

INSTITUTUL POLITEHNIC " TRAIAN VULIA "   
 - TIMIȘOARA -   
 Facultatea de Construcții

ing, KHALED FANDI

CONTRIBUTII PRIVIND CERCETAREA TERENULUI IN   
 VEDEREA STABILIRII SISTEMULUI DE FUNDARE

- Teză de doctorat -

BIBLIOTECA CENTRALĂ   
 UNIVERSITATEA "POLITEHNICA"   
 TIMIȘOARA

CONDUCTOR ȘTIINȚIFIC

Prof.dr.ing, PAUNESCU MARIN

- 1988 -

INSTITUTUL POLITEHNIC TIMIȘOARA	
Volume	534.505
Dulap	335 6



## P R E F A T A

Lucrarea elaborată s-a făcut în scopul de a completa metodele de cercetare a terenului, pentru a putea stabili soluții cât mai bune de fundare.

Înscriindu-se prin tematica abordată pe linia cercetărilor menite să răspundă imperativelor majore de progresul economic și social, lucrarea de față contribuie la introducerea și generalizarea a metodelor de cercetare a terenurilor " în situ " prin sondaje de penetrare dinamică cu con, vibropenetrarea cu con respectiv vibropercutare cu con, completând astfel posibilitatea de cercetare a terenului de fundare.

Aceste metode de cercetare oferă o serie de avantaje tehnico-economice concentrate prin prospectarea ușoară și amănunțită a terenului de fundare respectiv reducerea cheltuielilor și scurta-rea timpului de execuție.

Pentru realizarea dezideratelor menționate, autorul a desrăsurat un larg program de studii și cercetări experimentale, aducând îmbunătățiri la aparatul de cercetare și a stabilit relații de legătură între rezistențele de penetrare obținute prin metode corelative de penetrarea dinamică cu con și manta, respectiv vibropercutarea cu con.

Lucrarea cuprinde 5 capitole, fiind extinsă pe 200 pagini cu un număr de 125 figuri, 02 de tabele, precum și o anexa cu valori din timpul măsurătorilor și listingeri de calculator.

Capitolul 1 al lucrării redă în mod sintetic aspectele tratate în literatura de specialitate și direcțiile de cercetare în domeniul prospectării terenului la fața locului (în situ). În acest capitol după parcurgerea unei bogate bibliografii din acest domeniu, autorul și-a propus să studieze o serie de aspecte foarte importante în această direcție aspectele fiind menționate la sfârșitul capitolului ( paragraful 1.12).

În capitolul 2 al lucrării intitulat " Studii cu privire la stabilirea unor relații de calcul pe baza cercetărilor experimentale făcute cu diverse penetrometre " sînt prezentate studiile și cercetările experimentale proprii cu privire la stabilirea unor relații de calcul pe baza cercetărilor făcute cu diverse penetrometre îndeosebi penetrometrul dinamic cu con și manta (PDM)

a conceput să aibă aceleași caracteristici cu ale penetrometrului-dinamic ușor (P.D.U.) .De asemenea în cadrul acestui capitol autorul a arătat ușurința evaluării unor caracteristici geotehnice cum ar fi modulul de deformație liniară ( $E$ ), gradul de îndesare ( $I_D$ ) unghiul de frecare interioare ( $\phi$ ) în cazul pământurilor necoezive pe baza penetrărilor dinamice cu con (fără și cu manta) respectiv penetrări statice cu con și încercări pe placă, în vederea stabilirii soluțiilor de fundare.

În capitolul 3. intitulat " Studii referitoare la folosirea vibropenetrării cu con pentru cercetarea terenului " autorul a completat studiile cu privire la tehnologii noi de vibropenetrare cu con și pe baza încercărilor experimentale proprii a ajuns la concluzie că se poate face legătura între metodele de penetrare dinamice cu con și vibropenetrare respectiv penetrarea statică prin stabilirea unor corelații între " $R_p$ " și viteza de penetrare ( $V_{10}$ ) adică  $R_p = f(V_{10})$  sau legăturii între numărul de lovituri ( $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$ ) și ( $V_{10}$ ) adică  $N_{10} = f(V_{10})$  respectiv  $N_{10(m)} = f(V_{10})$ . De asemenea autorul a arătat că se poate face trecerea de la valorile obținute cu o metodă sau alta.

În cadrul capitolului 4 " Studii referitoare la penetrarea vibropercutantă cu con " autorul a studiat o nouă tehnologie bazată pe tehnica vibrării numită vibropercutare cu con. Pe baza încercărilor și cercetărilor proprii autorul a stabilit relații teoretice noi, respectiv a stabilit legătura între metoda penetrării dinamice cu con și manta și vibropercutarea cu con.

Această nouă tehnologie de vibropercutare cu con permite productivități de 1,5-4 ori mai mare decât penetrarea dinamică cu con la un bun nivel informațional geotehnic, asigurând prin aceasta reducerea duratei de execuție și costul încercărilor geotehnice.

Aceste avantaje pe care le oferă vibropercutarea cu con se înscrie în rîndul tehnicilor avansate de investigare a terenului la fața locului.

Deasemenea pe baza acestei noi metode de vibropercutare cu con se pot evalua unele caracteristici geotehnice în vederea stabilirii capacității portante a terenului de fundare.

Lucrarea se încheie cu capitolul 5 "Cu privire la corelarea rezultatelor obținute ca urmare a studiilor întreprinse - Concluziile finale ", fără a avea pretenția că s-au epuizat toate aspectele puse de cercetările la fața locului.



\*  
\* \*

În întreaga perioadă de elaborarea a tezei de doctorat autorul a beneficiat de sprijinul și îndrumarea competentă și permanentă în procesul de formare profesională și elaborare a tezei de doctorat, din partea conducătorului științific Prof.dr.ing, Marin Păunescu, căruia îi mulțumesc în mod deosebit și exprim profunda mea recunoștință și considerație pentru efortul făcut în toată perioada de elaborare a tezei de doctorat.

De asemenea, autorul adresează mulțumirile sale tuturor cadrelor didactice și personalului tehnic din catedră care prin discuții, sugestii, material bibliografic, ajutorul acordat desfășurării programului experimental și au contribuit la clarificarea unor aspecte ale cercetărilor întreprinse în vederea elaborării prezentei teze de doctorat, dintre care menționez pe ș.l.dr.ing, Virgil Haida, ș.l.dr.ing, Agneta Gruia, ș.l.dr.ing, Vasiloni Nicolae și ing, Ioan Scordaliu.

Autorul exprimă mulțumiri speciale șefului Catedrei de drumuri, fundații și instalații în Construcții, prof.dr.ing, Laurențiu Nicoară, precum și conducerii Facultății de Construcții și Institutului Politehnic " Traian Vuia " Timișoara, pentru sprijinul acordat pe parcursul pregătirii și elaborării lucrării

## 1. SCURTA SÎNTEZA DOCUMENTARA CU PRIVIRE LA CERCETAREA "IN SITU" A TERENULUI DE FUNDARE

### 1.1. ASPECTE GENERALE PRIVIND CERCETAREA TERENULUI LA FATA LOCULUI

Cercetarea terenurilor de fundare constituie una din fazele cele mai importante necesare elaborării proiectului infrastructurii construcțiilor și a lucrărilor de pământ. Ea furnizează date geologice, geomorfologice, geotehnice și hidrologice ale amplasamentului care se obțin prin cercetarea la suprafață a terenului și explorarea în adâncime a acestuia, completat cu încercări efectuate în laborator și la fața locului [8];[5].

Metodele zise " clasice de investigație " cuprind lucrări de sondeaje și foraje pentru exploatarea în adâncime a terenului, cu prelevări de probe pentru determinarea caracteristicilor fizico - mecanice în laborator. Întrucât cercetarea în adâncime trebuie efectuată pe cuprinsul zonei active, în foarte multe cazuri forajele trebuie conduse la adâncimi mari (care în funcție de construcție și teren pot ajunge la zeci de metri. [12] ; [13] .

Explorarea terenurilor la adâncimi mari este costisitoare și cu randament scăzut mai ales în cazul forajelor manuale, motiv pentru care numărul lor se reduce la minim. Forajele mecanice au randament mai ridicat, dar domeniul lor de aplicabilitate este uneori limitat de condițiile de teren și reclamă utilaj special [16].

Data fiind neomogenitatea terenurilor, în părțile neidentificate prin sondaje pot să apară schimbări în stratificație, neobservate prin numărul redus de foraje efectuate, care poate conduce la erori în aprecierea comportării pământului de pe amplasamentul studiat. [7].

Prelevarea probelor netulburate din anumite categorii de terenuri, cum ar fi nisipurile situate sub nivelul apei sau la adâncime și în general pământurile necoezive sau argilele sensibile, este practic nerezolvată. [24]

Multe erori apar datorită distrugerii parțiale sau totale a legăturilor structurale din cauza prelevării necorespunzătoare, a ambalării și transportului nereglementar al probelor [44], [28].

Pentru delimitarea sau chiar eliminarea neajunsurilor de ordin tehnic și economic, în ultimul timp au luat amploare o serie de metode de cercetare a terenurilor la fața locului ("in situ") [28]; [122].

Majoritatea acestor metode nu elimină lucrările clasice de investigație, doar le completează, oferind o paletă mai bogată de date asupra terenului cercetat (sau reduce numărul acestora) [28]; [27].

Metodele de cercetare "în situ" sînt deosebit de valoroase întrucît permit studierea directă a terenului în strat cu posibilitate de stabilire a unor caracteristici fizico-mecanice ale acestuia, eliminînd în acest fel erorile cumulate pe drumul parcurs de probă de la prelevare și pînă la determinările de laborator [8]

Prelevarea probelor netulburate prezintă o limită de volum, motiv pentru care similitudinea în comportare față de cea a terenului natural nu este întotdeauna edificatoare. În această situație încercările "în situ" sînt singurele care pot furniza date mai precise.

Unele metode de cercetare "în situ" sînt mai ieftine și cu randament mai ridicat, față de metodele clasice de investigație, ceea ce permit o studiere mai amănunțită a amplasamentului, prin mărirea volumului lucrărilor de cercetare, diminuînd în acest fel riscul nedeplastării unor zone de schimbări pronunțate în stratificație.

În ultimul timp, prin extinderea lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare, metodele de cercetare "în situ" sînt utilizate pe scară largă și pentru testarea calității acestor lucrări [122]; [123].

Avantajele tehnice și economice oferite de metodele de cercetare "în situ" pledează în favoarea utilizării lor și captează atenția unui număr mare de cercetători preocupați de îmbunătățirea metodelor existente și mărirea volumului de informații oferite de acestea sau de găsirea unor metode noi [51]; [81].

Există o serie de metode de cercetare a terenurilor "în situ" fiecare din ele oferind o anumită gamă de elemente care vin să completeze datele obținute prin metode de investigație. Unele sînt capabile să furnizeze date cantitative, iar altele numai elemente calitative, dar pe baza cărora se pot trage o serie de concluzii foarte importante în procesul de cunoaștere a terenului și stabilirea soluției de fundare [18].

Încercările "în situ" mai frecvent utilizate pe plan mondial precum și în România au fost în majoritate standardizate sau prevăzute în instrucțiuni și norme interne pentru executarea corectă a acestora. [126], [127].

Principalele metode de cercetare a terenurilor la fața locului utilizate pe scară din ce în ce mai largă sînt următoarele:

- penetrarea standard ;
- penetrarea dinamică cu con ;
- penetrarea statică cu con ;
- încercarea presiometrică ;
- încercarea prin metode radiometrice ;
- încercarea cu placă de încărcare ;
- încercarea de forfecare ;
- metodele geofizice ;
- metode vibrodinamice.

În acest paragraf se vor prezenta cîteva considerente cu privire la penetrare, celelalte descrieri se vor face sumar la paragraful aferent metodei prezentate.

Cercetarea terenurilor de fundare prin metoda penetrării (în general) constă în introducerea în teren a unei tije prevăzută la partea inferioară cu un vîrf conic.

În funcție de modul de introducere a tijeii cu con se deosebesc :

- penetrometre statice denumite astfel, întrucît rezistența terenului la pătrundere în teren a sondei este învînsă de o forță care variază lent putînd fi considerată statică ;
- penetrometre dinamice denumite astfel, întrucît, rezistența terenului la pătrundere în teren a sondei (con sau carotieră) este învînsă de lucrul mecanic dezvoltat de o masă în cădere. Aceste penetrometre pot fi prevăzute cu un vîrf conic ascuțit sub diverse unghiuri la vîrf și poartă numele de penetrometre dinamice cu con, sau cu carotieră acestea purtînd denumirea de penetrometre standard [132].

Cercetarea terenurilor prin metoda penetrării cu con a luat amploare în așezări în ultimii circa 20 de ani, deoarece oferă posibilitatea cercetării ușoare, rapide și ieftine și furnizează un complex de elemente legate de caracteristicile terenului [24].

Este o metodă continuă de investigare a terenului întrucît datele se înregistrează la intervale scurte de adîncime (10 sau 20 cm) cu excepția penetrării standard la care înregistrarea datelor se face la 1,0 - 2,0 m.

Un considerent puternic în afirmația privind extinderea metodei îl constituie preocuparea în acest domeniu a unui număr tot mai mare de specialiști dintr-un număr de țări în continuă creștere.

Interesul major acordat metodei penetrării de către specialiști, respectiv extinderea gradului de folosire a acesteia, sînt confirmate și prin cele două simpozioane europene (Stockholm 1974 [19] și Amsterdam 1982) [19], organizate în exclusivitate pe această temă, urmînd că în anul 1988 să se desfășoare primul simpozion internațional în problema testării terenurilor prin penetrare (ISOPT-1 Florida - 1988 în SUA). De asemenea, penetrometria a făcut și continuă să facă obiectul a numeroase lucrări științifice, publicate în reviste de specialitate sau prezentată la aproape toate manifestările științifice în domeniul geotehnicii și fundațiilor, începînd cu congresele internaționale de mecanica pămînturilor și procedee de fundații conferințele pe probleme [122]; [123] terminînd cu conferințele sau simpozioanele naționale, organizate în diverse țări. Pe aceeași linie se înscrie și activitatea desfășurată în cadrul diferitelor organisme (comitete, subcomitete, grupuri de lucru) create de către Societatea Internațională de Geotehnică și Fundații (ISSMFE), referitoare la utilizarea internațională a metodei penetrării [122], [123].

Scopul celor două simpozioane europene (Stocholm 1974 și Amsterdam 1982) a fost elucidarea și dezbaterrea unor probleme legate de :

- informare cu privire la utilizarea testării terenului prin penetrare, în diferite țări ;
- stabilirea ariei de utilizare a cercetării prin penetrare;
- stabilirea liniei generale pentru utilizarea metodei în viitor ;
- stimularea standardizării încercării terenului prin penetrare ;

Din analiza materialelor prezentate rezultă că aparatura utilizată în diverse țări este relativ diferită, în probleme de penetrare statică, la baza aparaturii, în general fiind penetrometrul Olandez la care s-au adus unele modificări. Penetrometrele dinamice sînt și ele variate atît ca dimensiuni cît și lucru mecanic dezvoltat de berbec. [24]

În problema prelucrării datelor se fac eforturi pentru extinderea prelucrării cantitative, la ora actuală ponderea mare revenind aspectului calitativ, în special în domeniul penetrării dinamice [24].

În cadrul discuțiilor purtate s-a reliefat necesitatea stan-



standardizării penetrometrelor cu con și cooperarea în viitor îndeosebi a țărilor europene. Standardizarea aparaturii ar facilita găsirea și utilizarea unor corelații în vederea interpretării cantitative și ar uni eforturile pentru punerea la punct a unei metodologii de cercetare a pământurilor, foarte avansată din multe puncte de vedere.

Găsirea unor corelații cu valabilitatea generală este foarte complicată și practic imposibilă din cauza multiplilor factori care influențează asupra rezultatelor testării prin penetrare, factori legați de teren prin granulometrie, forma granulelor, legături structurale, etc. factori legați de prezența apei precum și cei legați de aparat. Standardizarea penetrometrelor ar elimina posibilitatea influențării în mod diferit a rezultatelor de către aparatură și ar permite găsirea unor corelații aplicabile pentru anumite categorii de pământuri.

În capitolul de față autorul și-a propus să facă o foarte scurtă trecere în revistă a unor metode de cercetarea terenului la fața locului, urmînd ca studiile sale să le orienteze pe unele din problemele pe care literatura le consideră mai puțin studiate, dar de mare actualitate.

## 1.2. CU PRIVIRE LA SCOPUL ȘI MODUL DE SONDARE PRIN FORAJE.

După cum este cunoscut, forajele geotehnice se execută cu scopul de a se preleva probe de pe amplasamentul unde urmează să se execute diferite construcții. Probele prelevate la adîncimi diferite urmează să fie supuse analizelor de laborator, obținîndu-se astfel o imagine asupra stratificației, precum și a principalelor caracteristici fizico-mecanice ale terenului [85]; [110].

Executarea forajelor geotehnice, folosind metodele clasice, necesită un mare volum de muncă (în mare parte manuală) și o durată relativ mare, ceea ce duce la un preț de cost ridicat și la întîrziere a proiectării fundațiilor și a executării lucrărilor respective [81]. Aceste neajunsuri impun mecanizarea lucrărilor de executare a forajelor, în special a celor de mică adîncime (forajele geotehnice) unde în prezent mecanizarea poate fi încă dezvoltată. Din literatura parcursă rezultă că o metodă eficientă; folosită pentru realizarea și accelerarea multor procese și operațiuni ale executării forajelor geotehnice este metoda vibrării [23]; [75]; [78]; [98], asupra căreia se vor

prezenta cîteva date de bază.

Realizarea forajelor prin metoda vibrării constă în introducerea unei carotiere în teren, sub acțiunea forței perturbatoare oscilatorii sau a vibropercutațiilor, precum și a greutății proprii a ansamblului carotieră - tije - Vibrogenerator, trecîndu-se apoi la extragerea carotierei cu terenul prelevat. [78].

Această metodă a fost propusă de prof. D.D. Barkan și V.M. Tupicov încă din anul 1950 [5]. Verificările experimentale și aplicarea acestor metode au pus în evidență o productivitate ridicată, ceea ce a atras atenția unui însemnat număr de cercetători, ale căror lucrări au contribuit la perfecționarea și introducerea procedurii în practică curentă.

Dintre aceștia se menționează M.G. Efremov [23] care a elaborat noi tipuri de carotiere, cu indici tehnico-economiți ridicați și a stabilit liniile direcțoare pentru realizarea forajelor geotehnice, cu prelevări de probe, fără ca acestea să-și schimbe proprietățile fizico-mecanice (probe netulburate).

O contribuție deosebită, în ceea ce privește folosirea acestei metode la unele lucrări de forare, ca studierea și realizarea unor vibroinstalații folosite la foraje geotehnice precum și în ceea ce privește influența vibrațiilor asupra unor caracteristici geotehnice a probelor realizate, a fost adusă de către unele cercetări efectuate în cadrul Facultății de Construcții din Timișoara [78];[98];[64], îndeosebi cele ale dr.ing. Virgil Haida. [36].

Revenind la principiul metodei trebuie arătat că înfigerea carotierei în teren depinde de un complex întreg de factori cum sînt: amplitudinea și frecvența oscilațiilor sale, proprietățile mecanice ale terenului, greutatea și dimensiunile acestuia etc. Pentru păstrarea după prelevare a caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului natural, este necesar ca în interiorul carotierei să nu apară o deplasare a pămîntului aflat în ea, față de terenul înconjurător. Această mișcare relativă are loc atunci cînd forțele de frecare și de aderență dintre pămîntul din carotieră și suprafața interioară depășesc rezistențele frontale de înfigere. În funcție de raportul acestor forțe, poate să apară într-un grad mai mare sau mai mic "efectul de pilot", adică, crearea unui dop de pămînt care înfige odată cu carotiera, asemănător unui pilot. [78]; [90].

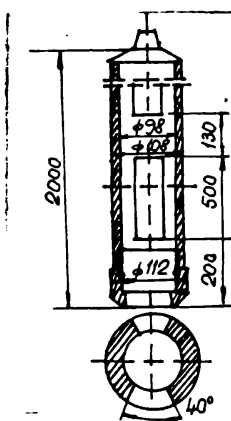
În baza numeroaselor încercări comparative făcute de diferiți cercetători în diferite condiții de teren, se poate afirma că stratificațiile de pămînturi care se obțin în cazul metodei forării prin vibrație corespund bine cu cele reale și mai mult decît atît, aplicarea vibrocarotierelor permite descoperirea unor

straturi de grosime chiar foarte mică, ceea ce în mod practic este exclus la forarea prin orice altă metodă [-75]; [98] ;

Pentru realizarea forajelor cu prelevări de probe se folosesc carotiere special executate și tije de forare.

Dacă forarea se face în pământuri necoezive (nisipuri) instalația de foraj se va completa cu țevi de tubaj, pentru tubarea pereților forajului [64].

O carotieră pentru forare, respectiv pentru prelevarea probelor prin vibrație constă dintr-o țevă cu lungime între 1 și 3 m. și diametrul 90 și 220 mm (figura 1.1.) [64].



Pentru păstrarea caracteristicilor fizico-mecanice ale terenului prelevat este necesar să nu apare o mișcare relativă a pământului aflat în carotieră față de terenul în care are loc prelevarea, trebuie înlăturat "efectul de pilot".

La forarea pământurilor coezive (argile și subargile), cea mai indicată este carotiera cu una sau cu mai multe tăieturi longitudinale (figura 1.1.). Dimensiunile tăieturilor longitudinale fiind în funcție de natura terenului forat [65]; [66].

-Fig.1.1. Carotieră cu fante utilizată pentru prelevarea probelor netulburate

În ceea ce privește diametrul carotierelor, cel mai des se folosește și se recomandă să fie folosite diametrele de 108 ; 127 ;

146 și 168 mm. Mai rar, pot fi utilizate și diametrele de 89 ; și 219 mm ( dimensiunile aparținând țevelor standardizate) [68].

Zona de tulburare ale structurii și texturii pământurilor în vecinătatea pereților carotierei, după experimentările efectuate de mulți cercetători (M.G.Efremov, D.D.Barkan și alții), ajunge până la o distanță de cca 20 mm de la perete. De aceea, cu cât este mai mare diametrul carotierei, respectiv secțiunea carotierei cu atât diametrul probei netulburate este mai mare.

Pentru prelevarea probelor cu structură netulburată din terenuri de natura celor amintite, s-a folosit și carotiera cu ștuțuri redată în figura 1.2. [66].

În interiorul carotierei sînt prevăzute trei ștuțuri pentru prelevarea probelor și păstrarea lor pînă la efectuarea determinărilor de laborator. Aplicînd acest sistem de carotieră [98]



s-a constatat că timpul necesar pentru demontarea ei respectiv

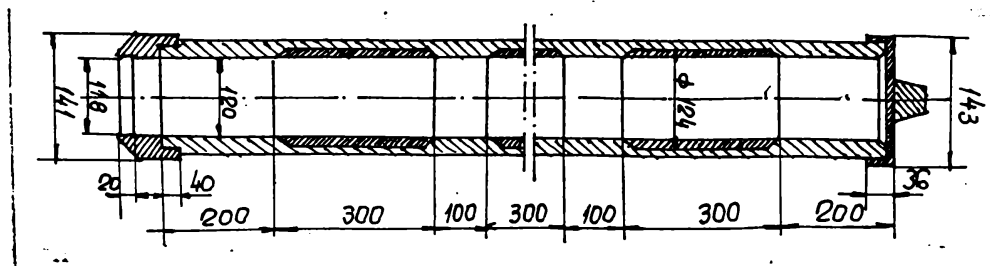


Fig.1.2. Carotieră cu ștuțuri interioare utilizate la prelevarea probelor netulburate

remontarea cu alte ștuțuri este mult mai mare.

Acest neajuns a determinat la conceperea unui alt tip de carotieră pentru prelevarea probelor netulburate [78] care se poate urmări în figura 1.3. pentru executarea forajelor și prelevarea probelor tulburate în nisipuri și balast sau pietriș; s-a folosit carotiera din fig.1.4. , care, ca și construcție și dimensiuni este identică cu cea din figura 1.3., având în plus niște clapete care au rolul de a reține materialul în carotieră la extragere, material lipsit de forțele de coeziune.

Clapetele sînt prinse în pereții carotierei articulați, avînd posibilitatea de a fi deschise în timpul înfigerii și de a se închide la extragerea sub efectul greutateii terenului din carotieră [64].

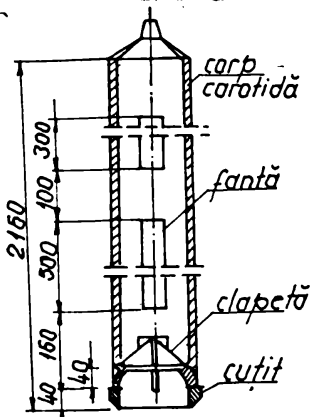


Fig.1.4. Carotieră cu clapete utilizată la prelevarea terenurilor necoezive.

Pentru realizarea lucrării de forare propriu-zise, se așează vibroinstalația de poziția la punctul de forare și se montează primă carotieră la vibroînfigător (direct sau prin intermediul tijelor de forare). În continuare în procesul de vibroforare se compune din cicluri idetnice care constau din coborîrea carotierei pînă la adîncimea dictată de lungimea

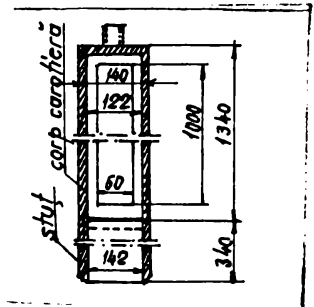


Fig.1.3. Carotieră cu fantă și ștuț frontal demontabil utilizată la prelevarea probelor tulburate și netulburate.

La forarea pămînturilor de umplutură cu moloz de construcție a pămînturilor înghețate, a depunerilor de bolovani și pietriș se folosesc carotiere obișnuite la care inelul de lucru are partea inferioară prelucrată sub forma unei dălți dințate.

Tijele de foraj sînt formate în genere din țevi cu diametrii de circa 50 mm, filetate la ambele capete.

carotierei, ridicarea instrumentului și scoaterea pământului din carotieră (fig.15.) [64], [90].

Pentru adâncimi mai mari de 10-12 m este indicat ca pe măsura creșterii adâncimii forajului să se utilizeze diametre

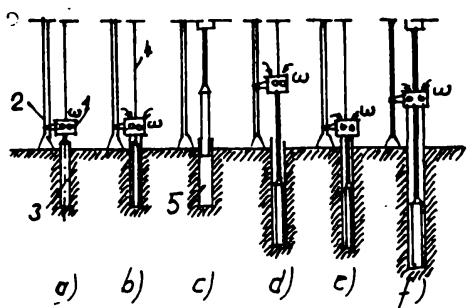


Fig.1.5. Etapele desfășurării vibroforajului în terenuri necoezive prin tubaj.  
1-vibrator; 2-luminare de ghida j; 3-carotieră; 4.- cablu; 5-țeavă de tubaj

de carotiere descrescătoare.

Folosirea principiului de trecere de la un diametru de foraj la celălalt permite să se reducă accentuat umplerea înainte de vreme a carotierei cu pământ de pe pereții refuși [98], în comparație cu situația când diametrul ar fi același pe toată lungimea forată.

Se menționează că aplicarea tehnicii vibrării, pentru prelevarea probelor de analizat

se fac fie foraje la care se prelevează probe cu structură tulburată, fie foraje la care se prelevează probe cu structură netulburată.

De subliniat că metoda de forare și de prelevare prin vibrare oferă date și rezultate geologice mai exacte în comparație cu alte procedee de forare (manual, rotativ) la care de regulă proprietățile structurale și texturale ale pământului se tulbură în mod pronunțat [75]; [78].

Pentru o cât mai bună exactitate a datelor, este bine să se țină seama ca timpul de vibrare a instrumentului de foraj să nu depășească 2 minute la forarea pământurilor nisipoase și 3-4 minute la forarea celor argiloase, iar la o scădere considerabilă a vitezei de foraj, în raport cu cea inițială, forarea trebuie să fie întreruptă și reluată numai după golirea carotierei. [47], [48].

Dacă se prelevează probe cu structură netulburată, atât lucrările de forare propriu-zise și mai ales cele de prelevare sînt mai prețioase. Foarte importantă este stabilirea unui regim optim de introducere prin vibrare a carotierelor de prelevare a probelor în așa fel încît tulburarea probei să fie minimă. Astfel la prelevarea probelor prin metoda vibrării în pământ, se observă unele modificări ale însușirilor probei, în special în zonele periferice, modificare care de altfel se produce la oricare procedeu de prelevare [75].

Pentru probe netulburate este de reținut recomandarea de a se alege o carotieră cu cea mai mică grosime a pereților, fiindcă cu cât grosimea peretelui carotierei de prelevat este mai mică, cu atât și tulburarea carotei este mai slabă.

Prelevarea probelor netulburate se poate face și cu carotiarele obișnuite cu care se execută forajul, cu condiția, ca tăietura longitudinală să fie suficient de largă, pentru a permite decuparea probei corespunzătoare de pământ. Totuși, se va evita pe cât posibil acest lucru, deoarece prelevarea probei din carotieră neamenajată special pentru prelevare, prezintă dificultăți în calitatea probei este mai slabă.

Pentru astfel de prelevări se recomandă carotiarele din figurile 1.2 și 1.3.

În ceea ce privește prelevarea probelor, modul lor de prelevare prin foraje fiind în prezent foarte variat, funcție de natura terenului, de sculele tăietoare, de instalație de suprafață și de vederea geotehnicianului, se pot face desigur mai multe sisteme de clasificări [47], [48].

Ne vom opri la o clasificare ce are ca bază de aplicare tehnologia propriu-zisă a mecanismului de foraj, cele două sisteme de lucru, uscat și hidraulic.

Pornind de la acest principiu putem prezenta următoarea schemă :

- a - sistem uscat - metoda vibrării ;
  - metoda percuției ;
  - metoda presării ;
  - metoda rotirii.
- b - sistem hidraulic - metoda presării ;
  - metoda rotirii.

Problema prelevării probelor pe plan mondial a stat în atenția multor cercetători și practicieni [64] ; [36].

Sînt bine cunoscute lucrările și dispozitivele create cu ani în urmă de Hvorslev [111] lucrările recente și programele de cercetare ale diferitelor firme de renume ca Soletanche , Institutul Norvegian de Geotehnică, Organizația de Geotehnică de la Melbourne Australia, cercetători ca Aitchinson, I.G.Lang și alții care au creat diferite carotiere, pornind de la bazele teoretice ale înfîngerii dispozitivelor în diferite terenuri [122]; [123].

Este adevărat că, cu toate progresele din ultima vreme prelevarea probelor a rămas în prezent încă o operație destul

de primitivă, așa cum de altfel mai arătam, operația care poate modifica proprietățile mecanice ale pământurilor.

Vom arăta, în mare, că prelevările au căpătat chiar un aspect funcție de amplasamentul " geografic ".

Astfel în Anglia se utilizează aproape în exclusivitate sistemul de prelevare a probelor prin percuție. În acest sens întreprinderile de specialități și-au creat chiar instalații de foraj mecanizate cu care reușesc să preleveze prin bătăre probe pînă în jurul adîncimilor de 30-35 m [48].

În U.R.S.S. se utilizează pentru forajele de mare adîncime instalații de vibrare, în RFG forajul rotativ cu circulație, folosindu-se în acest scop carotiere duble.

Se pare însă că tendința în momentul de față în majoritatea țărilor este de a se întrebuița în prelevarea probelor sistemul de rotire, corelat cu folosirea unor carotiere cu pereții subțiri, respectiv instalațiile vibropercutante [67], [118].

### 1.3. CERCETAREA TERENULUI PRIN PENETRAREA STANDARD (S.P.T)

Metoda de penetrare " standard " este cea mai vechi și mai mult utilizată efectiv în timp, începînd să fie aplicată, din anul 1927 [24].

Încercarea se execută în foraj și constă în determinarea numărului de lovituri ; efectuate de un berbec avînd o anumită masă și înălțime de cădere, pentru ca un tub carotier să pătrundă în teren pe adîncime de 30 cm [122].

Încercarea se aplică în general la pământurile nisipoase din care în mod obișnuit nu pot fi prelevate probe netulburate dar se utilizează cu bune rezultate și în pământurile coezive.

Nu se aplică la pământurile sensibile la umezire, refulante sau la care se manifestă puternic fenomenul de tixotropie.

Metoda de cercetare prin penetrare standard se utilizează și în scopul aprecierii unor caracteristici fizico-mecanice ale pământurilor și a unor evaluări calitative.

În figura (1.6.) este prezentată o secțiune longitudinală prin echipamentul de penetrare standard, în conformitate cu ultimele recomandări ce se propun de către ISSMFE, spre discuție, viitorului Congres Internațional de penetrare (ISCPT -1 , Florida, USA , 1988) .

Experiența practică acumulată în țările unde penetrarea standard se aplică pe scară largă (SUA, Japonia, etc) - [122]; [123] arată

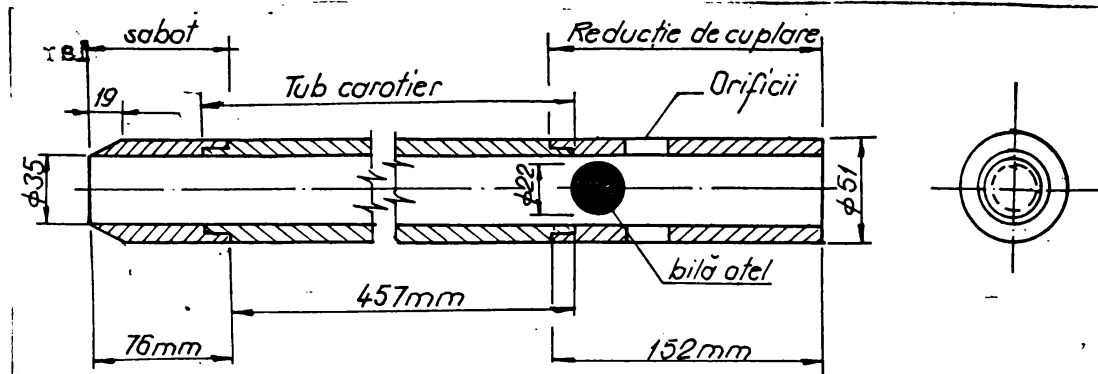


Fig. 1.6. Secțiunea longitudinală a penetrometrului standard

că aceasta reprezintă un procedeu util de prospectare a terenurilor de fundare, inclusiv a celor dificile, cum sînt cele alcătuite din nisipuri afîinate, susceptibile la lichefiere, sau din pămînturi coezive cu consistență redusă. De asemenea unele țări (Australia, Spania, Anglia etc), acceptă folosirea penetrării standard și în pămînturi necoezive grosiere (nisip cu pietriș, pietriș) caz în care partea inferioară a tubului carotier (cuțitul) este înlocuită cu un con rigid avînd unghiul la vîrf de  $60^\circ$  [123]; [57]; [74].

Deși denumirea de penetrare standard este consacrată, metodele de aplicare practică diferă, în măsură mai mare sau mai mică, de la o țară la alta, fapt evidențiat de însăși normele și standardele naționale existente în unele țări.

Pentru exemplificare în tabelul 1.1. sînt date elementele principale ale recomandărilor cuprinse în Referatul Internațional pregătit pentru ISOPT-1 (Florida, SUA - 1988), respectiv în raportul subcomitetului de standardizare a penetrării din Europa (Tokio, 1977), pentru comparare cu cele cuprinse în normele din SUA și Japonia, precum și cu STAS 1242/5-81 din PSP [127].

După cum se poate observa, dacă deosebirea referitoare la caracteristicile echipamentului de penetrare standard sînt relativ mici, cele referitoare la modul practic de execuție a încercării, inclusiv a forajului, sînt semnificative, ceea ce face ca rezultatele să nu poată fi interpretate și valorificate după aceleași criterii.

Se observă că în STAS 1242/5-81 [132] apar unele deosebiri esențiale în comparație cu celelalte norme menționate și anume: limita inferioară a diametrului forajului mult mai ridicată, iar

Caracteristicile penetrării dinamice standard SPT	Norme sau recomandări				
	STAS 1242/5-81 România	ASTM D 1586-67 SUA	JIS A 1219-61 Japonia	ISSMFE 1977-Raportul subcomitetului de standardiz.	ISSMFE 1987 Referat inter- național pt. SPT ISOPT-1988
<b>1. Forajul</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diametru (mm)</li> <li>• Utilaj de forare</li> </ul>	Minim 170 Nespecificat se cere ca pompa cu clapet să fie manevrată cu cadență rară și înălțime redusă	57-152 Nu se admit linguri cu descărcare pe la bază (numai lateral)	55-150 Se admit scule cu burghiu-nu și pompe cu clapet.	60-200 Nu se admit linguri cu descărcare pe la bază (numai lateral)	63,5-150 Nu se admit linguri cu descărcare pe la bază (numai lateral)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menținerea peretilor forajului</li> </ul>	Tubare pînă la talpa forajului nu se admite folosirea porajului de foraj	Tubajul nu trebuie să depășească talpa forajului; se admite folosirea fluidelor de foraj.	Se folosește năroiul de foraj.	Tubajul nu trebuie să depășească talpa forajului; se admite folosirea fluidelor de foraj.	Tubajul nu trebuie să depășească talpa forajului; se admite folosirea fluidelor de foraj.
<b>2. Echipamentul de penetrare</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tijele</li> </ul>	Nespecificat	Cel puțin la fel de rigide ca tijele tubulare cu: $\phi_{ext} = 41,2 \text{ mm}$ $\phi_{int} = 28,5 \text{ mm}$	Se recomandă numai tije avînd: $\phi_{ext} = 40,5 \text{ mm}$ sau 42mm	Cel puțin la fel de rigide ca tijele tubulare cu: $\phi_{ext} = 43,7 \text{ mm}$ $\phi_{int} = 34,1 \text{ mm}$ și 6 kg/m	Tijele tubulare cu $\phi = (40,5-50) \text{ mm}$ $w = (4,28-12,95) \text{ kg/m}$ $G = (4,33-10,03) \text{ kg/m}$
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reducția (lungimea) Tubul carotier</li> <li>- <math>\phi_{ext}</math></li> <li>- <math>\phi_{int}</math></li> <li>- lungime</li> </ul>	Nespecificat 51mm 35mm 700mm (reducție tub + sabot)	Minim 152,4mm 50,8mm 34,9mm Minim 457,2mm	175mm 51mm 35mm 560mm	152mm 51mm 35mm 457mm	152mm (51 ± 1)mm (35 ± 1)mm 457mm
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabotul</li> <li>- lungime</li> <li>- unghi</li> <li>• Berbecul (masă)</li> </ul>	100mm 18° 37' (63,51 ± 0,5) kg	Min. 76,2mm 18° 28' 63,5 kg	75mm 18° 47' 63,5 kg..	76mm 18° 37' (63,5 ± 0,5) kg	76mm 18° 37' (63,5 ± 0,5) kg
<b>3. Modul de efectuare a penetrării.</b>					
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Înălțimea de cădere a berbecului</li> </ul>	(76 ± 2) cm	76,2 cm	75 cm	(76 ± 2) cm	76 cm
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Adîncimea de penetrare</li> </ul>	30cm	30,48 cm	30cm	30cm	30cm
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modul de batere</li> </ul>	Direct pe tubul carotier cu berbec necapsulat	Frînghie și tambur cu berbecul la suprafață	Frînghie și tambur sau sistem de cățărare.	Direct pe tubul carotier, cu berbec capsulat.	De la suprafață pe coloana de tije



cea superioară neprecizată, admiterea folosirii pompei cu clapete pentru executarea forajului, excluderea folosirii noroiului de foraj.

De asemenea, STAS - ul românesc [132] nu permite utilizarea penetrării standard (SPT) în pământuri necoézive "refulante" și lichefiabile, pe cîtă vreme în SUA și Japonia penetrarea standard are cea mai largă utilizare la prospectarea terenurilor lichefiabile [64]; [87].

Deosebiri de metodică decurg și din modul cum acționează berbecul; direct pe echipamentul de penetrare, coborît în foraj sau de la suprafața terenului prin intermediul coloanei de tije [123]; [132].

Ambele variante au și avantaje și dezavantaje. Principalele dezavantaje ale primei variante, atunci cînd încercarea se execută sub nivelul apei subterane sînt: reducerea greutatei berbecului datorită acțiunii forței arhimedice, opunerea unei rezistențe de către apă sau noroiul de foraj de la deplasarea berbecului, apariția unor gradienti hidraulici locali datorită deplasării berbecului care produc refulări în nisipuri, deci tulburarea terenului la baza forajului.

În cazul acționării berbecului de la suprafața prin intermediul coloanei de tije, apare inconvenientul că pe măsura creșterii adîncimii scade raportul dintre masa activă (berbecul) și cea antrenată (tije + echipamentul de penetrare).

De asemenea, o parte din energia de baterie este consumată de deformare prin flambaj a tijelor.

Avantajele substanțiale ale acestei variante constau în posibilitatea folosirii noroiului de foraj și a reducerii diametrului forajului, precum și eliminarea unora dintre factorii cu acțiune de tulburare a terenului de la baza forajului.

Noile recomandări ISSMFE indică acționarea berbecului de la suprafață, spre deosebire de cele din 1977 care admiteau și varianta de acționare a berbecului direct pe echipamentul de penetrare, cu condiția capsulării acestuia [122].

Tot în varianta acționării berbecului de la suprafața, a fost conceput și realizat de către ISPIF - Compartimentul de Studii un dispozitiv de modificat pentru penetrarea standard, descris în detaliu în una din lucrările prezentate la conferința Galați din 1987 [44], care permite înlăturarea unora din restricțiile STAS-ului românesc și o aliniere mai bună cu recomandările ISSMFE și cu alte norme din străinătate.

Prin noile recomandări privind penetrarea standard cuprinse în documentele pregătite pentru ISCPT - 1 (USA, Florida, 1988), Comitetul Tehnic al penetrării din ISSMFE nu vizează apariția unui standard internațional, idee existentă în trecut dar abandonată în prezent. Se urmărește doar asigurarea unui cadru director referitor la aplicarea penetrării Standard (SPT) care să ofere posibilități sporite de cooperare internațională, privind schimbul de informații științifice obținute prin interpretarea și valorificarea rezultatelor după aceleași criterii [122].

În acest sens aceste recomandări se referă doar la respectarea unor condiții de bază privind penetrarea standard, care pot influența în măsură mai mare rezultatele (metodele de forare, echipamentul de penetrare, tije de ghidare - berbecul, etc.) [28; 123; 12; 13].

În ceea ce privește prelucrarea și interpretarea cantitativă a rezultatelor penetrării dinamice standard, ca și la celelalte metode de penetrare atenția specialiștilor continuă să rămână concentrată asupra îmbunătățirii corelațiilor existente și a stabilirii de corelații între rezistența la penetrare standard, evidențiată prin numărul de lovituri  $N$  și unele caracteristici geotehnice (în special gradul de îndesare ( $I_D$ ) și rezistența la lichefierea la nisipuri ( $R_p$ ) și indicele de consistență ( $I_c$ ) la argile). [50].

Aparatul de penetrare dinamică normalizată SPT (standardizat în SUA), prezintă următoarele avantaje :

- aparatul fiind simplu, costul încercărilor este redus ;
- permite un control al rezistenței dinamice la penetrare a pământurilor încercate, prin prelevarea de carote cu ajutorul cărora se poate face încercări de laborator ;
- se pot face un număr însemnat de încercări într-un timp mai redus decât în cazul încercărilor clasice ;
- încercările pot fi făcute și în terenuri mai accidentate;
- printr-o execuție îngrijită și o interpretare prudentă a încercărilor, în special în cazul unor corelații cu metodele clasice, se pot obține informații și date prețioase.

Ca dezavantaje se pot enumera următorii factori care influențează valoarea lui ( $N$ ) (necesar în interpretarea datelor):

- părțile deformate sau ruginite ale ștuțului pot da frecări laterale suplimentare ;
- existența unor strate freatice în apropierea nivelului de încercare influențează nefavorabil măsurătorile ;



- talpa forajului nu se situează în același plan cu baza stratului ;

- baterea stuțului nu se poate face imediat după forarea găurii ;

- flexibilitatea garniturii de tije, care pot prelua o parte din energia de batere ( Cambefort a propus baterea stuțului prin culisare ) ;

Esențial într-o astfel de încercare, în condițiile folosirii datelor corelative de mai sus, este respectarea condițiilor impuse de standarde.

#### 1.4. CERCETAREA TERENULUI PRIN PENETRAREA DINAMICĂ CU CON

Cercetarea prin penetrarea dinamică cu con constă în introducerea în teren, prin batere cu ajutorul unui berbec care cade liber de la înălțime constantă, a unei colcane de tije metalice, primul tronșon al acesteia fiind prevăzut la partea inferioară cu un vîrf conic [28].

Încercarea poartă denumirea de "penetrare dinamică cu con" spre a se deoseci de penetrarea dinamică (penetrare standard) prevăzută în STAS 1242/5-81 "Terenul de fundare. Cercetarea terenului de fundare prin metoda penetrării dinamice" [132].

Rezistența terenului la înaintarea conului depinde de natura și caracteristicile fizico-mecanice ale straturilor întîlnite, adîncimea la care se găsește vîrfurile conice sub nivelul apelor subterane, caracteristicile penetrometrului și frecvența loviturilor. Pe parcursul încercării se înregistrează numărul de lovituri " $N_z$ ", necesar pentru înfigerea conului pe o adîncime constantă " $z$ " de la 10 sau 20 cm, alegerea acesteia fiind efectuată de organul de cercetare [127].

Încercarea de penetrare dinamică cu con face parte din gama de încercări ale terenului de fundare "în situ" sau așa zisa la fața locului, care de regulă constituie un procedeu ce reduce cantitativ și completează metodele clasice de investigație ale terenurilor de fundare (foraje, prelevări de probe, analize de laborator), permițînd obținerea unor elemente suplimentare pentru stabilirea condițiilor de fundare.

Încercarea de penetrare dinamică cu con poate fi folosită și pentru verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire ale terenurilor slabe de fundare cît și pentru obținerea unor date informative asupra capacității portante a piloților [127]; [28]

Sondaajul de penetrare dinamică cu con se poate aplica la pământurile necoezive sărace în particule grosiere (pietriș, prundiș) și lipsite de bolovăniș în care filtrarea apei se produce simultan cu aplicarea loviturilor.

In pământuri coezive cu permeabilitate redusă și de obicei, saturate, încercarea are aplicații limitate utilizându-se la delimitarea straturilor de consistență diferită. [28]

Volumul lucrărilor de cercetare a terenurilor de fundare prin încercări de penetrare cu con depinde de amploarea și natura construcțiilor de natura terenului de fundare și de gradul de cunoaștere al acestuia prin studii anterioare sau prin alte procedee de investigație clasice.

Pentru stabilirea numărului distanței și adâncimii sondeajelor de penetrare dinamică cu con se vor respecta prevederile din STAS 1242/1-81 " Terenul de fundare. Cercetarea geologică - tehnică și geotehnică a terenului de fundare " cu mențiunea că numărul de penetrări dinamice se încadrează în numărul total de sondeaje geotehnice și adâncimea este limitată de capacitatea de penetrare a aparatului [28].

Pe amplasamentul cercetat se va executa în mod obligatoriu cel puțin un foraj, care se va cupla cu un sondeaj de penetrare dinamică executat în vecinătatea acestuia la distanță minimă de 2 m. Diagrama de penetrare astfel obținută corelată cu stratificarea rezultată din foraj, se va considera diagrama etalon pentru amplasamentul dat sau pentru o zonă din acesta, cu stratificație uniformă.

Ori de câte ori se constată modificări pronunțate în diagrama de penetrare față de aceea etalon, se execută un nou foraj în vecinătatea sondeajului de penetrare.

În terenuri uniforme se vor executa minim trei penetrări pentru o construcție dată.

Pentru terenurile neuniforme programul de cercetări prin penetrări se va stabili de la caz la caz în funcție de variația litologică pe orizontală.

Se recomandă să se execute în primul rând penetrarea dinamică și pe urmă forajul, pentru a avea certitudinea că penetrarea s-a executat într-un teren nederanjat.

La testarea calității lucrărilor de îmbunătățire ale terenului de fundare, volumul sondeajelor de penetrare este stabilit de

"Normativul privind consolidarea terenurilor de fundare slabe prin procedee mecanice " C.29-84. [127].

Inercarea terenurilor prin sondeaj de penetrare dinamică a

fost folosită cu precădere de Kunzel [46] și Parproth [82] datorită simplității, rigidității și prețului de cost redus, procedeul s-a extins în Elveția, R.F.G., URSS, Franța, etc.

În R.F.G. utilajele au fost standardizate în normele DIN 4094/1 [124] iar ulterior în cadrul DIN 4094/2 [125] s-au prezentat factorii care influențează rezultatele penetrării.

În RSR - ISPIF București a inițiat utilizarea metodei în anul 1952 dar aplicarea s-a făcut sporadic.

Catedra de drumuri și fundații a I.P.T.V. Timișoara în colaborare cu IPROTIM a inițiat folosirea penetrării dinamice cu con încă din 1958 când s-a proiectat și executat un penetrometru dinamic ușor [26], iar ulterior prin sporirea lucrului mecanic s-a proiectat și executat penetrometrul mijlociu și greu [77]; [12]; [13].

Aparatele cu care se efectuează încercarea poartă denumirea de penetrometre dinamice.

Tipurile de penetrometre dinamice utilizate în practică variază în funcție de lucrul mecanic dezvoltat de berbecul în cădere, modul de acționare al acestuia (manual sau mecanic) precum și de modul de înregistrare a numărului de lovituri la înaintarea conului pe o adâncime constantă "Z".

În funcție de masa berbecului penetrometrele se clasifică în - penetrometre dinamice ușoare (PDU) cu masa berbec de 5... 10 kg;

- penetrometre dinamice mijlocii (PDM) cu masa berbecului de 20... 40 kg;

- penetrometre dinamice grele (PDG) cu masa berbecului de 50... 80 kg

Înălțimea de cădere a berbecului este impusă de lucrul mecanic care trebuie realizat și se fixează prin construcția aparatului, variind între 50 și 80 cm.

După modul de construcție, penetrometrele dinamice se clasifică în :

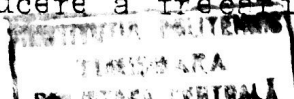
- penetrometre fără manta de protecție ;

- penetrometre cu manta de protecție ( nefolosită în RSR);

- penetrometre cu con recuperat ;

- penetrometre cu con pierdut (nerecomandate).

O dificultate majoră în interpretarea penetrării dinamice cu con (DPT) se datorează numărului foarte mare de tipuri de penetrometre utilizate în lume, la care variază energia de bătăre, unghiul de vîrf al conului, modul de reducere a frecării



laterale pe tije etc. Pentru compararea datelor provenite de la penetrometre similare dar cu energii de bătăre diferite se recomandă folosirea unor factori de transformare a numărului de lovituri  $N$  necesar pentru înfigerea pe adâncimea "e" a conului cu suprafața la bază "A" folosind un berbec de masă "M" care cade de la înălțimea "H", calculată cu relația [123].

$$K = \frac{N_1}{N_2} = \frac{M_2 \cdot H_2 \cdot A_1 \cdot e_1}{M_1 \cdot H_1 \cdot A_2 \cdot e_2} \quad (1.1)$$

în care indicii 1 și 2 au fost folosiți pentru diferențierea caracteristicilor celor două penetrometre comparate.

Instrucțiunile tehnice românești C-176 recomandă folosirea a trei tipuri de penetrometre dinamice cu con : ușor (PDU), mijlociu (PLM) și greu (PLG). În tabelul 1.2. sînt prezentate principalele caracteristici ale unor penetrometre, precum și ale unor tipuri recomandate de subcomitetul european de standardizare a încercărilor de penetrare și ale unui model japonez utilizat în RSR [87]; [82].

În ultima coloană sînt înscrise datele corespunzătoare penetrării standard, în ipoteza înlocuirii sabotului cu un con, așa cum se recomandă în norme (inclusiv în STAS) pentru folosirea metodei de încercare în pietrișuri sau nisipuri cu pietriș. Ultima linie a tabelului cuprinde caracteristicile unui penetrometru care ușurează stabilirea corespundeții între două tipuri de penetrări, egalarea a două astfel de penetrometre, furnizează direct factorul de transformare „K” din relația (1.1).

Se subliniază faptul că valoarea reală a factorului de transformare este mult influențată de condițiile locale. Astfel s-a constatat raportul între rezultatele penetrării dinamice ușoare și grele este net diferit dacă determinările s-au executat deasupra sau sub nivelul apei (1,33 și respectiv 2,0, față de  $K = 1,7$ ). Cu atît mai mult apar abateri cînd diferă forma piesei de înfigere (de exemplu unghiul la vîrf al conului) sau măsurile luate pentru reducerea frecării între tije și pămînt (folosirea sau nu a unei mantale, a noroiului de foraj). [123].

Pentru valorificarea rezultatelor penetrării dinamice se obișnuiește să fie folosite corelațiile stabilite pentru penetrarea standard sau cea statică și formule de transformare corespunzătoare. Astfel Meltzer (1971) recomandă pentru nisipuri



Tabelul 1.2. Caracteristicile unor penetrometre dinamice cu con

Caracteristica	Conform instrucțiunilor tehnice românești			Recomandări ale subcomitetului de standardizare		Penetrometrul ușor japonez DO-30	Penetrometre standard cu con care înlocuiește sabotul cf. STAS 1242/5-8
	PDU	PDM	PDG	PDA	PDE		
<u>conul</u> :							
-diametrul (mm)	35,6	43,7	43,7	62	51	30	51
-suprafața bazei, A, (cm <sup>2</sup> )	10	15	15	30	20,4	7	20,4
-unghiul, (grade)	90	90	90	90	60	60	60
<u>berbecul</u> :							
-masa, M, (kg)	10	35	50	63,5	63,5	5	63,5
-înălțimea de cădere, H, (cm)	50	50	50	75	75	50	76
diametrul tijelor (mm)	22	32	32	40-45 even tural 32 cu manta	32	25	43,7
parametrul $\frac{dN}{eA}$ (daN/cm <sup>2</sup> )	5N10	11,6 N10 5,8 N20	16,7 N10 8,4 N20	7,9 N10	11,9 N20	3,57 N10	7,9 N30

următoarea relație, care însă nu concordă cu cea rezultată din tabelul 1.1 :

$$N_{10}(\text{PDU}) = 2,4 N_{30}(\text{SPT}) \quad (1.2)$$

Instrucțiunile C-176-84 recomandă folosirea următoarei corelații empirice între rezultatele penetrării dinamice cu con ușoare și cele ale penetrării statice [127].

$$R_p (\text{daN/cm}^2) = 2,03 N_{10}^2(\text{PDU}) \quad (1.3)$$

Au fost stabilite și corelații directe între numărul de lovituri rezultat din încercarea de penetrare dinamică cu con și unele proprietăți ale pământurilor. De exemplu Gruia A. [28] (1979) a constatat valabilitatea următoarei corelații (Meltzer, [31] 1967) în cazul nisipurilor mijlocii și fine din zona crașului Timișoara.

$$\log I_D = 0,554 \log N_{10} (\text{PDU}) - 1,02 \quad (1.4)$$

care este cuprinsă în Instrucțiunile C-176-84. Polosirea tuturor corelațiilor trebuie însă considerată ca foarte nesigură și cu caracter numai informativ, pentru utilizarea rezultatelor în proiectare impunându-se stabilirea unor corelații specifice amplasamentului studiat, prin încercări de tasare, etc.

Din bibliografia studiată rezultă o serie de aspecte foarte utile din care se menționează :

- studiile și lucrările practice efectuate în domeniul aplicării metodei de penetrare cu con la cercetarea "in situ" a terenului de fundare, au demonstrat posibilitatea utilizării metodei în cadrul lucrărilor de investigație a terenului de fundare pentru elaborarea studiilor geotehnice la aprecierea capacității portante a piloților și la testarea calității lucrărilor de îmbunătățire ale terenurilor slabe de fundare ;

- metoda are aplicabilitate mai largă în domeniul cercetării pământurilor nisipoase fiind dintre puținele metode care oferă posibilitatea aprecierii unor caracteristici geotehnice ale nisipurilor situate la adâncime și sub apă, din care nu este practic posibilă prelevarea probelor netulburate ;

- la pământurile argiloase metoda are aplicabilitate mai restrânsă, fiind utilizată îndeosebi pentru delimitarea straturilor de consistență diferită și pentru reducerea volumului lucrărilor clasice de investigație ;

- penetrarea dinamică cu con face parte din gama metodelor corelative de cercetare "in situ" ale terenurilor de fundare care permite reducerea volumului lucrărilor clasice de investigație și înlocuirea parțială a acestora cu o metodă mult mai ieftină și mai ușor de executat ;

- economiile realizate prin înlocuirea lucrărilor clasice pe un metru liniar adâncime de teren cercetat sînt cuprinse între 85-92% în funcție de natura terenului ;

- aparatura utilizată pentru sondaajul de penetrare dinamică cu con este foarte simplă, ieftină, ușor de transportat și manipulat fiind deservită de o echipă formată din doi oameni, de preferință un sondor și un muncitor necalificat ;

- realizarea penetrometrelor dinamice cu acționare mecanică ușurează tehnologia de efectuare a sondaajului, în special la adâncimi mari și asigură reducerea substanțială a volumului de muncă pe lângă un consum foarte redus de combustibil sau energie

electrică.

