

**KRIMPKARAKTERISTIEKEN VAN KLEIGRONDEN IN NEDERLAND**

**J.J.B. Bronswijk en J.J. Evers-Vermeer**

**RAPPORT 22**

**INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING (ICW)**

**POSTBUS 35, 6700 AA WAGENINGEN**

**1987**

258021

Copyright© 1987  
Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding  
Postbus 35, 6700 AA Wageningen  
Tel. 08370-19100

ISSN 0921-089X

---

## INHOUD

	blz.
IN KORT BESTEK	1
1. INLEIDING	2
2. THEORIE	4
2.1. Krimpkarakteristiek	4
2.2. Toepassing van de krimpkarakteristiek voor de berekening van de vochthuishouding van de bodem	5
3. BODEMTYPEN EN MEETMETHODEN	12
4. KRIMPKARAKTERISTIEKEN VAN KLEIGRONDEN IN NEDERLAND	14
4.1. Opmerkingen bij de beschreven profielen	14
4.2. Krimpkarakteristieken van zeven kleigronden in tabellen en figuren	17
LITERATUUR	53

---

---

## In kort bestek

Kleigronden onderscheiden zich van de meeste andere gronden door het optreden van zwel- en krimpprocessen. De krimpscheuren die als gevolg van deze processen ontstaan, hebben een grote invloed op het transport van water en opgeloste stoffen. Berekening van dit transport, bijvoorbeeld met simulatiemodellen, is in kleigronden dan ook alleen mogelijk indien met zwel- en krimpprocessen rekening wordt gehouden. Een mogelijkheid daartoe biedt de krimpkarakteristiek. Deze karakteristiek geeft het verband tussen vochtgehalte-veranderingen en volume-veranderingen van de bodemmatrix. Uit de krimpkarakteristiek van een bodem kan eenvoudig de potentiële zwel en krimp worden afgelezen. Als men de krimpkarakteristiek opneemt in simulatiemodellen, kan de actuele grootte van zwel en krimp en tevens de invloed van het proces op het water- en stoftransport worden berekend. Gezien het belang van de krimpkarakteristiek was behoefte aan een overzicht van krimpkarakteristieken van Nederlandse kleigronden. In dit rapport wordt van zeven kleigronden, verspreid over Nederland, per bodemhorizont de krimpkarakteristiek grafisch en in tabelvorm gepresenteerd. Tevens wordt een aantal kentallen van het zwel- en krimpproces gegeven.

---

## 1. Inleiding

Een groot deel van de bodem van Nederland behoort tot de kleigronden (Fig. 1). Kleigronden onderscheiden zich van andere bodemtypen door de aanwezigheid van kleimineralen als bijvoorbeeld illiet en montmorilloniet. Deze kleimineralen komen voor als kleine plaatjes (dikte  $\pm 10 \text{ \AA}$ ) die alleen of als pakketje worden omgeven door een watermantel. Bij vochtonttrekking bewegen de kleiplaatjes naar elkaar toe. In het veld resulteert dit proces in een volume-afneming van de bodemaggregaten waardoor in droge perioden krimp-scheuren en maaiveldsdalingen ontstaan. Vooral de aanwezigheid van krimp-scheuren heeft belangrijke gevolgen voor het transport van water en eventueel daarin opgeloste stoffen in de bodem. VAN HOORN (1960) gaf reeds aan dat de verzadigde doorlatendheid en daarmee de drainagemogelijkheden van komkleigronden bepaald worden door de structuur van de bodem en de aanwezigheid van grote poriën. BOUMA and DEKKER (1978) toonden aan dat water

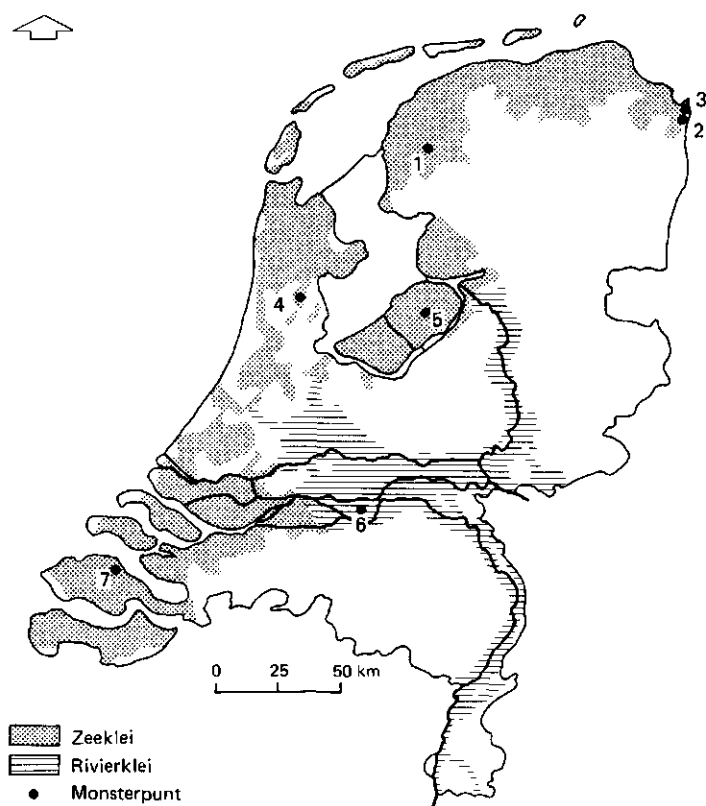


Fig. 1. Verspreiding van kleigronden in Nederland. De herkomst van de zeven in dit rapport beschreven profielen is aangegeven (zie Tabel 1)

---

in komkleigronden zeer snel naar de ondergrond getransporteerd kan worden via enkele grote poriën en krimpscheuren. Dit verschijnsel wordt wel preferente stroming (bypass flow) genoemd.

In veel praktijksituaties moet men met de aanwezigheid van krimpscheuren terdege rekening houden. Bij berekening van uitgedroogde kleigraslanden bijvoorbeeld, kan een deel van het irrigatiewater via krimpscheuren naar de ondergrond verdwijnen zonder dat het beschikbaar komt voor de plant. Verder kunnen in water opgeloste stoffen de wortelzone passeren en naar de diepe ondergrond getransporteerd worden of via drains in het oppervlaktewater terecht komen. Dit laatste verschijnsel kan van grote invloed zijn op de verontreiniging van grond- en oppervlaktewater als gevolg van overbemesting.

Genoemde voorbeelden tonen aan dat het zwel- en krimpproces van grote invloed is op de vochthuishouding van kleigronden. Het is dan ook belangrijk te weten of en in welke mate een bepaalde grondsoort zwel- en krimp vertoont. Een goede maat voor het zwel- en krimpvermogen van een bodem is de krimp-karakteristiek. Deze karakteristiek geeft de relatie tussen vochtgehalte en volume van een kleigrond. Uit de krimp-karakteristiek van een bepaalde bodem is eenvoudig kwalitatief af te leiden of scheurvorming en dus processen als preferente stroming te verwachten zijn. Als de krimp-karakteristiek naast de waterretentie- en de doorlatendheidskarakteristiek in simulatiemodellen wordt opgenomen, kunnen vochthuishouding, zakking en scheurvorming van een kleigrond over langere perioden kwantitatief worden berekend (BRONSWIJK, 1988).

Vanwege het belang van de krimp-karakteristiek voor de vochthuishouding van veel gronden en het feit dat nog niet eerder onderzoek is verricht naar krimp-karakteristieken van Nederlandse kleigronden, is van zeven kleigronden deze karakteristiek per bodemhorizont bepaald. De in dit rapport gepresenteerde reeks moet gezien worden in het verlengde van de reeds aanwezige reeksen van waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van Nederlandse grondsoorten (BEUVING, 1984, WÖSTEN et al., 1987). Eerst zal uiteen worden gezet wat de krimp-karakteristiek is en hoe deze is te gebruiken. Daarna zullen de gebruikte methoden en bodemtypes worden besproken. Het laatste en tevens grootste deel van dit rapport wordt gevormd door de tabellen en grafieken van de verschillende krimp-karakteristieken.

---

## 2. Theorie

### 2.1. KRIMPKARAKTERISTIEK

Wanneer een kleigrond uitdroogt, nemen de bodemaggregaten in volume af waardoor krimpscheuren ontstaan of groter worden en het maaiveld daalt. De volumeafneming van de aggregaten bij uitdroging kan worden weergegeven in een zogenaamde krimpkarakteristiek. De krimpkarakteristiek kent vele vormen maar is in essentie de relatie tussen vochtgehalte en volume van een kleigrond. In Fig. 2 is een veel voorkomende vorm van de krimpkarakteristiek weergegeven. Hoewel het in deze figuur gaat om de relatie tussen poriënvolume en vochtgehalte zijn niet de bekende parameters porositeit,  $\eta$ , en volumefractie vocht,  $\theta$ , tegen elkaar uitgezet. De reden hiervan is dat de definitie van vochtgehalte en porositeit als fractie van het totale volume minder geschikt is indien dat totale volume aan verandering onderhevig is. In een kleigrond is het daarom gemakkelijker te werken met de parameters  $e$ , het poriëngetal (volume poriën/volume vaste fase) en  $\mathfrak{V}$ ; het bodemvochtgetal (volume vocht/volume vaste fase). Beide parameters zijn eenvoudig om te rekenen naar  $\eta$  en  $\theta$  met behulp van:

$$\eta = e/(1+e) \quad (1)$$

$$\theta = \mathfrak{V}/(1+e) \quad (2)$$

In de krimpkarakteristiek (Fig. 2) onderscheidt men drie fasen (Haines, 1923, Bronswijk, 1987):

- Normale krimp. De volume-afneming van de klei-aggregaten onder invloed van uitdroging is gelijk aan het vochtverlies (in volume-eenheden); er treedt geen lucht in in de poriën van de aggregaten.
- Rest-krimp. Het aggregaatvolume wordt nog kleiner bij uitdroging. Het vochtverlies is nu groter dan de volume-afneming; er vindt luchtintrede plaats in de poriën van de aggregaten.
- Nul-krimp. De bodemdeeltjes hebben hun dichtste pakking bereikt. Bij verder vochtverlies blijft het aggregaatvolume constant. Het vochtverlies is gelijk aan de toename van het luchtvolume in de aggregaten.

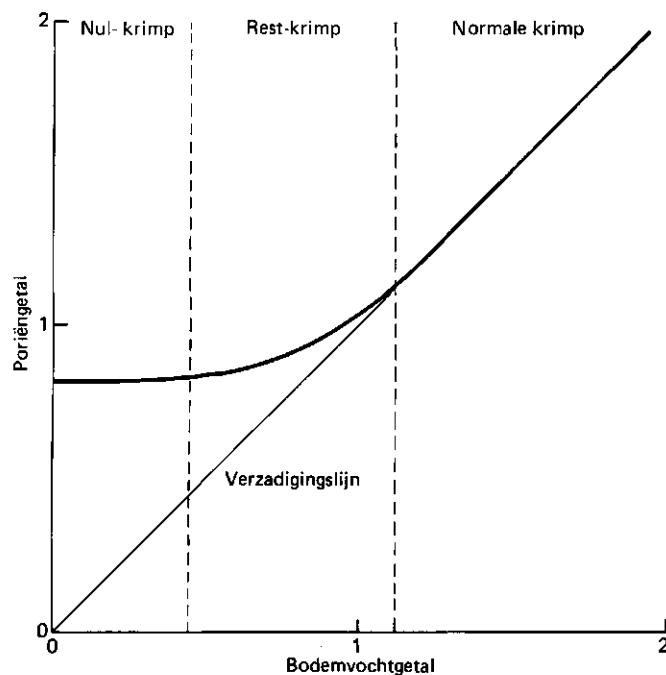


Fig. 2. Algemene vorm van de krimp karakteristiek. Weergegeven is de relatie tussen bodemvochtgetal (volume vocht/volume vaste fase in  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ) en poriëngetal (volume poriën/volume vaste fase in  $\text{m}^3 \cdot \text{m}^{-3}$ ) van een kleiaggregaat

In het veld is soms nog sprake van een vierde fase die optreedt voorafgaand aan de genoemde drie (STIRK, 1954): structuur-krimp. Wanneer een kleigrond onder veldomstandigheden uitdroogt, zullen eerst wormgangen en scheuren tussen de aggregaten worden geleegd. Als gevolg hiervan kunnen de klei-aggregaten een enigszins dichtere stapeling krijgen. Over het algemeen zijn de optredende volumeveranderingen in de structuur-krimpfase zeer klein. Het vochtverlies in deze fase kan echter aanzienlijk zijn. Omdat de structuur-krimpfase sterk afhankelijk is van bodemgebruik en grondbewerking (REEVE and HALL, 1978) is de grootte van deze fase geen onveranderlijke bodemeigenschap. In dit rapport wordt daarom de structuur-krimpfase buiten beschouwing gelaten.

## 2.2. TOEPASSING VAN DE KRIMPKARAKTERISTIEK VOOR DE BEREKENING VAN DE VOCHTHUISHOUDING VAN DE BODEM

Het gebruik van simulatiemodellen om de vochthuishouding van de bodem te



---

berekenen, is de laatste jaren sterk toegenomen. Simulatiemodellen als FLOWEX (WIND and VAN DOORNE, 1975; BUITENDIJK, 1984) en SWATRE (BELMANS et al., 1983) bieden de mogelijkheid op snelle en relatief goedkope wijze de effecten van bepaalde (waterbeheersings-) maatregelen op bijvoorbeeld gebruikscondities als bewerkbaarheid en berijdbaarheid (WIND, 1976; VAN WIJK and BUITENDIJK, 1987), gewasproductie (VAN WIJK and FEDDES, 1985) en inkomen (VAN BAKEL, 1985) te voorspellen. Deze simulatiemodellen gaan echter uit van de homogeniteit van een bodem en houden geen rekening met krimp-scheuren die in kleigronden kunnen ontstaan.

Er zijn enkele pogingen ondernomen om bestaande simulatiemodellen aan te passen voor gebruik in zwellende en krimpende gronden. BOUMA and DE LAAT (1981) hebben rekening gehouden met het effect van scheuren op de vocht-huishouding door de aan het maaiveld infiltrerende neerslag, afhankelijk van de tijd van het jaar, met 10 tot 20% te reduceren. VAN AELST et al. (1986) hebben het SWATRE model aangepast door het vochttransport door scheuren naar de ondergrond te berekenen afhankelijk van het vochtgehalte van de toplaag. Het nadeel van deze benaderingen is dat ze geen algemeen geldige fysische achtergrond hebben en dus moeilijk overdraagbaar zijn naar andere situaties dan die waarvoor ze zijn ontworpen. Daarnaast is het dynamische, vochtinhouds-afhankelijke zakkings- en scheurvormingsproces niet in de berekeningen opgenomen zodat de modellen geen oplossingen bieden in situaties waar het volume-veranderingsproces zelf van belang is. Dit is bijvoorbeeld het geval bij bevloeiing van gescheurde kleigronden (BOELS, 1986). Ook in de civiele techniek kan men denken aan de schade aan funderingen en wegen als gevolg van volume-veranderingen in zware kleigronden (McCORMACK and WILDING, 1975, GILLOT, 1986).

In simulatiemodellen voor de vocht-huishouding van de bodem wordt het vochttransport in de onverzadigde zone berekend met behulp van twee karakteristieken: de waterretentiekarakteristiek en de doorlatendheidskarakteristiek. Uit het voorgaande volgt dat in kleigronden in combinatie met deze twee, een derde karakteristiek noodzakelijk is: de krimp-karakteristiek. Een simulatiemodel waarin de vocht-huishouding van kleigronden wordt berekend met behulp van waterretentie-, doorlatendheids- en krimp-karakteristiek, is het model FLOCR (BRONSWIJK, 1988). In Fig. 3 is een schematische voorstelling gegeven van dit model.

Model FLOCR rekent op de volgende wijze:

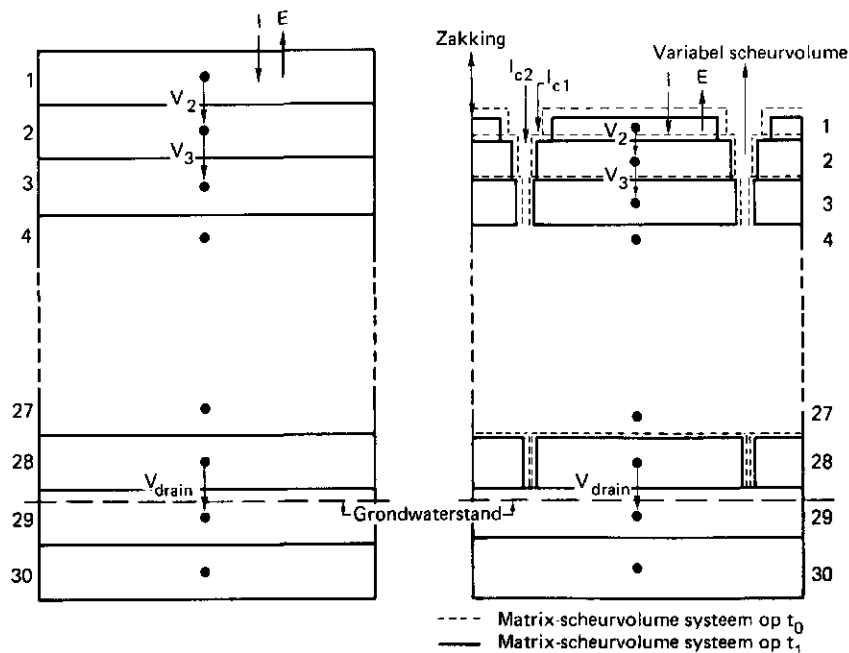


Fig. 3. Principe van het model FLOCR (BRONSWIJK, 1988) waarmee de vocht-huishouding van zwellende en krimpende gronden kan worden gesimu-leerd

- I = infiltratie van neerslag in bodemmatrix ( $m.s^{-1}$ )
- $I_{c1}$  = infiltratie in scheuren veroorzaakt doordat neerslaginten-siteit groter is dan maximum infiltratiecapaciteit van bodemmatrix ( $m.s^{-1}$ )
- $I_{c2}$  = infiltratie in scheuren als gevolg van neerslag die recht-streeks in scheuren valt ( $m.s^{-1}$ )
- ET = evapotranspiratie ( $m.s^{-1}$ )
- V = watertransport tussen knooppunten van rekenlagen ( $m.s^{-1}$ )
- $V_{drain}$  = drainafvoer ( $m.s^{-1}$ )

- Het bodemprofiel wordt opgebouwd gedacht uit twee fasen: bodemmatrix en scheuren;
- het bodemprofiel (van 0 tot 150 cm -mv) wordt opgedeeld in een aantal la-gen waarmee gemakkelijk kan worden gerekend, bijvoorbeeld 30 lagen van 5 cm dikte;
- als beginvoorwaarde op tijdstip  $t = t_0$  wordt bijvoorbeeld een volledig verzadigd profiel zonder krimpscheuren genomen;
- een bepaalde vochtonttrekking aan het bodemoppervlak resulteert in een nieuw vochtgehalte van de toplaag op tijdstip  $t = t_1$ . De resulterende fluxen tussen de rekenlagen worden berekend met de Darcy-vergelijking;
- het nieuwe vochtprofiel wordt met behulp van de krimp karakteristiek omge-zet in een nieuw volume van de bodemmatrix op  $t = t_1$ ;

- 
- de driedimensionale volumeverandering van de bodemmatrix per rekenlaag tussen  $t = t_0$  en  $t = t_1$  wordt omgezet in zakking en scheurvorming onder de veronderstelling dat het zwel-krimproces isotroop verloopt (BRONSWIJK, 1986a);
  - op  $t = t_1$  wordt nu voor de desbetreffende kleigrond een nieuw vochtprofiel berekend, waarbij per rekenlaag nieuwe laagdiktes en scheurvolumes worden gebruikt;
  - neerslag op een gescheurde kleigrond wordt verdeeld in matrix-infiltratie en scheur-infiltratie. Deze verdeling varieert voortdurend en is afhankelijk van de maximale infiltratie-capaciteit van de bodemmatrix (die weer een functie is van het vochtgehalte van de toplaag), de neerslagintensiteit en het oppervlak van de scheuren;
  - water dat in de bodemmatrix infiltreert, stroomt naar diepere bodemlagen. Dit transport wordt berekend met behulp van de Darcy-vergelijking, vergelijkbaar met conventionele simulatiemodellen;
  - water dat infiltreert in de scheuren komt op de bodem van de scheuren terecht en wordt toegevoegd aan het vochtgehalte op de desbetreffende diepte.

Op deze wijze wordt een kleigrond voorgesteld als een systeem van matrix en scheuren dat, in afhankelijkheid van de vochtinhoud, voortdurend in beweging is.

