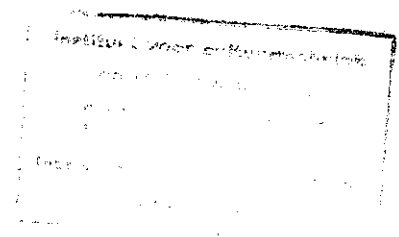


NN31545.0234



INSTITUUT VOOR CULTUURTECHNIEK EN WATERHUISHOUDING
NOTA no. 234 d. d. 16 januari 1964

Een apparaat om met gebruik van het Peltier effect
hoge relatieve vochtigheden te meten

ir. C. Eerkens

BIBLIOTHEEK
Een...
6700 AE Wageningen

BIBLIOTHEEK
STARINGGEBOUW

13/0164/27



1787095

20 Jan 1964

INLEIDING

Voor de bepaling van de vochtspanning van grondmonsters bestaan verschillende methoden. De pF-waarden groter dan 4.5 worden meestal bepaald met behulp van dampspanningsevenwichten. Bij een pF-waarde lager dan 4.5 wordt deze werkwijze moeilijker. We moeten dan bij relatieve vochtigheden werken die boven de 98% liggen, hetgeen vele moeilijkheden met zich meebrengt. Andere veelal omslachtige methoden worden dan gebruikt voor de pF-bepaling.

Het is nu toch mogelijk gebleken zeer nauwkeurig hoge relatieve vochtigheden te meten met behulp van een thermokoppel. Het principe berust op die van een natte-droge bol psychrometer. De natte bol wordt gerealiseerd door met het Peltier Koelingseffect (dat wordt verkregen bij het doorsturen van een bepaalde stroomsterkte door het koppel) een waterfilm op het thermokoppel te brengen. De droge bol als referentie wordt gevormd door de toevoerdraden van het koppel.

Met deze werkwijze kan men directe dampspanningen meten, die zijn afgeleid van de vochtspanningen in grondmonsters of planten.

Het voordeel van deze methode is ten eerste, dat we een bepalingwijze toepassen voor één pF-reeks en dus niet in deze reeks behoeven over te stappen op andere bepalingmethoden en ten tweede dat de methode relatief snel uitvoerbaar is.

Een ander voordeel is, dat we indien we de zwaartekrachtspotentiaal verwaarlozen, de totale vochtspotentiaal in de grond bepalen. Ook wel genaamd de 'soil moisture stress' (SMS). De wateropname van de plantenwortel is hieraan direct gerelateerd.

De methode is ontwikkeld uit een samenstel van twee technieken. Namelijk één techniek die wordt gebruikt door MONTEITH en OWEN (1958) en een methode gebruikt door RICHARDS en GEN OGATA (1958). De eersten maakten gebruik van het Peltier Koelsysteem om een natte bol te creëren. Het effect wordt beschreven door SPANNER (1951) en zal ook in de hier beschreven methode worden gebruikt.

In de tweede techniek wordt de natte bol verwezenlijkt door middel van een druppel water binnen in een zilveren cilindertje. In dit cilindertje bevindt zich een thermokoppel die de temperatuurdepressie omzet in een elektrische spanning.

Het systeem van de monsterhouderconstructie lijkt veel op de hier ontwikkelde methode. KORVEN en TAYLOR (1959) gebruiken eveneens een thermokoppelsysteem en vermelden toepassing en bruikbaarheid ervan. KLUTE en RICHARDS (1962) beschrijven het effect van de temperatuur op de relatieve vochtigheid.

Toepassingen van dergelijke metingen met een thermokoppelsysteem in de plantkunde worden beschreven door BARRS en SLATYER (ongedateerd).

ONTWERP

Bemonsteringshuls

De bemonsteringshuls (fig. 1) bestaat uit een messing geleidingsbus (1) waarin een messing monsterbus (2) kan worden geschroefd. De schroefdraadverbinding is waterdicht gemaakt met behulp van "Eriks tape" pakking.

Om het thermokoppel te beschermen bevindt zich boven in de monsterbus (2) een beschermingskous (3) bestaande uit kopergaas. De te onderzoeken, uit vaste substantie bestaande monsters kunnen langs de onderkant van de monsterbus worden ingebracht. De afsluiting van de bus vindt plaats door middel van een schroefdeksel (4). De waterdichtheid van het deksel wordt waarborgd door een rubberplaatje (5). Vloeibare substanties kunnen door het kopergaasje worden gegoten. Indien we met substanties hebben te maken die de messingbus aantasten, zoals NH_4 -oxalaat, kan in de monsterbus een passende reageerbuis of cuvet worden geschoven.