Pe baza celor prezentate, autorul ajunge la concluzia că pentru folosirea cu rezultate și mai bune a penetrării dinamice cu con, deși există multă experiență, sînt încă unele aspecte ce trebuiesc studiate, cum ar fi :

- penetrarea dinamică prin folosirea unor penetrometre cu manta, astfel ca să se elimine influența frecării pe tija de sondaj
- stabilirea unor corelații mai fidele între rezultatele PDU și PDM cu penetrarea statică (P.S.) atât pentru nisipuri, cît și la alte categorii de terenuri cum ar fi prafurile nisipoase argilele nisipoase etc, inclusiv a celor obținute prin penetrarea cu manta.

Se menționează că în anexa 1 (la teză) se prezintă o sinteză documentară mai completă a penetrării dinamice, cu con.

#### 1.5. CERCETAREA TERENULUI PRIN PENETRARE STATICĂ CU CON

Penetrarea statică cu con se utilizează la cercetarea terenurilor coezive și necoezive sărace în particule grosiere (pietriș, prundiș) și lipsite de bolovaniș, iar adîncimea de exploatare depinde de natura terenului și de mărimea forței statice de infilgare care poate fi dezvoltată de aparatul utilizat.

În general, încercarea se realizează prin presarea în teren, în mod lent și continuu pînă la adîncimea stabilită, a unei sonde cu vîrf conic, avînd unghiul la vîrf de  $60^\circ$  și suprafața bazei  $10 \text{ cm}^2$ . În raport cu mantaua de protecție a tijei conului, acesta din urmă poate fi fix (cînd introducerea conului și a mantalei de protecție se face concomitent) sau mobil (cînd cele două elemente se introduc alternativ).

Ideea cercetării terenurilor prin penetrare statică a apărut încă de la începutul mecanicii pămînturilor. Astfel a existat o încercare de laborator la care se utiliza un con cu unghiul la vîrf de  $90^\circ$  așezat pe o probă de pămînt pur coeziv, măsurîndu-se adîncimea de infilgare a conului sub diferite drepturi de încărcare.

Din valoarea rezistenței pe con obținută prin raportarea forței aplicate, la suprafața amprenteii lăsată de con în probă, se determină mărimea coeziunii [126]; [131].

Primele încercări cu un penetrometru propriu-zis datează din perioada 1932 - 1937 cînd Barentsen (Olanda) a inventat procedeul tub - tijă - con [94].

În anul 1946 laboratorul de mecanica pămînturilor din Delft

împreună cu firma Goudsche Machinefabrick din Gouda (Olanda) au realizat penetrometrul static olandez de 2,5 tone (forța de presare maximă de 25 kN), iar doi ani mai târziu penetrometrul static de 10 t (forța maximă de presare de 100 kN). [121].

Inercarea de penetrare statică constituie, de regulă, un procedeu ce completează metodele clasice de cercetare a terenurilor de fundare, permițând obținerea unor date suplimentare pentru stabilirea condiției de fundare a construcțiilor.

Inercarea poate fi utilizată și pentru testarea calității lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare și aprecierea capacității portante a piloților.

Ca urmare a studiilor efectuate în Belgia și Olanda utilizarea penetrometrelor statice s-a extins în Europa după cel de al doilea congres de mecanica pământurilor și procedee de fundare, ce a avut loc în anul 1948 la Rotterdam. [122].

Inercarea de penetrare statică constă în determinarea rezistenței la înfigerea în teren a unei sonde cu vîrf conic,  $R_p$ , precum și a frecării laterale,  $F_f$ , pe țevile de protecție a coloanei de tije [123]; [31]; [32].

Rezistența pe con și frecarea laterală sînt determinate de natura și caracteristicile fizico-mecanice ale straturilor întilnite, de prezența apei subterane și de sarcină geologică care acționează la adîncimea la care se găsește conul penetrometrului.

În urma prelucrării unui volum mare de date experimentale, în rîndul cărora se înscriu și cele efectuate în RSP, s-a concluzionat că în limitele unei viteze de întroducere de 0,5-2,0 cm/s, influența asupra rezistențelor de penetrare este nesemnificativă din punct de vedere practic. Din acest motiv subcomitetul european de standardizare a încercărilor de penetrare recomandă ca limita superioară a vitezei de presare în teren valoarea de 2,0 ± 0,5 cm/s (STAS-ul românesc referitor la penetrare statică - I242/2-76, recomandă 0,5, ..., 0,1 cm/s) [28].

Pentru mărirea continuă a adîncimii de investigație prin penetrare și pentru efectuarea măsurărilor cu erori cît mai mici s-au conceput o serie de aparate cu performanțe din ce în ce mai bune.

Astfel, a fost realizată o gamă largă de penetrometre statice diversificîndu-se și perfecționîndu-se tot mai mult pe măsura trecerii timpului, cea mai mare răspîndire avînd-o așa numitele "penetrometre statice olandeze", respectiv variante



ale acestora realizate în diverse țări.

Varietatea mare a penetrometrilor, permite clasificarea lor după mai multe criterii. Astfel, din punct de vedere al protejării coloanei de tije la capătul căreia se află conul de penetrare, sînt :

- penetrometre statice cu tija neprotejată ;
- penetrometre statice cu tija protejată de o manta metalică.

În general penetrometrele sînt cu tija protejată pentru ca frecarea laterală să nu influențeze asupra rezistenței pe con.

În funcție de poziția conului de penetrare în timpul înregistrării rezistenței terenului la înaintarea conului în raport cu mantaua de protecție, penetrometrele statice se clasifică în :

- penetrometre cu con fix, la care conul se deplasează față de manta, măsurătorilor făcîndu-se continuu și simultan, atât a rezistenței pe con cît și a forței totale.
- penetrometre cu con mobil, la care în timpul măsurătorilor mantaua rămîne fixă și se deplasează numai conul, măsurîndu-se rezistența pe con, ca apoi să se deplaseze mantaua pentru măsurarea frecării laterale.

După modul de transmitere a rezistenței pe con la aparatul de măsură, se deosebesc :

- penetrometre la transmitere prin tijă ;
- penetrometre cu transmitere electrică sau hidraulică.

După modul de aplicare a forței necesare înfîngerii în teren se deosebesc :

- penetrometre statice cu acționare manuală ;
- penetrometre statice acționate mecanic .

Penetrometrele statice olandeze sînt în general cu con mobil, cu excepția celui de 25 kN la care conul este fix (fig. 1.7.).

În vederea măsurării frecării laterale numai pe o porțiune redusă în apropierea vârfului con, Begeman a conceput, un con special prevăzut cu o mufă (manșon) (fig. 1.8.).

În fig. 1.9 ÷ 1.12 se prezintă alte tipuri de penetrometre statice concepute și folosite în diverse țări [25]; [126]

Încă de la început, specialiștii români s-au dovedit receptivi față de penetrare statică, privind aplicarea ei și asimilarea de aparatură corespunzătoare. Astfel, în anul 1955 se realizează în R.S.R. primul penetrometru static după modelul

olandez de 10 tone ( 100 kN) manual, iar 10 ani mai târziu INCERC

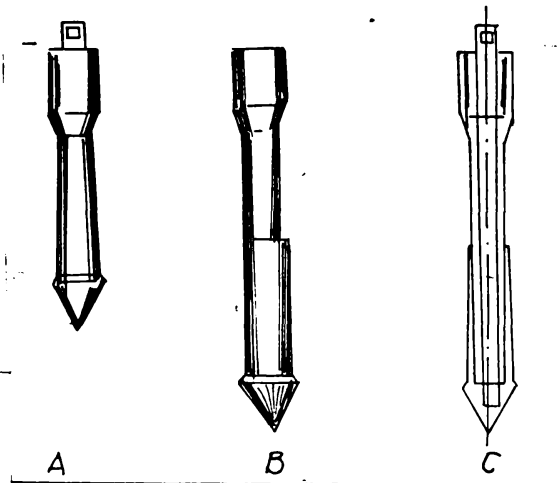


Fig.1.7. - Pozițiile conului față de manta în timpul măsurătorilor.

Poziția A. - se măsoară rezistența totală pe con și manta.

Poz. B. și C - se măsoară rezistența pe con

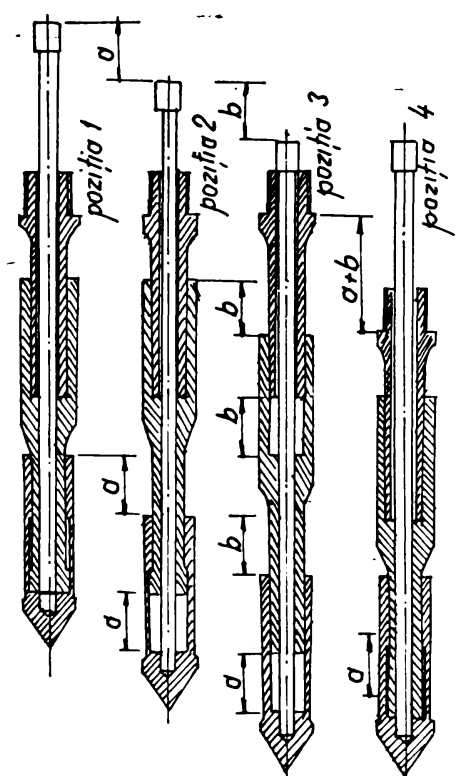


Fig.1.8. - Con special cu posibilitatea de măsurare a frecării laterale în vecinătatea vârfului penetrometrului.

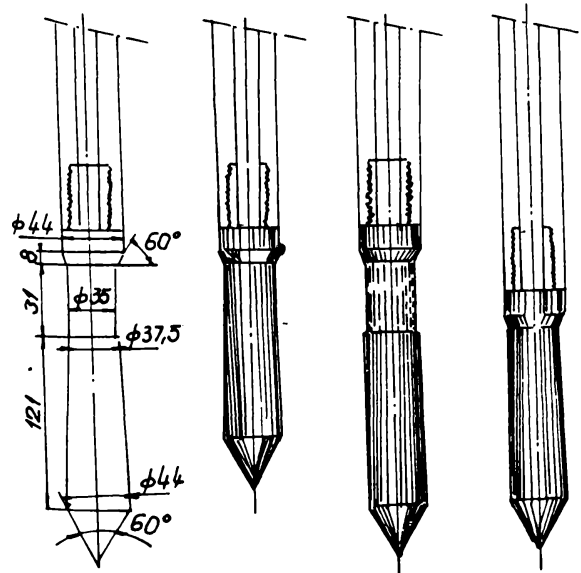


Fig.1.9. Conul de penetrare a aparatului Meurisse.

București și EAC (IMEC) pune la punct un penetrometru model olandez cu acționare hidraulică. (fig.1.13), căruia anii 1977-1978 îi aduce noi perfecționări.

În aceeași direcție s-au înscris și preocupările la TLS, București, și IPJ Galați și Catedra de fundații de la Institutul Politehnic Timișoara, care și-au realizat autolaboratoare echipate cu penetrometre sta-

ționale și pe care le folosesc în practica cercetării terenurilor de fundații (fig.1.14) [28]; [109]; [13].

Penetrometrul static marin PS-1, conceput și realizat pentru încercări efectuate la 100 m adâncime sub nivelul apei,

asigurînd o adîncime de penetrare de 15-20 m, reprezintă o altă

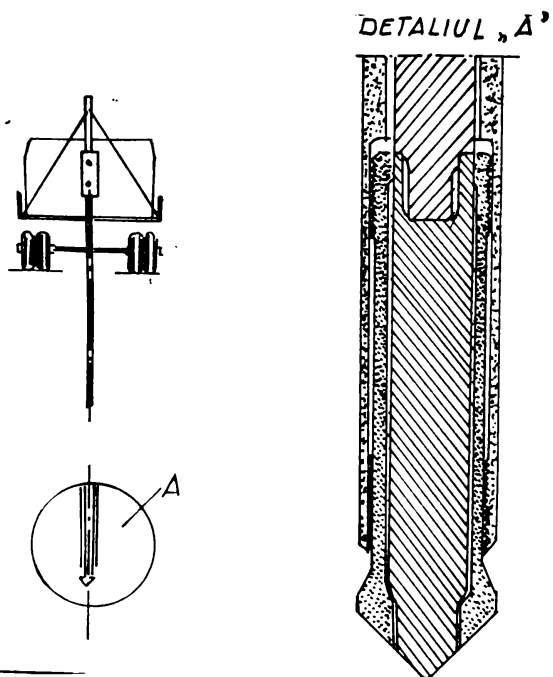


Fig. 1.10 - Prezentarea schematică a penetrometrului Jangat - Bonneton

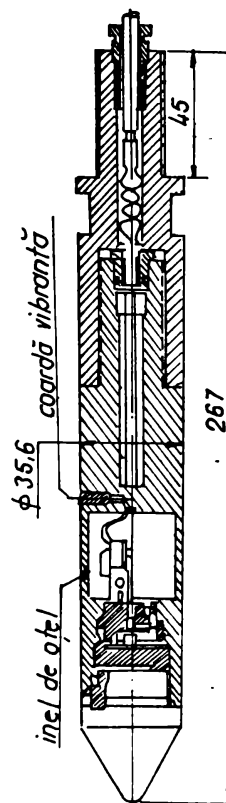


Fig. 1.11. Conul de penetrare a- aparatului pegebo.

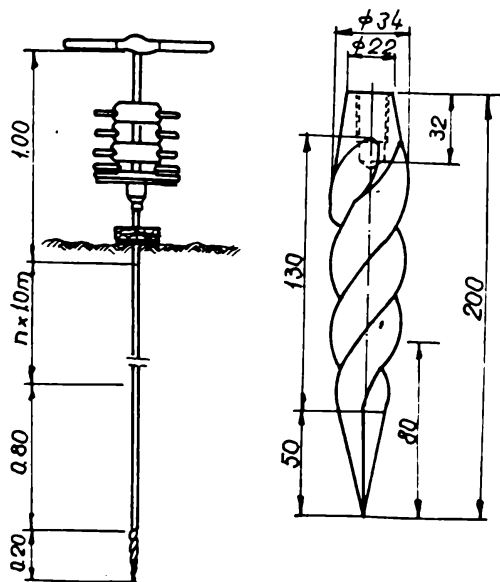


Fig. 1.12. Penetrometrul static rotativ suedez.

contribuție a specialiștilor români, în domeniul penetrometriei statice.

Cu toate preocupările avute, numărul unităților din RSE, care dispun de aparatura necesară efectuării în mod curent a încercărilor de penetrare statică pînă la adîncimi de 10 - 15 m, este restrîns fiind limitat la cele menționate mai sus [28]; [42].

Atît din materialele și discuțiile purtate la Simpozionul european privind testarea prin penetrare de la Amsterdam (1982), cît și la Congresul de Mecanica pămînturilor și procedee de Fundare de la San Francisco (1985), rezultă că în ultimul timp preocupările specialiștilor referitoare la aparatura folosită

pentru încercări de penetrare statică, s-au îndreptat în mare măsură asupra sistemului de înregistrare și prelucrarea automată a datelor, precum și asupra măririi adâncimii de penetrare. [24].

În marea lor majoritate instalațiile de penetrare statică existente astăzi în diverse țări, respectiv produse de firme din Suedia, Olanda, Belgia, Italia, S.U.A. ș.a., sînt echipate cu echipamente electronice și dispozitive automate de înregistrare și prelucrare a datelor [74].

Totodată se caută soluții și sisteme constructive perfecționate care să permită măsurarea prin penetrare statică a unor parametri suplimentari, față de cei clasici (rezistența pe con și frecarea pe suprafața laterală).

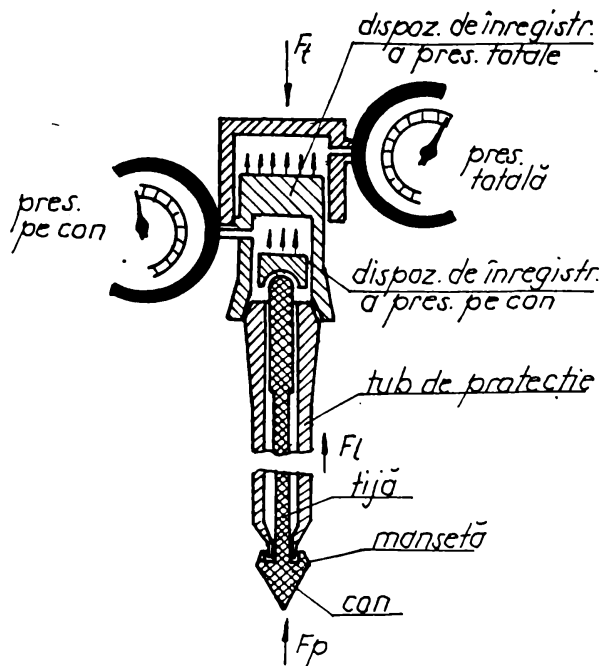


Fig.1.13 - Penetrometrul static INCERC

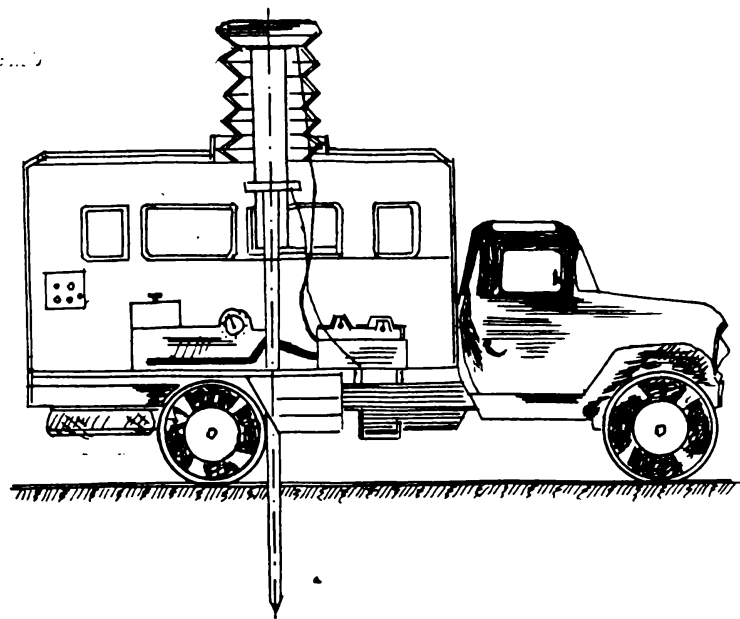


Fig.1.14 Penetrometrul static tip I.C.E.R.C., montat pe autolaborator.

În acest sens se poate menționa penetrometrul static de 200 kN, experimentat în comun de către specialiștii sovietici de la "N II Osnovanii" și cei olandezi de la firma "Van den Berg", care permite înregistrarea analogică a rezistențelor de penetrare ( $R_p$  și  $F_p$ ) și numerică a presiunii apei din porii [48].

De asemenea, există tendința și realizări privind înregistrarea pe bandă magnetică a datelor încercării de penetrare statică, soluție care printre altele oferă posibilitatea stocării și producerii la cerere a acestor date.

Unele preocupări și rezultate în direcția modernizării și automatizării încercării de penetrare statică există și în RSR. Astfel, sistemul electronic ce echipează penetrometrul static marin PSM-1, amintit anterior, permite măsurarea, afișarea și tipărirea automată a rezistenței pe con, frecării pe manta și a adâncimii de penetrare.

Totodată sistemul electronic supraveghează și unii parametri importanți în funcționarea cadrului submersibil al penetrometrului și semnalizează îndeplinirea unor condiții particulare de lucru.

De asemenea, colectivul de fundații al catedrei DFIC Timișoara și ICCFDC - filiala Timișoara a conceput și a realizat echipamentul electronic, pentru autopenetrometrul static al catedrei DFIC, care asigură înregistrarea grafică automată a diagramelor de penetrare.

Cercetarea prin sonde de penetrare statică conduce la verificarea rapidă a terenului între punctele cercetate prin foraje și sonde deschise și permite o interpretare calitativă imediată a rezultatelor, putînd să se determine :

- stratificația terenului pe adîncimea penetrată, respectiv, localizarea limitelor de separație între straturi și determinarea grosimii și înclinării acestora pe profilul litologic;
- uniformitate pe orizontală și pe verticală a terenului;
- prezența în teren a unor obstacole tari (blocuri eratice, resturi de construcții îngropate, etc) sau goluri (eroziuni interne, hruberte);
- evaluarea capacității portante a piloților;
- evaluarea unor caracteristici geotehnice ale straturilor străbătute prin penetrare;
- verificarea calității lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare slabe.

Interpretarea datelor penetrării statice este relativ dificilă și încă mult contraversată din cauza complexului de factori care pot avea influență asupra datelor primare înregistrate cu ocazia efectuării sondeajului de penetrare.

Din acest motiv, penetrarea statică, ca și penetrarea dinamică, continuă să rămână metode calitative, preferându-se prelucrarea și interpretarea calitativă a datelor, față de cea cantitativă, chiar dacă la ora actuală există un număr mare de corelații stabilite între rezistențele la penetrare și diverse caracteristici geotehnice ale terenului ( $I_D$ ;  $I_C$ ;  $E$ ,  $\phi$ , etc.) [126]

Toate aceste corelații, stabilite în exclusivitate prin prelucrări statice au un domeniu de valabilitate, mai larg sau mai îngust - dar limitat, ceea ce face ca prelucrarea și interpretarea corectă a rezultatelor penetrării cu ajutorul lor să depindă în mare măsură de experiența cercetătorului.

Pe de altă parte, folosirea oricărei corelații în prelucrarea cantitativă, impune verificarea ei pentru condițiile amplasamentului investigat, chiar dacă are un domeniu de valabilitate mai larg.

Sporirea gradului de certitudine, respectiv a domeniului de valabilitate a corelațiilor folosite în prelucrarea și interpretarea cantitativă a rezultatelor obținute prin penetrare reprezintă la ora actuală un alt obiectiv principal asupra căruia este concentrată atenția specialiștilor, atât în ceea ce privește stabilirea capacității portante a piloților cât și determinarea unor caracteristici geotehnice și evaluarea capacității portante a diferitelor categorii de terenuri.

De altfel, tocmai aceste dificultăți întimpinate la prelucrarea și interpretarea cantitativă constituie cauza existenței unei earecare inerții în aplicarea metodei penetrării precum și a contraverselor care se poate referi la această metodă de investigație "in situ" deși are avantaje tehnice și economice evidente. Chiar în condițiile folosirii numai a interpretării calitative, realizată prin compararea simplă a diagramelor de penetrare statică obținută pe un amplasament, cu diagrame etalon ce este corelată cu un foraj de control sau cu o diagramă martor în cazul testării lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare slabe, se obțin informații și date geotehnice care permit reducerea substanțială a volumului lucrărilor clasice de investigație (foraje, prelevări de probe etc), mai puțin experimentat.

În concluzie putem spune că metoda penetrării statice este o metodă modernă de investigație a terenului. Ea se execută foarte simplu și ușor într-un timp foarte scurt.

Din punct de vedere economic penetrările statice sînt ieftine și sînt de preferat în locul forajelor.

Este avantajos folosirea metodei de penetrare statică și din cauza faptului că ea este mult descrisă și prezentată în literatura de specialitate.

Metoda se folosește la cercetarea terenurilor coezive și necoezive sărace în particule grosiere (pietriș, pundiș) și lipsite de bolovăniș.

Cu ajutorul acestei metode se poate determina :

- stratificația străbătută ;
- neuniformitatea terenului atît pe orizontală cît și pe verticală ;
- prezenței obstacolelor tari și a golurilor din teren ;
- evaluarea capacității portante a piloților ;
- testarea calității lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor de fundare slabe ;
- unele caracteristici mecanice ale terenului.

#### 1.6. CERCETAREA TERENULUI PRIN METODA PRESIOMETRICA

Prin încercarea presiometrică se poate determina deformabilitatea terenului prin împrăștierea terenului investigat în zone caracteristice de deformabilitate, funcție de natura deformațiilor locale [8];[40] , pentru fiecare zonă se determină modulul mediu de deformabilitate. Încercarea se efectuează în gaura de foraj prin aplicarea pe peretele forajului a unei încărcări normale. În funcție de sistemul de măsurare a deplasărilor radiale se disting două categorii de presiometre.

- presiometre care măsoară deplasările radiale, pe un diametru sau mai multe ;

- presiometru care măsoară volumul deformat în zona de distribuție a eforturilor omogen - cilindrică.

În funcție de sistemul de creare și distribuție a presiunilor în masa terenului, presiometrele sînt elastice și rigide.

Presiometrele elastice se caracterizează prin aceea că elementul de expandare îl constituie un material elastic (cărășă de expandare). Apa, adusă sub presiune în interspațiul dintre o



conductă centrală și cămașă elastică, produce expansiunea acesteia din urmă, care la rândul ei creează o stare parabolică cilindrică de eforturi și deformații.

Presiometrele rigide sînt alcătuite din două piese metalice semicilindrice care încarcă terenul din jur prin îndepărtarea acestora una față de cealaltă.

Expansiunea se face de către un dispozitiv hidraulic și se măsoară de deformațiile radiale. În literatura de specialitate [25] sînt menționate presiometrele tip MAY CEBPT și Talobre.

Presiometrul propriu-zis se introduce în gaura de foraj, după care se creează pe pereții găurii o presiune.

Dispozitivul se expandează stînd în masa de teren o stare de efort - deformare. Măsurînd deformațiile radiale (cu excepția presiometrului Menard) se determină deformabilitatea terenului.

La presiometrul Menard se măsoară deformații volumice iar presiunea de calcul se determină din funcția :

$$P_p = f(\Delta v_p) \quad (1.5)$$

Pentru determinarea compartimentului la fluij a rocii se măsoară sub sarcină constantă deformațiile volumice la un minut, 2 minute, se obțin curbele  $p = f(t)$  și  $\Delta v = f(t)$ , prezentate în figura (1.15).

În cazul rocilor moi și semitari solicitate la presiune prin gaura de foraj, Menard a stabilit 5 faze de efort-deformație extinsă în câmpul de solicitare.

Sucesiunea acestor faze este prezentată în fig (1.16) pentru faza corespunzătoare echilibrului limită, presiunea de

rupere se calculează cu relația (1.5) din care se poate deduce valoarea modului de deformație, E.

$$P_r = P_0 + c l + l_n \frac{E}{20 \left( \frac{m+1}{m} \right)} \quad (1.6)$$

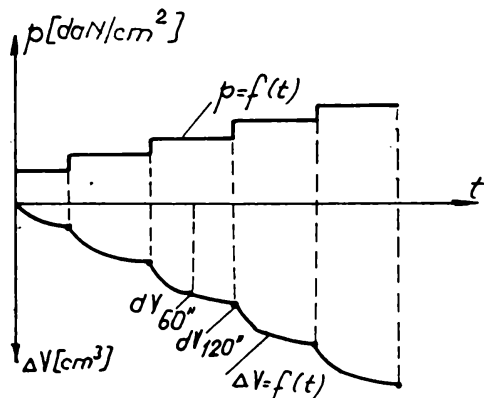


Fig.1.15 Curbele efort-deformație volumetrică, funcție de timp.



$P_0$  - presiunea pentru care materialul este la limita comportării elastice ;

$c$  - coeziunea ;

$E$  - modulul de

deformație ;

$m$  - cifra lui

Poisson.

Cu datele în

cercării presiometrice se pot aprecia tasările probabile și capacitatea portantă a terenului de fundare [136].

În R.S.R. metoda este utilizată pe scară redusă din cauza aparatului care este în exclusivitate

din import și a tehnologiei pretențioase de execuție a încercării. Trebuie să menționăm totuși preocupările lui Herghelegiu [136] care reușește să realizeze studii și aparatul în domeniu.

Aparatura cere o manevrare foarte atentă iar forajul în care se execută încercarea trebuie să aibă un contur cât mai circular și pe cât posibil la diametrul proiectat, pentru ca încercarea terenului să se realizeze pe toată suprafața corespunzătoare a aparatului.

### 1.7. ÎNCERCAREA PĂMÎNTURILOR CU PLACA DE ÎNCĂRCARE

Caracteristicile de compresibilitate ale pământurilor se pot determina direct pe teren prin încercări cu placa rigidă de încărcare în sondaje deschise sau foraje. Cercetarea terenurilor cu ajutorul plăcilor are drept scop stabilirea dependenței dintre presiunile exercitate asupra pământului prin intermediul încărcărilor statice de deformațiile care au loc sub influența acestor presiuni. Încercările se efectuează conform STAS 8942/3/75.

În afara încercării cu placa, caracteristicile de compresibilitate

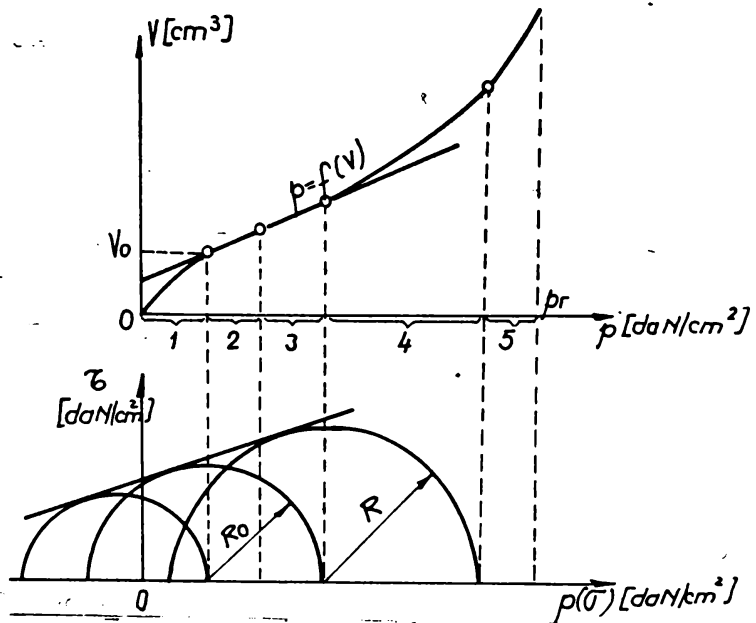


Fig. 1.16 Curba de efort - deformație volumică și înfășurătoarea cercurilor Mohr. 1 - faza de echilibru a stării inițiale 2 - faza clasică, 3 - faza pseudoelastice, 4 - faza plastică, 5 - faza marilor deformații

tibilitate pot fi studiate și prin încărcarea unor fundații de probă.

Încercarea constă în aplicarea unor încărcări în trepte pe o placă rigidă, așezate pe teren și măsurarea tasărilor corespunzătoare plăcii. Fiecare încărcare se menține până la stabilizarea tasării plăcii.

Modulului de deformare liniară se determină cu ajutorul relațiilor stabilite în teoria elasticității, în domeniul în care dependența între încărcarea pe placă și tasarea se menține aproximativ liniară.

Pe baza datelor încercării se întocmesc grafice din (fig. 1.17). Din teorema lui Boussinesq privind încărcarea la suprafața a unui corp semiinfinite elastic [52], se deduce valoarea modulului de deformare,  $E$ ;

$$E = \frac{P}{S} \frac{\pi}{2} R (1 - \nu^2) \quad (1.7)$$

unde :

$P$  - presiune pe placă ;  $S$  - tasarea plăcii corespunzătoare presiunii  $P$  ;  $R$  - raza plăcii circulare ;  $\nu$  - coeficientul lui Poisson .

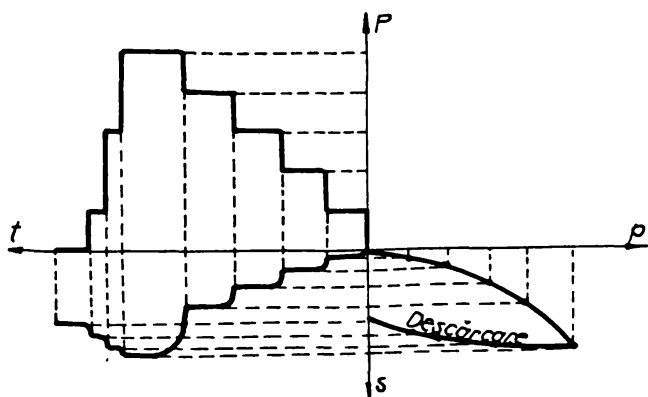


Fig.1.17. Prezentarea grafică a rezultatelor încercării cu placa.

În STAS 8942/3-75 este dată aceeași relație, presiunea introdusă în calcul fiind presiunea limită ( $P$ ) până la care se păstrează limita de proporționalitate între presiunea pe placă și tasare.

Încercările pe placă au fost larg folosite în trecut în problemele de proiectare a fundațiilor, însă de la constituirea mecanicii pământurilor ca știință, sfera utilizărilor s-a restrâns. Motivele principale ale acestei situații rezultă în costul lor ridicat în comparație cu forajele și încercările de laborator, precum și datorită unor rezultate eronate furnizate de metodă.

Este esențial să se dispună de o placă cât mai mare pentru ca zona activă de sub placă să se apropie cât mai mult de zona activă a fundației. Această condiție poate fi îndeplinită în cazul fundațiilor continue relativ înguste sau a celor

izolate de dimensiuni mici.

Pentru fundațiile mari este practic imposibil să se realizeze plăci de încărcare corespunzătoare. Creșterea suprafeței plăcii de încărcare duce la majorarea substanțială a costului încercării.

Ținând seama de faptul că o singură încercare pe placă este cu totul insuficientă pentru studierea unui amplasament, întrucât caracteristicile terenului variază, în general, atât în plan cât și în adâncime trebuie să se acorde o importanță deosebită aspectului economic. Pentru obținerea unor rezultate concludente sînt necesare cel puțin trei încercări, de preferință însă mai multe.

Cu toate dezavantajele menționate, încercările pe placă nu pot fi scoase din rîndul mijloacelor de prospectare, întrucît în anumite situații ele pot furniza informații pe care nici o altă metodă nu le poate oferi.

#### 1.8. ÎNCERCAREA DE FORFECARE A PĂMÎNTURILOR LA FAȚA LOCUIUI

Încercarea de forfecare "în situ" are la bază principiul forfecării directe și se realizează prin două procedee. Un procedeu constă în realizarea forfecării prin acțiunea unei forțe aplicată în direcția de forfecare cînd pe suprafața de forfecare acționează o forță normală, iar în alt procedeu folosit mult în practica mondială este încercarea "vane test" la care se folosește aparatul cu plate [133].

Încercările de forfecare "în situ" se utilizează în cazul pămînturilor din care prelevarea probelor este grea sau practic imposibilă cum ar fi nisipurile și argilele de consistență redusă.

Trebuie menționat că încercările de forfecare la fața locului sînt relativ complicate și cer un volum de muncă mai mare decît încercarea de forfecare în laborator.

Procedeul de forfecare sub acțiunea unei sarcini normale aplicată pe suprafața de forfecare permite stabilirea unghiului de frecare interioară ( $\phi$ ) și a coeziunii ( $c$ ) [81]. Încercarea și interpretarea rezultatelor se face după principiul forfecării directe în laborator.

Pentru pămînturile argiloase în stare curgătoare sau plastic curgătoare procedeul de forfecare cu paleta reprezintă singura modalitate pentru determinarea rezistenței la forfecare.

Dispozitivul de forfecare cu palete permite determinarea rezistenței la forfecare a pămînturilor fără a stabili separat

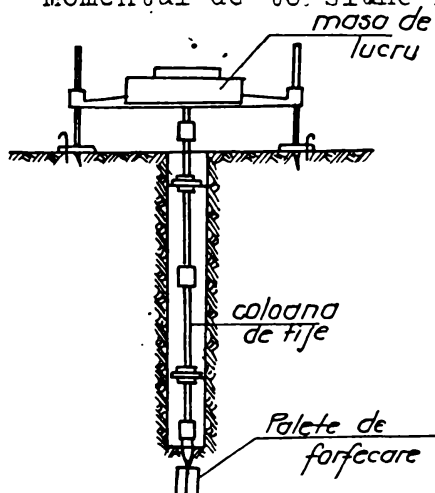
( $\phi$ ) și (c)

Unii cercetători [51] recomandă folosirea în calcule pentru coeziune a valorii rezistenței la forfecare, considerând pământul pur coeziv, ceea ce corespunde argilelor de consistență redusă.

Aparatul de forfecare cu palete (fig.1.18) se utilizează în mod frecvent în gaură de foraj sau la adâncimi mici de cercetare, direct de la nivelul terenului [39].

În esență metoda constă în înfigerea paletelor și rotirea lor cu o viteză constantă de 0,1 °/s. [28].

Momentul de torsiune necesar rotirii cilindrului de pământ



aflat între palete este aplicat și măsurat cu ajutorul unui dispozitiv aflat la suprafața terenului.

Pentru evitarea zonei de teren tulburat prin executarea forajului, se recomandă efectuarea determinării la cel puțin 90 cm sub talpa forajului (sau chiar mai mult în cazul argilelor sensibile [108]).

Fig.1.18. Schema de principiu a aparatului de forfecare cu palete

Dispozitivul cu care se realizează forfecarea terenului se compune din patru palete

subțiri dreptunghiulare sudate în formă de cruce (fig.1.19). Prin rotirea paletelor se generează un cilindru cu diametrul  $D$  și înălțimea  $H$ .

Din egalarea momentului de torsiune aplicat,  $M_t$ , cu momentul interior care se generează în momentul forfecării, se obține valoarea rezistenței la forfecare,  $\tau_f$ ;

$$\tau_f = \frac{M_t}{\frac{\pi D^2}{2} \left( H + \frac{D}{3} \right)} \quad (1.8)$$

Dacă înălțimea paletelor se ia egală cu dublul diametrului, relația 1.8 se poate scrie sub forma :

$$\tau_f = \frac{6}{7} \frac{M_t}{D^3} = \frac{M_t}{K \tau_f} \quad (1.9)$$

unde :  $K \tau_f$  este o constantă care depinde de dimensiunile paletei.

Pentru interpretarea corectă a rezultatelor încercării trebuie să se țină seama de erorile care apar la efectuarea determinării.

Sursa principală a erorii provine din rezistențele de forfecare parazitare. Pentru a reduce la minim frecarea dintre coloana de tije și paletel forajului la fiecare 3,0 m sînt montate ghidaje de contrare. Un control al frecării reale dezvoltate se poate efectua după fiecare încercare, prin ridicarea coloanei de tije pînă cînd dispozitivul cu palete ajunge deasupra fundului forajului și apoi măsurarea momentului de torsiune necesar rotirii coloanei.

Momentul de torsiune necesar rotirii paletelor se determină din unghiul de rotire care rezultă din rotirea dispozitivului cu palete și răsucirea coloanei de tije. Torsiunea coloanei este mare și ea nu poate fi etalonată cu destulă precizie pentru a obține valoarea reală a unghiului de rotire a dispozitivului cu palete.

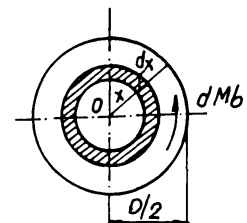
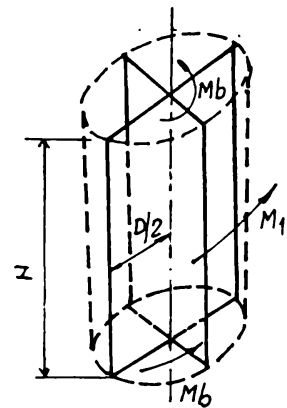


Fig. 1.19. Schema momentelor de torsiune pe suprafața generală de palete

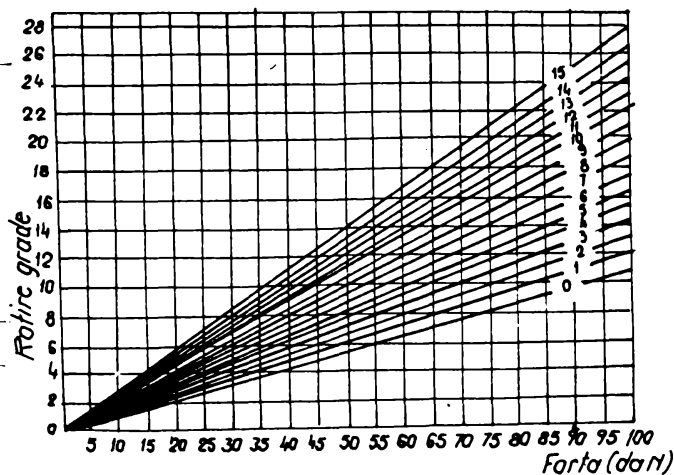


Fig. 1.20. Diagrama pentru corectarea unghiului de rotire.

Pentru adîncimi mari ar fi necesară folosirea instrumentelor pentru măsurarea rotației direct deasupra dispozitivului. Pentru a corecta totuși în mare măsură această eroare se pot utiliza curbe de corecție pentru diferite lungimi de coloană, respectiv câte o curbă pentru fiecare tijă adăugată (fig. 1.20).

Tinînd seamă de



interpretarea rezultatelor este simplă, iar corecțiile se fac ușor, metoda primește o aplicabilitate din ce în ce mai largă, deși așa cum s-a arătat la începutul paragrafului, încercarea este destul de anevoioasă.

### 1.9. CERCETAREA TEMPERULUI PRIN METODE RADICETRICE

Utilizarea izotopilor radioactivi în domeniul cercetărilor nedistructive se extinde din ce în ce mai mult având aplicabilitate practică și în cercetările pentru determinarea unor caracteristici fizice fără prelevări de probe. În E.S.P. cercetarea se efectuează conform STAS 1242/9-76. [28].

Cercetarea " în situ " cu izotopi radioactivi s-a dovedit a fi precisă și expeditivă caracteristicile fizice de bază care se pot determina sînt densitatea și umiditatea. Ele pot fi stabilite la suprafață și în adîncime utilizînd aparatură adecvată [28] ; [69] adică aparate de suprafață sau sonde de adîncime.

Determinarea densității se face cu ajutorul unor aparate numite densimetre (fig.1.21) care se bazează pe proprietatea de interacțiune a radiațiilor gama cu materia aproape în exclusivitate prin efect compton [28] în domeniul energiei 0,5-3,0 MeV și în domeniul de numere atomice " z " ale materialului măsurat între 2 și 30.

Aparatul este astfel construit ca radiația directă sursă-

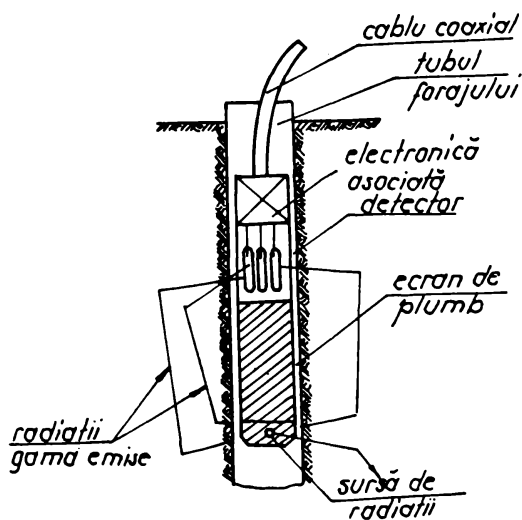


Fig.1.21. Densimetru de adîncime. Schemă de principiu

detector să fie ecranată, iar detectorul să primească numai acele radiații gama care au interacționat cu mediul înconjurător.

Pentru determinarea umidității se utilizează aparate (fig.1.22) care emit neutroni rapizi obținuți prin amestecarea sub formă de pulbere a unui izotop radioactiv cu un element stabil în prezența căruia are loc o reacție de forma  $(\alpha, n)$

Metoda se bazează pe interacțiunea unui flux de

neutroni rapizi cu hidrogenul conținut în moleculele de apă din pămîntul studiat și înregistrarea neutronilor termici re-

INSTITUTUL DE FIZICĂ  
BUCUREȘTI  
BIBLIOTECA CENTRALĂ

zultați ; densitatea fluxului de neutroni termici este în final,

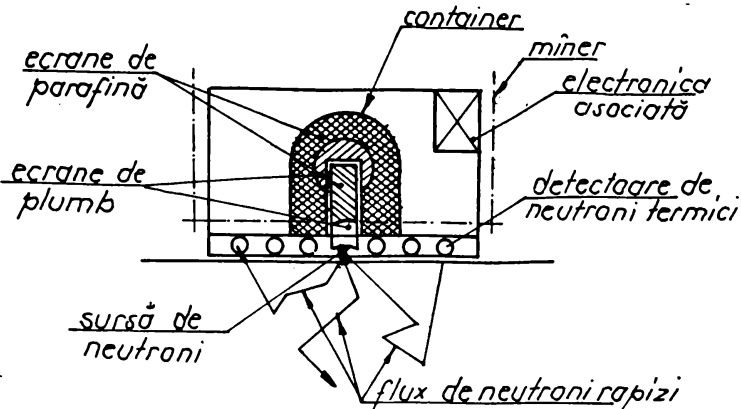


Fig.1.22. Umiditatea de suprafață.  
Schemă de principiu.

termici este în final, proporțională cu conținutul de apă în unitatea de volum.

Explorările de suprafață și adâncime se efectuează punctual pe profile singulare sau pe profile dispuse cât mai uniform pe suprafața de cercetat.

Pentru interpretarea datelor, aparatele se etalonează în laborator pe probe a căror densitate, sau umiditate se determină cu precizie prin metodele clasice [28]. Pe baza datelor obținute se construiește curba de etalonare ; (fig.1.23) este prezentată o curbă de etalonare pentru un densimetru cu radioizotopi în cazul unui pământ slab coeziv.

Disponind de curbe de etalonare cu ajutorul datelor înregistrate pe teren se poate determina densitatea respectiv umiditatea. Metoda se utilizează în special pentru verificarea compactității terasamentelor sau a pământurilor îmbunătățite prin procedee de suprafață sau adâncime.

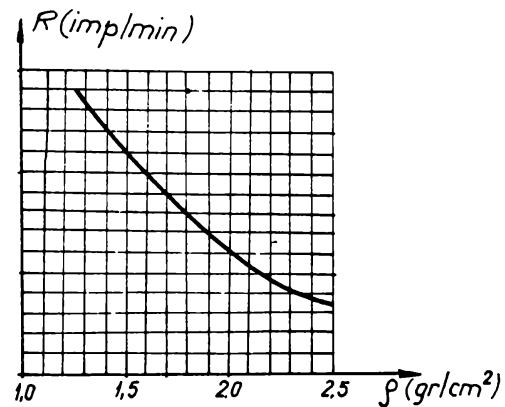


Fig.1.23. Curbă de etalonare pentru densimetru

Determinarea densității și a umidității a radioizotopi prezintă o serie de avantaje dintre care se menționează : operativitatea, portabilitate, autonomie mare de funcționare, precizie mare, erorile găsindu-se sub limita celor admise de prescripții.

Ca dezavantaje ale metodei se menționează necesitatea realizării curbelor de etalonare, reetalonarea periodică ținând seamă de perioada de înjumătățire a elementului radioactiv, aparatură costisitoare și necesitatea personalului specializat și autorizat care să deservască aparatul.

## 1.10. METODE GEOFIZICE DE PROSPECTARE A TERENULUI

Prospecțiunile geofizice permit determinarea stratificației terenurilor nestâncoase sau stâncoase prin măsurarea variațiilor anumitor caracteristici fizice ale materialelor respective, de exemplu proprietăți magnetice, rezistivitatea electrică, densitatea, etc.

Aceste metode au valoare limitată întrucât înregistrează schimbările de straturi numai acolo unde aceasta prezintă diferențe ale proprietăților geotehnice [28].

În general metodele geofizice se pretează la prospectarea în adâncime a rocilor stâncoase pentru baraje, galerii sau tuneluri unde este necesară cunoașterea stratificației formațiunilor de rocă în funcție de adâncime, precum și la cercetări în pământuri conținând fracțiuni mari (pietre sau bolovani) în care sondele sau penetrările nu sînt posibile.

Metodele folosite în general sînt :

- metoda rezistivității electrice ;
- metoda prin refracție seismică ;
- metoda prin reflexie seismică ;
- metoda magnetică.

Metoda rezistivității electrice [28] se bazează pe diferențele care există din acest punct de vedere între diferite tipuri de pământuri sau roci stâncoase. Cu ajutorul unei perechi de electrozi se face să circule prin teren un curent electric,

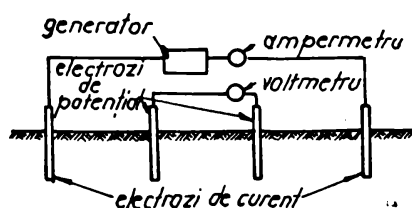


Fig.1.24. Dispoziția electrozilor de prospecțiune.

căderea de potențial măsurându-se între alți electrozi situați în interiorul primilor denumiți electrozi de potențial. Cei pentru electrozi sînt așezați la distanțe egale (fig.1.24), astfel încît variind distanțele care-l separă, poate fi variată adâncimea de pătrundere în teren a

curentului electric.

Metoda se aplică mărind progresiv distanțele între perechile de electrozi exteriori și interiori și măsurînd căderea de potențial corespunzătoare fiecărei distanțe prin care se poate determina cotele diferitelor straturi.

Metodele seismice se bazează pe faptul că pământurile și

rocile stîncoase au caracteristici diferite în ceea ce privește viteza de propagare prin ele a vibrațiilor [6]. Dacă o sașă explozivă este datorată la nivelul terenului sau într-un foraj, undele se propagă de la punctul exploziei în toate direcțiile și sînt refractate sau reflectate de diferite straturi. Propagarea se face cu viteza mai mare prin rocile stîncoase și prin pămînturile îndesate decît prin depozite afîinate. Măsurînd cu seismometru timpul de sosire a undelor la un anumit punct al suprafeței terenului se poate deduce natura și adîncimea straturilor din subsol.

Metoda refracției seismice este mai adecvată prospecțiunilor de mică adîncime decît cea bazată pe reflexie care în mod curent se folosește pentru adîncimi mari de peste 120 - 150 m [23].

Față de punctul de unde este provocată explozia se așează mai multe seismometre la care se înregistrează momentul sosirii frontului de unde în funcție de care se calculează viteza de propagare în fiecare strat și adîncimea diferitelor straturi.

Utilajul folosit este complex și scump din care cauză aplicarea metodei este destul de costisitoare fiind indicată doar pentru amplasamente mari și condiții speciale, unde economiile rezultă numai în rapiditatea execuției.

Metodele magnetice se bazează pe măsurarea vibrațiilor de intensitate a cîmpului magnetic terestru. Ele sînt utile în depistarea cavitațiilor subterane ascunse, prăbușiri, galerii miniere părăsite, etc. [28].

#### 1.11. CERCETAREA TERENULUI PRIN METODE DINE DINA MICE

Aplicarea tehnicii de vibrare la realizarea forajelor geotehnice, studiile corelative ale vitezelor de vibrocarotaj cu caracteristicile fizico-mecanice ale straturilor litologice străbătute au constituit premise ale apariției unei noi metode corelative de cercetare a terenurilor la fața locului, prin folosirea penetrometrului cu con acționate de vibratoare sau vibropercutare.

Unele studii și cercetări în acest domeniu, efectuate în U.R.S.S., cu folosirea vibropercutațiilor și, mai recent, a vibrațiilor precum și cele desfășurate în colectivul de fundații al I.P. "Traian Vuia" Timișoara, evidențiază avantajele vibropercutării cu con sau cu tub carotier, ca domeniu de aplicare,

cel cu acționare prin vibrații asigură o creștere a productivității de (2-3) ori a lucrărilor de prospectare geotehnică, comparativ cu penetrometria dinamică cu con [116];[118].

Cercetările Dr.ing.N.Vasiloni și a colectivului de fundații din Timișoara s-au materializat, pînă în prezent, în fundamentarea principiilor de aplicare a metodei vibropenetrării cu con și în realizarea unui model funcțional al instalației de vibropenetrare, ce permite măsurarea și înregistrarea automată a datelor [118];[56]; [115].

Deoarece metoda vibropenetrării permite și identificarea nivelurilor de separație între elemente litologice, precum și a rezistențelor calitative ale acestora, ea se dovedește utilă atât pentru stabilirea fișei elementelor de fundare indirectă cît și în controlul calității lucrărilor de îmbunătățirea terenurilor slabe de fundare.

Continuarea studiilor și cercetărilor în domeniul noii tehnici de prospectare a terenurilor de fundare, la fața locului, va permite producerea în R.S.R. a unor instalații de vibropercutare cu înregistrare automată a datelor, de înaltă productivitate, capabile să asigure reducerea costului și durata cercetărilor geotehnice.

Vibropenetrarea ca metodă corelativă de cercetare a terenurilor la fața locului, poate fi folosită și la stabilirea fișei elementului de fundare indirectă, prin identificarea nivelurilor de separație între straturi și a rezistențelor calitative și sau cantitative ale acestora :

- vibropenetrarea ca metodă de prospectare a terenului de fundare se folosește la nisipuri mijlocii și mare în starea uscată;
- cu ajutorul vibropenetrării se obține (R<sub>din</sub>) Rezistența dinamică, viteza de pătrundere (V<sub>lc</sub>) de echidistanțe,  $\Delta h$ , 10 cm și timpul de pătrundere ( t ) în stratul omogen.

- cu ajutorul metodei vibropenetrării s-au măsurat și înregistrat, atât parametrii mișcărilor rectilinii (de pătrundere) și oscilante cît și forța dinamică de răspuns pe vârful conic.

- Deoarece noua tehnică a vibropenetrării permite identificarea nivelurilor de separație între straturi, iar prin valorile vitezelor de penetrare și a rezistențelor calitative ale acestora ea se dovedește utilă atât pentru stabilirea fișei elementelor de fundare indirectă, cît și a controlului calității lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe de fundare.

- În perspectiva stabilirii unor corelații ale capacităților portante ale piloților de probă cu media vitezelor de vibro-



penetrare pe distanța impusă este posibilă în faze preliminare proiectului de execuție a fundației pe piloți, evaluarea capacității portante a acestora pe lângă vitezele de vibropenetrare măsurate în puncte ale amplasamentului dat.

Relevînd cîteva domenii de utilizare a noii tehnologii de vibropenetrare cu con precizăm că metoda permite obținerea unor productivități de 2-3 ori mai mari decît penetrarea dinamică cu con, la un nivel informațional geotehnic echivalent, asigurînd prin aceasta reducerea duratei și costul încercărilor geotehnice.

Aceste avantaje înscriu vibropenetrarea cu con în rîndul unor tehnici avansate de investigare a terenului la fața locului.

#### 1.12. ASPECTE PROPUSE A FI CERCETATE DE AUTOR

În sinteză ( pe baza informării bibliografice făcute) autorul își propune să studieze unele aspecte cu privire la încercările " în situ " dintre care se menționează :

- realizarea unui studiu amănunțit cu privire la penetrarea dinamică cu con, și în deosebi a celui cu manta ;
  - studierea și eventual completarea cercetărilor existente privind vibropenetrarea cu con ;
  - studierea vibropercutării cu con ca metodă nouă de sondare a terenului ; -
  - studierea unor corelații între rezultatele obținute prin sondeaje de penetrare statică ( $P_s$ ), penetrare dinamică (PD), vibropenetrare cu con ( $V_{pen}$ ) și vibropercutarea cu con ( $V_{perc}$ ),
- Dintre aspectele de detaliu se consideră util a face investigații asupra următoarelor aspecte principale :
- studiul penetrării dinamice cu manta ( utilajul tehnologic, rezultate) ;
  - corelarea parametrilor **vibropercutării** cu con, cu cei ai penetrometrului dinamic cu con și manta ;
  - aspecte teoretice ale penetrării vibropercutante cu con;
  - metoda penetrării vibropercutante cu con și rezultate experimentale ;
  - determinarea modului de deformație liniară a pămînturilor necoezive ;
  - stabilirea stratificației și stării de îndesare ;
  - cercetări experimentale de găsire a unor parametrii geotehnice ( $I_D$ ,  $\phi$ , etc) cu rezultatele penetrării sau vibropenetrării ;

- considerații privind verificarea calității terenului de fundare îmbunătățit prin coloane de nisip realizate prin vibra-re ;

Deoarece în Siria (patria autorului) metodele de penetrare cu con sau vibrópenetrare nu sînt folosite, autorul va încerca să efectueze studii cît mai complete, astfel că la întoarcerea sa, să le poată implementa în cercetarea terenului de fundare.

## 2. STUDII CU PRIVIRE LA STABILIREA UNOR RELATII DE CALCUL PE BAZA CERCETARILOR EXPERIMENTALE FACUTE CU DIVERSE PENETROMETRE

Pe baza sintezei documentare și a studiilor specifice penetrării dinamice cu con, întreprinse de autor și prezentate în anexa 1 a lucrării, autorul și-a propus să studieze experimental îndeosebi penetrarea dinamică cu con și tija protejată de manta, aspect nestudiat în R.S.România și foarte puțin și pe plan mondial.

