BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

NN31545.1808

ICW nota 1808

september 1987

nota

instituut voor cultuurtechniek en waterhuishouding, wageningen

EEN ONDERZOEK NAAR ENIGE BODEMTECHNISCHE FAKTOREN BIJ DE BEZANDING VAN BLOEMBOLLENGRONDEN IN NOORD-HOLLAND

Tijs van Erpers Roijaards

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0258 3405

Nota's van het Instituut zijn in principe interne communicatiemiddelen, dus geen officiële publikaties.
Hun inhoud varieert sterk en kan zowel betrekking hebben op een eenvoudige weergave van cijferreeksen, als op een concluderende discussie van onderzoeksresultaten. In de meeste gevallen zullen de conclusies echter van voorlopige aard zijn omdat het onderzoek nog niet is afgesloten.
Bepaalde nota's komen niet voor verspreiding buiten het Instituut in aanmerking

JSN 376701 *

I N H O U D

blz.

VOORWOORD

1. LITERATUURVERKENNING 1

1.1. Inleiding 1

1.2. Waardering van bloembollengronden in de praktijk 2

1.2.1. Algemeen 2

1.2.2. Granulaire samenstelling en bodemgeschiktheid 4

1.2.3. Granulaire samenstelling (KALISVAART (1934), MEER (1952)) 4

1.3. De granulaire samenstelling en de luchtvoorziening 5

1.4. De granulaire samenstelling en het poriëngehalte 6

2. PROBLEEMSTELLING EN ONDERZOEK 7

3. METHODEN EN TECHNIEKEN 10

3.1. Bepaling dichtheid veldmonsters 10

3.2. Bepaling organische stofgehalte veldmonsters 10

3.3. Bepaling kalkgehalte veldmonsters 11

3.3.1. Methode 11

3.3.2. De opstelling 11

3.3.3. De meting 12

3.3.4. De resultaten 12

3.4. Bepaling korrelgrootteverdeling 13

3.4.1. Methode 13

3.5. Het maken van geroerde zandmonsters van verschillende dichtheid 14

3.6. Vochtretentie en doorlatendheid volgens verdampingsmethode 17

3.6.1. De opstelling 17

3.6.2. De metingen 18

3.6.3. Beëindiging van de proef 19

3.6.4. Bepaling van de eindwaarden van de proef 19

3.6.5. Verwerking van de gegevens 20

blz.

3.7. Doorlatendheid volgens filterplaatjesmethode 21
3.7.1. Opstelling van de proef 21
3.7.2. De metingen 22
3.7.3. Problemen 23
4. KORRELGROOTTEVERDELING 25
5. DICHTHEID, INDRINGINGSWEERSTAND 27
6. DOORLATENDHEID EN VOCHTRETENTIE 31
6.1. Inleiding 31
6.2. Vochtretentie 33
6.3. K-h relatie 41
7. KALK- EN ORGANISCHE STOFGEHALTEN 43
7.1. Het kalkgehalte 43
7.2. Het organische stofgehalte 43
7.2.1. Verdeling in de grond 43
8. CONCLUSIES 45
8.1. Water en lucht 45
8.2. Dichtheden 45
8.3. Kalk 46
8.4. Organische stof 46
8.5. Verslemping en korrelgrootteverdeling 47
8.6. Aanbevelingen voor verder onderzoek 48
9. SAMENVATTING 50
LITERATUUR 52
AANVULLENDE LITERATUUR 54
BIJLAGEN 55

NOTA/1808

VOORWOORD

In het kader van een viermaands leeronderzoek aan de Landbouw Universiteit te Wageningen heb ik onderzoek gedaan bij het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding. Het verslag van dit onderzoek ligt voor u.

Voor de hulp die ik heb gekregen van de mensen bij het ICW wil ik iedereen graag danken, met name de heren G.G.M. van der Valk en Jan van den Akker die mij begeleid hebben en die bereid waren het verslag kritisch door te lezen en met suggesties te komen. Bovendien ben ik dank verschuldigd aan de voorlichter van het Consulentschap voor de Tuinbouw te Hoorn, Dick Bregman die zich moeite getroost heeft om voor ons geschikte proefpercelen op te sporen. Ook de telers die hun toestemming hebben gegeven om in hun percelen monsters te nemen wil ik hierbij bedanken.

Tijs van Erpers Roijaards Wageningen 8 juli 1987

1. LITERATUURVERKENNING

1.1. Inleiding

Door de grote vraag naar bloembollen en de hoge opbrengsten hiervan, is men de laatste jaren behalve op 'geschikte gronden' ook gaan telen op minder geschikte gronden. De mindere geschiktheid uit zich, volgens de telers, in een slechtere doorlatendheid van het profiel waardoor de bewerkbaarheid slecht is en de grond gemakkelijk verslempt (KUNIS, 1984). Deze gronden poogt men momenteel te verbeteren door het mengen van de bouwvoor met een hoeveelheid grof zeezand of het vervangen van de bouwvoor door een laag grof zeezand. Deze laag wordt daarna gemengd met een gedeelte van de bouwvoor. De gevolgen van deze handelingen zijn:

1. Een grotere hoogteligging
2. Een zandiger profiel (lager percentage afslibbaar)
3. Minder fijnzand.

En het nut hiervan:

1. Een betere ontwatering
2. Een kleinere gevoeligheid voor dichtrijden door landbouwwerktuigen
3. Minder kans op verslemping.

Over de invloed op de opbrengstresultaten is niets bekend. Een verbetering van de bewerkbaarheid en de ontwatering wordt over het algemeen wel geconstateerd (KUNIS, 1984).
Het is interessant om te weten of men vanuit de theorie kan bijdragen tot een optimale toepassing van het bezanden van deze gronden. De opbrengstresultaten hangen, voor wat betreft de bodem, af van de lucht/waterhuishouding en de bodemvruchtbaarheid die beïnvloed worden door de volgende veranderlijkheden:

1. Een verandering van het gehalte organische stof in de bovenste laag: bodemvruchtbaarheid, waterdoorlatendheid, vochtretentie
2. Een verandering van de granulaire samenstelling van de bovenste laag: een verandering van de vochtretentie en de waterdoorlatendheid
3. Een verandering van de chemische samenstelling van de bovenste laag: bodemvruchtbaarheid
4. Een verandering van de hoogteligging: waterhuishouding.

Het ideale geval zou zijn dat men bij een poging tot verbetering van de grond, uitgaande van de beginsituatie, exact kan voorspellen wat de gevolgen van een bezanding zijn voor bovenstaande veranderlijkheden en in hoeverre dit de geschiktheid voor bewerking van de grond en voor groei van de gewassen ten goede komt. Dat houd dus in de beantwoording van de vraag in welke mate de:
- granulaire samenstelling
- organische stofgehalte
- chemische samenstelling
- hoogteligging.

de produktie beïnvloeden. Het blijkt dat de reeds uitgevoerde verbeteringswerken aan de marginale bollengronden grotendeels natte vingerwerk zijn, gebaseerd op vermeende ervaringskennis. Hierin heeft men dan wel zoveel vertrouwen dat 10 tot 30 duizend gulden per hectare wordt betaald om de verbeteringswerken uit te voeren.
Inmiddels is gebleken dat de uitgevoerde verbeteringen niet steeds aan het beoogde doel hebben beantwoord (meded. Van der Valk).

1.2. Waardering van bloembollengronden in de praktijk

1.2.1. Algemeen

In de literatuur worden een aantal eisen genoemd die bij het telen van bloembolgewassen aan gronden moeten worden gesteld. Deze zijn grotendeels vanuit de praktijk geformuleerd.

Kalisvaart(1934).
Hyacinten kweekt men het beste op een kalkhoudende goeddoorlatende grove duinzandgrond, in goede bemestingstoestand en met een goede hoogteligging.
Narcissen prefereren een humusrijkere fijnere grond dan hyacinten, terwijl het kalkgehalte laag moet zijn, de grond moet misschien zelfs iets zuur zijn. Tulpen stellen weinig specifieke eisen aan de grondsoort. Deze worden ook op klei geteeld.

In verschillende publikaties wordt een goede doorlatendheid geëist. Er wordt veelvuldig geklaagd over natte plekken en slechte doorlatendheid. Naast de watervoorziening is de ontwatering blijkbaar het grote probleem voor de bollenteler en voor de bol.
VAN DER MEER (1952) komt aan de hand van opbrengstgegevens en praktijkwaardering tot een aantal eisen.
Hij onderscheidt de tendens dat de hoogste opbrengsten gevonden worden bij kalkrijke zanderijgronden. Kalkrijk is > 3% kalk.
Uit de gegevens blijkt bovendien, dat de laagste opbrengsten van de goede gronden ongeveer 25 tot 30% hoger liggen dan de hoogste opbrengsten van de afwijkende gronden.
Deze tendens komt naar voren uit de gegevens 1935-1948 van het Rijkstuinbouwconsulentschap te Lisse.
Bij narcissen vindt men de hoogste opbrengsten bij kalkloze en kalkrijke zanderijgronden. Narcissen prefereren zandgrond zonder storingen in het profiel en een goede waterhuishouding. Zij zijn verder vrij onverschillig ten opzichte van kalk en pH.
Van der Meer stelt verder dat de klassificatie van bloembollengronden algemeen het volgende beeld geeft: Eerste klas bloembollengronden zijn de kalkrijke zanderijgronden. Tweede klas gronden zijn de kalkhoudende en kalkloze zanderijgronden. Derde klas gronden zijn strandvlaktegronden.
Onder zanderijgronden verstaat Van der Meer afgegraven strandwallen op NAP gelegen, bestaande uit al of niet kalkrijk duinzand met een laag humusgehalte en een pH van 7,0 tot 7,5.
Onder strandvlaktegronden verstaat Van der Meer een zandgrond waaronder men veen aantreft. Het zand is ontkalkt.

1.2.2. Granulaire samenstelling en bodemgeschiktheid

Het verband tussen bodemgeschiktheid en granulaire samenstelling betreft enerzijds de invloed van de granulaire samenstelling op de luchtvoorziening en doorlatendheid en anderzijds de invloed van de granulaire samenstelling op de bewerkbaarheid en de begaanbaarheid. Deze variëren door mechanische belasting en bijvoorbeeld verslemping. Voor het verband tussen de granulaire samenstelling en de verzadigde waterdoorlatendheid bestaan theoretische formules. Deze geven slechts een ruwe schatting (DIRKSEN e.a., 1983).
Weinig goede gegevens zijn beschikbaar over onverzadigde waterdoorlatendheid bij de in de praktijk relevante volumegewichten van de grond.

1.2.3. Granulaire samenstelling (KALISVAART (1934), MEER (1952))

Kalisvaart heeft rond 1930 een onderzoek gedaan naar de mechanische samenstelling van gronden in de Anna-Paulowna polder, de Zijpe, Koegras en de bloembollenstreek tussen Haarlem en Lisse. Dit hield wat betreft de toen als bloembollengronden in gebruik zijnde gronden in: het nemen van grondmonsters en het vaststellen van de granulaire samenstelling, het kalk- en humusgehalte. Dit trachtte hij te relateren aan het oordeel van de gebruikers over hun grond.
Hier kwam bij de behandeling van de granulaire samenstelling naar voren, dat het belang van de zandgrofheid als factor bij de doorlatendheid ondergeschikt was aan het belang van het kleigehalte. (Het kleigehalte was bij Kalisvaart het percentage afslibbaar.) Gronden die als goede hyacintengronden werden aangewezen bleken een veel fijnere zandsamenstelling te kunnen vertonen dan gronden die als ongeschikt voor hyacinten werden aangewezen. De tendens wees duidelijk naar een lager wordend kleigehalte bij betere hyacinten gronden.
Een exacte grens voor een kleigehalte waarboven men een grond als ongeschikt voor hyacintenteelt kon aanmerken was echter niet te geven. Wel kon men zeggen dat deze grens zeker onder de 8% afslibbaar lag (1934!). Dat was in een tijd dat van gebruik van trekkers en andere uitvindingen nog nauwelijks sprake was, zodat het gevaar voor verdichting veel minder was dan in de tegenwoordige tijd.

Verder constateerde Kalisvaart bij hyacintengronden een hoog kalkgehalte en een laag humusgehalte.
Omdat Kalisvaart alle monsters bewerkte met zoutzuur, zodat alle kalk verdween, en Van der Meer veronderstelde dat deze kalk wel een functie vervulde, heeft Van der Meer een aantal monsters onderzocht met en zonder voorbehandeling met zoutzuur. Het bleek dat kalk bij kalkrijke gronden een vergroting van de korrels tot gevolg heeft. Bij minder dan 3% kalk valt dit effect echter weer weg. Het effect van korrelvergroting is echter niet dermate, dat dit als geschiktheidskriterium kan worden aangemerkt. Wel blijken de kalkhuidjes de korrels grover of scherper doen aanvoelen. Als er geen kalk aanwezig is voelt het zand zachter aan. Dit is een verklaring voor het feit dat men in de praktijk vrij fijne gronden soms uitmaakt voor grof en andersom.
MULDER (1956) vermeldt dat in grofzandige duinzandgronden slibgehalten tot 1 à 2% nauwelijks nadelig werken maar dat 1,5 à 2% organische stof nodig is om voedingsproblemen te voorkomen.

1.3. De granulaire samenstelling en de luchtvoorziening

Het blijkt dat men in de bollenteelt een grote angst heeft voor wateroverlast. Dit houdt verband met de grote gevoeligheid voor een tekort aan lucht, waardoor de bollen afsterven of verminderde groei vertonen.
Voor een tekort aan lucht bestaan een aantal mogelijke oorzaken:
a. Ontwatering (drainage, ontwateringsdiepte)
b. Ongunstige poriënverdeling
c. Minder goed doorlatende (storende) lagen.

Er mogen dus geen slecht doorlatende lagen in de bodem voorkomen die de waterafvoer naar het grondwater stagneren.
Er mag geen slempgevaar bestaan waardoor ondoorlatende inspoelingslaagjes ontstaan. De grond mag niet dichtgereden kunnen worden door het gebruik van grote trekkers en machines.
De dikte van de doorlatende laag beneden het phreatisch vlak moet zodanig zijn dat bij langdurige regenval de grondwaterspiegel niet ontoelaatbaar stijgt, aangezien de capaciteit om water af te voeren rechtevenredig is aan de dikte van de watervoerende laag.
De granulaire samenstelling moet van dien aard zijn, dat het de ontwatering niet negatief beïnvloedt.

1.4. De granulaire samenstelling en het poriengehalte

VAN DER VALK en DE HAAN (1969, 1971) hebben reeds onderzoek gedaan naar de gevolgen van de bodemverdichting en de grondbewerking op de produktie van bloembolgewassen.
Hierbij hebben zij de veranderende poriënvolumen, bestaande uit een lucht- en een watervolume, gerelateerd aan de opbrengstgegevens. Dit alles gebeurde op een kalkrijke zandgrond in het Zuidhollands bollengebied.
Uit de proefresultaten bleek een duidelijke produktietoename bij een toenemend poriëngehalte. Het was echter onduidelijk of dit het gevolg was van mechanische of van fysische oorzaak.
Er werd echter wel een grenswaarde van 44 volume procenten voor het poriënvolume geconstateerd. (Beneden deze grenswaarde constateerde men een duidelijke stagnering van de wortelgroei.) Het is gevaarlijk om een dergelijke waarde klakkeloos voor zandgronden van andere samenstelling te gebruiken, al is wel aan te nemen dat bij andere zandgronden evengoed een grenswaarde voor het poriënvolume bestaat. Een zeer interessante vraag is dan in hoeverre zandgronden in deze verschillen vertonen.

2. PROBLEEMSTELLING EN ONDERZOEK

De vraag rijst wat bezanding in de Noordhollandse situatie precies voor gevolgen heeft voor de grond en welke gevolgen daarvan de bewerkbaarheid van de grond en de bollen ten goede komen. De vraag is onder andere hoe men de produktieeigenschappen van de zandgrond, die tenslotte verantwoordelijk zijn voor het bedrijfsresultaat van de telers, kan relateren aan meetbare grootheden als:

- dichtheid
- poriënvolumen
- korrelgrootteverdeling
- kalk- en organische stofgehalte
- grondwaterstand
- vochtretentie
- verzadigde- en onverzadigde doorlatendheid
- indringingsweerstanden.

Kortom die waarden die beïnvloed worden door bezanding van de grond. Over de beoordeling van bloembollengronden is niet veel meer bekend dan hetgeen in het vorige hoofdstuk beschreven is. Daarom is het het meest logisch om de eigenschappen van de gronden die de hoogste geldwaarde hebben, te vergelijken met de eigenschappen van zandgronden die als minder goede bloembollengronden worden aangemerkt. Van de eigenschappen van een dure bloembollengrond weet men al dat deze waarschijnlijk niet slecht zijn. Deze kennis gecombineerd met de bevindingen uit het vorige hoofdstuk moeten een redelijk inzicht geven in het nut van de bezanding van bloembollengronden. Iets dergelijks heeft Kalisvaart ook reeds gedaan; alleen heeft hij op het gebied van de waterhuishouding, de poriënvolumen en de indringingsweerstanden helaas haast geen informatie verzameld en deze informatie is juist in dit geval van groot belang.
Om een inzicht te krijgen in de verschillen tussen bloembollengronden en de samenhang tussen de verschillende meetbare veranderlijkheden zijn een drietal verschillende percelen gebruikt ter vergelijking.
Deze percelen zijn:

1. Een zeer goed perceel
2. Een bezand perceel
3. Een te bezanden perceel dat vaak te nat was en door de gebruiker problematisch werd genoemd.

De percelen die in aanmerking kwamen voor bovenstaande kwalificaties werden aangewezen door D. Bregman, voorlichter bij het Consulentschap voor de Tuinbouw te Hoorn. De percelen liggen allen in de omgeving van Breezand. De monstername gebeurde met toestemming van de telers, voor de goede percelen de telers N.A.J. Berbee en D. van der Berg, voor het bezande perceel de heer Leek en voor het slechte perceel de heer J. van Dijk. Van de twee goede percelen is gewerkt met het perceel van de heer Berbee. De metingen die aan alletwee de goede percelen werden verricht vertoonden zeer veel overeenkomst.
De monstername is geschied op 8 en 9 juli 1986. In de rest van deze nota zullen de percelen en de monsters uit die percelen worden aangeduid als: topgrond, bezand en slecht. Op elk perceel zijn op twee plaatsen (ongeveer 40 m van elkaar verwijderd) op de volgende wijze dichtheidsmonsters genomen. Om de gevoeligheid voor verdichting van de verschillende gronden te vergelijken werden in het trekkerspoor dat werd benut voor het spuiten monsters genomen (het spuitspoor).
Vanuit het spoor van de trekker (een spuitspoor) naar het midden van het bed zijn (in vijfvoud) op vier plaatsen op twee diepten dichtheidsmonsters genomen. Aangezien een trekkerspoor 1,5 meter breed was en er gewerkt werd van een spoor tot midden tussen twee sporen (midden bed) werden er dus vanaf het spoor gezien naar het midden toe, een monster in het hart van het spuitspoor, een monster op 25 cm daar vandaan loodrecht op het spoor, een monster op 50 cm en een monster in het midden genomen en dat per plek meestal 4 maal herhaald. Het gekozen trekkerspoor was elke keer het spoor dat gebruikt werd bij het spuiten. Dit spoor wordt gedurende het groeiseizoen wekelijks bereden.
Aan de dichtheidsmonsters kon verder worden bepaalt: het vochtgehalte, het poriëngehalte, het organische stofgehalte, het kalkgehalte en de korrelgrootteverdeling.
Bij de plek waar de dichtheidsmonsters zijn genomen, zijn de indringingsweerstanden bepaald. Dit ook weer van het spuitspoor naar het midden van het bed.
Het aantal monsterplaatsen bleef beperkt tot twee vanwege een beperkte capaciteit voor het verwerken van de monsters. Het nadeel van een beperkt aantal monsterplaatsen is dat het in dit geval niet geheel zeker is dat men een voor het perceel representatief monster heeft. De resultaten van de twee plekken van de respectievelijke percelen lijken

echter dermate veel op elkaar dat aangenomen kan worden dat de plekken wel representatief zijn; temeer daar visuele beoordeling van de percelen en de mening van de kwekers ook niet wees op grote verschillen binnen het perceel.
Van de drie percelen is een hoeveelheid zand meegenomen om in het laboratorium te onderzoeken.
Uit een gedeelte van de slechte grond is onder de kraan de fractie < 35 µm (µm=10^{-6} meter) uitgezeefd en met het materiaal dat overbleef werd het overgebleven gedeelte van de meegenomen slechte grond in twee verhoudingen 'bezand'. Van de twee verkregen mengsels bedroeg het percentage afslibbaar 2,8% en 3,9%. Verder was er nog een gedeelte van het oorspronkelijke materiaal gespaard dat een % afslibbaar had van 6,6%. Het % afslibbaar is het gewichtspercentage grond waarvan de deeltjes kleiner zijn van 16 µm. De drie bovenstaande monsters zijn in verschillende mate verdicht om daarvan de vochtretentie en doorlatendheidkarakteristieken te bepalen. Ook van de topgrond werd een monster verdicht en doorgemeten.
Uit bovenstaande bepalingen is geprobeerd het effect van een verminderd slibgehalte en de veranderde korrelgrootteverdeling in de grond en het effect van verdichting op de grond te bepalen. Door de resultaten van de slechte grond te vergelijken met de resultaten van de topgrond en die van de bezande grond werd gehoopt te komen tot een oordeel over het effect van het bezanden van bloembollengronden. De komende hoofdstukken geven het verslag van bovengenoemde onderzoekingen en van de poging om dichter te komen bij een omschrijving van het begrip goede bollengrond.