Een meer uitgebreide beschrijving inclusief verificatie van het model wordt gegeven door BRONSWIJK (1988). Ter illustratie wordt in dit rapport volstaan met enkele voorbeelden van berekeningen die met het model zijn uitgevoerd voor een komkleigrond in de Bommelerwaard (Fig. 4 en Fig. 5). De overeenkomst tussen gemeten en berekende waarden van scheurvolumen, maai-veldschaling, grondwaterstand en vochtgehalte van de toplaag is goed. De effecten van krimpscheuren komen naar voren in de grillige bewegingen van de grondwaterstand. Het watertransport door krimpscheuren is verder uitgewerkt in Fig. 6. Het blijkt dat de preferente stroming zeer sterk varieert en aanzienlijke waarden kan aannemen. Voor afzonderlijke regenbuien bedroeg de gesimuleerde preferente stroming maximaal 78% in het geval van een onweersbui van 22 mm in twee uur (op 14 mei). Over de gehele periode bedroeg de cumulatieve hoeveelheid 143 mm, 27% van de cumulatieve neerslag.

Dit is slechts één voorbeeld van de mogelijkheden die het introduceren van

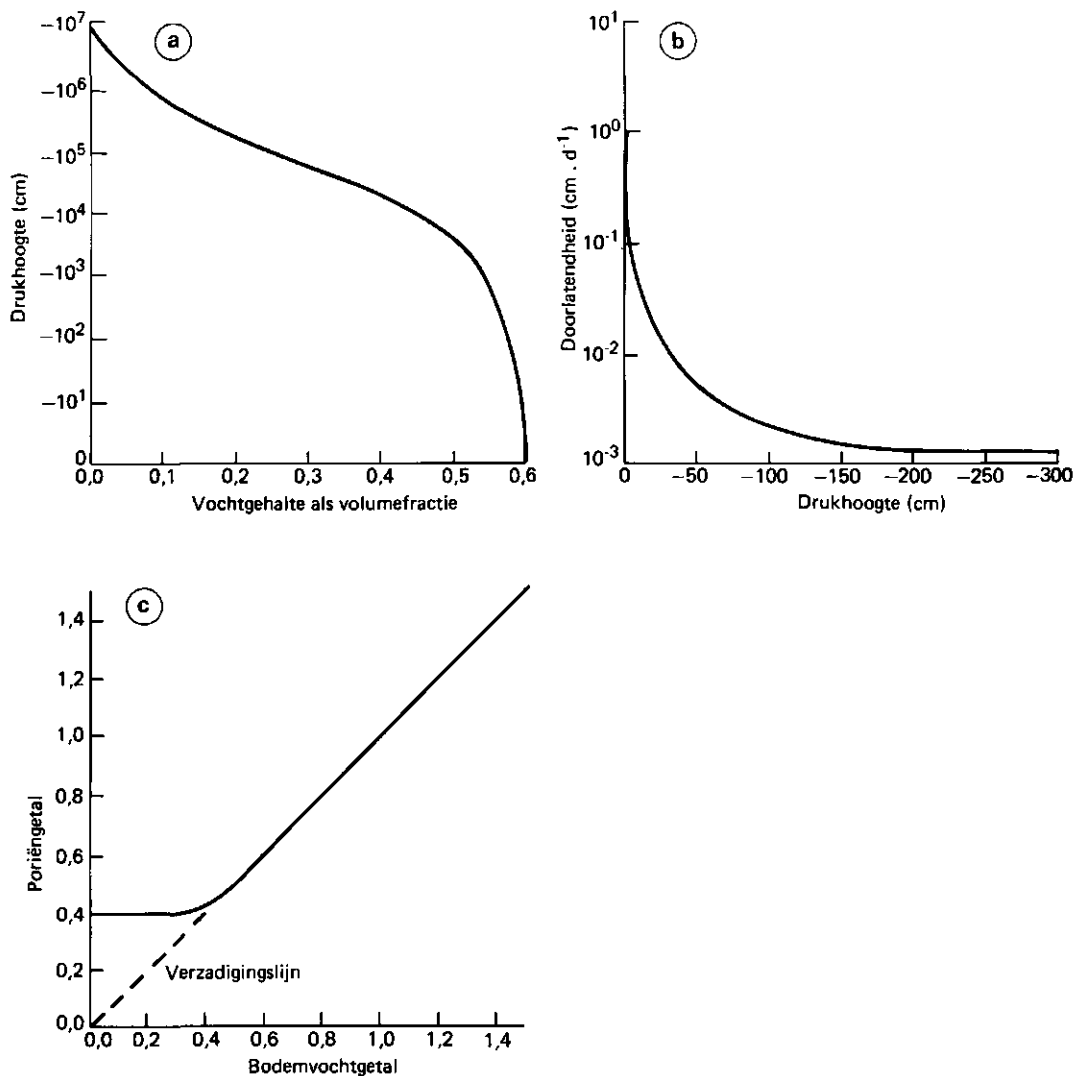


Fig. 4. Fysische eigenschappen van een komklei in de Bommelerwaard. a, doorlatendheidskarakteristiek; b, waterretentiekarakteristiek; c, krimp-karakteristiek

krimp-karakteristieken in simulatiemodellen biedt. Andere toepassingen liggen bijvoorbeeld op het terrein van de waterkwaliteit. Het transport van verontreinigingen naar grondwater en via drains naar oppervlaktewater wordt versneld door de aanwezigheid van krimpscheuren. Daarom zal soms ook in waterkwaliteitsmodellen de krimp-karakteristiek en de preferente stroming moeten worden opgenomen.

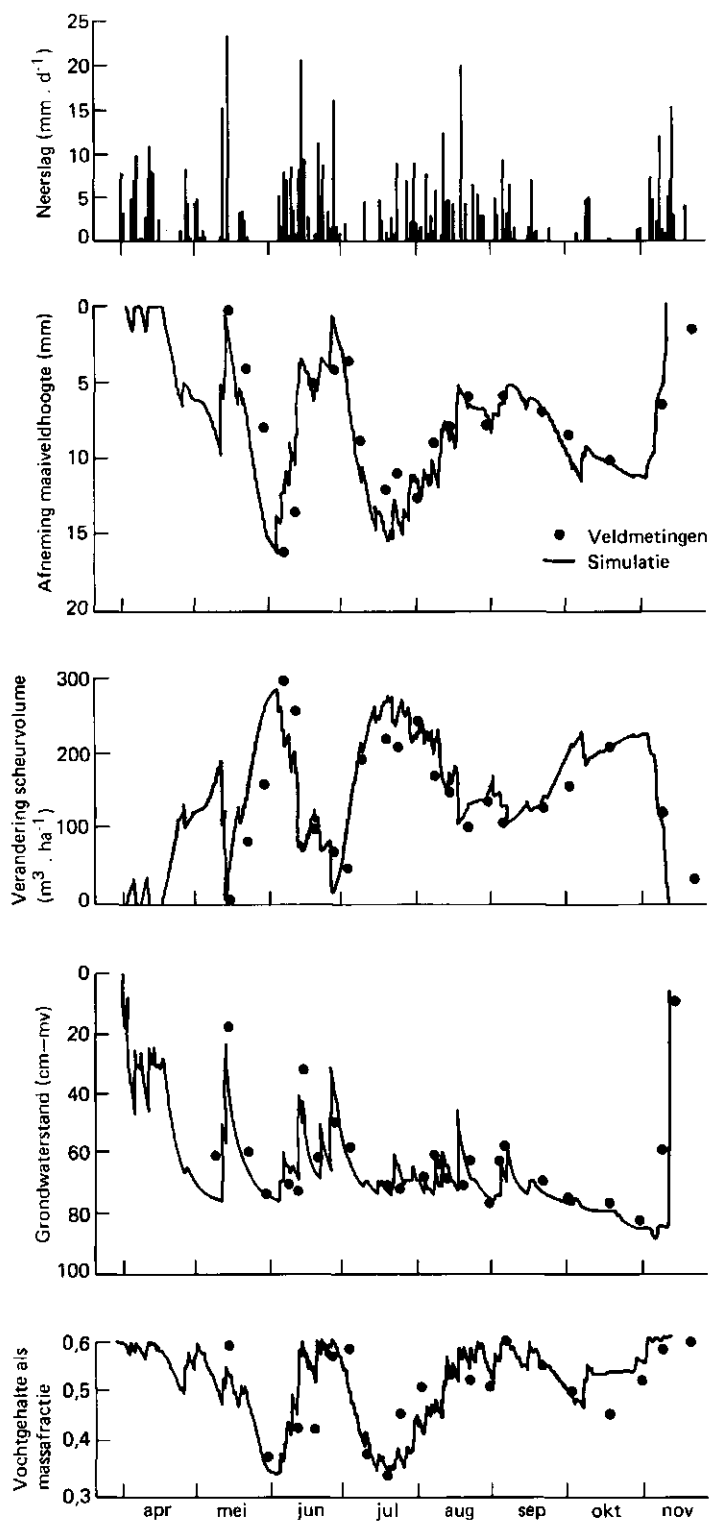


Fig. 5. Resultaten van simulatie met het model FLOCR van het verloop van de  
 ochthuishouding, de grondwaterstand, de maaiveldzakking en de  
 scheurvorming van een komklei in de Bommelerwaard voor de periode  
 van april tot en met november 1985. De ter plaatse gemeten neerslag  
 is eveneens weergegeven (naar Bronswijk, 1988)

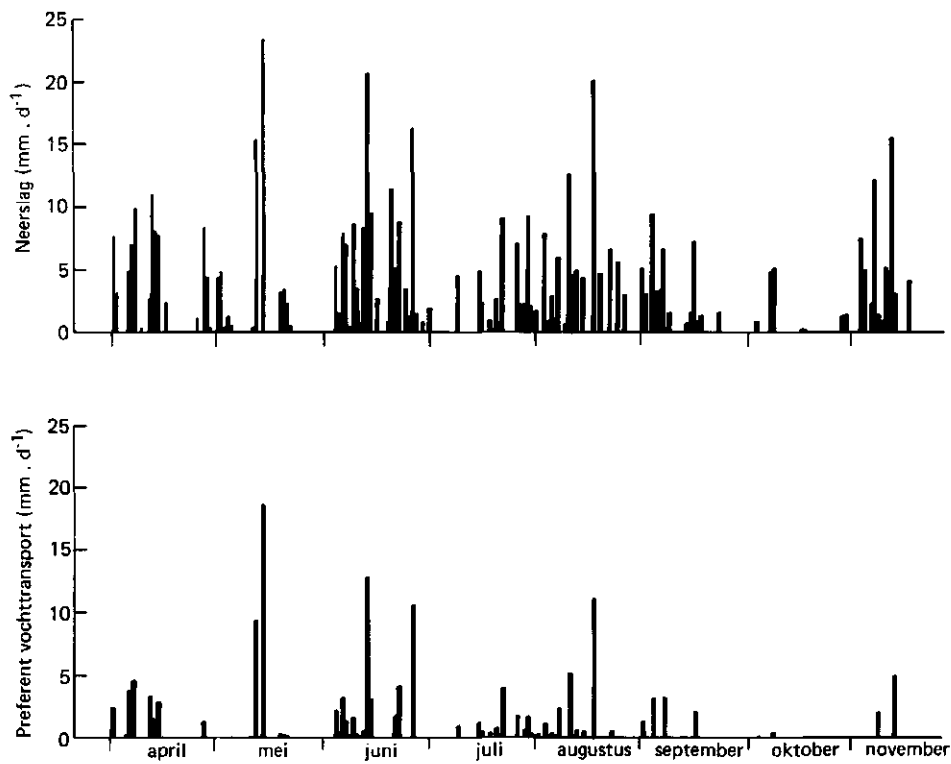


Fig. 6. Resultaten van simulatie van preferente stroming optredend in een komklei in de Bommelerwaard berekend met het model FLOCR (naar Bronswijk, 1988)

---

### 3. Bodemtypen en meetmethoden

Van zeven Nederlandse kleigronden wordt per bodemhorizont de krimpkarakteristiek gegeven. De gekozen bodemtypen en monsterplekken zijn geselecteerd aan de hand van de volgende criteria:

- Kleipercentage  
Zowel lichte als zware kleigronden zijn bemonsterd.
- Ligging  
Er is gestreefd naar een goede doorsnede van de Nederlandse kleilandschappen.
- Ontstaan  
Zowel zee- als rivierkleien zijn bemonsterd. Daarnaast zijn enkele polders bemonsterd met verschillend droogleggingstijdstip.
- Bodemgebruik  
Gestreefd is om monsters te nemen in percelen met het voor de desbetreffende streek karakteristieke bodemgebruik.
- Reeds uitgevoerde bemonsteringen voor andere bodemfysische bepalingen.  
Wat betreft de eerste vier criteria is voor zover dat mogelijk was gekozen voor monsterplekken waar reeds eerder de  $k(h)$  en de  $h(\theta)$ -relatie was bepaald in verband met de HELP-studie (BEUVING, 1984). Dit maakt het beeld van de desbetreffende kleigronden vollediger en het gebruik van de karakteristieken in modelsimulaties eenvoudiger.

In Fig. 1 zijn de geselecteerde monsterplekken aangegeven. Van de gekozen kleigronden is per horizont bepaald:

- krimpkarakteristiek;
- waterretentiekarakteristiek;
- textuur;
- $\text{CaCO}_3$ - en organische-stofgehalte;
- dichtheid van de vaste fase.

Op elke monsterplek zijn per horizont ongeveer tien natuurlijke aggregaten bemonsterd. De monsters zijn genomen in het voorjaar van 1986 toen de gron-

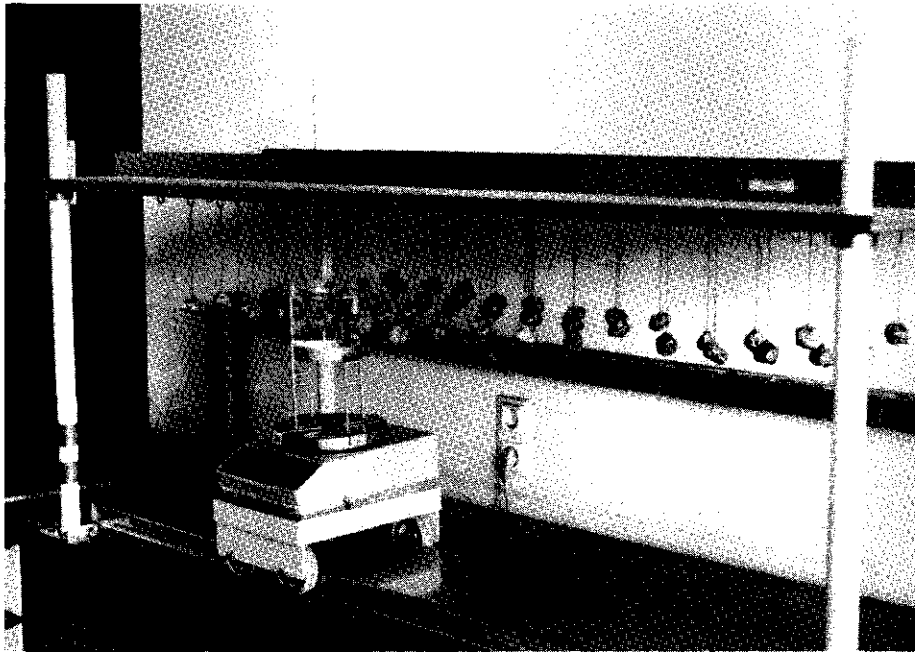


Fig. 7. Meetopstelling in het laboratorium om de krimpkarakteristiek van klei-aggregaten te bepalen

den nagenoeg verzadigd waren. In het laboratorium zijn de aggregaten zo nodig nog twee weken op een zandbak verzadigd. Van drie aggregaten is de krimpkarakteristiek bepaald, van drie andere de waterretentiekarakteristiek. De overige aggregaten werden gebruikt om textuur,  $\text{CaCO}_3$ -gehalte, organischestofgehalte, en dichtheid van de vaste fase te bepalen. De bepalingen zijn gedeeltelijk ontleend aan BEUVING (1984) en gedeeltelijk opnieuw uitgevoerd.

De krimpkarakteristiek is in het laboratorium gemeten door aggregaten in SARAN-F310-hars te dompelen. De harslaag is doorlatend voor waterdamp, maar ondoorlatend voor water en bovendien elastisch. Als het monster aan verdamping wordt blootgesteld, blijft de harslaag strak om het monster zitten. Door weging en onderwater-weging kan op verschillende tijdstippen tijdens het uitdrogingsproces het volume en gewicht van het aggregaat worden bepaald. In Fig. 7 is de opstelling van de proef weergegeven. Na 10 tot 20 dagen bleek de gewichtsverandering te verwaarlozen. De monsters met de harslaag werden in de oven gedroogd om droog gewicht en volume te bepalen. Met behulp van het computerprogramma KRIMPKARAKTERISTIEK zijn de verkregen gegevens omgezet in tabellen en grafieken. Voor een uitgebreide beschrijving van de gevolgde methode en programmatuur wordt verwezen naar BRONSWIJK (1986b).



---

## 4. Krimpkarakteristieken van kleigronden in Nederland

### 4.1. OPMERKINGEN BIJ DE BESCHREVEN PROFIELEN

Op de volgende pagina's wordt per bodemtype en per horizont een overzicht gegeven van de zwel- en krimpeigenschappen. Per bodemtype zijn steeds drie tabellen gegeven:

1. Een beschrijving van het profiel, inclusief horizonten en textuur.
2. Een samenvatting per horizont van diverse waarnemingen aan uitdrogende klei-aggregaten. De nadruk ligt hierbij op de relatie tussen vochtonttrekking en aggregaatvolume, porositeit en volumegewicht.
3. Een samenvatting per horizont en voor het hele profiel van de relatie tussen zwel en krimp enerzijds en vochtspanningswaarden anderzijds.

De derde tabel geeft per horizont de COLE-waarde (Coefficient Of Linear Extensibility) en voor de bovenste meter van het profiel de PLE-waarde (Potential Linear Extensibility).

#### COLE- en PLE-waarde

De COLE-waarde (GROSSMAN et al., 1968) is een maat voor het zwel- en krimpvermogen van een bodemhorizont:

$$\text{COLE} = (V_{\text{nat}}/V_{\text{droog}})^{1/3} - 1 \quad (3)$$

waarin:  $V_{\text{nat}}$ ,  $V_{\text{droog}}$  = volume van een bodemaggregaat in vochtige respectievelijk droge toestand ( $\text{m}^3$ )

Om de potentiële zwel- en krimp van een bodem in het veld te kwantificeren, moeten de COLE-waarden van de diverse horizonten worden opgeteld. Dit wordt de PLE-waarde genoemd. De PLE-waarde wordt berekend voor de bovenste meter van het bodemprofiel:

$$\text{PLE} = \text{COLE}(1) \times z(1) + \text{COLE}(2) \times z(2) + \dots + \text{COLE}(n) \times z(n) \text{ (cm)} \quad (4)$$

---

waarin:  $COLE(n)$  (1,2...n) = COLE-waarde van 1,2...n-de bodemhorizont (-)  
 $z(1,2...n)$  = dikte van 1,2...n-de bodemhorizont (cm)  
 $z(1) + z(2) + z(n) = 100$  cm

De waarden van COLE en PLE zijn sterk afhankelijk van de keuze van  $V_{nat}$  en  $V_{droog}$ . In het Amerikaanse bodemclassificatie-systeem (SOIL SURVEY STAFF, 1975) wordt  $V_{nat}$  gedefinieerd als het volume van een bodemaggregaat bij een vochtspanning van -333 cm en  $V_{droog}$  als het volume van een aggregaat na droging aan de lucht. Om de potentiële krimp van Nederlandse kleigronden te kwantificeren is deze definitie niet erg geschikt omdat onder Nederlandse klimaatomstandigheden de desbetreffende kleigronden vaak natter dan  $h = -333$  cm zijn en zeker niet uitdrogen tot luchtdroog. Daarom is in de tabellen de COLE-waarde berekend met  $V_{nat}$  als het volume van een aggregaat bij verzadiging (vochtspanning = 0 cm) en  $V_{droog}$  als het volume van een aggregaat bij een vochtspanning van -16.000 cm. De hieruit berekende PLE-waarde kan dan worden opgevat als de maaiveldsdaling die de desbetreffende bodem in het veld ondergaat als de bovenste meter van het profiel uitdroogt van verzadiging tot een vochtspanning van -16.000 cm. Er moet benadrukt worden dat de PLE-waarde een maat voor de potentiële volumeverandering van een bodem is. In werkelijkheid zal dit maximum nooit worden gehaald. De werkelijk optredende volumeveranderingen hangen af van de vochthuishouding. Zo kan het voorkomen dat een goed ontwaterde kleigrond met een lage PLE-waarde in het veld sterker krimpt dan een slecht ontwaterde grond met hoge PLE-waarde. Modelberekeningen zijn onmisbaar voor het kwantitatief berekenen van het werkelijke zwel- en krimpgedrag van een grond.

Om een internationale vergelijking tussen zwel- en krimpvermogen van Nederlandse en buitenlandse kleigronden mogelijk te maken is in de derde tabel (nr. 3) ook telkens de COLE- en de PLE-waarde volgens de Amerikaanse definitie gegeven.