### 2.1. CERCETARI EXPERIMENTALE PE STRATIFICATII PREGATITE

În vederea studierii penetrării dinamice cu con și manta comparativ cu penetrarea dinamică cu con fără manta și respectiv cu penetrarea statică (în pămînturi necoezive), s-a considerat util să se pregătească mai multe stratificații de teren necoeziv, în care să se execute penetrări statice și dinamice, încercări cu placa, precum și unele încercări de laborator permițînd cunoașterea și respectiv determinarea unor caracteristici fizico-mecanice. Rezultatele obținute au fost apoi interpretate și corelate, pentru a putea fi indicate în lucrările de cercetare a terenului de fundare " în situ ".

#### 2.1.1. Cu privire la aparatura și tehnologiile de lucru folosite

În cele ce urmează se vor face scurte referiri la aparatura folosită precum și la prescripțiile avute în vederea realizării experimentărilor, cu precizarea că în afara metodelor de penetrare folosite în R.S.România, autorul studiază și penetrarea dinamică ușoară cu con, unde tija este protejată de o manta, menită să evite influența frecării pe tija penetrometrului, deci să dea rezultate mai exacte.

#### 2.1.1.1. Penetrometrul dinamic cu con

Incercările de penetrare dinamice cu con efectuate în stratificațiile pregătite într-un bazin cu dimensiuni de 1,5x1,5x3 m, s-au făcut în condiții controlate, cu aparatură de precizie.

Pentru efectuarea încercării propriu-zise de penetrare dinamică s-a folosit din existent în catedră un penetrometru dinamic ușor (P.D.U.) manual, care are următoarele caracteristici : masa berbecului 10 kg, înălțimea de cădere a berbecului ( $h = 50$  cm), suprafața conului  $10 \text{ cm}^2$ , unghiul vârfului conic de  $90^\circ$ , diametrul tijelor de 22 mm, iar masa fiecărei tije este de 2 kg.

Pe tijele penetrometrului dinamic au fost marcate distanțele din 10 în 10 cm, tehnologia de realizare a penetrărilor fiind făcută conform Instrucțiunilor C 76 - 84 din R.S.România, notându-se numărul de lovituri pentru pătrunderea de 10 cm ( $N_{10}$ ), aspecte asupra cărora nu se mai insistă, acestea fiind prezentate în capitolul 1 și amănunțit în anexa 1 a lucrării.

#### 2.1.1.2. Studiul unui penetrometru dinamic cu con și manta de protecție a tije

Evitarea frecării laterale este una din preocupările majore în sondajul dinamic, deoarece rezistența întâmpinată de con este singurul element care permite interpretarea corectă a rezultatelor penetrării [24]. În vederea eliminării frecării laterale în practică [24];[123], sînt luate unele măsuri dintre care se menționează :

- majorarea diametrului conului față de cel al coloanei de tije ( în cazul de față s-a plecat de la P.D.U. menționat anterior) ;
- rotirea coloanei de tije la anumite adîncimi de penetrare (aspect nefolosit de autor) ;

- utilizarea unei mantale de protecție, la fel ca la penetrarea statică (sistem folosit de autor în cercetările de față) considerent pentru care se insistă ceva mai mult ( în & de față)

Din literatură [111];[95], rezultă că sondajele de penetrare dinamică cu con și statică efectuate în paralel, precum și cele efectuate cu penetrometre dinamice cu manta, au evidențiat influența frecării atît în pămînturile coezive, cît și cele necoezive situate îndeosebi sub nivelul apei subterane.

În pămînturile necoezive saturate, frecare apare la adîncimi ce variază invers, proporțional cu starea de îndesare a acestora.

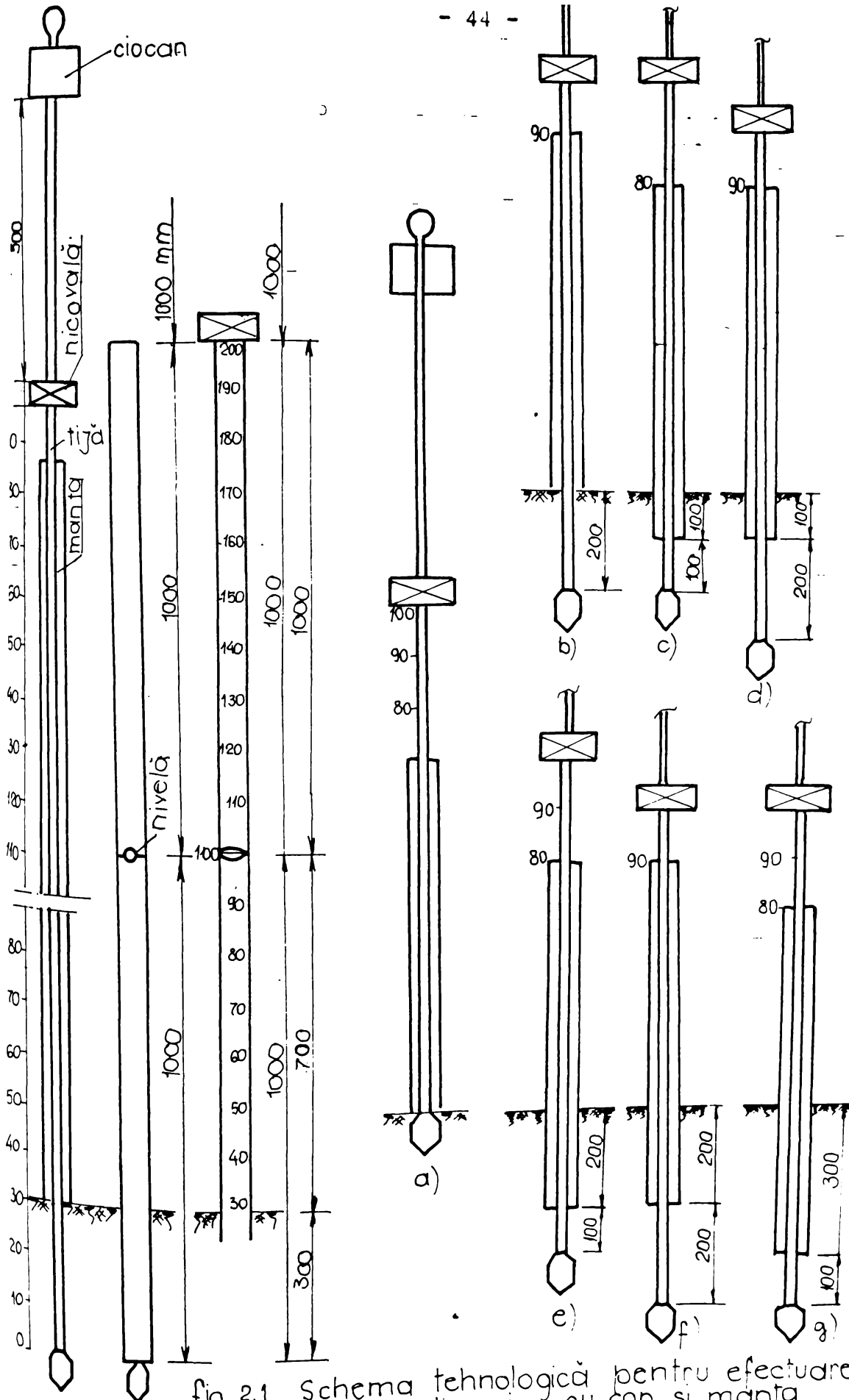


fig. 2.1 Schema tehnologică pentru efectuarea penetrării dinamice cu con și manșă

Aspectele semnalate cu privire la influența frecării pe coloana de tije au determinat autorul să treacă la abordarea unor studii pentru proiectarea și realizarea unui penetrometru dinamic cu manta de protecție a tijei purtătoare a conului.

Pentru efectuarea încercărilor, autorul a studiat, proiectat și realizat adaptarea penetrometrului (PDU) echipându-l cu o manta de protecție a tijelor formată din tronasoane de țevi. (fig. 2.1.)

Încercările s-au executat într-un bazin cu nisip și s-au efectuat încercări de penetrare dinamică cu con și manta pe lângă unele de penetrare dinamică cu con fără manta (evident penetrările s-au realizat cu același penetrometru dinamic ușor, având aceleași caracteristici dar în plus mantaua de protecție cu masa de 3 kg la lungimea tronsonului de 1,00 m).

În figura 2.1. se prezintă schema tehnologică pentru efectuarea încercării propriu-zise, unde prima tijă de manta are lungimea de 70 cm și este prevăzută cu un inel ascuțit la bază, (pentru a nu antrenă nisipul în interior), iar pe coloanele de tije sînt fixate puncte de reper adică la baza tijei și capătul ei (mai exact punctele de reper sînt notate cu cifrele de 10 și 20 cm la baza tijei și cifrele de 80 și 90 cm pe capătul superior al tijei).

Pentru lucru se așează tija cu penetrometrul pe teren (fig. 2.1.a.) iar în continuare pentru efectuarea încercării de penetrare dinamică cu con și manta se introduce tija cu con pe adîncimea de 20 cm (fig. 2.1.b.) sub efectul lucrului mecanic

produs de berbec prin batere ținînd seama ca mantaua să fie fixată asupra nivelului terenului, apoi se introduce mantaua de protecție de 10 cm (fig. 2.1.c.), pe care sînt fixate din 10 în 10 cm, în teren, și în același timp rămîne fixă tija cu con, apoi iarăși se reia operația (fig. 2.1.d.), de cînd odată se introduce numai tija cu con cîte 10 cm și rămîne mantaua fixă, apoi se introduce numai mantaua cîte 10 cm în teren și tija rămîne în poziția fixă (adică fazele 2.1.d., 2.1.e., 2.1.f., 2.1.g., etc.)

De menționat că tijele sînt îmbinate între ele prin înșurubare, iar tronsoanele mantalei au la fiecare capăt un niplu sudat (la partea superioară).

### 2.1.1.3. Scurtă prezentare a penetrometrului static

Sondajele de penetrare statică s-au executat în paralel cu cele dinamice cu ajutorul penetrometrului static acționat



hidraulic tip INCERC [131], montat special deasupra bazinului de încercare.

În fig.2.2. se prezintă schema sistemului de măsurare a presiunii statice.

Echipamentul de sondare a penetrometrului constă dintr-un con cu unghiul la vîrf de  $60^\circ$  și diametrul la bază de 36,5 mm (suprafața  $10 \text{ cm}^2$ ) fix, în raport cu tubul de protecție.

Dispozitivul de măsurare a rezistențelor de penetrare (fig.2.2.) este format din doze manometrice concentrice care permit măsurarea simultană a forței pe con ( $F_c$ ) respectiv a forței totale ( $F_t$ ) de pătrundere a conului și tijelor.

Valorile presiunii înregistrate ( $F_t$ ) respectiv ( $F_c$ ) au fost transformate în forță, folosind diagramele de etalonare proprii aparatului (a dozelor de presiune, cu care este echipat penetrometrul) fig.2.3, apoi, cu ajutorul valorilor obținute din diagramele de etalonare s-a calculat presiunea pe vîrfurile conice ( $R_p$ ) și frecarea pe suprafața laterală ( $F_l$ ) [131] cu ajutorul relațiilor date în STAS 1242/6-76.

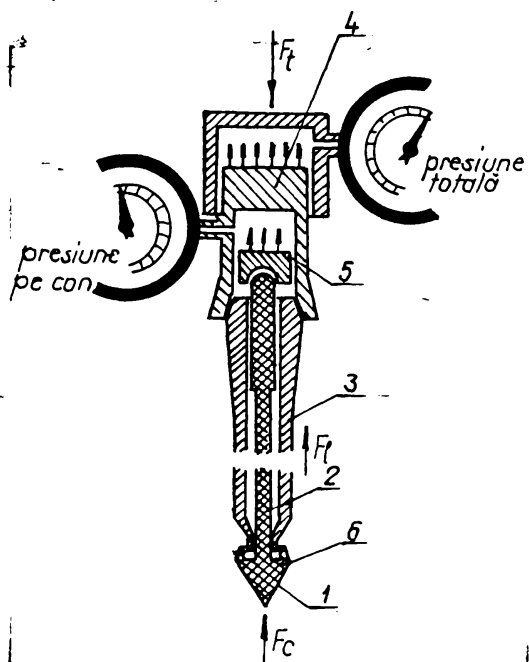


Fig. 2.2. Schema penetrometrului static INCERC și sistemul de măsurare a presiunii. 1.con ; 2.tija ; 3.tub de protecție, 4.dispozitiv de înregistrare a presiunii totale ; 5.dispozitiv de înregistrare a presiunii cu con ; 6.manșetă.

## 2.1.2. Rezultatele experimentale din seria mai-oct.1987

### 2.1.2.1. Stratificația și distribuția penetrării

Seria de încercări corespunde perioadei mai-oct.1987 se caracterizează prin aceea că din punct de vedere granulometric folosește un nisip mijlociu a cărui curbă de granulozitate (3) este prezentată în fig.2.4.

În această perioadă s-au făcut încercări de penetrare dinamică cu con (fără manta și cu manta), penetrare statică cu con, încercări-cu placa de încercare la mai multe nivele precum și unele încercări de laborator pentru determi-

narea unor caracteristici fizico-mecanice.

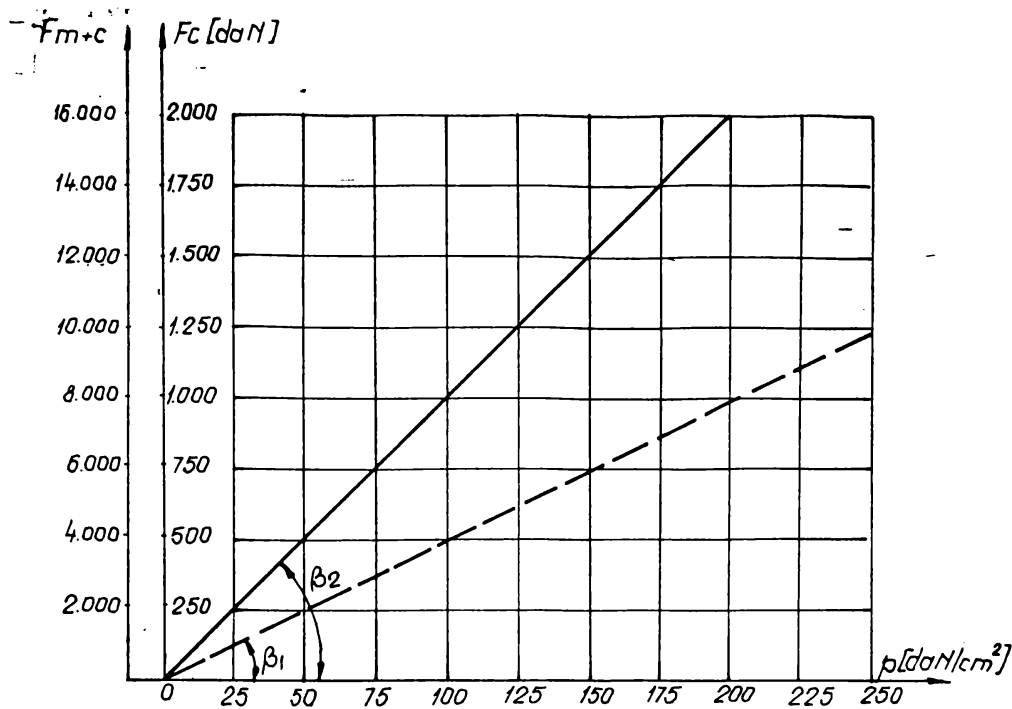


Fig. 2.3. Diagrammele de etalonare a dozelor de presiune.

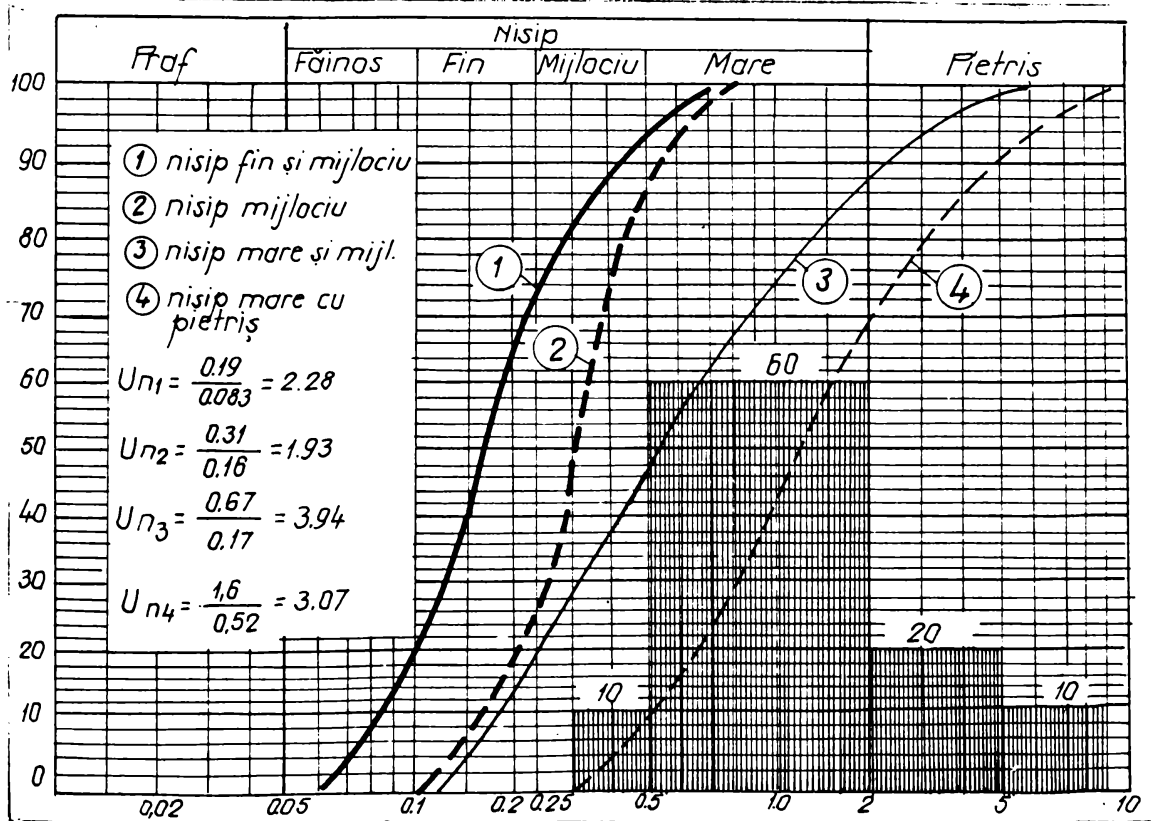


Fig. 2.4. Curbele granulometrice

In vederea unor determinări controlate nisipul (granulozitate - fig.2.4.) a fost așezat în strate compactate, de diferite grosimi după cum urmează ( tab.2.1.), pentru care s-au stabilit caracteristicile geotehnice în laborator.

Tabelul.2.1. Caracteristici fizico-mecanice - stratificația mai - oct.1987

Nr. strat	Denumire stratificație	Cota [m]	Grosime [m]	Frațiuni granulometrice				$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$I_D$	$\phi$	E [daN/cm <sup>2</sup> ]
				$N_f$	$N_m$	$N_M$	$F_l$				
I.	Nisip fin și mijlociu	1.20	1.20	18	29	41	12	16,56	0.31	31	135
II.	Nisip mijlociu	2.10	0.90	18	29	41	12	17,21	0.62	33	267
III.	Nisip mare și mijlociu	2.50	0.40	18	29	41	12	16.50	0.26	30	116
IV.	Nisip mare cu pietriș	2.90	0.30	18	29	41	12	16,56	0.31	31	135

in vederea identificării penetrărilor făcute în (fig.2.5) se prezintă un plan de distribuție a acestora, penetrările fiind

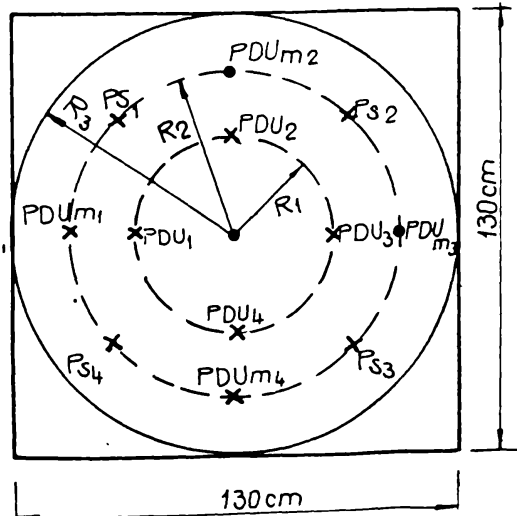


Fig.2.5. Distribuția penetrărilor în bazinul de încercări.

plasate la distanțe mai mari de 6 diametrii a conului de penetrare pentru a nu se influența reciproc, distribuția făcându-se la distanțe după cum urmează :

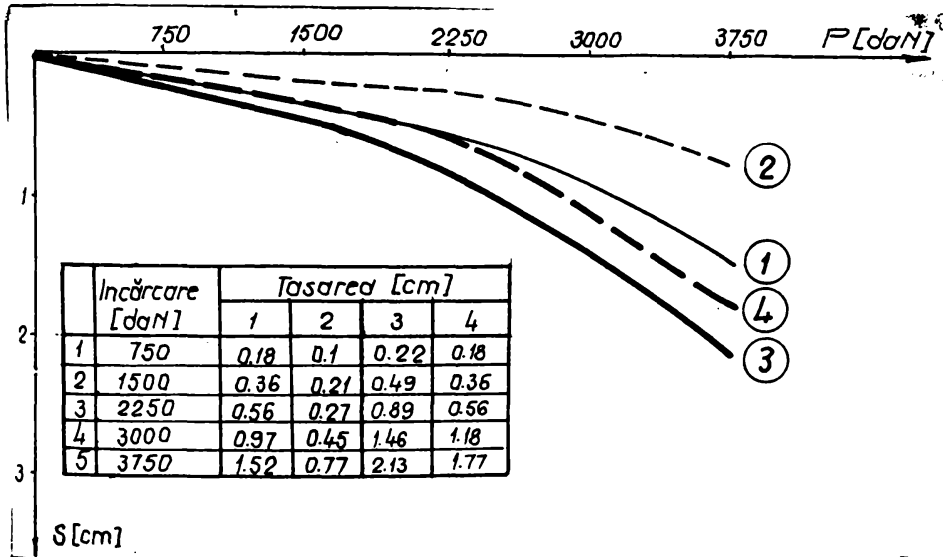
- penetrările dinamice (PDU) la  $R_1 = 22$  cm ;
- penetrările dinamice cu con și manta (P.D.U.m) așezată pe cercul de rază  $R_2 = 44$  cm ca puncte opuse celor (P.D.U.);
- penetrările statice (P.S) pe cercul de rază  $R_2 = 44$  cm prin intercalare la

1/2 față de penetrările (P.D.U.m.).

- fiecare tip de penetrare poartă și numărul de penetrare.

Se observă că pînă la marginea bazinului a rămas o distanță de 21 cm (spre a evita efectul de perete și la cele mai apropiate puncte de acestea).

Pentru fiecare strat prezentat în tabelul 2.1. au fost făcute și încercările cu placa ( $D_p = 31,5$  cm) deci ( $S = 778,9$  cm<sup>2</sup>) valoarea ce satisface STAS 8942/3-75), din care pe baza măsurătorilor au



rezultat curbele de compresiune deformație (fig.2.6) respectiv moduli de deformație trecuți în tabela 2.1.

2.1.2.2. Penetrări dinamice cu con (cu și fără manta)

Fig.2.6. Curba de efort-deformație - seria mai - oct.1987

Pe strati-  
ficația mențio-

nata cu caracteristicile geotehnice cunoscute, s-au efectuat un număr de cîte 4 penetrări din fiecare tip ( 4 PLU ; 4 PDM).

Pentru a putea face unele interpretări a valorilor obținute s-a determinat pentru fiecare nivel rezistența dinamică ( $R_d$ ) în funcție de numărul de lovituri " $N_{10}$ " pentru penetrările dinamice fără manta și cu manta folosindu-se relația cunoscută ( Instrucțiuni C 176 - 84).

$$R_d = \frac{1}{A} \frac{G_1^2 \cdot H}{e (G_1 + G_2)} \quad [daN/cm^2] \quad (2.1.)$$

în care :

- $G_1$  - este greutatea berbecului (daN) ;
- $G_2$  - greutatea tijelor (inclusiv nicovale, tijă de ghidaj și con) la adîncimea respectivă (daN) ;
- $H$  - înălțimea de cădere a berbecului (cm) ;
- $A$  - aria secțiunii transversale a conului (cm<sup>2</sup>) ;
- $e$  - pătrunderea conului pentru o singură lovitură (cm) ;

După măsurători ( $N_{10}$ ) pentru 4 penetrări și un calcul adecvat în anexa 2.1. se prezintă rezistențele dinamice obținute, pentru pe-

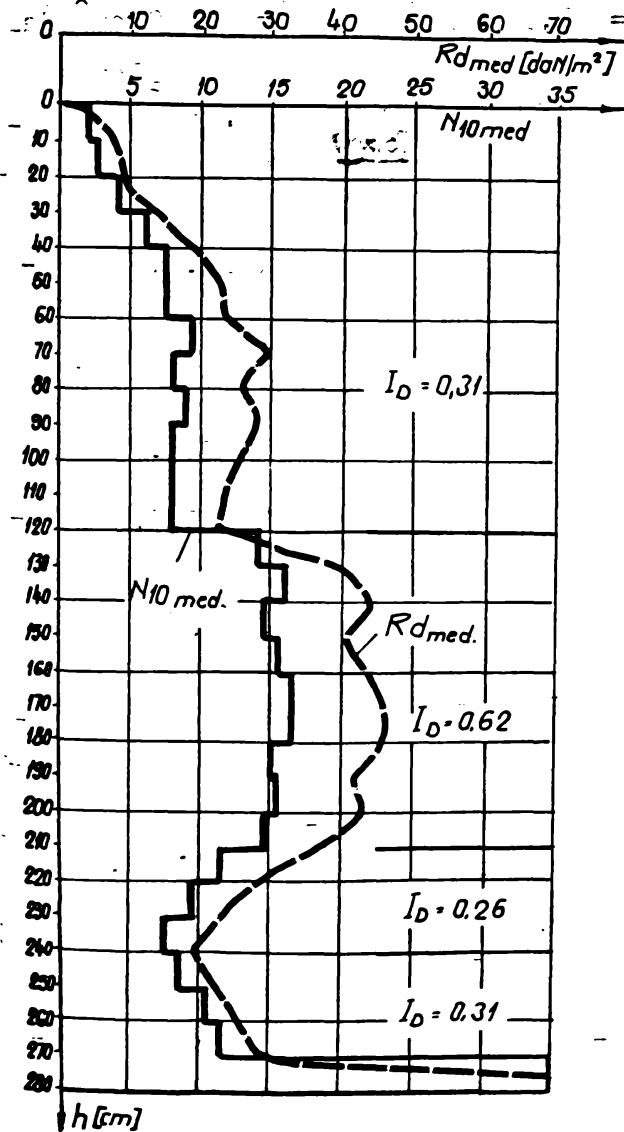


Fig. 2.7. Diagrama de penetrare dinamică cu con (P.D.U.) și variația rezistenței dinamice  $R_d$  - seria mai - oct 1987.

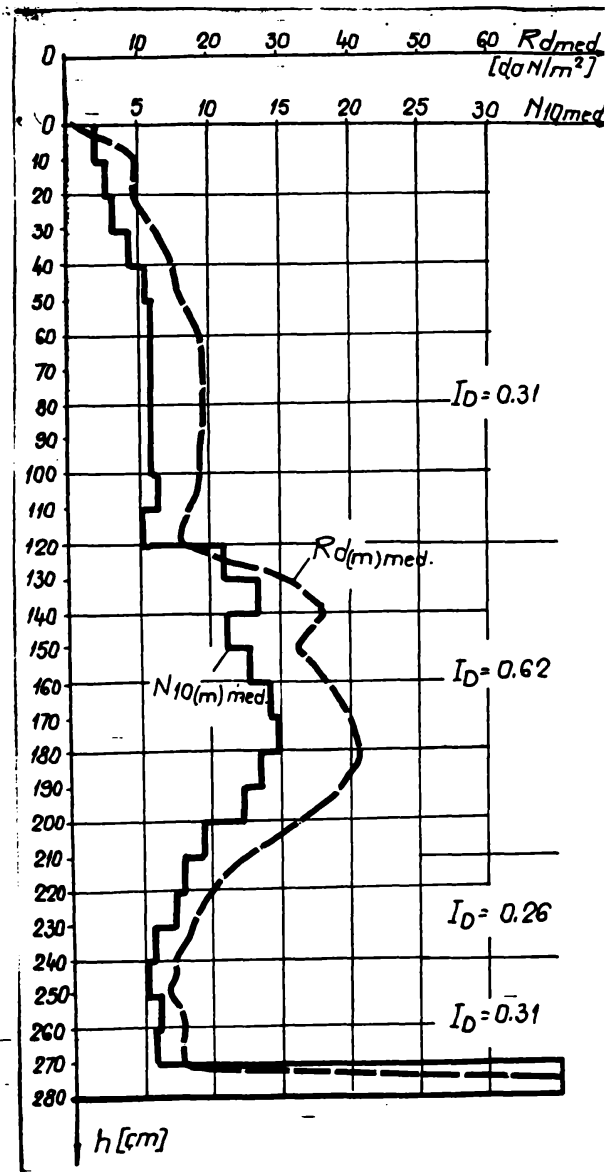


Fig. 2.8. Diagramă de penetrare cu con (P.D.U.m) și variația rezistenței dinamice  $R_d(m)$ .

penetrările dinamice ușoare (P.D.U.), respectiv în anexa 2.2. se prezintă valorile măsurate și rezistențele dinamice calculate pentru penetrarea dinamică ușoară cu con și tijă protejată de manta (P.D.U.m.).

Pe baza rezultatelor centralizate în anexele 2.1 și 2.2. s-au construit diagramele de penetrare.



Astfel în figura 2.7. se prezintă diagrama de penetrare dinamică (P.D.U.) precum și rezistența dinamică ( $F_d$ ), pentru valorile medii obținute (anexa 2.1.), iar în figura 2.8. se prezintă diagramele de penetrare (P.D.U.m.) și anume numărul de lovituri  $N_{10}$  (m) și rezistența dinamică  $F_d$ (m), pentru valorile medii obținute din penetrările dinamice ușoare cu manta și centralizat în anexa 2.2. observîndu-se dependența acestora de starea de îndesare a nisipului, aspect asupra cărora se va reveni.

### 2.1.2.3. Penetrări statice cu con

Pe aceeași stratificație (fig.2.1.), respectiv tabelul 2.1. s-au efectuat și 4 penetrări statice cu con, ale căror date (prelucrate) s-au centralizat în anexa 2.3.

Pentru determinarea rezistenței pe con  $F_p$  și a forței de frecare pe suprafață laterală ( $F_l$ ) pentru încercările de penetrare statică efectuată, s-a utilizat curba de etalonare din (fig.2.3.) pe baza căruia în funcție de presiunea citită pe manometre s-a determinat forța pe con ( $F_c$ ) și forța totală ( $F_t$ ) [126], iar forța pe manta ( $F_m$ ) s-a calculat cu relația :

$$(F_t = F_c + m \cdot F_c)$$

Pentru determinarea rezistenței pe con ( $R_p$ ) și ( $R_l$ ) s-au utilizat prescripțiile STAS 1242/6-76 care prevede modul de calcul al acestor mărimi [131].

### 2.1.3. Rezultatele experimentale din seria oct.-dec.1987

#### 2.1.3.1. Stratificația și distribuția penetrărilor

Seria de încercări corespunzătoare perioadei oct.-dec. 1987 se caracterizează prin aceea că din punct de vedere granulometric folosește o stratificație formată din mai multe categorii de nisipuri a căror granulozități se prezintă în figura 2.4. pentru stratele de nisipuri prezentîndu-se granulozitățile folosite și specificate în tabelul 2.2.

În această perioadă s-au făcut încercări de penetrare dinamică cu con (fără manta și cu manta), penetrarea statică cu

con, încercări cu placa la mai multe niveluri precum și unele încercări de laborator pentru determinarea unor caracteristici fizico-mecanice:

Tabelul.2.2. Caracteristici fizico-mecanice - stratificația oct.- dec.1987.

Nr. strat	Denumire stratificație	Cota [m]	Grosime [m]	Indice granulometric	Frațiuni granulometrice				$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$I_D$	$\phi$	E [daN/cm <sup>2</sup> ]
					$N_f$	$N_m$	$N_M$	$P_L$				
I.	Nisip fin mijlociu	0.8	0.8	1	74	20	6	-	16.8	0.45	31	225
II.	Nisip mijlociu	1.2	0.4	3	18	29	41	12	16.9	0.46	32	250
III.	Nisip mare și mijlociu	1.8	0.6	4	-	10	60	30	17.1	0.46	38	410
IV.	Nisip mare cu pietriș	2.2	0.4	3	18	29	41	12	16.9	0.46	32	250
V.	Nisip mijlociu	2.6	0.4	2	16	12	72	-	16.7	0.45	33	225
VI.	strat din pietriș și piatră spartă nepenetrabilă											

În cele ce urmează se prezintă sintetic rezultatele măsurătorilor făcute precum și unele prelucrări ale încercărilor experimentale în vederea interpretării și corelării acestora, cu mențiunea că toate încercările au folosit aparatură menționată anterior.

În vederea unor determinări controlate nisipurile menționate în tabelul 2.2. au fost așezate în strate de diferite grosimi (tabelul 2.2.) ,avînd caracteristica de bază gradul de îndesire același, unele după încercările făcute s-au completat valorile obținute.

Pentru identificarea penetrărilor făcute în fig.2.9. se prezintă un plan de distribuție a acestora, penetrările fiind plasate la distanțe mai mari de (6lcon), după cum urmează :

- Penetrările dinamice (PLU) cu con la  $P_1 = 22$  cm ;
- Penetrările dinamice cu con și manta (LPUM) așezate pe cercul de rază  $P_2 = 44$  cm ca puncte opuse celor (PLU) ;
- Penetrările statice ( $P_s$ ) pe cercul de rază  $P_2 = 44$  cm ;

Prin intercalare la  $1/2$  față de penetrările (LPUM).

Se observă că pînă la marginea bazinului a rmas o distanță de 21 cm (spre a evita efectul de perete chiar la cele mai apropiate puncte de acesta).

La nivelele stratificației prezentate în tabelul 2.2. au

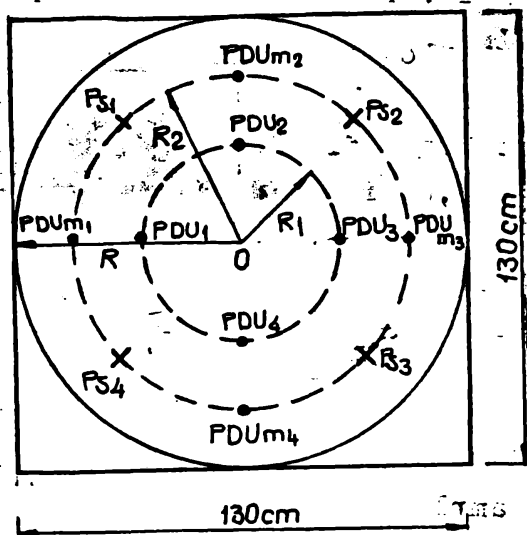


Fig. 2.9. Schema de distribuție a penetrărilor în bazinul de încercări.

fost făcute și încercări cu placa ( $D_p = 31,5$  cm) deci ( $S_p = 778,9$  cm<sup>2</sup>) valoarea minimă STAS 8942/3-75, din care pe baza măsurărilor au rezultat curbele de compresiune deformație (fig. 2.10) respectiv modul de deformație (E) rezultatele fiind prezentate în (tab. 2.2.)

### 2.1.3.2. Penetrări dinamice cu con (cu și fără manta)

Pe stratificația menționată anterior și de caracteristici geotehnice determinate s-au efectuat un număr de câte 4 penetrări din fiecare tip (4 PDU și 4 PDU<sub>m</sub>).

Pentru a putea face unele interpretări a valorilor obținute s-a determinat pentru fiecare nivel rezistența dinamică "E<sub>d</sub>" în funcție de numărul de lovituri ( $N_{10}$ ) pentru penetrările dinamice fără manta și cu manta folosindu-se relația (2.1) prezentată anterior.

După măsurători ( $N_{10}$ ) pentru 4 penetrări și un calcul adecvat în anexa 2.4. se prezintă numărul de lovituri ( $N_{10}$ ) precum și rezistențele dinamice ușoare

(PDU), respectiv în

anexa 2.5. se prezintă valorile măsurate ( $N_{10}(m)$ ) și rezistențele dinamice calculate ( $E_{d(f)}$ ) pentru penetrarea dinamică ușoară cu con și tijă protejată de manta (PDU<sub>m</sub>).

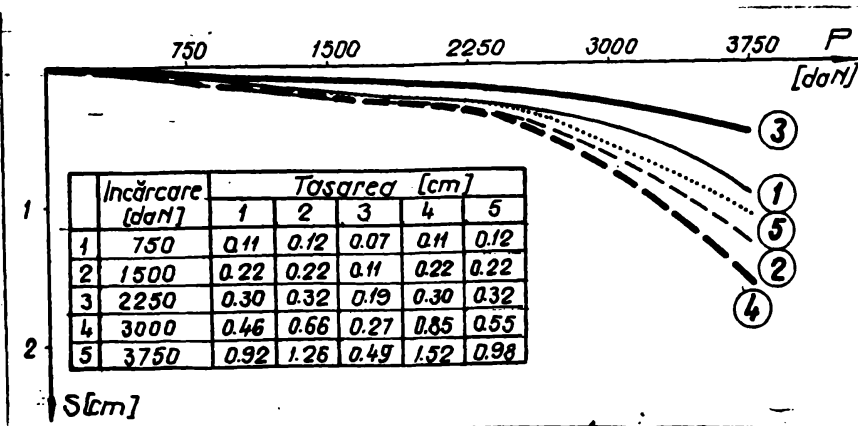


Fig. 2.10. Curbele de efort-deformație seria oct.-dec. 1987

In (figura 2.11, se prezintă variația valorilor medii pentru penetrarea PDU ( $N_{10\text{med}}$  și  $R_{d\text{med}}$ ) iar în fig. 2.12 se prezintă variația pe adâncime a valorilor medii pentru PDU ( $N_{10\text{cm}}$  și  $R_{d\text{cm}}$ ).

### 2.1.3.3. Penetrări statice cu con

Pe aceeași stratificație distribuite (fig. 2.9) s-au executat 4 penetrări statice cu con, a căror valori, obținute după prelucrarea conform prescripțiilor se prezintă în anexa (2.6).

## 2.2. CERCETARI EXPERIMENTALE " IN SITU "

Pentru realizarea experimentărilor s-au căutat și folosit două amplasamente, cu stratificații similare celor din laborator (cu nisipuri dar și alte intercalații). Din considerente practice au fost stabilite: amplasamentul catedrei de drumuri, fundații și instalații în construcții "Catedră" precum și un amplasament din apropiere; zona stadionului "Politehnica" folosindu-se și unele experimentări de pe amplasamentul CET Timișoara.

Pentru efectuarea experimentărilor s-au folosit penetrometrul dinamic ușor cu con (PDU) respectiv penetrometrul dinamic ușor cu con și cu manta (PDUm), pregătite pentru adâncimea pînă la 6 m.

### 2.2.1. Rezultatele experimentale obținute pe amplasamentul "catedră"

In vederea creerii unor posibilități de corelare corespunzătoare rezultatelor penetrărilor ce s-au făcut pe acest amplasament a fost necesar să se execute caracteristicile geotehnice ale stratificației existente. In (tabelul 2.3) se prezintă stratificația și unele caracteristici geotehnice ale acesteia.

Tabelul 2.3. Caracteristici geotehnice - amplasament "catedră"

Cota	grosimea stratului [m]	denumirea stratificației	compoziția granulometr.				$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	n [%]	I <sub>c</sub>	I <sub>p</sub> [%]	I <sub>D</sub>	$\phi$	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E [daN/cm <sup>2</sup> ]
			P <sub>i</sub>	N <sub>i</sub>	P <sub>r</sub>	A <sub>r</sub>								
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,6	0,6	sol vegetal și umpluturi	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,0	0,4	argilă galbenă	-	30	35	35	1,65	57	0,97	54	-	20	6	215
2,8	1,8	nisip fin ce- nii și	-	55	40	5	1,60	40	-	-	0,40	30	-	140

Pe stratificația menționată s-au efectuat câte două penetrări dinamice ușoare cu con (PDU) și câte două penetrări dinamice ușoare cu con și manta (PDUm), rezultatele măsurărilor (după calculul rezistenței dinamice) fiind prezentate în (anexa 2.7.)

Pe baza rezultatelor din anexa 2.7., în (figura 2.13) se prezintă variația  $N_{10}$  și  $P_d$  (valori medii pentru PDU), iar în (figura 2.14) variația  $N_{10\text{cm}}$  și  $P_{d\text{cm}}$  (valori medii pentru PDU<sub>m</sub>).

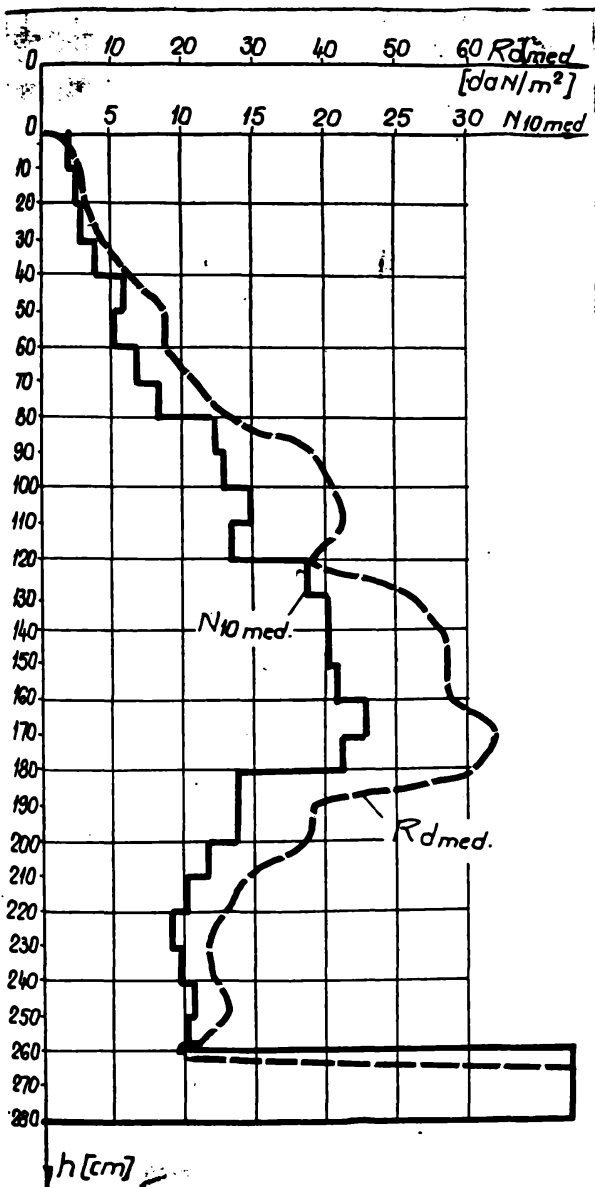


Fig. 2.11. Diagrama de penetrare dinamică și variația medie a  $N_{10}$  și  $R_d$

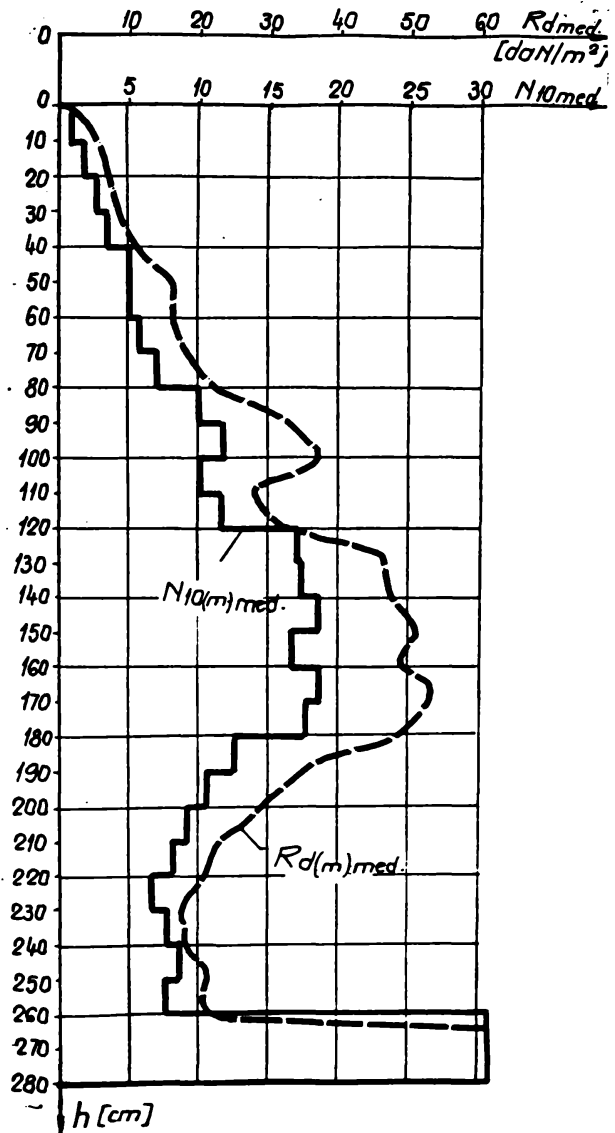


Fig. 2.12. Diagrama de penetrare dinamică și variația medie ale  $N_{10(m)}$  și  $R_{d(m)}$

### 2.2.2. Rezultatele experimentale obținute pe amplasamentul "Stadion Politehnica"

Așa cum s-a menționat mai înainte la încercările experimentale realizate cu penetrometrul dinamic ușor cu manta anexa 2.8. au fost executat lângă acestea și penetrări dinamice cu con fără manta ( anexa 2.9).

Pe baza unor studii, s-a analizat stratificația de pe amplasament, principalele caracteristici fiind prezentate în tabelul 2.4.

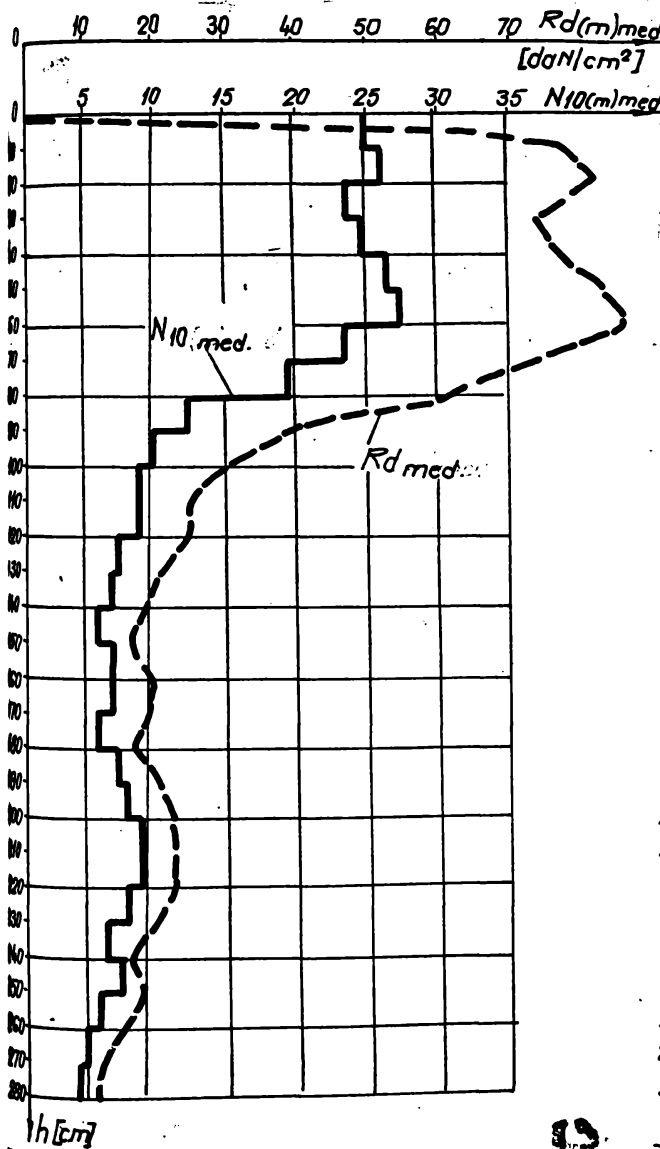


Fig. 2.13. Diagrama de penetrare dinamică cu con și variația medie ale  $N_{10}$  și  $R_d$ .

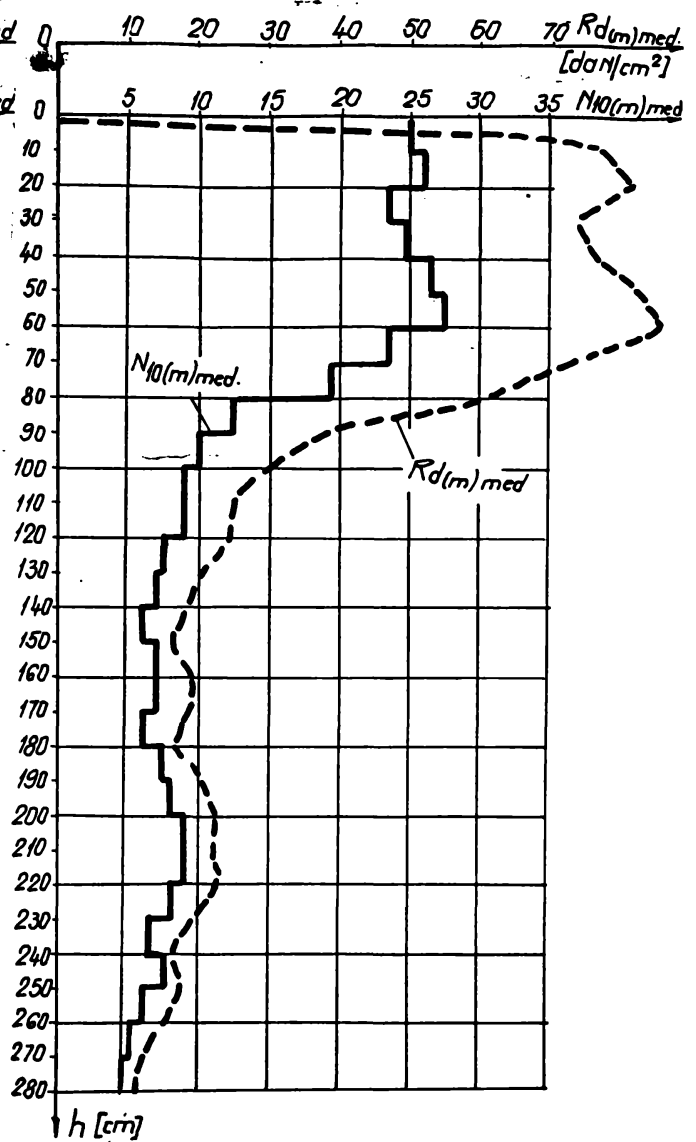


Fig. 2.14. Diagrama de penetrare cu con și variația ale  $N_{10}$  și  $R_d$ .

În figurile 2.15 și 2.16 se prezintă graficele întocmite cu datele din anexa 2.8. respectiv 2.9.

### 2.2.3. Rezultatele experimentale de pe amplasamentul CET Timișoara

#### 2.2.3.1. Aspecte generale

Centrala electrică de termoficare CET este amplasată pe o suprafață de circa 40 ha, fiind situată într-o zonă seismică de gradul 7 MSK, amplasament pe care terenul este format din pachete de pături nisipoase. Nivelul apei subterane este ridicat, cca 1,00...2,0 m față de nivelul terenului, existând astfel posibilitatea apariției fenomenului de lichefiere în unele zone



în care caracteristicile pământurilor nisipoase favorizează acest proces.

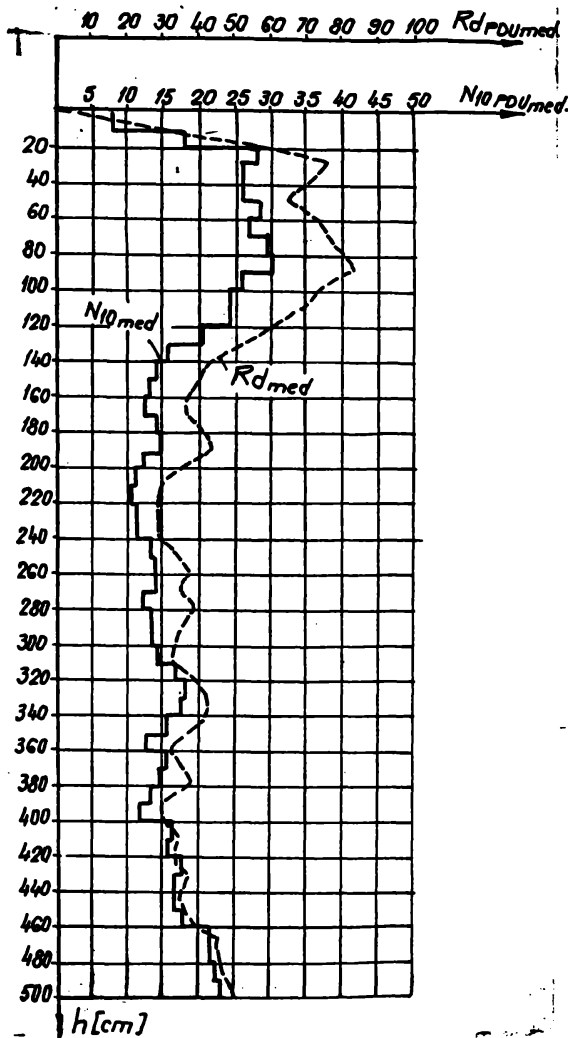


Fig. 2.15. Diagramme de penetrare dinamică cu con și variații ale  $N_{10}$  și  $R_d$

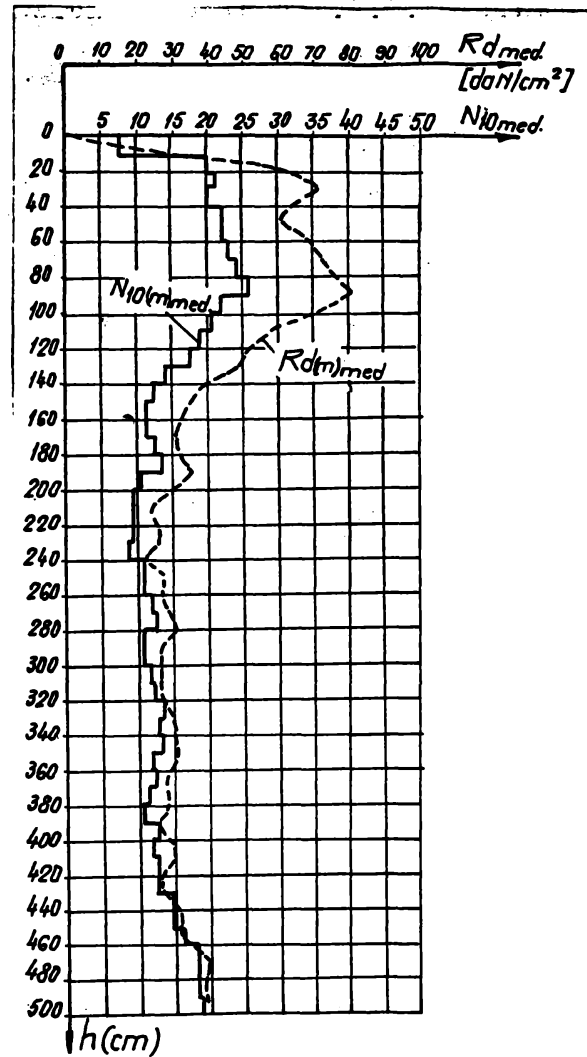


Fig. 2.16. Diagramme de penetrare dinamică cu con manta și variații ale  $N_{10(m)}$  și  $R_{d(m)}$

Stratificația din amplasament constă dintr-un complex constituit în general din nisipuri de diverse granulozități, separat în 2...4 orizonturi de intercalații lenticulare argiloase sau prăfoase.

Cercetarea terenurilor a vizat pe lângă stabilirea potențialului de lichefiere și a unor caracteristici geotehnice și studiul factorilor care furnizează producerea lichefierii în vederea luării unor măsuri pentru reducerea potențialului acestuia.

Dintre acești factori, menționați în normativ [61], s-a analizat granulozitatea și gradul de îndesare, asupra cărora se

poate acționa prin introducerea materialului de aport și compactarea mecanică de adâncime prin metode bazate pe tehnica vibrării (coloane și ploturi din materiale granulare, vibrăințepare).