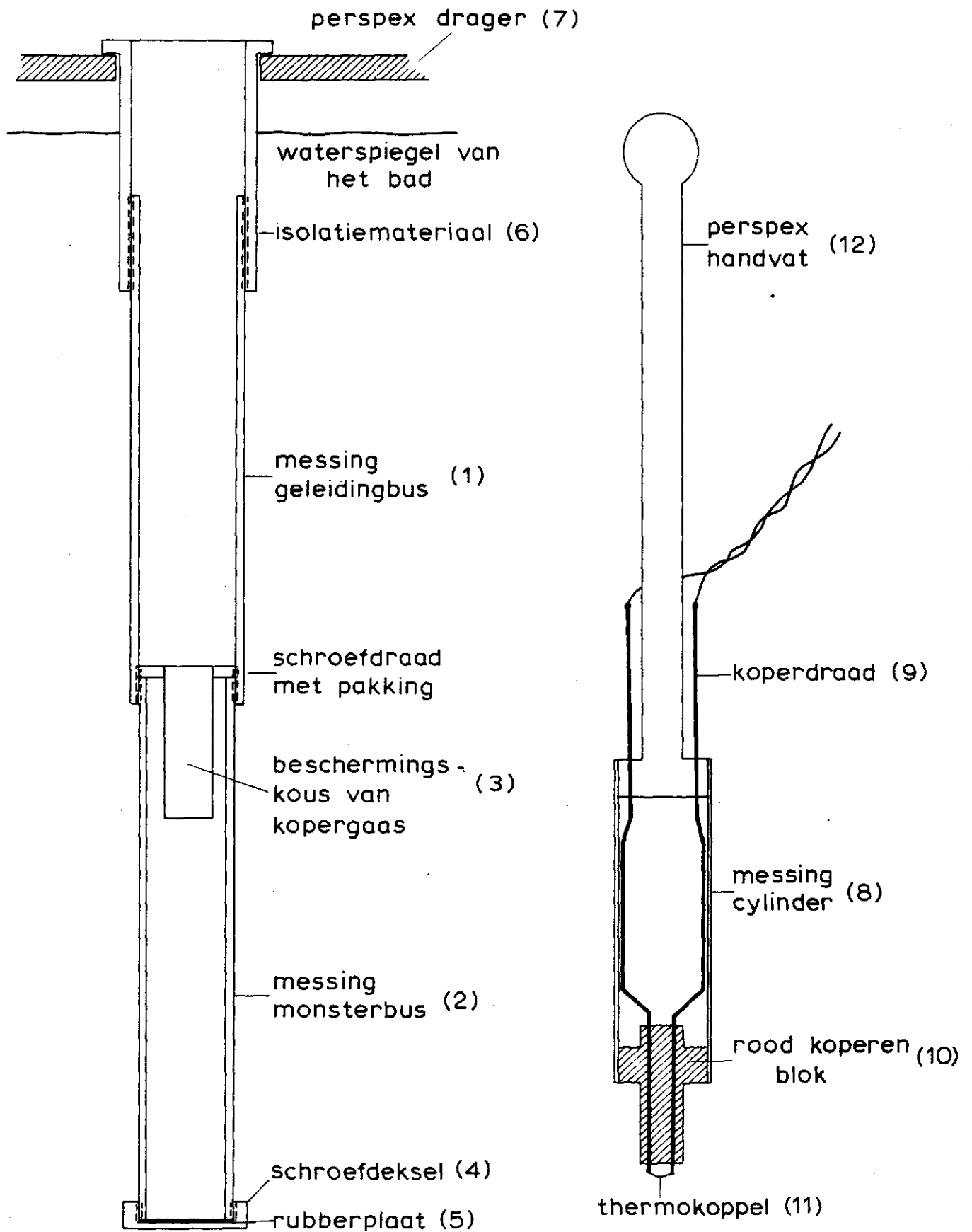
De geleidingsbus (1) is aan de bovenkant verlengd met polyvinyl isolatiemateriaal (6) waarop zich een kraag bevindt. Wanneer we het geheel in het waterbad plaatsen blijft de kraag hangen in een opening van de perspexdrager (7). Zes hulzen zijn op deze wijze in het waterbad geplaatst. Nadat de verschillende zoutoplossingen in de bussen waren gedaan, werd elke huls afgesloten met een kurk.

Thermokoppeldrager

Langs de binnenwand van een precies in de geleidingsbus passende messingcilinder (8) zijn de geïsoleerde koperen geleidingsdraden van het thermokoppel gelegd. Een snelle warmte-overdracht uit het waterbad wordt hiermee verzekerd.