### **Verloop zwel- en krimpproces**

Behalve de tabellen zijn voor elke bodemhorizont grafieken gegeven van de relatie tussen vochtverhouding en poriënverhouding en de relatie tussen het vochtgehalte als massafractie en het relatief-volume van de bodemmatrix

---

(relatief aggregaatvolume). De eerste grafiek is gekozen omdat hierin het verloop van het zwel-krimp proces het best wordt weergegeven. De diverse krimpstadia (par. 2.1.) zijn gemakkelijk te herkennen. De tweede grafiek is gegeven omdat hierin op de meest eenvoudige wijze zichtbaar wordt hoe krimp kwantitatief samenhangt met uitdroging. In beide grafieken zijn zes vochtspanningswaarden gemarkeerd.

De ondergrond van het Dronten-profiel (profiel 5) neemt een bijzondere plaats in omdat deze nog gedeeltelijk ongerijpt is. Het krimpproces verloopt hier dan ook duidelijk anders dan bij de andere (goed gerijpte) bodemhorizonten. De poriënverhouding bij verzadiging is zeer hoog. Verder is de totale volumeverandering tussen verzadiging en ovendroog aanzienlijk, maar vindt er wel zeer snel luchtintrede in de aggregaten plaats. Aangezien het hier om een niet reversibele volume-afneming gaat, kan de karakteristiek van profiel 5 niet worden vergeleken met de andere zes profielen. De karakteristiek van profiel 5 is opgenomen om aan te geven hoe de krimp-karakteristiek de aard van het krimpproces illustreert.

#### **Conclusies beschreven profielen**

Uit de gegeven beschrijvingen van de profielen zijn een aantal conclusies te trekken:

- Kleigronden in Nederland hebben een groot potentieel zwel- en krimpvermogen, vergelijkbaar met sterk zwellende/krimpende gronden in het buitenland (REEVE et al., 1980). Klimaatfactoren (natte zomers) beperken de werkelijk optredende krimp.
- De sterkste krimp tussen verzadiging en  $-16.000$  cm is gemeten aan de C11g-horizont (35-56 cm) van Nieuw-Beerta. De sterkst krimpende toplaag was de A11-horizont (0-22 cm) van Oosterend. Berekend volgens de Amerikaanse COLE-definitie ( $h = -333$  cm tot luchtdroog) waren de sterkst krimpende onder- en bovengronden beiden van Bruchem, namelijk de A11-horizont (0-18 cm) met een COLE-waarde van 0,2045 en de C11g-horizont met een waarde van 0,188. Hiermee behoort de Bommelerwaard-komklei internationaal gezien tot de zeer sterk krimpende kleigronden.
- Gerekend over de gehele bovenste meter van het profiel vertoont de bodem van Nieuw-Beerta de sterkste zwel en krimp tussen verzadiging en een vochtspanning van  $-16.000$  cm. De PLE-waarde bedraagt 15,3 cm. Tussen  $h =$

-333 cm en luchtdroog vertoont het profiel van Bruchem de sterkste krimp met een PLE-waarde van 18,2 cm. Ter vergelijking: REEVE et al. (1980) vonden voor kleigronden in Engeland een maximale PLE-waarde van 18,6 cm.

- Veel Nederlandse kleigronden vertonen binnen het in het veld voorkomende vochtspannings-traject enkel normale krimp, dat wil zeggen dat de bodem-aggregaten altijd nagenoeg verzadigd zijn en dat vochtonttrekking gelijk is aan de volume-afneming.

#### 4.2. KRIMPKARAKTERISTIEKEN VAN ZEVEN KLEIGRONDEN IN TABELLEN EN FIGUREN

In Tabel 1 zijn de zeven kleigronden samengevat.

TABEL 1. Overzicht van de bemonsterde bodemtypen. Voor de lokatie in Nederland, zie Fig. 1. PLE (Potential Lineair Extensibility) is een maat voor het potentiële zwel- en krimpvermogen van de bovenste meter van een bodemprofiel (zie Hoofdstuk 4).

Profiel nummer	Naam	Bodemtype	PLE voor het traject van 0 tot -16 000 (cm)
1	Oosterend	kalkloze matig zware klei, grasland	13,1
2	Nieuw-Beerta	kalkrijke matig zware klei, bouwland	15,3
3	Nieuw-Statenzijl	kalkrijke zeer zware klei, bouwland	13,3
4	Schermerhorn	kalkrijke lichte klei, bouwland	11,3
5	Dronten	kalkrijke matig zware klei, bouwland	12,7
6	Bruchem	kalkloze zeer zware klei, grasland	11,6
7	Kats	kalkrijke lichte klei, bouwland	11,4

In Tabel 2 wordt een verklaring gegeven van de gebruikte symbolen en afkortingen bij de beschreven profielen.

TABEL 2. Verklaring van de bij de beschreven profielen gebruikte symbolen en afkortingen

Symbool	Naam	Omschrijving	Dimensie
w	vochtgehalte als massafractie	De massa-hoeveelheid water, die door droging bij 105°C uit het bodemaggregaat verdwijnt, gedeeld door de massa van het gedroogde bodemaggregaat	dim.loos
$\theta$	vochtgehalte als volumefractie	Het volume water dat door droging bij 105°C uit het bodemaggregaat verdwijnt, gedeeld door het oorspronkelijk volume van het bodemaggregaat (= vaste stof + water + lucht)	dim.loos
$\eta$	porositeit	Het volume van de poriën gedeeld door het totale volume van het bodemaggregaat (bodemdeeltjes en poriën)	dim.loos
$\psi$	bodemvochtgetal	Het volume water gedeeld door het volume van de vaste delen	dim.loos
e	poriëngetal	Het volume van de poriën gedeeld door het volume van de vaste delen	dim.loos
$\rho_{bs}$	dichtheid van droge grond	Massa van een bodemaggregaat nadat het water daaruit verwijderd is door droging bij 105°C, gedeeld door het oorspronkelijke volume van het bodemaggregaat	g.cm <sup>-3</sup>
COLE	Coefficient Of Linear Extensibility	(Volume nat aggregaat/volume droog aggregaat) <sup>1/3</sup> -1 (vgl. 3)	dim.loos
PLE	Potential Linear Extensibility	Gesommeerde COLE-waarden voor bovenste m van profiel (vgl. 4)	cm



Profiel 1

Plaats van bemonstering: Oosterend; top.kaart 10F,  
 coördinaten: W/O(x) 170.700, Z/N(y) 566.850  
 Omschrijving grondsoort: Kalkloze poldervaaggrond; matig zware klei

1) Profielbeschrijving en samenstelling

Diepte (cm -mv)	Horizont	Hoofdbestanddelen					
		in % van de grond		in % van de minerale delen			
		CaCO <sub>3</sub>	humus	<2	2-16	16-50	>50 $\mu\text{m}$
0 - 22	A11	0,0	10,3	39,9	20,9	33,4	5,8
22 - 42	ACg	0,0	6,9	40,7	25,9	28,3	5,1
42 - 78	C1g	2,5	4,5	58,1	24,7	16,2	1,1
78 -120	C2g	6,9	2,2	24,1	14,3	53,5	8,1

2) Zwel- en krimpvermogen per horizont

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{\text{bs}}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
A11	0,703	0,640	0,639	1,77	1,77	0,91	19,3
	0,507	0,560	0,562	1,28	1,28	1,10	15,9
	0,428	0,519	0,519	1,08	1,08	1,21	14,5
	0,270	0,387	0,430	0,68	0,76	1,44	12,2
	0,118	0,194	0,347	0,30	0,53	1,65	10,7
	0,074	0,126	0,329	0,19	0,49	1,69	10,4
	0,054	0,092	0,323	0,14	0,48	1,71	10,3
	0,039	0,067	0,320	0,10	0,47	1,71	10,2
	0,000	0,000	0,316	0,00	0,46	1,72	10,2
ACg	0,555	0,590	0,590	1,44	1,44	1,06	30,9
	0,525	0,580	0,575	1,37	1,35	1,10	29,8
	0,502	0,563	0,569	1,30	1,32	1,12	29,4
	0,493	0,564	0,560	1,28	1,27	1,14	28,8
	0,384	0,501	0,499	1,00	1,00	1,30	25,3
	0,342	0,471	0,470	0,89	0,89	1,38	23,9
	0,242	0,384	0,390	0,63	0,64	1,59	20,7
	0,132	0,240	0,302	0,34	0,43	1,82	18,1
	0,091	0,170	0,284	0,24	0,40	1,86	17,7
	0,069	0,129	0,277	0,18	0,38	1,88	17,5
	0,047	0,089	0,271	0,12	0,37	1,89	17,4
	0,000	0,000	0,267	0,00	0,36	1,90	17,3

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
C1g	0,563	0,596	0,602	1,50	1,51	1,06	26,8
	0,541	0,585	0,594	1,44	1,46	1,08	26,2
	0,402	0,512	0,521	1,07	1,09	1,27	22,3
	0,347	0,470	0,490	0,92	0,96	1,36	20,9
	0,225	0,362	0,395	0,60	0,65	1,61	17,6
	0,093	0,169	0,315	0,25	0,46	1,82	15,5
	0,064	0,118	0,310	0,17	0,45	1,84	15,4
	0,051	0,095	0,303	0,14	0,44	1,85	15,3
	0,043	0,079	0,302	0,11	0,43	1,86	15,2
	0,000	0,000	0,303	0,00	0,43	1,86	15,3
C2g	0,339	0,478	0,475	0,91	0,90	1,41	23,8
	0,326	0,464	0,468	0,87	0,88	1,42	23,5
	0,315	0,458	0,457	0,84	0,84	1,45	23,0
	0,211	0,346	0,390	0,57	0,64	1,63	20,5
	0,169	0,283	0,375	0,45	0,60	1,68	20,0
	0,093	0,161	0,354	0,25	0,55	1,73	19,3
	0,030	0,052	0,346	0,08	0,53	1,75	19,1
	0,022	0,038	0,346	0,06	0,53	1,75	19,1
	0,016	0,028	0,345	0,04	0,53	1,76	19,1
	0,000	0,000	0,350	0,00	0,54	1,74	19,2

3) Zwel- en krimpvermogen in relatie met waarden van de vochtspanning

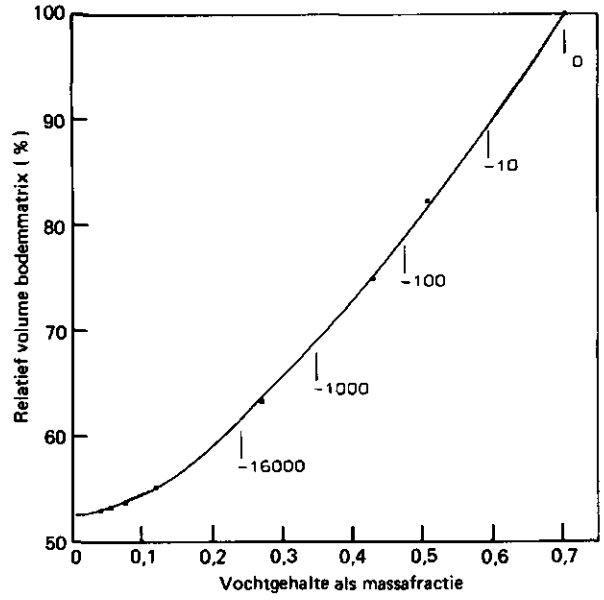
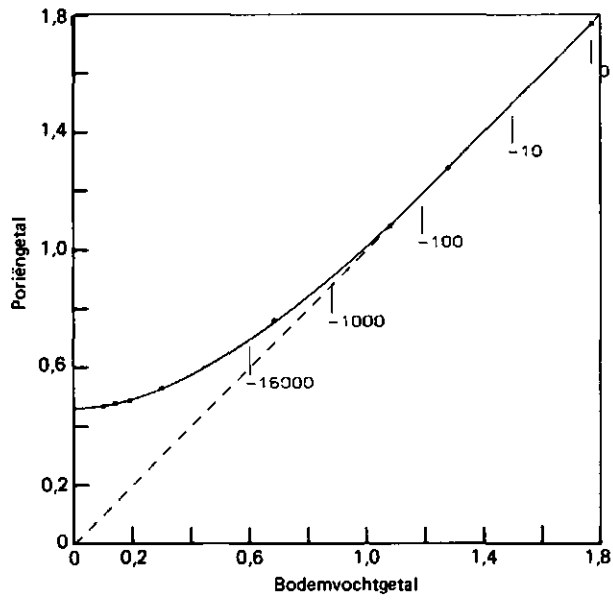
Vochtspannings- traject	COLE-waarde per horizont (-)				PLE-waarde voor de bovenste m van het bodem- profiel (cm)
	A11	ACg	C1g	C2g	
Verzadiging tot -16 000 cm	0,173	0,154	0,134	0,068	13,1
-333 cm tot lucht- droog	0,110	0,140	0,147	0,030	11,2



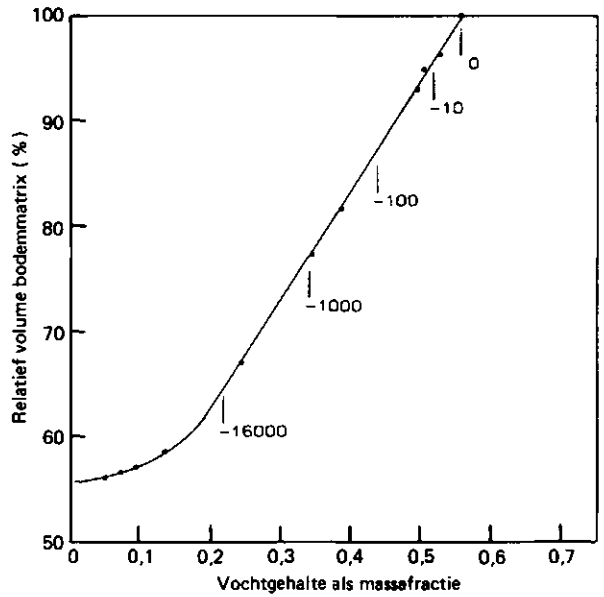
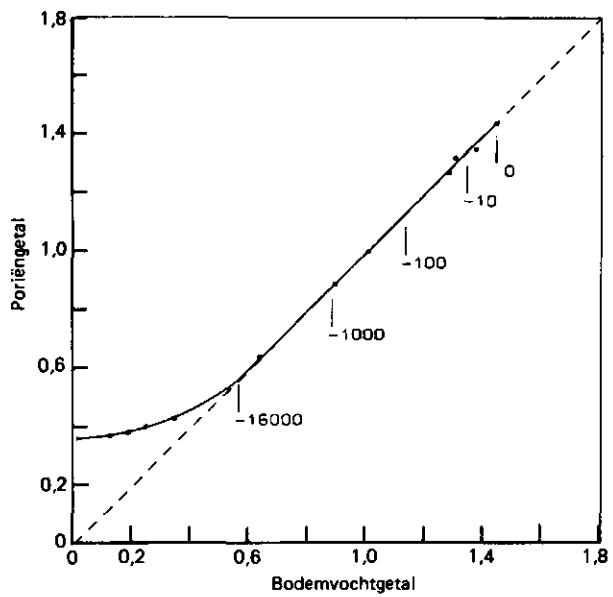
Profiel 1. Oosterend

Kalkloze poldervaaggrond; matig zware klei

Horizont A11 (0-22 cm -mv)

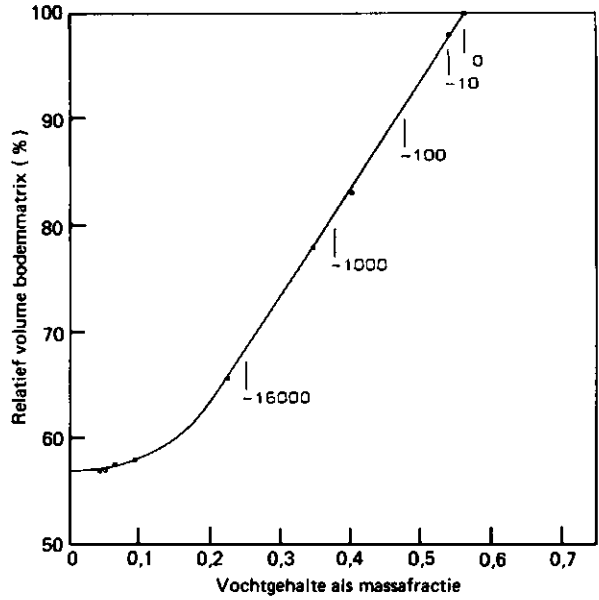
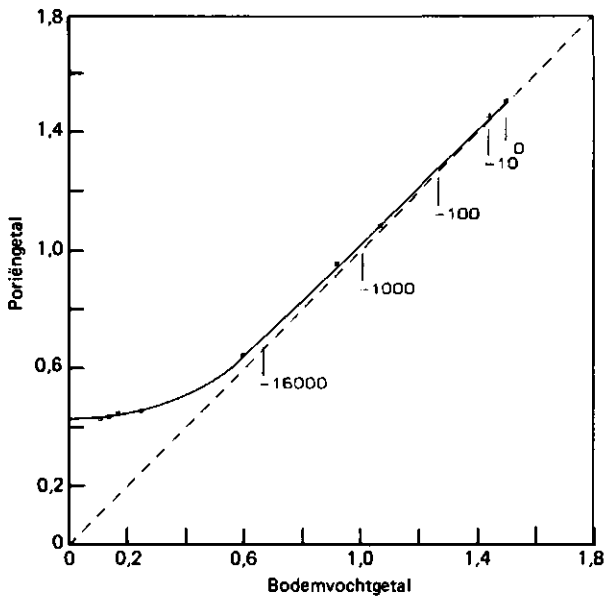


Horizont ACg (22-42 cm -mv)

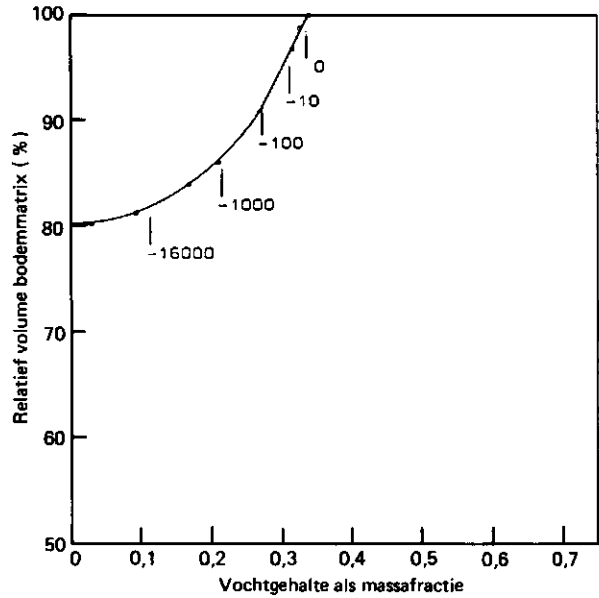
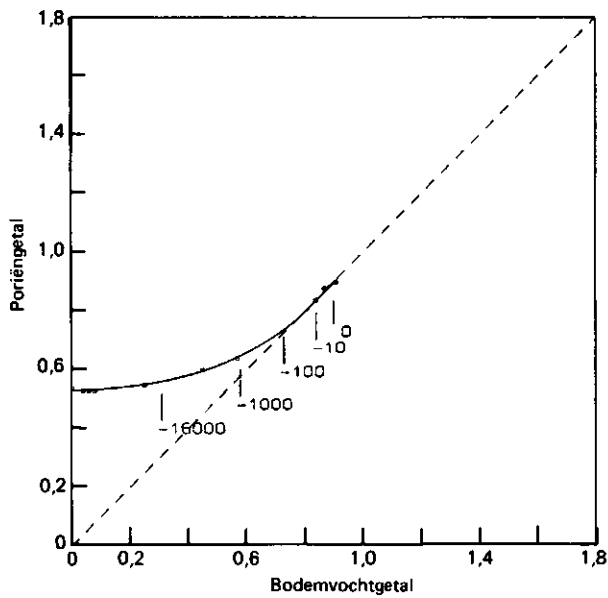


Profiel 1. Oosterend

Horizont C1g (42-78 cm -mv)



Horizont C2g (78-120 cm -mv)



Profiel 2

Plaats van bemonstering: Nieuw Beerta; top.kaart 8D,  
 coördinaten W/O(x) 273.300, Z/N(y) 579.650  
 Omschrijving grondsoort: Kalkrijke polder- tot nesvaaggrond; matig  
 zware klei

1) Profielbeschrijving en samenstelling

Diepte (cm -mv)	Horizont	Hoofdbestanddelen					
		in % van de grond		in % van de minerale delen			
		CaCO <sub>3</sub>	humus	<2	2-16	16-50	>50 $\mu$ m
0 - 26	Ap	1,4	4,8	45,4	27,8	16,6	10,2
26 - 34	A12	0,8	3,9	45,9	27,4	18,9	6,8
34 - 56	C11g	1,7	2,2	51,6	29,2	15,4	3,8
56 - 75	C12g	3,3	1,9	39,1	24,1	32,8	4,0
75 -107	C13g	0,3	3,0	59,3	31,7	6,9	2,1