3. METHODEN EN TECHNIEKEN

3.1. Bepaling dichtheid veldmonsters

In het veld werd de dichtheid van de grond bepaald door het steken van monsters in een ring, Kopecky ring genaamd. Een stalen ring, waarvan de inhoud 100 cc bedraagt, wordt in een houder geplaatst; vervolgens wordt de ring vastgezet door over de ring een andere ring te schuiven die aan de houder kan worden gekoppeld. Deze andere ring is aan het uiteinde scherp afgeslepen zodat hij gemakkelijk in de grond gestoken kan worden. Na het steken van het monster wordt de ring uit de houder gehaald en wordt het monster glad afgesneden, zodat een monster van precies 100 cc overblijft.
De monsters worden hierna uit de ring gehaalt en in een glazen potje gedaan. Dit potje wordt zonder deksel in de droogstoof gezet en het monster wordt bij 105 graden Celsius gedroogd. Hierna wordt het monster gewogen en kan de dichtheid van het monster bepaald worden.
In dit geval werd uitgegaan van een soortelijke dichtheid van de minerale delen van 2,65 $g.cm^{-3}$ en werd er een correctie uitgevoerd aan de hand van het organische stof gehalte waarbij voor organische stof van een soortelijke dichtheid werd uitgegaan van 1,47 $g.cm^{-3}$.
De monsters werden gewogen op een elektronische weegschaal met een nauwkeurigheid van 0,01 gram.

3.2. Bepaling organische stof gehalte veldmonsters

Van alle dichtheidsmonsters uit het veld werd het organische stofgehalte in drievoud bepaald. Na het bepalen van de dichtheid werd uit de dichtheidsmonsters een schepje zand in een porceleinen schaaltje gedaan. Dit schaaltje werd gewogen en ging vervolgens in de oven. De oven werd verwarmd tot 500 graden Celsius gedurende minimaal vijf uur. Na afkoelen van de oven tot 105 graden Celsius werden de schaaltjes uit de oven gehaald en wederom gewogen. Uit de gewichtsafname werd het gewichtspercentage organische stof bepaald.

3.3. Bepaling kalkgehalte veldmonsters

3.3.1. Methode

De bepaling van het gehalte $CaCO_3$ in de grondmonsters is gebeurd met behulp van een reactie met zoutzuur (HCL). Volgens onderstaande formule:

$$CaCO_3 + 2HCL = H_2O + CO_2 + Ca^{2+} + 2Cl^-$$

De CO_2 verdwijnt als gas. Dit veroorzaakt gewichtsverlies. 1 Mol $CaCO_3$ weegt 100,09 gram en veroorzaakt een verlies van 1 Mol CO_2 dat 44,01 gram weegt.

3.3.2. De opstelling

In een van te voren gewogen erlenmeyer werd ongeveer 5 gram stoofdroge grond gedaan zonder klonten. Na gewogen te zijn werd op de erlenmeyer een kurk geplaatst waar doorheen een buisje silicagel en een injectiespuit met 3n HCL staken.
Het buisje silicagel voorkomt dat overdruk optreedt en zorgt tegelijkertijd dat het verdampende water wordt opgevangen zodat dit niet als gewichtsafname kan worden gemeten. Bovenop het buisje silicagel komt nog een buisje silicagel dat bij weging werd weggenomen. Dit buisje dient ervoor om vochtaantrekking uit de buitenlucht door het eerste buisje te voorkomen waardoor een meetfout zou kunnen ontstaan.

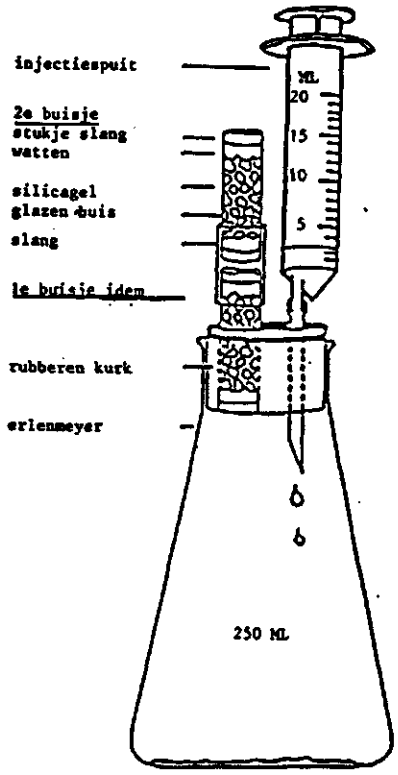


Fig. 1. De opstelling voor de bepaling van het kalkgehalte

3.3.3. De meting

Na weging van de erlenmeyer met grond, kurk en opbouw werd de HCL oplossing bij de grond gespoten. Daarna werd de erlenmeyer met kurk regelmatig gewogen tot de gewichtsafname niet meer noemenswaardig was; dat wil zeggen een gewichtsafname kleiner dan 2 milligram in ongeveer 3 uur.

3.3.4. De resultaten

De resultaten van de metingen vertoonden vaak een grote spreiding. Het is echter de vraag of deze spreiding wordt veroorzaakt door de methode.
Het lijkt eerder voor de hand te liggen dat de grondmonsters aanleiding geven tot een grote spreiding van de resultaten.

3.4. Bepaling korrelgrootteverdeling

3.4.1. Methode

Bepaald werd de gewichtsverhouding van de elementaire bodembestanddelen van verschillende grootteklassen. Uitgangspunt was een monster zand van 40,0 gram.

3.4.1.1. Organische stof verwijderen. Allereerst werd het organische stof uit het zand verwijderd met behulp van waterstofperoxide (H_2O_2).Dit werd langzaam toegevoegd en na een nacht staan werd het monster verwarmd tot het niet meer schuimde.

3.4.1.2. Kalk verwijderen. Hierna werd het kalk opgelost met behulp van zoutzuur (HCL). Deze oplossing werd 15 minuten gekookt.

3.4.1.3. Verwijderen opgeloste stoffen. Na deze bewerkingen werden de opgeloste chemicaliën voor een deel verwijderd door een bekerglas met het monster tot twee maal toe te vullen met water en dit na bezinking van het zand af te hevelen.
Hierna werd het monster overgedaan in een kleiner bekerglas en gedroogd in de droogstoof bij 105 graden Celcius en gewogen.

3.4.1.4. Peptiseren. Na de weging werd het monster gepeptiseerd met natriumpyrofosfaat ($Na_4P_2O_7$), waardoor de lutumdeeltjes in suspensie komen. Na 5 minuten koken werd de oplossing afgekoeld tot kamertemperatuur.

3.4.1.5. Scheiding fijne en grove delen. Na bovenstaande handeling werden de delen kleiner dan 50 µm (µm=10^{-6} meter) gescheiden van de rest door te zeven door een zeef met maaswijdte van 50 µm. De grove delen werden teruggespoeld in het bekerglas en gedroogd bij 105 graden Celsius. De fijne delen waren bij het zeven in een slibcilinder terechtgekomen.

3.4.1.6. Grove delen. De grove delen werden na droging op een aantal zeven gestrooid en na 15 minuten schudden werden deze zeven op een duizendste gram nauwkeurig gewogen.

3.4.1.7. Bepaling fijne delen. De bepaling van de percentages fijne delen ging als volgt: De slibcilinder met de fijne delen van het grondmonster werd opgeschud en neergezet. Na een bepaalde tijd werd met een pipet een monster water genomen op een bepaalde diepte. Op deze diepte bevonden zich dan alleen nog de delen kleiner dan de delen die door hun grootte reeds dieper in de cilinder gezonken waren. De diepte waarop de pipet gestoken werd was berekend aan de hand van de formule van Stokes, uitgaande van deeltjes die rond zijn en van de temperatuur.
De inhoud van de pipet werd geleegd in een metalen vochtbakje. Deze bakjes werden na het nemen van de pipetmonsters gedroogd in de droogstoof. De gewichten van de bakjes voor en na vullen werden gewogen met een analytische balans op vier decimalen nauwkeurig. Het gewicht dat men op deze manier verkreeg vertegenwoordigde dus een gedeelte van het totaal van de fractie in de slibcilinder en wel als de inhoud slibcilinder: inhoud pipet. Deze verhouding bedroeg ongeveer 45.

3.4.1.8. De berekening. Alle genoteerde gewichten werden in een file in de computer ingevoerd en met behulp van een speciaal hiervoor gemaakt programma uitgewerkt.
Bij de uitkomsten van de fijne fracties moet men er rekening mee houden dat de gedroogde vochtbakjes bij weging voor een vrij aanzienlijke fout konden zorgen. De inhoud van deze vochtbakjes bleek namelijk zeer hygroscopisch te zijn en ondanks dat de bakjes vanuit de droogstoof in een exicator werden geplaatst was de tijd dat ze buiten de exicator doorbrachten niet altijd in de hand te houden. Hierdoor kon het gewicht vermeerderen met 0.0050 gram. Omdat de totale inhoud van een bakje soms niet meer dan 0.0250 gram woog, kon de fout dus soms 20% zijn.

3.5. Het maken van geroerde zandmonsters van verschillende dichtheid

Voor het meten van de vochtretentiekarakteristiek en de doorlatendheid met de verdampingsmethode en de filterplaatjesmethode was het noodzakelijk om monsters van verschillende dichtheid te bereiden uit de kunstmatig verkregen mengsels, uit een hoeveelheid van de goede grond en uit een hoeveelheid van de slechte grond.

De monsters voor de verdampingsproef werden bereid in stukken PVC-buis van uniforme lengte. De binnendiameter was 10,00 cm, de hoogte 8,00 cm. Van deze stukken buis werden er telkens vier op elkaar gezet en daarna aan elkaar geplakt. Het zo verkregen stuk buis werd daarna onder het samendrukkingsapparaat (zie figuur 2) geplaatst.

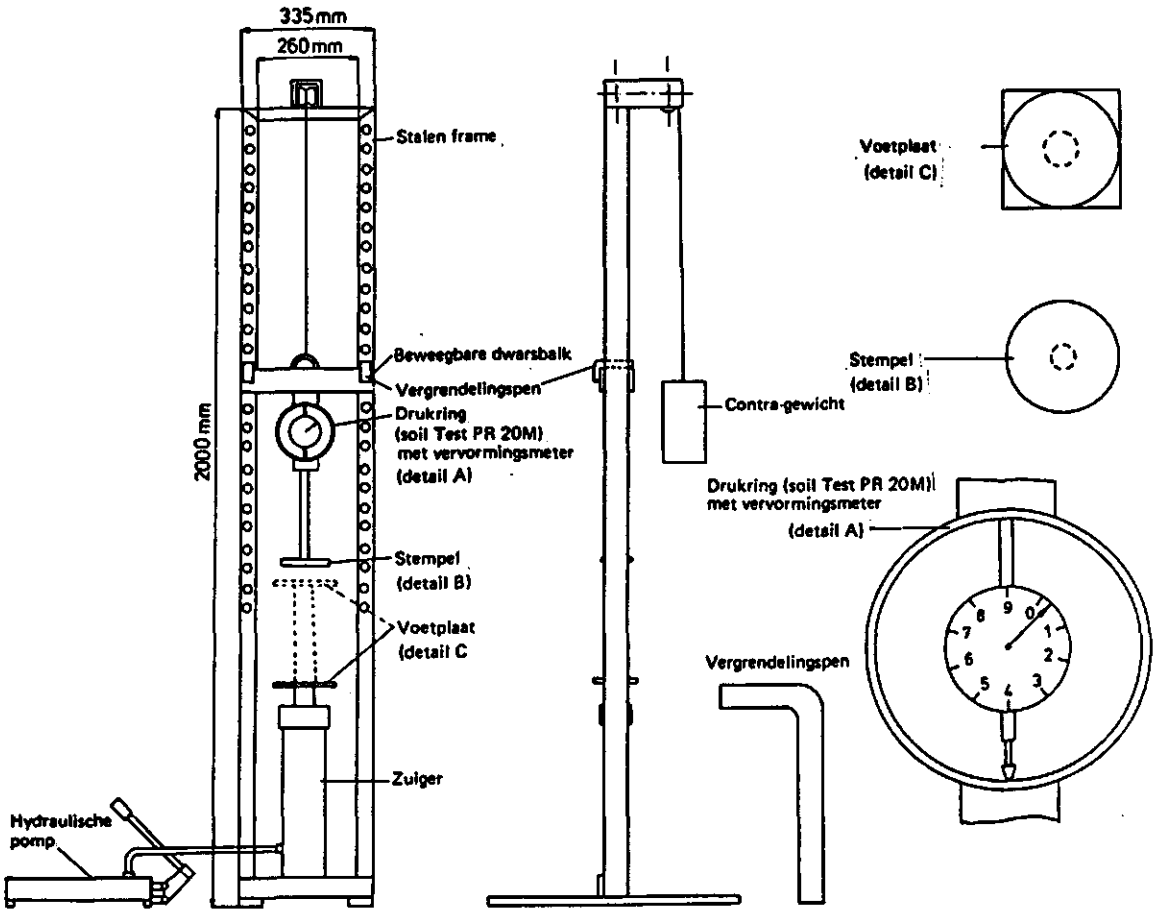


Fig. 2. Samendrukkingsapparaat

Om een bepaalde dichtheid te verkrijgen werden de monsters bij het vullen samengedrukt onder een stempel met dezelfde diameter als de monsters. Met een hydraulische pomp werd een bepaalde kracht aangebracht op de stempel. Deze kracht werd gedurende een minuut op het monster uitgeoefend.

Het vullen van de monsters geschiedde telkens in laagjes van ongeveer twee centimeter die daarna op bovenstaande wijze werden samengedrukt. Elk laagje zand werd na het samendrukken met een vork aan de bovenkant weer een beetje losgemaakt om te voorkomen dat in het monster laagvorming zou optreden.
De kracht waarmee werd samengedrukt varieerde van 0,5 tot 2,5 $kgf.cm^{-2}$. Deze kracht was willekeurig bepaald in de verwachting dichtheden te bereiken die varieerden van 1,40 tot 1,50 $g.cm^{-2}$. Dit uitgangspunt werd niet helemaal bereikt. Het verschil in dichtheid is minder groot geworden dan verwacht. Door tijdgebrek werd hieraan verder geen aandacht besteed.
Men moet er bij het samendrukken van gronden altijd op rekenen dat de verdichting bij een bepaalde uitgeoefende kracht afhankelijk is van onder andere de vochtigheid. Om precies op de geplande dichtheden uit te komen was een veel te tijdrovende bezigheid.
Van de vier aan elkaar geplakte ringen met grond die na het samendrukken werden overgehouden, werden de twee middelsten voorzichtig er tussen uitgehaald. Deze twee monsters werden na verzadiging gebruikt bij de verdampinsproef. De monsterbereiding bij de filterplaatjesmethode geschiedde op dezelfde wijze. Het beste was geweest als de monsters eenzelfde dichtheid hadden gekregen als de monsters bij de verdampingsmethode. Dit bleek na afloop van de metingen echter niet gelukt te zijn.
De monsters voor de filterplaatjesmethode werden bereid in stalen ringen van 7,66 cm binnendiameter en 5,00 cm hoogte.
Bovenstaande methode om monsters van een bepaalde dichtheid te verkrijgen geeft volgens de ervaring een goede homogene verdeling van de dichtheid in de middelste twee monsters van de stapel van vier die men op elkaar zet.
Tabel 7 geeft de gemeten dichtheden van de gemaakte monsters na afloop van de proefnemingen. Het valt te verwachten dat tijdens de proefnemingen de dichtheden zijn veranderd. Er valt echter niet te zeggen hoe groot de verandering is.

3.6. Vochtretentie en doorlatendheid volgens verdampingsmethode

De bepaling van de vochtretentie en de doorlatendheid volgens de verdampingsmethode is gebaseerd op de meting van de verandering van het vochtgehalte en drukhoogte van het bodemvocht in het monster in de tijd. De verandering van deze grootheden geschiedt door natuurlijke verdamping. Om het uur wordt automatisch op vier hoogten in het monster de drukhoogte gemeten. Elke vijf minuten wordt het gewicht van het monster automatisch gemeten.
De vochtretentiecurve wordt berekend door het vochtgehalte te koppelen aan de drukhoogten op hetzelfde tijdstip. Het vochtgehalte op een bepaalde hoogte in het monster wordt afgeleid van het totaalgewicht van het monster op een tijdstip.
De doorlatendheidscurve wordt berekend aan de hand van de veranderingen in drukhoogte in de tijd en de hiermee optredende drukhoogte gradiënten (BOELS e.a.,1978).

3.6.1. De opstelling

De laboratoriumopstelling heeft een capaciteit van maximaal tien monsters. Voor plaatsing van het monster in de opstelling zijn in elk monster vier tensiometers geplaatst op verschillende hoogten. Deze tensiometers zijn verzadigd met ontlucht water. Na het plaatsen van de tensiometers zijn de monsters verzadigd met water door ze in een waterbad te plaatsen.
Na verzadiging zijn de monsters opgesteld. Dit gebeurde door ze elk op een balans te plaatsen en de tensiometers aan te sluiten op een drukmeter (pressuretransducer). Op elke drukmeter zaten twee monsters of acht tensiometers aangesloten plus per monster nog eens twee referentieniveau's. De referentie niveau's vertoonden een drukhoogteverschil van 100 cm.