Thermokoppelapparaat voor het meten van
hoge relatieve vochtigheden

fig. 1



Onder in de cilinder (8) bevindt zich een massief rood koperen cilinder (10) waardoorheen de geïsoleerde geleidingsdraden (droge bol) lopen. Aan de uitstekende einden der draden is het thermokoppel (11) bevestigd. Dit koppel bestaande uit een chromel-constantaanlas, vervult de functie van natte bol. Het geheel kan met een perspex handvat (12) worden gehanteerd.

Thermokoppel

De diameter van de koppeldraden is 25μ . De lengte bedraagt 7 mm. Het koppel geeft $61 \mu\text{V}$ per $^{\circ}\text{C}$ (Honeywell) temperatuurverschil bij 25°C . De totale weerstand van het koppel (+ toevoerdraden) bedraagt $8,9 \Omega$.^{x)}

WERKWIJZE

Algemeen

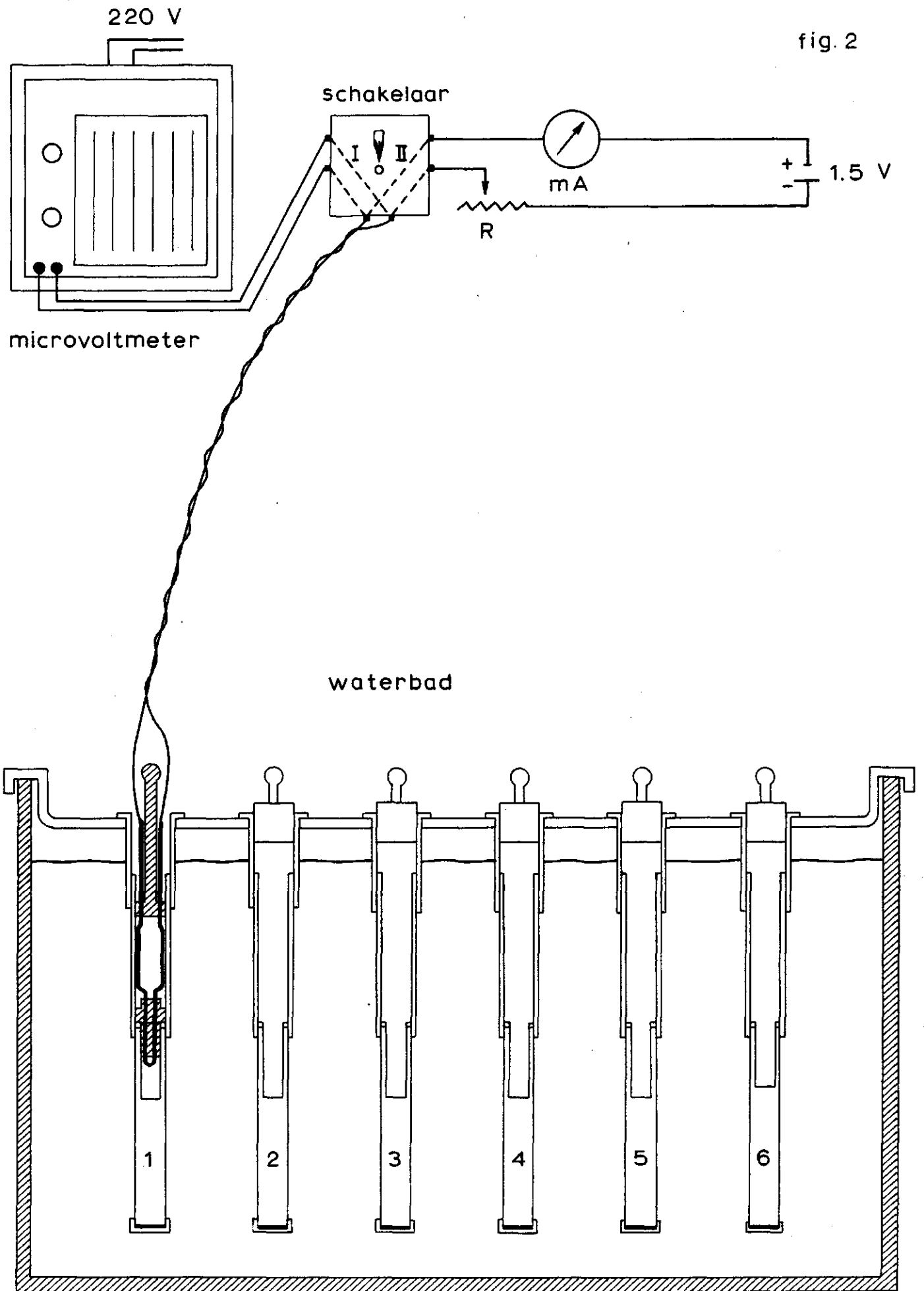
In figuur 2 ziet men een schema van het meetsysteem. Zes monsterhuizen hangen in het waterbad. In huls no. 5 is het thermokoppel geplaatst. Met een element van 1,5 V wordt een stroompje opgewekt dat via schakelstand II van de inductiestroom-vrije schakelaar het thermokoppel kan afkoelen. Hierbij moet in acht worden genomen dat de stroom in het koppel via het constantaan- naar het chromel-metaal moet worden geleid (6). Na enige tijd koelen wordt de schakelaar in stand I gezet. De aanwezige E. M. K. in het koppeltje veroorzaakt door de temperatuurdepressie van de natte bol kan nu worden gemeten met een micro-voltmeter. Voor dit doel is een zelfregistrerende micro-meter gebruikt (Micrograph BD1 van Kipp). Op zijn gevoeligste stand geeft dit apparaat een uitslag van 26 cm over $50 \mu\text{V}$.