2) Zwel- en krimpvermogen per horizont

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
Ap	0,522	0,573	0,585	1,38	1,41	1,10	14,2
	0,512	0,569	0,579	1,35	1,38	1,11	14,0
	0,494	0,560	0,571	1,30	1,33	1,13	13,7
	0,464	0,545	0,555	1,23	1,25	1,17	13,3
	0,374	0,489	0,505	0,99	1,02	1,31	11,9
	0,344	0,464	0,489	0,91	0,96	1,35	11,5
	0,290	0,422	0,449	0,76	0,81	1,46	10,7
	0,267	0,400	0,431	0,70	0,76	1,50	10,4
	0,213	0,344	0,388	0,56	0,63	1,62	9,6
	0,091	0,159	0,337	0,24	0,51	1,75	8,9
	0,064	0,112	0,334	0,17	0,50	1,76	8,8
	0,000	0,000	0,328	0,00	0,49	1,77	8,8
A12	0,576	0,595	0,603	1,50	1,52	1,04	19,4
	0,506	0,565	0,572	1,32	1,34	1,12	18,0
	0,496	0,560	0,567	1,30	1,31	1,13	17,8
	0,471	0,548	0,554	1,23	1,24	1,16	17,3
	0,387	0,497	0,508	1,01	1,03	1,28	15,6
	0,347	0,460	0,492	0,91	0,97	1,33	15,1
	0,296	0,424	0,450	0,77	0,82	1,43	14,0
	0,277	0,409	0,435	0,72	0,77	1,47	13,6
	0,224	0,357	0,388	0,58	0,63	1,60	12,6
	0,103	0,180	0,332	0,27	0,50	1,74	11,5
	0,066	0,117	0,323	0,17	0,48	1,77	11,3
	0,000	0,000	0,324	0,00	0,48	1,77	11,4

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
C11g	0,634	0,621	0,626	1,66	1,67	0,98	17,7
	0,605	0,611	0,615	1,59	1,60	1,01	17,2
	0,568	0,594	0,601	1,49	1,50	1,05	16,5
	0,431	0,525	0,536	1,13	1,15	1,22	14,2
	0,388	0,496	0,512	1,02	1,05	1,28	13,5
	0,291	0,424	0,444	0,76	0,80	1,46	11,9
	0,262	0,397	0,422	0,69	0,73	1,51	11,4
	0,185	0,307	0,366	0,48	0,58	1,66	10,4
	0,072	0,127	0,327	0,19	0,49	1,76	9,8
	0,050	0,089	0,323	0,13	0,48	1,77	9,7
	0,000	0,000	0,330	0,00	0,49	1,76	9,8
C12g	0,526	0,578	0,590	1,41	1,44	1,10	15,5
	0,488	0,562	0,570	1,31	1,33	1,15	14,7
	0,355	0,475	0,500	0,95	1,00	1,34	12,7
	0,313	0,442	0,473	0,84	0,90	1,41	12,0
	0,228	0,360	0,411	0,61	0,70	1,58	10,7
	0,205	0,332	0,395	0,55	0,65	1,62	10,5
	0,138	0,236	0,363	0,37	0,57	1,71	9,9
	0,047	0,084	0,342	0,13	0,52	1,76	9,6
	0,037	0,066	0,341	0,10	0,52	1,77	9,6
	0,000	0,000	0,338	0,00	0,51	1,78	9,5
C13g	0,606	0,613	0,624	1,63	1,66	9,99	17,4
	0,570	0,599	0,610	1,53	1,56	1,05	16,7
	0,526	0,577	0,592	1,41	1,45	1,10	16,0
	0,418	0,519	0,538	1,12	1,17	1,24	14,1
	0,381	0,494	0,518	1,03	1,07	1,30	13,5
	0,290	0,423	0,458	0,78	0,85	1,46	12,0
	0,128	0,216	0,374	0,35	0,60	1,68	10,4
	0,082	0,140	0,364	0,22	0,57	1,71	10,2
	0,000	0,000	0,360	0,00	0,56	1,72	10,2

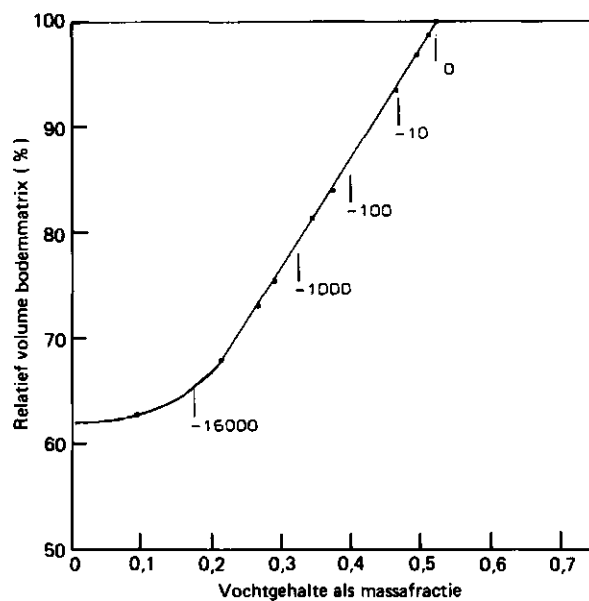
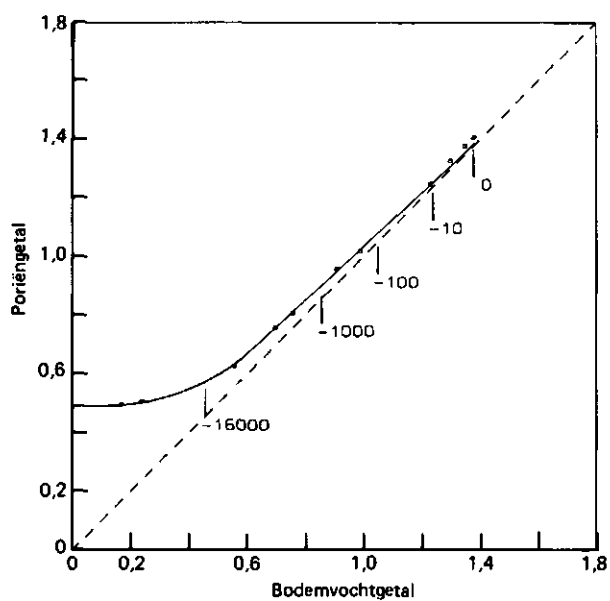
3) Zwel- en krimpvermogen in relatie met waarden van de vochtspanning

Vochtspannings- traject	COLE-waarde per horizont (-)					PLE-waarde voor de bovenste m van het bodem- profiel (cm)
	Ap	A12	C11g	C12g	C13g	
Verzadiging tot -16 000 cm	0,154	0,149	0,199	0,132	0,129	15,3
-333 cm tot lucht- droog	0,102	0,121	0,131	0,102	0,138	11,9

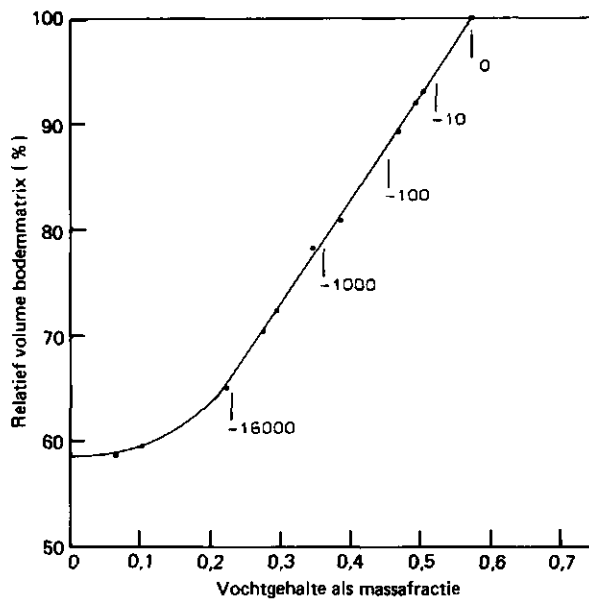
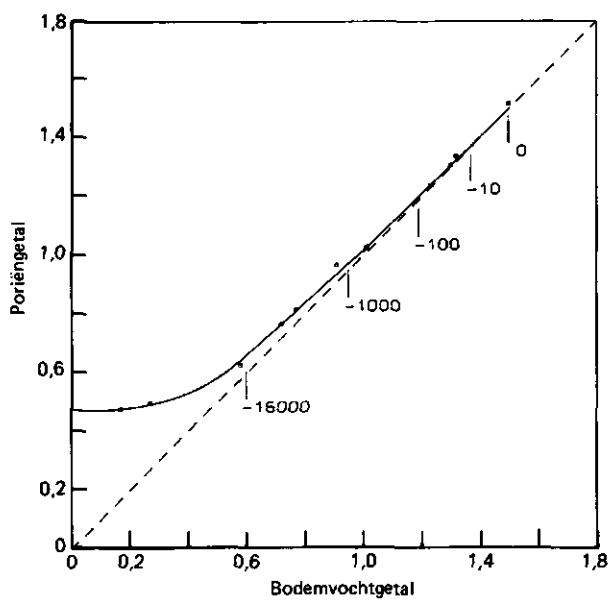
Profiel 2. Nieuw-Beerta

Kalkrijke polder- tot nesvaaggrond; matig zware klei

Horizont Ap (0-26 cm -mv)

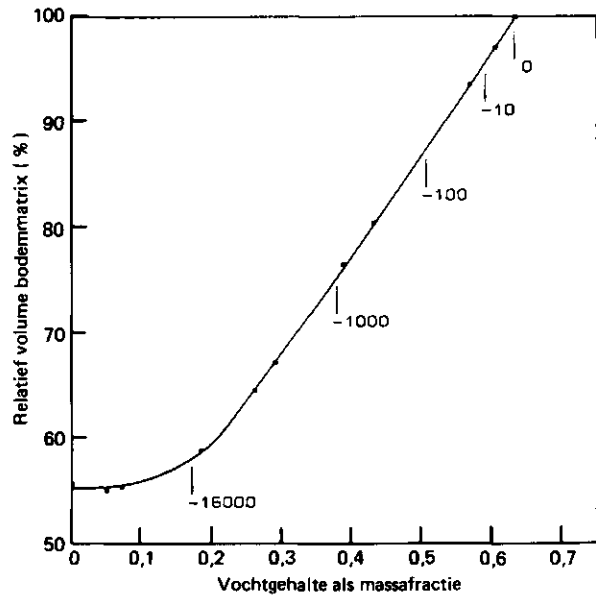
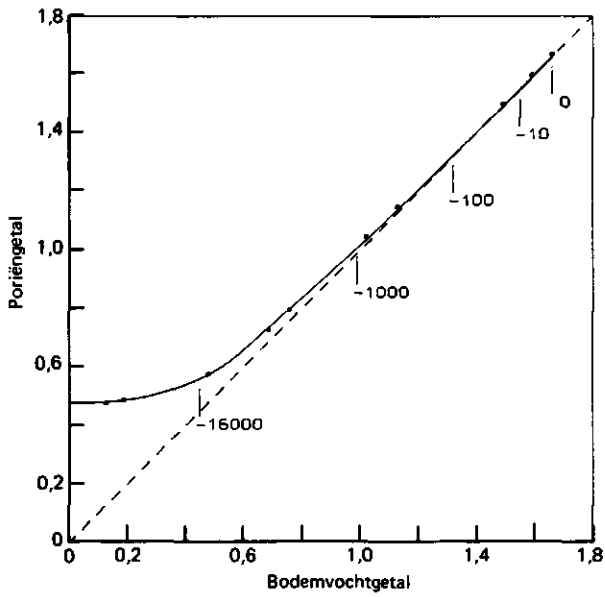


Horizont A12 (26-34 cm -mv)

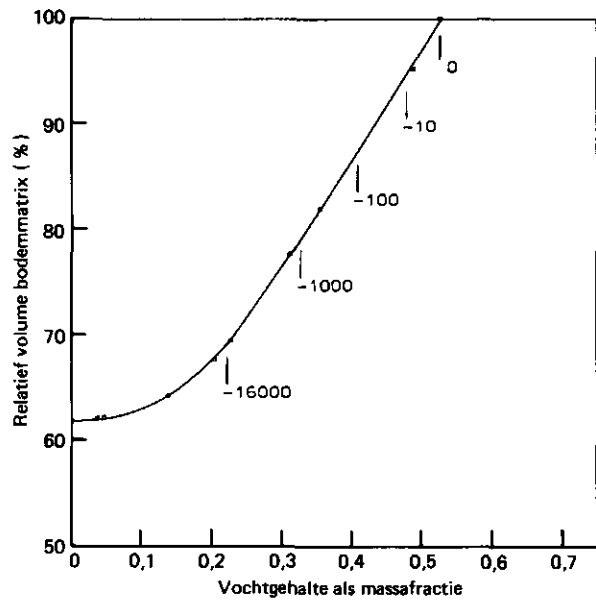
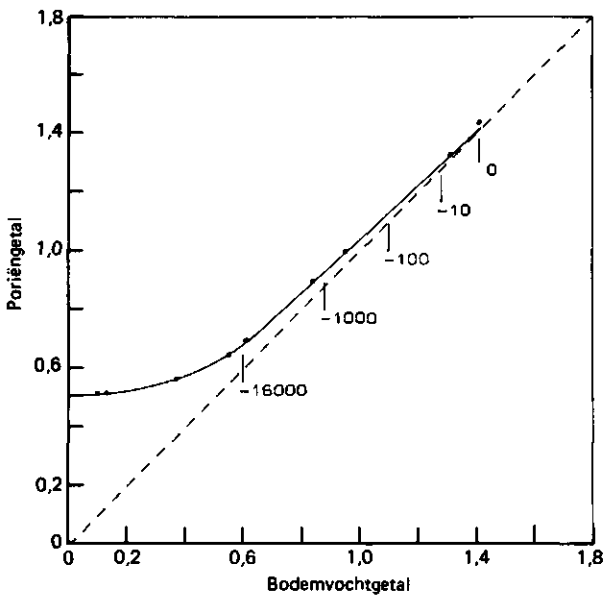


Profiel 2. Nieuw Beerta

Horizont C11g (34-56 cm -mv)

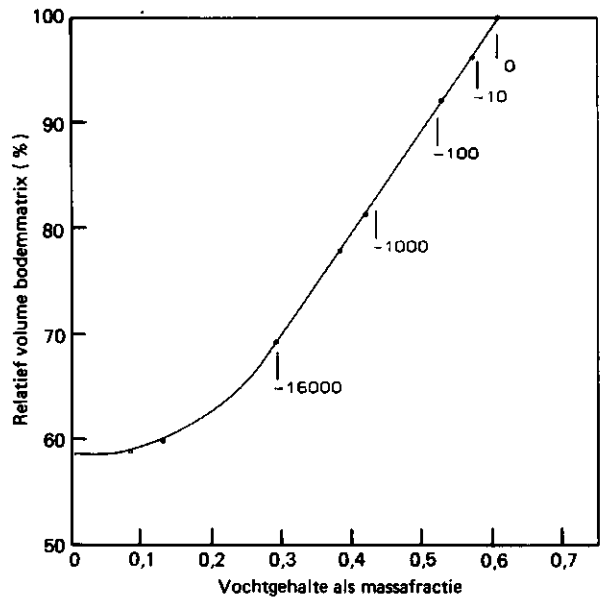
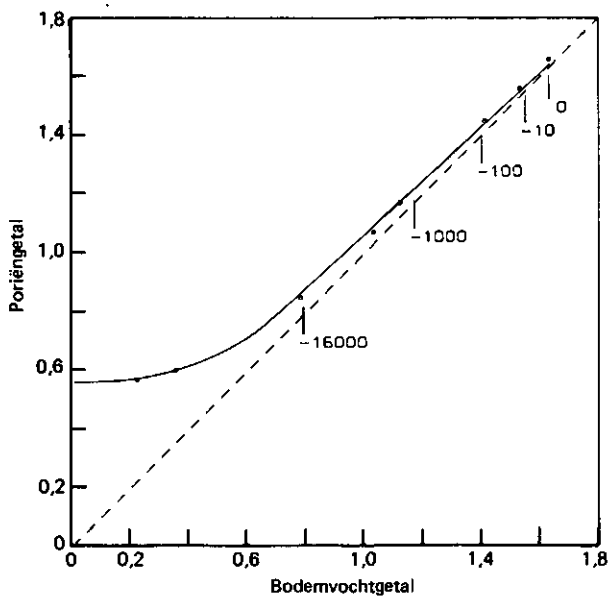


Horizont C12g (56-75 cm -mv)



Profiel 2. Nieuw Beerta

Horizont C13g (75-107 cm -mv)



Profiel 3

Plaats van bemonstering: Nieuw Statenzijl; top.kaart 8D,  
 coördinaten W/O(x) 274.300, Z/N(y) 583.450  
 Omschrijving grondsoort: Kalkrijke polder- tot nesvaaggrond; zeer  
 zware klei

1) Profielbeschrijving en samenstelling

Diepte (cm -mv)	Horizont	Hoofdbestanddelen					
		in % van de grond		in % van de minerale delen			
		CaCO <sub>3</sub>	humus	<2	2-16	16-50	>50 $\mu$ m
0 - 29	Ap	9,0	3,3	52,0	24,2	20,4	3,4
29 - 40	AC	10,6	2,9	62,9	17,0	17,7	2,4
40 - 63	C21	11,3	2,7	52,4	25,3	18,3	4,0
63 - 80	C22g	9,8	2,8	55,8	24,1	16,7	3,4
80 -180	C23g	11,6	2,2	59,6	26,4	12,2	1,8

2) Zwel- en krimpvermogen per horizont

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
Ap	0,498	0,562	0,571	1,31	1,33	1,14	11,3
	0,477	0,556	0,560	1,26	1,27	1,17	11,0
	0,464	0,549	0,554	1,23	1,24	1,18	10,8
	0,425	0,523	0,536	1,13	1,15	1,23	10,4
	0,313	0,443	0,466	0,83	0,87	1,42	9,0
	0,280	0,413	0,444	0,74	0,80	1,47	8,7
	0,215	0,350	0,384	0,57	0,62	1,63	7,8
	0,191	0,321	0,367	0,51	0,58	1,68	7,6
	0,127	0,224	0,336	0,34	0,51	1,76	7,3
	0,047	0,086	0,316	0,13	0,46	1,81	7,0
	0,036	0,065	0,314	0,09	0,46	1,82	7,0
	0,000	0,000	0,320	0,00	0,47	1,80	7,1
AC	0,523	0,579	0,585	1,40	1,41	1,11	18,2
	0,502	0,567	0,577	1,34	1,36	1,13	17,8
	0,467	0,550	0,559	1,25	1,27	1,18	17,1
	0,339	0,465	0,486	0,90	0,94	1,37	14,6
	0,294	0,428	0,456	0,79	0,84	1,45	13,8
	0,205	0,336	0,386	0,55	0,63	1,64	12,2
	0,177	0,300	0,367	0,47	0,58	1,69	11,9
	0,114	0,200	0,344	0,31	0,52	1,75	11,5
	0,045	0,081	0,330	0,12	0,49	1,79	11,2
	0,036	0,065	0,329	0,10	0,49	1,79	11,2
	0,000	0,000	0,333	0,00	0,50	1,78	11,3



Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )	
C21	0,622	0,622	0,628	1,67	1,69	1,00	18,9	
	0,597	0,612	0,619	1,61	1,62	1,03	18,5	
	0,556	0,593	0,603	1,49	1,52	1,07	17,8	
	0,419	0,518	0,541	1,13	1,18	1,24	15,3	
	0,371	0,487	0,513	1,00	1,05	1,31	14,5	
	0,272	0,406	0,446	0,73	0,80	1,49	12,7	
	0,245	0,376	0,430	0,66	0,75	1,53	12,3	
	0,166	0,270	0,394	0,45	0,65	1,63	11,6	
	0,064	0,109	0,367	0,17	0,58	1,70	11,1	
	0,046	0,078	0,363	0,12	0,57	1,71	11,1	
	0,000	0,000	0,362	0,00	0,57	1,72	11,0	
C22g	0,615	0,622	0,622	1,64	1,64	1,01	16,6	
	0,609	0,621	0,622	1,62	1,62	1,02	16,4	
	0,571	0,602	0,604	1,52	1,53	1,05	15,9	
	0,532	0,585	0,587	1,41	1,42	1,10	15,2	
	0,393	0,497	0,525	1,05	1,11	1,26	13,2	
	0,347	0,462	0,499	0,92	1,00	1,33	12,5	
	0,253	0,378	0,440	0,67	0,79	1,49	11,2	
	0,230	0,349	0,429	0,61	0,75	1,52	11,0	
	0,156	0,251	0,396	0,42	0,66	1,61	10,4	
	0,047	0,078	0,370	0,12	0,59	1,68	10,0	
	0,036	0,061	0,368	0,10	0,58	1,68	9,9	
		0,000	0,000	0,365	0,00	0,57	1,69	9,9
C23g	0,666	0,642	0,642	1,79	1,80	0,96	16,5	
	0,622	0,624	0,627	1,67	1,68	1,00	15,8	
	0,595	0,612	0,618	1,60	1,62	1,03	15,4	
	0,542	0,585	0,599	1,46	1,49	1,08	14,7	
	0,394	0,500	0,528	1,06	1,12	1,27	12,4	
	0,341	0,463	0,495	0,92	0,98	1,36	11,6	
	0,232	0,358	0,426	0,62	0,74	1,54	10,2	
	0,201	0,318	0,412	0,54	0,70	1,58	10,0	
	0,120	0,199	0,384	0,32	0,62	1,66	9,5	
	0,038	0,064	0,373	0,10	0,59	1,69	9,4	
	0,033	0,055	0,369	0,09	0,58	1,70	9,3	
		0,000	0,000	0,370	0,00	0,59	1,69	9,3