Tabelul.2.4. Caracteristicile geotehnice " Stadionul Politehnica "

cota	gros. strat. [m]	denumirea stratificației	compoziția granulomet.				$\gamma$ [KN/m <sup>3</sup> ]	n [%]	I <sub>c</sub>	I <sub>p</sub> [%]	I <sub>D</sub>	$\phi$	C [KN/m <sup>2</sup> ]	E [dyn/cm <sup>2</sup> ]
			Pi	N	Pr	Ar								
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0,5	0,3	sol vegetal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1,3	1,0	argilă nisiposă	-	48	21	31	20	35	1	16	-	24	4	260
2,0	0,7	nisip fin argilos	-	55	30	15	19,5	40	-	-	0,60	30	1	165
2,40	0,4	nisip fin	-	51	39	4	20	42	-	-	0,50	23	-	180
4,64	2,10	nisip mic și mijlociu	-	57	39	4	20	42	-	-	0,55	25	-	225
la adâncime		nisip mijlociu și mare	-	80	20	-	20	33	-	-	0,62	32	-	230

Suprafața amplasamentului fiind mare iar ansamblul CET fiind format din 52 obiecte, a fost necesar un volum mare de lucrări de prospectare a terenului de fundare în vederea stabilirii condițiilor de fundare (inclusiv pentru aprecierea potențialului de lichefierea nisipurilor), lucrări care au fost executate în perioada 1978 - 1980 și a căror rezultate au fost studiate, selectate și prelucrate în vederea stabilirii unor corelații între rezistențele pe penetrare obținute cu diferite tipuri de penetrometre.

#### 2.2.3.2. Lucrări de teren efectuate

Cercetarea terenului de fundare prin metodele clasice de investigație - foraje cu prelevări de probe și determinări de laborator au fost efectuate de ISPH București prin executarea unui număr de peste 130 de foraje conduse până la adâncimi cuprinse între 10 și 30 m.

Intrucât pe adâncimea cercetată predomină pământurile nisipoase din care nu a fost posibilă prelevarea probelor netulburate, iar determinările curente de laborator nu furnizează indicații suficiente asupra potențialului de lichefiere a pământurilor, a fost necesară executarea, de către colectivul de fundații al catedrei DFIC, a unor investigații ale terenului, "in situ" prin sondeje de penetrare statică și dinamică cu con.

Sonda jele de penetrare s-au executat în imediata vecinătate a forajului pentru a avea indicații asupra stratificației terenului ele fiind necesare pentru determinarea unor caracteristici geotehnice și pentru aprecierea potențialului de lichefiere a pământurilor necoezive, sau între foraje pentru verificarea omogenității terenului de fundație din zona investigată.

Sonda jele de penetrare statică în număr de 45 s-au executat cu penetrometrul static hidraulic montat pe autolaboratorul catedrei, echipat cu con cu suprafața de  $15 \text{ cm}^2$  și cu manta de 50 cm lungime, pentru evidențierea frecării laterale. Ele au fost conduse pînă la adîncimi cuprinse între 8,0 - 20,0 m. Pe baza datelor primare s-a determinat diagrama de variație a rezistenței  $R_p$  și frecarea laterală pe lungimea de 50 cm,  $F_l$ , fig.2.17.

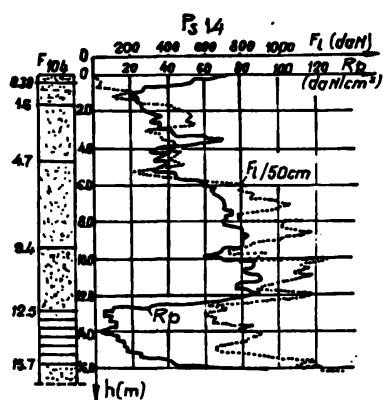


Fig.2.17. Diagramă de penetrare statică CET Timișoara

Sonda jele de penetrare dinamică cu con s-au efectuat cu penetrometrul dinamic ușor PDU cu acționare manuală și cu penetrometrul dinamic mijlociu PDM cu acționare mecanică, avînd caracteristicile prezentate în anexa 2.10.

Cele 47 sonda jele de penetrare PDU (fig.2.18) au fost conduse la adîncimi între 4,50 ... 7,00 m, fiind oprite la cota la care numărul de lovituri  $N_{10} > 50 \text{ lov}/10 \text{ cm}$  pe adîncimea de cel puțin 50 cm.

Adîncimile sondajelor de penetrare PDM (fig.2.19), în număr de 58 variază între 8,0 ... 20 m, în funcție de caracteristicile obiectului (pe amplasamentul cărui au fost executate), caracteristici care influențează asupra extinderii în adîncime a zonei active.

Datele oferite de sonda jele de penetrare statică adică  $R_p$ , au servit la aprecierea unor caracteristici geotehnice ale pământului conform normativului C 154 - 83 [127].

Pe baza numărului de lovituri  $N_{10}$  (PDU) și  $N_{10}$  (PDM) s-a apreciat gradul de îndesare, utilizînd o relație stabilită de Melzer [55] corectată pentru situația reală de pe amplasament.

Studiul potențialului de lichefiere a pământurilor de pe amplasament s-a efectuat prin coroborarea datelor furnizate de investigațiile clasice și "in situ" pe baza cărora s-au analizat factorii care furnizează producerea fenomenului de lichefiere.

Un mod simplu de stabilire a zonelor cu pământuri susceptibile de lichefiere constă în utilizarea diagramelor de penetrare dinamică cu con peste care se suprapun diagramele etalon, obținute pe baza unor studii efectuate cu penetrometrul standard și adoptate la PDU și PDM (fig.2.18 și 2.19) [31].

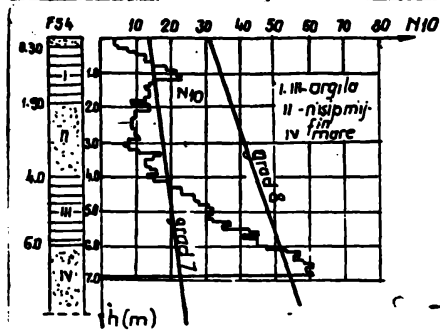


Fig.2.18. Diagramă de penetrare dinamică PDU

Dacă diagrama de penetrare este în stînga diagramei etalon, terenul prezintă fenomenul de lichefiere corespunzător gradului seismic respectiv, în caz contrar pământul nu prezintă acest fenomen pentru situația dată.

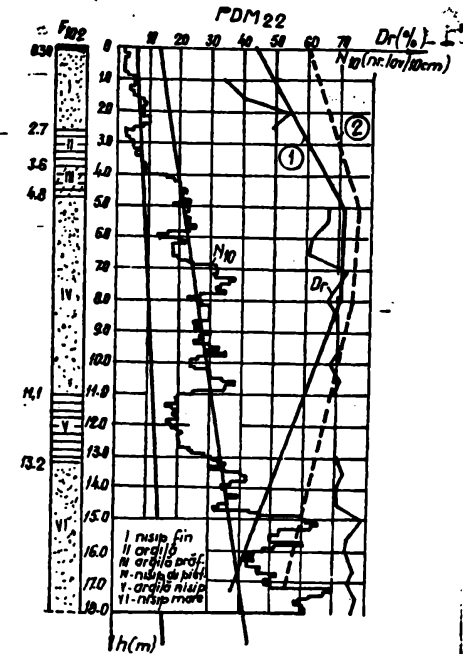


Fig.2.19. Diagramă de penetrare dinamică PDM

Imagine clară asupra potențialului de lichefiere a pământurilor de pe amplasamentul unui obiect este oferită de forța de lichefiere (fig.2.20) în care sint delimitate zonele cu pământuri lichefiabile din punct de vedere al granulozității de penetrare dinamică.

### 2.3. PRELUCRAREA DATELOR EXPERIMENTALE DE PENETRARE SI CORELATII DE CALCUL

#### 2.3.1. Aspecte teoretice cu privire la prelucrare și interpretare.

Studiile experimentale de laborator și de pe diverse amplasamente precum și volumul mare de date primare existente la catedra DFIC, (predominante fiind cele de pe platforma CET Timișoara,) obținute prin executarea în paralel a sondejelor de penetrare cu mai multe tipuri de penetrometre (static, PDU cu și fără manta, PDM și vobropenetrometru) au oferit posibilitatea stabilirii unor corelații prin prelucrarea statistică a acestora.

Prelucrarea datelor au vizat stabilirea unor corelații între rezistența la penetrare determinată cu diverse tipuri de pénéto-metre în vederea trecerii de la una la alta, fapt ce oferă posibi-

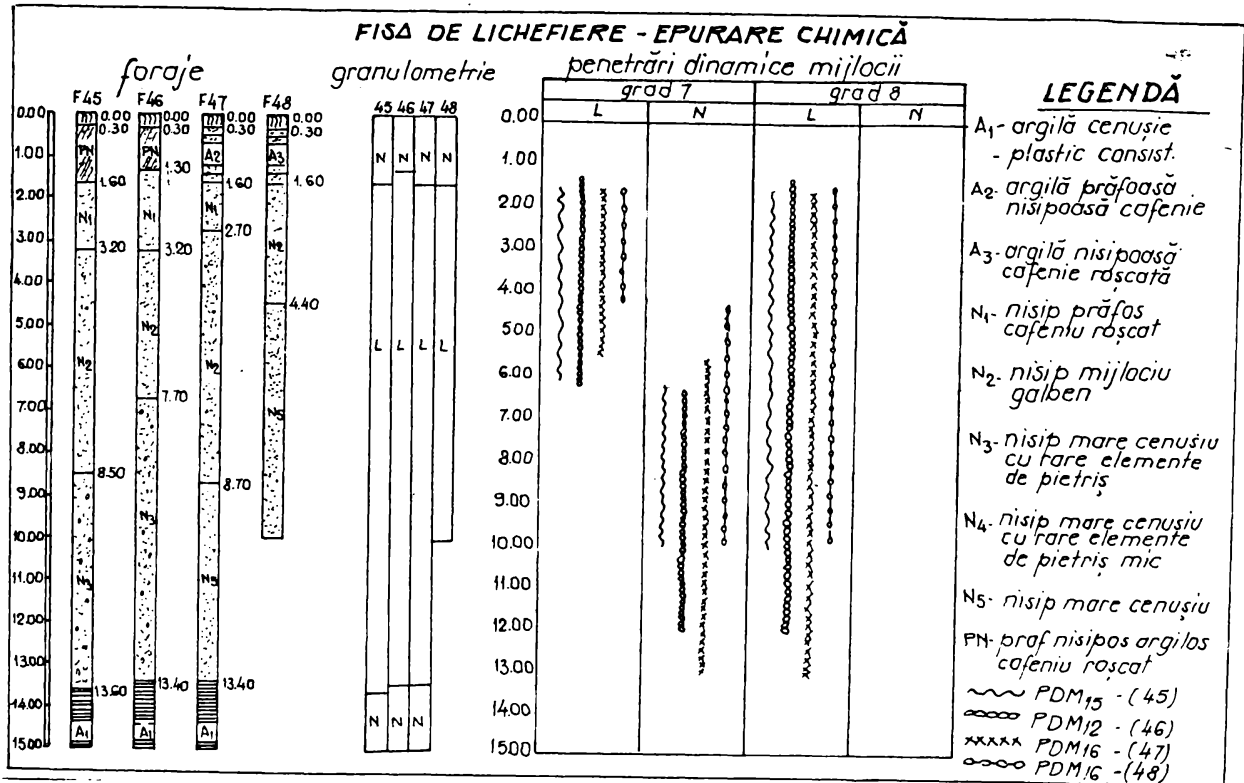


Fig.2.20. Fișa de lichefiere.

litatea utilizării unui număr mai mare de corelații existente în normativele tehnice și literatura de specialitate pentru stabilirea unor caracteristici geotehnice ale terenului și posibilitatea stabilirii cantitative a unor factori de influență cum ar fi frecarea laterală pe coloane de tije a penetrometrului dinamic.

Datele experimentale sub formă de rezistență statică, dinamică, număr de lovituri ( $N_z$ ) etc, sînt variabil afectate de erori aleatoare fiind caracterizate prin dependență stocastică [30]; [92.]

În cele ce urmează se vor trata cîteva aspecte generale ale prelucrării statistice în cazul dependenței stocastice, urmînd să se particularizeze pentru corelațiile stabilite.

Pentru studiul dependenței între două variabile, fiecare dintre ele fiind supusă la o împrăștiere aleatoare (necontrolată) s-a aplicat metoda de analiză a corelației, [92], care studiază legea medie de comportare a fiecăruia dintre variabile în funcție de valorile celeilalte și măsura dependenței dintre variabilele considerate. Atribuind fiecărei valori a uneia dintre variabile,

media valorilor corespunzătoare ale celeilalte se obține funcție de regresie, reprezentabile grafic prin curba de regresie [30]; [32]; [48].

Corelația dintre mărimile  $x$  și  $y$  este liniară dacă ambele funcții de regresie sînt liniare. Pantele dreptelor de regresie se exprimă prin coeficientul de corelație, care este măsura de pendenței liniare dintre mărimile  $x$  și  $y$ .

Dreapta de regresie a lui  $y$  asupra lui  $x$ , respectiv a lui  $x$  asupra lui  $y$  se determină cu relațiile :

$$y - b = \rho \frac{\sigma_y}{\sigma_x} (x - a) \quad (2.2)$$

$$x - a = \rho \frac{\sigma_x}{\sigma_y} (y - b) \quad (2.3)$$

unde,  $a = Mx$  și  $b = My$  sînt centrele repartițiilor variabilelor  $x$  și  $y$  iar  $\sigma_x^2$  și  $\sigma_y^2$  dispersiile lor.

Coeficientul de corelație  $\rho$  se calculează cu relația :

$$\rho = \frac{1}{\sigma_x \cdot \sigma_y} (M(xy) - My Mx) \quad (2.4.)$$

Estimațiile nedepasate și consistente ale valorilor medii teoretice  $a$  și  $b$  sînt valorile medii empirice :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad \bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \quad (2.5)$$

Estimațiile nedepasate și constante ale depresiilor și  $\sigma_y^2$  sînt dispersiile empirice :

$$s_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\bar{x})^2 \cdot n \right] \quad (2.6)$$

$$s_y^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{y})^2 = \left[ \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n y_i^2 - (\bar{y})^2 \cdot n \right]$$

Coeficientul empiric de corelație este dat de relația :

$$r = \frac{1}{s_x s_y} \cdot \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) = \frac{1}{s_x s_y} \cdot \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n x_i y_i - \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot n \right] \quad (2.7)$$

Momentul empiric de corelație este :

$$M = \frac{1}{n-1} \left[ \sum_{i=1}^n m x_i y_i - \bar{x} \cdot \bar{y} \cdot n \right] \quad (2.8)$$

în care :  $m$  - reprezintă numărul valorilor asemenea semnificația coeficientului de corelație se verifică cu inegalitatea :

$$H = |r| \sqrt{n-1} \geq H_{cr} \quad (2.9)$$



unde :  $H_{cr}$  - este valoarea critică pentru nivelul de încredere  $P$  impus.

Folosind datele experimentale, parametri ecuațiilor 2.2 și 2.3. se estimează cu ajutorul formulelor 2.5, 2.6 și 2.7. Aceste estimări determină dreptele de regresie empirice, care au ecuațiile :

$$y - \bar{y} = r \frac{s_y}{s_x} (x - \bar{x}) \quad (2.10)$$

$$x - \bar{x} = r \frac{s_x}{s_y} (y - \bar{y}) \quad (2.11)$$

Coeficientul de regresie empiric a lui  $y$  asupra lui  $x$ ,  $b_{y/x}$  respectiv a lui  $x$ , adică  $b_{x/y}$  se calculează [92] cu relațiile :

$$b_{y/x} = r \frac{s_y}{s_x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n (\bar{x})^2} \quad (2.12)$$

$$b_{x/y} = r \frac{s_x}{s_y} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i y_i - n \cdot \bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum_{i=1}^n y_i^2 - n (\bar{y})^2} \quad (2.13)$$

Dacă ecuația dreptei teoretice de regresie se scrie sub forma :

$$y = b + \beta_{y/x} (x - a) \quad (2.14)$$

atunci limitele de încredere pentru parametrul,  $b$  sînt :

$$\bar{y} \pm \sqrt{\frac{n-1}{n-2}} \cdot \frac{s_y}{\sqrt{n}} \cdot \sqrt{1-r^2} \quad (2.15)$$

iar pentru coeficientul de regresie :  $\beta_{y/x}$

$$b_{y/x} \pm t \frac{s_y \cdot \sqrt{1-r^2}}{s_x \cdot \sqrt{n-2}} \quad (2.16)$$

unde valorile factorului  $t = t(\alpha, k)$  sînt corespunzătoare repartiției student pentru numărul de grade de libertate  $k = n-2$  [92].

Verificarea ipotezei de liniaritate se calculează [30] cu relația :

$$F \leq F_{cr} \quad (2.17)$$

unde,  $F$  se calculează cu relația :

$$F = \frac{\frac{1}{l-2} \sum_{j=1}^l m_j \left[ \bar{y}_{/x_j} - \bar{y} - r \frac{s_y}{s_x} (x_j - \bar{x}) \right]^2}{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^l (m_j - 1) \cdot s_{y/x_j}^2} \quad (2.18)$$

iar  $F_{cr}$  se ia din tabelul [28] pentru  $k_1 = l - 2$  și  $k_2 = n-1$ .

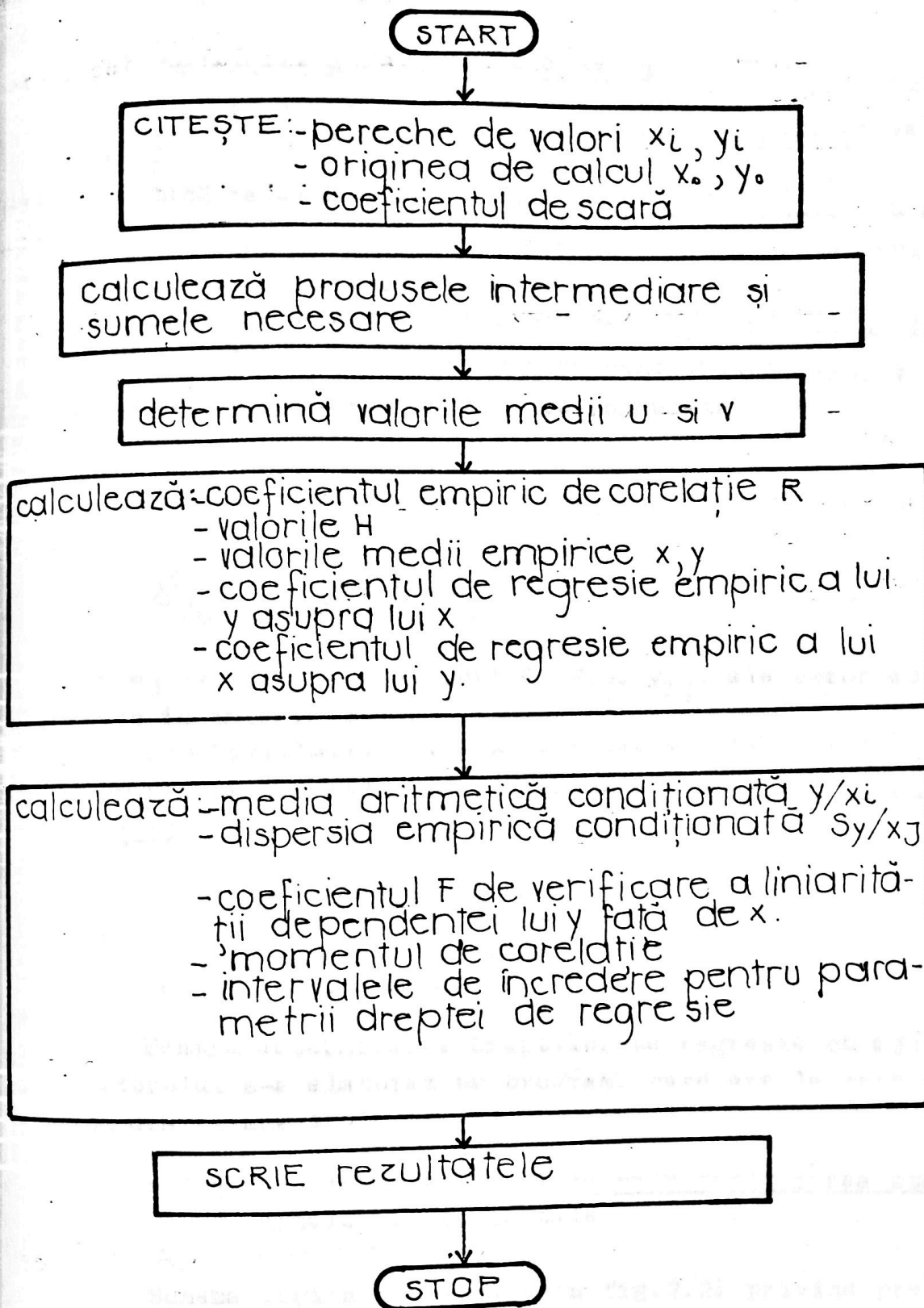


fig. 2.21 Schema logică a programului de calcul

pentru un anumit nivel de încredere  $\rho$ ,  $l$  - fiind numărul de intervale ( $l \geq 8 \dots 10$ ) în care se împarte gama de valori măsurate  $x$ .

Dacă relația 2.17 nu este satisfăcută atunci cu nivelul de încredere  $\rho$  se respinge ipoteza privind caracterul de liniaritate al dependenței  $y$  față de  $x$ .

Pentru fiecare interval de rang ( $j$ ) cu centrul în punctul  $x_j$  se calculează media aritmetică condiționată  $\bar{y}/x_j$  și dispersia empirică condiționată  $s^2_{y/x_j}$  cu formulele :

$$\bar{y}/x_j = \frac{1}{m_j} \sum_{i=1}^{m_j} y_{ij} \quad (2.19)$$

$$s^2_{y/x_j} = \frac{1}{m_j - 1} \sum_{i=1}^{m_j} (x_{ij} - \bar{y}/x_j)^2 \quad (2.20)$$

unde  $m_j$  este numărul de puncte  $(x_{ij}, y_{ij})$  ale căror abscise se găsesc în intervalul  $j$ .

Corelațiile stabilite cu relațiile 2.10 și 2.11 se efectuează cu abaterile medii pătratice corespunzătoare calculate cu relațiile :

$$s^*_y = \sqrt{\frac{\sum m y_i^2}{n} - \bar{y}^2} \quad (2.21)$$

$$s^*_x = \sqrt{\frac{\sum m x_i^2}{n} - \bar{x}^2} \quad (2.22)$$

Pentru determinarea dreptelor de regresie cu ajutorul calculatorului s-a elaborat un program, care are la bază schema logică din figura 2.21.

### 2.3.2. Corelațiile stabilite prin prelucrarea statistică a datelor experimentale

Schema logică prezentată în fig. 2.21 privind prelucrarea datelor experimentale dă posibilitatea stabilirii rapide a unor corelații între variabile afectate de erori aleatoare, determinate în condiții controlate de laborator sau pe teren.

Multitudinea de factori, care influențează rezistența de penetrare, depinde de particularitățile amplasamentului [28]; [55] nu permite stabilirea unor relații cu valabilitatea generală, fapt pentru care stabilirea unor corelații cu valabilitatea locală prezintă interes deosebit, în special în cazul amplasamentelor mari, la care înlocuirea lucrărilor clasice de investigație

prin sondaje de penetrare aduce economii importante.

### 2.3.2.1. Prelucrarea datelor obținute prin încercările de laborator

Programul experimentărilor de laborator efectuate în condițiile prezentate în §.2.1., a furnizat date pe baza cărora s-a evidențiat influența frecării laterale pe coloana de tije a penetrometrului PDU, rezultate, puse în evidență în fig.2.7, 2.8, 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15 și 2.16 (prezentate anterior).

Rezistențele de penetrare obținute prin efectuarea în paralel a penetrărilor statice, dinamice PDU cu și fără manta au fost prezentate, în vederea stabilirii corelațiilor, care să asigure obținerea unor rezistențe la penetrare exprimate prin numărul de lovituri pentru pătrundere constantă,  $N_{10}$  sau prin rezistența dinamică  $P_d$ , degrevate de influența frecării pe coloana de tije. Acest fapt duce la creșterea preciziei prelucrărilor calitative și cantitative a rezultatelor penetrărilor, știut fiind că majorarea artificială a rezultatelor penetrării duce la concluzia eronată privind îmbunătățirea parametrilor geotehnici ai pământului.

Intrucât sondajele de penetrare dinamică, cu manta, sînt mai greu executate, iar la ora actuală în ESR ca și în majoritatea țărilor nu se realizează astfel de penetrometre, stabilirea corelațiilor prin care se trece de la rezistența de penetrare fără manta la rezistența de penetrare cu manta, respectiv stabilirea accelerațiilor în funcție de rezistența la penetrare statică  $P_p$  oferă posibilitatea să se țină seama de influența frecării laterale.

Rezistențele la penetrare obținute în stratul de nisip mic și mijlociu avînd granulozitatea prezentată în fig.2.4. (curba 1) s-au folosit pentru stabilirea unor corelații, datele primare utilizate fiind trecute în listingurile corespunzătoare, prezentate în anexa 2 a lucrării.

În tabelul 2.5. sînt trecute datele necesare prelucrării statistice pe baza cărora s-au calculat ecuațiile drepte de regresie, care exprimă corelația dintre numărul de lovituri  $N_{10}$  (PDU(m)(cu manta) și rezistența la penetrare statică  $P_p$  valori luate din listingul purtînd același număr cu tabelul. (aici listingul 2.5.).

Tabelul 2.5. Valori calculate pentru stabilirea corelației  
 $R_p$ ,  $N_{10}$ ,  $PDU_m$

mărime de calcul	nota- tie	valoarea calculată	observatii
0	1	2	3
abatere medii em- pirice	$\bar{x}$ $\bar{y}$	9,036 46,693	rel. 2.5
dispersia empirică	$S_x^2$ $S_y^2$	50,15609 695,0635	rel. 2.6
abaterea medie empirică	$S_x$ $S_y$	7,082097 26,36407	-
moment empiric de corelație	M	175,2424	rel. 2.8
coeficient empiric de corelație	r	0,939	rel. 2.7
abaterea medie patratice	$S_y^*$	25,889	rel. 2.21
verificarea inter- valelor de încre- dere.	$H \geq H_{cr}$	4,877 > 3,064	$H \rightarrow$ rel. 2.9 $n = 28$ $H_{cr} \rightarrow$ $\Phi = 0,999$
verificarea ipotezei de liniaritate	$F \leq F_{cr}$	1,098001 < 2,74	$F \rightarrow$ rel. 2.18 $F_{cr} \rightarrow K_1 = 3$ $K_2 = 27$ $\Phi = 0,95$
intervalul de încre- dere pentru b	-	46,693 ± 6,097522	rel. 2.15
intervalul de încre- dere pentru $\beta_{y/x}$	-	3,494 ± 0,8767759	rel. 2.16
ecuația dreptei de regresie	$y = f(x)$	$y = 3,494x + 15,12$	rel. 2.10

Corelația dintre rezistența la penetrare statică și numărul de lovituri  $N_{10}$  (PLUm) se obține din ecuația dreptei de regresie afectată cu abaterea medie pătratică, în care pentru simplificarea calculului se rotunjesc valorile termenilor obținând:

$$R_p = 3,5 N_{10} PDU_m + 15,12 \pm 25,89 \quad (2.23)$$

Inversînd variabilele, cu relația 2.11. se obține :

$$N_{10} PDU_m = 0,252 R_p - 2,73 \pm 6,98 \quad (2.24)$$

În figura 2.22 sînt prezentate dreptele de regresie corespunzătoare ecuațiilor 2.23 și 2.24, fără abaterea medie patratice.

În tabelul și listingul 2.6 sînt trecute datele primare

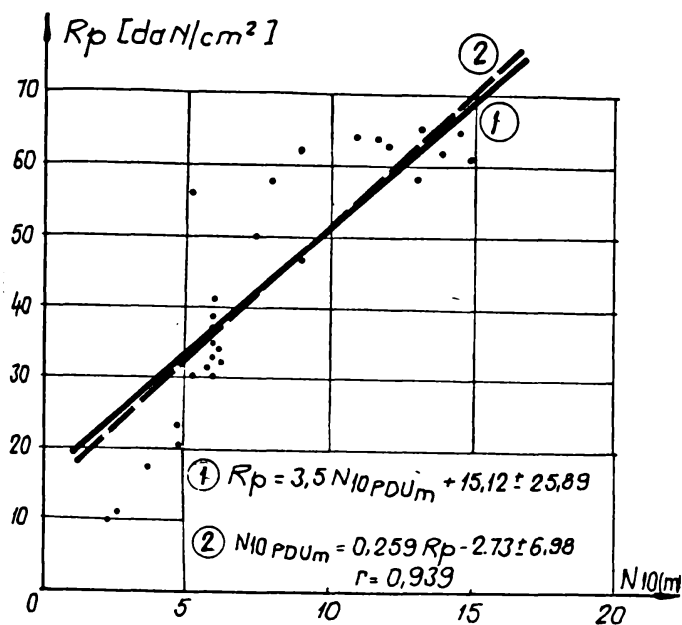


Fig. 2.22. Dreptele de regresie  $R_p$ ,  $N_{10\text{ PLU } m}$  pentru nisipul mic și mijlociu.

și de calcul necesare stabilirii corelației dintre numărul de lovituri  $N_{10\text{ PLU}}$  cu și fără manta. Pentru simplificare a tabelului au fost eliminate valorile care pot fi regăsite în listing și s-au păstrat doar cele semnificative, cum este coeficientul empiric de corecție și cele care sînt necesare verificării ipotezelor de calcul.

Tabelul. 2.6. Valori calculate pentru stabilirea corelației  $N_{10\text{ PLU } m}$  și  $N_{10\text{ PLU}}$

mărimi de calcul	notație	valoarea calculată	observații
0	1	2	3
coeficientul empiric de corelație	r	0,91	rel. 2.7
abaterea medie patratice	$S_y^*$	6,825123	rel. 2.21
verificarea intervalului de încredere	$H \geq H_{cr}$	5,095 > 3,064	H → rel. 2.8 n = 28 H → $\Phi = 0,999$
verificarea ipotezei de liniaritate	$F \leq F_{cr}$	0,3562906 < 2,74	F → rel. 2.18 k1 = 3 Fcr → k2 = 27; $\Phi = 0,95$
ecuația dreptei de regresie	$y = f(x)$	$y = 0,962x + 2,664362$	rel. 2.10

Dreptele de regresie  $N_{10\text{ PLU}}$  și  $N_{10\text{ PLU } m}$  sînt prezentate în figura 2.23 și au ecuațiile :



$$N_{10 \text{ PDU}} = 1,058 N_{10 \text{ PDU}m} + 2,66 \pm 6,83 \quad (2.25)$$

$$N_{10 \text{ PDU}m} = 0,962 N_{10 \text{ PDU}} - 2,32 \pm 6,98 \quad (2.26)$$

Cu datele primare  $N_{10 \text{ PDU}}$  și  $N_{10 \text{ PDU}m}$  s-au calculat rezistențele dinamice (relația 2.1) și s-au stabilit corelațiile utilizând datele din tabelul și listingul 2.7.

Dreptele de regresie  $R_d$ ,  $R_{d(m)}$  sînt prezentate în figura 2.24 și au ecuațiile:

$$R_d = 0,96 R_{d(m)} + 7,17 \pm 6,98 \quad (2.27)$$

$$R_{d(m)} = 0,993 R_d - 6,06 \pm 17,37 \quad (2.28)$$

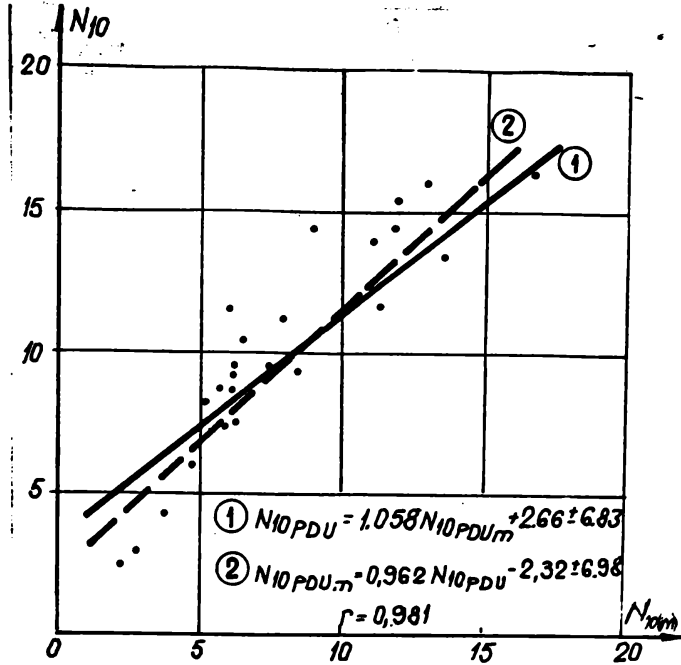


Fig. 2.23 Dreptele de regresie  $N_{10 \text{ PDU}}$ ,  $N_{10 \text{ PDU}m}$  pentru nisipul mic și mijlociu.

Tabelul 2.7. Valori calculate pentru stabilirea corelației  $R_{d(m)}$ ;  $R_d$ .

mărimi de calcul	notație	valoarea calculată	observații
0	1	2	3
coeficient empiric de corelație	r	0,976	rel. 2.7
abaterea medie patratice	$S_y^*$	16,97831	rel. 2.21
Verificarea intervalului de încredere	$H \geq H_{cr}$	5,073 > 3,064	$H \rightarrow$ rel. 2.9 $n = 28$ $H_{cr} \rightarrow \alpha = 0,999$
verificarea ipotezei de liniaritate	$F \leq F_{cr}$	0,2966149 < 2,74	$F \rightarrow$ rel. 2.18 $k_1 = 3$ $F_{cr} \rightarrow k = 27$ $\alpha = 0,95$
ecuația dreptei de regresie	$y = f(x)$	$y = 0,960 x + 7,17456$	rel. 2.10

Din analiza corelațiilor stabilite în cadrul încercărilor de laborator rezultă că diferența dintre rezistențele la penetrare

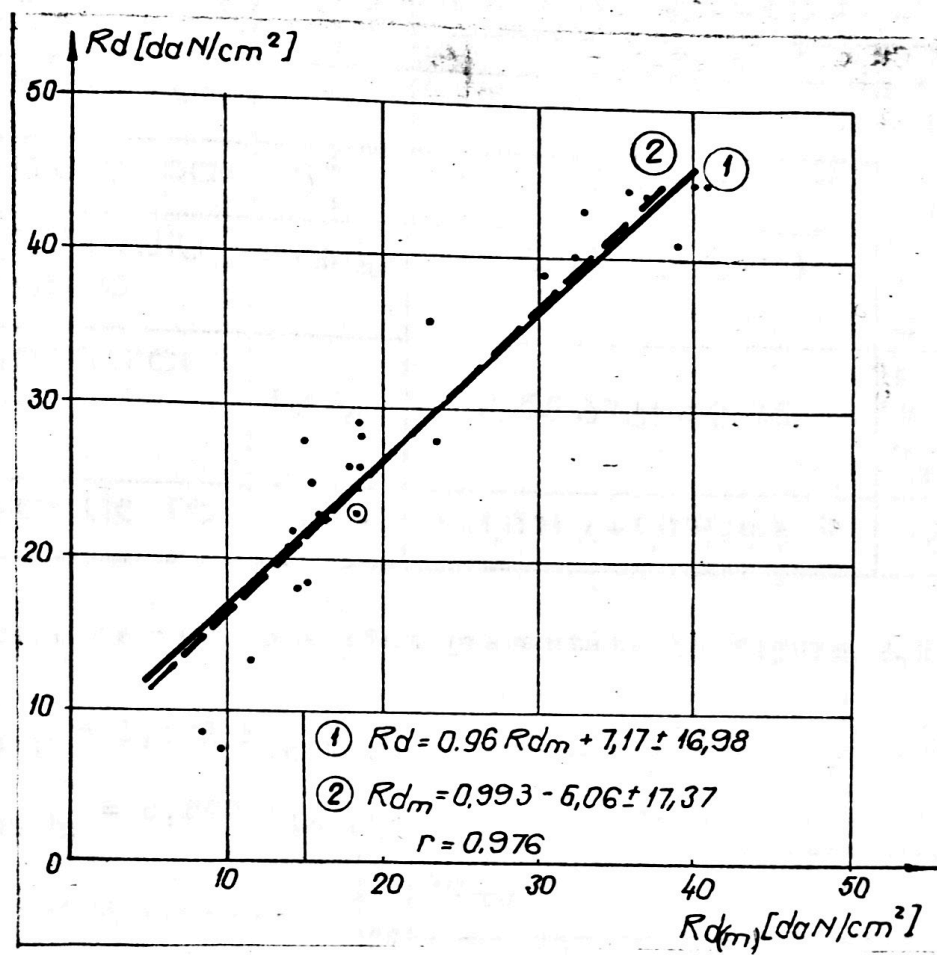


Fig.2.24. Dreptele de regresie  $R_d$  și  $R_{dm}$  pentru nisip mic și mijlociu

dinamică cu și fără manta este de cca 10 % pentru adîncimea de 80 cm la care s-a găsit stratul de nisip mic și mijlociu.

2.3.2.2. Prelucrarea datelor experimentale obținute "în situ"

În §.2.2. sînt prezentate rezultatele datelor experimentale obținute pe amplasamentul catedrei DFIC și a Stadionului Politehnica, amplasamente pe care s-a înterceptat un strat de nisip mic și mijlociu cu granulozitate foarte apropiată de a nisipului utilizat în laborator.

În tabelul și listingul 2.8. sînt trecute datele primare și cele de calcul pe baza cărora s-au stabilit corelațiile  $N_{10}$  PDU și  $N_{10}$  PDUm.

Tabelul 2.8. Valori calculate pt. stabilirea corelației  
 $N_{10\text{ PDU}}$  și  $N_{10\text{ PDUm}}$ .

mărimi de calcul	notație	valoarea calculată	observații
0	1	2	3
coeficient empiric de corelație	$r$	0,957	rel. 2.7
abaterea medie pătratică	$S_y^*$	4,767431	rel. 2.21
Verificarea intervalului de încredere	$H \geq H_{cr}$	8,923 > 3,219	$H \rightarrow$ rel. 2.9 $H_{cr} \rightarrow n = 88$ $\varphi_{cr} = 0,999$
Verificarea ipotezei de liniaritate	$F \leq F_{cr}$	2,553731 < 2,75	$F \rightarrow$ rel. 2.18 $K_1 = 7$ $F_{cr} \rightarrow K_2 = 87$ $\varphi^2 = 0,99$
ecuația dreptei de regresie	$y = f(x)$	$y = 1,021x + 1,931693$	rel. 2.10

Dreptele de regresie sînt prezentate în figura 2.25 și au ecuațiile:

$$N_{10\text{ PDU}} = 1,021 N_{10\text{ PDUm}} + 1,93 \pm 4,77 \quad (2.29)$$

$$N_{10\text{ PDUm}} = 0,897 N_{10\text{ PDU}} - 0,894 \pm 4,46 \quad (2.30)$$

Comparînd corelațiile obținute pe baza datelor de laborator și teren se relevă diferențe foarte mici între coeficienți, ceea ce conduce la valori calculate apropiate.

Cu ajutorul diagramelor din figura 2.25 se poate determina foarte ușor și rapid valoarea rezistenței la penetrare degrevată de frecarea laterală, necesară interpretării mai exacte a datelor penetrării.

2.3.2.3. Prelucrarea datelor de teren CET Timișoara.

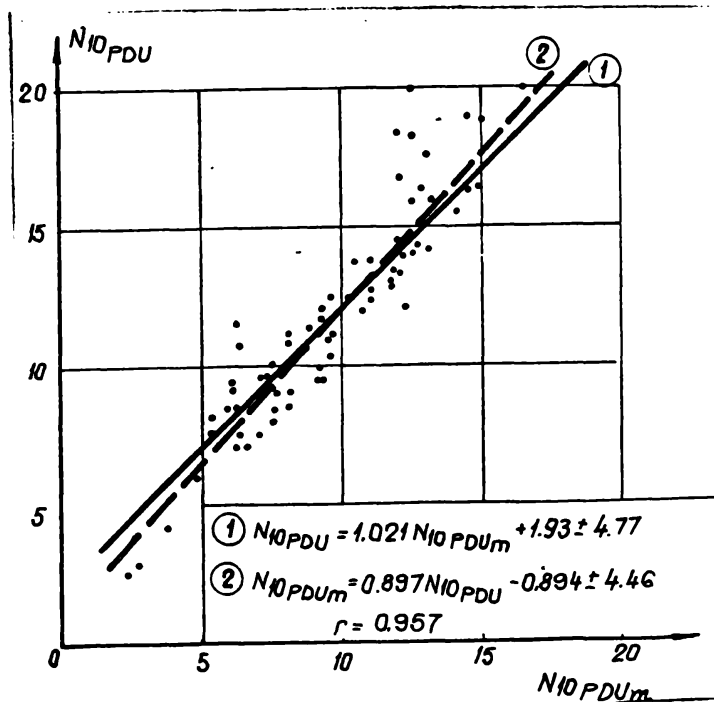


Fig. 2.25. Dreptele de regresie  $N_{10\text{ PDU}}$

$N_{10\text{ PDUm}}$  - nisip mic și mijlociu  
 amplasament cadtera DTIC și stadion  
 Politehnica

Volumul foarte mare de date primare, rezultate din sondele de penetrare efectuate cu diverse penetrometre, corelate cu lucrările clasice de investigație, au oferit posibilitatea obținerii unor corelații prin care se stabilește legătura dintre rezistențele la penetrare obținute cu diverse penetrometre pentru categoriile de teren interceptate în cadrul lucrărilor de teren de pe platforma CET Timișoara, facilitând prelucrarea cantitativă a acestora prin utilizarea unui număr mai mare de relații existente în literatura de specialitate.

Calculând numărul de lovituri  $N_{10}$  în funcție de rezistența la penetrare statică  $F_p$  există posibilitatea aprecierii potențialului de lichefiere a pământurilor nisipoase cu ajutorul diagramei etalon în zonele în care sînt efectuate numai sondele de penetrare statică.

Diagramele de penetrare cuplate cu stratificația terenului interceptată în foraje, aflate în arhiva catedrei, au fost analizate și selectate inițial pe zone cu același profil litologic, apoi s-au grupat valorile rezistențelor la penetrare corespunzătoare terenului cu granulozitate foarte apropiată. Astfel, s-au obținut corelații pentru cinci tipuri cu domeniu de granulozitate prezentat în figurile 2.26-, 2.27, 2.28, 2.29, 2.30.

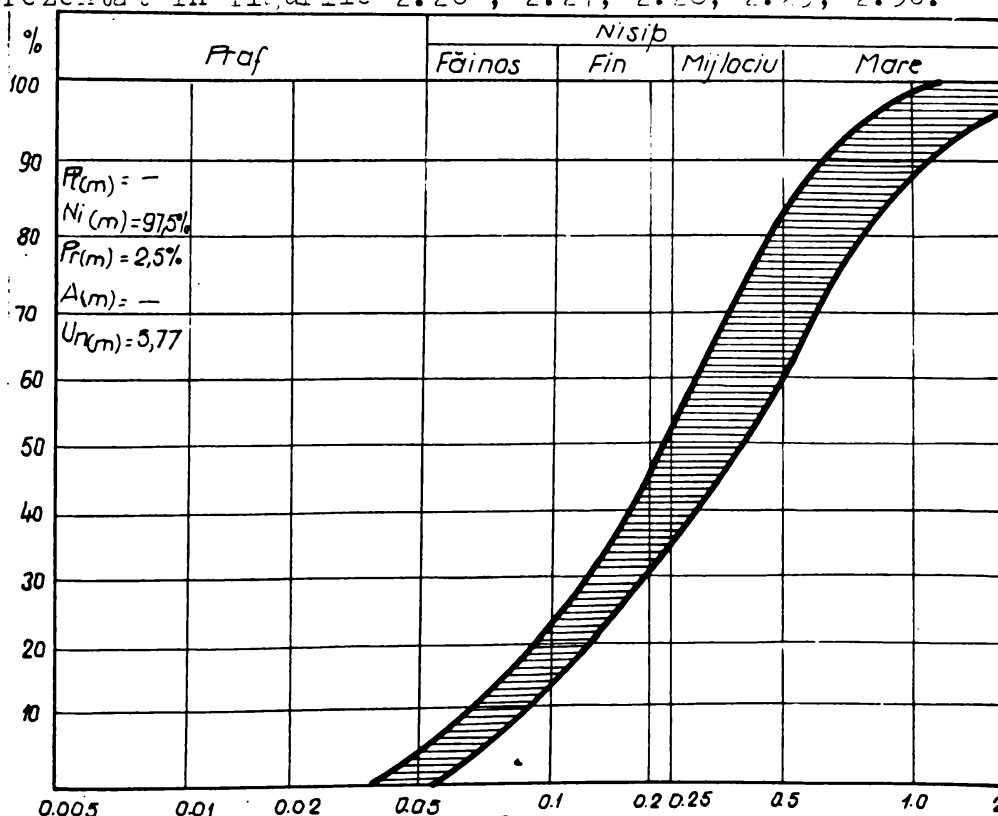


Fig. 2.26. Curba granulometrică pentru nisip mijlociu CET Timișoara. (Domeniu de încadrare).

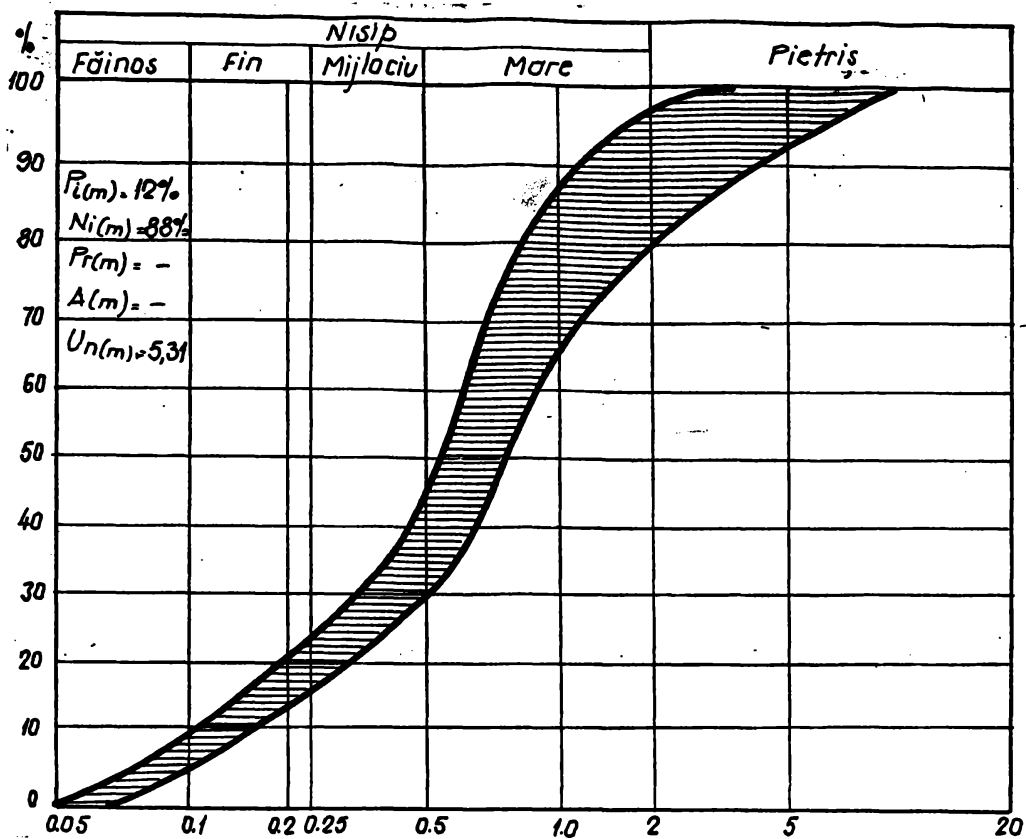


Fig.2.27. Curba granulometrică pentru nisip mare  
 CEF Timișoara (domeniu de încadrare)

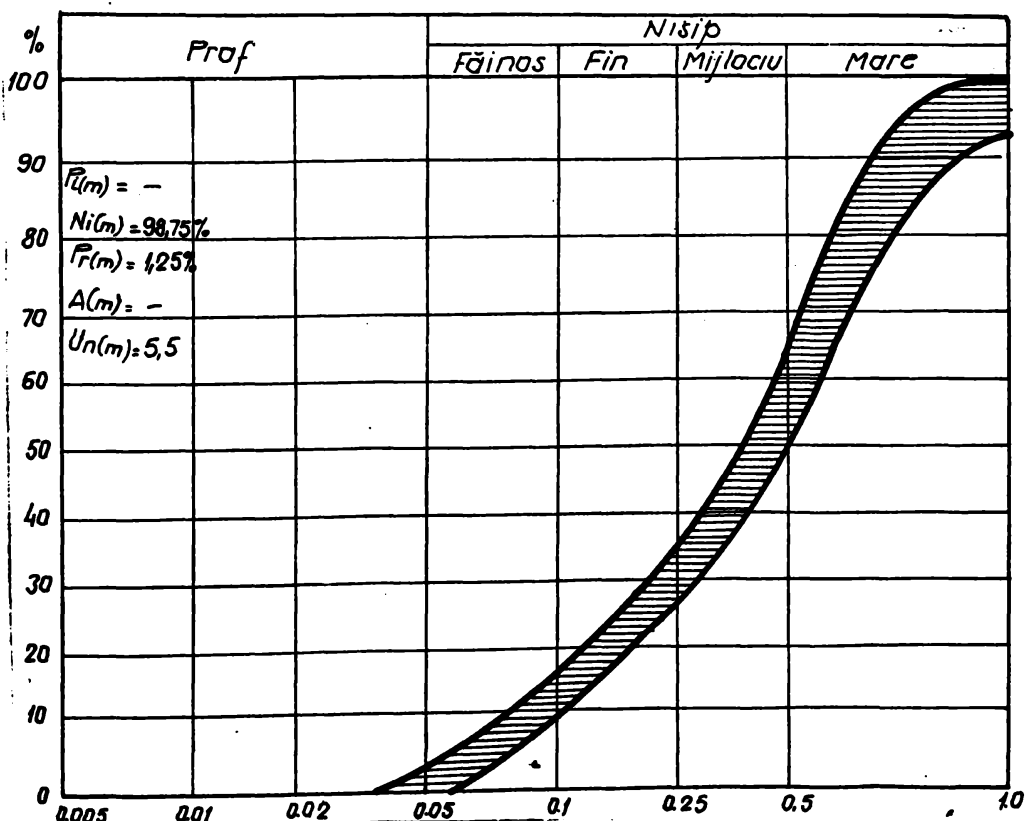


Fig.2.28. Curba granulometrică pentru nisip mare și  
 mijlociu CEF Timișoara (domeniu de încadrare)

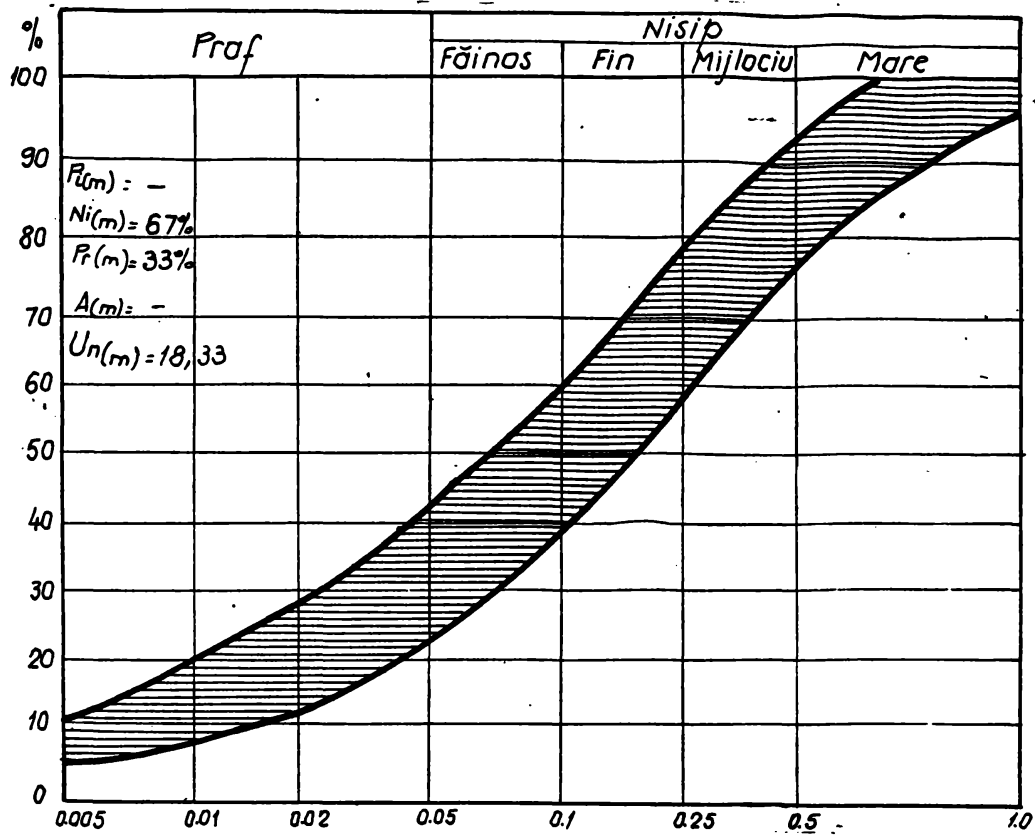


Fig.2.29. Curba granulometrică pentru nisip prafos Cei Timișoara (domeniu de încadrare)

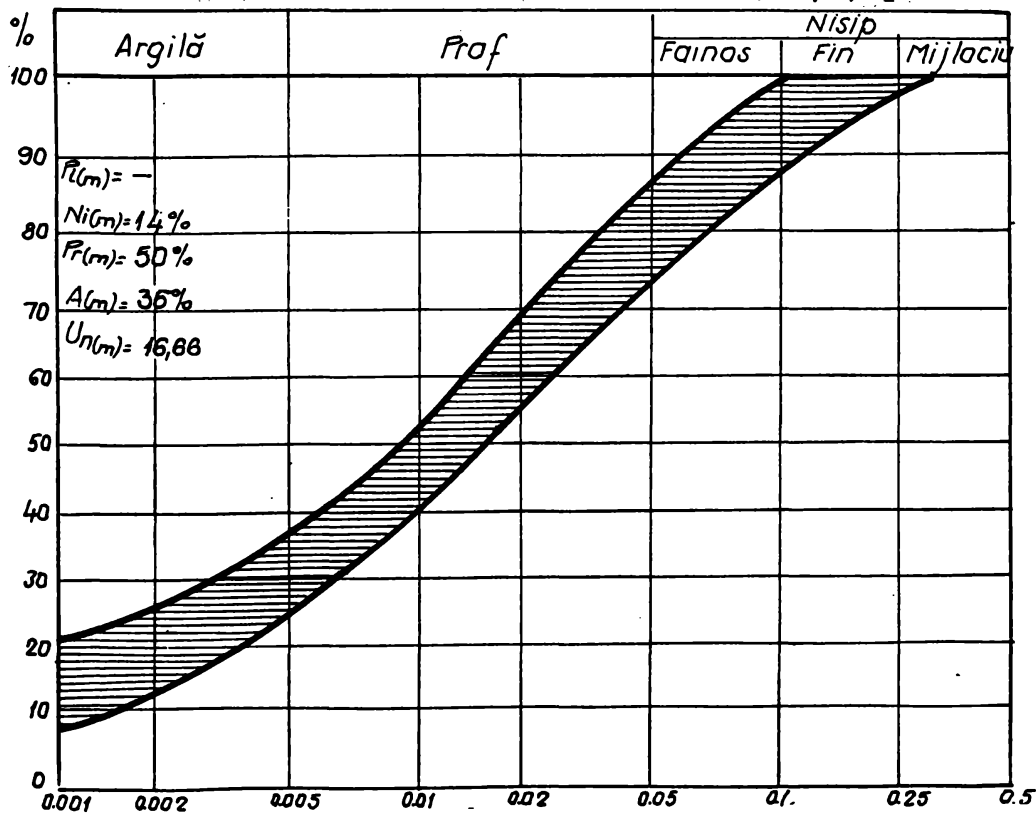


Fig.2.30. Curba granulometrică pentru argila prăfoasă Cei Timișoara (domeniu de încadrare)



Prelucrarea datelor primare s-a efectuat automat, pe baza programului elaborat, ele fiind cuprinse în listingurile anexate.

Pentru obținerea unui coeficient de corelație mai mare, în unele situații s-a aplicat metoda firelor întense [28]; [61] lucrând în scară logaritmică ( fig.2.31 ) sau în scară semilogaritmică (fig.2.32.).