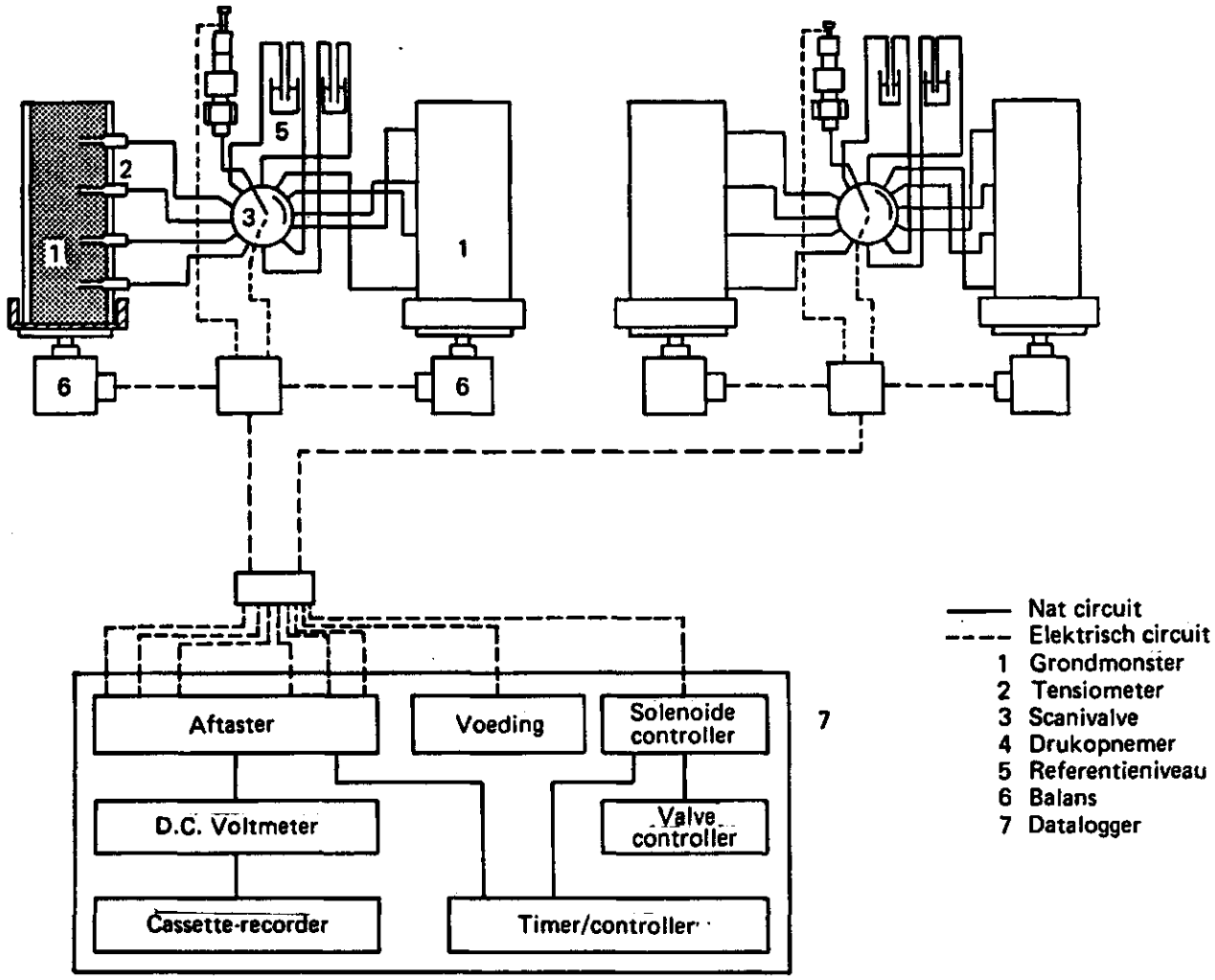


Fig. 3. Schematische voorstelling van de apparatuur voor bepaling van de vochtretentie en de doorlatendheidscurve (BOELS e.a., 1978)

3.6.2. De metingen

De meting van de drukhoogten en de balansgegevens ging geheel automatisch. Voor de drukopnemer zat een verdeler die automatisch op een van de twaalf standen werd gezet (acht tensiometers en vier referentieniveau's). Elke vijf minuten werd automatisch een serie van vijf metingen gedaan, vijf drukhoogten en vijf balanswaarden; hierna draaide de verdeler een stand verder. Op deze manier werden de twaalf standen die de verdeler had eens per uur gemeten.

Alle aldus gemeten waarden werden automatisch op cassetteband opgenomen. Na beëindiging van de proef werden de cassettebandjes overgespoeld op magnetische tape. Deze gegevens werden daarna verwerkt met behulp van een computer.
Het opnemen van de gegevens gebeurde met behulp van een datalogger, een TU 58. Het verwerken van de gegevens gebeurde met behulp van een PDP-11 computer.

3.6.3. Beëindiging van de proef

De proef werd beëindigd als de drukhoogtemetingen een duidelijke terugval vertoonden (dus als de gemeten drukken relatief sterk opliepen). Dit betekend namelijk dat ergens in het meetsysteem lucht is ingetreden. Dit gebeurde bij alle monsters ruim voor de theoretische tensiometergrens van -800 millibar. Het teruglopen van de drukhoogten kon geconstateerd worden doordat dagelijks met de hand alle drukhoogten en balanswaarden één keer genoteerd werden. Het systeem kon namelijk ook op handbediening geschakeld worden.

3.6.4. Bepaling van de eindwaarden van de proef

Aan het eind van de proef moest voor de interpretatie van de gegevens de dichtheid worden bepaald van de monsters. Gezien het feit dat de meeste monsters enigzins gekrompen waren was het niet mogelijk om de hoogte van de PVC-buis als monsterhoogte te nemen maar moest een correctie worden toegepast. Deze correctie was niet exact te bepalen waardoor een extra fout werd geïntroduceerd.
Om bij elke geregistreerde balanswaarde het juiste (gemiddelde) vochtgehalte te hebben moest bij de laatste geregistreerde balanswaarde het juiste vochtgehalte worden bepaald. Dit is gedaan door elk monster na weging goed te mengen en hieruit drie monsters te nemen. De gemiddelde waarde van de vochtgehalten is daarna gebruikt.

3.6.5. Verwerking van de gegevens

Aan het eind van de proef heeft men een zeer grote hoeveelheid gegevens die geheel onoverzienbaar lijken. Hiervoor is echter een programmapakket ontwikkeld.
Allereerst kunnen de gegevens van vreemde meetwaarden worden gezuiverd met behulp van het programma KHPLOT. Dit programma zet de tensiometer gegevens in grafiekvorm uit tegen de tijd. De vreemde punten in deze grafiek kunnen eenvoudig worden verwijderd. De weggevallen punten worden door interpolatie opnieuw bepaalt.
Bij dit onderzoek zijn bovendien de meetwaarden die voorbij een buigpunt van de berekende gemiddelde kromme vallen, verwijderd. Aangezien de beschouwde zandgronden een zeer kleine doorlatendheid vertonen bij enige meters drukhoogte, is de veronderstellig dat een insteltijd van vijf minuten bij een bepaalde drukhoogte te kort is om een goede instelling van de drukopnemer te verkrijgen. De instelling van de drukopnemer geschiedt immers door stroming van water door de grond en de tensiometerwand. Bovendien was er hoogstwaarschijnlijk reeds lucht in het meetsysteem aanwezig voordat de drukhoogten gingen afnemen.
Voor de verwerking van de opgeschoonde gegevens zijn een aantal programma's beschikbaar:

1. Het programma KHCNTR is het sturingsprogramma dat gebruik maakt van de volgende programma's voor de verwerking van de gegevens.
2. KHILCD: Dit programma interpoleert de balansgegevens.
3. KHFYS: Dit programma zet de ingevoerde parameters om in fysische grootheden.
4. KHWRC: Dit programma berekent de vochtretentiecurve en maakt hiervan tevens een plot (grafiek). De berekening gaat volgens een iteratieproces volgens WIND (1966).
5. KHTH: Dit berekent de onverzadigde doorlatendheid uitgezet tegen de drukhoogte en tegen het vochtgehalte. Van beide verbanden wordt een plot (grafiek) gemaakt.
6. KHATAB: Het weergeven van de berekende verbanden in tabelvorm.

3.7. Doorlatendheid volgens filterplaatjesmethode

Bij de verdampingsmethode verkrijgt men bij de gebruikte zandmonsters met hoge K-waarden, bij lage drukhoogte geen goed meetbare potentiaalverschillen. Hierdoor is het niet meer mogelijk om de doorlatendheid te berekenen omdat daarvoor immers een potentiaalverschil nodig is. Het onderzoek gaat echter over bollengronden waar de ontwatering doorgaans bij de zestig centimeter ligt. Dat betekent dat we te maken hebben met lage drukhoogten.
Vanwege bovenstaande redenering rees de behoefte om de doorlatendheden bij lage drukhoogten toch te bepalen. De hiervoor op het laboratorium aanwezige apparatuur moest gedeeltelijk worden vernieuwd en aangepast.

3.7.1. Opstelling van de proef

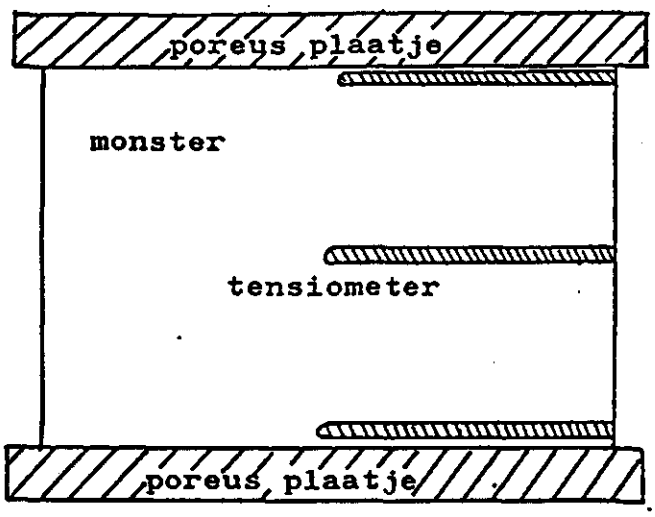


Fig. 4. Schematische weergave van het monster met filterplaatjes

Het grondmonster bevond zich in een stalen cilinder met een hoogte van 5 cm en een diameter van 7,6 cm. Het monster was bereid op de manier zoals beschreven in sectie 3.5. Deze monsters werden ingeklemd tussen twee poreuze keramische plaatjes die verzadigd waren met water.

Om het contact tussen het monster en de plaatjes te optimaliseren werd Blokzijlzand (M50=40 µm (µm=10^{-6} meter)) aangebracht op het grensvlak tussen het monster en de plaatjes. Blokzijlzand is bij zuigspanningen tot 100 cm vrijwel verzadigd zodat dit zand tijdens de proefnemingen geen steeds grotere weerstand voor het water oplevert. De verzadigde doorlatendheid is ongeveer 60 cm per etmaal.
De luchtintreewaarde van de keramische plaatjes werd niet overschreden onder de vijf meter zuigspanning (0.5 bar). Ruim voldoende voor de proef.
In het monster was de mogelijkheid om drie tensiometercups te plaatsen. Hiervan zijn echter bij de meeste monsters maar twee gebruikt. Behalve bij de laatste serie monsters werd gebruik gemaakt van tensiometers met een diameter van twee millimeter. De druk in de tensiometers werd gemeten met behulp van meetkasten met elektrische drukopnemers. Hiervan bedraagt de insteltijd enkele sekonden (BAKKER, 1978). De verzadigde keramische plaatjes waren gevat in een plexiglazen houder. In deze houder bevonden zich gaten waarop slangen aangesloten konden worden. Aan elke houder werd een slang aangesloten die aan het einde door een kurk in een erlenmeyer verdween waar de slang eindigde op de bodem. Het gehele systeem werd gevuld met ontlucht water. Door de erlenmeyers te varieren in hoogte was het mogelijk een potentiaal verschil en een zekere onderdruk te bewerkstelligen.

3.7.2. De metingen

Tussen de bovengenoemde keramische plaatjes werd een samengedrukt monster geplaatst. Door de met slangen aangesloten erlenmeyers op de zelfde hoogte te plaatsen als het monster werd dit langzaam verzadigd. Deze toestand werd een nacht gehandhaafd. Hierna werd de op het bovenste plaatje aangesloten erlenmeijer omhooggezet ten opzichte van de erlenmeyer die op de onderste keramische plaat was aangesloten. Op deze manier werd een potentiaalverschil verkregen die een waterstroming veroorzaakte. Door de druk in de tensiometers in het monster af te lezen was het mogelijk om de gemiddelde druk in het monster te berekenen.

Na enige tijd wachten tot de toestand gestabiliseerd was (een half tot een heel uur) kon worden gemeten. De toestand was gestabiliseerd als de tensiometeraflezingen niet meer significant veranderden.
Bij aanvang van een meting werd de tijd opgenomen en werden de twee erlenmeyers gewogen. Na een half uur tot een uur werd de tijd weer opgenomen en werden de erlenmeyers weer gewogen. Alvorens de erlenmeyers los te koppelen werden de drukken in de tensiometers afgelezen. Met behulp van de gemeten waarden kon de doorlatendheid bij de gemiddelde drukhoogte worden berekend. De berekening van de hydraulische potentiaal ging volgens de wet van Darcy (DIRKSEN, 1983).

3.7.3. Problemen

De in principe zo simpele methode bleek in de praktijk verschillende zwakke punten in zich te bergen.
Doordat we te doen hadden met zandgronden die veel doorlatender waren dan de filterplaatjes aan beide zijden van het monster; was vooral rond de verzadigde toestand het bereikbare potentiaalverschil in het monster kleiner of ongeveer even groot als de meetnauwkeurigheid van de meetkast, namelijk: 0,1 cm waterdruk. Hierdoor werd een mogelijke fout van rond de honderd procent geïntroduceerd. Het nauwkeurig aflezen van de meetkasten bleek bovendien nog beïnvloed te worden doordat de meter die in de meetkasten was gemonteerd, een ampèremeter, niet stil bleef staan, waarschijnlijk als gevolg van statische elektriciteit. Bij het verhogen van de onderdruk in het systeem, bleek het telkenmale weer niet te voldoen. Er kwam namelijk telkens ergens anders weer lucht in het systeem. Vooral de aansluitingen van de slangen op de plexiglazen houder van de filterplaatjes bleken een zeer zwak punt. Doordat het systeem elke keer weer ontlucht moest worden was het niet mogelijk om ook een vochtretentiecurve te bepalen, aangezien er elke keer een onbekende hoeveelheid waterverlies optrad.

3.7.3.1. Verbeteringen. Na enige tijd bleken er ook filterplaatjes voorhanden te zijn met een veel grotere doorlatendheid dan de gebruikte. Deze plaatjes waren van glassinter gemaakt. De luchtintreewaarde was veel lager dan die van de keramische plaatjes namelijk rond

de 1,5 meter zuigspanning. Bij de laatste serie monsters zijn deze plaatjes toegepast en deze bleken in zoverre te voldoen dat er een meetbaar potentiaalverschil te bewerkstelligen was. De lage luchtintreeweerstand bleek echter soms wat al te laag zodat de proef beëindigd moest worden bij 80 cm zuigspanning.
Voor de slechte slangaansluitingen hebben we tijdens de proef geen oplossing gevonden. De reden waarom de aansluitingen zoveel problemen gaven zit hem waarschijnlijk in het feit dat de harde nylon slangen een slechte aansluiting gaven op het harde plexiglas. Ondanks het feit dat de slangen precies aansloten op de gaten in het plexiglas en elke keer ook hogedruk siliconenvet om het slanguiteinde werd gesmeerd.

4. KORRELGROOTTEVERDELING

Van de grondmonsters die van de proefpercelen afkomstig zijn, zijn de korrelgrootteverdelingen bepaald. De resultaten hiervan zijn gegeven in tabel 1 en figuur 5. Bovendien zijn ook nog de analyseresultaten van een ander perceel bijgevoegd (TOP EXTRA). Dit perceel is ook gelokaliseerd in de Noordhollandse bollenstreek. Het perceel is vergelijkbaar met de topgrond en ligt daar ook vlak in de buurt.

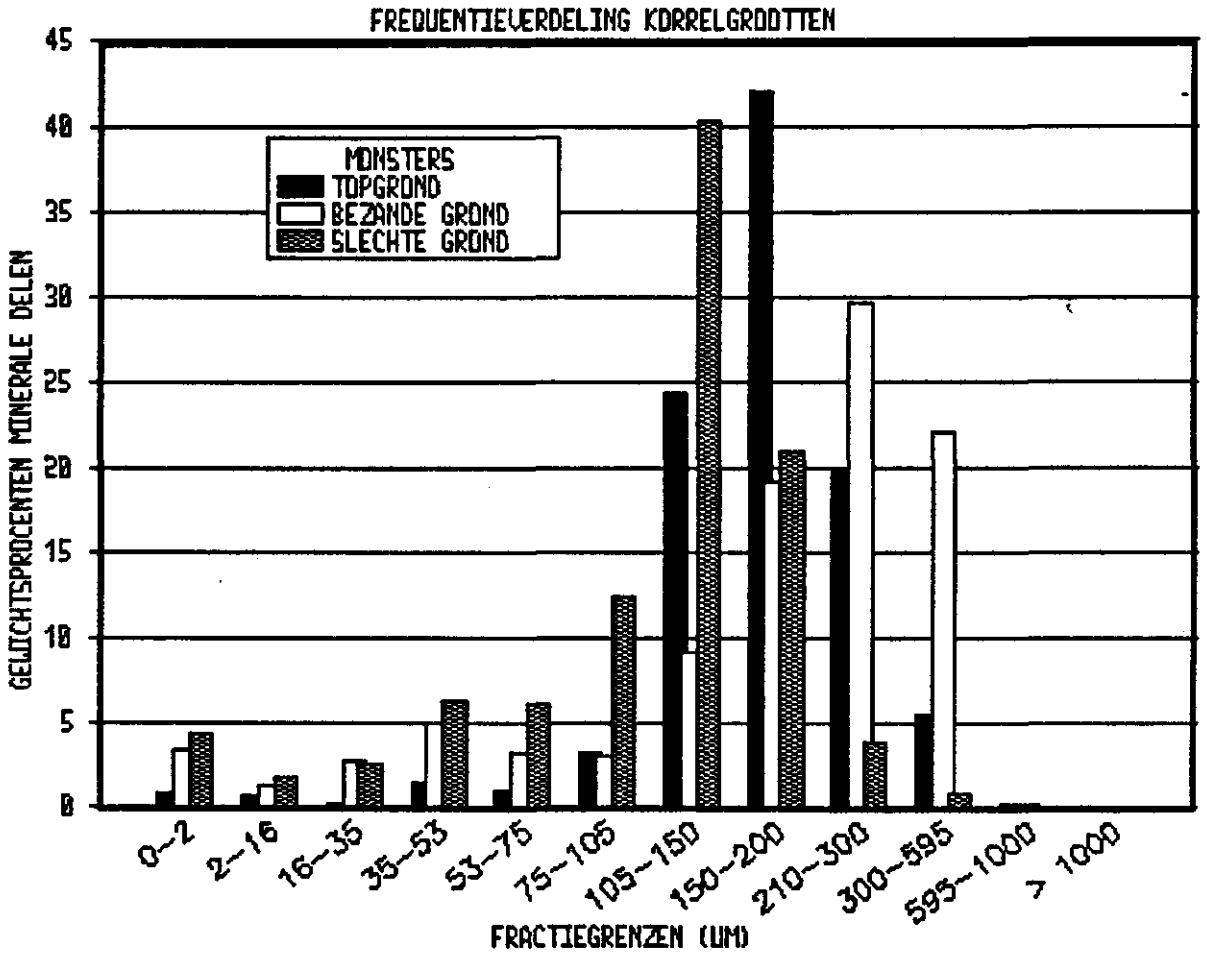


Fig. 5. Frequentieverdeling van de korrelgrootten van drie bollengronden

Tabel 1

TABEL 1 KORRELGROOTTE ANALYSE PROEFGRONDEN BOLLENTEELT

NAAM MONSTER	FRACTIE 0 - 2 UM	FRACTIE 2 - 16 UM	FRACTIE 16 - 35 UM	FRACTIE 35 - 53 UM	FRACTIE 53 - 75 UM	FRACTIE 75 - 105 UM	FRACTIE 105 - 150 UM	FRACTIE 150 - 210 UM	FRACTIE 210 - 300 UM	FRACTIE 300 - 595 UM	FRACTIE 595 - 1000 UM	FRACTIE 1000 - GROTER	FRACTIE AFSLIB-BAAR	FRACTIE < 35 UM
Topextra BOV	1.8	0.4	0.1	1.6	1.4	3.5	27.7	36.8	21.0	5.5	0.2	0.1	2.1	2.2
Topextra OND	0.8	0.6	0.2	2.0	1.6	5.1	23.9	41.7	18.1	5.7	0.2	0.0	1.4	1.7
Topextra GEM	1.3	0.5	0.2	1.8	1.5	4.3	25.8	39.3	19.6	5.6	0.2	0.1	1.8	1.9
Topgrond1BOV	1.2	0.6	0.3	1.4	0.9	2.7	26.7	39.2	21.2	5.4	0.1	0.1	1.8	2.2
Topgrond1OND	0.9	0.7	0.4	1.3	1.2	3.7	22.6	44.5	18.6	5.8	0.2	0.1	1.6	2.0
Topgrond2BOV	0.5	0.8	0.2	1.6	1.1	2.8	26.8	39.2	21.7	4.9	0.2	0.1	1.3	1.5
Topgrond2OND	0.9	0.6	0.3	1.7	1.1	3.8	21.7	45.1	18.6	6.0	0.2	0.2	1.5	1.8
Topgrond GEM	0.9	0.7	0.3	1.5	1.1	3.3	24.4	42.0	20.0	5.5	0.2	0.1	1.6	1.9
Bezand 1 BOV	3.0	1.8	3.9	4.1	3.8	3.2	10.6	17.6	30.3	21.2	0.3	0.1	4.8	8.7
Bezand 1 OND	3.2	0.5	2.3	5.8	3.6	3.3	7.7	20.2	28.4	24.3	0.5	0.1	3.7	6.0
Bezand 2 BOV	3.4	1.2	2.3	4.9	2.6	2.4	9.4	18.3	33.3	21.9	0.3	0.0	4.6	6.8
Bezand 2 OND	4.0	1.6	2.8	5.6	3.4	4.1	9.4	20.6	26.9	21.2	0.3	0.1	5.6	8.4
Bezand GEM	3.4	1.3	2.8	5.1	3.3	3.2	9.3	19.2	29.7	22.1	0.3	0.1	4.7	7.5
Slecht 1 BOV	4.0	1.9	2.5	6.2	5.4	10.7	43.9	19.3	4.7	1.2	0.1	0.2	5.9	8.4
Slecht 1 OND	4.3	1.8	2.6	5.9	6.8	14.7	36.9	22.9	3.3	0.7	0.0	0.0	6.1	8.7
Slecht 2 BOV	4.6	1.9	3.1	6.6	6.0	10.2	43.3	18.8	4.4	1.0	0.1	0.1	6.5	9.6
Slecht 2 OND	4.5	1.8	2.5	6.5	6.4	14.3	36.5	23.1	3.3	0.8	0.0	0.1	6.3	8.9
Slecht GEM	4.4	1.8	2.7	6.3	6.2	12.5	40.2	21.0	3.9	0.9	0.0	0.1	6.2	8.9

NAAM MONSTER	U-CIJFER	M50-CIJFER
Topextra BOV	63.	175.
Topextra OND	66.	175.
Topgrond1BOV	63.	177.
Topgrond1OND	63.	178.
Topgrond2BOV	63.	177.
Topgrond2OND	63.	179.
Bezand 1 BOV	72.	235.
Bezand 1 OND	68.	239.
Bezand 2 BOV	65.	241.
Bezand 2 OND	70.	229.
Slecht 1 BOV	94.	132.
Slecht 1 OND	96.	131.
Slecht 2 BOV	97.	132.
Slecht 2 OND	96.	132.