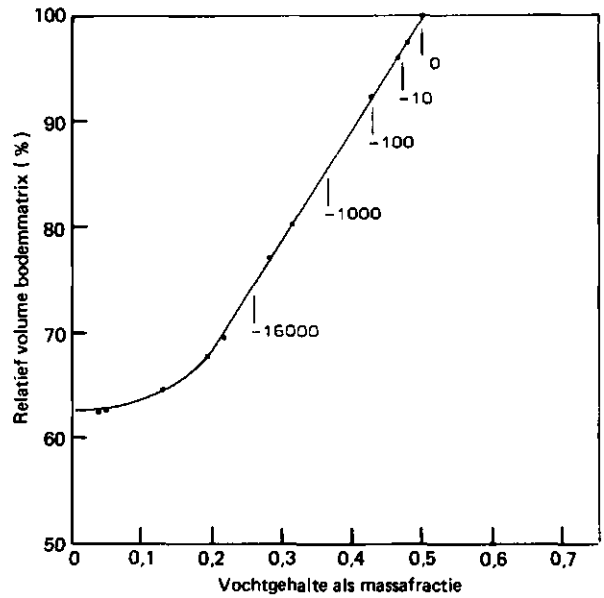
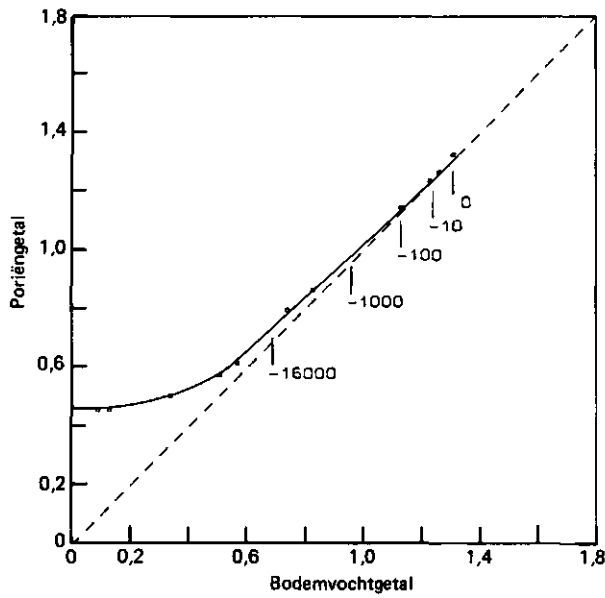
3) Zwel- en krimpvermogen in relatie met waarden van de vochtspanning

Vochtspannings- traject	COLE-waarde per horizont (-)					PLE-waarde voor de bovenste m van het bodem- profiel (cm)
	Ap	AC	C21	C22g	C23g	
Verzadiging tot -16 000 cm	0,103	0,132	0,137	0,149	0,157	13,3
-333 cm tot lucht- droog	0,122	0,115	0,131	0,128	0,128	12,6

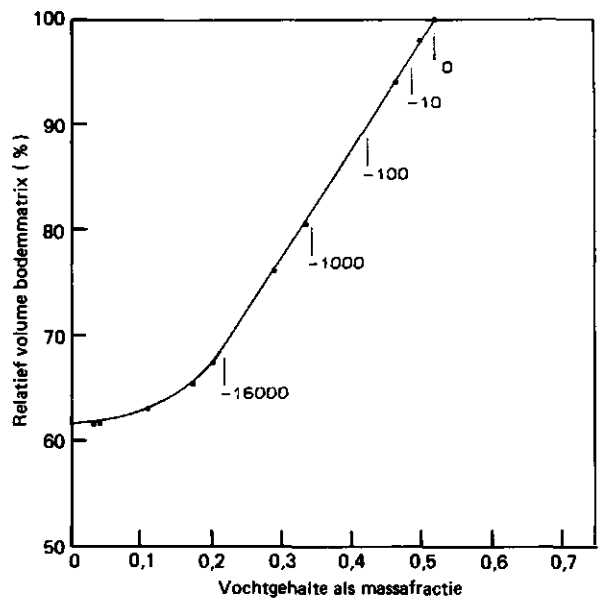
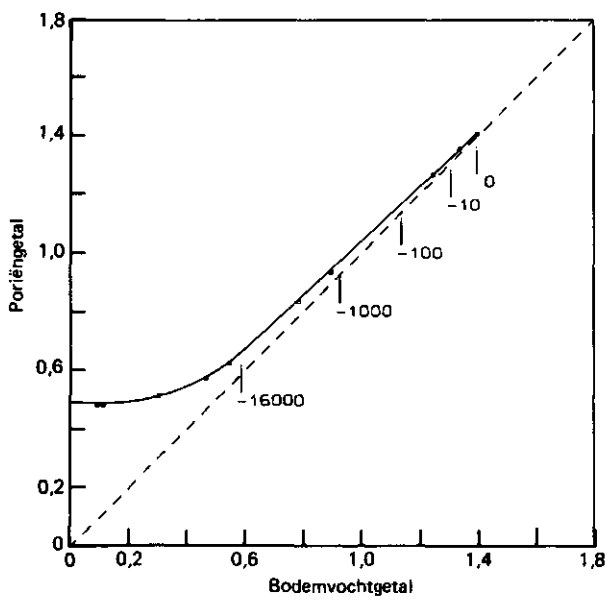
Profiel 3. Nieuw Statenzijl

Kalkrijke polder- tot nesvaaggrond; zeer zware klei

Horizont Ap (0-29 cm -mv)

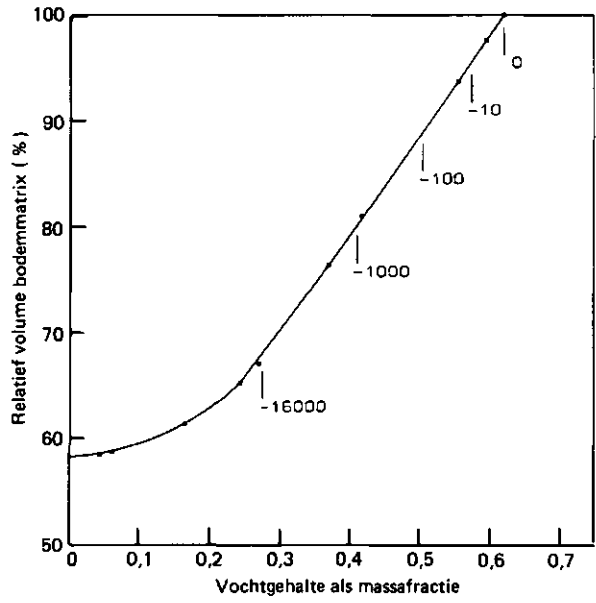
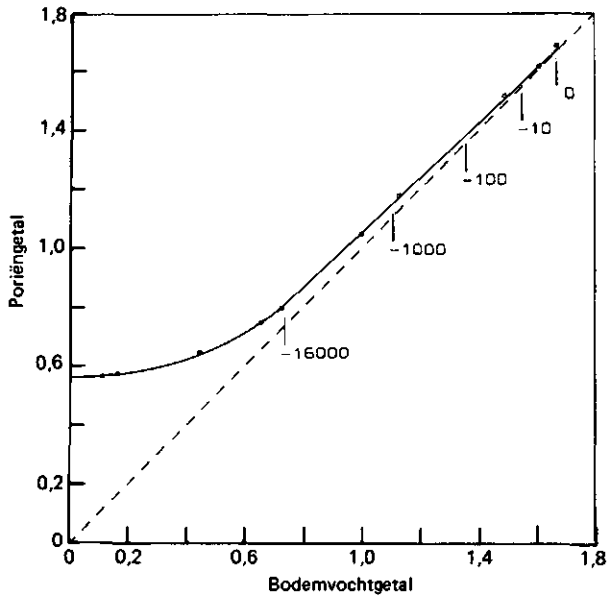


Horizont AC (29-40 cm -mv)

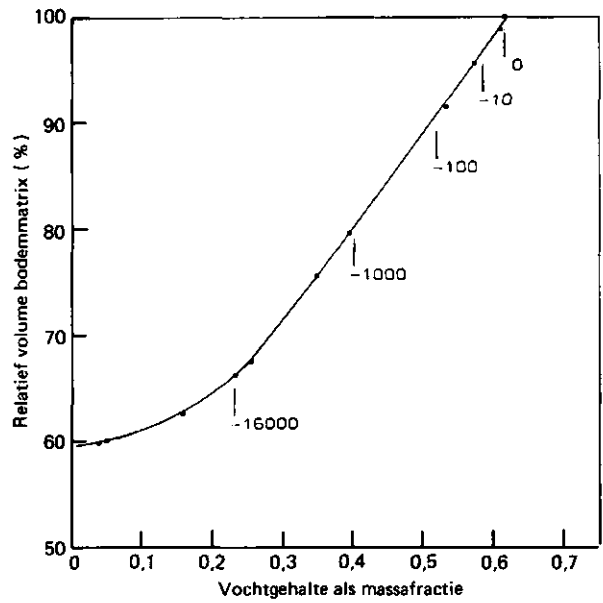
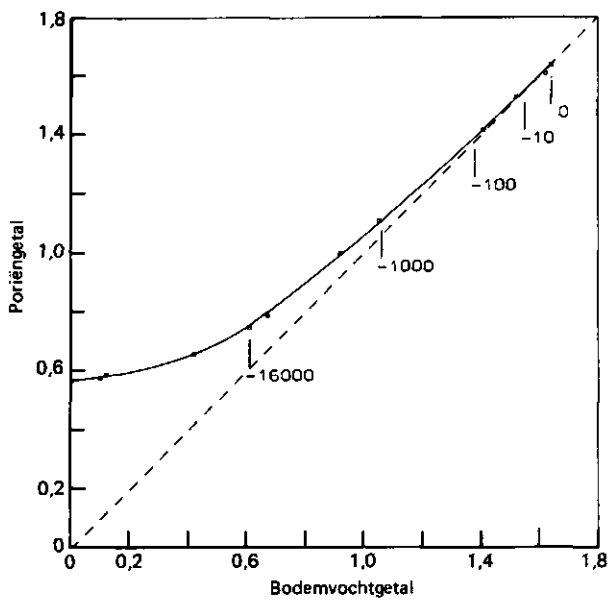


Profiel 3. Nieuw Statenzijl

Horizont C21 (40-63 cm -mv)

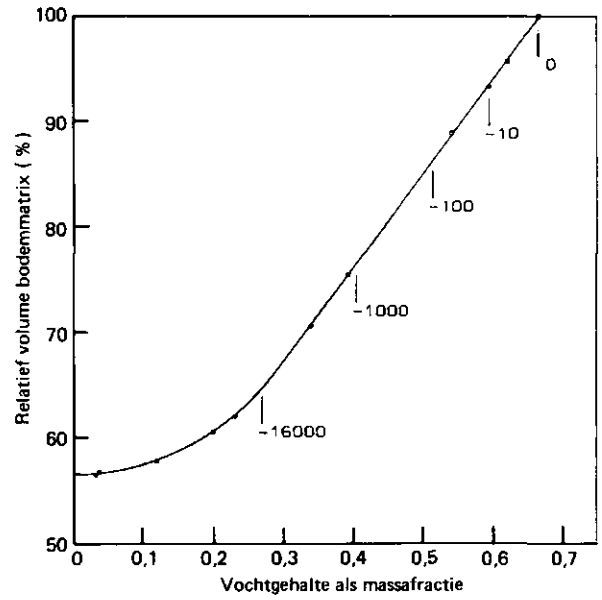
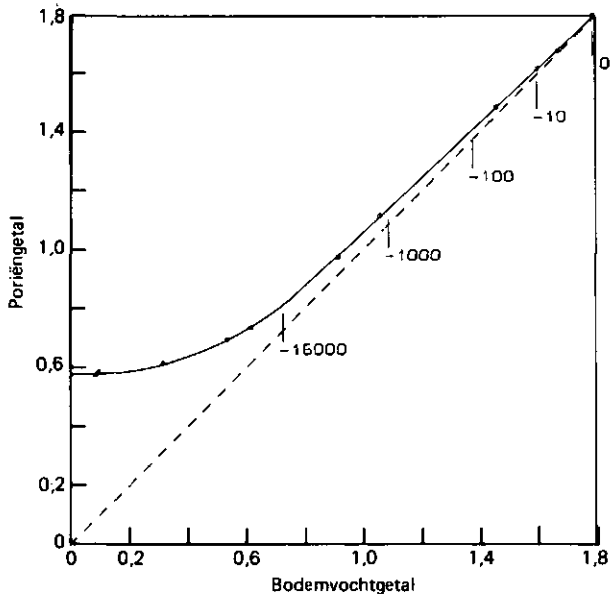


Horizont C22g (63-80 cm -mv)



Profiel 3. Nieuw Statenzijl

Horizont C23g (80-100 cm -mv)



Profiel 4

Plaats van bemonstering: Schermerhorn; top.kaart 19E,  
 coördinaten W/O(x) 120.100, Z/N(y) 512.250  
 Omschrijving grondsoort: Kalkrijke poldervaaggrond, lichte klei

1) Profielbeschrijving en samenstelling

Diepte (cm -mv)	Horizont	Hoofdbestanddelen					
		in % van de grond		in % van de minerale delen			
		CaCO <sub>3</sub>	humus	<2	2-16	16-50	>50 $\mu$ m
0 - 21	A11	11,7	5,9	34,8	17,9	27,9	19,5
21 - 52	A12	11,1	6,2	42,9	22,1	26,5	8,5
52 - 77	C21g	17,6	3,7	32,1	20,4	33,2	14,2
77 -100	C22g	18,8	3,1	16,2	10,1	37,8	36,0

2) Zwell- en krimpvermogen per horizont

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\zeta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g. cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
A11	0,456	0,543	0,543	1,18	1,18	1,19	15,3
	0,428	0,528	0,528	1,11	1,11	1,23	14,8
	0,319	0,446	0,461	0,83	0,86	1,40	13,1
	0,275	0,404	0,434	0,71	0,77	1,47	12,4
	0,217	0,339	0,397	0,56	0,66	1,56	11,7
	0,155	0,251	0,374	0,40	0,60	1,62	11,2
	0,103	0,171	0,362	0,27	0,57	1,65	11,0
	0,042	0,070	0,353	0,11	0,54	1,68	10,9
	0,029	0,049	0,352	0,08	0,54	1,68	10,8
	0,000	0,000	0,354	0,00	0,55	1,67	10,9
A12	0,606	0,612	0,612	1,58	1,58	1,01	18,5
	0,587	0,604	0,605	1,53	1,53	1,03	18,1
	0,571	0,596	0,600	1,49	1,50	1,04	17,9
	0,546	0,588	0,588	1,43	1,43	1,08	17,4
	0,441	0,532	0,537	1,15	1,16	1,21	15,4
	0,392	0,501	0,510	1,02	1,04	1,28	14,6
	0,325	0,452	0,468	0,85	0,88	1,39	13,4
	0,254	0,386	0,418	0,66	0,72	1,52	12,3
	0,191	0,305	0,387	0,50	0,63	1,60	11,7
	0,092	0,153	0,361	0,24	0,56	1,67	11,2
	0,059	0,100	0,354	0,15	0,55	1,69	11,1
	0,000	0,000	0,350	0,00	0,54	1,70	11,0

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
C21g	0,605	0,615	0,615	1,59	1,59	1,02	26,4
	0,596	0,611	0,611	1,56	1,56	1,03	26,2
	0,581	0,606	0,606	1,52	1,52	1,04	25,7
	0,521	0,579	0,579	1,36	1,36	1,11	24,1
	0,492	0,564	0,564	1,29	1,29	1,15	23,4
	0,450	0,540	0,543	1,18	1,19	1,20	22,4
	0,396	0,500	0,518	1,04	1,07	1,26	21,2
	0,337	0,446	0,495	0,88	0,98	1,32	20,3
	0,208	0,289	0,469	0,54	0,88	1,39	19,3
	0,140	0,199	0,460	0,37	0,85	1,41	19,0
0,000	0,000	0,451	0,00	0,82	1,44	18,6	
C22g	0,413	0,522	0,522	1,09	1,09	1,26	17,7
	0,357	0,477	0,493	0,94	0,97	1,33	16,7
	0,334	0,452	0,486	0,88	0,94	1,35	16,5
	0,293	0,404	0,476	0,77	0,91	1,38	16,2
	0,250	0,351	0,466	0,66	0,87	1,41	15,9
	0,198	0,283	0,457	0,52	0,84	1,43	15,6
	0,097	0,141	0,450	0,26	0,82	1,45	15,4
	0,054	0,078	0,448	0,14	0,81	1,45	15,4
	0,000	0,000	0,441	0,00	0,79	1,47	15,2

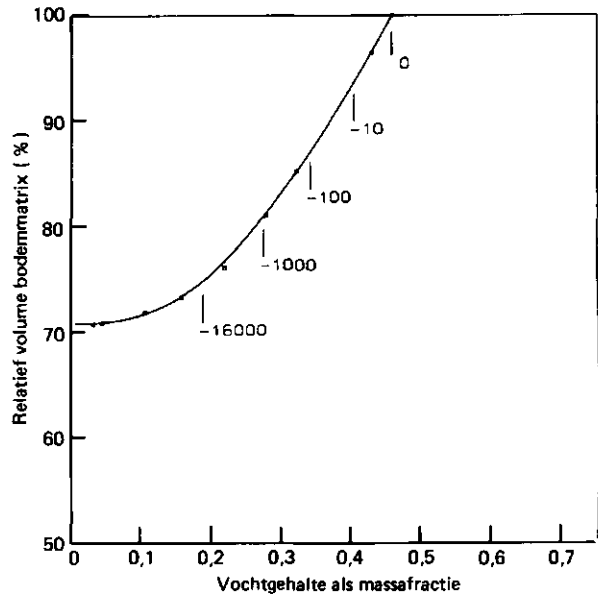
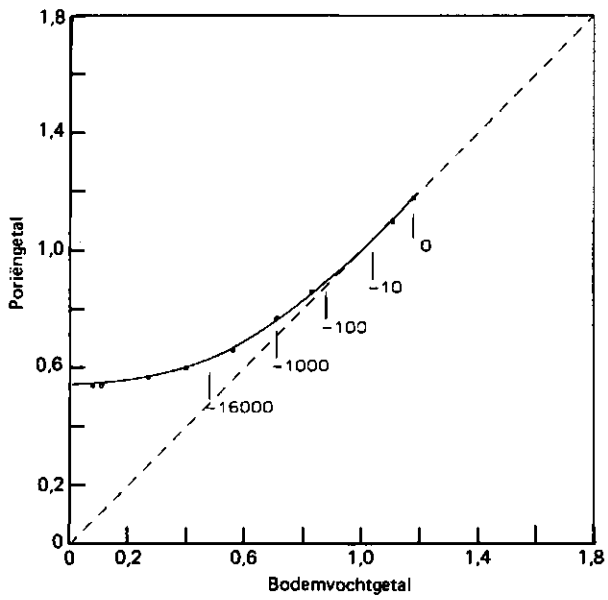
3) Zwel- en krimpvermogen in relatie met waarden van de vochtspanning

Vochtspannings- traject	COLE-waarde per horizont (-)				PLE-waarde voor de bovenste m van het bodem- profiel (cm)
	A11	A12	C21g	C22g	
Verzadiging tot -16 000 cm	0,101	0,173	0,111	0,048	11,3
-333 cm tot lucht- droog	0,058	0,102	0,056	0,023	6,3