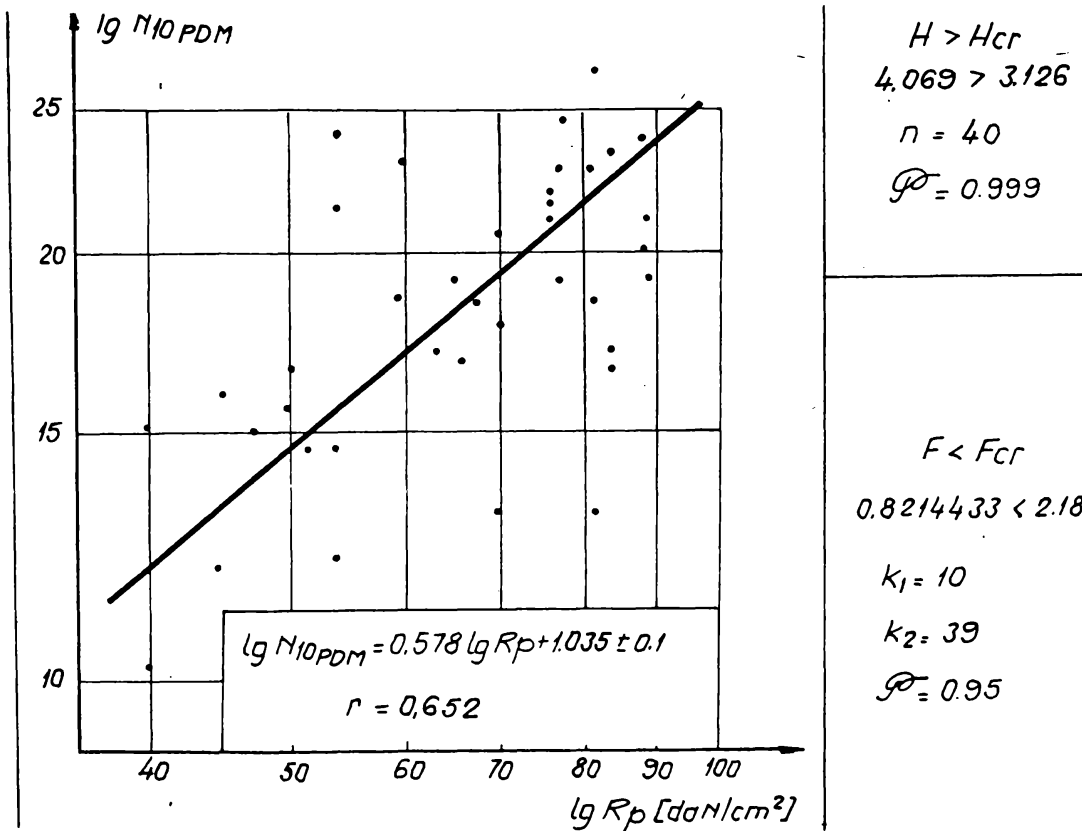
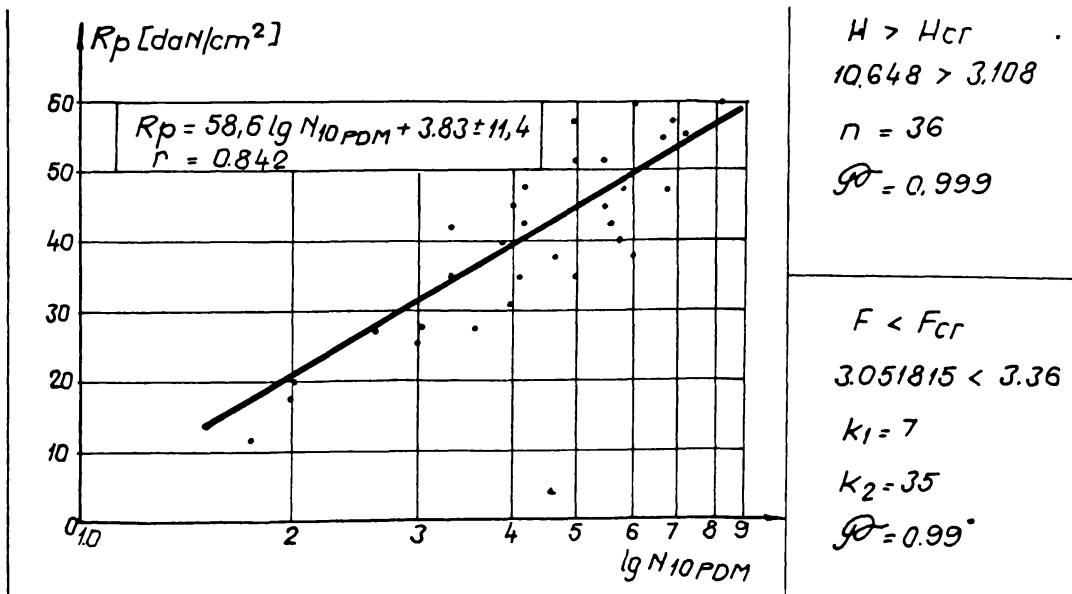


Fig.2.31. Dreapta de regresie  $N_{10} PDM$ ;  $R_p$  - nisip mare și mijlocie CET Timișoara.



Intrucît metodologia de calcul a fost prezentată în detaliu în paragrafele anterioare, în cele ce urmează se va face o prezentare sintetică a corelațiilor obținute, tabelul 2.9. în care Tabelul.2.9. Tabel centralizator al corelațiilor stabilite pentru CET Timișoara

natura terenului (gradulozitate)	ecuația dreptei de regresie și corelația dintre valori	rel. nr.	listing nr.	fig. nr.
0	1	2	3	4
nisip mijlociu (fig. 2.26)	$Y = 0,116 X + 0,100372$ $N_{10} PDM = 0,116 R_p + 0,1 \pm 0,9$	2.31	2.9	2.33
	$Y = 0,474 X - 0,341294$ $R_d PDM = 0,474 R_p - 0,34 \pm 6,43$	2.32	2.10	
	$Y = 58,606 X + 3,831132$ $R_p = 58,6 \lg N_{10} PDM + 3,83 \pm 11,4$	2.33	2.11	2.32
	$Y = 0,522 X - 3,75$ $N_{10} PDM = 0,522 N_{10} PDU - 3,75 \pm 4,15$	2.34	2.12	2.34
	$Y = 1,397 X + 13,52$ $N_{10} PDU = 1,40 N_{10} PDM + 13,52 \pm 6,71$	2.35	2.13	
nisip mare (fig. 2.27)	$Y = 0,272 X + 3,86812$ $N_{10} PDM = 0,272 R_p + 3,87 \pm 4,45$	2.36	2.14	2.35
	$Y = 0,383 X + 9,04$ $R_d PDM = 0,383 R_p + 9,04 \pm 7,26$	2.37	2.15	2.36
nisip mare și mijlociu (fig. 2.28)	$Y = 1,926 X + 5,514214$ $N_{10} PDU = 1,93 N_{10} PDM + 5,51 \pm 10,0$	2.38	2.16	2.37
	$Y = 0,490 X - 2,1389$ $N_{10} PDM = 0,49 N_{10} PDU - 2,14 \pm 5,0$	2.39	2.17	
	$Y = 0,578 X + 1,03514$ $\lg N_{10} PDM = 0,578 \lg R_p + 1,035 \pm 0,1$	2.40	2.18	2.31
	$Y = 0,152 X + 8,37$ $N_{10} PDM = 0,152 R_p + 8,37 \pm 3,75$	2.41	2.19	2.38
	$Y = 0,2777 X - 22,67225$ $R_d PDM = 0,277 R_p - 22,62 \pm 6,95$	2.42	2.20	
nisip prăfos (fig. 2.29)	$Y = 1,848 + 12,02$ $N_{10} PDU = 1,848 N_{10} PDM + 12,02 \pm 6,93$	2.43	2.21	2.39
	$Y = 0,441 X - 3,506$ $N_{10} PDM = 0,441 N_{10} PDU - 3,51 \pm 3,4$	2.44	2.22	
argilă prăfoasă (fig. 2.30)	$Y = 2,13 X + 5,31873$ $N_{10} PDU = 2,13 N_{10} PDM + 5,32 \pm 6,75$	2.45	2.23	2.40
	$Y = 0,356 X - 0,206848$ $N_{10} PDM = 0,356 N_{10} PDU - 0,21 \pm 2,72$	2.46	2.24	
	$Y = 5,059 X - 10,931816$ $R_p = 5,06 N_{10} PDM - 10,93 \pm 27,0$	2.47	2.25	2.41
	$Y = 0,475 X + 13,368946$ $R_d PDM = 0,478 R_p + 13,37 \pm 14,75$	2.48	2.26	

sînt indicate listingurile și figurile corespunzătoare fiecăruia care cuprinzînd reprezentarea grafică a corelațiilor, se asigură obținerea rapidă a unei rezistențe la penetrare în

funcție de cealaltă. ( fig.2.33, 2.34, 2.35, 2.36, 2.37, 2.38, 2.39, 2.40, 2.41).

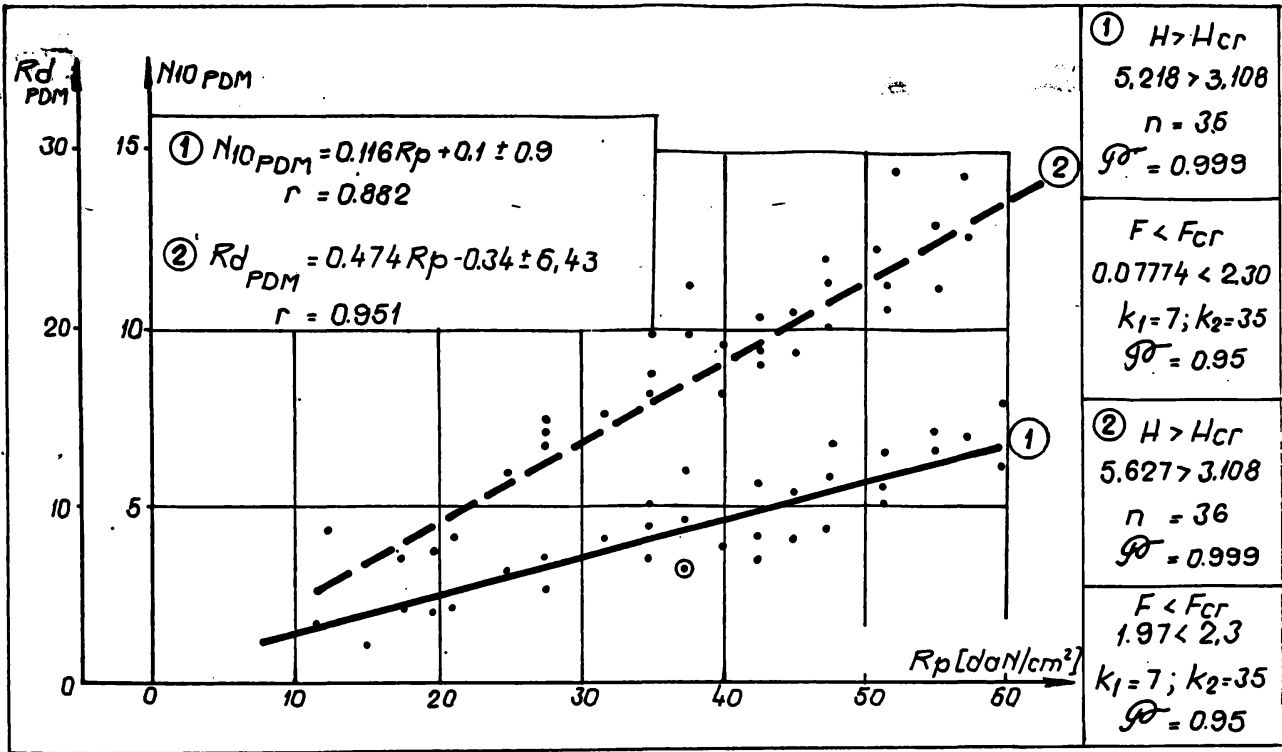


Fig.2.33 Dreptele de regresie  $N_{10 PDM}$ ,  $R_d$ ;  $R_p$  - Nisip mijlociu CET Timișoara

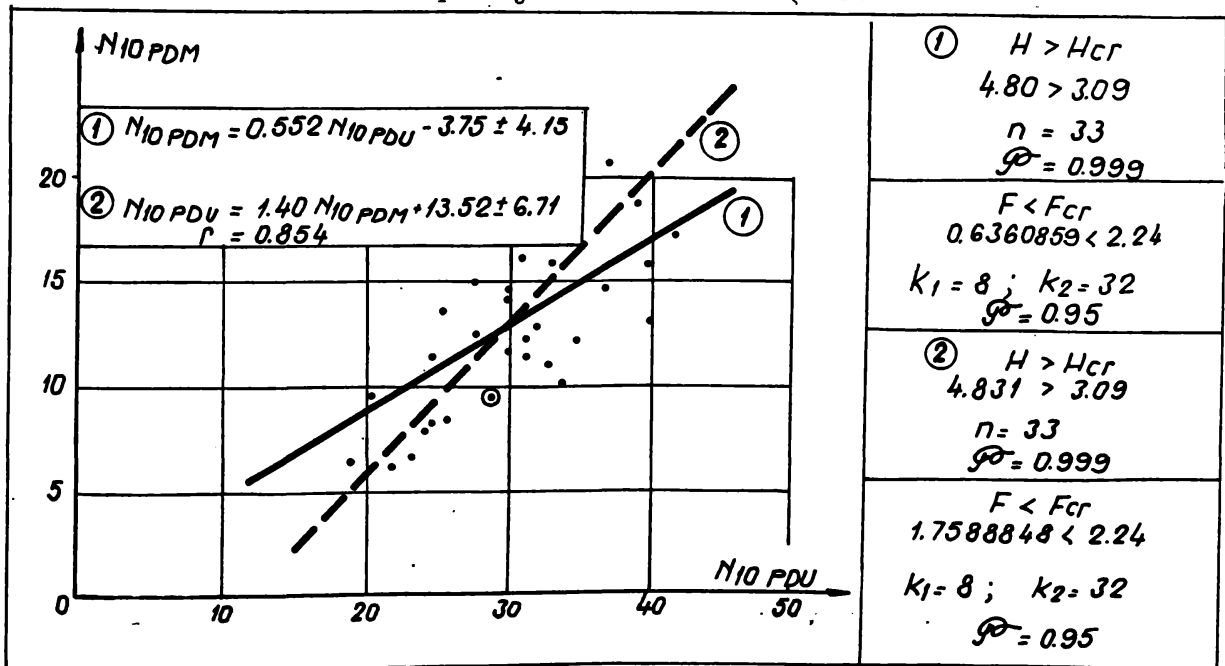


Fig.2.34. Dreptele de regresie  $N_{10 PDM}$  și  $N_{10 PDU}$  Nisip mijlociu CET Timișoara

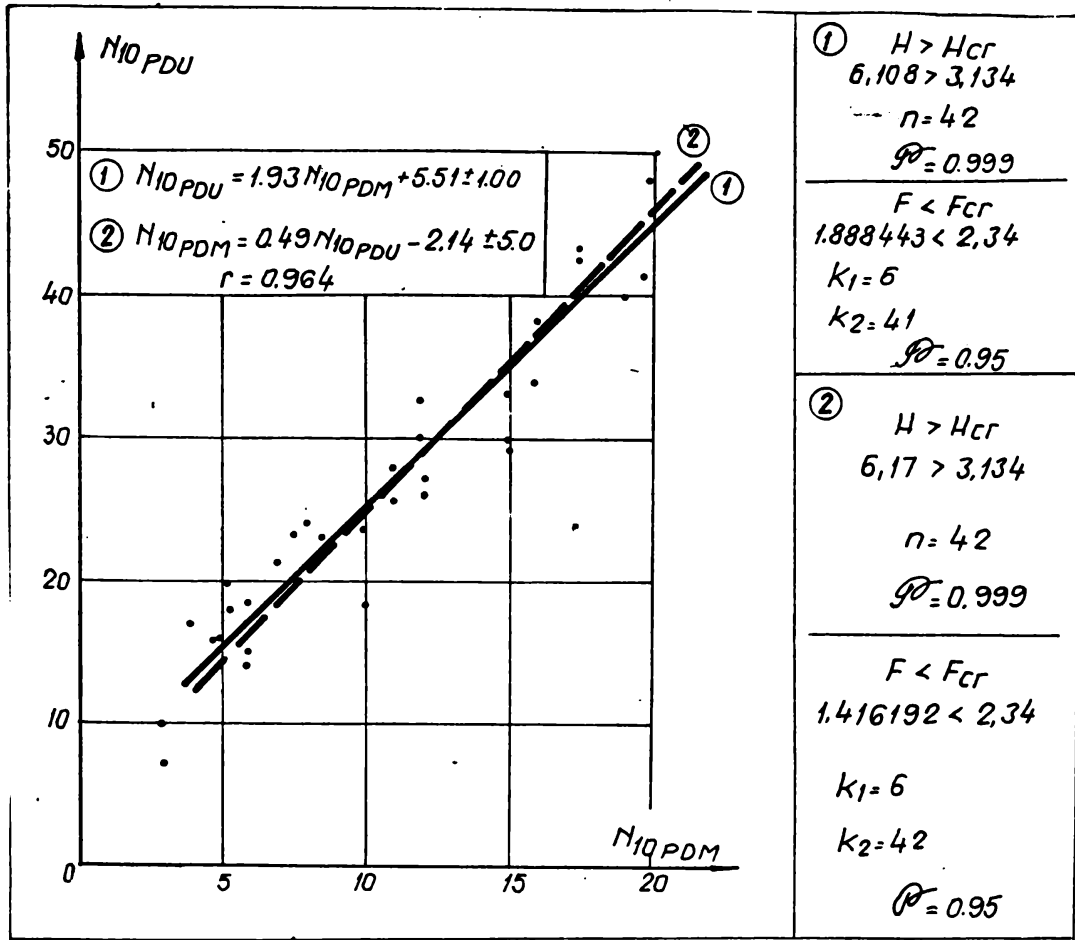


Fig.2.37. Dreptele de regresie  $N_{10PDM}$ ,  $N_{10PDU}$   
Nisip mare și mijlociu - CET Timișoara

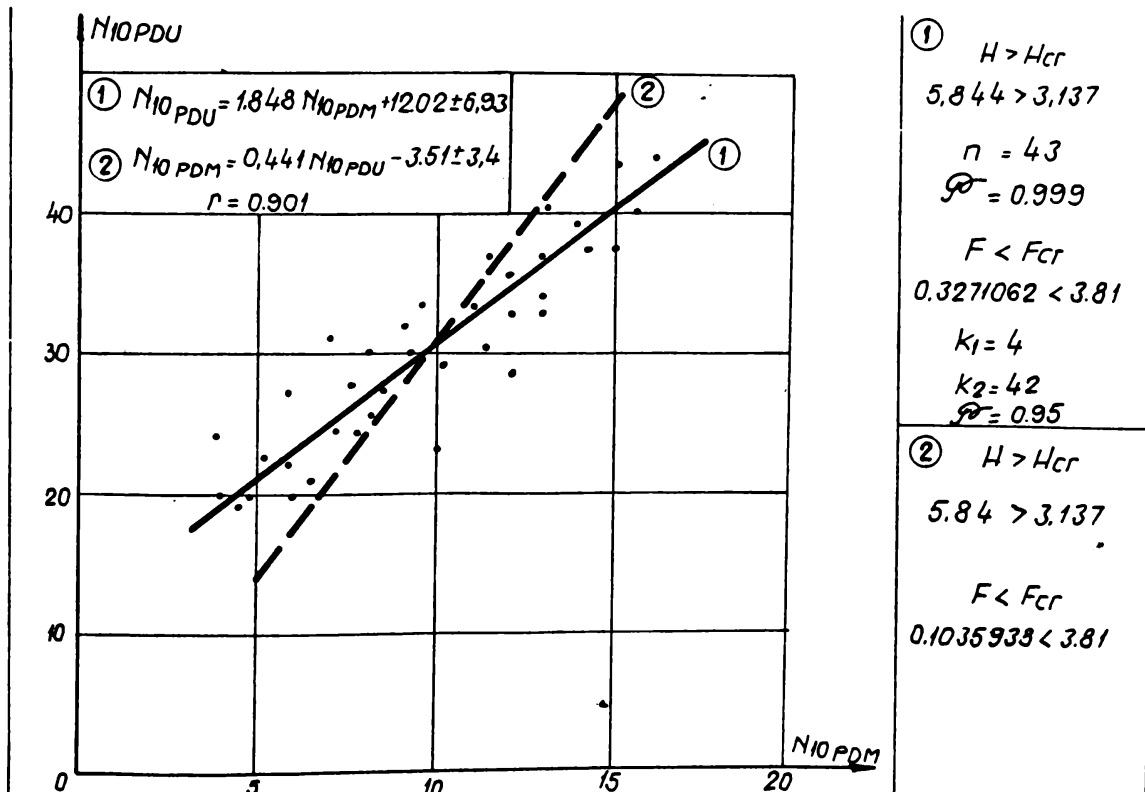


Fig.2.39. Drepte de regresie  $N_{10PDU}$ ,  $N_{10PDM}$   
Nisip prăfos - CET Timișoara

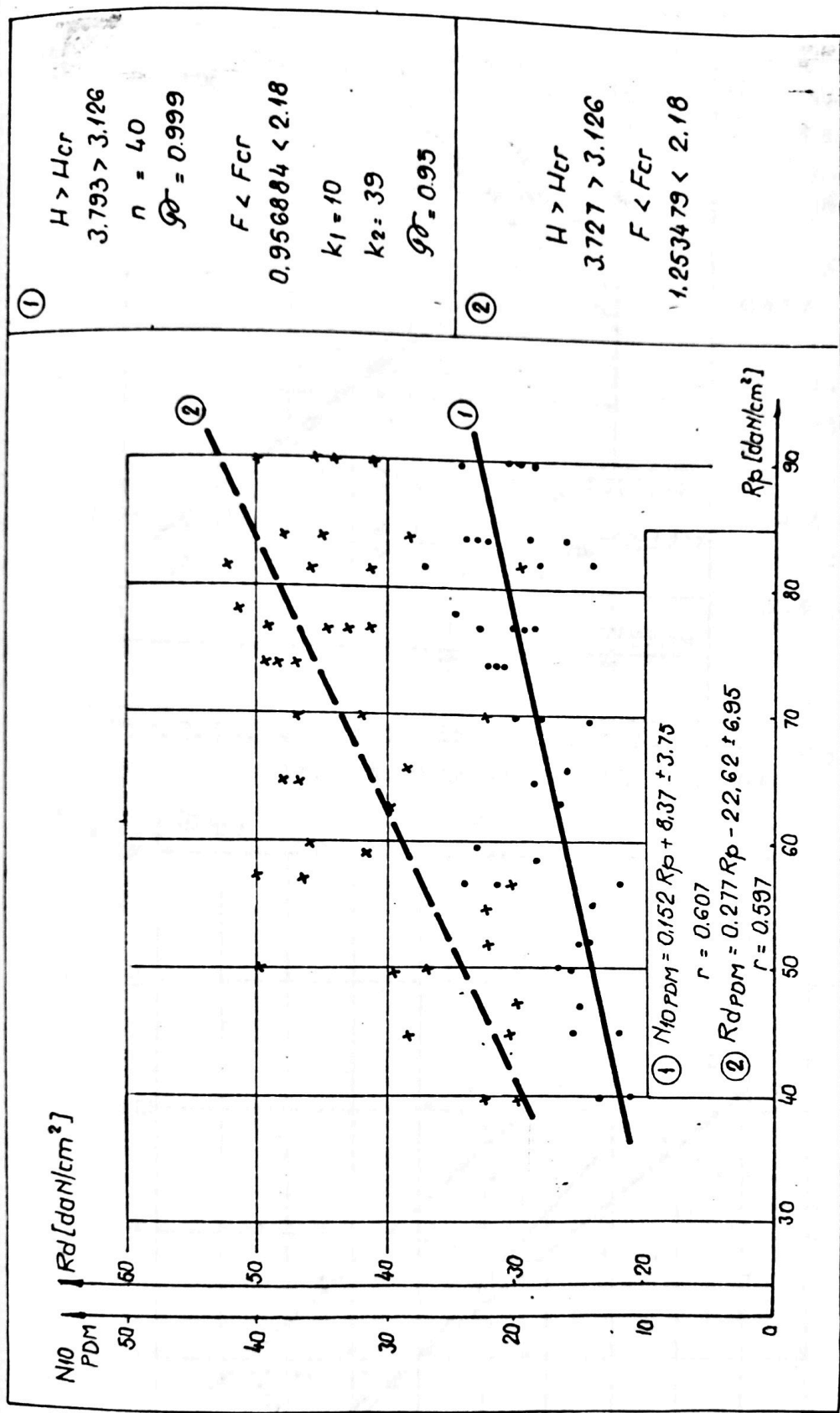


Fig.2.38. Dreptele de regresie  $N_{10 PDM}$ ,  $R_p$  și  $R_d PDM$ ,  $R_p$  - nisip mare și mijlociu - CET Timișoara.

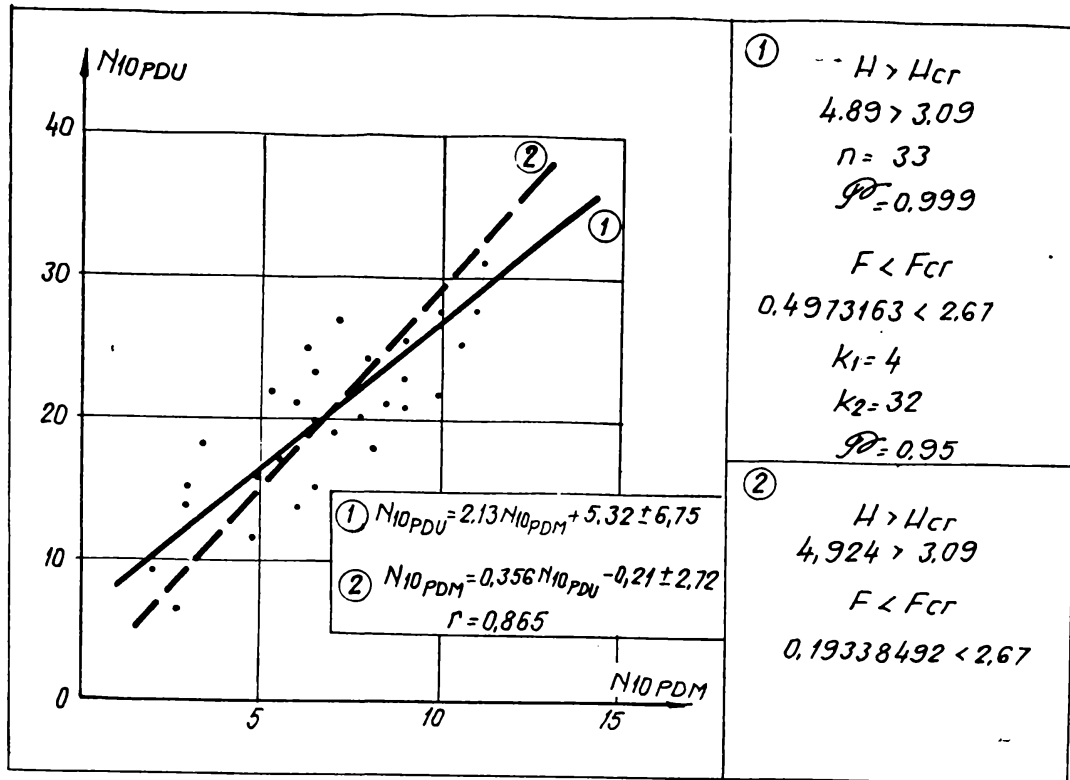


Fig. 2.40. Dreptele de regresie  $N_{10PDU}$ ,  $N_{10PDM}$   
Argilă prăfoasă - CET Timișoara

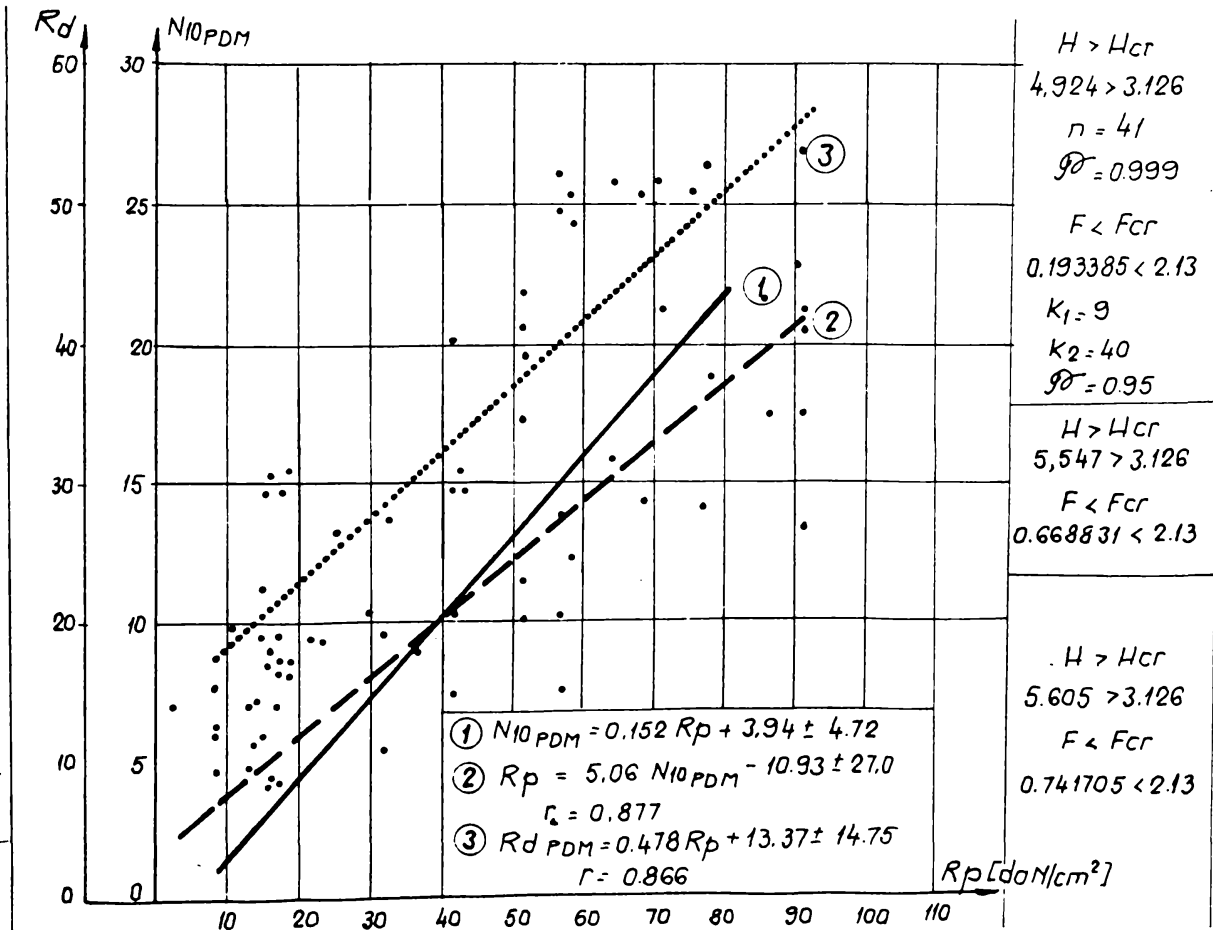


Fig. 2.41. Dreptele de regresie.  $N_{10PDM}$ ,  $R_p$ ,  $R_d PDM$   
Argilă prăfoasă - CET



Corelațiile pentru categoriile de teren indicate în tabelul 2.9. deși au valabilitate locală și servesc la caracterizarea geotehnică mai bună, în primul rând pământurilor de pe platforma CET Timișoara, din care a fost posibilă prelevarea probelor netulburate, pot fi utilizate și pentru caracterizarea pământurilor de pe alte amplasamente, a căror granulozitate se apropie de cea a pământurilor analizate.

Existența programului de calcul permite ca pentru amplasamente mari să se stabilească ușor corelații între rezistențele la penetrare obținute cu diverse tipuri de penetrometre precum și între rezistențele la penetrare și caracteristicile geotehnice determinate în laborator de probe prelevate, acest fapt duce la reducerea volumului lucrărilor clasice de investigație și a sondajelor de penetrare statică, care sînt mai scumpe și necesită aparatură mai pretențioasă decît cele dinamice. Astfel, într-o zonă a amplasamentului, cu același profil litologic, pe o așa-zisă platformă experimentală, care poate fi amplasamentul celui mai important obiect, se execută sondaje de penetrare statică și dinamică, după care cele statice pot fi diminuate sau chiar suprimate.

#### 2.4. UNELE CONSTATAȚI EXPERIMENTALE ȘI CORELAȚIA UNOR VALORI DE CALCUL UTILE ÎN PROIECTARE

##### 2.4.1. Constatații cu privire la efectul protecției tijei cu manta (PDUm) ; influența frecării

După cum rezultă din paragrafele 2.2, s-au făcut încercări de laborator și de teren, folosindu-se atît penetrometrul dinamic fără manta (PDU) și cu manta de protecție a tijelor de penetrare (PDUm), rezultatele obținute fiind prezentate în anexa la teză. (anexele 2.1. la 2.9)

Folosindu-se rezultatele experimentale, autorul a determinat rezistența dinamică la penetrare ( $R_d$  și  $R_{dm}$ ) pentru ambele tipuri de penetrometre, propunîndu-și și efectuînd calcule de găsire a unui raport dintre mărimile rezistențelor dinamice, adică raportul notat cu  $\eta = \frac{R_d}{R_{dm}}$ . În acest sens au fost calculate valorile lui  $\eta$  pentru 4 stratificații unde au avut loc experimentările, după cum urmează :

Pentru stratificația pregătită în laborator (pericada mai - octombrie 1987), realizată din nisip mare și mijlociu (curba 3, fig.2.4) dar la diverse stări de îndesare, folosindu-se valorile

$N_{10}$  și  $N_{10(m)}$ , respectiv  $R_d$  și  $R_{d(m)}$  (anexele 2.1.; 2.2) s-a calculat raportul  $\eta$  și întocmit graficul prezentat în figura 2.42.

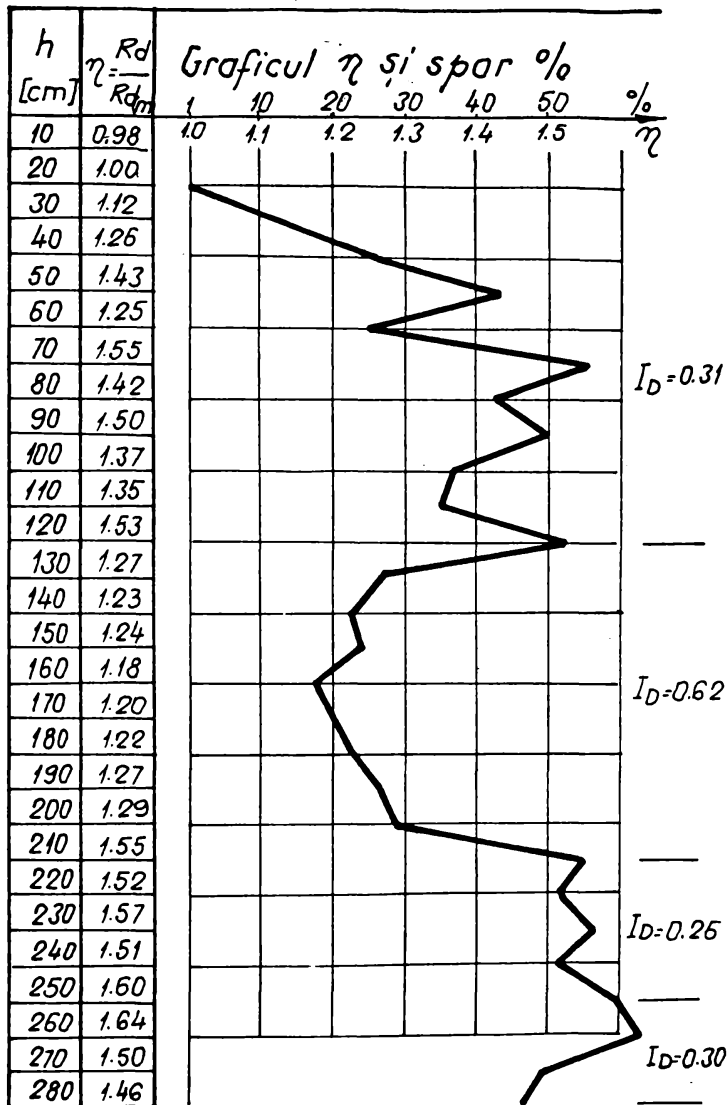


Fig. 2.42. Evidențierea frecării funcție de starea de îndesare pentru nisip mare și mijlociu (stratificarea, în mai - oct. 1937)

(stratele I, III, IV) respectiv în cazul nisipului mai îndesat (stratul III), frecarea este mai mică, dacă se poate afirma că influența frecării este inversă față de creșterea gradului de îndesare.

Luând în considerare rezultatele obținute pe stratificarea pregătită și folosită la experimentări în perioada oct.-dec. 1937, ca granulozitate prezentată în tabelul 2.2, folosindu-se valorile

Din analiza raportului  $\eta$ , rezultă că acesta este supranumitor (cu valoarea subunitară numai în suprafață) punând astfel în evidență în influența frecării pe suprafața laterală a tijei de penetrare, respectiv ducând la creșterea artificială a rezistenței la penetrare.

Păcînd abstracție de influența frecării pe adîncimea critică (considerată în cazul de față de circa 50 cm) se constată următoarele (fig. 2.42).

Pentru stratul de grad de îndesare mai mic, influența frecării este mai mare, lucru explicat prin posibilitatea de prăbușire a pereților spațiului perforat la penetrarea fără manta a nisipului mai afînat

$N_{10}$  și  $N_{10mp}$  respectiv  $R_d$  și  $R_{dm}$  (anexele 2.4 și 2.5.) s-a calculat raportul  $\eta$  și s-a întocmit graficul prezentat în figura 2.43.

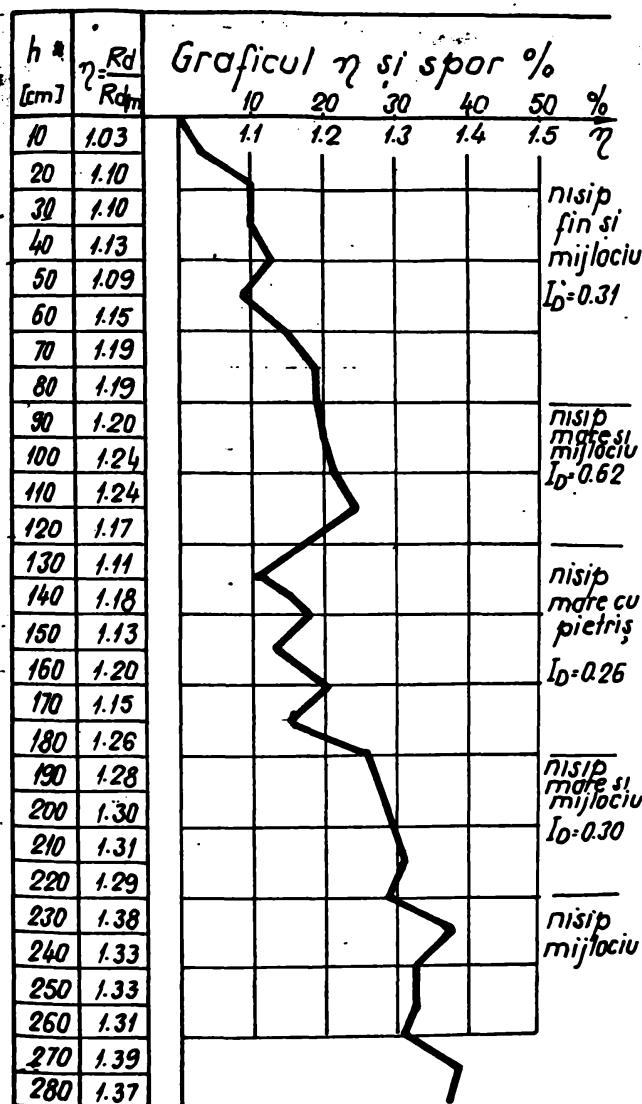


Fig. 2.43. Evidențierea frecării funcție de granulozitate la aceeași stări de îndesare (stratificația oct.-dec. '87)

$\eta \approx 1,25$  respectiv  $\eta \approx 1,35$  (același nisip dar sub apă)

Din cele prezentate rezultă că în cazul pământurilor coezive frecarea este foarte mică, ceea ce permite a se trage o concluzie informativă că pentru valori  $\eta > 1,1$  (vezi și fig.2.44) terenul este coeziv, iar pentru valori  $\eta > 1,2$  terenul este necoeziv.

Deasemenea se pune în evidență, influența apei subterane, care contribuie la prăbușirea nisipurilor fine, ducând astfel la creș-

Analizându-se variația raportului în funcție de stratificație se constată că influența frecării este mai accentuată în cazul nisipurilor mai fine, decât a celor mai grosiere (afirmația are bază faptul că toate stratele au practic aceeași stare de îndesare (pentru nisipul mare cu pietriș  $\eta = 1,17$  iar pentru nisipul mare și mijlociu  $\eta = 1,3$ ).

Aspecte de natura celor menționate s-au pus în evidență și pe stratificații naturale.

Astfel în graficul prezentat în fig.2.44, făcute cu datele obținute pe amplasament catedră se constată :

Pentru adâncimea penetrată în stratul de argilă (0,5 - 1,0 m) influența frecării este mult mai mică ( $\eta \approx 1,08$ ), față de nisipul fin (1,00...2,8) unde

terea frecării pe tijele penetrometrului fără manta.

Tot pe o stratificație naturală (amplasament "Sta - dion ") au fost făcute încercări (rezultatele anexa 2.8 și 2.9), care au permis întocmirea graficului din figura 2.45.

Din analiza variației raportului  $\eta$ , rezultă că acesta are valorile cele mai mici pentru stratul de argilă nisipoasă, respectiv nisipul fin argilos, crescând în cazul nisipului fin aflat sub apă. Pe ultimul interval al stratului V de nisip fin și mijlociu, raportul este mai mare (deși particulele de teren sînt mai mari), deoarece starea sa de îndesare este mai mică decît a nisipului fin. Oricum constatările confirmă faptul că starea de îndesare influențează și ea asupra frecării pe tija penetrometrului concluzionînd asupra efectului mantalei pe

tija de penetrare; se poate afirma că acestea au un rol foarte important, prin aceea că rezultatele la penetrarea cu manta, nu sînt viciate, ele fiind influențate în mod deosebit la adîncimi mai mari, mai ales peste 3-4 m, și desigur la 10-15m, și mai mult, considerente pentru care se recomandă folosirea penetrometrelor cu tija protejată de manta.

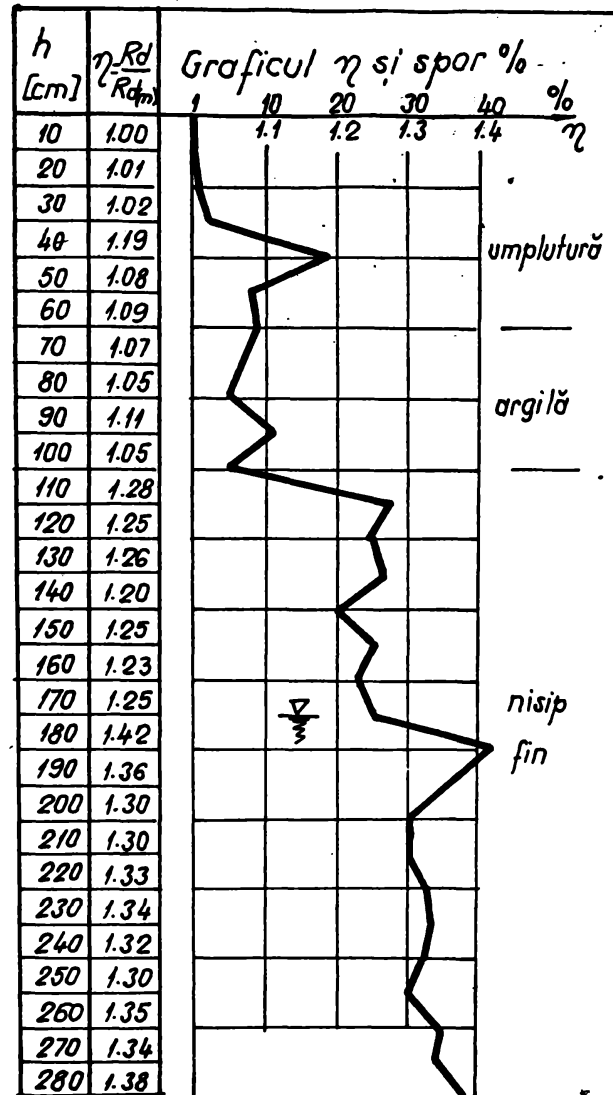


Fig. 2.44. Evidențierea frecării pe stratificație naturală (amplasament "catedră ")

2.4.2. Cu privire la unii factori de influență asupra rezultatelor penetrării

2.4.2.1. Influența granulozității asupra rezultatelor penetării dinamice

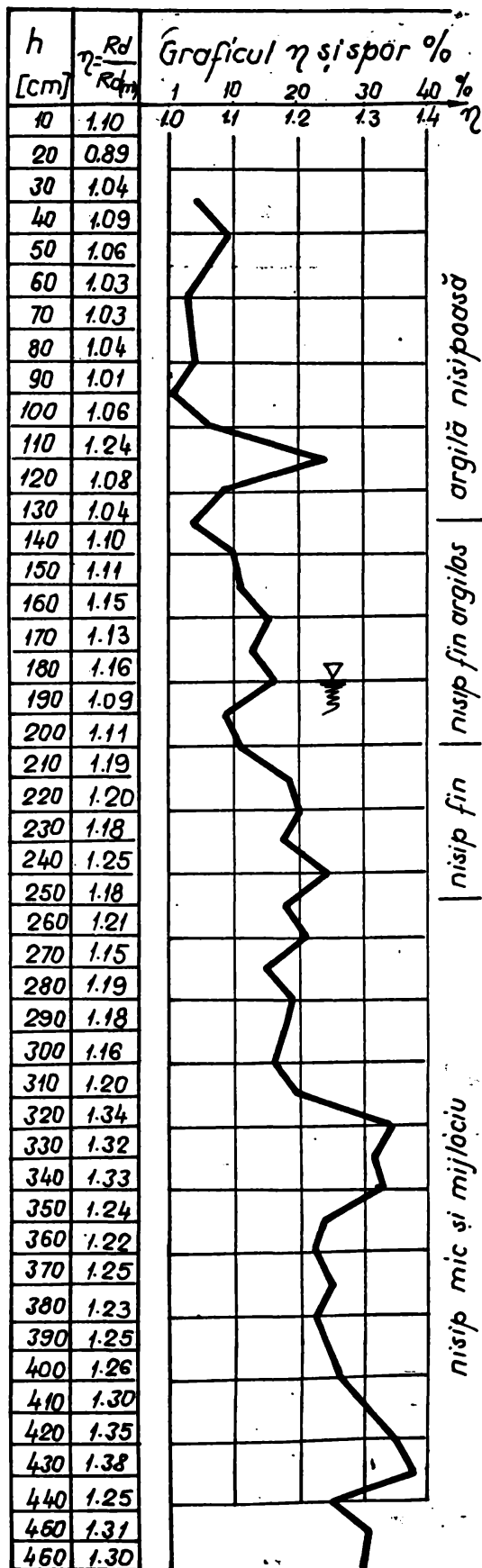


Fig. 2.45. Evidențierea frecării pe stratificația naturală "Stadion".

Studiile efectuate experimental, în condițiile prezentate în §.2.1, s-au făcut pentru nisipurile cu granulozități prezentate în figura 2.45, avînd pentru fiecare, starea de îndesare a fiecărui strat, practic aceeași stare de îndesare ( $I_D = 0,46$ ). Pe baza rezultatelor obținute (figurile 2.12 și 2.13) în figura (2.46) se prezintă dependența valorilor  $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$ , pentru trei granulozități (2.3 și 2.4). Se precizează faptul că adîncimile de penetrare luate în considerare au început la peste 50 cm apreciat ca adîncime critică. Din figura 2.46.a, rezultă numărul mai mare de lovituri la aceeași pătrundere pentru nisipul cu pietriș.

-Astfel din figura 2.46.a se constată că în cazul nisipului cu pietriș, numărul de lovituri este mai mare la aceeași pătrundere ( $N_{10 \text{ med}} = 21$ , respectiv  $N_{10(m) \text{ mediu}} = 18$ , față de nisipul mare și mijlociu de aceeași îndesare, care are  $N_{10} = 16$ , respectiv  $N_{10(m)} = 12$ , sau nisipul mijlociu de aceeași îndesare care are  $N_{10} = 13$  respectiv  $N_{10(m)} = 8$ .

Rezultă din graficele menționate, cu cît fragmen-

sînt mai mari pentru aceeași stare de îndesare rezistența la

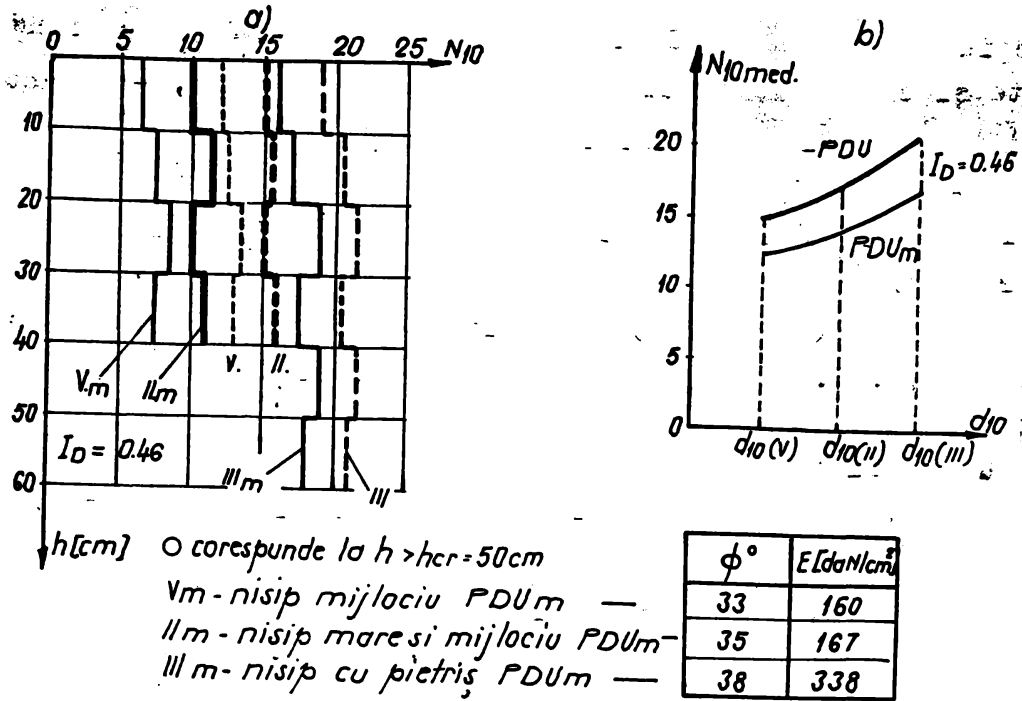


Fig. 2.46. Dependenta  $N_{10}$ ;  $N_{10(m)}$  de granulozitate  
 a ( $N_{10} = f(h)$ ; b ( $N_{10} = f(d_{10})$ )) valori extrase  
 din figurile 2.15 și 2.16

penetrarea dinamică crește atât în cazul penetrării fără manta (PDU) cât și celei cu manta (PDU<sub>m</sub>), sporul fiind pentru nisipul mare și mijlociu de circa 25 % față de nisipul mijlociu, respectiv în cazul nisipului cu pietriș de circa 100 % față de nisipul mijlociu și de circa 50 % față de nisipul mare și mijlociu. Rezultatele evidențiate arată că, sînt influențate, în sensul că dau valori a rezistenței dinamice mai ridicate, în cazul particulelor de dimensiuni mai mari, aspect confirmat și prin aceea că nisipurile cu dimensiuni mai mari au capacitate portantă mai ridicată decît cele mai fine.

Se mai evidențiază faptul că în cazul în care conul în-  
 -tîlnește răslet fragmente de dimensiuni mari, rezistența dina-  
 mieă este sporită (dar artificial) deoarece după ce se trece de  
 aceasta rezistența la penetrare scade, revenind la normală  
 (fig. 2.46) toate cele trei strate.

De aceea se apreciază că fără cunoașterea granulozității  
 aprecierile ce se fac (pe baza penetrării) asupra stratificației  
 nu sînt complete, ci în general calitative.



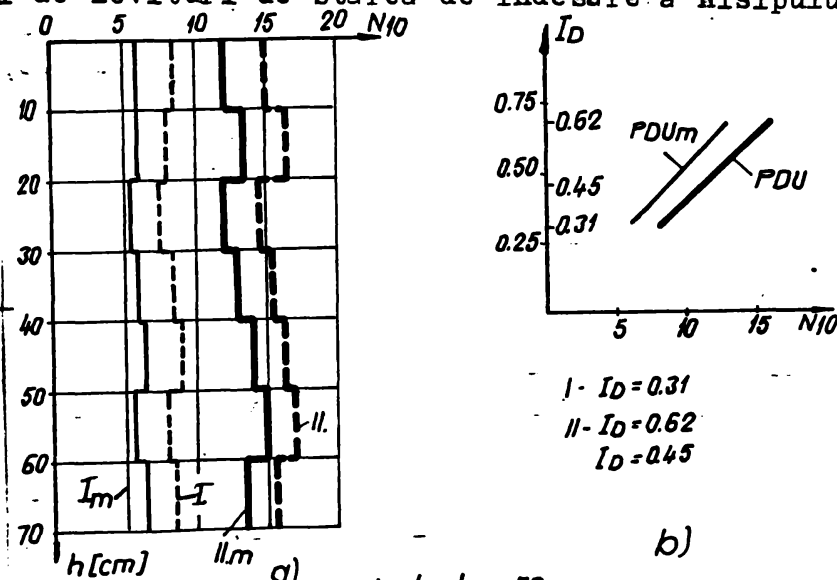
2.4.2.2. Influența stării de îndesare asupra rezistenței la penetrare.

Pentru a se putea aprecia starea de îndesare a nisipurilor, în funcție de numărul de lovituri (de starea de îndesare fiind dependentă și caracteristicile mecanice ale acestuia), s-au făcut încercări pe același tip de nisip dar în stări de îndesare diferite, folosindu-se atât PDU cât și PDUm.

În figura 2.47 se prezintă dependența numărului de lovituri ( $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$ ) în funcție de adâncimea pentru 2 valori ale gradului de îndesare (fig. 2.47a) respectiv 3 valori ale gradului de îndesare (fig. 2.47.b) pentru nisipul mare și mijlociu deci pentru aceeași granulozitate.

Din analiza graficelor menționate, respectiv centralizate în tabelul 2.10, rezultă pentru nisipul mare și mijlociu  $I_D = 0,31$  ( $N_{10} = 8$ ;  $N_{10(m)} = 6$ ), pentru cele cu  $I_D = 0,45$  ( $N_{10} = 12$ ;  $N_{10(m)} = 9$ ) respectiv  $I_D = 0,62$  ( $N_{10} = 16$  și  $N_{10(m)} = 13$ ), ceea ce confirmă dependența numărului de lovituri de starea de îndesare a nisipului.

Din datele prezentate în graficele a și b rezultă (figura 2.47) clar ca pentru stări de îndesare mai ridicate, numărul de lovituri crește atât la penetrarea PDU cât și la penetrarea PDUm, ceea ce justifică posibilitatea aprecierii (chiar determinării) gradului de îndesare pentru un nisip de granulozitate cunoscută.



a) O corespunde la  $h > h_{cr} = 50$  cm  
I (I.m) nisip mare și mijlociu PDU (PDUm)  
II (II.m) nisip mare și mijlociu PDU (PDUm)

Fig. 2.47. Dependența  $N_{10}$ ,  $N_{10(m)}$ ,  $I_D =$  granulozitate - extras din figurile 2.15 și 2.16.

În completare în fig. 2.48, se prezintă rezultatele încercărilor de laborator, făcute pe strate de nisip mare și mijlociu,

Prezentatella diferite stări de îndesare ( fig.2.48) observând creșterile lui  $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$  cu gradul de îndesare,.

Urmare acestor constatări în tabela 2.11 se prezintă intervale de valori utile în practică pentru  $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$  corespunzător diferitelor stări de îndesare.

Tabelul 2.10 Dependeța numărului de lovituri  $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$  de gradul de îndesare.