Koeling van het koppel

De koelstroom werd telkens 15 seconden aangelegd. Met de regelweerstand R (fig. 2) was het mogelijk de stroomsterkte voor de Peltier Koeling te regelen. Het bleek dat bij elke stroomsterkte een ander koelmaximum optrad.

^{x)} Het precisielaswerk, waarbij een volledig en gelijkmatig contact van de beide metaalsoorten de eis was, werd verricht door de heer Büsselman van de Landbouw Fysisch Technische Dienst.

fig. 2



Schema van de meetapparatuur

Metingen bij een relatieve vochtigheid van 99,8% leverde een optimale koeling bij een stroomsterkte van 7,8 mA. Bij een stroomsterkte van 10,5 mA werd het koelingseffect opgeheven door de Joule-verhitting. Hogere waarden gaven slechts een verhitting.

De tijdsduur van de koelstroom werd ook gevarieerd en bleek gemiddeld voor het vochtigheidsstraject 96-100%, het gunstigst te zijn bij een koelingsduur van 15 seconden. Bij langer koelen dan 15 seconden werden de koelmaxima in geringe mate groter. Bij de hoogste relatieve vochtigheden (99,8%) werd echter te veel condenswater gevormd, waardoor bijverschijnselen optraden.

Voor de relatieve vochtigheden van 99,5% en lager werd een koelingsduur van 30 seconden beter geacht. Voor een zuiver totaalbeeld is 15 seconden verkozen en aangehouden.

Bad van constante temperatuur

Voor de verwezenlijking van een constante temperatuur is een waterbad gemaakt van 120 liter inhoud. Rondstroming van het water vindt plaats met een elektromotor op welks verlengde as een propeller is gemonteerd. Het bad wordt verwarmd met drie 40 Watts gloeilampen. Een lamp brandt continu. Twee lampen worden via relaissysteem en contactthermometer gecommandeerd (contactthermometer en relaissysteem geleverd door de firma Thamsen). Het water kan vrij verdampen, hetgeen de constantheid ervan ten goede komt. Dag- en nachtfluctuaties bedragen $0,01^{\circ}$ C. Met een Beckmann thermometer zijn over perioden van 10 minuten temperatuurschommelingen gevonden van $0,001^{\circ}$ C.

Doordat de messinghulzen een bufferend effect uitoefenen op de temperatuurfluctuaties in de monsterruimte, is tijdens de metingen geen, met de Micrograph aanwijsbare, temperatuurschommeling opgetreden.

SAMENHANG TEMPERATUURDEPRESSIE EN RELATIEVE VOCHTIGHEID

De relatie tussen dampspanning en de natte bol depressie wordt weergegeven door de volgende formule

$$e = e_s - A_p (T - T')$$

waarin e = dampspanning
 e_s = verzadigde dampspanning bij temperatuur T'
 $T - T'$ = temperatuurverschil droge en natte bol in $^{\circ}\text{C}$
 p = atmosferische druk
 A = psychrometer constante

De relatieve vochtigheid (e/e_s) is als functie van de temperatuurdepressie berekenbaar geworden. Aangezien A niet geheel constant is in het gehele vochtigheidstraject en voor elke psychrometerconstructie anders is, zal een ijking vereist zijn. Zie ook MONTEITH (1958).

RESULTATEN

Het apparaat is getest met NaCl-oplossingen van verschillende concentratie. In onderstaande tabel vindt men de gebruikte concentraties met de daarbij behorende relatieve vochtigheden en pF-waarden. De concentraties zijn getest met een gestelde AgNO_3 -oplossing.