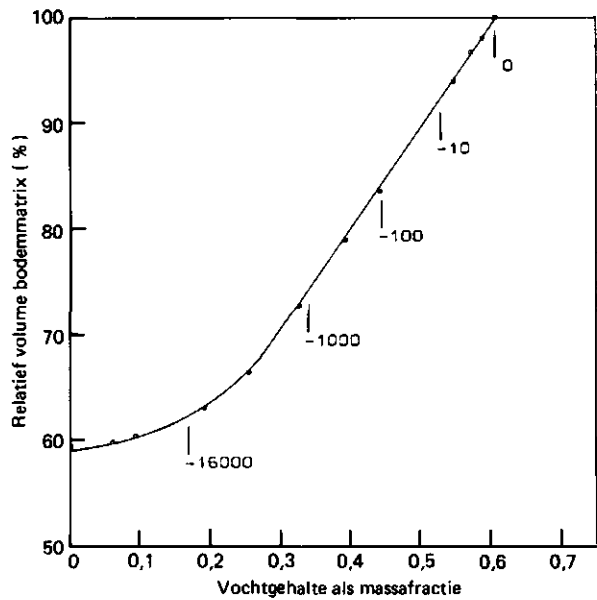
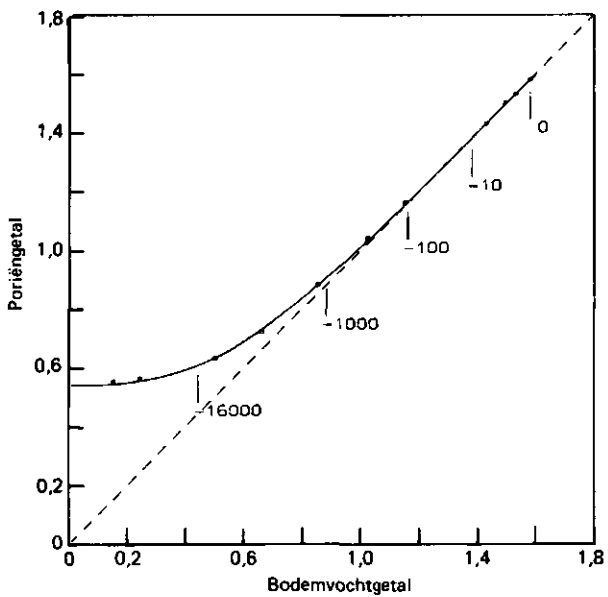
Profiel 4. Schermerhorn

Kalkrijke poldervaaggrond; lichte klei

Horizont A11 (0-21 cm -mv)



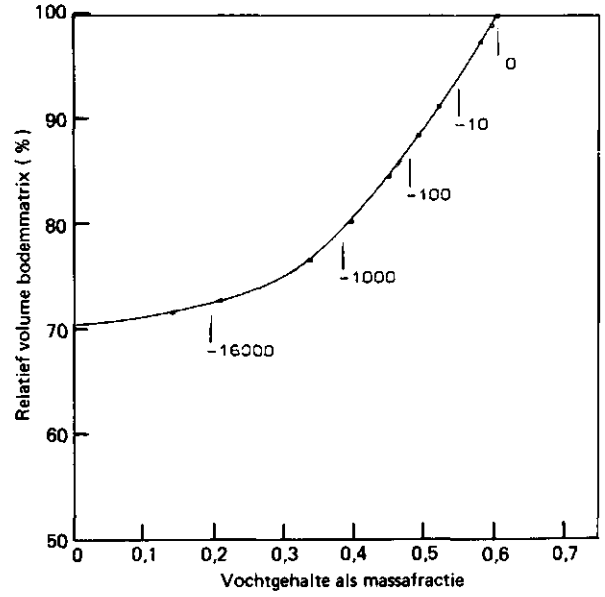
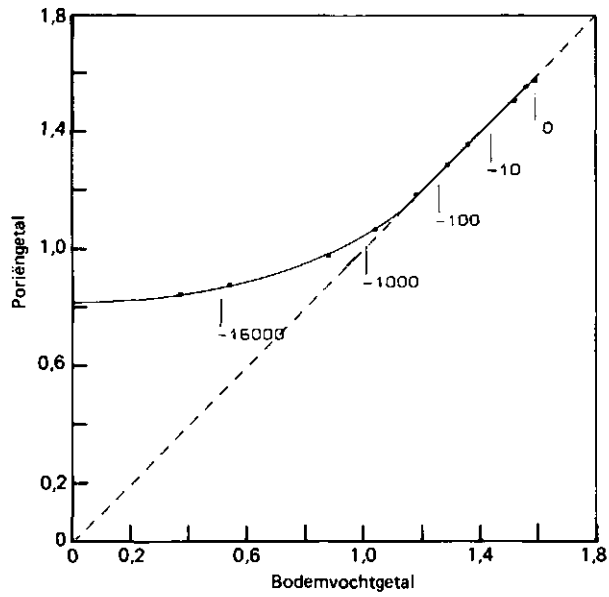
Horizont A12 (21-52 cm -mv)



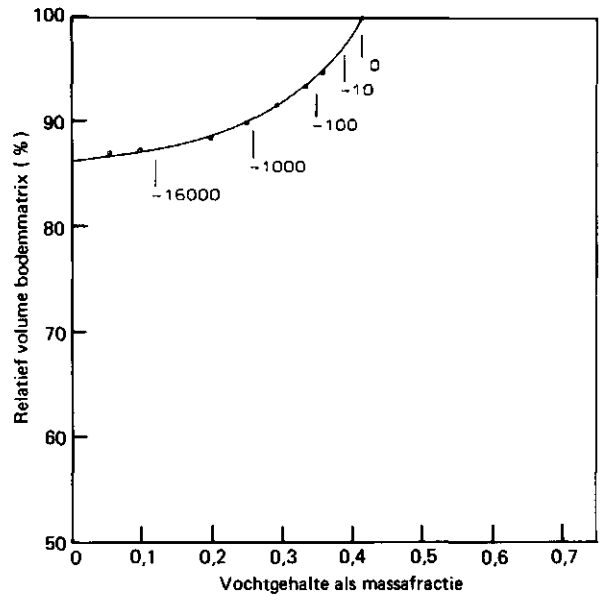
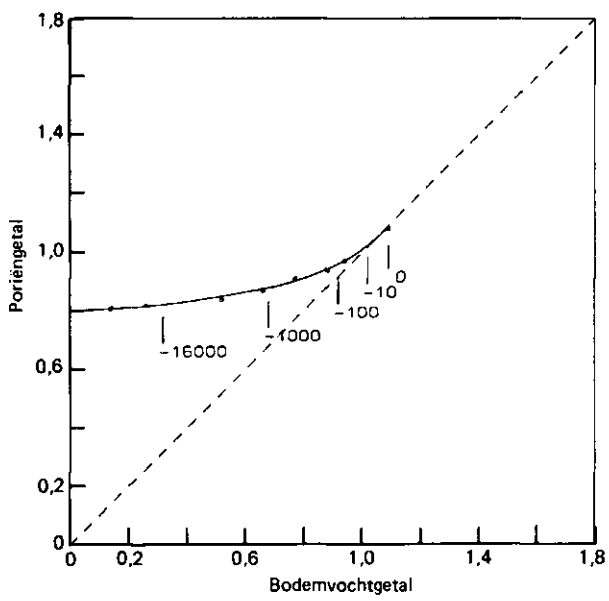


Profiel 4. Schermerhorn

Horizont C21g (52-77 cm -mv)



Horizont C22g (77-100 cm -mv)



Profiel 5

Plaats van bemonstering: Dronten; top.kaart 20H,  
 coördinaten W/O(x) 173.750, Z/N(y) 500.650  
 Omschrijving grondsoort: kalkrijke nesvaaggrond, matig zware klei

1) Profielbeschrijving en samenstelling

Diepte (cm -mv)	Horizont	Hoofdbestanddelen					
		in % van de grond		in % van de minerale delen			
		CaCO <sub>3</sub>	humus	<2	2-16	16-50	>50 µm
0 - 22	Ap1	9,9	2,6	36,8	22,2	27,5	13,5
22 - 38	A12	8,1	2,2	45,6	27,2	22,9	4,3
38 - 60	C22g	6,6	7,6	35,3	43,9	19,7	1,1
60 - 90	C23g	5,8	7,0	15,9	23,9	58,2	2,0
90 -110	C24g	4,6	10,5	20,2	27,2	51,2	1,4

2) Zwel- en krimpvermogen per horizont

Horizont	w (-)	θ (-)	η (-)	δ (-)	e (-)	ρ <sub>bs</sub> (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
Ap1	0,400	0,512	0,517	1,06	1,07	1,29	20,6
	0,392	0,510	0,512	1,04	1,05	1,30	20,4
	0,380	0,500	0,505	1,01	1,02	1,32	20,1
	0,363	0,491	0,492	0,97	0,97	1,35	19,6
	0,273	0,414	0,428	0,72	0,75	1,52	17,4
	0,235	0,376	0,400	0,63	0,67	1,60	16,6
	0,185	0,315	0,361	0,49	0,57	1,70	15,6
	0,133	0,233	0,339	0,35	0,51	1,76	15,1
	0,090	0,160	0,330	0,24	0,49	1,78	14,8
	0,038	0,068	0,321	0,10	0,47	1,81	14,6
	0,027	0,049	0,318	0,07	0,47	1,81	14,6
	0,000	0,000	0,320	0,00	0,47	1,81	14,6
	A12	0,578	0,614	0,614	1,54	1,54	1,06
0,475		0,568	0,568	1,26	1,26	1,19	19,5
0,467		0,565	0,565	1,24	1,24	1,21	19,3
0,446		0,553	0,553	1,19	1,19	1,24	18,8
0,368		0,501	0,501	0,98	0,98	1,36	17,1
0,334		0,475	0,475	0,89	0,89	1,42	16,4
0,287		0,432	0,432	0,76	0,77	1,50	15,5
0,239		0,378	0,405	0,63	0,68	1,58	14,7
0,193		0,316	0,384	0,51	0,62	1,64	14,2
0,112		0,189	0,365	0,30	0,58	1,69	13,8
0,078		0,133	0,361	0,21	0,57	1,70	13,7
0,000		0,000	0,358	0,00	0,56	1,71	13,7

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\delta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
C22g	0,678	0,640	0,640	1,78	1,78	0,94	12,3
	0,652	0,635	0,635	1,71	1,71	0,97	12,0
	0,636	0,627	0,627	1,67	1,67	0,99	11,8
	0,603	0,614	0,614	1,59	1,59	1,02	11,4
	0,489	0,548	0,574	1,29	1,35	1,12	10,4
	0,441	0,517	0,553	1,16	1,24	1,17	9,9
	0,375	0,471	0,522	0,99	1,09	1,26	9,2
	0,293	0,400	0,481	0,77	0,93	1,37	8,5
	0,212	0,310	0,444	0,56	0,80	1,46	7,9
	0,086	0,133	0,407	0,22	0,69	1,56	7,5
	0,042	0,066	0,401	0,11	0,67	1,58	7,4
	0,000	0,000	0,402	0,00	0,67	1,57	7,4
C23g	0,907	0,694	0,705	2,35	2,38	0,77	11,7
	0,729	0,630	0,666	1,89	2,00	0,86	10,4
	0,652	0,594	0,648	1,69	1,84	0,91	9,8
	0,549	0,533	0,625	1,42	1,67	0,97	9,2
	0,416	0,437	0,595	1,08	1,47	1,05	8,5
	0,276	0,314	0,561	0,72	1,28	1,14	7,9
	0,081	0,101	0,519	0,21	1,08	1,25	7,2
	0,036	0,045	0,510	0,09	1,04	1,27	7,0
	0,000	0,000	0,505	0,00	1,02	1,28	7,0
C24g	0,804	0,675	0,675	2,07	2,07	0,84	15,9
	0,761	0,661	0,662	1,96	1,96	0,87	15,4
	0,620	0,587	0,632	1,59	1,72	0,95	14,1
	0,552	0,533	0,624	1,42	1,66	0,97	13,9
	0,464	0,460	0,615	1,19	1,60	0,99	13,5
	0,369	0,383	0,596	0,95	1,48	1,04	12,9
	0,268	0,293	0,574	0,69	1,35	1,10	12,2
	0,055	0,064	0,544	0,14	1,19	1,17	11,4
	0,022	0,026	0,537	0,06	1,16	1,19	11,2
	0,000	0,000	0,531	0,00	1,13	1,21	11,1

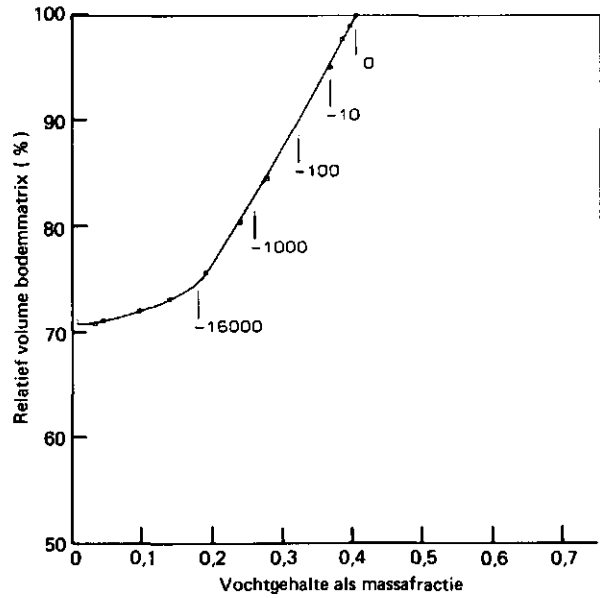
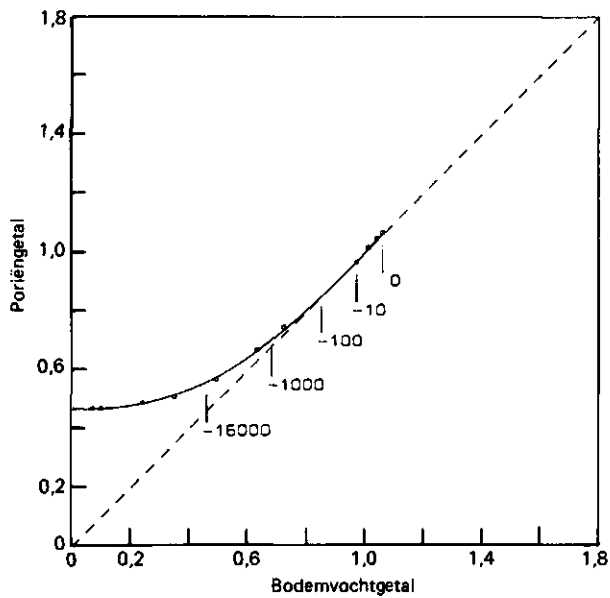
3) Zwel- en krimpvermogen in relatie met waarden van de vochtspanning

Vochtspannings- traject	COLE-waarde per horizont (-)					PLE-waarde voor de bovenste m van het bodem- profiel (cm)
	Ap1	A12	C22g	C23g	C24g	
Verzadiging tot -16 000 cm	0,103	0,132	0,152	0,137	0,084	12,7
-333 cm tot lucht- droog	0,066	0,111	0,112	0,119	0,079	10,0

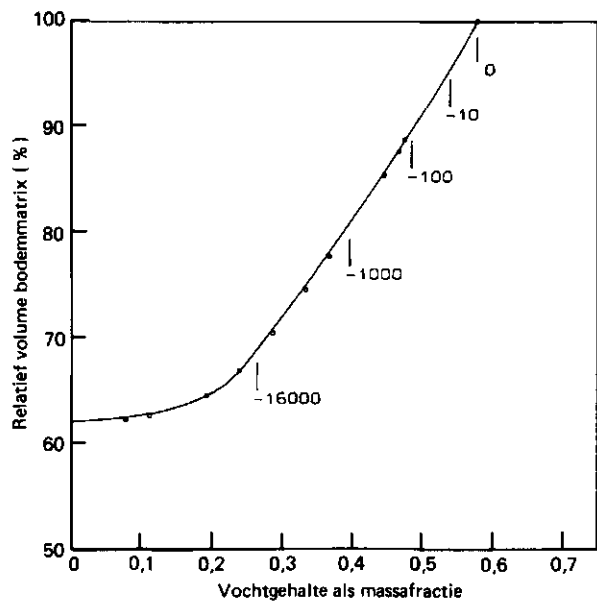
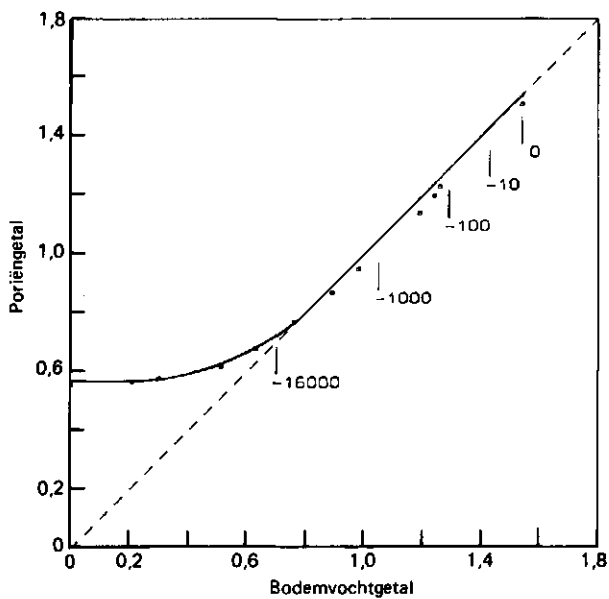
Profiel 5. Dronten

Kalkrijke nesvaaggrond; matig zware klei

Horizont Ap1 (0-22 cm -mv)

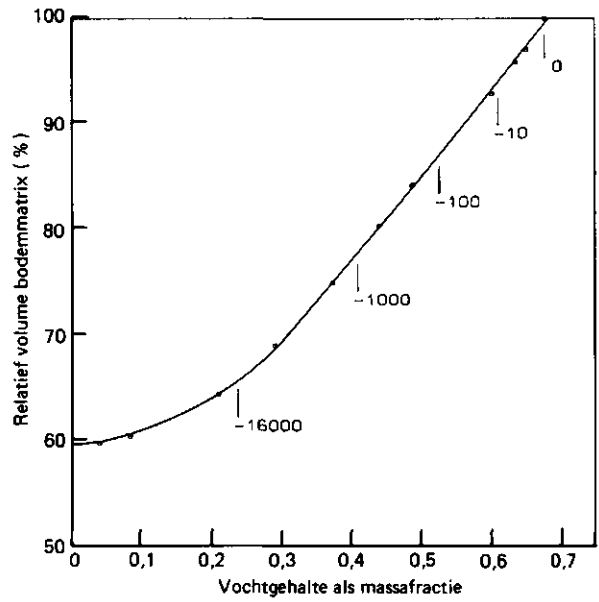
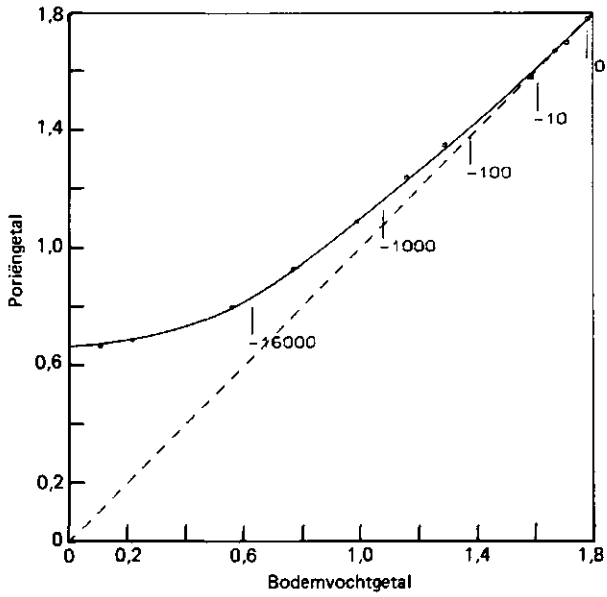


Horizont A12 (22-38 cm -mv)



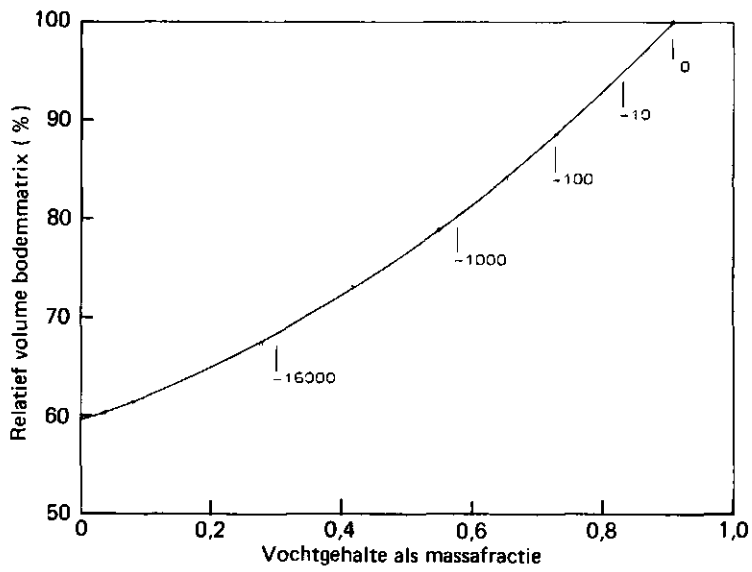
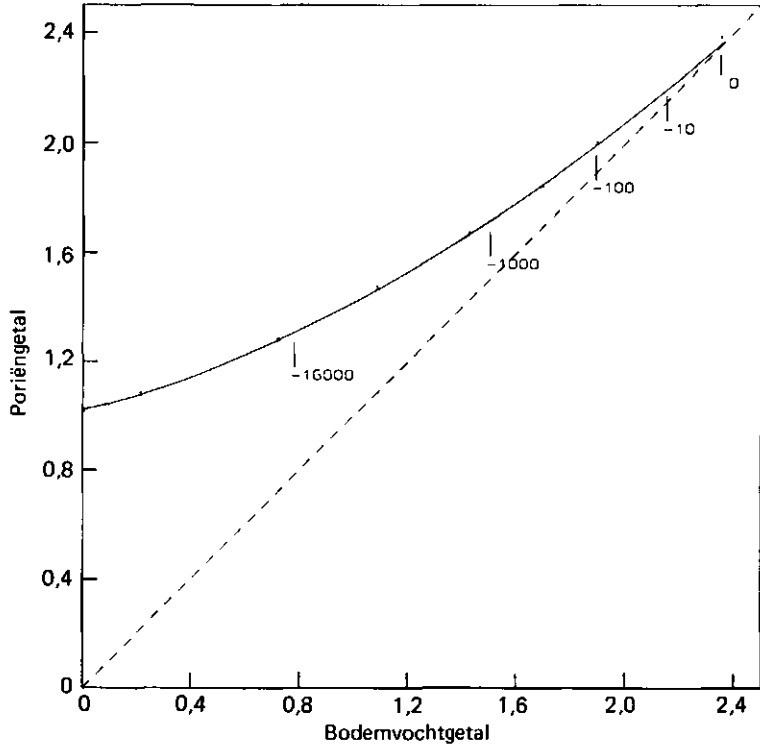
Profiel 5. Dronten