5. DICHTHEID, INDRINGINGSWEERSTAND

Om de mate van verdichting van de drie proefpercelen te bepalen zijn dichtheidsmonsters genomen op twee plekken op ieder perceel. Er werden per plek vier monsters genomen, lopend van het spuitspoor naar het midden van het zaaibed en dat in viervoud en op twee diepten in het profiel. Die diepten werden genomen waarvan verondersteld werd dat zich daar de meeste wortelgroei zou voordoen namelijk van 0-40 cm (HAAN et al, 1969, 1971). De monsters zijn genomen op 8 en 9 juli 1986, dat wil zeggen aan het einde van het groeiseizoen. Het gewas op de topgrond en bezande grond was nog niet gerooid. Het gewas op de slechte grond was helaas wel reeds gerooid. Men had bij alle percelen de grondwaterstand laten zakken. Het laten zakken van de grondwaterstand voor het rooien van de bollen, schijnt normale praktijk te zijn in en om de Anna-Paulownapolder. Het gewas op de topgrond werd geteeld in rijen tussen de trekkersporen. Het gewas op de bezande en slechte grond werd geteeld op ruggen (uit angst voor te natte omstandigheden); zodoende verlopen de dichtheden anders dan bij de topgrond. Het 0-niveau werd genomen boven op de rug. De grondwaterstanden waren:

1. Topgrond -75 cm
2. Slechte grond -80 cm
3. Bezande grond -90 cm.

Een aantal gemiddelde resultaten van de dichtheidsmetingen in tabel 2 en 3 en figuur 6 en 7.

Tabel 2. Dichtheden van drie proefpercelen

	Dichtheid spuitspoor $g.cm^{-3}$		Dichtheid midden zaaibed $g.cm^{-3}$	
diepte	15-20 cm	30-35 cm	15-20 CM	30-35 cm
topgrond	1.67	1.63	1.41	1.43
slechte grond	1.66	1.54	1.52	1.53
bezande grond	1.65	1.65	1.48	1.55

Tabel 3. Verhouding luchtvolume/poriënvolume van drie proefpercelen

	spuitspoor		midden zaaibed	
diepte	15-20 cm	30-35 cm	15-20 cm	30-35 cm
topgrond	0.24	0.24	0.65	0.46
slechte grond	0.22	0.29	0.17	0.16
bezande grond	0.47	0.36	0.61	0.50

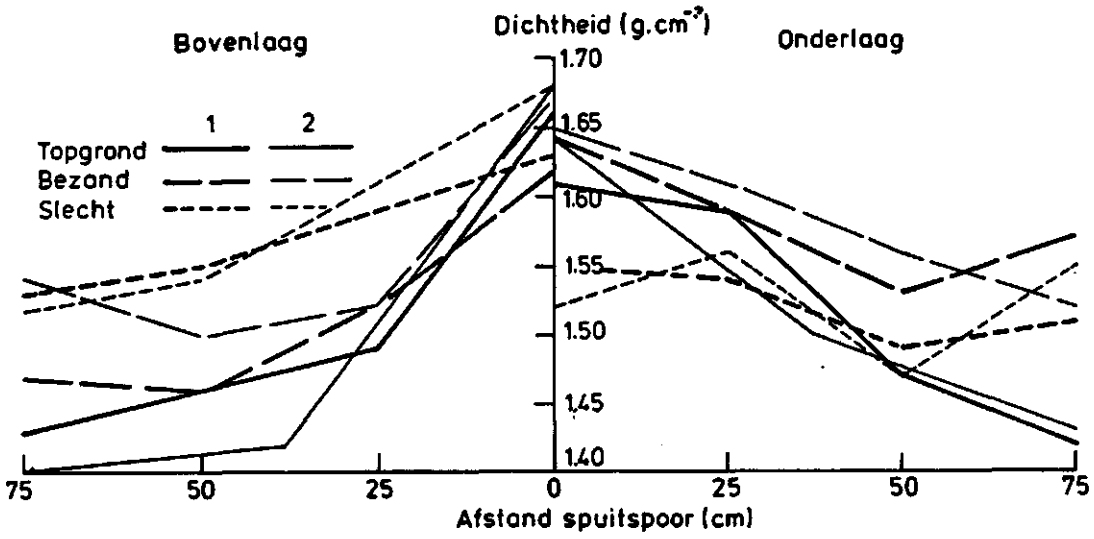


Fig. 6. Grafische weergave van het verloop van de dichtheden vanaf het spuitspoor naar het midden bouwvoor van drie proefpercelen

Bij de plekken waar de dichtheidsmonsters zijn genomen is met een penetrometer het verloop van de indringingsweerstand met de diepte vastgelegd. Hier zijn ook weer vanuit het spuitspoor naar het midden van het zaaibed verschillende metingen gedaan om het verschil tussen de verdichte situatie en de meest losse situatie te verkrijgen. Deze metingen zijn in tweevoud verricht. De conus van de penetrometer had een oppervlak van 1,29 cm^2 en een conushoek van 30,0 graden. De waarden die men met deze conus verkrijgt zijn, in het geval van een zandgrond, goed vergelijkbaar met de waarden die men verkrijgt met een conus met een oppervlak van 1 cm^2 en een conushoek van 60 graden, zoals men die in Nederland veel gebruikt. Tabel 4 geeft een aantal markante waarden.

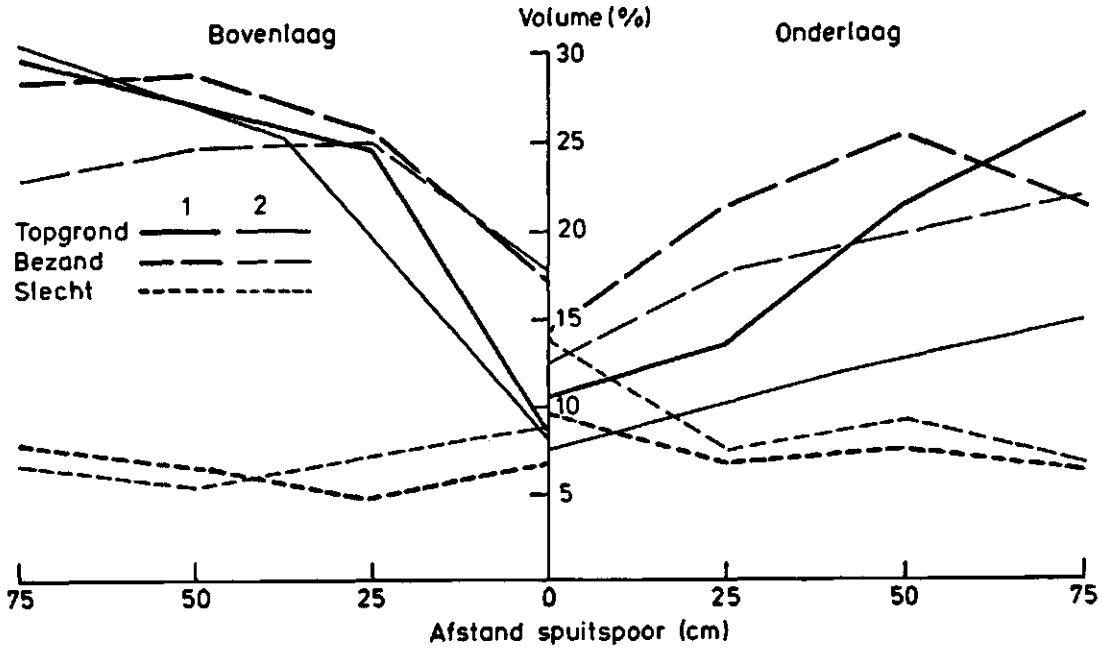


Fig. 7. Grafische weergave van het verloop van de luchtvolumen in procenten, vanaf het spuitspoor naar het midden van drie proefpercelen

Tabel 4. Penetratiewaarden in drie proefpercelen in (kgf)

	Spuitspoor		Midden zaaibed	
diepte	17.5 cm	32.5 cm	17.5 cm	32.5 cm
topgrond	25.8	32.6	6.2	4.6
slechte grond	40.2	25.6	11.4	12.0
bezande grond	30.1	24.8	9.5	6.8

Uit bovenstaande tabellen blijkt duidelijk dat de als topgrond getypeerde grond aan het eind van het groeiseizoen de beste waarden te zien geeft: laagste dichtheid, laagste penetratiewaarde. Opvallend is dat in het spuitspoor bij alle gronden de dichtheid praktisch hetzelfde is namelijk 1.65 $g.cm^{-3}$. De topgrond heeft duidelijk het minst te lijden van bewerkingen, in het midden van het zaaibed is de dichtheid en de indringingswaarde duidelijk lager dan bij de andere gronden. Het luchtgehalte van de bezande grond is echter wel ongeveer hetzelfde als dat van de topgrond.

Tabel 5. Het u-cijfer en m-50 cijfer van de drie proefpercelen

	U- cijfer	m-50 cijfer
topgrond	63	178
slechte grond	96	132
bezande grond	70	236

Uit tabel 5 blijkt dat de slechte grond ook de fijnste grond is. De topgrond blijkt echter een fijnere zandfractie te hebben dan de bezande grond.
Er geldt dat lutumhoudende zandgronden bij belasting makkelijker verdicht worden bij toenemend lutumgehalte en bij toenemend vochtgehalte (BEUVING, 1979). Dit veroorzaakt, zoals ook uit de tabellen blijkt, een deel van de problemen. De slechtere gronden bevatten meer lutum dan de goede gronden en zijn dus van nature natter dan de goede gronden. Zodoende zijn ze dus makkelijker verdichtbaar. Bij verdichting zal het volume kleine poriën toenemen ten koste van het volume grotere poriën waardoor de grond weer meer water aanzuigt. Hierdoor wordt de grond dus ook weer makkelijker verdichtbaar. Dit uit zich duidelijk in de in het veld gevonden dichtheden van onze proefpercelen zoals uit de tabellen blijkt.

6. DOORLATENDHEID EN VOCHTRETENTIE

6.1. Inleiding

Achter het idee om bollengronden te bezanden zit onder andere de veronderstelling dat de verlaging van het slib- en fijnzandgehalte enkele eigenschappen van de grond in gunstige zin zouden wijzigen.
De invloed van het slibgehalte op de vochtretentie en de doorlatendheid is onderzocht op de volgende wijze. Van de slechte grond die een vrij hoog percentage slib bevatte, namelijk 6,6% is een gedeelte van slib ontdaan door het te zeven onder de kraan door een zeef met maaswijdte van 35 µm. Hierna is dit in verschillende verhoudingen gemengd met een gedeelte van de originele grond. De verhoudingen waren achtereenvolgens 1/3 en 2/3. Op deze wijze is getracht een bezanding na te bootsen waarbij maar een klein gedeelte van de korrelgroottefracties werden beïnvloed. Hiervoor is de fractie < 35 µm uitgekozen omdat men in de praktijk veel nadruk legt op het belang van deze korrelfractie in de bloembollengronden. Kalisvaart meende reeds in 1930 een grens aan het toelaatbare percentage slib (8%) te kunnen ontwaren. De gemengde gronden bleken na analyse de volgende percentages afslibbaar te bevatten: 3,8% en 2,9% < 16 µm. Kleiner dan 35 µm: respectievelijk 5,3% en 3,2%. De resultaten van de korrelgrootte-analyse van deze mengsels staan in tabel 6.
Van de verschillende mengels zijn monsters in duplo bereid in verschillende dichtheden om ook de invloed hiervan te kunnen meten. Aan de monsters zijn vervolgens de vochtretentiekarakteristiek en de onverzadigde doorlatendheid gemeten met behulp van de verdampingsmethode en de doorlatendheid bij lage zuigspanning met behulp van de filterplaatjesmethode. De beschrijving van deze methoden is gegeven in het hoofdstuk methoden en technieken. Hieronder volgt de beschrijving en interpretatie van de resultaten van bovengenoemde proefnemingen.

Tabel 6

TABEL 6 KORRELGROOTTE ANALYSE MONSTERS K-H BEPALING

NAAM MONSTER	FRACTIE 0 - 2 UM	FRACTIE 2 - 16 UM	FRACTIE 16 - 35 UM	FRACTIE 35 - 53 UM	FRACTIE 53 - 75 UM	FRACTIE 75 - 105 UM	FRACTIE 105 - 150 UM	FRACTIE 150 - 210 UM	FRACTIE 210 - 300 UM	FRACTIE 300 - 595 UM	FRACTIE 595 - 1000 UM	FRACTIE 1000 - GROTER	FRACTIE AFSLIB-BAAR	FRACTIE < 35 UM
Slecht 6.6%	4.1	2.7	1.9	5.6	5.9	13.6	36.3	22.2	4.6	1.7	0.1	0.8	6.9	8.7
Slecht 6.6%	3.9	2.4	2.4	6.9	4.7	13.8	35.6	22.9	5.1	1.8	0.1	0.5	6.2	8.6
Slecht 6.6%	4.0	2.6	2.1	6.2	5.3	13.7	36.0	22.6	4.8	1.7	0.1	0.7	6.6	8.7
Slecht 3.8%	2.7	1.2	1.4	6.6	5.9	11.0	44.5	19.9	5.4	1.5	0.0	0.0	3.8	5.2
Slecht 3.8%	2.7	1.2	1.6	6.3	6.1	14.8	36.5	24.5	4.5	1.6	0.0	0.0	3.8	5.4
Slecht 3.8%	2.7	1.2	1.5	6.4	6.0	12.9	40.5	22.2	4.9	1.6	0.0	0.0	3.8	5.3
Slecht 2.9%	1.6	1.2	0.3	5.4	4.9	11.0	47.5	20.4	5.8	1.7	0.0	0.0	2.9	3.2
Slecht 2.9%	1.5	1.3	0.4	5.5	6.1	14.8	38.9	24.6	5.0	1.8	0.0	0.0	2.9	3.2
Slecht 2.9%	1.6	1.3	0.3	5.4	5.5	12.9	43.2	22.5	5.4	1.8	0.0	0.0	2.9	3.2
Topgrond 1.8%	1.7	0.5	0.3	0.7	0.9	3.5	21.8	44.2	19.8	6.1	0.3	0.1	2.2	2.5
Topgrond 1.8%	0.8	0.6	0.4	1.3	1.0	3.2	21.0	44.7	20.1	6.4	0.3	0.1	1.4	1.8
Topgrond 1.8%	1.3	0.5	0.4	1.0	0.9	3.4	21.4	44.5	19.9	6.2	0.3	0.1	1.8	2.2

NAAM MONSTER	U-CIJFER	M50-CIJFER
Slecht 6.6%	90.	134.
Slecht 6.6%	93.	135.
Slecht 3.8%	93.	133.
Slecht 3.8%	94.	134.
Slecht 2.9%	87.	133.
Slecht 2.9%	88.	134.
Topgrond 1.8%	60.	180.
Topgrond 1.8%	62.	181.

6.2. Vochtretentie

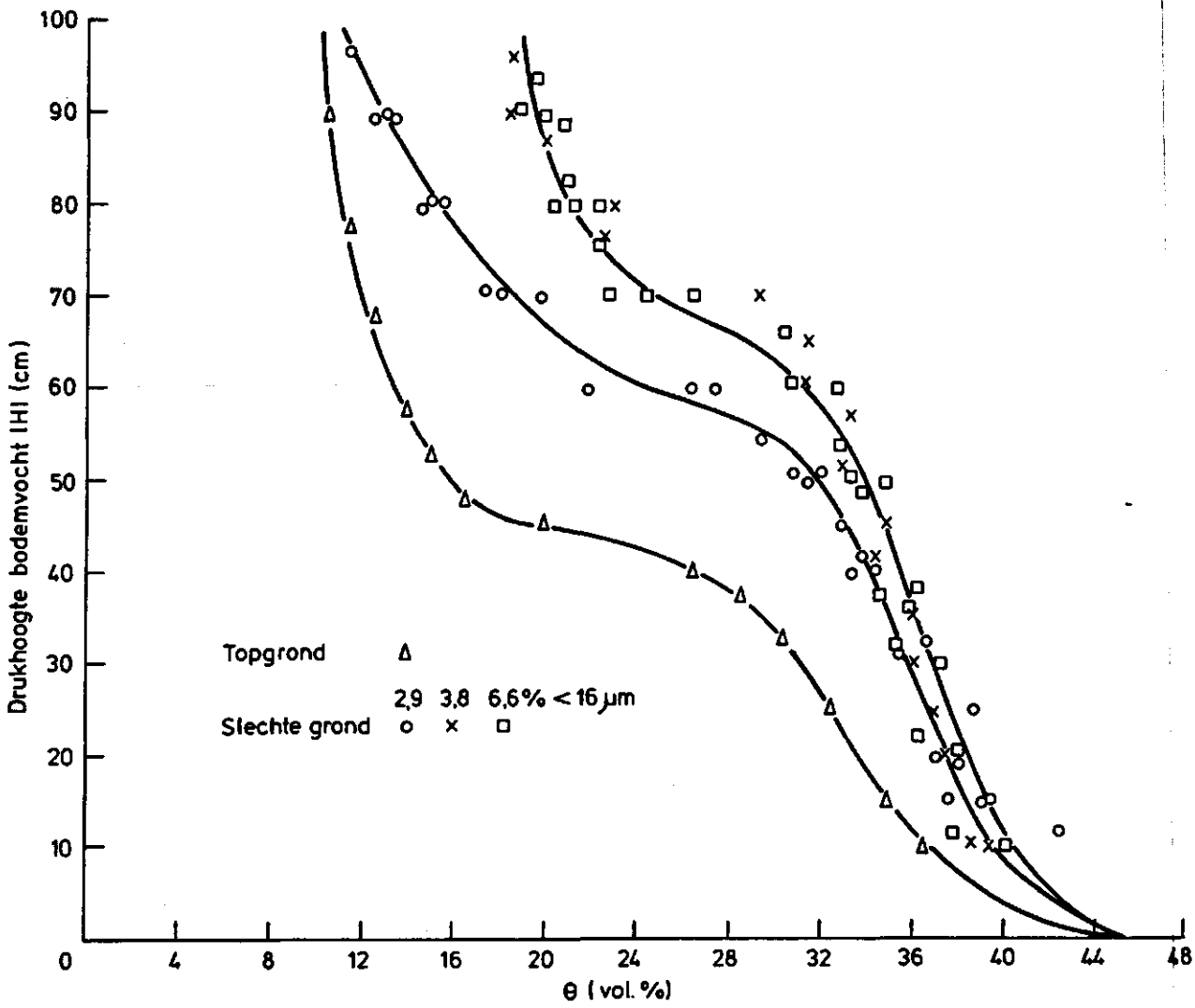


Fig. 8. Vochtretentiekarakteristieken van 4 mengsels bollengrond. Slechte grond gerangschikt naar percentage afslibbaar

Figuur 8 geeft de vochtretentiekarakteristieken van de tien monsters die zijn onderzocht met behulp van de verdampingsmethode. Daarbij is een monster bereid uit topgrond om als referentie te dienen voor de andere monsters.