Normaliteit	Rel. vochtigheid ^{x)}	pF
0,018	99,940	2,91
0,057	99,808	3,43
0,095	99,681	3,65
0,367	98,790	4,22
0,460	98,530	4,33
0,919	96,950	4,63

Om tot een snelle evenwichtsinstelling te komen wordt in de monsterbus een vloeipapieren kokertje geplaatst. Het vloeistofoppervlak wordt hiermee zeer veel groter.

Indien de te bemonsteren vloeistof één dag tevoren was ingezet en de huls afgesloten met een kurk, was 30 minuten na inzet van het koppel het evenwicht reeds bereikt voor alle gevallen.

^{x)} De waarden van de relatieve vochtigheden zijn geïnterpoleerd uit de tabellen van ROBINSON en STOKES, 1955.

In figuur 3 zien we enkele curven die door de Micrograph werden geregistreerd. Bij het in- en uitschakelen van de koelstroom worden enkele inductiestroompjes geregistreerd die op de verdere waarnemingen geen invloed uitoefenen, aangezien de nullijn voor en na de meting op hetzelfde niveau ligt.

In figuur 3A zien we een curve, waarbij nog geen evenwicht is bereikt. De relatieve vochtigheid is hier nog maar 97,8% (zie figuur 4 bij 12 uV) en moet bij evenwicht 98,8% worden hetgeen 25 minuten later is bereikt. Figuur 3C geeft ons eenzelfde evenwichtstoestand te zien bij een relatieve vochtigheid van 99,681%, de vochtigheid van de 0,095 N NaCl-oplossing.

Uit herhaalde waarnemingen resulteert tenslotte de ijkingscurve (fig. 4). De metingen van 100% relatieve vochtigheid met H₂O, leverde eveneens een geringe temperatuurdepressie. Volgens de hier gedane metingen overeenkomend met 0,2 μ V (MONTEITH en OWEN, 1958).

Eveneens werd na de bepaling van de ijklijn een verzadigde NH₄-oxalaat oplossing in de monsterbus geplaatst. De temperatuurdepressie na evenwicht kwam overeen met $9 \pm 0,1$ μ V, hetgeen resulteert in een relatieve vochtigheid van 98,73 (pF 4.25).

DISCUSSIE

De meetresultaten zijn niet zonder moeite verkregen. De aansluitingen bij de schakelaar moeten aan + en - zijde van dezelfde materiaalovergangen zijn om het thermokoppeleffect bij deze punten te vermijden.

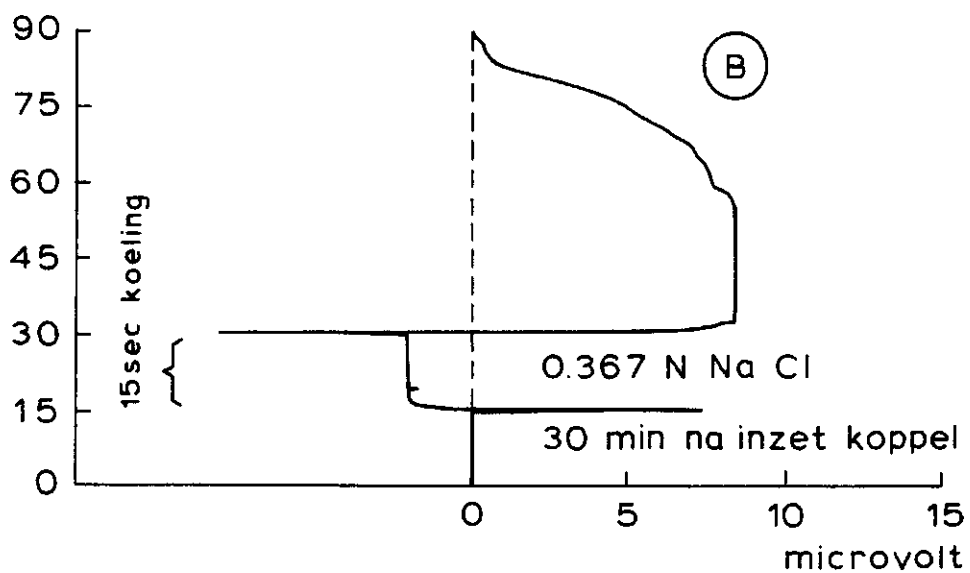
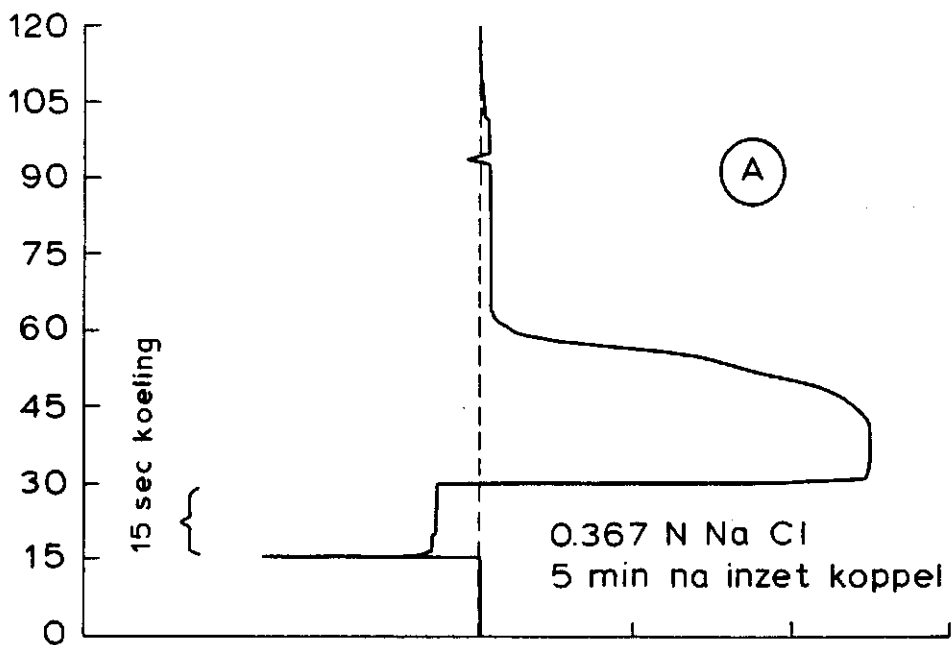
Temperatuurverschillen tussen de aansluitpunten veroorzaken eveneens een registreerbare spanning. Dit effect is echter verholpen door een dot watten om de aansluitklemmen aan te brengen.