Horizont C22g (38-60 cm -mv)



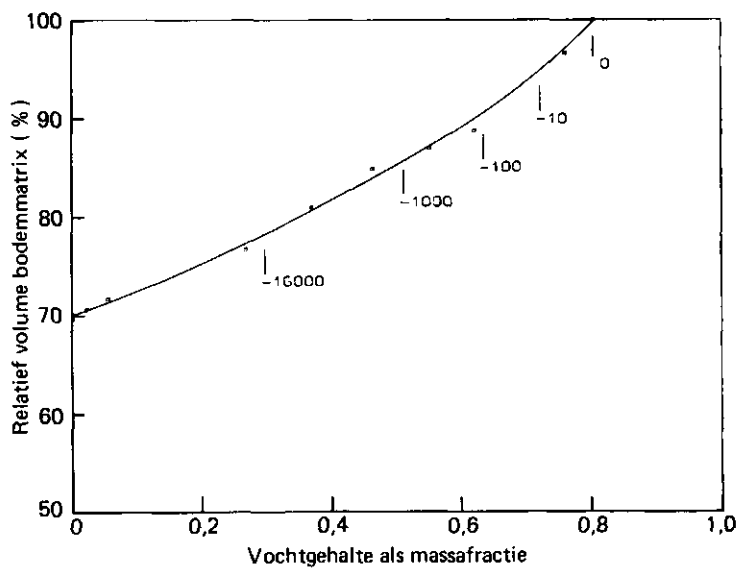
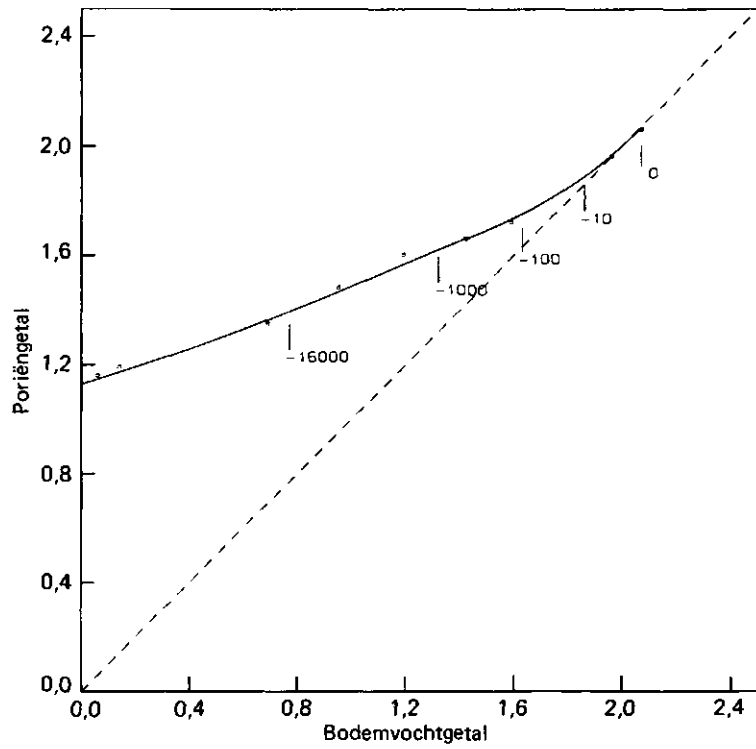
Profiel 5. Dronten

Horizont C23g (60-90 cm -mv)



Profiel 5. Dronten

Horizont C24g (90-110 cm -mv)



Profiel 6

Plaats van bemonstering: Bruchem; top.kaart 45A,  
 coördinaten W/O(x) 146.700, Z/N(y) 421.400  
 Omschrijving grondsoort: Kalkloze poldervaaggrond; zeer zware klei

1) Profielbeschrijving en samenstelling

Diepte (cm -mv)	Horizont	Hoofdbestanddelen					
		in % van de grond		in % van de minerale delen			
		CaCO <sub>3</sub>	humus	<2	2-16	16-50	>50 µm
0 - 18	A11	0,0	9,9	58,1	30,7	10,2	1,0
18 - 30	A12	0,0	7,5	55,8	35,5	8,1	0,6
30 - 58	C11g	0,0	3,7	59,6	29,5	10,1	0,8
58 - 85	C12g	0,0	3,8	51,7	37,0	9,6	1,7

2) Zwel- en krimpvermogen per horizont

Horizont	w (-)	θ (-)	η (-)	δ (-)	e (-)	ρ <sub>bs</sub> (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
A11	0,600	0,601	0,601	1,51	1,51	1,00	34,3
	0,458	0,536	0,535	1,15	1,15	1,17	29,4
	0,402	0,498	0,508	1,01	1,03	1,24	27,8
	0,332	0,444	0,469	0,84	0,88	1,34	25,7
	0,224	0,350	0,381	0,56	0,62	1,56	22,0
	0,166	0,280	0,331	0,42	0,49	1,69	20,4
	0,127	0,225	0,298	0,32	0,42	1,77	19,4
	0,000	0,000	0,229	0,00	0,30	1,94	17,7
A12	0,518	0,572	0,575	1,35	1,35	1,10	15,2
	0,477	0,548	0,558	1,24	1,26	1,15	14,6
	0,424	0,515	0,533	1,10	1,14	1,22	13,8
	0,310	0,432	0,464	0,81	0,86	1,39	12,1
	0,236	0,366	0,403	0,61	0,68	1,55	10,8
	0,187	0,312	0,356	0,49	0,55	1,67	10,0
	0,000	0,000	0,252	0,00	0,34	1,95	8,6
C11g	0,528	0,582	0,582	1,39	1,39	1,10	34,2
	0,440	0,537	0,538	1,16	1,16	1,22	30,9
	0,408	0,516	0,520	1,08	1,08	1,27	29,7
	0,358	0,483	0,489	0,95	0,96	1,35	27,9
	0,252	0,398	0,402	0,67	0,67	1,58	23,8
	0,189	0,332	0,333	0,50	0,50	1,76	21,4
	0,146	0,275	0,285	0,38	0,40	1,89	19,9
	0,000	0,000	0,252	0,00	0,34	1,97	19,1



Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\xi$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
C12g	0,558	0,587	0,595	1,45	1,47	1,05	34,1
	0,469	0,539	0,556	1,22	1,25	1,15	31,0
	0,404	0,500	0,523	1,05	1,10	1,24	28,9
	0,307	0,431	0,458	0,80	0,85	1,40	25,4
	0,162	0,275	0,344	0,42	0,52	1,70	21,0
	0,099	0,177	0,310	0,26	0,45	1,79	20,0
	0,071	0,129	0,300	0,18	0,43	1,81	19,7
	0,000	0,000	0,293	0,00	0,41	1,83	19,5

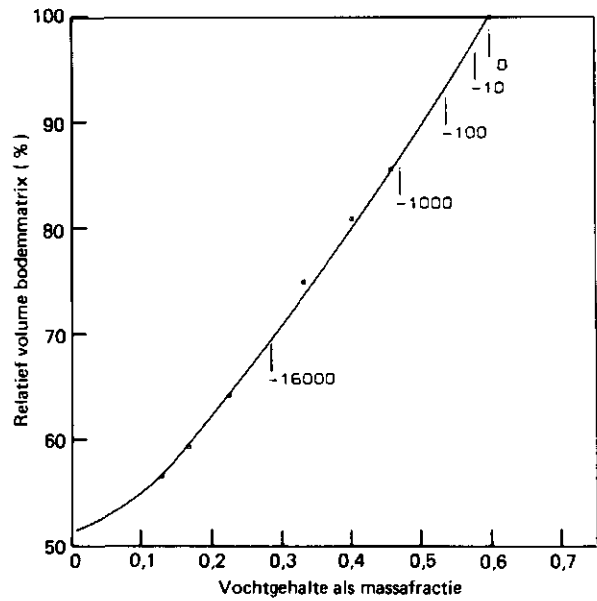
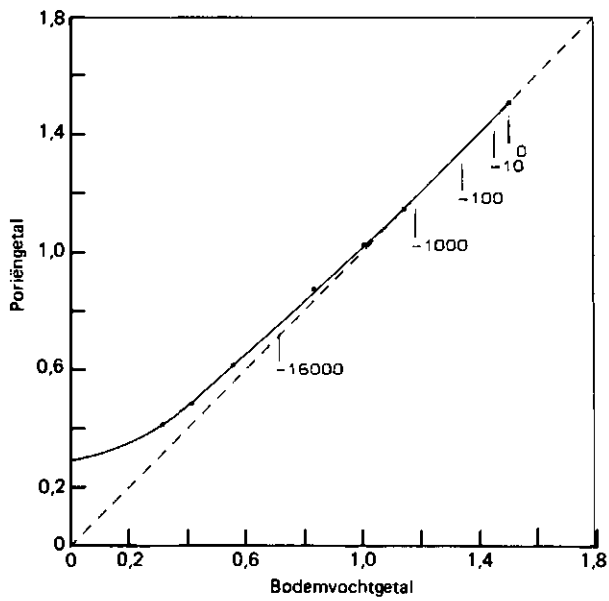
3) Zwel- en krimpvermogen in relatie met waarden van de vochtspanning

Vochtspannings- traject	COLE-waarde per horizont (-)				PLE-waarde voor de bovenste m van het bodem- profiel (cm)
	A11	A12	C11g	C12g	
Verzadiging tot -16 000 cm	0,129	0,102	0,116	0,116	11,6
-333 cm tot lucht- droog	0,205	0,176	0,188	0,170	18,2

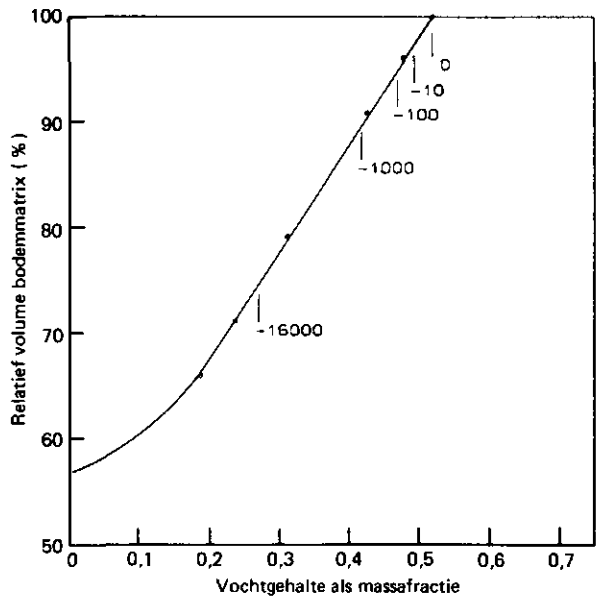
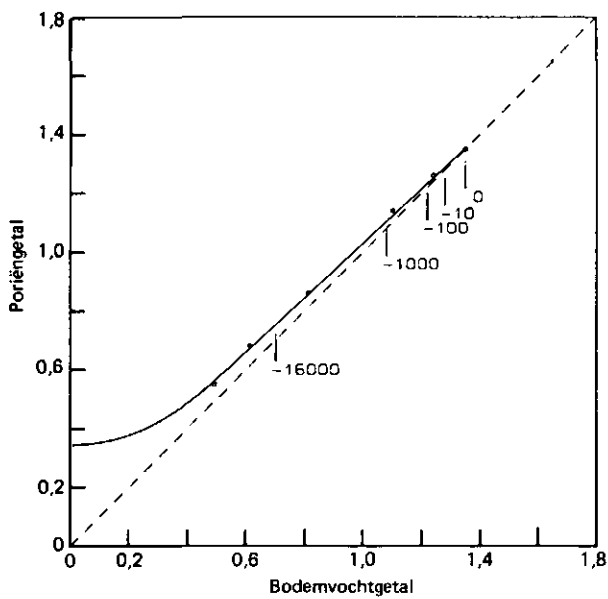
Profiel 6. Bruchem

Kalkloze poldervaaggrond; zeer zware klei

Horizont A11 (0-18 cm -mv)

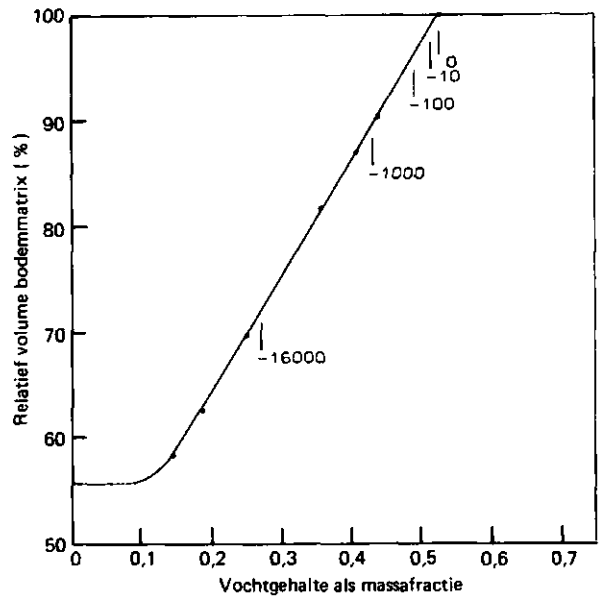
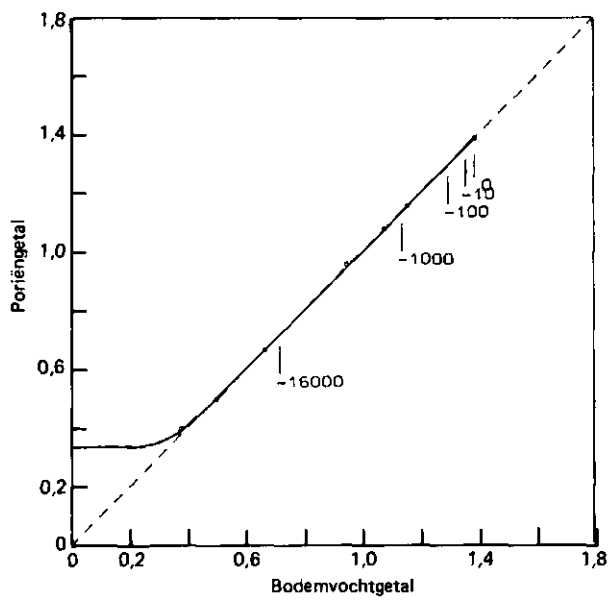


Horizont A12 (18-30 cm -mv)

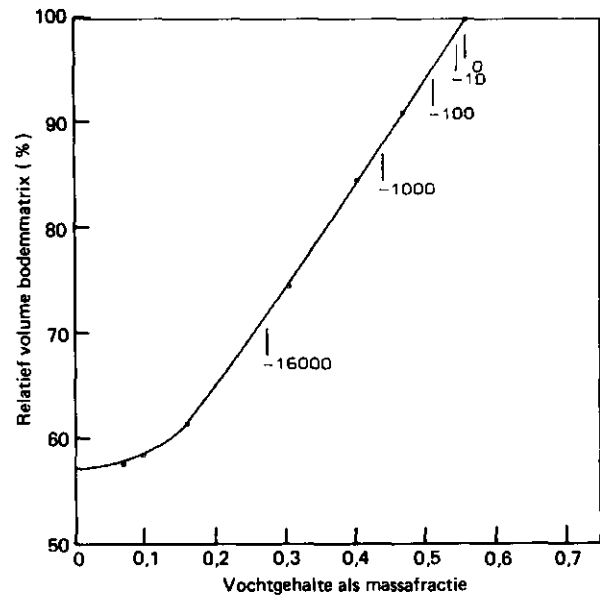
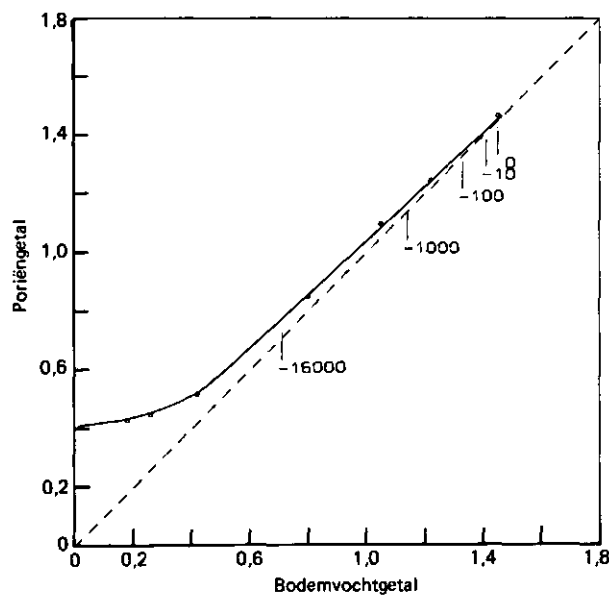


Profiel 6. Bruchem

Horizont C11g (30-58 cm -mv)



Horizont C12g (58-85 cm -mv)



Profiel 7

Plaats van bemonstering: Kats; top.kaart 48E,  
coördinaten W/O(x) 49.300, Z/N(y) 398.000

Omschrijving grondsoort: Kalkrijke poldervaaggrond, lichte klei

1) Profielbeschrijving en samenstelling

Diepte (cm -mv)	Horizont	Hoofdbestanddelen					
		in % van de grond		in % van de minerale delen			
		CaCO <sub>3</sub>	humus	<2	2-16	16-50	>50 μm
0 - 35	Ap	10,2	2,1	30,8	15,7	30,2	23,3
35 - 60	C21g	13,6	1,6	46,4	20,5	21,2	11,9
60 - 80	C22g	15,7	1,3	41,9	18,3	23,3	15,5
80 - 95	C23g	9,5	0,3	16,2	6,7	21,0	56,1

2) Zwel- en krimpvermogen per horizont

Horizont	w (-)	θ (-)	η (-)	ϕ (-)	e (-)	ρ <sub>bs</sub> (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
Ap	0,353	0,479	0,492	0,94	0,97	1,36	19,0
	0,329	0,460	0,476	0,88	0,91	1,40	18,4
	0,238	0,372	0,415	0,64	0,71	1,56	16,5
	0,201	0,328	0,388	0,54	0,63	1,63	15,7
	0,154	0,264	0,357	0,41	0,56	1,72	15,0
	0,107	0,190	0,337	0,29	0,51	1,77	14,5
	0,070	0,125	0,326	0,19	0,48	1,80	14,3
	0,028	0,051	0,322	0,07	0,48	1,81	14,2
	0,000	0,000	0,321	0,00	0,47	1,81	14,2
C21g	0,444	0,543	0,543	1,19	1,19	1,22	23,6
	0,414	0,527	0,527	1,11	1,11	1,27	22,7
	0,406	0,523	0,521	1,09	1,09	1,29	22,4
	0,382	0,503	0,510	1,03	1,04	1,32	22,0
	0,314	0,457	0,459	0,84	0,85	1,46	19,9
	0,278	0,423	0,433	0,75	0,76	1,52	19,0
	0,230	0,377	0,392	0,62	0,64	1,64	17,7
	0,178	0,310	0,352	0,48	0,54	1,74	16,6
	0,135	0,242	0,333	0,36	0,50	1,79	16,1
	0,068	0,124	0,317	0,18	0,46	1,84	15,7
	0,046	0,085	0,313	0,12	0,45	1,85	15,6
	0,000	0,000	0,312	0,00	0,45	1,85	15,6