Van alle curven van de grondmengsels met 3,8%- en 6,6% afslibbaar worden een aantal berekende punten weergegeven. Deze punten liggen echter zodanig dicht bij elkaar dat hierdoor slechts een representatieve curve getrokken is. Deze curve is dus getrokken aan de hand van waarnemingen aan zes monsters uit de verdampingsproef (4 maal 6,6% en 2

maal 3,8%). Ook de waarnemingen van de grond met 2,9% afslibbaar lagen zodanig dicht bij elkaar dat dit reden was om hier slechts één curve weer te geven. Deze curve is aan de hand van de resultaten van drie monsters getrokken.
Blijkbaar waren de verschillen in dichtheid te klein om duidelijk verschillende curven te bewerkstelligen. De dichtheid van de topgrond komt overeen met de in het veld gemeten waarde. De dichtheden van de laboratoriummonsters van de slechte grond zijn iets lager dan die van de veldwaarden, maar niet irreëel aangezien de veldmetingen van de slechte grond na het rooien zijn gedaan en zodoende iets dichter zullen uitvallen dan toen het gewas er nog opstond.
Frappant is het verschil tussen de curven slecht 2,9% en de curven slecht 3,8% en 6,6% en anderzijds het feit dat er geen verschil is tussen de curven slecht 3,8% en slecht 6,6%. Een verklaring hiervoor is niet zogauw te geven. De dichtheden van de monsters staan in de tabel 7.

Tabel 7. Dichtheden verdampingsproefmonsters gemeten aan het eind van de proef in $g.cm^{-3}$

Monster	Dichtheid	
topgrond	1.43	
slecht 2.9%	1.40	
slecht 2.9%	1.41	gemiddeld 1.427
slecht 2.9%	1.44	
slecht 3.8%	1.42	
slecht 3.8%	1.43	gemiddeld 1.425
slecht 6.6%	1.38	
slecht 6.6%	1.40	
slecht 6.6%	1.35	gemiddeld 1.373
slecht 6.6%	1.36	

Er valt over een betrouwbaarheidsgebied weinig te zeggen omdat het aantal vergelijkbare monsters elke keer maar zeer klein is. Het feit dat de monsters van de afzonderlijke mengsels resultaten geven die dicht bij elkaar liggen geeft wel het vermoeden dat de resultaten redelijk betrouwbaar zijn. Hierbij worden eventuele systematische fouten buiten beschouwing gelaten.
Bij de interpretatie van de bovenstaande curven dient men er rekening mee te houden dat de ontwateringsdiepte van de bloembollengronden niet erg groot is, namelijk gemiddeld 64 cm.
In de literatuur wordt het luchtgehalte waar beneden stagnatie van de groei optreedt 10 à 15 volumeprocenten genoemd. Als men bij |H| = 60 cm een horizontale lijn trekt stelt dit in theorie een stationaire veldsituatie (= geen verdamping of wateronttrekking door wortels) voor bij een ontwateringsdiepte van 60 cm. In een situatie als hier geschetst ziet men interessante verschillen optreden tussen de verschillende curven. De mengsels met een percentage slib van 3,8% en 6,6% zitten tot aan het maaiveld beneden het luchtvolume van 15 volumeprocenten, dat als ondergrens werd aangegeven. De curve met 2,9% slib vertoond een iets beter beeld terwijl de topgrond duidelijk een groter luchtvolume ter beschikking heeft in de wortelzone van 0-40 cm. Als de topgrond als referentie wordt genomen, dan moet worden geconstateerd dat het traject van |H| = 0 - 100 cm zeer grote verschillen te zien geeft. Wortels in de topgrond komen pas op een diepte van 30 cm in ademnood. Boven het grondwater kunnen de gronden top, slecht 2,9% en slecht 3,8/ 6,6% respectievelijk nog 134, 81 en 65 mm water bergen, uitgaande van grondwaterpeil op 70 cm -maaiveld (zie tabel 8). Dat is dus het geval er geen afvoer is en er geen ingesloten lucht aanwezig is. De grondwaterspiegel stijgt bij regenval bij profielen met meer dan 4% slib dus twee maal zo snel dan bij de topgrond. Bij hogere slibgehalten kunnen er bovendien eerder verdichte situaties of ondoorlatende lagen voorkomen waardoor de waterafvoer kan stagneren zodat op sommige momenten een bijna verzadigde situatie tot de mogelijkheden behoort.
In het geval dat er water onttrokken wordt door wortels en/of verdamping zal de situatie voor alle mengsels natuurlijk iets rooskleuriger zijn. In dat geval zal er sprake moeten zijn van een potentiaalgradiënt.

Tabel 8. De waterbergingsmogelijkheden in stationaire situatie van topgrond, 2,9% en 3,8% in mm water (aan de hand van fig. 8)

Grondwaterstand t.o.v. maaiveld in cm	Monsters topgrond	2.9%	3.8/6.6%
-10	6	3	3
-20	16	10	9
-30	29	18	16
-40	45	28	25
-50	71	40	35
-60	101	56	47
-70	134	81	65
-80	168	110	88
-90	202	141	113

Tabel 9. Luchtvolumen in procenten in veldmonsters 8 en 9 juli 1986 en in laboratoriummonsters van dezelfde grond

	Veldmonsters		Lab. monsters	
diepte	15-20cm	30-35cm	15-20cm	30-35cm
topgrond	30	20	28	13
slechte grond	7	6,5	10	8

In tabel 9 zien we dat in werkelijkheid de luchtvolumen in de topgrond inderdaad iets lager zijn. In de slechte grond is het luchtgehalte echter in werkelijkheid lager. De dichtheid van de veldmonsters was echter een stuk hoger dan die van de laboratoriummonsters namelijk 1,53 $g.cm^{-3}$ tegen de laboratoriummonsters rond de 1,38 $g.cm^{-3}$.
Bij beschouwing van het voorafgaande moeten we concluderen dat de vochtigheidskarakteristiek niet alleen bepaald wordt door het slibgehalte maar dat de rest van de korrelfracties in een grond evengoed van invloed zijn.

Als men het verschil tussen de vochtretentiecurven van de topgrond en die van de mengsels slechte grond beschouwt en men legt daarnaast de korrelgrootteverdeling van beide gronden, dan vraagt men zich af of de grotere korrelgroottefracties de vorm van de curve niet in minstens even grote mate bepalen als de slibfractie, aangezien bij de grotere fracties toch ook aanzienlijke verschillen optreden.
Wordt de zitting in de curve van figuur 8 nader beschouwd, dan ziet men dat deze bij de topgrond ongeveer ligt tussen de 30 en de 40 cm zuigspanning ($|H|$ = 30 - 40 cm). De slechte grond heeft de zitting hoger liggen, namelijk ongeveer tussen 50 en 80 cm zuigspanning ($|H|$ = 50 - 80 cm). Dit betekent dat deze gronden een groot aantal poriën bevatten waar lucht intreedt, respectievelijk tussen 30 en 50 cm zuigspanning en tussen 50 en 80 cm zuigspanning. Deze poriën vertegenwoordigen respectievelijk 40% en 34% van het totaal poriënvolume.
Als de gronden uit capillairen zouden bestaan, zouden volgens formule 1 bij bovengenoemde zuigspanningen de capillairen tussen respectievelijk 56 µm tot 90 µm en 35 µm tot 56 µm leeglopen. Maximale drukverschil dat tussen water in een capillair en de buitenlucht kan bestaan zonder dat lucht in de capillair treedt.

$$\Delta P = \frac{2\sigma}{R * 100} \text{ milibar} \qquad (1)$$

σ = oppervlaktespanning van water, 7.10^{-2} $N.m^{-1}$
R = kromtestraal van de meniscus (gelijk aan de straal van de capillair)

Men kan zich af vragen of de korrelgrootteverdeling en de poriënverdeling van een grond verband met elkaar hebben. De poriën in een zandgrond zijn de openingen die zich bevinden tussen de opeengestapelde zandkorrels. De vorm en grootte van deze poriën zijn afhankelijk van de vorm en grootte van de zandkorrels. De typische vorm van de drukhoogte-vochtigheidrelatie die afhankelijk is van de porienverdeling in de grond, is dus ook afhankelijk van de korrelgrootteverdeling in de grond. Te verwachten lijkt ook dat de fracties met de grootste gewichtspercentages de grootste invloed hebben.

In figuur 9 staan de curven van de drukhoogte-vochtigheidrelaties van zeven zandgronden waarbij ook de topgrond en de slechte grond. De andere curven zijn de resultaten van monsters die ook geanalyseerd zijn met behulp van de verdampingsmethode ten behoeve van een onderzoek naar de bespeelbaarheid van sportvelden (HORST, 1987). In het typische stoelgedeelte van de curven van figuur 9 loopt over een kleine verlaging van de drukhoogte een groot gedeelte van het water uit de grond.

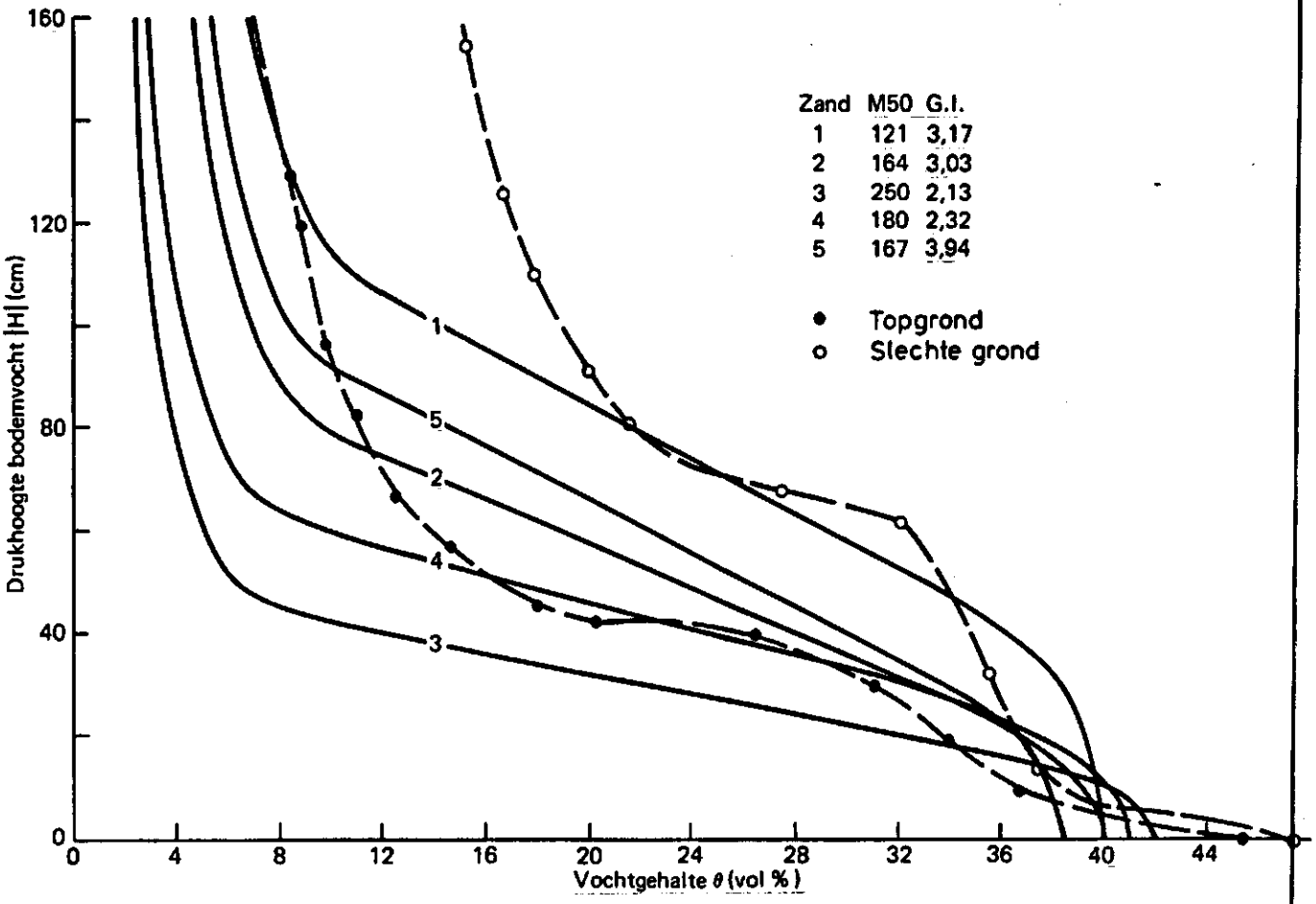


Fig. 9. Vochtretentiecurven van 7 zandgronden

Het is interessant om te weten of dit gedeelte van de curven te vangen is in termen van korrelgrootteverdeling aangezien het zittinggedeelte van de curven bij de onderzochte bollengronden zich afspeelt in de veld situatie.

Tabel 10 geeft van elke curve van figuur 9 de drukhoogte waartussen het zittinggedeelte zich bevind. Daarnaast staan de equivalente diameters van de capillairen die een luchtintreewaarde hebben gelijk aan de gevonden drukhoogten (berekend met formule 1); dus de drukhoogte waar deze capillairen hun water verliezen. Daarnaast staan de boven- en ondergrens van de gezamelijke korrelgroottefracties die elk apart meer dan 10% van de minerale delen bevatten.

Tabel 10. Enige gegevens van een aantal zandgronden aan de hand van hun pF-curve en hun korrelgrootteverdeling

Grond	Typerende drukhoogte grenzen	Equival. capill. diameter	Fractiegrenzen van fracties met >= 10 gew.% minerale delen.	Droog volume gewicht
	cm	µm	µm	g/cm^3
1	40 - 100	70- 28	210 - 50	1,60
2	20 - 80	140- 35	300 - 50	1,60
3	15 - 50	186- 56	420 - 150	1,55
4	20 - 65	140- 43	300 - 105	1,55
5	22 - 93	127- 30	420 - 50	1,63
top grond	30 - 55	93- 51	300 - 105	1,43
slecht 6,6%	55 - 80	51- 36	210 - 75	1,37

Met de lineaire regressiemethode vinden we een verhouding ondergrens equivalente capillair diameter: ondergrens korrelfractie = 1:2,18 en bovengrens equivalente capillair diameter: bovengrens korrelfractie = 1:2,57. Standaardafwijking ondergrens = 18 µm , standaardafwijking bovengrens = 80 µm.
We vinden dus een verhouding tussen de aan de typerende drukhoogten verbonden equivalente diameters van de grenzen van de zitting in de vochtretentiecurve en het totaal van de korrelfracties met de grootste gewichtspercentages van ongeveer 1:2,5.

Men moet zich bedenken dat onze proefgronden een gelijkmatige verdeling vertonen van zandfracties in een beperkt gebied. Het valt te betwijfelen of een zandgrond die is opgebouwd uit zandfracties van sterk uiteenlopende diameter eenzelfde gedrag vertoont als onze homogene proefgronden.
Het zittinggedeelte van de vochtretentiecurven strekt zich uit over een bepaald poriënvolume (het vocht bevindt zich immers in het poriënvolume). Men zou zeggen dat als het gewichtspercentage van de berekende korrelfracties, die in verband lijken te staan met de gemeten drukhoogten van het zittinggedeelte van de curve, groter wordt, het poriënvolume dat leegloopt ook groter wordt.
Dit kunnen we nagaan aan de hand van de berekende fracties. Dit is gedaan in tabel 11.

Tabel 11.

Zand-grond	Korrelfrac. grenzen berekend aan de hand van typ. drukhoogten µm	Gew.perc. min.delen van de typerende korrelfracties %	Gewichts perc. minerale delen < 50 µm %	Vol. % water verlies %
1	61- 180	88	2,3	27
2	76- 360	98,6	1,1	29
3	122- 480	99,5	-	35
4	94- 360	98,3	-	33
5	65- 326	99,9	1,4	26
top grond	111- 240	85,8	3,2	18
6,6% grond	78- 131	50	14,9	12

Zoals men ziet gaat bovenstaande veronderstelling over de breedte van de zitting in de vochtretentiecurve, niet echt op. Opvallend is wel de overeenkomst van de breedte van de zitting met het percentage delen kleiner dan 50 µm.
Dit valt te verklaren uit het feit dat de kleine delen zich in de grote poriën tussen de grotere korrels nestelen. Het aantal grote

poriën neemt zodoende af en het aantal kleine poriën neemt toe. Zo kan men ook verklaren dat een toenemend percentage fijne delen (< 50 µm) een toenemende dichtheid en een afnemend poriënvolume tot gevolg heeft (HORST, 1987). Ook aan het meer naar rechts verschoven verloop van het hogere gedeelte van de vochtretentiecurve is te zien dat zich meer kleine poriën hebben gevormd.
Wij hebben hier te doen met vrij homogene zandgronden met weinig uiteenlopende korrelgrootten waardoor de zandkorrels een vrij open matrix vormen. Zodra echter een korrelfractie van sterk afwijkende kleinere diameter wordt toegevoegd gaat dit niet meer op, omdat deze korrels de aanwezige porien opvullen, of andersom, veel grotere korrels vormen een matrix waartussen de kleine korrels kunnen zitten. Deze redenering volgend mag bij bezanden de korrelgrootte van het bij te mengen materiaal niet zeer sterk van het oorspronkelijke materiaal afwijken.
Een mooie bollengrond verliest een groot deel van zijn water het liefst tussen de 20 en de 40 centimeter van het freatisch vlak; zodat de grond veel lucht bevat en het capillaire water toch fijn bereikbaar is voor de wortels. Deze drukhoogten passen bij capillairen met een equivalente diameter tussen de 140 en 70 µm. Dit komt volgens eerdergenoemde berekeningen overeen met een zandgrond, waarbij we meer dan 95 gewichtsprocenten van de korrels homogeen verdeeld willen hebben in de korrelfracties tussen de 150 en de 360 µm waarbij we het percentage leem zeker niet groter willen hebben dan dat van de topgrond, namelijk ongeveer 3% (zie tabel 11). Als we tabel 11 bestuderen dan lijkt het haast (geen bewijs!) dat de kleinste fracties (< 50 µm) bij een slibhoudende zandgrond een grote invloed hebben op de hoeveelheid water die in de zitting van de vochtretentiecurve uit de grond loopt (volume % waterverlies).
Het spreekt voor zich dat bovenstaande beweringen geen absolute uitspraken zijn. Voor de berekening van de gevonden verhoudingen zijn niet veel monsters gebruikt.

6.3. K-h relatie

De relatie tussen de doorlaatfactor K en de zuigspanning h is natuurlijk afhankelijk van de poriënverdeling en vertoont daardoor een zekere relatie met de vochtretentiecurve.

Bij verdichting zullen kleine poriën ontstaan ten koste van grote poriën, zodat de doorlatendheid geleidelijk zal afnemen.
Figuur 10 geeft de gemeten K-h relatie van een drietal monsters. We zien inderdaad dat de curve van de meest verdichte grond een geleidelijker afname vertoond. We zien ook dat de verzadigde waterdoorlatendheid afneemt bij verdichting. Ook de invloed van het slibgehalte is duidelijk waarneembaar.
Alle monsters zijn rond het verzadigingspunt goed doorlatend, zo rond de 1 meter per etmaal. Dit is in ons geval van belang omdat we geïnteresseerd zijn in het gedrag van onze bollengronden in natte omstandigheden. De klacht is onder andere een periodiek te natte grond. De metingen lijken geen indicatie te geven voor een dramatische afname van de doorlatendheid bij toenemende dichtheid, of toenemend slibgehalte. De metingen zijn echter te beperkt van aantal om hieraan absolute conclusies te kunnen verbinden. Er is een te kleine variatie in dichtheden.