De juistheid van de normaliteit van de NaCl-oplossingen is waarschijnlijk onvoldoende getest. De 0,37 Normaal oplossing is in de curve niet opgenomen. Nadere testing in dit gebied moet nog plaatshebben. Het verband tussen normaliteit en relatieve vochtigheid is overgenomen en geïnterpoleerd uit tabellen van ROBINSON en STOKES. Nadere bestudering van deze samenhang heeft niet plaatsgevonden.

Curven van twee zoutoplossingen gemaakt door de zelfregistrerende voltmeter (Micrograph BD)

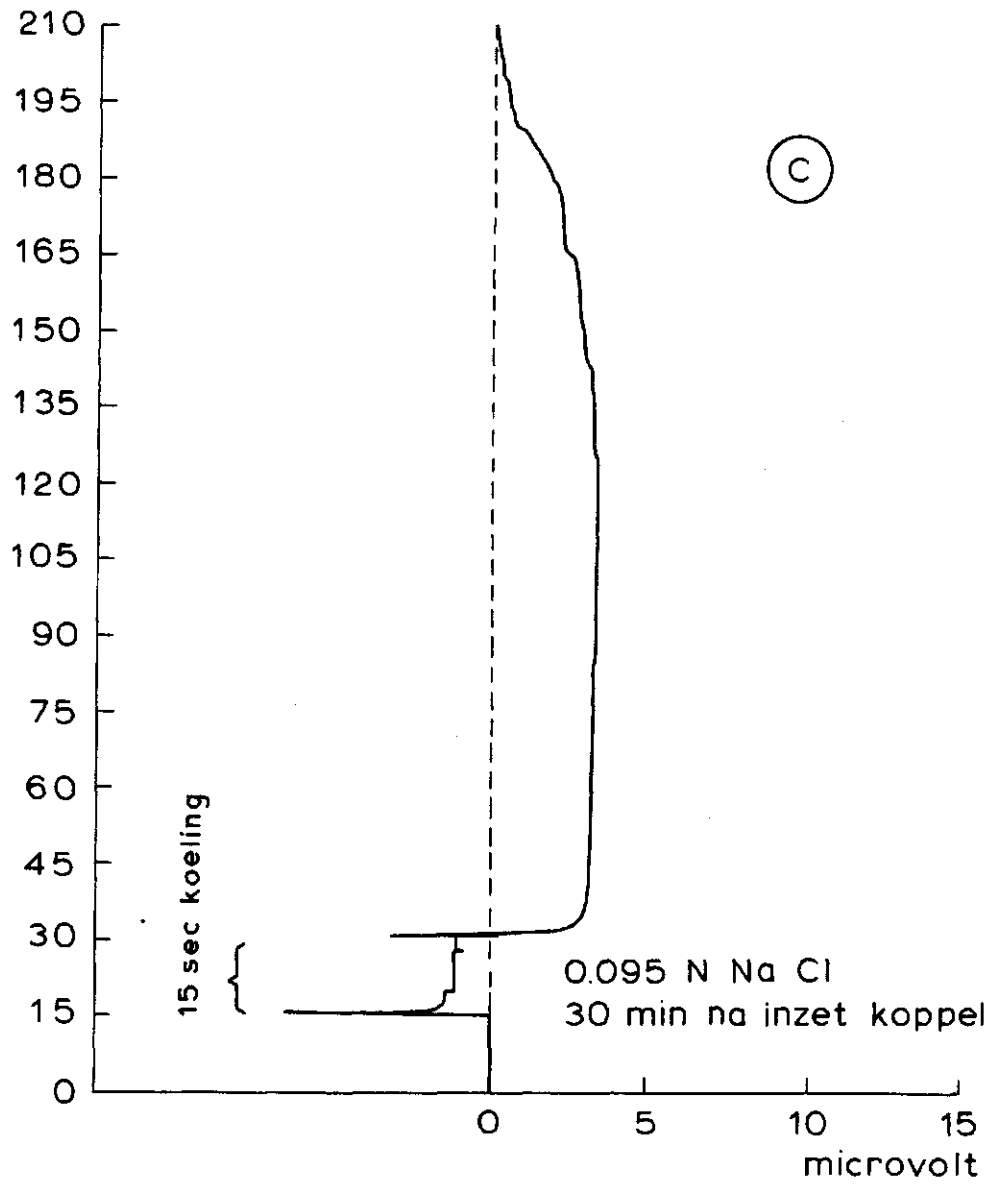
tijd in seconden

fig 3



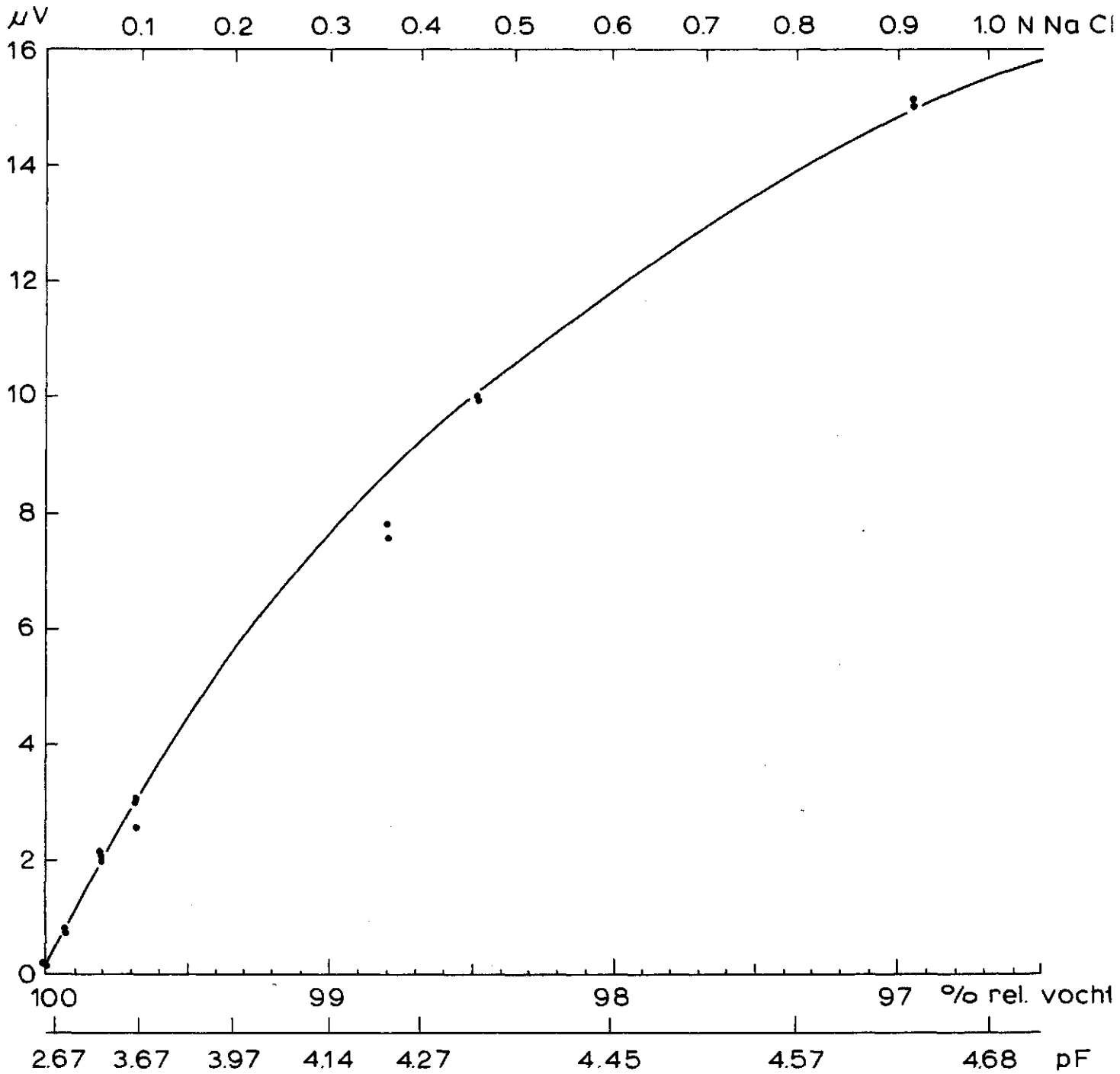
tijd in seconden

fig 3



IJkingscurve van het thermokoppel

fig. 4



CONCLUSIE

Deze methode voor het nauwkeurig meten van hoge relatieve vochtigheden kan na perfectionering en uitbreiding van aantal en eventueel vorm der monsterbussen, een praktische geschikte methode worden voor de bepaling van de vochtspanning in grondmonsters. De vormgeving en het gebruik van filtreerpapier in de monsterbussen is bepalend voor de snelheid van evenwichtsinstelling.

Andere toepassingsmogelijkheden zijn: bepaling van concentratie en activiteit van zoutoplossingen, vochtspanningsmetingen van plantensappen etc.