Horizont	w (-)	$\theta$ (-)	$\eta$ (-)	$\vartheta$ (-)	e (-)	$\rho_{bs}$ (g.cm <sup>-3</sup> )	Volume aggregaat (cm <sup>3</sup> )
C22g	0,492	0,568	0,573	1,33	1,34	1,16	17,8
	0,463	0,554	0,557	1,25	1,26	1,20	17,2
	0,455	0,551	0,552	1,23	1,23	1,21	17,0
	0,427	0,533	0,538	1,15	1,16	1,25	16,4
	0,331	0,465	0,479	0,89	0,92	1,41	14,6
	0,282	0,422	0,446	0,76	0,81	1,49	13,7
	0,219	0,355	0,399	0,59	0,66	1,62	12,6
	0,161	0,276	0,366	0,43	0,58	1,71	12,0
	0,111	0,194	0,351	0,30	0,54	1,75	11,7
	0,047	0,083	0,339	0,13	0,51	1,79	11,5
	0,033	0,060	0,335	0,09	0,50	1,80	11,4
	0,000	0,000	0,334	0,00	0,50	1,80	11,4
C23g	0,517	0,578	0,584	1,39	1,41	1,12	18,9
	0,490	0,565	0,571	1,32	1,33	1,15	18,3
	0,376	0,493	0,513	1,01	1,05	1,31	16,2
	0,321	0,450	0,479	0,86	0,92	1,40	15,1
	0,249	0,378	0,436	0,67	0,77	1,52	13,9
	0,177	0,283	0,406	0,48	0,68	1,60	13,2
	0,117	0,191	0,393	0,32	0,65	1,63	12,9
	0,046	0,076	0,381	0,12	0,62	1,67	12,7
	0,031	0,052	0,379	0,08	0,61	1,67	12,7
	0,000	0,000	0,379	0,00	0,61	1,67	12,7

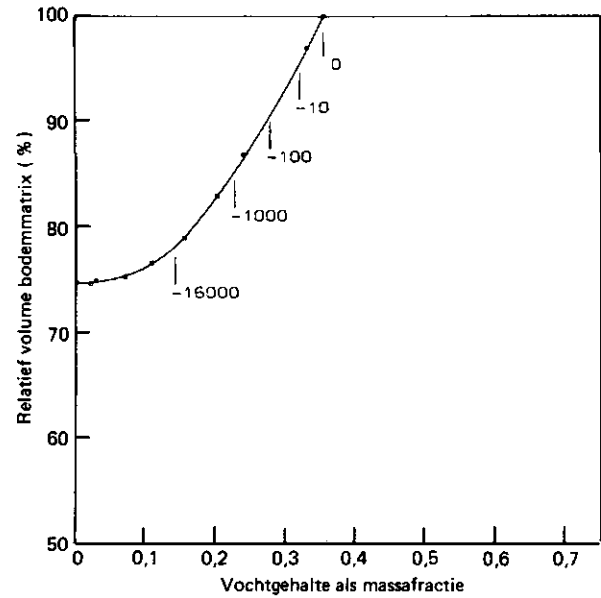
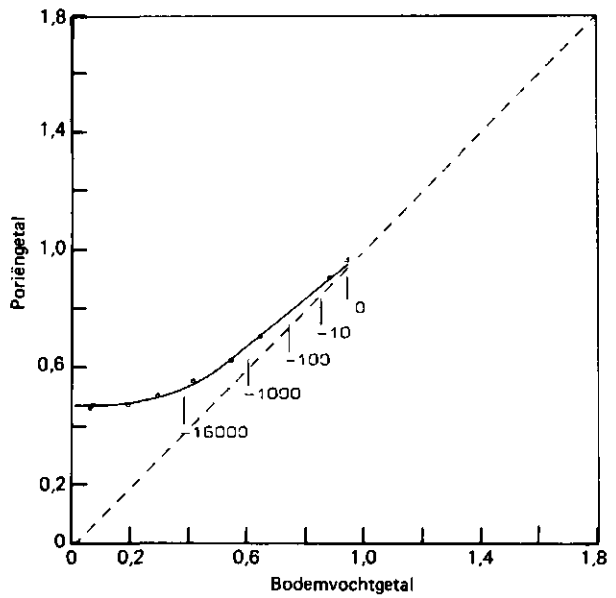
3) Zwel- en krimpvermogen in relatie met waarden van de vochtspanning

Vochtspannings- traject	COLE-waarde per horizont (-)				PLE-waarde voor de bovenste m van het bodem- profiel (cm)
	Ap	C21g	C22g	C23g	
Verzadiging tot -16 000 cm	0,086	0,121	0,137	0,132	11,4
-333 cm tot lucht- droog	0,051	0,077	0,082	0,070	6,7

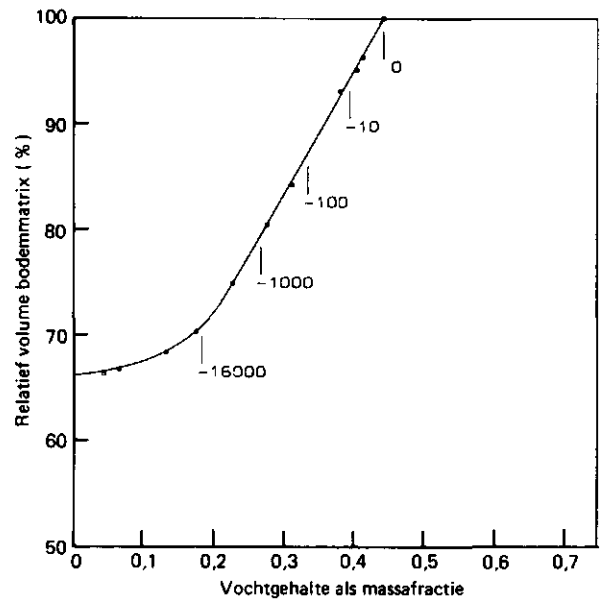
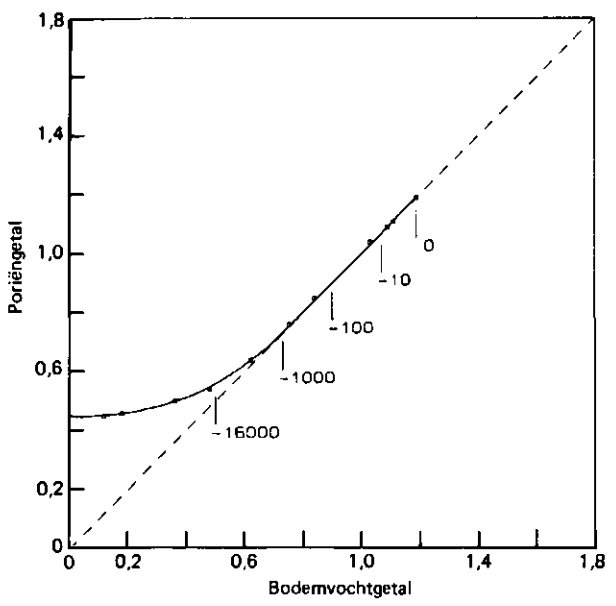
Profiel 7. Kats

Kalkrijke poldervaaggrond; lichte klei

Horizont Ap (0-35 cm -mv)

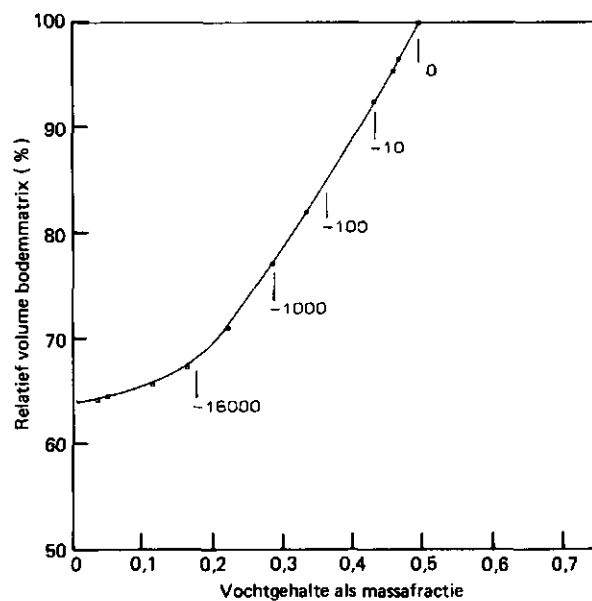
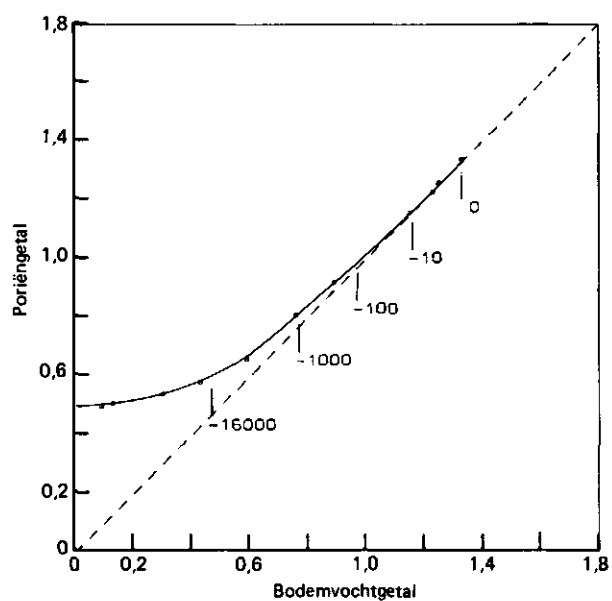


Horizont C21g (35-60 cm -mv)

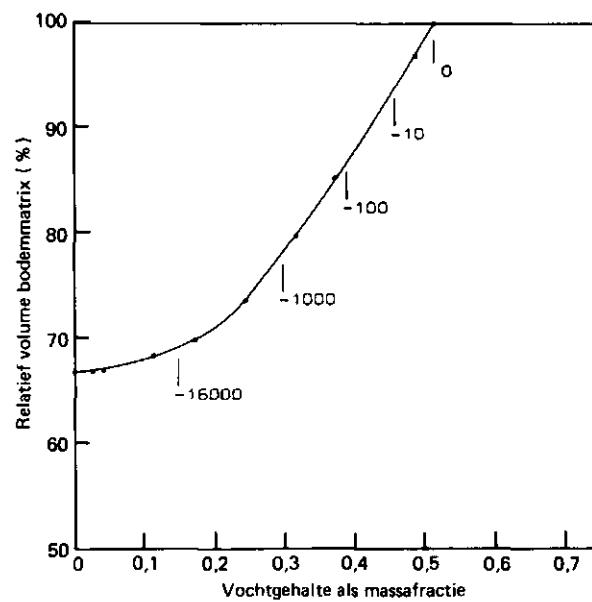
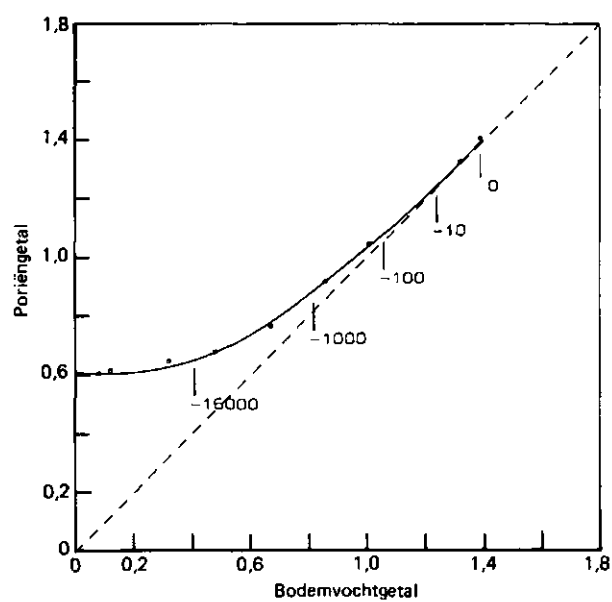


Profiel 7. Kats

Horizont C22g (60-80 cm -mv)



Horizont C23g (80-95 cm -mv)



---

## Literatuur

- AELST, P. VAN, R.A. RAGAB, J. FEYEN and D. RAES. 1986. Improving the irrigation timing of corn grown in Egyptian soil with shallow water table using simulation technique. In: Int. Symp. on Water Management for Agricultural Development. Athens 7-11 April 1986. EWRA-publ.1.
- VAN BAKEL, P.J.T. 1986. Hydrological and economical effects of manipulating water levels in open water conduits. A case study. In: Van Wijk, A.L.M. and J. Wesseling (eds.): Agricultural Water Management. A.A. Balkema, Rotterdam: 239-257. Techn. Bull. 42. ICW, Wageningen.
- BELMANS, C., J.G. WESSELING and R.A. FEDDES. 1983. Simulation model of the water balance of a cropped soil: SWATRE. J. Hydrol. 63: 271-286. Techn. Bull. 21. ICW, Wageningen.
- BEUVING, J. 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel- klei- en veengronden. Rapport 10. ICW, Wageningen. 26 pp.
- BOELS, D. 1986. Calculation of on-farm irrigation efficiency. Note 1697. ICW, Wageningen. 33 pp.
- BOUMA, J. and L.W. DEKKER. 1978. A case study on infiltration into dry clay soils, 1: Morphological observations. Geoderma 20: 27-40.
- and P.J.M. DE LAAT. 1981. Estimation of the moisture supply capacity of some swelling clay soils in the Netherlands. J. Hydrol. 49: 247-259.
- BRONSWIJK, J.J.B. 1986a. Evaporation and cracking of a heavy clay soil. Report 14. ICW, Wageningen. 15pp.
- 1986b. Handleiding voor het bepalen van het zwel- en krimpvermogen van een bodem. Nota 1719. ICW, Wageningen. 10 pp.
- 1987. Zwel- en krimpprocessen in zware kleigronden. Cultuurtechnisch Tijdschrift 26, 6: 379-387. Med. 46. ICW, Wageningen.
- 1988. Modeling of water balance, cracking and subsidence of clay soils. J. Hydrol. 97: 199-212.
- BUITENDIJK, J. 1984. FLOWEX: een numeriek model voor simulatie van verticale stroming van water door onverzadigde gelaagde grond. Nota 1494. ICW, Wageningen. 61 pp.
- GILLOT, J.E. 1986. Some clay-related problems in engineering geology in North America. Clay Minerals 21: 261-278.



- 
- HAINES, W.B. 1923. The volume changes associated with variations of water content in soil. *J. Agric. Sci. Camb.* 13: 296-311.
- HOORN, J.W. VAN. 1960. Grondwaterstroming in komgrond en de bepaling van enige hydrologische grootheden in verband met het ontwateringssysteem. Diss. Landbouwhogeschool, Wageningen. 136 pp.
- MCCORMACK, D.E. and L.P. WILDING. 1975. Soil properties influencing swelling in Canfield and Geeburg soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 39: 496-502.
- REEVE, M.J. and D.G.M. HALL. 1978. Shrinkage of clayey subsoils. *J. Soil Sci.* 29: 315-323.
- D.G.M. HALL and P. BULLOCK. 1980. The effect of soil composition and environmental factors on the shrinkage of some clayey British soils. *J. Soil Sci.* 31: 429-442.
- SOIL SURVEY STAFF. 1975. Soil Taxonomy. A basic system for soil classification for making and interpreting soil surveys. Agric. handbook, No 436. 754 pp.
- STIRK, G.B. 1954. Some aspects of soil shrinkage and the effect of cracking upon water entry into the soil. *Aust. J. Agric. Res.* 5: 279-290.
- WIJK, A.L.M. VAN and J. BUITENDIJK. 1987. A method to predict workability of arable soils and its influence on crop yield. In: R.F. Horn and J. Drescher (eds.). Interaction of structured soils with water and external forces. Proc. 1st Intern. Workshop on soil physics and soil mechanics, Hannover, 1986. Catena Verlag, Cremlingen, Western-Germany.
- and R.A. FEDDES. 1986. Simulating effects of soil type and drainage on arable crop yield. In: Van Wijk, A.L.M. and J. Wesseling (eds.): Agricultural Water Management. A.A. Balkema, Rotterdam: 97-112. Techn. Bull. 40. ICW, Wageningen.
- WIND, G.P. and W. VAN DOORNE. 1975. A numerical model for the simulation of unsaturated vertical flow of moisture in soil. *J. Hydrol.* 24: 1-20. Techn. Bull. (first series) 93. ICW, Wageningen.
- 1976. Application of analog and numerical models to investigate the influence of drainage on workability in spring. *Neth. J. agric. Sci.* 24: 155-172. Techn. Bull. (first series) 101. ICW, Wageningen.
- WÖSTEN, J.H.M., M.H. BANNINK, en J. BEUVING. 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks. Rapport 18. ICW, Wageningen. 73 pp.

---

## OVERZICHT VERSCHENEN RAPPORTEN

---

Nr	Auteur(s) + Titel	Prijs (Hfl)
1.	Sprik, J.B. en G.H. Horst. 1982. Onderzoek naar capaciteitsnormen voor diepploegen bulldozers en hydraulische graafmachines.	15,-
2.	Nieuwenhuis, G.J.A. en C.L. Palland. 1982. Verdamping van een aardappelgewas en de meting daarvan via remote sensing	10,-
3.	Hoeks, J. en G.J. Agelink. 1982. Onderzoek naar mogelijkheden om de infiltratie van regenwater in een afvalstort te verminderen.	5,-
4.	Alderwegen, H.A. van. 1982. Planning van openlucht recreatievoorzieningen bij voorbereiding van landinrichtingsprojecten	*
5.	Rijtema, P.E. et al. 1982. Bemesting, waterhuishouding, perceelscheidingen en landbouw. Commentaar op een RIN-rapport.	5,-
6.	Harmsen, J. en H. van Drumpt. 1982. Conservering van watermonsters.	5,-
7.	Ernst, L.F. 1983. Wegzijging en kwel; de grondwaterstroming van hogere naar lagere gebieden.	7,50
8.	Steenvoorden, J.H.A.M. en M.J. de Heus. 1984. Fosfaatbalansstudies en de bijdrage van diffuse bronnen.	7,50
9.	Wijk, A.L.M. van. 1984. Landbouwkundige aspecten van ontwatering in veenweidegebieden. Commentaar op een literatuuranalyse.	5,-
10.	Beuving, J. 1984. Vocht- en doorlatendheidskarakteristieken, dichtheid en samenstelling van bodemprofielen in zand-, zavel-, klei- en veengronden.	7,50
11.	Weerd, B. van der en L.F. Ernst. 1984. Een prognose van het effect van een peilverhoging in het Philippinekanaal (Zeeland) op de grondwaterstand in de aangrenzende polders.	7,50
12.	Werkgroep nitraatuitspoeling in waterwingebieden. 1985. Nitraatproblematiek bij grondwaterwinning in Nederland. Onderzoek naar alternatieve maatregelen.	12,50
13.	Wilde, J.G.S. de. 1984. Dammen van riet, heide of boomschors als perceelverbinding in veenweidegebieden.	10,-
14.	Kemmers, R.H. en P.C. Jansen. 1985. Stikstofmineralisatie in onbemeste half-natuurlijke graslanden.	7,50
15.	Bakel, P.J.T. van. 1985. Effecten van peilbeheer in het gebied 'De Monden' (Drenthe).	15,-
16.	Wilde, J.G.S. de. 1985. Rekenmodel en produktienormen voor grondtransport met getrokken en zelfrijdende dumpers.	10,-
17.	Projectteam Remote Sensing Studieproject Oost-Gelderland. 1985. Onderzoek naar de mogelijkheden van operationele toepassing van remote sensing technieken in de landbouw en het natuurbeheer. Eindrapport.	12,50
18.	Wösten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving. 1987. Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: de Staringreeks.	10,-

---

---

Nr	Auteur(s) + Titel	Prijs (Hfl)
19.	Rijtema, P.E., C.W.J. Roest en J. Pankow. 1986. Onderzoek naar de waterbalans van vuilstortplaatsen.	20,-
20.	Bakker, J.W., F.R. Boone en P. Boekel. 1987. Diffusie van gassen in grond en zuurstofdiffusiecoëfficiënten in Nederlandse akkerbouwgronden	15,-
21.	Hoeks, J., A.H. Ryhiner en J. van Dommelen. 1987. Onderzoek naar de praktische uitvoerbaarheid van bovenafdichting op afvalstortterreinen.	25,-
22.	Bronswijk, J.J.B. en J.J. Evers-Vermeer. 1987. Krimpkarakteristieken van kleigronden in Nederland.	12,50
23.	Adriaanse, P.I. 1987. Hydrologische veranderingen in natuurgebieden: Overzicht van benodigde gegevens, analysemethoden en modellen.	12,50
24.	Bruin, A.H. de, A. van Hoorn en C.F. Jaarsma. 1988. Ontwikkeling van een methode ter bepaling van het gebruik van openluchtrecreatie-projecten.	30,-

**\*Uitverkocht**

De RAPPORTEN zijn te bestellen door storting van het verschuldigde bedrag op giro 817672 t.n.v. ICW, Wageningen, onder vermelding van de gewenste publicatie en het aantal exemplaren. Toezending geschiedt na ontvangst van het bedrag.