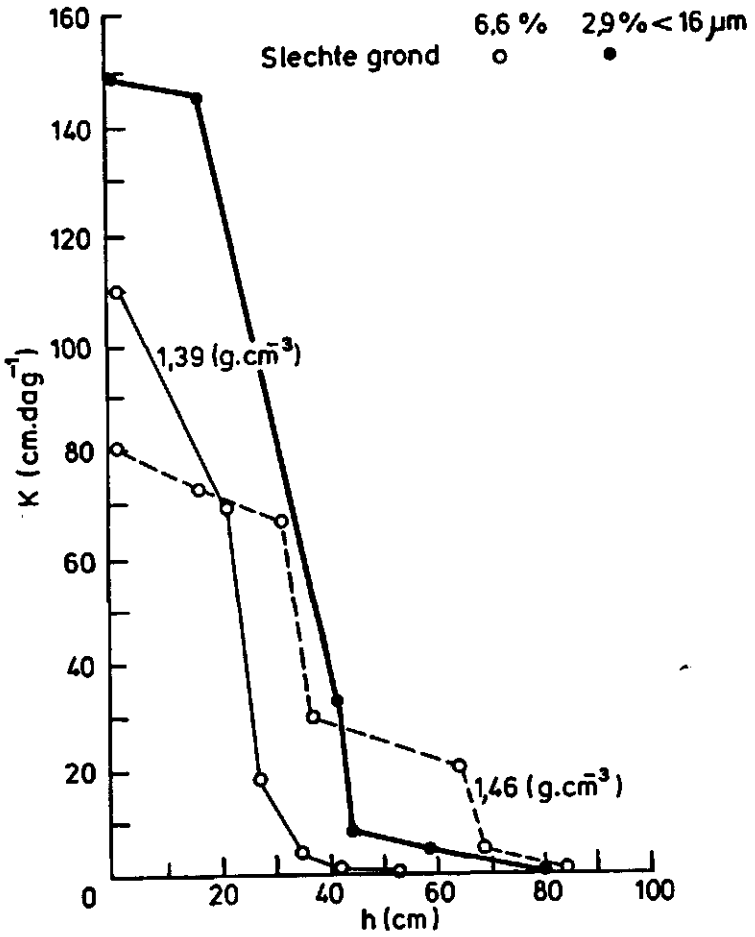


Fig. 10. K-h relatie van een drietal monsters bollengrond

7. KALK- EN ORGANISCHE STOF GEHALTEN

7.1. Het kalkgehalte

Het kalkgehalte van alle proefplekken is bepaald van de laag 15-20 cm en de laag 30-35 cm afzonderlijk. Elke bepaling is in drievoud uitgevoerd. Van de zes gevallen blijkt het kalkgehalte in de bovenlaag drie maal het hoogste en in de onderlaag drie maal. Hier is dus geen tendens te ontdekken (tabel 12). In de monsters bevond zich ook schelpgruis wat meegemeten wordt in het kalkpercentage. Het meeste schelpgruis bevond zich in de monster slechte grond en bezande grond.
De bepalingen vertonen over het algemeen een grote standaardafwijking. Waarschijnlijk wordt dit veroorzaakt door de aanwezigheid van nogal wat schelpgruis in de monsters.

Tabel 12. Gewichtspercentage $CaCO_3$ (%) op twee diepten in de bodem

diepte	15 - 20 cm		30 - 35 cm	
plek	1	2	1	2
topgrond	0,50	0,42	0,15	0,58
slechte grond	2,24	1,65	1,31	1,95
bezande grond	1,39	0,93	1,31	1,92

In tegenstelling tot de Zuidhollandse bollenstreek (zie 1.3) heeft onze topgrond een laag kalkgehalte.

7.2. Het organische stofgehalte

7.2.1. Verdeling in de grond

Het organische stofgehalte van elk monster is telkens in drievoud bepaald. Per proefplek hield dat in 8 bepalingen in drievoud; namelijk vier bepalingen verlopende van het spuitspoor naar het midden van het zaaibed en dit op twee diepten: (15-20 cm) en (30-35 cm).

Bij vergelijking van de organische stofgehalten in het midden van het zaaibed met die in het spuitspoor blijkt van de twaalf keer in negen gevallen het gehalte in het spoor het hoogste te zijn.
Misschien is dit omdat het stro dat 's winters wordt gebruikt als mulch in de paden wordt gereden en er dus niet wordt afgehaald. Vergelijkt men de laag 15-20 cm met de laag 30-35 cm dan blijkt dat van de zes gevallen, twee maal de bovenlaag het hoogste gehalte organische stof te hebben en drie maal de onderlaag, terwijl ze één maal gelijk zijn. Deze gehalten zijn berekend door middeling van twaalf organische stof bepalingen.
De metingen aan het organische stof gehalte van de bezande grond laten de grootste spreiding zien. Dit zou kunnen zijn omdat deze grond nog niet goed gemengd was. Deze grond vertoonde een zeer vlekkerig profiel.

Tabel 13. Gewichtspercentage organische stof op twee diepten in de bodem (gemiddeld)

Diepte	15 - 20 cm		30 - 35 cm	
perceel	1	2	1	2
topgrond	1,56	1,37	1,56	1,40
slechte grond	2,01	2,06	2,17	2,13
bezande grond	2,01	1,97	1,84	1,81

Tabel 14. Gewichtspercentage organische stof in wielspoor en midden zaaibed op twee diepten in de bodem

Diepte	15 - 20 cm		30 - 35 cm	
plaats	spoor	midden	spoor	midden
topgrond1	1,52	1,52	1,46	1,59
topgrond2	1,32	1,47	1,47	1,44
slechte 1	2,15	1,94	2,25	2,19
grond 2	2,12	1,96	2,17	1,88
bezande 1	2,18	2,02	2,20	1,75
grond 2	1,98	1,56	2,16	1,55

8. CONCLUSIES

8.1. Water en lucht

De voorafgaande hoofdstukken wijzen duidelijk op twee tendenzen; namelijk de invloed van de fijnheid van het zand en de hoeveelheid slib. Een fijne homogene zandgrond heeft kleinere poriën dan een grovere homogene zandgrond. Het slib vult en verkleint de poriën. Is de korrelopbouw zodanig, dat de ruimten tussen de grove korrels netjes worden opgevuld door fijnere korrels en de overblijvende ruimte weer gevuld kan worden door nog kleinere delen, dan kunnen grote dichtheden met lage poriënvolumes gecreëerd worden. Een fijne zandgrond is veel verder van het freatisch vlak nog gevuld met water. Bovendien zorgt een hoeveelheid slib ervoor dat de grond ook nog eens minder ver leegloopt binnen redelijke afstand van het freatisch vlak. De luchthuishouding en waterhuishouding is bij een fijne zandgrond dus duidelijk slechter dan bij een grovere zandgrond met haast geen lutum. Bij de bij bollenteelt gebruikelijke grondwaterstand van ongeveer 60 cm-mv levert een dergelijke fijne zandgrond met wat slib al snel problemen op.
Bovendien zijn er natuurlijk door genoemde verschillen in de grond verschillen in warmtehuishouding vooral door de verschillende vochtigheidsgraden die in de gronden heersen.
Uit het onderzoek volgen enige vrij duidelijk te constateren fysische verschillen in de beschouwde gronden en aangenomen kan worden (mede op grond van de in het begin geciteerde bronnen) dat bepaalde verschillen positieve ofwel negatieve invloed hebben.

8.2. Dichtheden

Een vervelende constatering is het feit dat de fijnere gronden met een hoeveelheid slib wat verdichting betreft in een vicieuze cirkel terechtkomen. Doordat ze fijner zijn en lutum bevatten zijn ze natter en makkelijker verdichtbaar en doordat ze dichter worden worden ze natter en dus weer makkelijker verdichtbaar.

Met de verdichting neemt het poriënvolume en het aantal grote poriën af, waardoor de lucht- en waterhuishouding nadelig worden beïnvloed. Bovendien nemen bij toenemende dichtheden de indringingsweerstanden toe.
Zoals in hoofdstuk 1 reeds vermeld zijn plantenwortels gevoelig voor de indringingsweerstand en bestaat er een limiet waarbij de wortelgroei stagneert. Aan de gegevens uit hoofdstuk 5 kunnen we zien dat de slecht genoemde grond wat dit betreft inderdaad slecht is.

8.3. Kalk

Het blijkt dat onze topgronden (zie ook bijlagen) slechts weinig kalk bevatten, dit is in tegenspraak met wat we lezen in sectie 1.2 over goede bollengronden. Het zou kunnen zijn dat de goede bollengrond in Zuid-Holland nu eenmaal veel kalk bevat zonder dat dat verder van invloed is op de opbrengsten van die gronden. Zodoende zouden we in Noord-Holland bollengronden kunnen hebben met een lager kalkgehalte die toch zeer goed zijn.
Uit de resultaten die gekregen zijn door kalkmetingen te doen op twee diepten in de bodem kunnen,behalve dat de verschillen klein zijn, geen verdere conclusies worden getrokken.

8.4. Organische stof

Van de organische stofgehalten in de verschillende percelen is het gehalte in de goede grond het laagst, zoals dat meer voorkomt bij een lichtere grond. De gemeten percentages van rond de 1,5% en hoger zijn voldoende als men de vuistregels uit de praktijk aanhoud die zeggen dat men een minimum percentage van 1,5% organische stof moet hebben om voedingsproblemen te voorkomen. De organische stofgehalten van de topgrond zitten precies op de grens van wat volgens de vuistregel goed is.
Uit de metingen van organische stofgehalten op verschillende diepten in de bodem en op verschillende plaatsen in het zaaibed komen geen significante verschillen naar voren en kunnen verder geen conclusies worden getrokken.

8.5. Verslemping en korrelgrootteverdeling

Er wordt geregeld geopperd dat verslemping een van de problemen van de Noordhollandse bollenstreek is. Dit houdt in dat de grond bij aanhoudende neerslag dichtslaat als gevolg van het vormen van ondoorlatende lutumlaagjes. Men neemt aan dat het feit dat in de van toepassing zijnde gronden slechts een enkelkorrelstructuur aanwezig is en dat het mobiel zijn van de kleine deeltjes een oorzaak van de problemen is.
Als ik echter de gegevens van het voorafgaande in overweging neem dan lijkt mij eerder dat er ook een ander probleem aan de orde is. In het voorafgaande blijkt dat hoe fijner de grond is hoe meer water hij bevat, vooral in de situaties waarbij de grond ondiep ontwaterd is.
Het lijkt dat de fijnheid van de zandfractie voor een groot gedeelte het punt bepaalt waarop een groot deel van het water uit de grond loopt en dat het slibgehalte veel invloed heeft op hoeveel water op dit punt uit de grond verdwijnt. Daarom lijkt het logischer dat slempige gronden op een gegeven moment te nat worden doordat het freatisch vlak bij regenval snel omhoog komt. De grond wordt dan niet direkt ondoorlatend maar hij komt gewoon te vol met water te zitten doordat dat bij de fysische eigenschappen van de grond hoort. Dat betekent dat niet alleen als er oppervlakkig water te zien is maar ook gedurende de resterende tijd er te weinig lucht in het profiel aanwezig is.
Uit het onderzoek volgt de reden voor het ongeschikt zijn van fijne zanden met een grote leemfractie voor de bollenteelt. De korrelopbouw is bij een dergelijke grond namelijk zodanig dat de ruimten tussen de grotere korrels kunnen worden opgevuld door de fijnere delen. De grond is daardoor ook gemakkelijk tot hoge waarden te verdichten. Het poriënvolume is verdeeld over een groot aantal kleine poriën met een hoge luchtintreewaarde, waardoor het water lang vast wordt gehouden. Het luchtvolume in de grond blijft daardoor (te) laag. Door de vrij hoge grondwaterstanden die bij de bollenteelt gebruikelijk zijn blijft de grond tot aan het maaiveld te nat.
Maatregelen die tot verbetering van deze gronden kunnen leiden zijn:
a. grondwaterstandsverlaging;
b. bezanding.

Ad a: Grondwaterstandsverlaging zal waarschijnlijk een verbetering zijn. In dat geval zal het profiel meer water op kunnen nemen tijdens regenval. De bodem zal minder nat zijn, hierdoor minder gauw verdichten en verslempen. Hoe groot de verbetering precies zal zijn is niet bekend. Dit was ook niet het doel van het onderzoek.
Een probleem bij grondwaterstandsverlaging is dat de zandlaag vaak dun is en dat een diepe drainage in de kleilaag gelegd moet worden. Hiervoor is men huiverig. Ook de klei uit de gegraven drainsleuf moet ergens naartoe.

Ad b: Bezanding met zand met weinig slib en fijnzand lijkt een goede mogelijkheid om fijne zandgronden met een relatief hoge fijne fractie te verbeteren. De hoeveelheden grof zand zullen echter aanzienlijk moeten zijn. Van het bijgevoegde zand mogen de grovere fracties niet zoveel afwijken van de grovere fracties van het oorspronkelijke materiaal dat de ruimten tussen bijgevoegde grove zandkorrels weer netjes kunnen worden opgevuld door het al aanwezige fijne zand. Hiervoor zou het toegevoegde zand echter wel heel erg grof moeten zijn. Theoretisch moeten de diameters van twee zandfracties een factor zeven verschillen, willen zandkorrels van de ene fractie kunnen passen in de holtes die worden gevormd door tussen zandkorrels van de grootste fractie. Uit hoofdstuk 7 volgt een volgende samenstelling van een goede bollengrond: een homogeen verdeelde zandgrond waar meer dan 95% van de minerale delen een diameter hebben tussen de 150 en 360 µm en met niet meer dan drie procent leem(fractie < 50 µm. Dit is natuurlijk geen wet van Meden en Perzen; het aantal metingen is te klein om een exacte beschrijving van effecten van slib/fijnzandgehalte op de fysische eigenschappen van de desbetreffende zandgronden te geven.

8.6. Aanbevelingen voor verder onderzoek

Voor verder onderzoek zijn een aantal mogelijkheden aanwezig. Om de bevindingen uit dit onderzoek scherper te kunnen stellen, als eerste nog een beperkte serie vochtretentie bepalingen van een aantal specifieke bollengronden met de gronden van dit onderzoek als referentie.

Het meest interessante is om percelen uit te kiezen waar in een afgelopen seizoen duidelijke uitval plekken zijn geweest. Hier kan men het materiaal in de uitvalplek vergelijken met het materiaal in de rest van het perceel. Uiteraard dient een dergelijk onderzoek gepaard te gaan met een onderzoek naar het verloop van het bodemprofiel in een dergelijk perceel en het verloop van de hoogtelijnen in het perceel, aangezien uit het voorafgaande onderzoek duidelijk is gebleken dat een depressie van 10 tot 20 centimeter in de maaiveldligging ingrijpende gevolgen zou kunnen hebben voor de lucht- en waterhuishouding op die plaats. Van alle onderzochte gronden dienen de korrelgrootte verdelingen bepaald te worden. Dit alles om het inzicht in de invloed van het slibgehalte en de rest van de korrelfracties op de ontwateringstoestand van de bodem nog verder te vergroten, dit is eigenlijk het punt waar alles om draait. Ook kunnen nog $K-|H|$ bepalingen gedaan worden. De verdampingsmethode is hier niet de goede methode aangezien we vooral geinteresseerd zijn in lage drukhoogten tot $|H| = 100$ cm.
De gegevens van de onderzoeken kunnen verder gebruikt worden in computer modellen voor simulatie van grondwaterstroming. Zodat het inzicht in het bodemgedrag nog weer verder vergroot kan worden.
Een ander punt is het vergelijken van opbrengstgegevens. Om uiteindelijk op een bepaalde manier definitief inzicht in de kwaliteit van een grond voor de teelt voor bloembollen te kunnen krijgen zal er toch op een bepaalde manier een vergelijking moeten worden getrokken tussen opbrengstresultaten van verschillende percelen. Hoe dit bewerkstelligd moet worden blijft de vraag. De resultaten van proefplekkenonderzoek zijn tot nu toe weinig succesvol geweest (opm. G.G.M. van der Valk).
Verder loopt men nog aan tegen een paar variabelen waar literatuuronderzoek naar gedaan kan worden. Namelijk: het kalkgehalte, het organische stofgehalte, het verschillende temperatuurgedrag van de grond door verschillende vochtigheidstoestanden en de invloed daarvan op verschillende grootheden zoals de groei van de plant, de chemische toestand enz.
In de bloembollenteelt speelt de vroegheid echter geen rol van betekenis (opm. G.G.M. van der Valk).

9. SAMENVATTING

Vanwege de toenemende vraag naar bloembollengronden worden steeds meer voor de bloembollenteelt marginale gronden in gebruik genomen. Deze marginale gronden zijn fijnzandiger en lutumrijker dan de gronden die als geschikt worden beschouwd.
De marginale bollengronden worden bezand met uit zee gewonnen zand, dat grover van samenstelling is dan het oorspronkelijke materiaal. Met het bezanden wordt getracht de korrelsamenstelling van de goede bollengronden te benaderen.
Allereerst is er enig literatuuronderzoek verricht om meer inzicht te krijgen in de eisen die aan de samenstelling van een bollengrond gesteld zouden moeten worden. Daarna is er een serie vergelijkende veld en laboratoriumproeven gedaan om inzicht te krijgen in het bodemtechnische effect van bezanding van de marginale bollengronden. Een aantal percelen: een goede, een slechte en een bezande, zijn onderzocht op een een aantal bodemtechnische faktoren zoals dichtheid, vochtigheid, organische stof gehalte, kalkgehalte en penetrometerwaarden. In het laboratorium is van een aantal kunstmatig verschraalde monsters, en van monsters goede en slechte bollengrond, de vochtretentie en de K-|H| curven bepaald.
Aangezien de problematiek zich lijkt te concentreren rond de vochtretentie, is getracht een relatie te zoeken tussen de korrelgrootte-verdeling en de vochtretentie-curve.
Het unieke aan de onderzochte bollengronden is de combinatie van een lage ontwateringsdiepte van gemiddeld 64 cm -maaiveld (algemeen gemiddelde voor Noord-Holland) en een typisch verloop van de vochtretentiecurve in het traject tussen het freatisch vlak en maaiveld, waar de wortels, die zich voornamelijk bevinden tot 40 cm diepte, enerzijds veel lucht in de grond aantreffen en anderzijds veel capillair grondwater tot hun beschikking hebben. Deze karakteristiek verloopt bij toenemend gewichtspercentage minerale delen kleiner dan 50 µm, in voor het gewas negatieve zin, dat wil zeggen een kleiner volume percentage lucht en een groter volumepercentage water. Waardoor dus ook het bergingsvermogen voor water afneemt.
Er wordt ook een kleinere doorlatendheid gevonden bij een groter percentage silt.

De in het veld onderzochte grootheden als dichtheden, luchtvolumen, indringingswaarden laten voor het goede perceel een positiever beeld zien. De gemeten kalk- en organische stofgehalten geven geen reden tot dramatische conclusies, of het moest zijn dat het goede perceel een laag kalkgehalte (0.4 gewichts %) heeft, in tegenstelling tot wat de algemeen geldende opvatting hierover is.

LITERATUURLIJST

BAKKER, J.W., 1978. Snelle vochtspanningsmetingen door tensiometers met elektrische drukopnemers. Landbouwkundig Tijdschrift 90, no. 5.

BEUVING, J., 1979. Invloed van organische stof en lutum op de verdichtbaarheid en de mechanische sterkte van zand. ICW nota 1076, Wageningen.

BOELS, D., J.B.H.M. VAN GILS, G.J. VEERMAN en K.H. DE WIT, 1978. Theory and system of automatic determination of soil moisture characteristics and unsaturated hydraulic conductivities. Soil science 126(4), pp 191-199.

DIRKSEN, C en P. KOOREVAAR, 1983. Elements of soil physics, 2nd revised edition, Vakgroep Bodemkunde en Bemestingsleer LUW, Wageningen.

HAAN, F.A.M. DE en G.G.M. VAN DER VALK, 1969. Gevolgen van bodemverdichting voor de produktie van bloembolgewassen. ICW nota 498, Wageningen.

——— en G.G.M. VAN DER VALK, 1971. Invloed van de dichtheid van de grond en van de grondbewerkingsdiepte op de produktie van enkele bloembolgewassen. ICW nota 589, Wageningen.