Nr. crt.	$I_D$	$N_{10}$	$R_d$	$N_{10(m)}$	$R_{d(m)}$	$\phi^\circ$	$E$
1	0.26	7	17	5	12	30	76
2	0.31	8	25	6	18	31	85
3	0.45	12	38	9	32	32	160
4	0.62	16	40	13	34	33	167

tă refulării terenului în suprafața ( mai mult la adâncimi mai mici și dimensiuni ale conului mai mari.), dar după o anumită adâncime rezistența la penetrare ( în condițiile specificate ) rămîne practic constantă.

Pentru a vedea, dacă această importanță constatare este valabilă și în cazul PDUM, s-au făcut încercări experimentale a căror rezultate se prezintă în fig.2.49.

Din rezultatele prezentate rezultă pentru nisipul afînat  $I_D=0,31$  o adîncime pînă la care se produce creșterea  $N_{10}$  ( $N_{10(m)}$ ) de circa 40...

45 cm, ceea ce pentru co -

nul cu diametrul ( $d_c = 3$  cm / permite a se trage concluzia

că  $h_{cr} \geq 15 d_c$ , fiind mai mică în cazul nisipurilor afînate ( posibilități de afînare laterală mai mare, fără a refula în suprafață), respectiv mai mare  $20(25) d_c$  cînd starea de îndesare crește. Oricum pe baza observațiilor practice se

### 2.4.2.3. Influența presiunii geologice asupra rezultatelor penetrării.

Literatura de specialitate [28]; [35]; [122], precum și practica arată că rezistența la penetrare în nisipuri de aceeași granulozitate, respectiv stare de îndesare crește cu adîncimea de penetrare, fiind mai mică în suprafață, acesta, datorită

Tabelul 2.11. Intervalul de valori utile  $N_{10}$ ,  $N_{10(m)}$  corespunzător diferitelor stări de îndesare.

$I_D$	$N_{10}$	$N_{10(m)}$	
<0.2	<7	<5	f. afînat
0.25...0.33	7...11(9)	5...7(6)	afînat
0.34...0.66	12...20(16)	8...16(12)	mediu
>0.66	>22	>18	îndesat

consideră  $h_{cr} \leq 25 \cdot d_c$ .

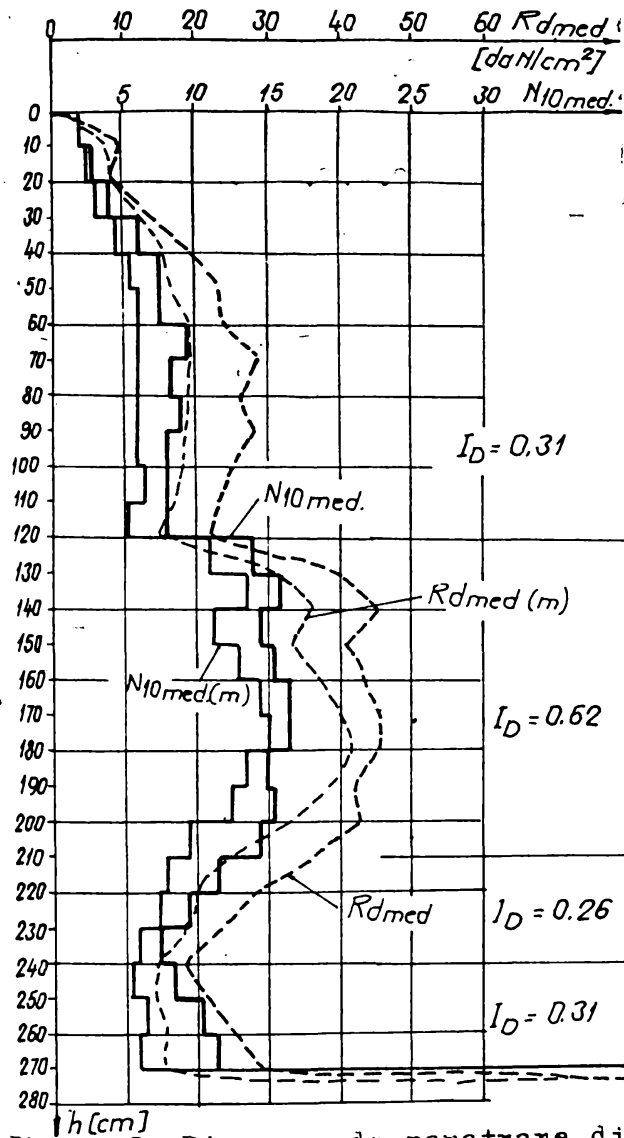


Fig. 24.8. Diagrama de penetrare dinamică cu con PDU, PDUm, și variațiile ( $N_{10}$ ,  $N_{10(m)}$ ,  $R_d$  și  $R_d(m)$ ) în nisip mare și mijlociu.

Din figură rezultă creșterile sau scăderile numărului de lovituri respectiv a rezistenței dinamice, atât la penetrarea PDU cât și la penetrarea PDUm. Pentru terenurile dintre stratele I... VI, ceea ce permite și confirmarea observației că rezistența la penetrare depinde și de compoziția granulometrică respectiv stratificație.

2.4.3. Studii cu privire la evaluarea modulului de deformare (determinat cu placa) și a presiunii convenționale ( $P_c$ ) prin folosirea rezultatelor penetrării cu con.

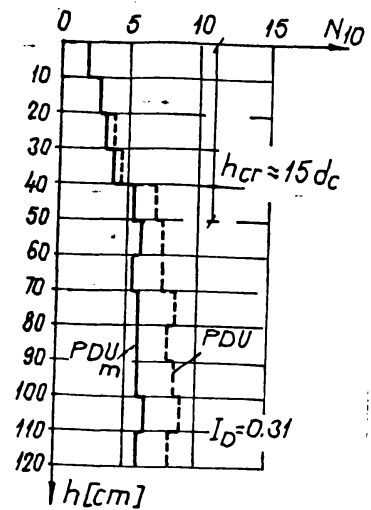


Fig. 2.49. Evidențiere  $h_{cr}$  nisip mare și mijlociu (PDU) având  $I_D = 0,31$ .

2.4.2.4. Influența succesiunii straturilor.

Pe baza încercărilor efectuate pe teren pregătit (seria oct.-dec. 1987) se constată că și în cazul PDUm, se poate pune în evidență succesiunea straturilor de granulozitate diferită, aspect evidențiat în figura 2.50.

In vederea evaluării modului de deformație a terenului

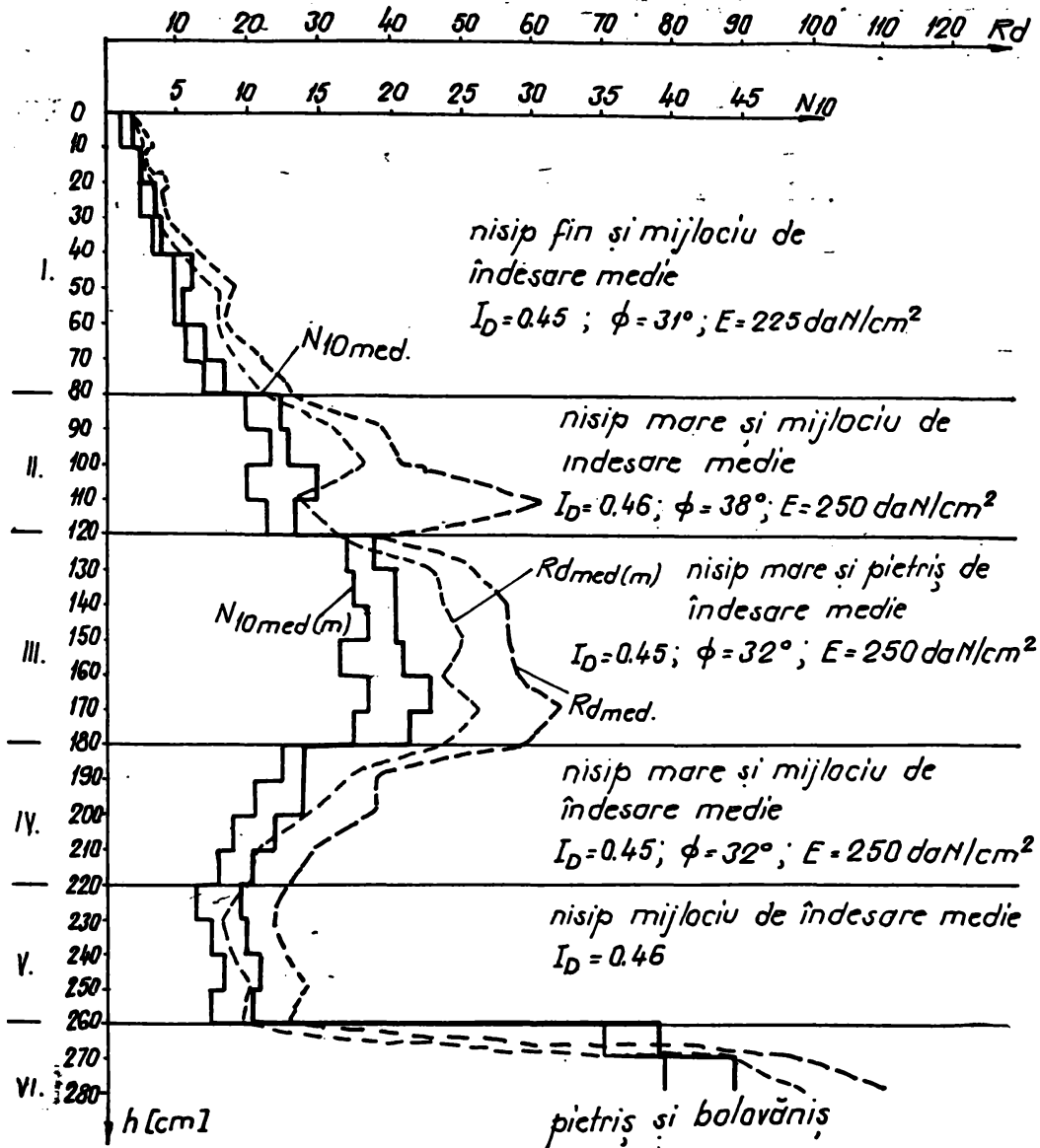


Fig.2.50. Diagramele de penetrare dinamică PDU - PDUm respectiv variațiile  $N_{10}$ ,  $N_{10}(m)$ ,  $R_d$ ,  $R_d(m)$ .

determinat prin încercări cu plăca conform STAS 8942/3-75 sau - prescripțiilor din alte țări, mărime deosebit de importantă pentru aprecierea caracteristicilor de rezistență și a tasării stratelor de fundare, (în vederea stabilirii soluției de fundare și a dimensionării acestuia), autorul a făcut investigații în literatura de specialitate, precum și unele cercetări proprii. Investigațiile făcute se referă la pământurile necoezive (nisipuri de diferite granulozități și stări de îndesare), experimentările fiind făcute

prin încercări de penetrare dinamică ușoară cu con (PDU), în condițiile protejării tijei conului de penetrare (cu manta) sau fără manta), pentru comparații făcându-se și încercări pe placă sau penetrare statică, experimentări prezentate amănunțit în paragrafele anterioare.

Astfel în Bulgaria (Steffanoff [105]), realizează încercări de penetrare dinamică cu con și pe placă, pentru diverse categorii de nisipuri stabilind și prezentând următoarele corelații :

- pentru nisipuri cu pietriș

$$E = 20 N_{10} + 2 \quad (2.49)$$

- pentru nisipuri

$$E = 16 N_{10} + 12 \quad (2.50)$$

Folosindu-se relațiile (2.49 și 2.50) încercările de penetrare făcute (PDU) și (PDUm) precum și încercările pe placă, în tabelul 2.12 sînt trecute valorile obținute.

Tabelul 2.12. Valorile E calculate după Stefanoff respectiv măsurate pe placă (de autor).

nr. crt.	denumirea stratului	I <sub>D</sub>	N <sub>10</sub>	N <sub>10(m)</sub>	calculate		valori măsurate E (cm) dan/cm <sup>2</sup>	diferență	
					E dan/ cm <sup>2</sup>	E (m) dan/ cm <sup>2</sup>		ΔE dan/cm <sup>2</sup>	ΔE <sub>m</sub> dan/cm <sup>2</sup>
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	nisip mare și mijlociu	0,26	7	5	124	92	116	-8	+24
2	nisip mare și mijlociu	0,31	8	6	140	108	135	-5	+27
3	nisip mare și mijlociu	0,62	15	13	268	220	267	-1	+47
4	nisip mare și mijlociu	0,45	14	12	252	204	250	-2	+46
5	nisip mic și mijlociu	0,45	13	10	220	172	225	-5	+47
6	nisip mare cu pietriș	0,46	21	18	422	362	410	-12	+48

Analizîndu-se coloanele (5) respectiv (8) rezultă o concordanță apreciată ca foarte bună între rezultatele experimentale și cele obținute cu relațiile (2.49 și 2.50) ceea ce întărește convingerea că relațiile lui Stefanoff [105] sînt aplicabile, aprecierea modului putîndu-se face satisfăcător. Din analiză aceleiași tabel coloană (9) rezultă o diferență practic constantă pentru nisipul de îndesare medie, în cazul penetrării dinamice cu tija protejată (manta), care permite formularea unei relații cu coeficient modificat a relației (2.50) și anume, prin creșterea valorii coeficientului de la (16) la (20) rezultînd relația :

$E = 20 N_{10(m)} + 12$  (2.51) nisip mare și mijlociu  
respectiv relația :

$$E = 23 N_{10(m)} + 2 \quad (2.52) \text{ nisip mare cu pietriș}$$

Dudler [15] face încercări de penetrare dinamică și încercări pe placă (în zona activă a plăcii) și stabilește pentru nisipuri relația (2.53)

$$E = (S_s - S_p) N_{10} - 100 \quad (2.53)$$

unde p - este presiunea pe placa de încercare.

Ținând seama de încercările făcute de autor, în condițiile unor experimentări atent urmărite, în tabelul 2.13 se prezintă valorile ce se obțin prin aplicarea relației 2.53 precum și a rezultatelor obținute prin încercări pe placă, din care rezultă în ce măsură valorile sînt sau nu apropiate.

Tabelul 2.13. Valorile lui E calculate după Dudler și măsurate direct de autor.

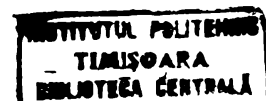
nr. crt	denumirea stratului	$I_D$	$N_{10}$	$N_{10(m)}$	E	$E(m)$	Valori măsurate	$\Delta E$	$\Delta E(m)$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	nisip mare și mijlociu	0,26	7	5	110	50	166	-6	-66
2	nisip mare și mijlociu	0,31	8	6	240	80	135	+5	-55
3	nisip mare și mijlociu	0,62	15	13	350	290	267	+83	+23
4	nisip mare și mijlociu	0,45	14	12	320	260	260	+60	-
5	nisip mic și mijlociu	0,45	13	10	290	200	225	+65	-25
6	nisip mare cu pietriș	0,46	21	18	530	440	110	+90	+30

Autorul preluând din STAS 3306/1-85 valori (E) corespunzătoare unor nisipuri în care a efectuat penetrări PDU și PDUm prelucrează rezultatele obținute și le prezintă în tabelul 2.14 în ideea stabilirii unor rapoarte  $\alpha$  (pentru PDU), respectiv  $\alpha_m$  (pentru PDUm), între moduli și numărul de lovituri  $N_{10}$ .

Din analiza rezultatelor se vede dependența coeficienților direcți de forma  $\alpha = \frac{E}{N_{10 \text{ med}}}$  respectiv  $\alpha_m = \frac{E}{N_{10 \text{ med}(m)}}$

atît de natura nisipului cît și de starea de îndesare corespunzătoare.

În sensul celor arătate se propun, ca mod de calcul pentru E expresiile :





$$E = \alpha \cdot N_{10} \quad (2.54) \quad \text{și} \quad E = \alpha_m \cdot N_{10(m)} \quad (2.55)$$

valorile  $\alpha$  și  $\alpha_m$  fiind folosite cele din tabelă 2.14, valori comparabile cu cele stabilite de Stefanoff.

Tabelul 2.14. Cu valorile  $\alpha = \frac{E}{N_{10 \text{ med}}}$  și  $\alpha_m = \frac{E}{N_{10 \text{ med}(m)}}$  unde E este luat din STAS 3300/1-85 tabel C<sub>2</sub> adaptat: 1 - nisip cu pietriș; 2 nisip mare; 3 - nisip fin; 4 - nisip prăfos.

nr.	$I_D \geq 0,66$					$0,66 > I_D \geq 0,5$					$0,5 > I_D \geq 0,33$				
	E	N <sub>10</sub>	N <sub>10(m)</sub>	$\alpha$	$\alpha_m$	E	N <sub>10</sub>	N <sub>10(m)</sub>	$\alpha$	$\alpha_m$	E	N <sub>10</sub>	N <sub>10(m)</sub>	$\alpha$	$\alpha_m$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	500	25	22	20,0	22,7	400	22	18	18,2	22,2	300	20	16	15,0	18,7
2	480	22	18	21,8	26,6	350	19	15	18,4	26,6	280	16	12	17,5	23,3
3	400	18	16	22,2	25,0	300	15	12	20,0	25,0	250	13	10	19,2	25,0
4	280	15	13	18,7	21,5	230	13	9	17,7	25,5	180	11	8	16,4	22,5

In U.F.S.S. Sașkov [96] face încercări în terenuri nisipoase cu penetrometrul dinamic și cu placa cu suprafașă de 5000 cm<sup>2</sup>, pe zona activă a plăcii stabilind o dependență liniară între modulul de deformare (E) și rezistența dinamică (Fd) de forma:

$$E = \beta \cdot F_d \quad (2.56)$$

unde:  $\beta$  este un coeficient de depinde de natura terenului de de tipul penetrometrului.

Tabelul 2.15. cu rapoarte  $\beta_{med} = \frac{E_{med}}{F_d}$  folosind datele Trofimenkov [111]

nr.	nisip mare și mijlociu			nisip fin			nisip prăfos		
	E med	Rd	$\beta_{med}$	E med	Rd	$\beta_{med}$	E med	Rd	$\beta_{med}$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	180	20	9,0	130	20	6,5	80	20	4,0
2	235	35	6,7	190	35	5,43	130	35	3,7
3	365	70	5,2	290	70	4,14	220	70	3,1
4	465	110	4,2	350	110	3,18	280	110	2,5
5	525	140	3,75	400	140	2,86	320	140	2,3
6	575	175	3,28	450	175	2,57	350	175	2,0

Folosindu-se valorile prezentate de Trofimenkov [111] la

Stockholm 1974 [112] se determină de autor și se prezintă în :  
(tabelul 2.15) valori  $\beta_{med}$  pentru trei categorii de nisipuri.

- Din (tabelul 2.15) rezultă valori  $\beta_{med}$  medii (coeficient Saşkov) după cum urmează :

- nisipuri mari și mijlocii  $\beta_{med} = 3,28 \dots 9,0$
- nisipuri fine  $\beta_{med} = 2,57 \dots 6,5$
- nisip prăfos  $\beta_{med} = 2,00 \dots 4,0$

Autorul, avînd la bază unele din considerentele prezentate anterior, încercările experimentale făcute (penetrări și plăci) în vederea verificării sau stabilirii unor indici corelațiuni prezintă în ( tabelul 2.16) date prelucrate.

Tabelul 2.16. Valori experimentale și prelucrate în baza încercărilor făcute de autor.

nr. crt.	stratificația	$I_D$	$\phi$	$E$ (daN/cm <sup>2</sup> )	$N_{10}$	$R_d$	$N_{10(m)}$	$R_d$ (m)	$\alpha = \frac{E}{N_{10}}$	$\frac{w}{E} \cdot \frac{N_{10}}{m}$	$\frac{w}{R_d}$	$\frac{w}{m} \cdot \frac{R_d}{m}$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	nisip mare și mijlociu	0,26	30	116	7	17	5	12	16,6	23,2	6,52	9,66
2	nisip mare și mijlociu	0,31	31	135	8	25	6	18	16,9	22,5	5,40	7,50
3	nisip mare și mijlociu	0,45	32	250	14	38	12	32	17,8	20,8	6,58	7,81
4	nisip mare și mijlociu	0,62	33	267	15	40	13	34	17,8	20,6	6,67	7,85
5	nisip mic și mijlociu	0,45	32	225	13	28	10	25	17,3	22,5	8,04	9,00
6	nisip mare și mijlociu	0,46	38	410	22	58	18	50	18,6	22,7	7,07	8,20

Comparîndu-se valorile obținute (tabelul 2.16) pentru  $\alpha$  respectiv  $\alpha_m$  cu cele din tabelul 2.14, rezultă valori foarte apropiate, ca și cele obținute pentru  $\beta$  și  $\beta_m$ , față de cele din tabelul 2,15 ceea ce recomandă pentru a fi folosite la calculul modulului de deformație (E).

Conform STAS 3300/2-85 care arată ca modulul de deformație liniară edometric (M), respectiv modulul de deformație pe plăci (E) sînt independente  $E = M_0 \cdot M$  unde  $M_0 = 1$  ( la nisipuri) se poate considera că  $E \approx M_0$  (aspect f. puțin confirmat de practică).

Totuși pentru determinarea lui (M) se pot folosi rezultatele penetrării statice [134] se poate scrie relația :

$$E = M = \alpha_1 \cdot R_p$$

$\alpha_1 = 1,5$  la nisipuri unde  $R_p > 45 \text{ daN/cm}^2$   
 $2 < \alpha_1 < 5$  la nisipuri argiloase la care  $15 < R_p < 30$

Cunoscându-se din experimentări valori  $R_p$  pentru nisipuri în diverse stări de îndesare, respectiv modulul de deformație  $E$  se pot determina rapoarte de forma  $\alpha_1 = \frac{E}{R_p}$ , valorile obținute (tabelul 2.17) comparându-se cu cele stabilite cu valori din literatura (tabelul 2.18) respectiv făcându-se recomandări de folosire indicând valori comparabile.

Tabelul 2.17. Valorile ale raportului  $\alpha_1 = \frac{E}{R_p}$  calculate pe baza experimentărilor

Nr crt.	Valorile	Nisip mare și nisip mijlociu		
		îndesat	mediu	afinat
1	$R_p$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	160	85	45
2	$E$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	410	250	200
3	$\alpha_1 = \frac{E}{R_p}$	2,56	2,94	4,44

Tabelul 2.18. Valorile ale raportului  $\alpha_1 = \frac{E}{R_p}$  calculate pe baza datelor din curs. M. Păunescu tabel 6.3. și STAS 3300/1-85.

nr. crt.	valorile	nisip mare			nisip mijlociu			nisip fin		
		îndesat	mediu	afinat	îndesat	mediu	afinat	îndesat	mediu	afinat
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$R_p$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	220	160	100	150	95	60	90	60	30
2	$E$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	500	400	300	450	350	250	280	180	110
3	$\alpha_1 = \frac{E}{R_p}$	2,3	2,5	3,0	3,0	3,7	4,1	3,1	3,0	3,7

Se constată că din tabelul (2.18) ca  $(\alpha_1)$  variază între (2,3 ... 4,1) ceea ce corespunde situației  $(R_p > 45 \text{ daN/cm}^2)$ .

Cu privire la aprecierea presiunii convenționale se pornește de la valorile prezentate pentru presiunea convențională ( $p_c$ ) de STAS 3300/2-85 și a încercărilor de penetrare dinamică făcute (PDU și PDUM). În (tabelul 2.19) se prezintă calculul unor coeficienți de legătură între  $(\alpha$  și  $\alpha_m)$  între presiunea convențională ( $p_c$ ) și rezistența dinamică ( $R_d$ ) respectiv  $R_d(m)$  precum și coeficientul  $\alpha'$  și  $\alpha'_m$  unde :

$\alpha' = \frac{Pd}{pa}$  ;  $\alpha'_m = \frac{Rdm}{pa}$  ) care iau în considerare valori ale presiunii admise de teren (tabelul 2.19)

Tabelul 2.19. Cu valori  $\alpha = \frac{Ra}{pc}$  și  $\alpha_m = \frac{Rdm}{pc}$  unde  $pc$  este luat din STAS 3300/2-85 - tabel 16 respectiv

$\alpha' = \frac{Pa}{pa}$  și  $\alpha'_m = \frac{Rdm}{pa}$  calculată pentru :

1 - nisip cu pietriș ; 2 - nisip mare ; 3 - nisip mijlociu ; 4 - nisip fin uscat ; 5 - nisip fin umed.

nr. crt.	$I_D > 0,66$							$0,66 > I_D > 0,4$							$I_D > 0,66$			$0,66 > I_D > 0,4$		
	$N_{10}$	$N_{10(m)}$	$R_d$	$R_{d(m)}$	$p_c$	$\alpha$	$\alpha_m$	$N_{10}$	$N_{10(m)}$	$R_d$	$R_{d(m)}$	$p_c$	$\alpha$	$\alpha_m$	$\bar{p}_d$	$\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_m$	$\bar{p}_d$	$\bar{\alpha}$	$\bar{\alpha}_m$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	25	22	55	48	8	6,9	6,0	22	18	50	45	7,0	7,1	6,4	3,5	15,7	13,7	2,8	18,0	16,07
2	22	18	48	38	7	6,3	5,4	19	15	40	35	6,0	6,7	5,8	3,0	14,7	12,67	2,4	16,6	14,58
3	18	16	40	35	6	6,7	5,8	15	12	35	30	5,0	7,0	6,0	2,5	16,0	14,0	2,0	17,5	15,0
4	15	13	25	20	5,0	5,0	4,0	13	9	20	16	3,5	5,7	4,6	2,0	12,5	10,0	1,8	11,1	8,89
5	12	10	19	15	3,5	5,4	4,3	10	7	16	14	2,5	6,4	5,6	1,8	10,6	8,34	1,5	10,6	9,34

Avînd în vedere corelarea valorilor  $p_c$  și  $p_a$  unde  $p_c > p_a$

cu peste 100 % rezultă o bună corespondență între valorile

$\alpha$  ;  $\alpha_m$  respectiv  $\alpha'$  și  $\alpha'_m$ , valorile în tabelul putînd fi fo-

losite la calculul capacității portante a terenului cu relații

deforma  $p_c = \frac{Ra}{\alpha'}$  sau  $p_c = \frac{Rdm}{\alpha'_m}$ , adică folosindu-se re-

zistența dinamică de penetrare.

Tabelul 2.20. Caracteristici geotehnice determinate experimental de autor, pentru cîteva tipuri de nisipuri

nr. crt.	denumirea stratificației	valori experimentale				valori medii		valori calculate		$\alpha' \frac{Ra}{pa}$	$\alpha'_m \frac{Rdm}{pa}$
		$I_D$	$\phi$	$E$	$p_d$	$N_{10}$	$N_{10(m)}$	$R_d$	$R_{d(m)}$		
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
I (1)	nisip mare și mijlociu	0,31	31	135	1,4	8	6	25	18	17,85	12,85
II (2)	nisip mare și mijlociu	0,62	33	267	2,0	15	13	40	34	20,00	17,00
III (3)	nisip afinat	0,26	30	116	1,2	7	5	17	12	14,16	10,00
I (3)	nisip fin (mic) și mijlociu	0,45	31	225	1,8	13	10	28	25	15,56	13,89
II (4)	nisip mare și mijlociu	0,45	32	250	2,0	14	12	38	32	19,00	16,00
III (4)	nisip mare și mijlociu	0,46	38	410	2,8	22	18	58	50	20,71	17,85

În tabelul 2.20. se prezintă pentru câteva tipuri de nisipuri cu caracteristicile geotehnice determinate experimental rapoartele  $\alpha'$  și  $\alpha'_m$ , din care rezultă valorile comparabile cu cele din tabelul 2.19.

Se poate concluziona că pentru faza de preproiectare când se dispune numai de rezultatele de penetrare, se pot estima atât modul de deformare cât și capacitatea portantă a terenului pe grosimea stratului luat în studiu.

### 3. STUDII REFLEXIVE LA FOLOSIREA VIBROPENETRĂRII CU CON PENTRU CERCETAREA TERENULUI

Așa cum rezultă din primul capitol al lucrării de față pentru cercetarea terenului de fundare la fața locului, una dintre metodele mai recente este și vibropenetrarea cu con. În cele ce urmează se prezintă cercetările efectuate de autor și rezultatele obținute, în ideea corelării rezultatelor cu cele de la penetrarea cu con.

#### 3.1. CITEVA ASPECTE CU PRIVIRE LA VIBROPENETRAREA CU CON

Înfigerea elementelor în pământ prin vibrație constă în pătrunderea forțată a unui element rigid în pământ, sub acțiunea forțelor statice și a celor dinamice. În cazurile când pământurile își modifică în mod esențial proprietățile sub acțiunea vibrațiilor, se poate obține nu numai o reducere a forțelor statice de înfigere ci și a energiei consumate pentru înfigere [64]; [49]; [97].

Este știut faptul că rezistența pământului, la înfigere, se compune din cea frontală, manifestată pe vârful elementului și cea laterală, care acționează pe suprafața laterală a acestuia. Prin vibrarea elementului, rezistența terenului se micșorează într-un grad sau altul, funcție de condițiile de teren și regimul de vibrație. Astfel, forțele dinamice ale rezistenței laterale a pământului se reduc în comparație cu cele statice de 2... 10 ori [49]; [63]; [64], rezistențele dinamice frontale ale pământurilor cu umiditate redusă sînt practic egale cu cele statice, iar în cele saturate se reduc substanțial [49].

Astfel la înfigere în pământuri aproape saturate iau naștere sub vârful elementului presiunii hidrodinamice variabile care conduc la distrugerea legăturilor între particule și apoi

la lichefierea acestora, în acest caz, rezistența se reduce atât pe suprafața laterală cât și pe cea frontală. Pentru înfigerea elementelor în pământuri îndesate cu umiditate redusă se recomandă folosirea vibropercutoarelor [49]; [8].

În cercetările teoretice ale procesului de înfigere prin vibrație a elementelor în pământ se folosesc diferite modele de calcul ale interacțiunii elementului cu terenul, bazate pe constatări experimentale. Dacă amplitudinea oscilației elementului este mai mică decât limitele deformației elastice a pământului, atunci elementul oscilează împreună cu pământul din jur și nu are loc înfigerea; cu mărirea amplitudinii oscilației elementului, acesta se detașează de pământ. La detașarea completă de teren amplitudinea oscilației elementului depășește amplitudinea de vibrație a terenului învecinat și deformațiile terenului, și înfigerea elementului are loc. Rezistența vâscoasă, care apare la detașarea elementului de terenul din jur, depinde de viteza oscilațiilor și are un pronunțat caracter neliniar.

În studiile teoretice [49]; [62], sînt folosite cel mai frecvent două scheme de calcul ale mecanismului rezistenței pământului, care își găsesc corespondența și în datele experimentale pentru o gamă relativ mare de pământuri.

a) Schema mecanismului perfect plastic în care se consideră că între suprafața laterală a elementului și pământ acționează forțe de frecare uscată; în acest model rezistența dinamică frontală a pământului este cea aferentă unui dop fără greutate, a cărui deplasare este posibilă dacă forța aplicată depășește frecarea coulombiană dintre teren și suprafața laterală a dopului; înfigerea elementului are loc dacă suma forțelor aplicate pe el depășește rezistența pământului, pe suprafețele laterale și frontală, considerată constantă într-un ciclu de înfigere; dependența între rezistența dinamică a pământului  $R$  și pătrunderea  $X$  a elementului corespunde fig. 3.1.a.

b) Schema mecanismului combinat, constînd din modelul perfect plastic al rezistenței pământului pe suprafața laterală și cel perfect elasto-plastic pe suprafața frontală. În modelul perfect elasto-plastic dependența între rezistența dinamică frontală și tăsarea elementului poate fi reprezentată în forma diagramei Prandtl (fig. 3.1.b) modelul perfect elasto-plastic al rezistenței dinamice frontale se deosebește de cel plastic prin prezența unui arc ideal, fără disipare de energie, ce modelează proprietățile elastice ale pământului, așezat între vîrfurile



elementului și dopul fără greutate.

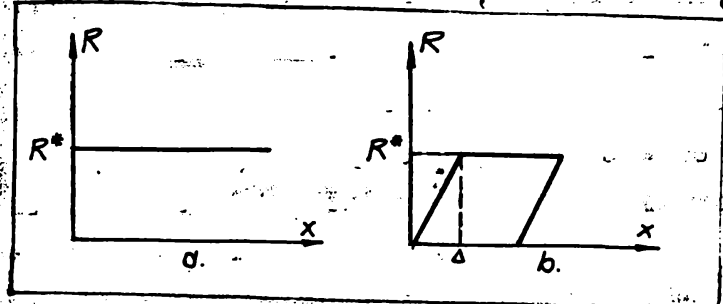


Fig.3.1. Dependența între rezistența dinamică a pământului P și pătrunderea X a elementului.

- a) pentru modelul perfect plastic al rezistenței pământului
- b) pentru modelul perfect elasto-plastic al rezistenței frontale a pământului.

In acest model deplasarea dopului, adică deformarea plastică a pământului este posibilă numai atunci când reacțiunea arcului depășește rezistența dinamică frontală a pământului.

In afara celor două modele de bază în unele cercetări se folosesc și modele mai

complexe ale mecanismului rezistenței pământului [5]; [96]; elasto-plastic pe suprafețele laterale și frontală; elasto-vâscos plastic, cu considerarea unei mase asociate de pământ și altele.

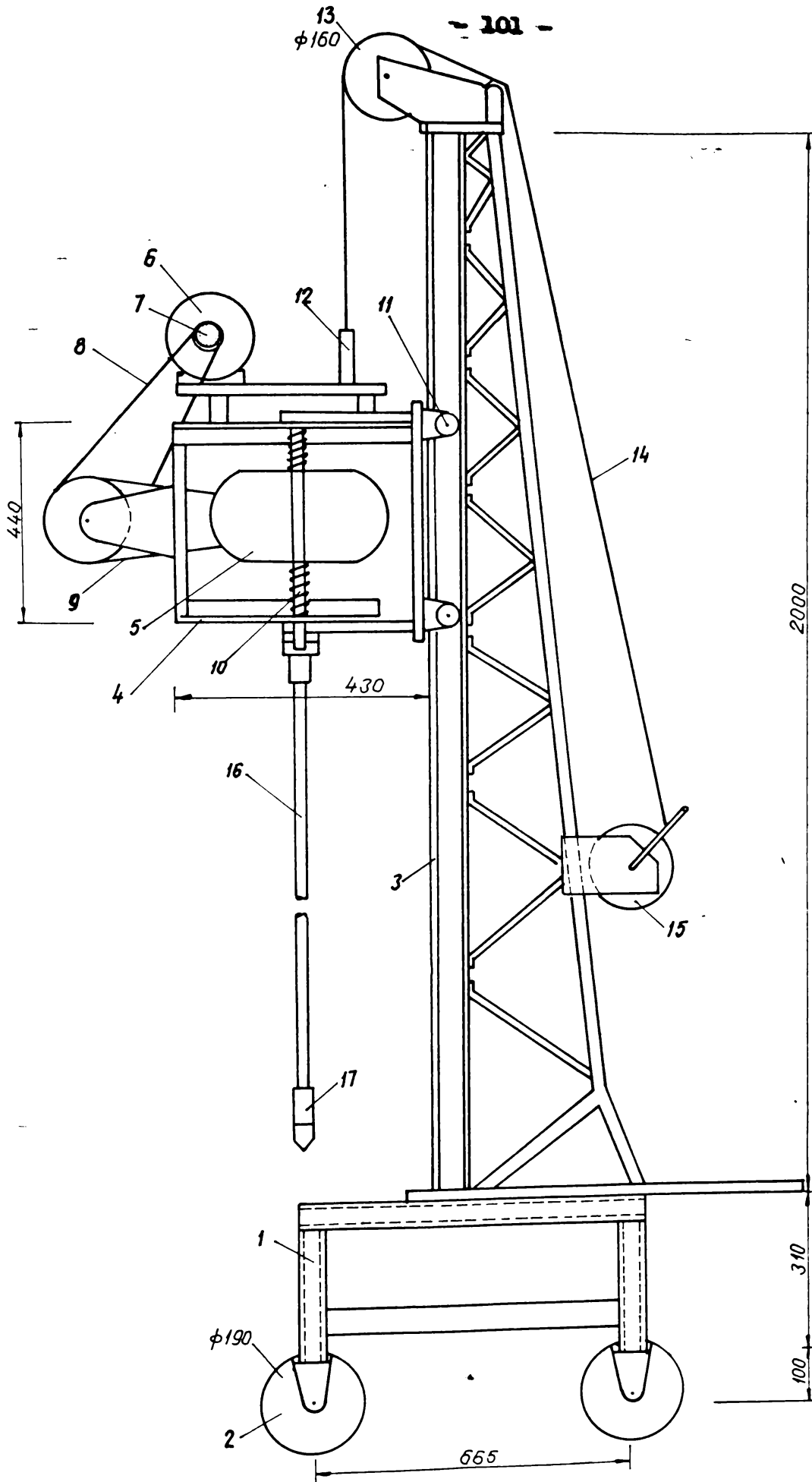
In studiul infigerii elementelor în teren, se folosesc pentru modelarea pământurilor modelul pur elastic, sau cel elasto-plastic, ultimul fiind folosit și de autor la studiul penetrării vibropercutoare cu con (cap.4.).

### 3.2. STUDIUL SI ADAPTAREA UNEI VIBROINSTALATII DE VIBROPENETRARE CU CON

#### 3.2.1. Descrierea instalației de vibropenetrare folosite în experimentări [119]

Realizată ca model funcțional, instalația mobilă de vibro-penetrare, folosită în încercări, este brevetată ca invenție de OSIM București cu brevet nr.92964 din anul 1987.

Ea este prezentată în (fig.3.2) și se compune din următoarele elemente principale: vibro-generatorul cu mase excentrice în rotație (5); motor electric cu acționare (6), alimentat din rețea la 380 V și cu puterea de 1,0 kW, cadrul metalic al vibro-generatorului (4); grindă pentru ghidarea cadrului vibratorului (3); troliu cu cablu (14) și (15) și scripete fix (13) pentru manevrarea pe verticală a cadrului, cărucior cu roți (2) și (1) pentru deplasarea instalației, tije tubulare (16) cu diametrul 22 mm și lungimea de 1 m, îmbinate prin înfiletare și înșirate pe conductorul trifilar al traductorului de forță (17) montat deasupra



LEGENDĂ:

1. Căruțiar
2. Roti
3. Lumânare de ghidaj
4. Cadru vibrogenator
5. Vibrogenator
6. Motor electric de antrenare vibrogenator
7. Fulii
8. Curea de transmisie
9. Curea de transmisie
10. Tijă cu arcuri
11. Role de ghidaj
12. Ureche agățat
13. Scripete
14. Cablu ridicare
15. Trolu ridicare
16. Tijă cu con de penetrare
17. Traductor de forță.

Fig.3.2- Instalație de vibrapenetrare cu can

vîrfului conic cu suprafața bazei de  $10 \text{ cm}^2$  și unghiul la vîrf de  $90^\circ$ ; fulii (7); curele de transmitere (8) și (9), tije cu arcuri (10) role de ghidare a vibrogeneratorului (11); ureche de agățare (12).

Instalația este completată cu un traductor de forță realizat sub formă cilindrică de tip rezistiv, acesta fiind protejat de o manta metalică, cu diametrul  $3,6 \text{ cm}$  identic cu cel al conului. Ansamblul de tije este prins rigid de vibrator prin intermediul unui dispozitiv ce asigură protejarea conductorului traductorului de forță.

Parametrii instalației de vibropenetrare folosită în experimentări sînt prezentate în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Parametrii instalației de vibropenetrare

Masa statică	Masa în vibrație	Moment static excentric	Masa excentrică	Turația	Frecvența	Perioada oscilației	Forța perturbatoare
$M_s$ (kg)	$M_p$ (kg)	$M_{st}$ (kg)	$M_{mo}$ (kg)	$n$ Rot/min	$f$ (Hz)	$T$ (s)	$P_o$ (daN)
80	30	7,36	3,50	1080	80	0,056	137

În experimentări s-au făcut măsurători și înregistrări ale unor mărimi specifice procesului de vibroînfigere, cum sînt: amplitudinea ( $A$ ) și frecvența ( $f$ ) a oscilațiilor ansamblului vibrator-element, spațiul de înfigere în pămînt ( $h$ ), respectiv viteza medie a înfigerii ( $V$ ) și puterea consumată de motorul electric al vibratorului ( $N$ ).

### 3.2.2. Componentele lanțului de măsurare înregistrarea și modalitățile de interpretarea rezultatelor înregistrate

Pentru că mișcarea de vibroînfigere se poate considera compusă dintr-o mișcare rectilinie (în sensul pătrunderii) și una de oscilații armonice, în continuare se vor prezenta, separat pentru cele două categorii de mișcări, componentele echipamentului de măsurare, mărimile măsurate și modul de interpretare a înregistrării.

### 3.2.2.1. Măsurarea mărimilor mișcării rectilinii

Schema bloc a subansamblului este readtă în (fig.3.3) unde:

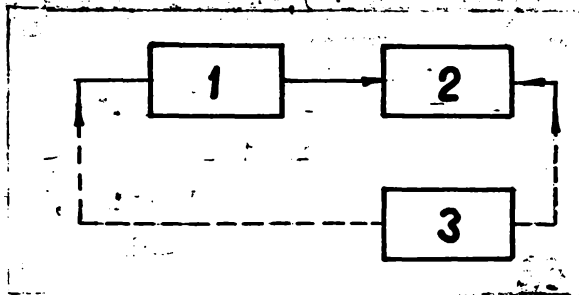


Fig.3.3. Schema bloc pentru măsurarea mișcării rectilinii

1. dispozitiv de măsurare a deplasării în jos a cadrului vibratorului,
2. înregistrator ;
3. sursă de alimentare.

Dispozitivul (1)

din (fig.3.3) este de tip mecano-electric iar înregistratorul (2) de de tip rapid, cu penițe (TSS-101),alimentat din acumulatori de 12 V.

Dispozitivul mecano-electric (fig.3.4) montat lateral grinzii de ghidare a cadrului vibratorului se compune din : rolă (1) pentru întinderea cablului (montată la partea superioară a ghidajului); , cablu (3) flexibil, inextensibil, de diametru de 2,5 mm ; tamburi (3) ; disc cu came (4); întrerupător electric (5); bridă (6) de legătură cu cadrul vibratorului. Prin concepția constructivă a dispozitivului mecano-electric, discul cu came (4) este pus în mișcare de rotația numai la deplasarea în jos a cadrului vibratorului, deci în timpul vibrației. Discul cu came (4) are forma unui poligon convex regulat, putându-se realiza cu numărul de laturi dorit ; camele acționează întrerupătorul electric (5).

Inregistratorul TSS permite antrenarea hîrtiei în trei trepte de viteză : 1 mm/s ; 25 mm/s și 50 mm/s; pentru economisirea hîrtiei, la viteze mici de pătrundere a elementului în teren, se recomandă cea mai mică treaptă de viteză.

Impulsurile electrice furnizate de microîntrerupătorul electric sînt vizualizate pe hîrtia înregistratorului (alături de amplitudinea vibrațiilor sau forța pe vârful conic al vibrometrului) sub forma unor semnale treaptă a căror lungime în timp este funcție directă de viteza de rotație a discului cu came și

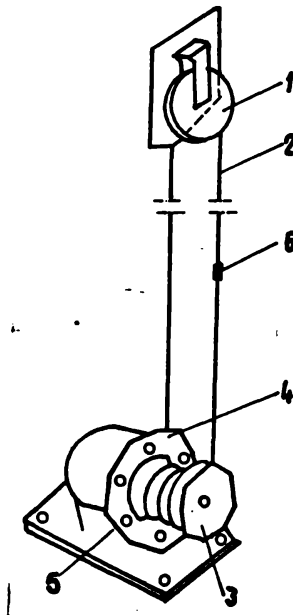


Fig.3.4. Dispozitiv mecano-electric montat lateral grinzii de ghidare.

implicit de viteza de deplasare în jos a ansamblului vibrator - element.

În (fig.3.5.) este redat un eșanțion din semnalul treaptă înregistrat (alături de forța pe vârful conic), pentru viteza de antrenare a hîrtiei de 25 mm/s.

Cunoscînd că unui ciclu "închis - deschis" al întrerupătorului (5) (fig.3.4) îi corespund  $\Delta h$  centimetri deplasare verticală și, de asemenea, știind viteza de antrenare a hîrtiei, se determină ușor timpul aferent fiecărei echidistanțe  $\Delta h$ .

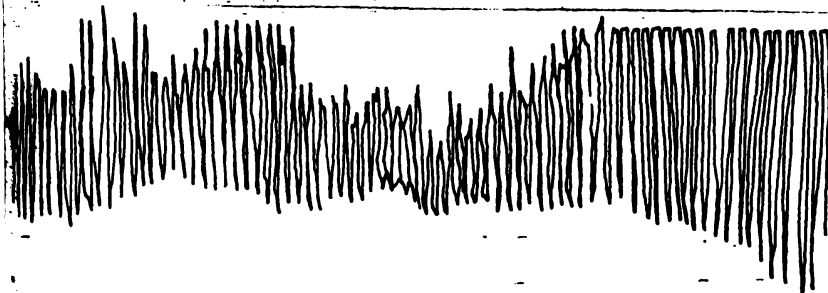


Fig.3.5. Un eșanțion din semnalul treaptă înregistrată pentru viteza de antrenare a hîrtiei  $v = 25 \text{ mm/s}$ .

3.2.2.2. Măsurarea mărimilor în mișcarea oscilatorie armonică

În mișcarea oscilatorie armonică se pot înregistra frecvența și forța dinamică

de răspuns pe vârful conic, prin captorul de forță cu traductori tensometrici rezistivi, montat deasupra conului.

Prin folosirea caroaiajului milimetric a hîrtiei de înregistrare a vibrogramei și a vitezei de derulare se poate calcula frecvența oscilațiilor. Se măsoară numărul  $N_1$  de milimetri corespunzători derulării hîrtiei într-o secundă și numărul  $N_2$  de milimetri corespunzători la  $n$  perioade de oscilație (fig.3.5).

Frecvența se calculează cu relația :

$$f = n \frac{N_1}{N_2} \quad (\text{Hz}) \quad (3.1.)$$

Schema bloc a componentelor echipamentului de măsurare este redată în (fig.3.6.) în care : 1 - captor cu traductor rezistiv ; 2 - amplificator de frecvență; purtătoare (punte tensometrică); 3 - înregistrator tip TSS.

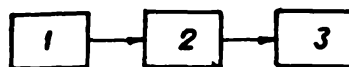
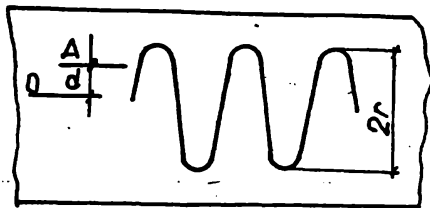


Fig.3.6. Schema bloc a echipamentului de măsurare - înregistrare

Anterior vibroînfigerii, pe hîrtie a înregistratorului se trasează " linia de zero ", C, (figura 3.7.) , cînd captorul de forțe este în repaus și puntea echilibrată, apoi se trasează linia

A corespunzătoare unei forțe statice cunoscute  $F$  (de exemplu,



greutatea vibrogeneratorului și a primei tije cu con) se măsoară distanța ( $d$ ) între cele două linii. După înregistrare, măsurând pe vibrogramă dublul amplitudinii ( $2r$ ), se află amplitudinea reală a rezistenței dinamice cu relația;

Fig. 3.7. Schema de etalonare pentru determinarea forței dinamice.

$$R = \frac{r}{d} F \quad (3.2)$$

### 3.2.3. Modul de lucru cu instalațiile de vibropenetrare

Instalația de vibropenetrare - model funcțional - denumită simbolic IVP -1 are alimentarea motorului electric al vibratorului din rețea de 380 V. Modul de lucru cu IVP-1 se referă la trei faze distincte ale unei vibropenetrări (pregătirea, de lucru propriu-zis și finală).

Lucrările ce se efectuează în cadrul fiecărei faze sînt următoarele :

#### - Faza pregătitoare

- verificarea rezervei de hîrtie și indigou a înregistratorului și a mecanismului de antrenare a hîrtiei pentru a nu fi blocat;

- schimbătorul vitezei de derulare a hîrtiei se aduce în poziția dorită (de preferat pentru prima tijă poziția maximă - 50 mm/s);

- se verifică dacă acul înscriptor principal nu este agățat de cel al bazei de timp;

- se face conectarea înregistratorului la sursa de alimentare electrică (acumulator 12 V), verificînd poziția corectă a fișei ca polaritatea să fie corespunzătoare;

Se racordează microîntrerupătorul dispozitivului de deplasare la priza bazei de timp a înregistratorului;

- după conectarea înregistratorului se verifică funcționarea lui (acționînd microîntrerupătorului, acul înscriptor al bazei de timp trebuie să descrie un semnal de forma  $\square$ );

- în cazul înregistrării forței dinamice pe vîrfurile conice se fac conexiunile cablului trifilar al traductorului de forță la aparatul ce conține amplificatorul cu frecvență purtătoare;

- verificarea cablului, a fișei de racord și a prizei de curent, trifazic;

- în poziția de suspendat a vibratorului acesta se pornește



( prin intermediul releului montat pe instalație), Verificând oprirea automată a motorului electric la acționarea limitatorului de cursă ( a cadrului vibratorului) montat la baza grinzii de ghidare.

Faza de lucru propriu-zisă

- se montează prima tijă cu vârful conic ;  
- în cazul înregistrării forței cu traductorul în repaus se echilibrează puntea și se trasează pe hîrtia înregistratului "linia de zero", apoi, sub greutatea cunoscută ce descarcă integral pe con, se trasează linia A de etalonare.

- se conectează înregistratorul și apoi motorul vibratorului, prin releu ;

- după oprirea automată a motorului vibratorului (prin limitatorul de cursă a cadrului) se oprește înregistratorul ;

- se desprinde vibratorul de prima tijă, deplasîndu-l în sus prin intermediul troliului ;

- se montează tija 2; 3,, cu reluarea ciclului operațiilor de conectare - deconectare a înregistratorului și motorului electric (după fiecare tijă) ;

Faza finală :

- extragerea tijelor din teren (sub acțiunea concomitentă a vibrațiilor și forței statice realizată prin intermediul troliului ) ;

- deconectarea înregistratorului și desfăcerea conexiunilor ;

- trecerea pe o nouă poziție de lucru.

Dacă nu se înregistrează forța pe vîrf, pe hîrtia înregistratorului apar numai semnale tip treaptă, care permit determinarea timpului de vibropenetrare pentru echidistanțele de pătrundere aferente discului cu came.

**3.3. STUDII EXPERIMENTALE SI DE CORELAȚIE A REZULTATELOR  
VIBROPENETRĂRII CU CON PENTRU PROSPECTARI GEOTEHNICE**

**3.3.1. Incercările de vibropenetrare efectuate în seria mai-  
oct.1987**

In cadrul încercărilor din prima serie descrise în cap.2. s-au mai efectuat și încercări de vibropenetrare cu con.

In tabelul 3.2. sînt centralizate rezultatele valorilor medii ale tuturor încercărilor efectuate în prima serie.

Coloanele 2,3 și 4 pentru încercări de vibropenetrare, coloanele 5 și 7 pentru penetrarea dinamică cu con fără manta, iar în

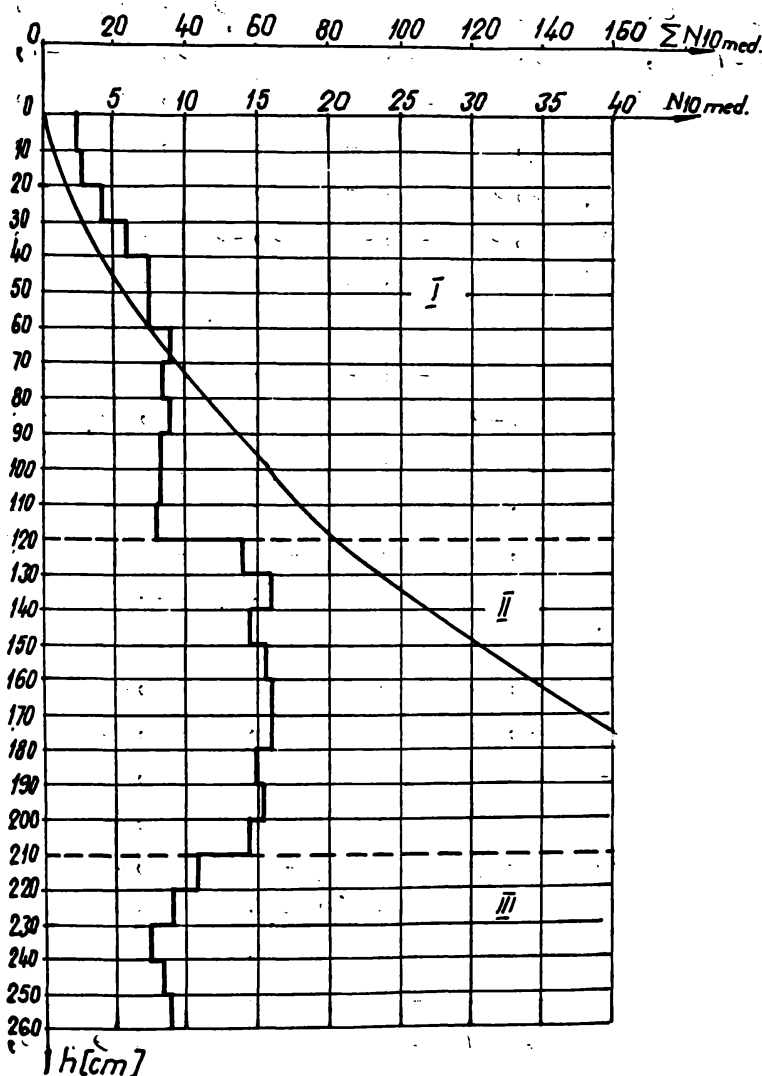
INSTITUTUL POLITEHNIC  
TIMISOARA

- Tabelul 3.2. Tabel centralizator pentru valori medii a rezultatelor încercărilor din prima serie (mai - oct. 1987)

Nr. crt.	h (cm)	t (s)	V <sub>10</sub> (cm/s)	Σ t (s)	R <sub>d</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )	R <sub>d</sub> (m)	N <sub>10</sub>	N <sub>10</sub> (m)	R <sub>p</sub> (daN/cm <sup>2</sup> )
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	0	0	0	7,77	10,10	2,5	2,25	10,20
2	20	0,44	0	0,44	8,56	8,56	2,75	2,75	10,99
3	30	0,51	19,607	0,95	13,04	11,65	4,25	3,75	17,50
4	40	0,52	19,230	1,47	18,63	14,76	6,0	4,75	24,31
5	50	0,54	18,513	2,01	23,29	16,31	7,5	5,25	30,13
6	60	0,56	17,857	2,57	23,34	18,64	7,5	6,0	30,23
7	70	0,53	17,241	3,15	28,89	18,67	9,25	6,0	37,39
8	80	0,60	16,667	3,75	26,54	18,63	8,5	6,0	34,80
9	90	0,62	16,129	4,37	28,07	18,67	9,0	6,0	36,71
10	100	0,85	11,764	5,22	25,64	18,71	8,25	6,0	33,49
11	110	0,88	11,363	6,10	22,15	17,23	8,25	6,25	31,77
12	120	0,95	10,562	6,93	38,95	14,49	3,00	5,25	36,24
13	130	0,97	10,309	7,95	44,64	30,72	14,00	11,00	64,31
14	140	1,27	7,374	9,22	40,63	36,33	16,00	13,00	53,25
15	150	1,53	6,535	10,75	43,70	42,67	14,5	11,75	63,52
16	160	1,71	5,847	12,46	45,19	36,89	15,75	13,25	65,03
17	170	2,75	3,635	15,21	45,23	40,26	16,25	14,5	65,25
18	180	3,15	3,174	13,26	41,49	41,09	16,25	14,75	60,74
19	190	2,05	4,873	20,31	42,88	33,95	15,00	14,00	62,32
20	200	1,95	5,123	22,26	36,63	33,31	15,5	12,0	63,22
21	210	1,27	7,874	23,53	28,24	23,69	14,5	9,5	62,13
22	220	1,15	8,695	24,63	23,66	19,92	11,25	8,0	58,17
23	230	0,66	15,151	25,34	18,72	18,63	8,5	7,5	49,80
24	240	0,63	14,705	26,02	18,72	14,98	7,5	6,0	38,80
25	250	0,53	17,241	26,00	21,17	14,29	8,5	5,75	30,73
26	260	0,74	13,513	37,34	25,55	15,55	10,25	6,25	34,17
27	270	0,76	13,157	28,10	28,83	14,95	11,50	6,00	41,11
28	280	0,84	12,747	31,74	99,60	99,60	40,00	40,00	146,33

coloanele 6 și 8 pentru penetrare cu con și manta respectiv coloana 9 pentru penetrarea statică cu con.