Verder onderzoek zal moeten worden gedaan ten aanzien van perfectie-nering van het koppel. Het aanbrengen van een dubbel koppel kan ons een middenwaarde geven van de 2 koppels en een dubbelwaarde van de spanning na serieschakeling. Op deze wijze werkende zullen zeer nauwkeurige waarnemingen mogelijk zijn.

Bij het in serie plaatsen van meerdere koppels zal een minder gevoelige voltmeter kunnen worden aangeschaft.

Onderzoek kan worden gedaan ten aanzien van de vormgeving van de monsterbussen voor de pF-bepaling van grondmonsters.

SAMENVATTING

Voor het meten van de relatieve vochtigheid tussen 97 en 100% is een 25 μ dik chromel/constantaan thermokoppel gemaakt. Een stroom van 7,8 mA nodig voor de Peltier Koeling, was voldoende om een condenswaterfilm op het koppel te verkrijgen. Op deze wijze is een psychrometer verkregen met als natte bol het koppel en als droge bol de toevoerdraden met als referentie temperatuur die van het waterbad. De natte bol depressie als functie van de relatieve vochtigheid kon met een micro-voltmeter worden geregistreerd. Metingen van 0,2 μ V, overeenkomend met een depressie van 0,003^o C waren nauwkeurig af te lezen. De relatieve vochtigheid is in 2 cijfers achter de komma nauwkeurig te bepalen.