HORST, P. VAN DER, 1987. De invloed van gradatie en leemgehalte op vochtretentie, doorlatentheid en stabiliteit van zand voor toplaagconstructies van trainingsvelden. ICW nota 1750, Wageningen.

KALISVAART, C, 1934. Over de mechanische samenstelling en de praktische waardering van een aantal Hollandsche zeezandgronden, Verslagen van Landbouwkundige Onderzoekingen 41B, Rijksuitgeverij, 's-Gravenhage.

KUNIS, J, 1984. Verslag van stage bij het Consulentschap voor de Tuinbouw te Hoorn, 's-Hertogenbosch.

MEER, K. VAN DER, 1952. De bloembollenstreek, Staatsuitgeverij, Verslagen van landbouwkundige onderzoekingen, STIBOKA, Wageningen.

MULDER, D.P.J., 1956. Stikstofbemesting in de bloembollenteelt. Mededelingen Directeur van de Tuinbouw, 19(1956)8/9 (aug/sept). pp 706-715.

VALK, G.G.M. VAN DER, 1974. Invloed van bodemverdichting op de produktie van bloembollen op duinzandgronden. Laboratorium voor Bloembollenonderzoek, Rapport 21, januari 1974, Lisse.

WIND, G., 1966. Capillary conductivity data estimated by a simple method. Water in the unsaturated zone. Symp. Proc. UNESCO/-IASH. Verspreide overdrukken van het ICW, no 80, Wageningen.

AANVULLENDE LITERATUUR

BOEKEL, P. en L. Bregman, 1959. Moeilijkheden met de waterhuishouding in de polder Zijpe. Landbouwvoorlichting, juni 1959, pp 293-297.

——— 1965. Teelt van tulpen op slempige gronden. Mededelingen Directie Tuinbouw juli/augustus 1965, pp 381-387.

——— 1969. Teelt van tulpen op lichte zavelgronden. Tuinbouwmededelingen 32 (1969) 3 (maart), pp 102-109.

——— 1970. Verbetering en handhaving van de bodemstructuur op klei- en zavelgronden. Bedrijfsontwikkeling 1(1970) 1(mei), editie Akkerbouw. pp 25-31.

BOODT, M. DE en R. Hartmann, 1974. The influence of the moisture content, texture and organic matter on the aggregation of sandy and loamy soils. Geoderma, 11(1974), pp 53-62.

FAHMI, M.I., 1961. The influence of clay particles on the hydraulic conductivity of sandy soils. Proefschrift Landbouw Hogeschool, Wageningen.

HOUBEN, J.M.M.Th., 1981. Bodemdichtheid en gewasgroei. Bedrijfsontwikkeling jaargang 12(1981) 12(december), pp 1097-1104.

MEIJLES, J.G., 1986. Bloembollenteelt in het noordelijk zandgebied, Provinciale Waterstaat van Noord-Holland, november 1986, Haarlem.

PELGRUM, A., 1963. Gevoeligheid voor verslemping van lichte klei- en zavelgronden. Landbouwvoorlichting nov/dec. 1963, pp 637-645.

BIJLAGEN

Inhoud.

Uitkomsten van metingen aan veldmonsters. 56
Uitkomsten van alle kalkmetingen. 64
Het verloop van de penetrometerwaarden met de diepte beneden maaiveld. 68

Uitkomsten van metingen aan veldmonsters.

PLAATS: TOPGROND
DATUM: 8 en 9-7-86
MONSTERNEMER: T. ROIJAARDS
BIJZONDERHEDEN: MOOISTE BOLLENGROND 2

MNST (NR)	DIEPTE (CM)	DROOG VOLUME GEWICHT (G/CM3)	VOLUME VOCHT GEHALTE (%)	GEWICHTS-VOCHT-GEHALTE (%)	PORIEN VOLUME (%)	LUCHT VOLUME (%)	GEWICHTS PERCENTAGE ORG. STOF (%)	L/P	OPMERKINGEN
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.66	27.7	16.6	36.4	8.7	1.52	0.24	IN SPUITSPOOR PLEK1 3 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.49	18.6	12.5	43.3	24.7	1.58	0.57	25CM VAN HART SPUIT-SPOOR(PLEK1) 3 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.46	17.3	11.9	44.3	27.0	1.62	0.61	50CM VAN HART SPUIT-SPOOR(PLEK1) 3 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.43	15.7	10.9	45.3	29.6	1.52	0.65	75CM VAN HART SPUIT-SPOOR(PLEK1) 3 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.68	27.8	16.6	35.9	8.1	1.32	0.23	IN SPUITSPOOR PLEK2 5 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.05	1.42	20.6	14.3	45.8	25.2	1.33	0.54	37CM VAN HART SPUIT-SPOOR(PLEK2) 5 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.40	16.2	11.6	46.5	30.2	1.47	0.65	MIDDEN ZAAIBED PLEK2 5 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.61	27.6	17.1	38.3	10.7	1.46	0.28	IN SPUITSPOOR PLEK1 3 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.59	25.6	16.1	39.3	13.6	1.46	0.35	25CM VAN HART SPUITSPOOR PLEK1 3 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.47	22.4	15.3	43.9	21.5	1.73	0.49	50CM VAN HART SPUITSPOOR PLEK1 3 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.42	19.4	13.7	45.8	26.4	1.59	0.58	MIDDEN ZAAIBED PLEK1 3 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.64	29.9	18.2	37.5	7.6	1.47	0.20	IN SPUITSPOOR PLEK2 5 MONSTER(S)

30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.50	31.5	21.0	43.0	11.5	1.30	0.27	37CM VAN HART SPUITSPOOR PLEK2 5 MONSTER(S)
30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.43	30.6	21.5	45.6	15.0	1.44	0.33	MIDDEN ZAAIBED PLEK2 5 MONSTER(S)

PLAATS: BEZAND
DATUM: 9-7-86
MONSTERNEMER: TIJS ROIJAARDS
BIJZONDERHEDEN: BEZAND PERCEEL MET TULPEN OP RUGGEN

MNST (NR)	DIEPTE (CM)	DROOG VOLUME GEWICHT (G/CM3)	VOLUME VOCHT GEHALTE (%)	GEWICHTS-VOCHT-GEHALTE (%)	PORIEN VOLUME (%)	LUCHT VOLUME (%)	GEWICHTS PERCENTAGE ORG. STOF (%)	L/P	OPMERKINGEN
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.06	1.62	20.4	12.6	37.6	17.2	2.18	0.46	PLEK1 IN SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.52	16.2	10.7	41.8	25.6	1.99	0.61	PLEK1 25CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.46	15.5	10.7	44.2	28.7	1.87	0.65	PLEK1 50CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.47	15.5	10.5	43.6	28.1	2.02	0.64	PLEK1 MIDDEN ZAAIBED(DAL) 4 MONSTER(S)
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.67	18.3	10.9	35.9	17.6	1.98	0.49	PLEK2 IN SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.52	16.5	10.8	41.5	25.0	2.19	0.60	PLEK2 25CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.50	17.7	11.8	42.4	24.7	2.15	0.58	PLEK2 50CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	20-25 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.54	17.4	11.3	41.2	23.8	1.56	0.58	PLEK2 MIDDEN ZAAIBED(DAL) 4 MONSTER(S)
	35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.64	23.0	14.0	37.2	14.2	2.20	0.38	PLEK1 IN SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.59	17.5	11.0	39.0	21.5	1.79	0.55	PLEK1 25CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.53	16.1	10.5	41.6	25.4	1.61	0.61	PLEK1 50CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
	35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.05	1.57	18.5	11.8	39.9	21.3	1.75	0.53	PLEK1 MIDDEN ZAAIBED(DAL) 4 MONSTER(S)

35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.05	1.65	24.1	14.5	36.6	12.5	2.16	0.34	PLEK2 IN SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.06	1.61	20.8	13.0	38.4	17.6	1.87	0.45	PLEK2 25CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.05	1.56	20.3	13.0	40.2	19.9	1.65	0.49	PLEK2 50CM VAN HART SPUITSPOOR 4 MONSTER(S)
35-40 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.52	20.1	13.2	42.0	22.0	1.55	0.52	PLEK2 MIDDEN ZAAIBED(DAL) 4 MONSTER(S)

PLAATS: SLECHT
DATUM: 9-7-86
MONSTERNEMER: TIJS ROIJAARDS
BIJZONDERHEDEN: TE BEZANDEN PERCEEL, TULPEN ZIJN AL GEROOID

MNST (NR)	DIEPTE (CM)	DROOG VOLUME GEWICHT (G/CM3)	VOLUME VOCHT GEHALTE (%)	GEWICHTS-VOCHT-GEHALTE (%)	PORIEN VOLUME (%)	LUCHT VOLUME (%)	GEWICHTS PERCENTAGE ORG. STOF (%)	L/P	OPMERKINGEN
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.63	30.4	18.6	37.3	6.9	2.15	0.18	IN SPUITSPOOR PLEK1 4 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.59	34.4	21.7	39.3	4.9	1.89	0.12	25CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK1 4 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.55	34.1	22.1	40.7	6.6	2.06	0.16	50CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK1 4 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.53	33.6	21.9	41.2	7.6	1.94	0.18	MIDDEN ZAAIBED PLEK1 4 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.68	26.7	15.9	35.6	8.9	2.12	0.25	IN SPUITSPOOR PLEK2 4 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.62	30.8	19.0	37.8	7.1	2.09	0.19	25CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK2 4 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.05	1.54	35.5	23.0	40.9	5.4	2.07	0.13	50CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK2 4 MONSTER(S)
	15-20 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.52	35.0	23.0	41.6	6.6	1.96	0.16	MIDDEN ZAAIBED PLEK2 4 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.55	30.8	19.9	40.5	9.6	2.25	0.24	IN SPUITSPOOR PLEK1 4 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.54	34.1	22.2	41.0	6.9	2.20	0.17	25CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK1 4 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.49	35.3	23.8	43.0	7.6	2.05	0.18	50CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK1 4 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.51	35.7	23.6	42.0	6.4	2.19	0.15	MIDDEN ZAAIBED PLEK1 4 MONSTER(S)

30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.08	1.52	28.0	18.5	41.8	13.8	2.17	0.33	IN SPUITSPOOR PLEK2 4 MONSTER(S)
30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.05	1.56	32.6	20.9	40.0	7.4	2.34	0.18	25CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK2 4 MONSTER(S)
30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.09	1.47	34.5	23.5	43.6	9.1	2.13	0.20	50CM UIT HART SPUITSPOOR PLEK2 4 MONSTER(S)
30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.02	1.59	33.9	21.8	40.5	6.7	1.88	0.16	MIDDEN ZAAIBED PLEK2 4 MONSTER(S)

PLAATS: TOPGROND EXTRA PERCEEL
DATUM: 30-6-86
MONSTERNEMER: L. HAVINGA/TIJS ROIJAARDS
BIJZONDERHEDEN: MOOISTE BOLLENGROND

MNST (NR)	DIEPTE (CM)	DROOG VOLUME GEWICHT (G/CM3)	VOLUME VOCHT GEHALTE (%)	GEWICHTS-VOCHT-GEHALTE (%)	PORIEN VOLUME (%)	LUCHT VOLUME (%)	GEWICHTS PERCENTAGE ORG. STOF (%)	L/P	OPMERKINGEN
	10-15 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.53	19.0	12.4	41.6	22.6	1.67	0.54	IN SPUITSPOOR 5 MONSTER(S)
	10-15 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.01	1.43	14.1	9.9	45.3	31.1	1.38	0.69	40CM VAN SPOOR 5 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.04	1.56	23.2	14.9	40.4	17.2	1.49	0.43	IN SPUITSPOOR 5 MONSTER(S)
	30-35 STDAFW. DRVOLGEW. = 0.03	1.44	20.4	14.1	45.0	24.6	1.53	0.55	40CM VAN SPOOR 5 MONSTER(S)

Uitkomsten van alle kalkmetingen.

OMSCHRIJVING MONSTER	NUMMER MONSTER	GEWICHT ERLEN MEIJER (G)	GEWICHT +GROND (G)	GEWICHT +GROND EN KURK (G)	LAATSTE WEGING (G)	GEWICHTS PERCENTAGE CACO3 (%)
5 TOP EXTRA 10-15 CM	5	112.952	118.939	182.152	182.137	0.570
5 TOP EXTRA 10-15 CM	5	94.303	99.788	162.110	162.098	0.497
5 TOP EXTRA 10-15 CM	5	108.598	114.595	177.273	177.256	0.645
						0.57 STANDAARDAFWIJKING= 0.06
6 TOP EXTRA 30-35 CM	6	94.345	100.661	161.529	161.517	0.432
6 TOP EXTRA 30-35 CM	6	112.953	117.709	179.812	179.798	0.669
6 TOP EXTRA 30-35 CM	6	89.291	95.467	157.038	157.030	0.294
						0.47 STANDAARDAFWIJKING= 0.15
7 TOPGROND 1 15-20 CM	7	106.105	114.980	174.091	174.069	0.564
7 TOPGROND 1 15-20 CM	7	111.766	116.897	182.350	182.340	0.444
						0.50 STANDAARDAFWIJKING= 0.06
8 TOPGROND 1 30-35 CM	8	94.811	101.452	161.373	161.369	0.137
8 TOPGROND 1 30-35 CM	8	95.161	100.771	162.910	162.906	0.162
						0.15 STANDAARDAFWIJKING= 0.01
9 TOPGROND 2 15-20 CM	9	107.259	115.008	176.726	176.703	0.616
9 TOPGROND 2 15-20 CM	9	101.628	106.780	171.600	171.595	0.221
						0.42 STANDAARDAFWIJKING= 0.20
10 TOPGROND 2 30-35 CM	10	95.359	101.516	163.473	163.464	0.333
10 TOPGROND 2 30-35 CM	10	94.337	99.860	158.608	158.588	0.824
						0.58 STANDAARDAFWIJKING= 0.25
11 BEZAND 1 20-25 CM	11	94.042	99.799	157.312	157.285	1.066
11 BEZAND 1 20-25 CM	11	94.798	100.609	157.881	157.846	1.370
11 BEZAND 1 20-25 CM	11	111.775	116.782	179.430	179.392	1.726
						1.39 STANDAARDAFWIJKING= 0.27
12 BEZAND 1 35-40 CM	12	101.632	108.055	168.698	168.652	1.629
12 BEZAND 1 35-40 CM	12	90.330	96.532	152.475	152.439	1.321
12 BEZAND 1 35-40 CM	12	90.329	96.199	155.661	155.636	0.968
						1.31 STANDAARDAFWIJKING= 0.27
13 BEZAND 2 20-25 CM	13	111.961	118.695	178.026	178.008	0.608
13 BEZAND 2 20-25 CM	13	111.934	117.905	183.261	183.238	0.876
13 BEZAND 2 20-25 CM	13	94.303	99.304	159.721	159.692	1.318

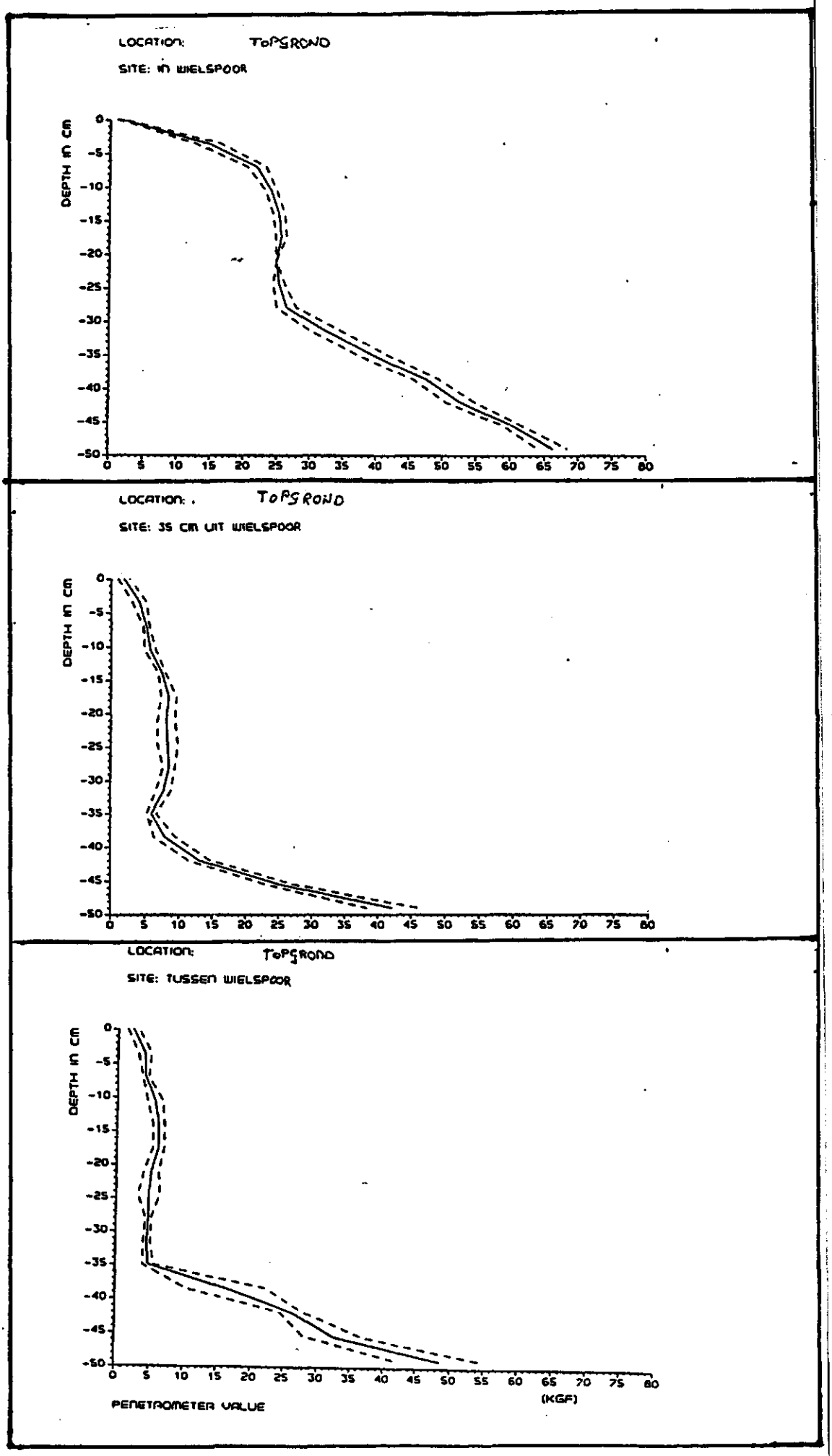
						0.93	STANDAARDAFWIJKING= 0.29
14 BEZAND 2 35-40 CM	14	94.044	99.532	156.143	156.085	2.404	
14 BEZAND 2 35-40 CM	14	106.076	111.751	173.384	173.341	1.723	
14 BEZAND 2 35-40 CM	14	95.359	100.484	157.784	157.747	1.642	
						1.92	STANDAARDAFWIJKING= 0.34
15 SLECHT 1 15-20 CM	15	89.303	94.559	150.688	150.643	1.947	
15 SLECHT 1 15-20 CM	15	94.325	99.958	159.481	159.424	2.302	
15 SLECHT 1 15-20 CM	15	108.613	113.466	178.612	178.559	2.483	
						2.24	STANDAARDAFWIJKING= 0.22
16 SLECHT 1 30-35 CM	16	97.157	103.368	168.372	168.328	1.611	
16 SLECHT 1 30-35 CM	16	112.928	117.230	184.309	184.288	1.111	
16 SLECHT 1 30-35 CM	16	94.797	99.643	158.613	158.587	1.220	
						1.31	STANDAARDAFWIJKING= 0.21
17 SLECHT 2 15-20 CM	17	95.169	101.470	158.439	158.383	1.949	
17 SLECHT 2 15-20 CM	17	94.777	100.352	159.320	159.284	1.469	
17 SLECHT 2 15-20 CM	17	107.258	112.331	173.785	173.751	1.524	
						1.65	STANDAARDAFWIJKING= 0.21
18 SLECHT 2 30-35 CM	18	108.611	114.513	181.240	181.195	1.734	
18 SLECHT 2 30-35 CM	18	95.341	100.806	157.575	157.524	2.122	
18 SLECHT 2 30-35 CM	18	94.811	98.694	159.040	159.006	1.991	
						1.95	STANDAARDAFWIJKING= 0.16
ZAK TOPGROND GROND	19	89.300	95.416	152.981	152.962	0.706	
ZAK TOPGROND GROND	19	94.282	100.223	160.616	160.600	0.612	
ZAK TOPGROND GROND	19	95.166	101.692	161.014	161.000	0.488	
						0.60	STANDAARDAFWIJKING= 0.09
SLECHT 6% SLIB	20	95.167	102.287	161.765	161.721	1.406	
SLECHT 6% SLIB	20	106.102	112.418	174.922	174.885	1.332	
SLECHT 6% SLIB	20	90.313	95.594	155.441	155.411	1.292	
						1.34	STANDAARDAFWIJKING= 0.05
SLECHT 2% SLIB	20	101.613	109.233	175.695	175.664	0.925	
SLECHT 2% SLIB	20	112.925	119.315	183.999	183.973	0.925	
SLECHT 2% SLIB	20	107.238	115.474	181.741	181.710	0.856	
						0.90	STANDAARDAFWIJKING= 0.03
SLECHT 4% SLIB	20	90.309	96.032	155.505	155.479	1.033	
SLECHT 4% SLIB	20	111.755	119.113	178.114	178.076	1.174	