Datorită asemănării rezultatelor încercărilor penetrării dinamice cu con (PDU) conform tabelului 3.2 se prezintă pentru numărul mediu de lovituri diagramele  $(N_{10})$  și  $(\sum N_{10})$  variația acestora în fig. 3.8. -



Din diagramă rezultă că între cotele -0,00-1,20 m orizontul de nisip I este un orizont omogen afinat și la fel orizontul III cotele -2,20 ... -2,60 m.

Pornindu-se de la cercetările lui N. Vasiloni [118] care a stabilit că pentru stratul omogen de pământ vibropenetrat expresia anbitică  $V_{10} = f(h)$  este de tip exponențial  $V_{10} = \alpha \cdot e^{\beta \cdot h}$  (3.3)

în tabelul 3.3 sînt prezentate prelucrările pentru stratul omogen I între cotele -0,00-1,20 m.

Pentru forma liniară a expresiei (3.3) făcîndu-se notațiile  $X = h$ ,  $Y = \ln V_{10}$ ;  $B = -\beta$   $D = \ln \alpha$  și aplicînd metoda celor mai mici

Fig. 3.8. Diagramele de penetrare dinamică cu con  $(N_{10}; h)$  și  $(\sum N_{10}; h)$

pătrate s-au determinat parametrii B și D (respectiv  $\alpha$  și  $\beta$ ) cu relațiile :

$$B = \frac{n \cdot \sum XY - \sum X \cdot \sum Y}{n \cdot \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3.4)$$

$$D = \frac{n \cdot \sum X^2 - \sum X \cdot \sum XY}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad (3.5)$$

Coeficientul de corelație liniară, se calculează cu expresia :

$$r = \frac{n \cdot \sum xy - \sum x \cdot \sum y}{\sqrt{[n \cdot \sum x^2 - (\sum x)^2][n \cdot \sum y^2 - (\sum y)^2]}} \quad (3.6)$$

Tabelul 3.3. Valorile pentru calculul parametrilor formei liniare

Nr. crt.	h (cm)	V <sub>10</sub> (cm/s)	X=h	Y=lnV <sub>10</sub>	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY	V <sub>10</sub> (calc) (cm/s)
1	30	19,607	30	2,975	900	8,850	89,25	21,425
2	40	19,230	40	2,956	1600	8,737	118,24	19,940
3	50	18,513	50	2,918	2500	8,514	145,90	18,559
4	60	17,857	60	2,882	3600	8,305	172,92	17,273
5	70	17,241	70	2,847	4900	8,105	199,29	16,076
6	80	16,666	80	2,813	6400	7,912	255,04	14,962
7	90	16,129	90	2,780	8100	7,728	250,2	13,926
8	100	11,764	100	2,465	10000	6,076	246,50	12,961
9	110	11,363	110	2,430	12100	5,904	267,30	12,063
10	120	10,532	120	2,357	14400	5,555	282,84	11,227
Σ	-	-	750	27,423	64500	75,636	1997,48	-

Pentru datele din tabelul 3.3. coeficienții formei liniare a funcției exponențiale, calculați cu (3.4) și (3.5) sînt :

$$B = \frac{10 \cdot 1997,48 - 750 \cdot 27,423}{10 \cdot 64500 - (750)^2} = -0,00817$$

$$D = \frac{27,423 \cdot 64500 - 750 \cdot 1997,48}{10 \cdot 64500 - (750)^2} = 3,28089$$

Parametrii  $\alpha$  și  $\beta$  sînt :  $\alpha = e^D = e^{3,280} = 2,71828^{3,280} = 26,5757$  și  $\beta = 0,00718$

Rezultă astfel, că funcția cu care s-au calculat valorile V<sub>10</sub> din ultima coloană a tabelului 3.3., este de forma :

$$V_{10} = 26,5757 e^{(-0,00718 h)}$$

în care : V<sub>10</sub> [cm/s] și h [cm]

Pentru calculul coeficientului de corelație liniară se folosește expresia (3.6) în care se înlocuiesc valorile :

$$r = \frac{10 \cdot 1997,40 - 750 \cdot 27,423}{\sqrt{[10 \cdot 64500 - (750)^2] \cdot [10 \cdot 75,686 - (27,423)^2]}} = -0,938$$

Valoarea coeficientului,  $r$ , indică o bună corelare a variabilei  $Y$  și  $X$ , cu expresia liniară.

Pentru verificarea preciziei aproximării datelor experimentale, prin expresia analitică  $V_{10} = 26,575 \exp.(-0,00718 \cdot h)$  s-a calculat valoarea coeficientului de variație,  $\gamma$ , în mod următor [118]:

și calculează rapoartele:

$$V_{10-i}^* = \frac{V_{10-i} \text{ experimental}}{V_{10-i} \text{ calculat}} \quad (3.7)$$

căror valoare medie este:

$$\bar{V}_{10}^* = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{10-i}^* \quad (3.8)$$

În ipoteza coincidenței ideale a tuturor valorilor experimentale cu cele calculate rezultă  $\bar{V}_{10}^* = 1$  și deci abaterile valorilor  $V_{10-i}^*$  de la media aritmetică  $\bar{V}_{10}^*$  se dau prin diferența:

$$\epsilon_i = V_{10-i}^* - \bar{V}_{10}^* = \frac{V_{10-i}(\text{exp}) - V_{10-i}(\text{calc})}{V_{10-i}(\text{calc})} \quad (3.9)$$

se calculează abaterea medie pătratică:

$$S = \sqrt{\frac{\sum \epsilon_i^2}{n-2}} \quad (3.10)$$

și coeficientul de variație pentru  $\bar{V}_{10}^* = 1$

$$\gamma = \frac{S}{\bar{V}_{10}^*} \quad (3.11)$$

Deoarece valorile  $B$  și  $D$ , calculate prin metoda celor mai mici pătrate au semnificația unor valori medii (normate), cele adevărate se găsesc în interiorul unui interval, numit interval de "încredere" definit sub forma:

$$B_{\text{adev}} = B \pm t_{\alpha} \cdot S_B \text{ și } D_{\text{adev}} = D \pm t_{\alpha} \cdot S_D \quad (3.12)$$

în care  $t_{\alpha}$  este un coeficient tabelat ce depinde de probabilitatea,  $\alpha$  (ca valoarea adevărată să nu fie în afara intervalului de încredere) și numărul gradelor de libertate,  $n-2$ .

$S_B$  și  $S_D$  sînt abaterile medii pătratice, egale cu:

$$S_B = S_Y = \sqrt{\frac{n}{n \sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}} \quad (3.13); \quad S_D = S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2}{\sum_{i=1}^n x_i^2 - (\sum_{i=1}^n x_i)^2}} \quad (3.14)$$

$$S_Y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [Y_i(\text{calc}) - Y_i(\text{exp})]^2}{n-2}} \quad (3.15)$$

In expresiile abaterilor  $S_B$  și  $S_D$ ,  $S_Y$  reprezintă abaterea medie pătratică a valorilor experimentale  $Y_i(\text{exp})$  față de valorile medii calculate :

$$Y_i(\text{calc}) = B X_i + D \log(\dots) \quad (3.16)$$

In tabelul 3.4 sînt prezentate valorile  $V_{10 \text{ exp}}$  și  $V_{10 \text{ calc}}$ , respectiv diferența între ele.

Cu valorile din (tabelul 3.4) se obține abaterea medie patratcă calculată cu relația (3.10).

$$S = \sqrt{\frac{0,0682656}{8}} = 0,09237$$

$$\text{și coeficientul de variație: } \gamma = \frac{S}{1 \sqrt{10}} = \frac{0,09237}{3,9623} = 0,0233$$

Valoarea mică a coeficientului de variație, alături de cea ridicată a coeficientului de corelație  $r$ , arată că funcția analitică de aproximare  $V_{10} = f(h)$ , în forma exponențială determinată, reprezintă o foarte bună aproximație.

Pentru determinarea intervalului de încredere a valorilor adevărate  $B$  și  $D$  s-a considerat conform [118] probabilitatea  $\alpha = 0,85$  careia îi corespunde coeficientul  $t_{\alpha} = 1,11$ , pentru  $10-2=8$ , grade de libertate.

Tabelul 3.4. Valorile  $V_{10 \text{ exp}}$  și  $V_{10 \text{ calc}}$ , respectiv diferența dintre ele,

Nr. crt.	$V_{10(\text{exp})}$ (cm/s)	$V_{10 \text{ calc.}}$ (cm/s)	$\epsilon = \frac{V_{10 \text{ exp.}} - V_{10 \text{ calc.}}}{V_{10 \text{ calc.}}}$	$\epsilon^2$
1	19,607	21,425	- 0,084485	0,0072000
2	19,230	19,940	- 0,03560	0,001267
3	18,513	18,559	- 0,002209	0,0000048
4	17,857	17,273	0,033809	0,0011431
5	17,241	16,076	0,072468	0,005251
6	16,666	14,962	0,113885	0,012970
7	16,129	13,926	0,158193	0,025025
8	11,764	12,961	- 0,092353	0,008529
9	11,363	12,663	- 0,58028	0,0033673
10	10,562	11,227	- 0,059232	0,0035084
$\Sigma$	-	-	0,046086	0,0682656



În tabelul 3.5. sînt prezentate valorile necesare pentru calculul abaterii medii pătratice a parametrilor formei liniare. Cu valorile din (tabelul 3.5) rezultă următoarele abateri medii pătratice ( $S_Y$ ,  $S_B$ ,  $S_D$ ) folosind expresiile (3.13); (3.14); (3.15).

$$S_Y = \sqrt{\frac{0,063916}{8}} = 0,089384$$

$$S_B = 0,089384 \sqrt{\frac{10}{10 \cdot 64500 - (750)^2}} = 0,00098408$$

$$S_D = 0,089384 \sqrt{\frac{64500}{10 \cdot 64500 - (750)^2}} = 0,07903376$$

Tabelul 3.5. Valorile necesare pentru calculul abaterii medii pătratice a parametrilor formei liniare

nr. crt.	X = h (cm)	Y (exp) = $1/n \cdot V_{10}$	X <sup>2</sup>	Y <sub>calc</sub> = $3,280 - 0,00718X$	[Y (exp) - Y (calc)] <sup>2</sup>
1	30	2,975	900	3,0646	0,003028
2	40	2,956	1600	2,9923	0,001354
3	50	2,918	2500	2,9210	0,000009
4	60	2,882	3600	2,8492	0,001075
5	70	2,847	4900	2,7774	0,004844
6	80	2,813	6400	2,7056	0,011534
7	90	2,730	8100	0,6333	0,021374
8	100	2,465	10000	2,5620	0,009409
9	110	2,430	12100	2,4902	0,002520
10	120	2,357	14400	2,4184	0,003769
$\Sigma$	750	-	64500	-	0,063916

Se observă că pentru coeficientul B valoarea abaterii medii pătratice este mult mai redusă comparativ cu cea a coeficientului D, ceea ce atrage atenția asupra posibilei utilizări a parametrului  $\beta$ , din funcția exponențială de aproximare, pentru caracterizarea proprietăților fizico-mecanice ale stratului omogen de pământ, vibropenetrat.

Înlocuind în relațiile (3.12) se obțin valorile adevărate ale coeficienților B și D care sînt :

$$B_{\text{adev.}} = 0,00718 \pm 1,11 \cdot 0,00098408 = 0,00718 \pm 0,001$$

$$D_{\text{adev.}} = 3,280 \pm 1,11 \cdot 0,07903376 = 3,280 \pm 0,087727$$

Corespunzător, valorile de calcul ale parametrilor  $\alpha$  și  $\beta$  aceștia vor fi :

$$\alpha = e^{3,280 + 0,00877727h}; \quad \beta = 0,00718 + 0,001h$$

iar expresiile de calcul ale vitezelor,  $V_{10}$ , pentru intervalul de încredere adoptat sînt :

$$V_{10} = 29,012 e^{-0,00618 \cdot h} \text{ și respectiv } V_{10} = 24,343 e^{-0,00818 \cdot h}$$

în fig.(5.9) sînt redată variațiile parametrilor  $V_{10}$ .

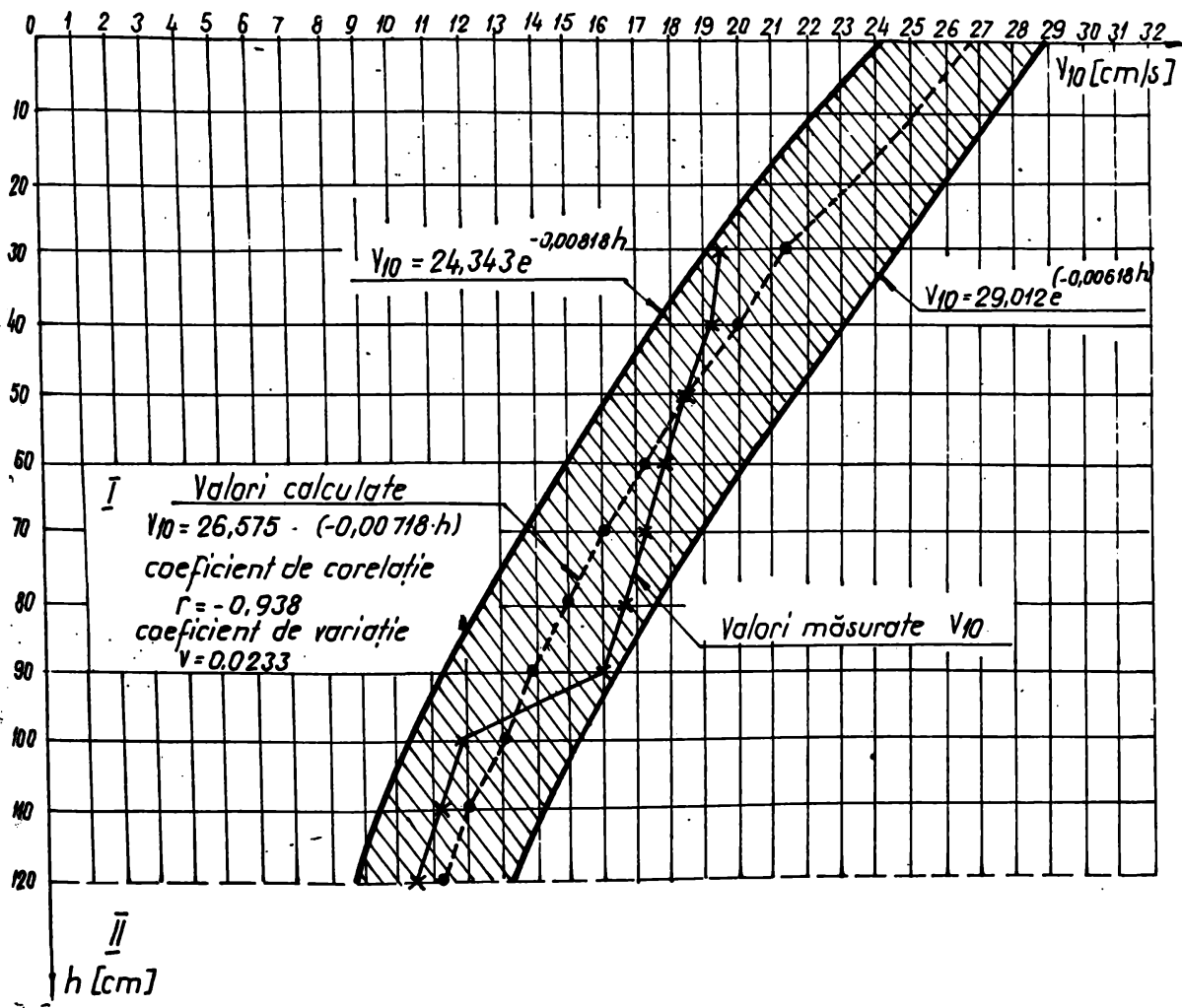


Fig.3.9. Variațiile parametrilor  $V_{10}$  măsurate și calculate respectiv intervalul de încredere și domeniilor de variație a vitezelor.

Considerându-se viteza  $V_{10}$  (sau, în general)  $V_{\Delta h} = \Delta h / \Delta t$  viteza a mișcării de vibropenetrare a stratului omogen, parametrii  $\alpha$  și  $\beta$  din relația analitică (3.3) li se pot atribui semnificații cinematice [118] expresia devenind :

$$V_{10} = V_{010} \cdot \exp\left(-\frac{h}{V_{010} \cdot t_0}\right) \quad (3.17)$$

care :

$V_{010}$  - viteza inițială a mișcării variate (de viteză  $V_{10}$ )  
 timpul inițial,  $t = t_0$  ;  $h$  - spațiul de mișcare ; deci :

$$\alpha = V_{010} \text{ și } \beta = \frac{1}{V_{010} \cdot t_0}$$

Expresia (3.17) arată că variația vitezei,  $V_{10}$ , în timp este tip hiperbolic, adică :

$$V_{10} = \frac{V_{010} \cdot t_0}{t} \quad (3.18)$$

Deoarece  $V_{10} = \frac{dh}{dt}$ , înlocuind în (3.18) și integrând, ținând seama și de condițiile inițiale, se obține :

$$h = V_{010} \cdot t_0 \ln \frac{t}{t_0} \quad (3.19)$$

(3.19) rezultă :

$$t = t_0 \cdot \exp\left(\frac{h}{V_{010} \cdot t_0}\right) \quad (3.20)$$

$$\ln t = \ln t_0 + \frac{h}{V_{010} \cdot t_0} \quad (3.21)$$

În reprezentare semilogaritmică ( $Y = \ln \Sigma t$ ;  $x = h$ ) expresia (3.21) are tăietura pe axa  $X$ ,  $\ln t_0$  și panta  $1/V_{010} \cdot t_0 = \beta$ .

În ipoteza mișcării variate de pătrundere, în orizontul I, a corului, cu viteza  $V_{10}$ , rezultă ( pentru valorile medii ale parametrilor ;  $\alpha = 26,575$  și  $\beta = 0,00718$  ) ;  $V_{010} = 26,575$ .

Cu toate că, în realitate, mișcarea variată de vibropenetrare stratului omogen de pământ nu se realizează cu viteza  $V_{10}$  (căreia corespunde, evident, o durată mai mare a pătrunderii, decât cea reală) aproximarea anterioară a legii de mișcare, pentru  $V_{10}$  este aplicabilă și vitezei reale momentane,  $(V)$ .

Intrucât, prin însăși tehnica de vibropenetrare, se înregistrează timpii de pătrundere pe echidistanțe  $\Delta h$  de înfigere este mai ușor practic de a aproxima variația sumei timpilor cu pătrunderea,  $h$ , în stratul omogen, Pentru aproximarea  $t = f(h)$  se consi-

deră o expresie analogă din (3.20) de forma:

$$t = t'_0 \exp. (-\beta' \cdot h) \quad (3.22)$$

în care valorile parametrilor  $t'_0$  și  $\beta'$  vor fi evident altele, dar cu aceleași semnificații cinematice, ca cele precizate anterior

adică :  $t'_0$  - timpul inițial :  $\beta' = \frac{1}{v'_0 \cdot t'_0}$  ;  $v'_0$  - viteza inițială.

Deoarece valorile parametrilor  $t'_0$  și  $v'_0$  sînt specifice fiecărui strat omogen de pămînt, vibropenetrat, ei pot fi considerați ca parametrii cinematici necesari învingerii rezistențelor inițiale ale fiecărui orizont omogen.

Determinarea practică a parametrilor  $t'_0$  și  $\beta'$ , în corelare cu coloana stratigrafică, evidențiată de forajul geotehnic, se poate face aproximativ, pe cale grafică sau, mai exact, prin calcul analitic, folosînd metoda celor mai mici pătrate. În reprezentarea grafică semilogaritmică ( $Y = \ln \sum t$  ;  $X = h$ ) a expresiei (3.22) în formă liniară se obține o linie cu frînturi, punctele de frîngere indicînd vibropătrunderea într-un nou orizont, omogen, de pămînt.

Calculul analitic al parametrilor  $t'_0$  și  $\beta'$  se exemplifică pentru suma timpilor medii, de vibropenetrare,  $\sum t$ , (ultima coloană a tabelului 3.2) în orizontul omogen (fig.3.8).

Forma liniară a relației (3.22) este :

$$Y = D + Bh \quad (3.23)$$

în care :  $Y = \ln t$  ;  $D = \ln t'_0$  ;  $B = \beta'$  ; și  $X = h$

Tabelul 3.6. Valorile parametrilor a formei liniare

nr. crt.	X=h (cm)	Y=ln	-XY	X <sup>2</sup>	X <sup>2</sup> Y	t <sub>calc.</sub> (s)	V <sub>calc.</sub> (cm/s)
1	30	+0,0512	1,5360	900	0,00262	1,261	39,051
2	40	0,3352	15,4080	1600	0,1484	1,545	31,377
3	50	0,6981	34,905	2500	0,4873	1,894	26,020
4	60	0,9439	56,634	3600	0,8909	2,318	21,239
5	70	1,1474	80,318	4900	1,3165	2,840	17,337
6	80	1,3217	105,736	6400	1,7470	3,480	14,752
7	90	1,4747	132,723	8100	2,1749	4,263	11,552
8	100	1,6524	165,24	10000	2,7307	5,223	9,429
9	110	1,8082	193,902	12100	3,2699	6,398	7,697
10	120	1,9430	233,160	14100	3,7754	7,839	6,283
Σ	750	11,4258	1024,562	64500	16,5410	-	-

Cu valorile din (tabelul 3.6) și aplicînd metoda celor mai mici pătrate valorile medii ale parametrilor B și D calculați cu relațiile (3.4) și (3.5) sînt :

$$B = \frac{10 \cdot 1024,562 - 750 \cdot 11,04258}{10 \cdot 64500 - (750)^2} = 0,0203$$

$$D = \frac{11,4258 - 64500 - 750 \cdot 1024,562}{10 \cdot 64500 - (750)^2} = -0,381301818$$

adică  $t'_0 = e^D = 0,686$  și  $\beta' = -0,0203$

Coeфициентul de corelație calculat cu relația (3.6) este:

$$r = \frac{10 \cdot 1024,562 \cdot 750 \cdot 11,4258}{\sqrt{[10 \cdot 64500 - (750)^2] \cdot [10 \cdot 16,541 - (11,4258)^2]}} = 0,988$$

ceea ce indică o strînsă legătură a variabilelor Y și X.

Din relația  $\beta' = \frac{1}{v'_0 \cdot t'_0}$  se obține :

$$v'_0 = \frac{1}{\beta' \cdot t'_0} \quad (3.24)$$

Inlocuind în (3.24) valorile  $\beta'$  și  $t'_0$  rezultă :

$$v'_0 = \frac{1}{0,0203 \cdot 0,686} = 71,809 \text{ (cm/s)}$$

Calculul variației timpului (t) se face cu relația (3.22) iar a vitezei,  $v = f(h)$  cu relația :

$$v = v'_0 \exp(\beta' \cdot h) \quad (3.25)$$

Cu relațiile (3.22) și (3.25) s-au calculat valorile din ultimele două coloane ale (tabelului 3.6).

Se apreciază că prin reprezentarea semilogaritmică ( $\ln \sum t; h$ ) a timpilor de vibropenetrare este posibilă stabilirea limitelor de separație a straturilor de pământ și aproximarea parametrilor specifici acestora,  $\beta'$  și  $\ln t'_0$ . Realizarea a două-trei vibropenetrări în jurul unui foraj geotehnic și considerarea mediei valorilor timpilor de vibropenetrare ( $\sum t$ ) permite ca, prin calculul analitic și reprezentare grafică (sau numai construcție grafică) să se obțină diagrama "etalon", caracteristică stratificației forajului; prin compararea ncilor diagrame cu cea "Etalon" se poate aprecia continuitatea straturilor forajului în punctele de vibropenetrare.

Datorită variației parametrului  $\beta'$ , cu caracteristicile geotehnice ale stratului vibropenetrant, el poate reprezenta, în



studii ulterioare asupra vibropenetrării, un eventual parametru de corelare cu unghiul de frecare interioară, gradul de îndesare sau modulul de deformare liniară.

Echiparea instalației de vibropenetrare cu traductor de forță, deasupra vârfului conic, permite măsurarea și înregistrarea rezistenței dinamice de răspuns a terenului,  $P_{din}$ . Acest lucru face posibilă extinderea ariei de aplicare a metodei de vibropenetrare, (de exemplu, în domeniul investigațiilor geotehnice privind stabilitatea dinamică a terenurilor de fundare nisipoase.

Rezumând asupra parametrilor obținuți din încercarea de vibropenetrare, se pot fi folosiți în prelucrări corelative de interes geotehnic, aceștia sînt viteza medie ( $V_{\Delta h}$ ), pe echidistanțe de pătrundere, ( $\Delta h$ ) și timpi aferenți ( $\Delta t$ ) de exemplu ( $V_{10}$ ), panta ( $\beta'$ ) eventual ( $t'_0$ ) a dreptei corespunzătoare forței liniarizate a expresiei  $t = t'_0 \cdot \exp. (\beta' \cdot h)$  (adică,  $\ln t = \ln t'_0 + \beta' \cdot h$ ) determinată prin calcul analitic și/sau reprezentarea grafică în sistemul de referință ( $\ln \Sigma t; h$ ) rezistența dinamică pe vârful conic,  $R_{din}$ .

- 3.3.1.1. Studii privind identificarea nivelurilor de separație între straturi -

Stratificația pregătită în laborator (stand) în condiții controlate este formată din nisip mare și mijlociu în diferite stări. Vibropenetrările au atins adîncimea pînă la - 2,20 cm (vezi tabelul 3.2). Media timpilor pe echidistanțe  $\Delta h = 20$  cm, este dată în tabelul 3.7.).

S-au calculat  $\Sigma t$  și respectiv  $\ln \Sigma t$  (coloanele 3 și 4) din tabelul (3.7) de asemenea viteza medie de 20 cm pătrundere,  $v_{20}$  (în coloana 5);  $v_{20}$  s-a calculat în scopul comparării cu valorile vitezelor momentane evaluate. Prin rezolvarea propusă în continuare se aproximează, variația timpului de vibropenetrare cu adîncimea (h), în forma exponențială (relația 3.22) cu

$$\beta' = \frac{1}{v'_0 \cdot t'_0}$$

Deoarece în reprezentarea semilogaritmică ( $\ln \Sigma t; h$ ) se obține o succesiune de drepte de formă  $\ln \Sigma t = \ln t'_0 + \beta' \cdot h$ , fiecare cu parametrii proprii, aceștia se determină cu tăietură  $\ln t'_0$  pe axa  $\ln \Sigma t$  și respectiv panta  $\beta' = \ln(t/t_0)/h$ .





Tabelul 3.7. Valorile calculate pentru  $t$ ;  $v_{20}$ ,  $v_{20}^{calc}$ ;  $\sum t$  și  $\ln \sum t$ .

nr. crt.	h (cm)	t (s)	$\sum t$ (s)	$\ln \sum t$	$v_{20}$ (cm/s)	$v_{20}^{calc}$ (cm/s)
1	20	0,44	0,44	-0,82	43,45	43,23
2	40	1,93	1,47	0,38	19,41	18,45
3	60	1,10	2,57	0,94	18,18	17,27
4	80	1,18	3,75	1,32	16,94	14,96
5	100	1,47	5,22	1,65	13,60	12,91
6	120	7,05	1,95	10,92	12,22	
7	140	2020	9,29	2,22	8,92	8,38
8	160	4,24	12,53	2,52	7,17	6,50
9	180	5,90	18,43	2,91	5,38	4,37
10	200	4,00	22,43	3,11	5,00	5,58
11	220	2,42	24,55	2,21	8,26	8,28
12	240	1,34	26,19	3,26	14,92	13,69
12	260	1,32	27,51	3,31	15,15	14,05
14	280	1,60	29,11	3,37	12,50	11,97

Pentru o mai bună efectuare a măsurătorilor grafice se poate folosi formular semilogaritm tipizat, în scara logaritmică reprezentându-se ( $\sum t$ ) iar în cea normală ( $h$ ) (fig. 3.10).

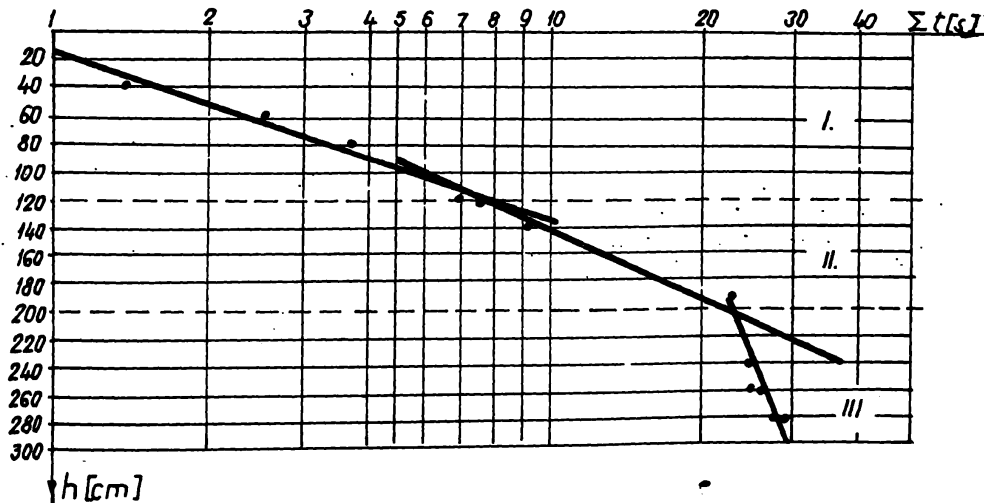


Fig. 3.10. Reprezentarea variației ( $\sum t, h$ ) și identificarea nivelurilor de separație.

Rezultă de mai sus că reprezentarea grafică semilogaritmică a sumei timpilor de vibropenetrație, în  $\sum t$ , cu adâncimea penetrată  $h$ , se poate stabili nivelurile de separație între straturile de pământ vibropenetrare.

În fig. 3.11 se prezintă variațiile vitezelor medii  $V_{20}$  și a celor momentane,  $V$ .

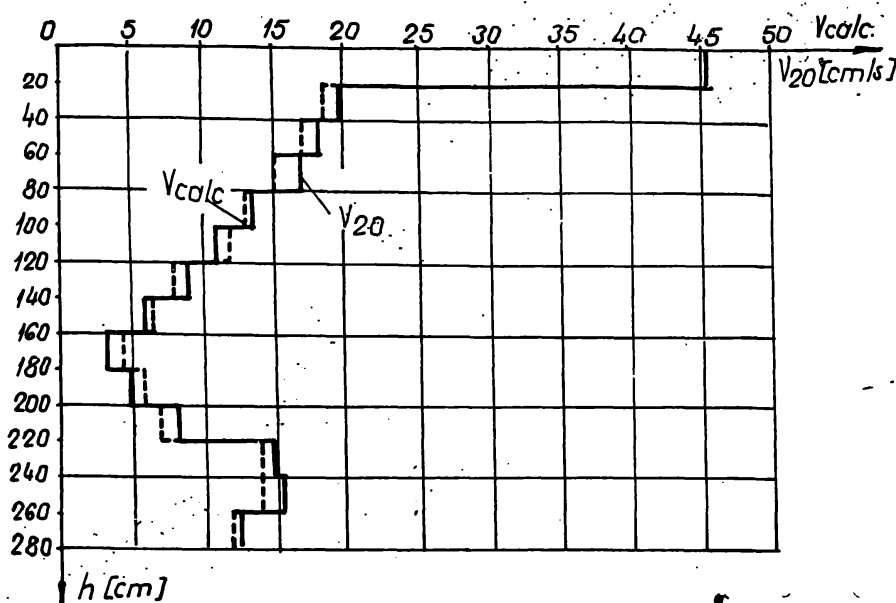


Fig. 3.11. Variația vitezelor,  $V$  și  $V_{20}$  în funcția de „h”.

Rezultă din fig. (3.11) că viteza momentană,  $V$ , nuanșează mai bine nivelurile de separație dintre straturi.

### 3.3.1.2. Corela-

rea rezistenței pe con la penetrarea statică ( $R_p$ ) cu viteza medie de vibropenetrare ( $V_{10}$ )

Pentru orizonturile omogene I și III (nisipul în starea afînătă).

Valorile medii ale rezistențelor statice pe con  $R_p$  sînt reprezentate în anexa 2.5 - (anexa 2. a lucrării).

Din studiul funcțiilor de aproximație  $R_p = f(V_{10})$  în cuprinsul straturilor omogene I și III (fig. 3.8), a rezultat că funcția

$$R_p = \alpha V_{10}^\beta \quad (3.26)$$

Pentru forma liniară:  $\ln R_p = \ln \alpha + \beta \cdot \ln V_{10}$  - calculul efectuat se exemplifică în tabelul 3.8. pentru valorile  $R_p$  din cuprinsul straturilor omogene I și III de nisip afînăt.

Făcîndu-se notațiile  $X = \ln V_{10}$ ;  $Y = \ln R_p$ ;  $B = \beta$ ;  $D = \ln \alpha$

Cu notațiile  $X = \ln V_{10}$ ;  $Y = \ln R_p$ ;  $B = \beta$ ;  $D = \ln \alpha$ , coeficienții formei liniare a funcției exponențiale (3.26) sînt:

$$B = \frac{16,152,32 - 43,017 \cdot 56,944}{16 \cdot 116,524 - (43,017)^2} = -0,8936$$

$$D = \frac{56,944 \cdot 116,524 - 43,017 \cdot 152,32}{16 \cdot 116,524 - (43,017)^2} = 5,96215$$

parametrii  $\alpha$  și  $\beta$  sînt:  $\alpha = e^D = e^{5,96215} = 388,84$ ;  $\beta = 0,8936$

Funcția cu care s-au calculat valori  $R_p$ ; din ultima coloană

a tabelului 3.8, este de forma :  $R_p = 388,84 V_{10}^{-0,89}$  în care :

$R_p$  - în daN/cm<sup>2</sup> și  $V_{10}$ , în cm/s.

$$R_p = 388,84 V_{10}^{-0,89} \quad (3.27)$$

Tabelul 3.8. Valori calculate pentru determinarea parametrilor formei liniare.

nr. crt.	$V_{10}$	$X = \ln V_{10}$	$R_p$	$Y = \ln R_p$	$X^2$	$Y^2$	$XY$	$R_p^{calc}$
1	19,007	2,975	17,50	2,862	8,850	8,191	8,514	27,51
2	19,23	2,956	24,31	3,191	8,740	10,182	9,432	27,90
3	18,518	2,918	30,18	3,407	8,519	11,607	9,941	28,64
4	17,857	2,832	30,23	3,409	8,308	11,321	9,824	29,59
5	17,241	2,847	37,49	3,624	8,107	13,133	10,317	30,53
6	16,007	2,813	34,80	3,545	7,915	12,595	9,983	31,47
7	16,129	2,780	36,71	3,603	7,731	12,982	10,016	32,41
8	11,764	2,465	33,49	3,511	6,076	12,327	8,654	42,60
9	11,363	2,430	31,77	3,458	5,906	11,958	8,402	44,32
10	10,562	2,357	50,24	4,029	5,556	16,233	9,496	47,31
11	8,695	2,162	58,17	4,063	4,677	16,508	8,784	50,39
12	15,151	2,718	49,30	3,900	7,587	15,272	15,621	34,27
13	14,705	2,688	38,80	3,658	7,226	13,381	9,832	35,19
14	17,241	2,847	30,73	3,425	8,105	11,731	9,750	30,53
15	13,513	2,603	34,17	3,531	6,779	12,468	9,191	37,90
16	13,157	2,576	41,11	3,716	6,640	13,308	9,572	33,87
$\Sigma$	-	43,017	-	56,944	116,524	263,997	158,32	-

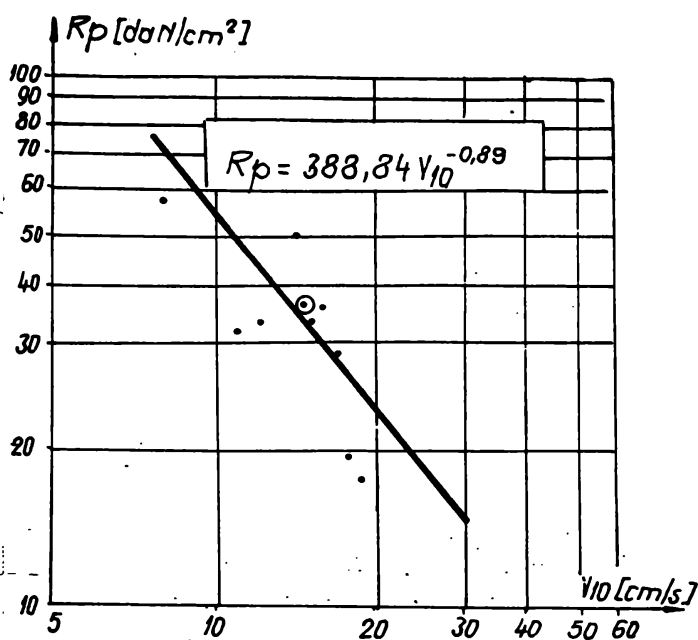
Coeficientul de corelație,  $r = -0,7408$ , s-a stabilit pentru forma liniară cu următoarea expresie :

$$\ln R_p = \ln 388,84 - 0,8936 \ln V_{10} \quad (3.28)$$

În figura 3.12 este prezentată dreapta de regresie corespunzătoare ecuației (3.28)

3.3.1.3. Corela-  
rea numărului de lo-  
vituri de la penetrarea  
dinamică fără și cu  
manta ( $N_{10} - N_{10(m)}$ ) cu  
viteza ( $V_{10}$ ) de vibră-  
penetrare pentru cri-  
zonturile I și III.

Valoriile medii  
ale numărului de lovituri  
de la penetrarea dinamică  
fără și cu manta sînt  
prezentate în anexa 2  
(anexa 2.1.) și (2.2).



Din studiile de ap- Fig. 3.12. Dreapta de regresie pentru  
roximarea  $N_{10} = f(V_{10})$  res- corelația  $R_p = f(V_{10})$

pectiv  $N_{10(m)} = f(V_{10})$  în  
cuprinsul orizonturilor omogene I și III (fig. 3.8), a rezultat  
o funcție de tipul  $Y = BX + D$ . Pentru această formă liniară  
calculul efectuat se exemplifică în (tabelul 3.9), pentru valorile  
 $N_{10}$  și tabelul (3.10) pentru valorile  $N_{10(m)}$  din cuprinsul stratu-  
rilor omogene I și III de nisip affinat.

Făcînd notațiile :  $X = V_{10}$  și  $Y = N_{10}$ , coeficienții formei  
liniare B și D sînt :

$$B = \frac{16 \cdot 1981,42 - 241,4 \cdot 135,0}{16 \cdot 3804,52 - (241,4)^2} = - 0,3410$$

$$D = \frac{135,0 \cdot 3804,52 - 241,4 \cdot 1981,42}{16 \cdot 3804,52 - (241,4)^2} = 13,583$$

iar coeficientul de corelație liniară, r, este :

$$r = \frac{16 \cdot 1981,42 - 241,4 \cdot 135,0}{\sqrt{[16 \cdot 3804,52 - (241,4)^2] \cdot [16 \cdot 1188,11 - (135,0)^2]}} = - 0,92001$$

Funcția cu care s-au calculat valorile  $N_{10}$ , din ultima coloană  
a tabelului (3.9) este de forma :

$$N_{10} = - 0,3410 V_{10} + 13,583 \quad (3.29)$$

în care  $V_{10}$  - în cm/s.

Tabelul 3.9. Valori pentru determinarea parametrilor formei liniare

Nr. crt.	$X = V_{10}$	$Y = N_{10}$	$X^2$	$Y^2$	$XY$	$N_{cal 10}$
1	19,607	4,25	384,43	18,06	83,32	6,89
2	19,23	6,0	369,79	36,0	116,38	7,02
3	18,517	7,5	342,87	56,25	138,87	7,26
4	17,857	7,5	318,37	56,25	133,92	7,49
5	17,241	9,25	297,25	85,56	159,47	7,70
6	16,667	8,5	277,78	72,25	141,66	7,89
7	16,129	9,0	260,14	81,00	145,16	8,08
8	11,764	8,25	138,39	68,06	97,05	9,57
9	11,363	8,25	129,11	68,06	93,74	9,70
10	10,562	8,00	111,55	64,00	84,49	9,98
11	8,695	11,25	75,60	126,56	97,81	10,61
12	15,151	9,5	229,55	90,25	143,93	8,41
13	14,705	7,5	216,23	56,25	110,28	8,56
14	17,241	8,5	297,25	72,25	146,54	7,70
15	13,513	10,25	182,60	105,06	138,50	8,97
16	13,157	11,5	173,10	132,25	151,30	9,09
$\Sigma$	241,40	155,00	3804,52	1138,11	1981,42	-

Dreapta de regresie (3.29) este prezentată în fig. (3.13)

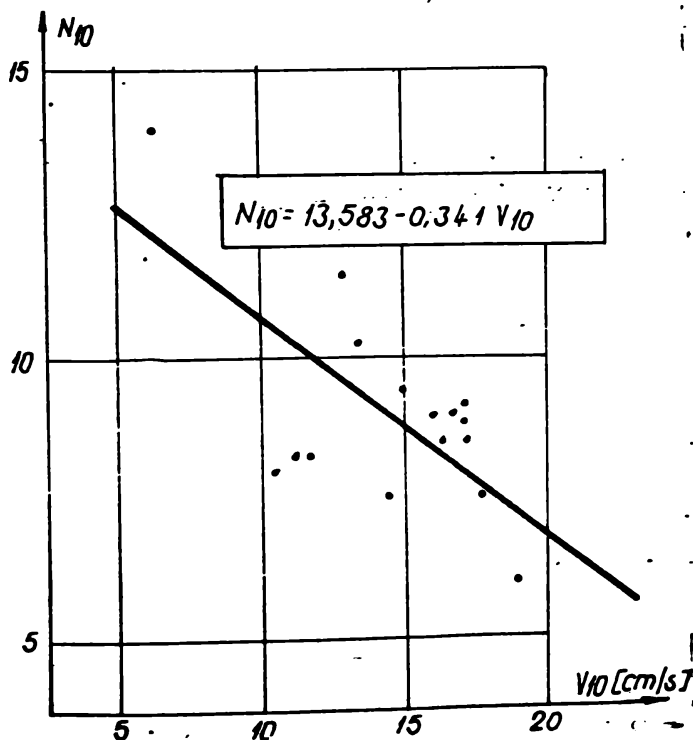


Fig.3.13. Dreapta de regresie pt. corelație  $N_{10} = f(V_{10})$  pentru nisip mic și mijlociu.

În tabelul (3.10) sînt trecute valorile lui  $N_{10}(m)$  pentru orizonturile omoge - ne I și III și valorile pentru calculul parametrilor formei liniare.

Analog calculului efectuat anterior, pentru  $N_{10}(m) = f(V_{10})$  rezultă că valorile coeficienților formei liniare, B și C sînt :

$$B = \frac{16 \cdot 1490,40 - 241,4 \cdot 155,0}{16 \cdot 3804,52 - (241,4)^2} = -0,179440$$

$$D = \frac{94,75 \cdot 3805,52 - 241,4 \cdot 1400,40}{16 \cdot 3804,52 - (241,4)^2} = 8,629$$

-iar coeficientul de corelație liniară,  $r$ , este :

$$r = \frac{16 \cdot 1400,40 - 241,4 \cdot 94,75}{\sqrt{[16 \cdot 3804,52 - (241,4)^2][16 \cdot 575,17 - 94,75^2]}} = - 0,9403$$

Expresia de calcul  $N_{10(m)} = f(V_{10})$  este :

$$N_{10(m)} = - 0,1794 V_{10} + 8,629 \quad (3.30)$$

Tabelul 3.10. Valori pentru determinarea parametrilor formei liniare.

Nr. crt.	$X=V_{10}$	$Y=N_{10(m)}$	$X^2$	$Y^2$	XY	$N_{calc}$ 100m)
1	19,607	3,75	384,43	14,06	73,52	5,11
2	19,23	4,75	369,79	22,56	91,34	5,17
3	18,517	5,25	342,87	27,56	97,21	5,30
4	17,857	6,00	318,37	36,00	107,14	5,42
5	17,241	5,75	297,25	33,06	99,13	5,53
6	16,667	6,00	277,78	36,00	100,00	5,63
7	16,129	6,00	260,14	36,00	96,77	5,73
8	15,764	6,00	248,39	36,00	94,58	6,51
9	15,363	6,25	235,96	39,06	96,01	6,59
10	15,562	5,25	242,04	27,56	80,92	6,73
11	8,695	8,00	75,60	64,00	69,56	7,06
12	15,151	7,50	229,55	56,25	113,63	5,91
13	14,705	6,00	216,23	36,00	88,23	5,99
14	17,241	6,00	297,25	36,00	103,44	5,53
15	13,513	6,25	182,60	39,06	84,45	6,21
16	13,157	6,00	173,10	36,00	78,90	6,20
$\Sigma$	241,4	94,75	3804,52	575,17	1400,40	-

Cu această corelație (3.30) s-a calculat  $N_{10(m)}$  în ultima coloană din tabelul (3.10)

În fig.3.14 este prezentată dreapta de regresie (3.30) pentru  $N_{10(m)}$ , în funcție de  $V_{10}$ .

3.3.1.4. Corelarea rezistenței statice pe virful conic,  $R_p$ , cu numărul de lovituri, ( $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$ ) pentru orizonturile I și III omogene.



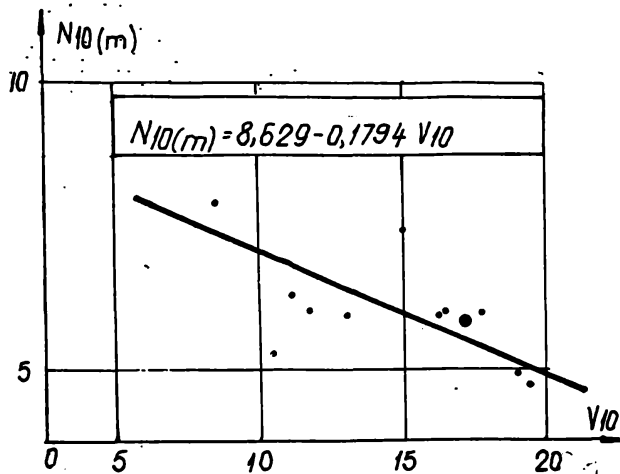


Fig. 3.14. Dreapta de regresie a corelației  $N_{10(m)} = f(V_{10})$

Pentru expresiile  $R_p = f(N_{10})$  și respectiv,  $R_p = f(N_{10(m)})$  s-a adoptat forma liniară :

$$Y = BX + D$$

în care :  $Y = R_p$  și  $X = N_{10}$ , respectiv,  $X = N_{10(m)}$ .

Calculul efectuat se exemplifică în tabelul (3.11) Pentru  $R_p = f(N_{10})$ .

Tabelul 3.11. Valori pentru determinarea parametrilor formei liniare:  $R_p = f(N_{10})$

Nr. crt.	$X = N_{10}$	$Y = R_p$	$X^2$	$Y^2$	$XY$	$R_p^{calc}$
1	2,5	10,20	6,25	104,04	25,5	11,10
2	2,75	10,99	7,56	120,78	30,22	12,17
3	4,25	17,50	18,00	306,25	74,37	18,57
4	6,00	24,31	36,00	590,97	145,86	26,05
5	7,5	30,18	56,25	910,83	226,35	32,45
6	7,5	30,23	56,25	913,85	226,72	32,45
7	9,25	37,49	85,50	1405,5	346,73	39,92
8	8,5	34,80	72,25	1211,04	295,80	36,72
9	9,00	36,71	81,00	1347,62	330,39	38,36
10	8,25	33,49	68,06	1211,58	276,29	35,65
11	8,25	31,77	68,06	1009,33	262,10	35,65
12	8,0	56,24	64,00	3162,93	449,92	34,59
13	11,25	52,17	126,56	3383,74	655,20	43,46
14	9,5	42,30	90,25	2480,04	473,10	40,99
15	7,5	38,80	56,25	1505,44	291,00	32,45
16	8,5	30,73	72,25	944,33	261,20	36,72
17	10,25	34,17	105,06	1167,58	350,24	44,19
18	11,5	41,11	132,25	1690,03	472,76	49,53
$\Sigma$	140,25	600,76	1201,92	23375,88	5193,8	-

Urmare calculului analitic, pentru expresia liniară  $R_p = f(N_{10})$ , se obțin coeficienții formei liniare  $B$  și  $D$  :

$$B = \frac{18 \cdot 5193,8 - 140,25 \cdot 606,76}{18 \cdot 1201,92 - (140,25)^2} = 4,270 ;$$

$$D = \frac{606,76 - 1201,92 - 140,25 \cdot 5193,8}{18 \cdot 1201,92 - (140,25)^2} = 0,4309$$

- Coeficientul de corelație liniară,  $r$  :

$$r = \frac{18 \cdot 5193,8 - 140,25 \cdot 606,76}{\sqrt{[18 \cdot 1201,92 - (140,25)^2] \cdot [18 \cdot 023375,88 - (606,76)^2]}} = 0,825$$

Rezultă expresia liniară  $R_p = f(N_{10})$  de forma următoare :

$$R_p = 4,270 \cdot N_{10} + 0,4309 \quad (3.31)$$

Cu această corelație (3.31) s-au calculat valorile  $R_p$  din ultima coloană a tabelului (3.11).

În fig. 3.15 este prezentată dreapta de regresie (3.31) pentru corelația  $R_p = f(N_{10}(m))$  coeficientii formei

liniarelor  $B$  și  $D$  sînt :

$$B = \frac{18 \cdot 3631,41 - 99,75 \cdot 606,76}{18 \cdot 587,79 - (99,75)^2} = 7,682$$

$$D = \frac{606,76 - 587,79 - 99,75 \cdot 3631,41}{18 \cdot 587,79 - (99,75)^2} = -8,8639$$

iar coeficientul de corelație liniară,  $r$ , este :

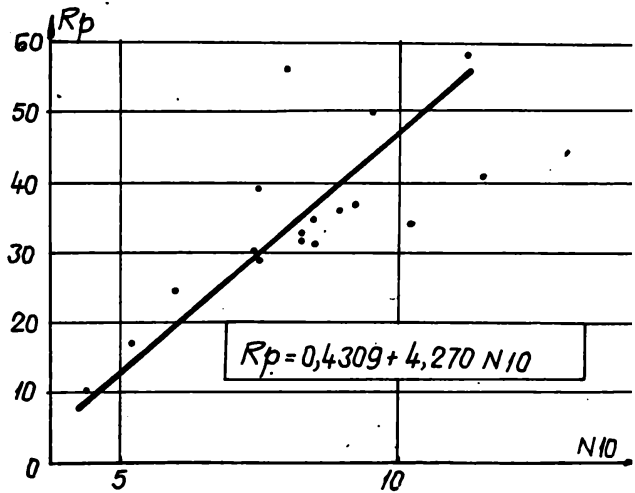


Fig. 3.15. Dreapta de regresie  $R_p$  în funcție de  $N_{10}$

$$r = \frac{18 \cdot 3631,41 - 99,75 \cdot 606,76}{\sqrt{[18 \cdot 587,79 - (99,75)^2] \cdot [18 \cdot 23375,88 - (606,76)^2]}} = 0,841$$

Rezultă că expresia liniară  $R_p = f(N_{10}(m))$  este :

$$R_p = 7,682 \cdot N_{10} - 8,8639 \quad (3.32)$$

Cu această relație (3.32) s-au calculat valorile lui  $R_p$  din ultima coloană a tabelului (3.12).

În fig. (3.16) este prezentată dreapta de regresie (3.32)

Tabelul 3.12. Valori pentru determinarea parametrilor formei liniare.  $E_p = f(N_{10}(m))$

Nr. crt.	$x = N_{10m}$	$y = k_p$	$x^2$	$y^2$	$xy$	$k_{pp}$ calc
1	2,25	10,20	5,06	104,04	22,95	8,41
2	2,75	10,99	7,56	120,78	65,62	12,25
3	3,75	17,5	14,06	306,25	115,47	19,95
4	4,75	24,31	22,56	590,97	153,44	27,61
5	5,25	30,13	27,56	910,83	153,44	31,45
6	6,00	30,23	36,00	913,85	181,38	37,21
7	6,905	37,49	36,905	1405,50	224,94	37,21
8	6,00	34,80	36,00	1211,04	208,80	37,21
9	6,00	36,71	36,00	1347,62	220,26	37,21
10	6,00	33,49	36,00	1121,58	200,94	37,21
10	6,25	31,77	39,06	1009,33	198,56	39,13
12	5,25	56,24	27,56	3152,93	295,26	31,47
13	8,00	53,17	64,00	3333,74	465,36	52,57
14	7,5	49,30	56,25	2450,04	373,5	48,73
15	6,00	38,80	36,00	1505,44	232,8	37,21
16	5,75	30,73	33,06	944,33	176,69	35,29
17	6,25	34,17	39,06	1167,58	213,56	39,13
18	6,00	41,11	36,00	1690,03	246,66	37,21
$\Sigma$	99,75	600,76	537,79	23375,38	3631,41	-

Deși corelațiile (3.27); (3.29); (3.30); (3.31) și (3.32) au valabilitatea locală fiind obținute în condițiile unor stratificații preparate în laborator și pentru un număr relativ restrâns de date experimentale ele pot, totuși, evidenția unele concluzii de interes geotehnic, general.

Astfel, pornind de la corelația  $I_D \approx f(N_{10})$  din normativul C 76-84 [127] referitor la penetrare dinamică cu con, rezultă că se poate stabili numărul de lovituri,  $N_{10}$ , ce delimitează trecerea de la starea afinată la cea mediu îndesată a nisipului mic și mijlociu care s-a utilizat și în experimentările autorului.

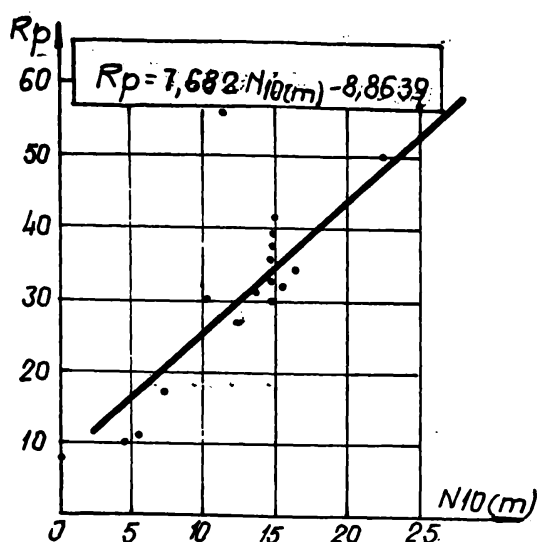


Fig. 3.16. Dreapta de regresie  $R_p$  în funcție de  $N_{10}(m)$

Dacă în relația (5.29) din normativ  $V_{10} = 13,43$  cm/s se introduce valoarea  $V_{10} = 13,43$  cm/s

rezultă  $N_{10} = 9$  lov/10 cm, deci pentru starea afînată a nisipului mic și mijlociu  $N_{10} < 9$  lov/10 cm.

Introducînd în corelația stabilită (5.29)  $N_{10} = 9$  lov/10 cm

rezultă că  $V_{10} = 13,43$  cm/s, și deci corespunzător stării

afînată a nisipului mic și mijlociu (orizonturile I și III din experimentări) viteza medie de vibropenetrare cu con  $V_{10} > 13,43$  cm/s.

Dacă în corelația (5.30) se introduce valoarea  $V_{10} = 13,43$  cm/s, rezultă numărul de lovituri.

În penetrarea dinamică cu con și manta,  $N_{10(m)}$ , care separă domeniul afînat de cel mediu îndesat este  $N_{10(m)} = 6$  lov/10 cm.

Comparînd valorile determinate ale numărului de lovituri, pe  $N_{10}$ , ce separă domeniul stării afînată de cel mediu îndesat pentru penetrarea dinamică cu con fără manta ( $N_{10} = 9$  lov/10 cm) și cu manta ( $N_{10(m)} = 6$  lov/10 cm) rezultă o diferență de 3 lovituri ( $N_{10} - N_{10(m)} = 3$  lovituri) ceea ce pune în evidență efectul mantalei în reducerea trecerii pe suprafața laterală a tijelor penetrometrului dinamic ușor, în cazul celui de al doilea tip, studiat de autor (P.L.Ūm).

Pentru  $N_{10} = 9$  lov/10 cm din corelația (5.31) rezultă rezistența pe vârful conic al penetrometrului static,  $np = 38,26$  daN/cm<sup>2</sup>, iar din corelația (5.27) introducînd valoarea  $V_{10} = 13,43$  cm/s rezultă  $R_p = 36,52$  daN/cm<sup>2</sup> ceea ce denotă o bună concordanță între cele două valori ale lui  $np$  corespunzătoare trecerii de la domeniul stării afînată (a nisipului mic și mijlociu) la starea mediu îndesată.