De methode is nog slechts gebruikt voor de meting van de dampspanning van onverzadigde oplossingen. Toetsing met grondmonsters zal nog moeten plaatshebben.

LITERATUUR

- BARRS, H. D. and R. O. SLATYER, n. d. - Experience with three vapour methods for measuring water potential in plants. Internal publication Division of Land Research and Regional Survey, C. S. I. R. O., Canberra, A. C. T. Australia.
- KLUTE, A. and L. A. RICHARDS, 1962 - Effect of temperature on relative vapor pressure of water in soil. *Soil Sci.* 39, 6: 391.
- KORVEN, H. C. and S. A. TAYLOR, 1958 - The Peltier effect and its use for determining relative activity of soil water. *Canad. J. Soil Sci.* 39, 1: 76.
- MONTEITH, J. H. and P. C. OWEN, 1958 - A thermo couple method for measuring relative humidity in the range 95-100%. *J. Sci. Instruments* 35: 443.
- RICHARDS, L. A. and GEN OGATA, 1958 - Thermo couple for vapor pressure measurement in biological and soil systems at high humidity. *Soil Sci.* 128, 3331: 1089.
- ROBINSON, R. A. and R. H. STOKES, 1955 - *Electrolyt solutions*. Butterworth Sci. Publ., London, p. 461.
- SPANNER, D. C., 1951 - The Peltier effect and its use in the measurement of suction pressure. *J. Exp. Botany II*, 5: 145.