SLECHT 4% SLIB	20	94.782	103.044	163.195	163.161	0.936

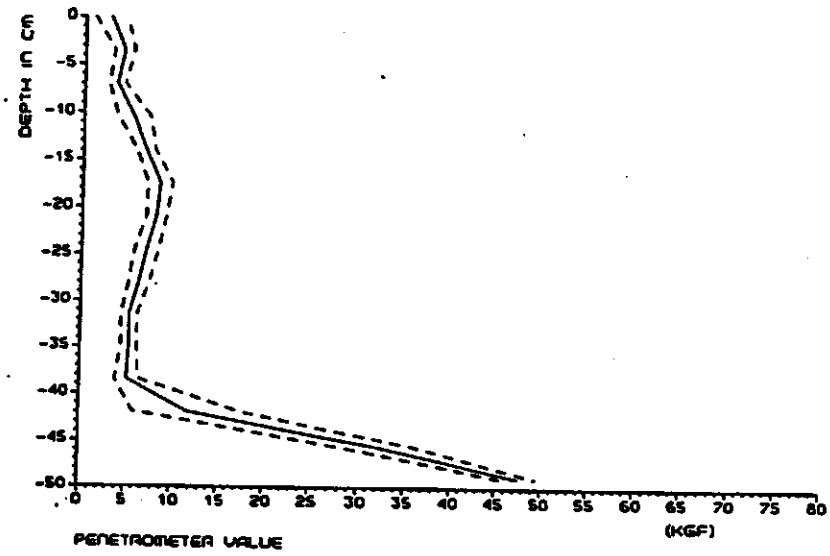
1.05 STANDAARDAFWIJKING= 0.10

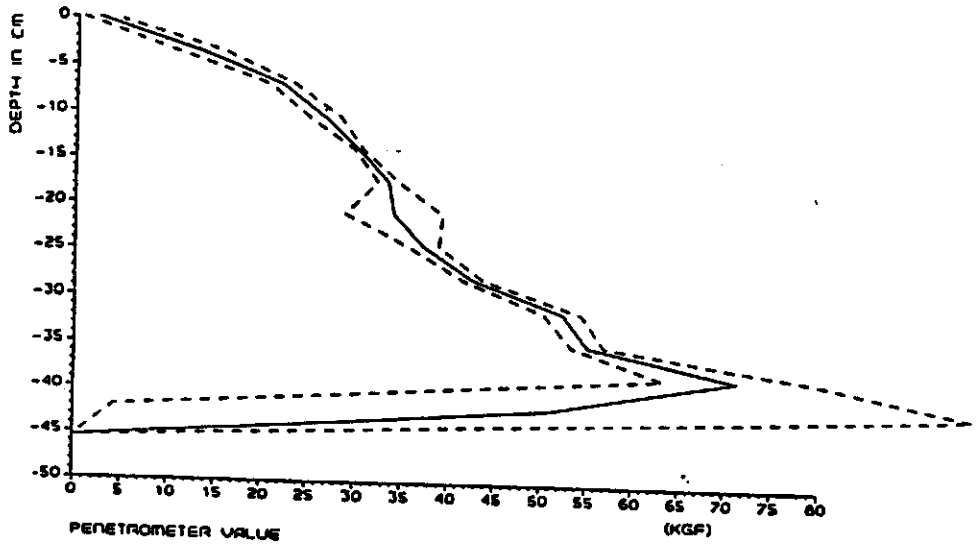
Het verloop van de penetrometerwaarden
met de diepte beneden maaiveld.

Het verloop van de penetrometerwaarden met de diepte beneden maaiveld.

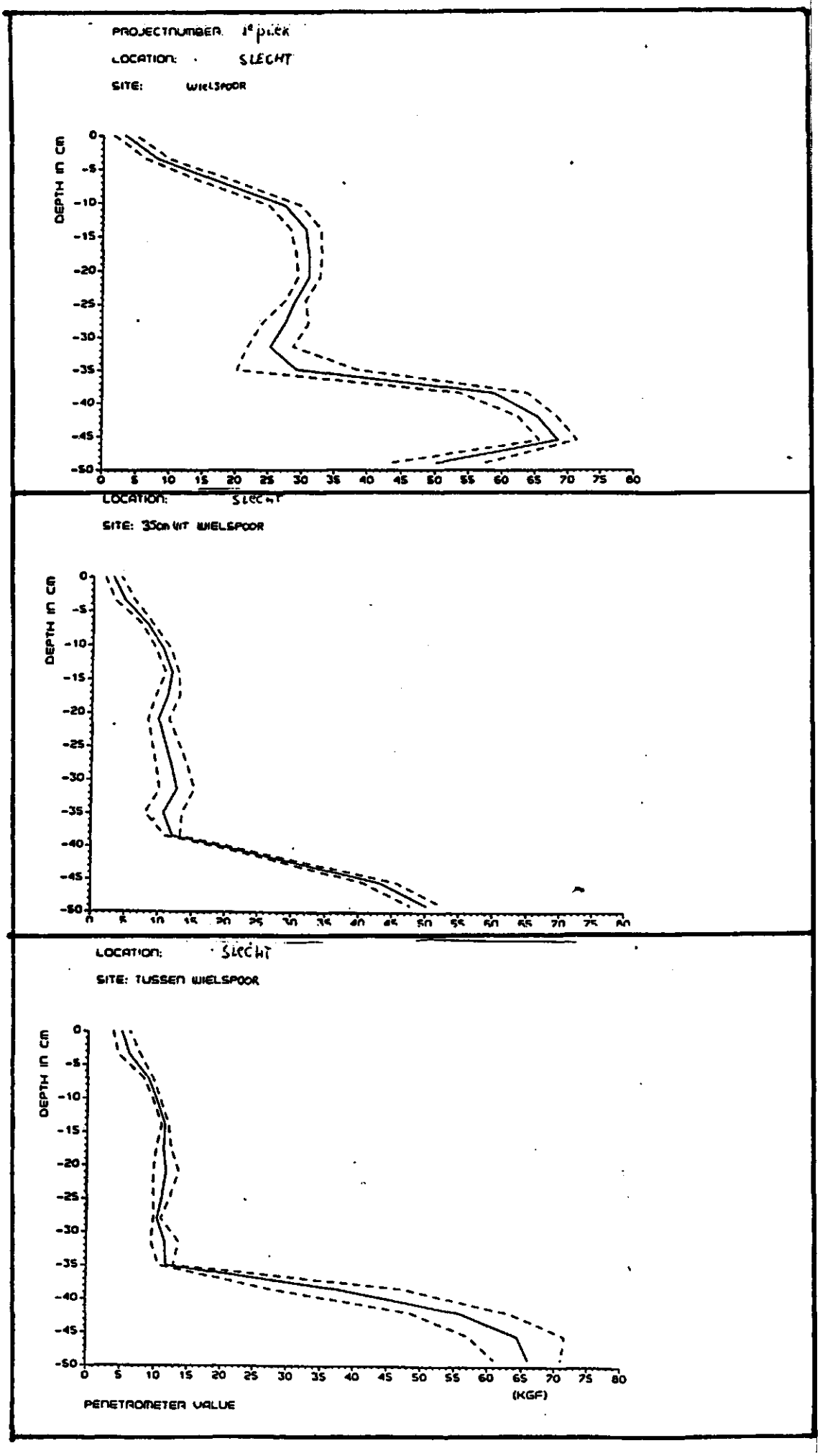


Het verloop van de penetrometerwaarden met de diepte beneden maaiveld.

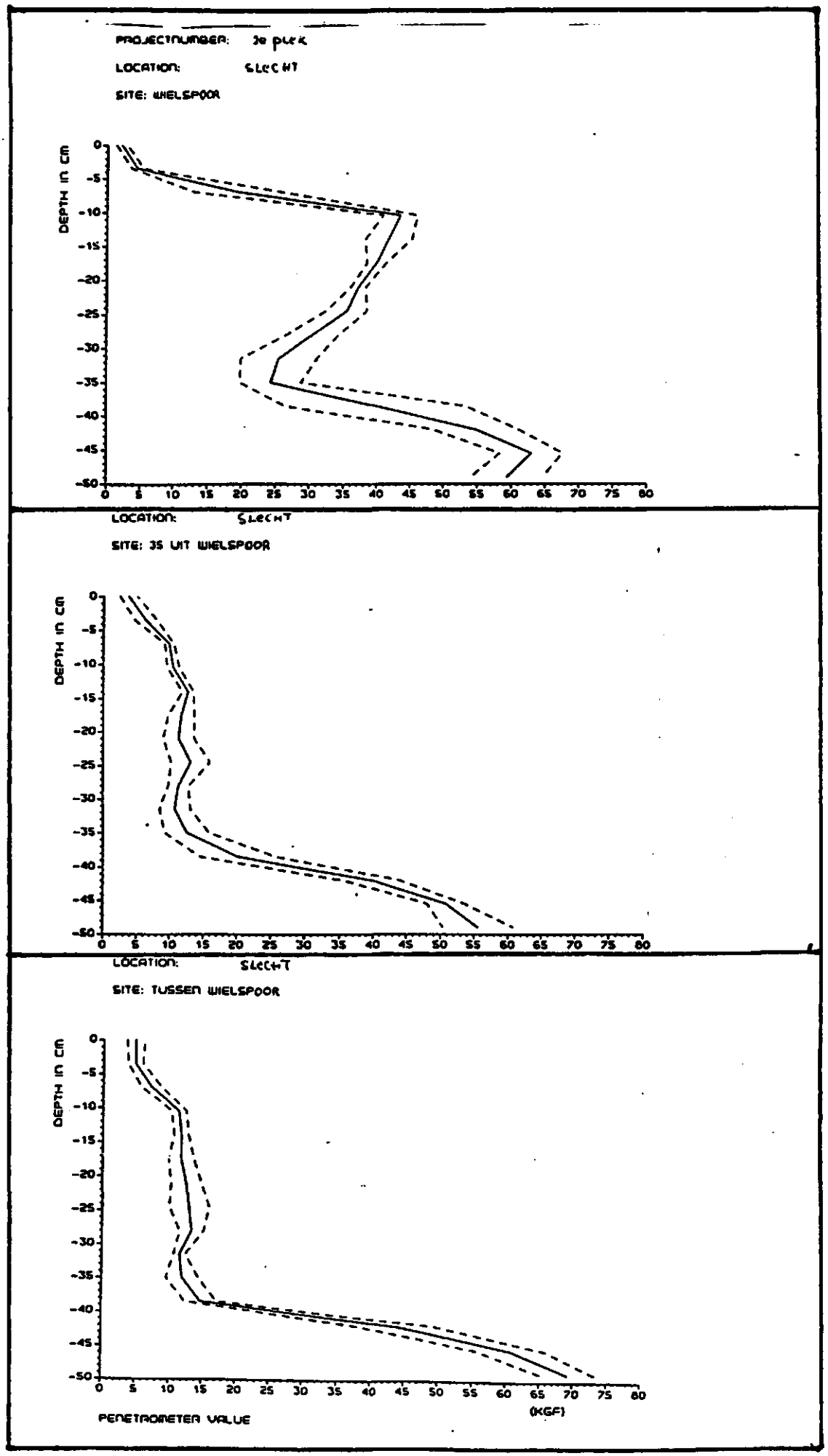




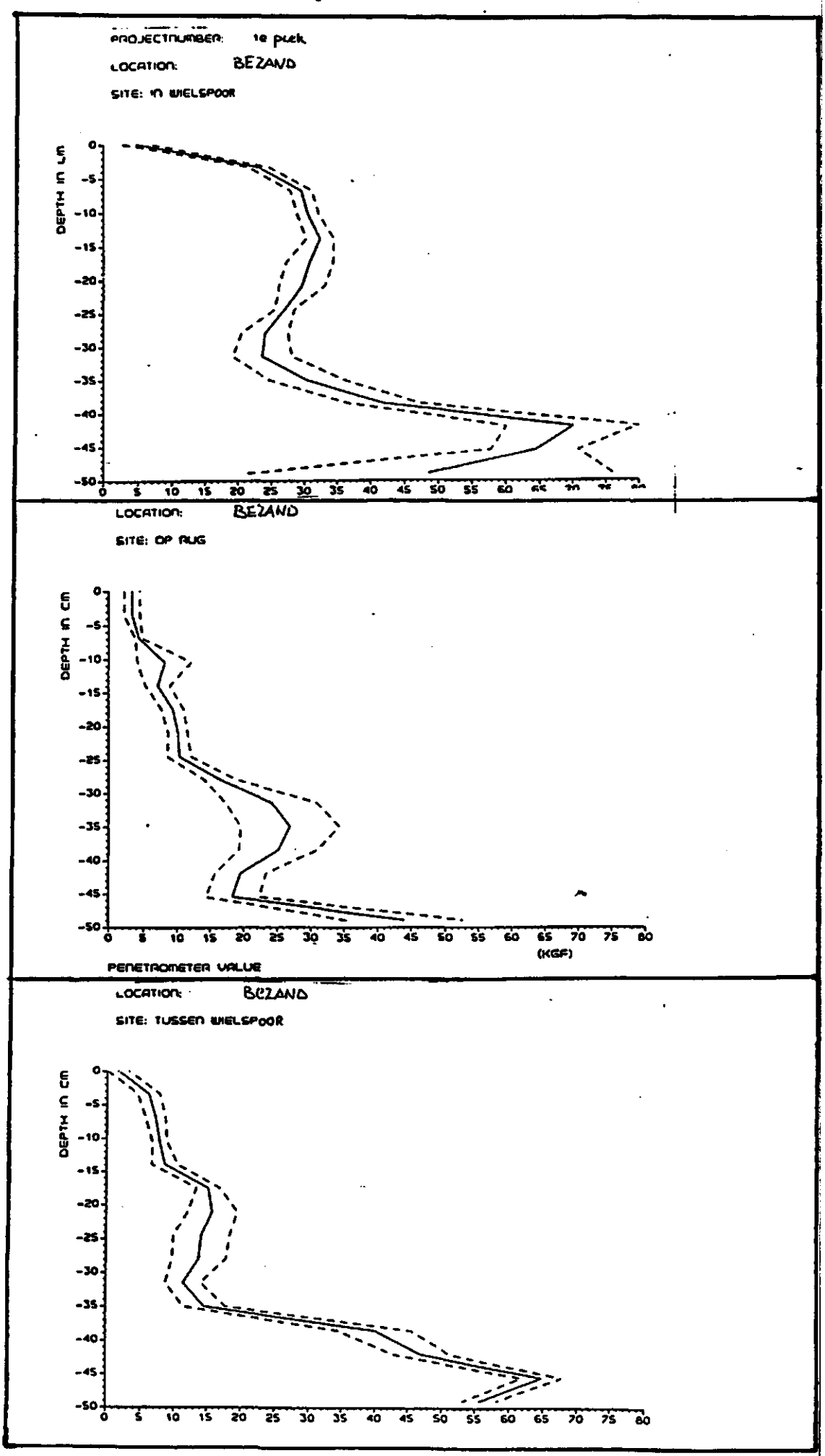
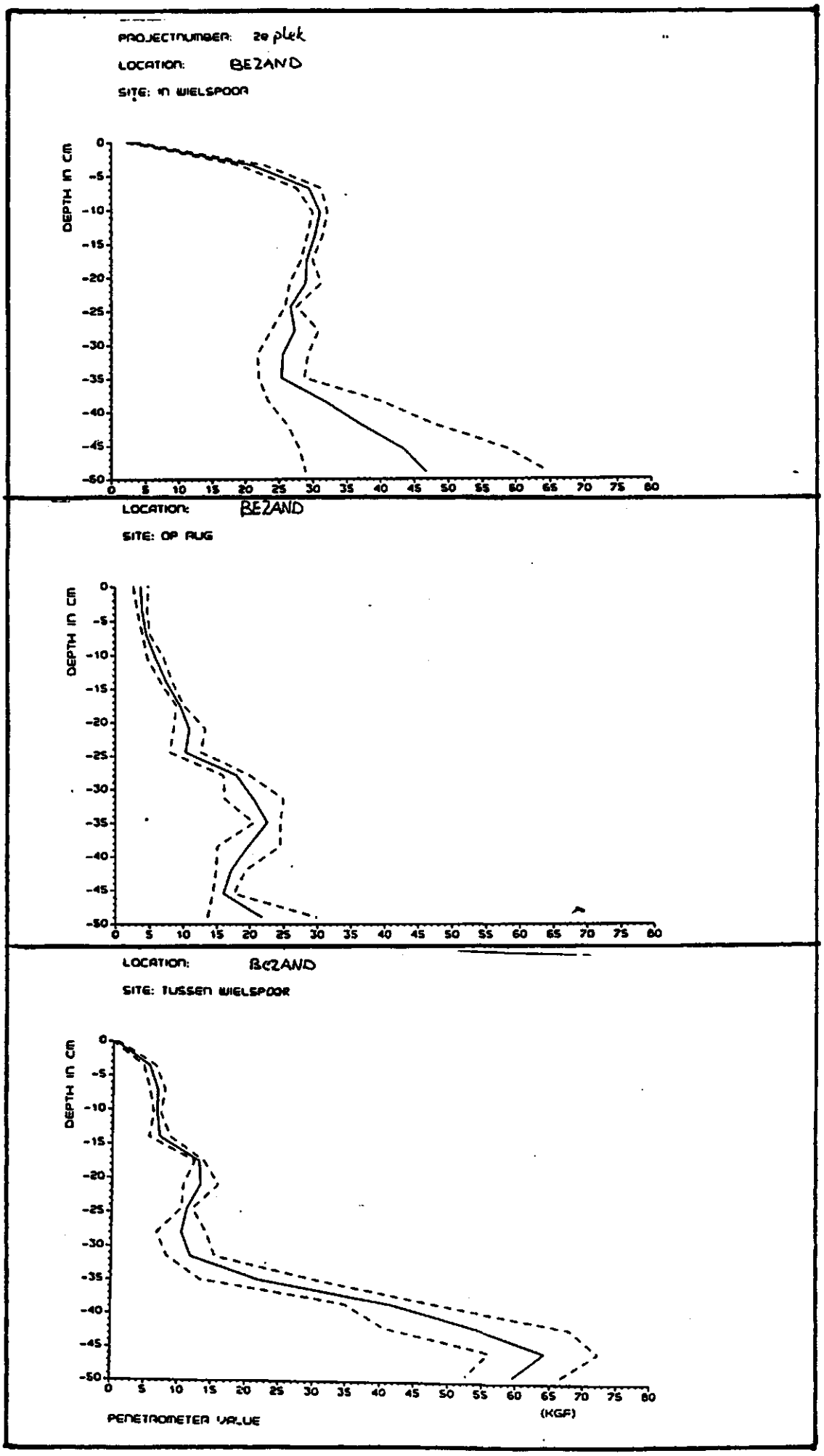
Het verloop van de penetrometerwaarden met de diepte beneden maaiveld.



Het verloop van de penetrometerwaarden met de diepte beneden maaiveld.



Het verloop van de penetrometerwaarden met de diepte beneden maaiveld.



Het verloop van de penetrometerwaarden met de diepte beneden maaiveld.