	50,6	53,8	56,1	59,6	64,4	77,5
5000	2,5	46,7	48,4	50,6	53,9	56,2	59,7	64,6	78,2
10000	2,0	46,7	48,4	50,7	53,9	56,3	59,9	64,8	78,8
16000	1,7	46,7	48,5	50,7	54,0	56,4	59,9	64,9	79,1

V = capillaire nalevering

Ψ = zuigspanning

z = capillaire stijghoogte