Din cele de mai sus rezultă că, dispunînd de o corelație anterior stabilită,  $np = f(V_{10})$ , în situația realizării unei încercări de vibropenetrare cu con este posibilă (printr-o corelație analogă celei de la (5.27)), determinarea rezistențelor

de penetrare statică  $k_p$  și funcție de acestea evaluarea caracteristicilor geotecnice:  $I_p$ ,  $\rho$ ,  $M_{2-3}$  și "e" folosind corelațiile din instrucțiunile tehnice ale penetrării statice cu con. [125].

### 3.3.2. Încercările de vibropenetrare din seria a doua oct.-dec. 1987

Folosindu-se aceeași metodologie ca și la 3.3.3.1. pe lângă încercările de penetrare descrise în cap.2., s-au mai efectuat patru încercări de vibropenetrări cu con. Curbele granulometrice ale straturilor sînt cele din fig.2.4. (curbele nr.1; 2;3; și 4).

În tabelul 3.13 sînt centralizate rezultatele medii ale tuturor încercărilor efectuate în seria a doua (oct.-dec.1987) înregistrîndu-se în coloanele 2 și 3 vibropenetrări, coloanele 5 și 7 penetrare dinamică cu con fără manta, iar în coloanele 6 și 8 penetrare dinamică cu con cu manta respectiv coloana 9 pentru penetrarea statică cu con.

În fig.3.17 sînt prezentate diagramele ( $M_{20}; n$ ) respectiv ( $\sum_{i=1}^n M_{10} \cdot p_i n$ ).

#### 3.3.2.1. Identificarea nivelurilor de separație între straturi

Stratificarea pregătită în laborator (seria a doua) (conform paragrafului 2.13) în condiții controlate este formată din: 0,00 - 0,30 m nisip fin și mijlociu; 0,30 - 1,30 m nisip mare și mijlociu; 1,30 ... 1,80 m nisip mare și mijlociu; 1,80 ... 2,20 m nisip mare-cu pietriș; 2,20 ... 2,60 m nisip mare și mijlociu și 2,60 ... 3,00 m strat de pietriș și piatră spartă. Vibropenetrările au atins adîncimi pînă la 1,80 m. Ținînd cont de (tabelul 3.13) rezulta media timpilor de echivalențe  $\Delta h = 20$  cm prezența în tabelul 3.14.

S-au calculat  $\sum t$  și respectiv  $\ln \sum \tau$  (coloanele 3 și 4) din tabelul 3.14), ca asemenea, viteza medie  $V_{20}$  în coloana 5,  $V_{20}$  s-a calculat în scopul comparării cu valorile vitezelor momentane calculate într-un mod analog celui prezentat la prima serie de încercări.

Tabelul 3.13. Tabel centralizator al tuturor încercărilor din seria a doua oct.-dec.1987

Nr. crt.	h (cm)	t (s)	$v_{10}$ (cm/s)	t (s)	$\frac{nd}{da/n/cm^2}$	$nd_{(m)}$	$N_{10}$	$N_{10(m)}$	$\frac{np}{dau/cm^2}$
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	0,20	50,00	0,20	6,21	5,04	2,00	1,82	12,24
2	20	0,28	50,00	0,40	6,99	6,99	2,25	2,25	19,51
3	30	0,26	33,10	0,68	8,55	7,70	2,70	2,5	18,51
4	40	0,47	20,92	1,13	12,43	10,49	4,0	3,37	24,19
5	50	0,58	17,20	1,71	17,34	16,31	5,75	5,25	31,57
6	60	0,59	10,67	2,3	17,07	15,93	5,5	5,12	30,38
7	70	0,72	13,85	3,02	21,89	18,26	7,0	5,87	33,18
8	80	0,74	10,40	3,75	26,43	22,14	8,5	7,12	38,32
9	90	0,97	10,25	4,73	39,10	32,34	12,5	10,07	50,24
10	100	1,05	9,52	5,78	40,90	36,61	15,0	11,75	52,23
11	110	1,23	8,11	7,01	41,39	27,65	15,0	10,00	60,25
12	120	1,09	9,10	8,10	37,34	31,30	13,5	11,5	54,41
13	130	1,61	6,21	9,71	52,53	47,03	19,0	17,0	70,45
14	140	2,69	3,71	12,40	57,06	43,03	20,5	17,37	82,31
15	150	3,04	3,28	15,44	57,06	50,46	20,5	15,25	82,38
16	160	3,63	2,75	19,07	53,44	43,40	21,0	17,5	83,64
17	170	5,12	1,95	24,19	60,94	52,57	20,0	19,0	92,28
18	180	4,34	2,30	28,53	59,32	43,40	21,5	17,5	96,45
19	190	-	-	-	38,02	34,56	14,00	12,50	56,22
20	200	-	-	-	33,19	29,18	13,75	10,50	55,39
21	210	-	-	-	29,52	22,48	11,75	9,00	47,03
22	220	-	-	-	25,25	20,23	10,5	8,12	42,13
23	230	-	-	-	23,66	17,11	9,5	6,87	33,25
24	240	-	-	-	24,90	13,67	10,0	7,5	30,13
25	250	-	-	-	23,22	21,17	11,25	8,25	45,23
26	260	-	-	-	26,30	19,92	10,5	8,00	47,73
27	270	-	-	-	33,35	33,39	39,5	35,5	52,42
28	280	-	-	-	11,99	9,60	44,75	40,00	157,32



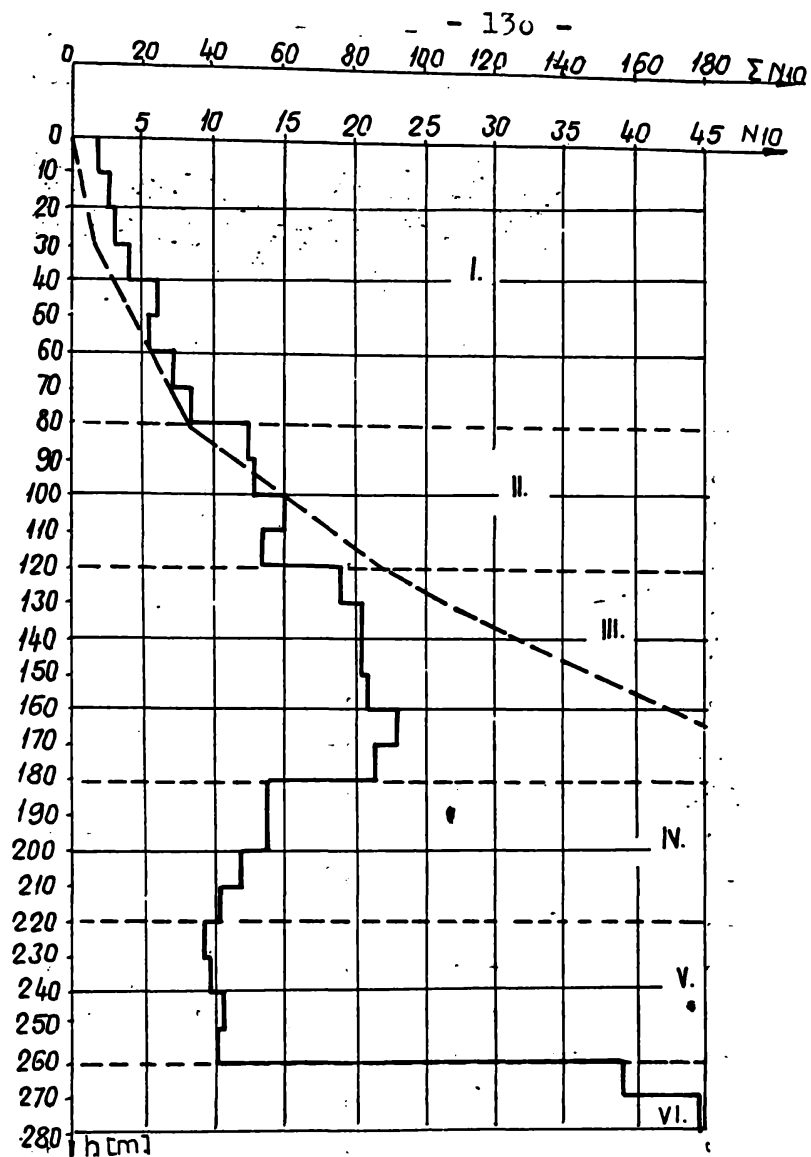


Fig.3.17. Diagrama de penetrare dinamică cu cono ( $N_{10}; h$ )  
 și seria ( $\Sigma N_{10}; h$ ) - oct. dec. 1987

Tabelul 3.14. - reprezintă valorile calculate ale,  $t$ :  $v_{20}$ ,  
 $\Sigma t$ ;  $v_{20}^{calc}$  și  $\ln \Sigma t$

Nr. crt.	$h$ (cm)	$t$ (s)	$\Sigma t$ (s)	$\ln \Sigma t$	$v_{20}$ (cm/s)	$v_{calc}$ (cm/s)
1	20	0,40	0,40	-0,91	100,00	105,00
2	40	0,73	1,13	0,12	59,02	55,00
3	60	1,17	2,30	0,83	33,87	34,59
4	80	1,45	3,75	1,32	27,25	30,06
5	100	2,02	5,78	1,75	19,77	21,50
6	120	2,32	8,10	2,09	12,71	18,50
7	140	4,20	12,4	2,51	9,92	7,20
8	160	6,67	19,07	2,94	6,03	7,53
9	180	9,40	28,53	3,55	4,25	6,14

INSTITUTUL POLITEHNIC  
 TIMIȘOARA  
 ÎNTERNAȚIONALĂ

Deoarece în reprezentarea semilogaritmică ( $\ln \Sigma t ; h$ ) se obține o succesiune de drepte de forma  $\ln \Sigma t = \ln t_0 + \beta' h$ ; - fiecare cu parametrii proprii, aceștia se determină cu tăietura  $\ln t_0$ , pe axa  $\ln \Sigma t$  și respectiv, panta  $\beta' = \ln (t/t_0)h$ .

Pentru o mai bună rezoluție în măsurătorile grafice se poate folosi formular semilogaritmic, în scara logaritmică reprezentându-se  $\Sigma t$ , iar în cea normală  $h$ ; (fig.3.18).

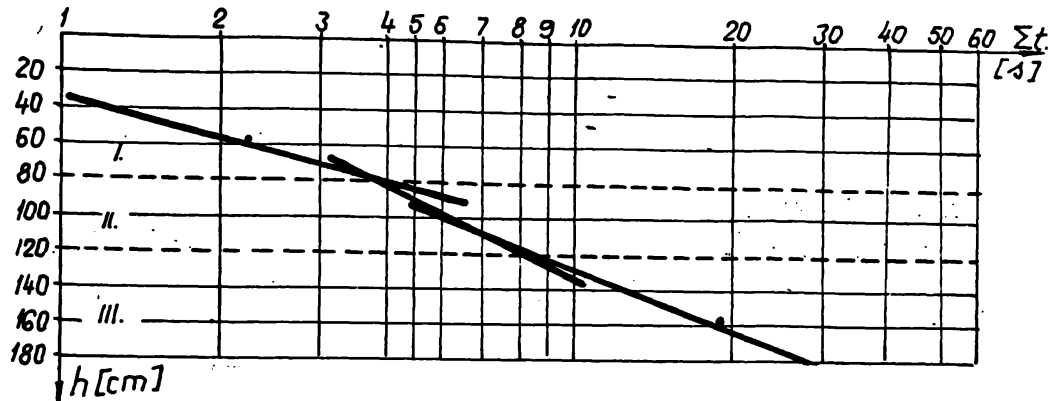


Fig.3.18. Reprezentarea variației ( $\Sigma t ; h$ ) și identificarea nivelurilor de separație între straturi.

În fig.3.19 se prezintă variațiile vitezelor medii  $V_{20}$  și a celor momentane,  $V$ , rezultă că ultima nuanțează mai bine nivelurile de separație dintre straturi.

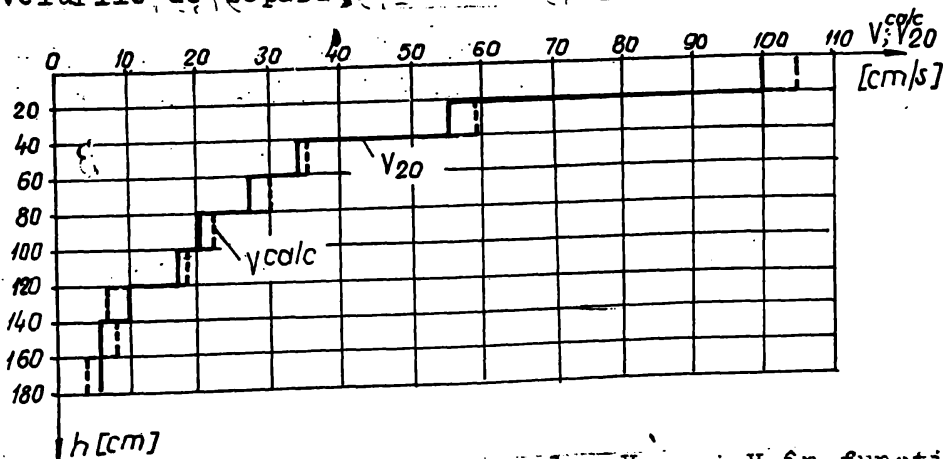


Fig.3.19. Variația vitezelor  $V_{20}$  și  $V$  în funcție de ( $h$ ).

3.3.2.2. Corelarea rezistenței pe con la penetrare statică ( $R_p$ ) cu viteza medie de vibropenetrare ( $V_{10}$ ) pentru orizonturile omogene II din prima serie (cotele - 1,20 ... 2,10 m) și II din a doua serie (cotele - 0,80 ... 1,20 m)  
Valorile medii ale tuturor încercărilor efectuate în a doua

serie sînt prezentate în tabelul 3.15, pentru cele două orizonturi adică orizontul (stratul II) din prima serie de încercări (conform fig.3.8) respectiv stratul II din fig.3.17 cele două straturi sînt din nisip mare și mijlociu de starea mediu îndesat.

Tabelul 3.15. Tabelul centralizator pentru orizontul II din prima serie și orizontul II din a doua serie

Nr. crt.	$V_{10}$ (cm/s)	$R_p$ (daN/cm <sup>2</sup> )	$N_{10}$	$N_{10}(m)$	$R_d$ (daN/cm <sup>2</sup> )	$R_d(m)$ (daN/cm <sup>2</sup> )
1	10,309	64,31	14,00	11,00	44,64	30,72
2	7,874	58,25	16,00	15,00	40,68	36,38
3	6,535	63,52	14,5	11,75	43,70	32,67
4	5,847	65,03	15,75	13,25	45,19	36,89
5	3,636	65,25	16,25	14,5	45,23	40,26
6	3,174	60,74	16,25	14,75	41,49	41,07
7	4,378	62,32	15,00	14,00	42,88	38,95
8	5,128	63,22	15,50	12,00	36,63	33,31
9	7,874	62,18	14,5	9,5	28,24	23,69
10	10,25	50,24	12,5	10,37	39,10	32,34
11	9,52	52,23	13,00	11,75	40,90	36,61
12	8,11	60,25	15,00	10,00	41,59	27,65
13	5,10	54,41	13,50	11,5	37,34	31,80

Din studiul funcțiilor de aproximare  $R_p = f(V_{10})$  în cuprinsu stratului II din prima serie și stratul II din cea a doua serie de încercări, a rezultat funcția :

$$R_p = \alpha \cdot V_{10}^\beta \quad (3.26)$$

pentru forma liniară :  $\ln R_p = \ln \alpha + \beta \ln V_{10}$  calcul efectuat se exemplifică în tabelul (3.16)

Făcînd notațiile  $X = \ln V_{10}$  ;  $Y = \ln R_p$   
 $B = \beta$  și  $D = \ln \alpha$ ,

Coefficienții formei liniare sînt :

$$B = \frac{13 \cdot 100,3 - 24,641 \cdot 53,21}{13 \cdot 48,43 - (24,641)^2} = -0,32338$$

$$D = \frac{53,21 - 48,43 - 24,641 \cdot 100,3}{13 \cdot 48,43 - (24,641)^2} = 4,70639$$

Tabelul 3.16. Valori pentru calculul parametrilor formei liniare

Nr. crt.	$V_{10}$ (cm/s)	$X = \ln V_{10}$	$R_p$ (daN/cm <sup>2</sup> )	$Y = \ln R_p$	$X^2$	$Y^2$	$XY$	$R_p^{calc}$
1	10,309	2,330	64,31	4,163	5,42	17,33	9,69	53,07
2	7,874	2,064	58,25	4,064	4,25	16,51	8,38	56,78
3	6,535	1,877	63,52	4,151	3,52	17,23	7,79	61,32
4	5,847	1,765	65,08	4,175	3,11	17,43	7,36	62,52
5	3,636	1,290	65,25	4,178	1,66	17,45	5,33	72,86
6	3,174	1,154	60,74	4,106	1,33	16,85	4,75	76,10
7	4,873	1,584	52,32	4,132	2,50	17,07	6,54	66,30
8	5,128	1,634	62,22	4,146	2,66	17,18	6,77	65,23
9	7,874	2,063	62,18	4,130	4,25	17,05	8,52	56,78
10	10,25	2,327	50,24	3,916	5,41	15,33	9,11	52,15
11	9,52	2,253	52,33	3,955	5,07	15,64	8,91	53,39
12	3,11	2,093	60,25	4,098	4,38	16,79	8,57	56,23
13	9,10	2,208	54,41	3,995	4,87	15,96	8,32	54,17
$\Sigma$	-	24,641	-	53,21	48,43	217,82	100,3	-

iar coeficientul de corelație,  $r$ , este :

$$r = \frac{13 \cdot 100,3 - 24,641 \cdot 53,21}{\sqrt{[13 \cdot 48,43 - (24,641)^2] \cdot [13 \cdot 217,82 - (53,21)^2]}} = 0,898$$

Parametrii  $\alpha$  și  $\beta$  sînt :  $\alpha = e^L = 110,65$ ;  $\beta = 0,32338$

Funcția cu care s-au calculat valori  $R_p$ , din tabelul (3.16) este de forma :

$$R_p = 110,65 \cdot V_{10}^{-0,323} \quad (3.33)$$

în care :  $R_p$  - daN/cm<sup>2</sup>;  $V_{10}$  - cm/s

În fig. 3.20 este prezentată dreapta a expresiei (3.33)

3.3.2.3. Corelarea numărului de lovituri cu și fără raze  
 $N_{10}$ ;  $N_{10(m)}$  cu viteza  $V_{10}$  de vibropenetrare pentru  
 straturile II.

icînd aceeași metodologie ca și mai înainte, din studiile de  
 aproximare  $N_{10} = f(V_{10})$  și  $N_{10(m)} = f(V_{10})$  în cuprinsul ori-  
 zonturilor omogene II din fig. (3.8) și II (din fig. 3.17), a

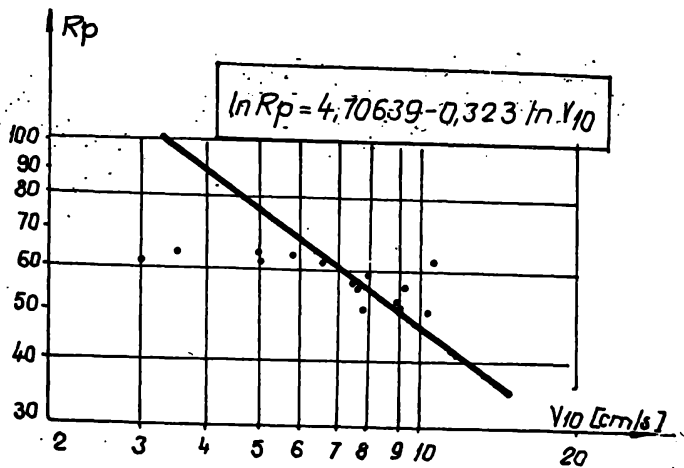


Fig. 3.20. Dreapta de regresie a lui  $\ln R_p$  în funcție de  $\ln V_{10}$

rezultat : funcția de tip  $Y = BX + D$ , Pentru această formă liniară calculul efectuat se exemplifică în tabelul 3.17.

Făcîndu-se notațiile :

$$X = V_{10} ; Y = N_{10}$$

Coefficienții relației liniare sînt :

$$B = \frac{13 \cdot 1330,31 - 92,189 \cdot 191,7}{13 \cdot 724,29 - (92,189)^2} = 0,4179$$

$$D = \frac{191,75 \cdot 724,29 - 92,189 \cdot 1330,31}{13 \cdot 724,29 - (92,189)^2} = 17,7146$$

Tabelul 3.17. - Valori pentru determinarea parametrilor relației liniare.

Nr. crt.	X=V <sub>10</sub> (cm/s)	Y=N <sub>10</sub>	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	XY	N <sub>10</sub> <sup>calc</sup>
1	10,309	14,00	106,29	196,00	144,34	13,40
2	7,87	16,00	61,93	256,00	125,92	14,42
3	6,53	14,5	42,64	216,25	95,68	14,98
4	5,84	15,75	34,10	248,06	91,98	15,27
5	3,60	16,25	13,75	248,06	58,98	16,19
6	3,17	16,25	10,04	264,06	51,51	16,38
7	4,87	15,00	23,72	225,00	73,05	15,67
8	5,12	15,50	26,21	240,25	79,36	15,14
9	7,37	14,5	54,31	210,25	106,86	14,42
10	10,25	12,5	105,00	156,25	128,12	13,40
11	9,52	13,0	90,63	169,0	123,76	13,75
12	8,11	15,0	65,77	225,0	121,65	14,32
13	9,18	13,5	84,27	182,25	123,93	13,91
Σ	92,189	191,75	724,29	2846,42	1330,31	-

iar coeficientul de corelații, r, este :

$$r = \frac{13 \cdot 1330,31 - 92,189 \cdot 157,37}{\sqrt{[13 \cdot 1724,29 - (92,189)^2] \cdot [13 \cdot 2346,49 - (191,75)^2]}} = 0,8246$$

Funcția cu care s-au calculat valori  $N_{10}$  din coloana 7 din tabel este de forma :

$$N_{10} = 0,4179 V_{10} + 17,7146 \quad (3.34)$$

în care:  $V_{10}$  în cm/s

În figura 3.21 este prezentată dreapta de regresie a ecuației (3.34).

Pentru corelarea  $N_{10(m)} = f(V_{10})$ , calculul este exemplificat în tabelul 3.18).

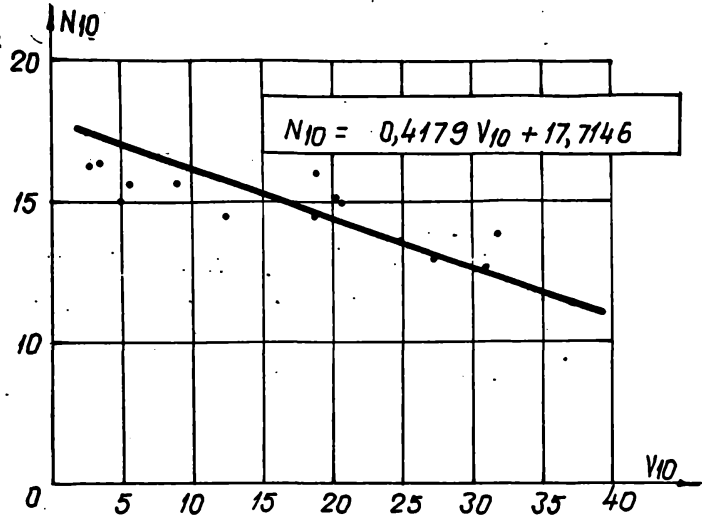


Fig.3.21. Dreapta de regresie a lui  $N_{10}$  în funcția de  $V_{10}$ .

Tabelul 3.18. Valori pentru calculul relației liniare.

Nr. crt.	$x=V_{10}$	$y=N_{10(m)}$	$x^2$	$y^2$	$xy$	$N_{calc 10(m)}$
1	10,31	11,0	106,29	121,0	113,41	10,20
2	7,87	13,0	61,93	169,0	102,31	11,64
3	6,53	11,75	42,64	138,06	96,72	12,43
4	5,84	13,25	34,10	175,56	77,38	12,24
5	3,63	14,5	13,17	210,25	52,63	14,14
6	3,17	14,75	10,04	217,56	46,75	14,41
7	4,87	14,00	23,71	196,00	68,18	13,41
8	5,12	12,00	26,21	144,00	61,44	13,26
9	7,87	9,5	61,93	90,25	74,76	11,64
10	10,25	10,37	105,06	107,55	106,29	10,24
11	9,52	11,75	90,63	138,06	108,63	10,67
12	8,11	10,0	65,77	100,00	81,10	11,5
13	9,10	11,5	82,81	132,25	104,65	10,92

Coeficienții relației liniare sînt



$$B = \frac{13 \cdot 1074,30 - 92,139 \cdot 157,37}{13 \cdot 724,29 - (92,139)^2} = -0,5909$$

$$D = \frac{157,37 \cdot 724,29 - 92,139 \cdot 1074,30}{13 \cdot 724,29 - (92,139)^2} = 16,296$$

iar coeficientul de corelație liniară, r, este :

$$r = \frac{13 \cdot 1074,30 - 92,139 \cdot 157,37}{\sqrt{[13 \cdot 724,29 - (92,139)^2] \cdot [13 \cdot 1939,52 - (157,37)^2]}} = 0,845$$

rezultă expresia (3.35)

$$N_{10(m)} = 0,5909 V_{10} - 16,296 \quad (3.35)$$

In fig.3.22 este prezentată dreapta de ecuație (3.35)

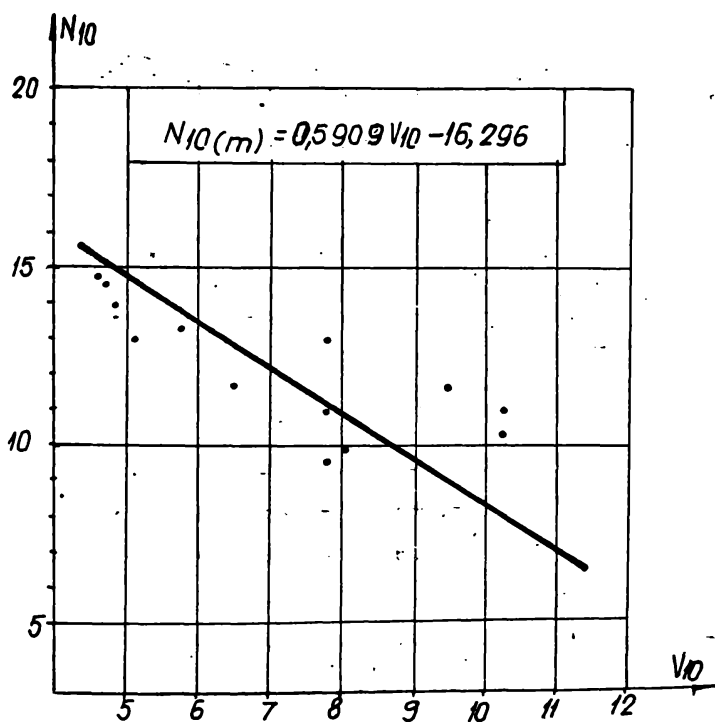


Fig.3.22 Dreapta de regresie a lui  $N_{10(m)}$  în funcție de  $V_{10}$

### 3.3.2.4. Corelația rezistenței statice $R_p$ cu $N_{10}$ și $N_{10(m)}$

pentru orizonturile și nisip mare și mijlociu de îndesare medie.

Pentru corelație

$R_p = f(N_{10})$  respectiv

$R_p = f(N_{10(m)})$  s-a adap-

tat expresia liniară

$Y = BX + D$ , unde  $Y =$

$= R_p$  și  $X = N_{10}$ , respectiv

$X = N_{10(m)}$ .

Calculul pentru  $R_p =$

$= BN_{10} + D$  se exemplifică în tabelul 3.19.

Coeficienții relației liniare anterioare sînt :

$$B = \frac{13 \cdot 11537,31 - 191,75 \cdot 732,0}{13 \cdot 2846,43 - (191,75)^2} = 2,9145$$

$$D = \frac{732 \cdot 2846,43 - 191,75 \cdot 11537,31}{13 \cdot 2846,43 - (191,75)^2} = 17,159$$

iar coeficientul de corelație liniară, r, este :

$$r = \frac{13 \cdot 11537,31 - 191,75 \cdot 732,0}{\sqrt{[13 \cdot 2846,43 - (191,75)^2] \cdot [13 \cdot 47335,33 - (732)^2]}} = 0,722336$$

Rezultă relația:

$$R_p = 2,9148 N_{10} + 17,159 \quad (3.36)$$

Tab. 3.19 Valori pentru calcularea parametrilor formei liniare

nr. crt	$N_{10}$	$R_p$	$N_{10}^2$	$R_p^2$	$N_{10} \cdot R_p$	casă $N_{10}(m)$
1	14,00	64,31	196,00	4135,77	900,54	57,96
2	16,00	58,25	256,00	3399,06	932,00	63,79
3	14,50	65,52	210,25	4284,79	921,04	59,42
4	15,75	65,08	248,00	3235,40	1025,01	65,06
5	16,25	65,25	264,00	3237,56	1060,31	64,52
6	16,25	60,74	264,00	3689,34	987,02	64,22
7	15,00	62,22	225,00	3883,73	934,80	60,08
8	15,50	63,22	240,25	3996,76	979,91	62,33
9	14,50	62,18	210,25	3866,35	901,61	59,22
10	12,50	50,24	156,25	2524,05	628,00	53,59
11	15,00	52,23	169,00	2727,27	670,99	55,05
12	15,00	60,25	229,00	3630,00	903,75	60,88
13	13,50	54,41	182,25	2960,44	734,55	56,50
$\Sigma$	191,75	782,00	2846,45	47335,33	11537,31	-

În fig. 3.23 este prezentată dreapta de regresie (3.36)

În tabelul

3.20 sînt prezentate valorile de calcul pentru determinarea parametrilor formei liniare:

$$R_p = (B \cdot N_{10}(m) + A)$$

Coeficienții ecuației liniare anterioare sînt:

$$B = \frac{13 \cdot 9500,08 - 157,37 \cdot 7820}{13 \cdot 1939,52 - (157,37)^2} = 0,976$$

$$A = \frac{782,00 \cdot 1939,52 - 157,37 \cdot 9500,08}{13 \cdot 1939,52 - (157,37)^2} = 43,33$$

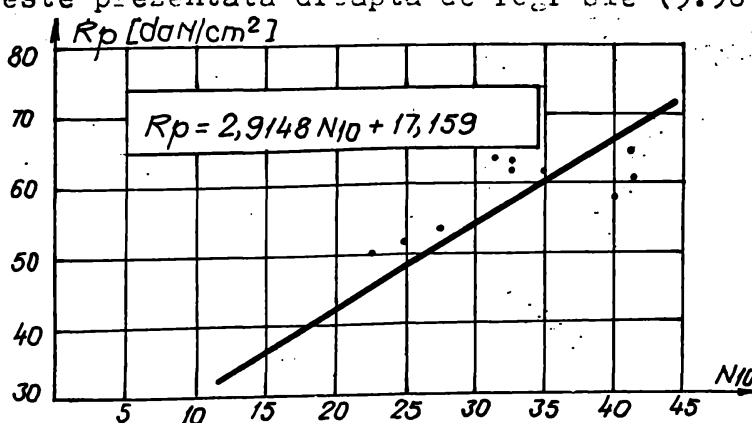


Fig. 3.23 Dreapta de regresie a lui  $R_p$  în funcție de  $N_{10}$

Tabelul 3.20 Valori pentru calcularea parametrilor formei  
liniare

Nr. crt.	$x=N_{10m}$	$y=Rp$	$x^2$	$y^2$	$xy$	$R_{p\text{ calc}}$
1	11,00	64,31	121,0	4135,77	707,41	59,06
2	13,00	53,25	169,0	3393,06	727,22	61,01
3	11,75	63,52	138,00	4034,79	745,36	53,79
4	13,25	65,03	175,56	4235,40	862,31	61,26
5	14,5	65,25	210,25	4257,56	946,12	62,43
6	14,75	60,74	217,56	3693,34	895,91	62,69
7	12,00	63,22	144,00	3996,76	758,64	60,04
8	12,00	63,22	144,00	3996,76	758,64	60,04
9	9,50	62,14	90,25	3866,35	590,71	57,60
10	10,37	50,24	107,57	2524,05	520,98	53,42
11	11,75	52,22	138,06	2727,97	613,70	50,79
12	10,00	50,25	100,00	3630,06	602,50	53,09
13	11,50	54,41	132,25	2960,44	625,71	59,52
$\Sigma$	157,37	782,00	1939,52	47335,33	9500,03	-

iar coeficientul de corelație este :

$$r = \frac{13 \cdot 9500,03 - 157,37 \cdot 782,0}{\sqrt{[13 \cdot 1939,52 - (157,37)^2] \cdot [13 \cdot 47335,33 - (782,0)^2]}} = 0,8638$$

rezultă relația :

$$R_p = 0,976 N_{10}(m) + 48,33 \quad (3.37)$$

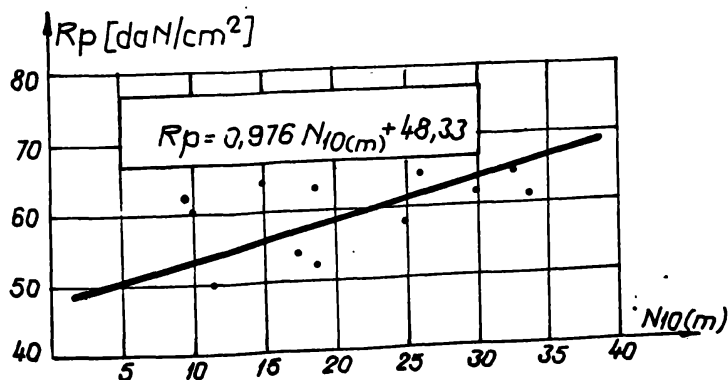


Fig.3.24. Dreapta de regresie a lui  $R_p$  în funcție de  $N_{10}(m)$

În figura 3, este prezentată dreapta de regresie 3.37.

Deși corelația (3.35)-(3.37) are valabilitatea locală, fiind obținute în condiții de unorat stratificații preparate în laborator și pentru un număr relativ crescut de date experimentale ele pot totuși, evidenția unel

de interes geotehnic , general.

Astfel, pornind de la corelațiile  $I_D \% = f(N_{10})$  din Normativul C 76-84 referitor la penetrare dinamică cu con, rezultă că se poate stabili numărul de lovituri  $N_{10}$  ce delimitează trecerea de la starea mediu îndesată a nisipului mijlociu la cea îndesată.

Dacă în relația din normativ  $I_D \% = f(N_{10})$  se introduce valoarea  $I_D \% = 66 \%$  rezultă :  $N_{10} = 17$  lov/10 cm, deci pentru starea mediu îndesată a nisipului mijlociu  $N_{10} \leq 17$  lov/10 cm.

Introducând în corelația stabilită (3.34)  $N_{10} = 17$  lov/10cm rezultă că  $V_{10} = 1,708$  cm/s și deci corespunzător stării mediu de îndesare a nisipului mijlociu ( orizonturile II din ambele serii de experimentări ) viteza medie de vibropenetrare cu con 13,43 cm/s  $\geq V_{10} \geq 1,708$  cm/s.

Dacă în corelația (3.35) se introduce valoarea  $V_{10} = 1,708$  cm/s rezultă numărul de lovituri, în penetrarea dinamică cu con și manta care separă domeniul mediu îndesat de cel îndesat și anume :  $N_{10} = 15$  lov/10 cm . Rezultă că în cazul penetrometrului dinamic cu manta, numărul de lovituri pe 10 cm corespunzător domeniului mediu îndesat este  $6 \leq N_{10(m)} \leq 15$ .

Introducând în corelația (3.33) valoarea  $V_{10} = 1,708$  cm/s, se obține  $R_p = 93,08$  daN/cm<sup>2</sup>, Deci, pentru starea medie de îndesare a nisipului mare și mijlociu folosit în experimentări, corespunzător dublei inegalități  $1,708$  cm/s  $\leq V_{10} \leq 13,43$  cm/s Rezultă  $38,53$  daN/cm<sup>2</sup>  $\leq R_p \leq 93,08$  daN/cm<sup>2</sup>.

#### CAP. 4. STUDIUL REFERITĂRE LA PENETRAREA VIBROPERCUTANTĂ CU CON

##### 4.1. ASPECTE TEORETICE CU PRIVIRE LA PENETRAREA VIBROPERCUTANTĂ

##### 4.1.1. Introducere

Metoda de cercetare a terenului de fundare prin penetrare vibropercutantă cu con, face parte din categoria metodelor corelative de cercetare prin penetrare (penetrare statică, penetrare dinamică cu con, penetrare dinamică standard, vibropenetrarea).

Ca și metoda de cercetare prin vibropenetrare, penetrarea vibropercutantă cu con, a fost introdusă în practica lucrărilor de cercetare geotehnică în ultimii 10...15 ani, studii teoretice și experimentale urmate de aplicare în practică fiind făcute îndeosebi în U.R.S.S.. [90];[91]. Metoda se apropie ca principiu de penetrarea dinamică cu con, ambele folosind ca schemă principală a înfigerii în teren, aplicarea unor lovituri sub acțiuni cărora se produce înfigerea tijelor și a vârfului conic [91].

La penetrarea dinamică energia unei lovituri rămâne constantă, în procesul de înfigere stabilindu-se fie numărul de lovituri ( $N_z$ ) necesar pentru înfigerea coloanei de tije pe o echidistanță dată, fie mărimea înfigerii pentru un număr dat de lovituri.

La penetrarea vibropercutantă energia unei lovituri nu rămâne constantă, dar în ansamblu puterea consumată rămâne constantă în procesul de înfigere, folosindu-se în acest scop vibropercutorul fără arcuri. [75];[64]. /

La o putere consumată constantă, viteza de înfigere va depinde de proprietățile mecanice ale pământurilor. Acest fapt dă posibilitatea evaluării caracteristicilor mecanice ale terenurilor de fundare prin măsurarea vitezei de pătrundere a coloanei de tije sub acțiunea percuțiilor.

Dacă în cazul penetrării dinamice cu con frecvența loviturilor nu este mai mare de 25-30 lovituri/minut, în cazul vibropercutorului cu con, frecvența de aplicare a loviturilor (a vibropercuțiilor) este de 300 - 1200 lovituri/minut.

În comparație cu penetrare dinamică, penetrarea vibropercutantă cu con prezintă avatnajul unei productivități de 1,5-4 ori mai ridicate, aspect destul de important în aplicarea practică a acestei metode de cercetare a terenului de fundare [91].

Determinarea caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare prin penetrarea vibropercutantă cu con se bazează pe stabilirea unui coeficient de legătură între viteza de pătrundere a

coloanei de tije introduse prin vibropercuție ( $V_{10}$ ) și numărul de lovituri ( $N_{10}$ ) deci pentru pătrunderea pe echidistanța de  $l_0$  cm. La baza stabilirii coeficientului de legătură stă utilizarea modelului dinamic simplificat al ambelor procese.

Date fiind avantajele multiple pe care le oferă penetrarea vibropercutantă cu con și în general metodele vibrodinamice în raport cu celelalte metode correlative de cercetare a terenului de fundare, autorul și-a propus studierea metodei de penetrare vibropercutantă cu con și stabilirea elementelor practice de aplicare a acestei metode.

#### 4.1.2. Supportul teoretic al penetrării vibropercutantă cu con

Penetrarea vibropercutantă cu con, se apropie de principiu de penetrarea dinamică cu con, ambele bazându-se pe înfigerea coloanei de tije sub acțiunea loviturilor produse prin căderea berbecului (cazul penetrării dinamice) sau sub acțiunea vibropercuțiilor cu frecvență ridicată (cazul vibropercutării) [91].

Pentru stabilirea relațiilor de calcul a vitezei de înfigere a coloanei de tije în cazul penetrării vibropercutante cu con, în figura 4.1. se schematizează procesul de înfigere a coloanei de tije.

Relațiile teoretice de calcul s-au stabilit prin acceptarea următoarelor ipoteze simplificatoare :

- masa percutantă (ciocanul)  $M$  se consideră un corp absolut rigid ;

- coloana de tije se consideră un resort ideal cu coeficientul de rigiditate- $K_1$  și cu masa distribuită între masele  $m$  și  $m_1$  ;

- pământul se consideră un mediu elastic plastic fără rezistență viscoasă, reprezentat printr-un resort ideal de rigiditate  $K_2$  și cu forță de rezistență plastică  $R_2$  constantă ;

- lovitură se consideră neelastică (coeficientul de restituire  $R=C$ );

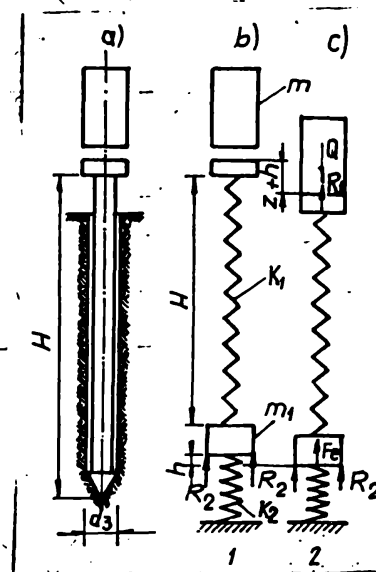


Fig.4.1. Cel mai simplu model al procesului vibropercuție sondării pământurilor. a) echipamentul pentru sondajul dinamic (prin lovituri) b) înainte de lovire ; c) după lovire



- influența undelor care se produc în coloana de tije se neglijează ;

- deformația maximă a terenului (h) se compune din componente elastice și plastice, iar regularitatea deformațiilor produce forțe proporționale cu deplasările ;

Asupra masei (m) în procesul deplasării ei acționează forța constantă ( $R_2$ ) și forța elastică ( $F_e$ ) proporțională cu deplasarea.

Pentru găsirea mărimii înfîngerii coloanei de tije pentru o lovitură aplicînd teorema conservării energiei se poate scrie :

$$\frac{mV_1^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2} = \sum L_K \quad (4.1.)$$

unde:  $\frac{mV_1^2}{2}$  este energia cinetică a masei percutante ;

$V_0$  ;  $V_f$  . vitezele inițiale și finale ale masei percutante ;

$\sum L_K$  - suma lucrului mecanic al forțelor exterioare și interioare care acționează sistemului.

Suma lucrurilor mecanice a tuturor forțelor este prezentată în următoarele ecuații :

$$L_K = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 \quad (4.2)$$

unde:

$L_1 = Q(z+h)$  - lucrul mecanic al greutatei Q a masei percutante și a coloanei de tije ;

$L_2 = -K_1 \frac{z^2}{2}$  - lucrul mecanic al forței elastice ce apare în coloana de tije ;

$L_3 = -K_2 \cdot \frac{h^2}{2}$  - lucrul mecanic al forței elastice a pămîntului ( dat de componenta elastică a sistemului modelat)

$L_4 = -R_2 \cdot h$  - lucrul mecanic al componentei plastice a terenului

Considerînd viteza finală  $v_f = 0$  din relațiile (4.1.) și (4.2) se obține :

$$\frac{mV_0^2}{2} = Q(z+h) - K_1 \frac{z^2}{2} - K_2 \frac{h^2}{2} - R_2 \cdot h \quad (4.3)$$

-sau:

$$\frac{mV_0^2}{2} + Q(z+h) = K_1 \frac{z^2}{2} + K_2 \frac{h^2}{2} + R_2 \cdot h \quad (4.4)$$

Din condițiile de echilibru ale masei (m), sub acțiunea forțelor constante aplicate la capătul de sus al resortului ( $K_1$ )

se obține:

$$K_1 \cdot z = k_2 \cdot h + R_2 \quad (4.5)$$

de unde :

$$z = \frac{K_2}{K_1} h + \frac{R_2}{K_1} \quad (4.6)$$

In relația (4.6) s-a considerat că masa (m) este neglijabilă  
Introducând (4.6) în (4.4) rezultă:

$$\frac{Mv_0^2}{2} + Q\left(\frac{K_2 \cdot h}{K_1} + \frac{R_2}{K_1} + h\right) = K_1 \frac{z^2}{2} + K_2 \cdot \frac{h^2}{2} + R_2 \cdot h \quad (4.7)$$

sau:

$$Mv_0^2 + 2Q \cdot \frac{K_2}{K_1} h + \frac{2QR_2}{K_1} + 2Q \cdot h = K_1 \cdot \left(\frac{K_2}{K_1} h + \frac{R_2}{K_1}\right)^2 + K_2 \cdot h^2 + 2R_2 \cdot h \quad (4.8)$$

$$Mv_0^2 + 2Q \cdot \frac{K_2}{K_1} h + \frac{2QR_2}{K_1} + 2Q \cdot h = \frac{1}{K_1} (K_2 \cdot h + R_2)^2 + K_2 \cdot h^2 + 2R_2 \cdot h \quad (4.9)$$

$$K_1 \cdot Mv_0^2 + 2Q \cdot K_2 \cdot h + 2QR_2 + 2Q \cdot K_1 \cdot h = K_2^2 \cdot h^2 + 2K_2 \cdot R_2 \cdot h + R_2^2 + K_1 \cdot K_2 \cdot h^2 + 2K_1 \cdot R_2 \cdot h \quad (4.10)$$

După transformări se obține :

$$h^2 \cdot K_2 (K_2 + K_1) + 2h(K_2 \cdot R_2 + K_1 R_2 - Q \cdot K_1 - Q \cdot K_2) + R_2^2 - K_1 \cdot Mv_0^2 - 2Q \cdot R_2 = 0 \quad (4.11)$$

sau:

$$K_2 \cdot (K_1 + K_2) h^2 - 2h [K_1(Q - R_2) + K_2(Q - R_2)] - [Mv_0^2 \cdot K_1 + R_2(2Q - R_2)] = 0 \quad (4.12)$$

sau :

$$K_2(K_1 + K_2)h^2 - 2h(K_1 + K_2)(Q - R_2) - [Mv_0^2 K_1 - R_2(R_2 - 2Q)] = 0 \quad (4.13)$$

Rezolvând ecuația (4.13) se obține mărimea pătrunderii  
pentru o lovitură :

$$h = \frac{(K_1 + K_2)(Q - R_2) + \sqrt{(K_1 + K_2)^2 \cdot (Q - R_2)^2 + (K_1 + K_2)K_2 [Mv_0^2 K_1 - R_2(R_2 - 2Q)]}}{K_2(K_1 + K_2)} \quad (4.14)$$

$$= \frac{Q - R_2}{K_2} + \frac{(Q - R_2)^2}{K_2^2} + \sqrt{\frac{Mv_0^2 \cdot K_1 - R_2(R_2 - 2Q)}{K_2 \cdot (K_1 + K_2)}}$$

deci:

$$h = \frac{Q - R_2}{K_2} + \sqrt{\frac{(Q - R_2)^2}{K_2^2} + \frac{Mv_0^2 \cdot K_1 - R_2(R_2 - 2Q)}{K_2 \cdot (K_1 + K_2)}} \quad (4.15)$$

Exprimînd rigiditatea coloanei de tije ( $K_1$ ) în funcție de rigiditatea pe unitate de lungime ( $K_1'$ ) și lungimea coloanei de tije ( $H$ ):

$$K_1 = \frac{K_1'}{H} \quad (4.16)$$

Relația (4.15) devine :

$$h = \frac{Q - R_2}{K_2} + \sqrt{\frac{(Q - R_2)^2}{K_2^2} + \frac{Mv_0^2 \cdot K_1' - R_2 \cdot H(R_2 - 2Q)}{K_2 \cdot (K_1' + H \cdot K_2)}} \quad (4.17)$$

Cunoscînd frecvența percuțiilor ( $n$ ) se poate determina viteza de infingere a coloanei de tije cu relația :

$$V_1 = n \cdot h \quad (4.18)$$

Se pot considera următoarele cazuri particulare :

a) rezistențele plastice ale terenului sînt neglijate ( $R_2 = 0$ )

$$h = \frac{Q}{K_2} + \sqrt{\frac{Q^2}{K_2^2} + \frac{Mv_0^2 \cdot K_1'}{K_2(K_1' + H \cdot K_2)}} \quad (4.19)$$

b) Greutatea masei percutante ( $Q$ ) se consideră neglijabilă în raport cu rezistența terenului ( $Q = 0$ )

$$h = -\frac{R_2}{K_2} + \sqrt{\frac{R_2^2}{K_2^2} + \frac{Mv_0^2 \cdot K_1' - R_2^2 \cdot H}{K_2 \cdot (K_1' + H \cdot K_2)}} \quad (4.20)$$

Considerînd și rezistențele plastică a terenului neglijabilă ( $R_2 = 0$ ) se obține :

$$h = \sqrt{\frac{Mv_0^2 \cdot K_1'}{K_2(K_1' + H \cdot K_2)}} = v_0 \sqrt{\frac{M \cdot K_1'}{K_2(K_1' + H \cdot K_2)}} \quad (4.21)$$

c) pămîntul nu are proprietăți elastice adică  $K_2 = 0$   
In acest caz relația (4.13) devine :

$$- 2h \cdot K_1(Q - R_2) - [Mv_0^2 \cdot K_1' - R_2(R_2 - 2Q)] = 0 \quad (4.22)$$

de unde:

$$h = \frac{-Mv_0^2 \cdot K_1' - R_2(2Q - R_2)}{2K_1(Q - R_2)} \quad (4.23)$$

$$\text{sau : } h = \frac{-Mv_0^2 \cdot K_1' - H \cdot R_2(2Q - R_2)}{2K_1'(Q - R_2)} \quad (4.24)$$

Expresia (4.24) este valabilă când  $P_2 > 0$

Adâncimea maximă de înfigere a coloanei de tije se poate determina pe baza relației (4.13) astfel :

- Pentru  $Q \neq 0$

$$H_{\max} = \frac{Mv_0^2 \cdot K_1}{R_2^2 - 2Q \cdot P_2}$$

- Pentru  $Q \approx 0$  (neglijabil)

$$H_{\max} = \frac{Mv_0^2 \cdot K_1}{R_2^2} \quad (4.25)$$

Neglijând elasticitatea tijelor, considerându-le rigide, se poate adopta modelul din fig.4.2. Relația de echivalență a energi devine:

$$-Mv_0^2/2 = Q \cdot h - K_2 \frac{h^2}{2} - P_2 \cdot h \quad (4.26)$$

sau:

$$-Mv_0^2 = 2Q \cdot h - K_2 \cdot h^2 - 2P_2 \cdot h \quad (4.27)$$

Va rezulta din ecuația (4.27)

$$K_2 \cdot h^2 - 2h(Q - P_2) - Mv_0^2 = 0 \quad (4.28)$$

Adâncimea de înfigere va fi în acest caz :

$$h = \frac{Q - P_2 + \sqrt{(Q - P_2)^2 + K_2 \cdot Mv_0^2}}{K_2} = \frac{Q - P_2}{K_2} + \sqrt{\left(\frac{Q - P_2}{K_2}\right)^2 + \frac{Mv_0^2}{K_2}}$$

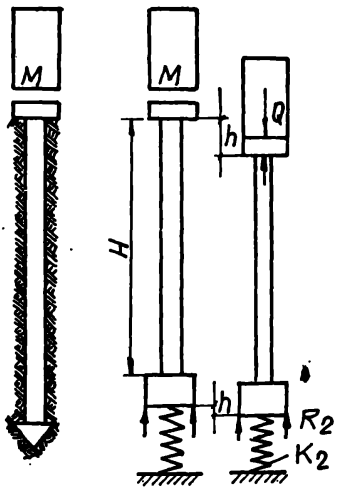


Fig.4.2. Schema de calcul

deci:

$$h = \frac{Q - P_2}{K_2} + \sqrt{\left(\frac{Q - P_2}{K_2}\right)^2 + \frac{Mv_0^2}{K_2}} \quad (4.29)$$

Viteza de înfigere în funcție de frecvența loviturilor va fi:

$$v_1 = h \cdot n \quad (4.30)$$

Se pot considera următoarele cazuri particulare:

1)  $P_2 = 0$  - (rezistența plastică neglijabilă)

$$h = \frac{Q}{K_2} + \sqrt{\left(\frac{Q}{K_2}\right)^2 + \frac{Mv_0^2}{K_2}} \quad (4.31)$$

2)  $Q \approx 0$  (mărutatea masei percutante neglijabilă)

$$h = \frac{-R_2}{K_2} \sqrt{\frac{K_2^2}{K_2^2} + \frac{M v_0^2}{K_2}} \quad (4.32)$$

3)  $R_2 = 0$ ;  $Q = C$

$$H = v_0 \sqrt{\frac{L}{K_2}} \quad (4.33)$$

4)  $K_2 = 0$

Relația (4.28) devine :

$$-2h(Q - R_2) - L v_0^2 = 0$$

de unde:

$$h = - \frac{M v_0^2}{2(Q - R_2)} \quad (4.34)$$

Expresia (4.34) este valabilă dacă :  $R_2 > Q$

#### 4.2. CORELAREA TEORETICĂ A PARAMETRIILOR PENETRĂRII VIBROPERCUTANT CU CON CU CEI AI PENETRĂRII DINAMIC CU CON

Corelarea teoretică a celor două procedee de penetrare se face adoptând modelarea procesului de înfigere conform schemei din fig.

(4.3).

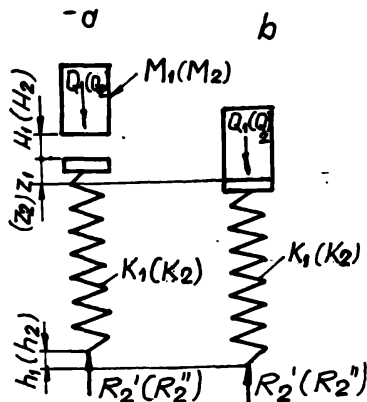


Fig.4.3. Schema simplificată a ansamblului berbec-tije pentru înfigerea conului în teren  
 a) poziția sistemului pînă la lovire  
 b) poziția sistemului după lovire  
 parametrii cu indicele (1) se referă la penetrare dinamică cu con; indicele (2) la vibropercuție

La penetrarea dinamică cu con, adoptînd modelul din fig.4.3., energia unei lovituri se poate calcula cu relația :

$$E_1 = \frac{M_1 \cdot v_1^2}{2} = Q_1 \cdot H_1 \quad (4.35)$$

unde:

$M_1$  - masa berbecului;  $v_1$  - viteza lui de cădere;  $Q_1$  - greutatea berbecului,  $H_1$  - înălțimea de cădere a berbecului ( $H_1 \gg h_1 + z_1$ );

Prin lovire se produce comprimarea tijelor, forțele de rezistență ale terenului fiind în raport egal cu coeficientul de rigiditate al tijelor.

$$z_1 - h_1 = \frac{R_2'}{K_1} \quad (4.36)$$

unde :

$z_1$  - deplasarea capătului superior al tijelor;

$h_1$  - înfigerea conului de penetrare la penetrarea dinamică.

Energia unei lovituri se consumă pentru deformarea tijelor de sondare și pentru înfigerea conului în teren.

$$\text{sau: } Q_1 \cdot H_1 = K_1 \frac{(z_1 - h_1)^2}{2} + F_2' \cdot h_1 \quad (4.37)$$

$$Q_1 \cdot H_1 = \frac{(F_2')^2}{2K_1} + K_2' \cdot h_1 \quad (4.38)$$

Din relația (4.38) se poate determina mărimea înfigerii pentru o lovitură :

$$h_1 = \frac{Q_1 \cdot H_1}{K_2'} - \frac{F_2'}{2 \cdot K_1} \quad (4.39)$$

La penetrarea prin vibropercutor se în mod analog se scrie :

$$h_2 = \frac{K_2 \cdot H_2}{F_2''} - \frac{F_2''}{2K_2} \quad (4.40)$$

sau ;

$$h_2 = \frac{K_2 \cdot V_0^2}{2F_2''} - \frac{F_2''}{2K_2} \quad (4.41)$$

În relațiile de mai sus  $F_2'$  și  $F_2''$  se-a notat rezistența constantă de tip plastic, corespunzătoare celor două procedee de înfigere.

Viteza de înfigere a conului prin vibropercutor este

$$V_1 = h_2 \cdot n \quad (4.42)$$

unde:  $n$  - frecvența loviturilor

Introducând relația (4.41) în relația (4.42) se obține:

$$V_1 = \left( \frac{K_2 V_0^2}{2 F_2''} - \frac{F_2''}{2 K_2} \right) \cdot n \quad (4.43)$$

Notînd în (relația 4.43)  $W = \frac{K_2 \cdot V_0^2}{2} \cdot n$  - energia consumată se obține:

$$V_1 = \frac{W}{F_2''} - \frac{F_2''}{2 K_2} \cdot n \quad (4.44)$$

Determinînd numărul de lovituri ( $n_{10}$ ), pentru pătrunderea conului pe o anumită adîncime la penetrarea dinamică :

$$n_{10} = \frac{l_0}{h_1} \quad (4.45)$$

Se poate stabili următoarea relație de legătură între  $K_{10}$



și  $V_1$  (viteza de pătrundere la vibropercutare) :

$$V_1 = \frac{C}{n \cdot l_0} \quad (4.45)$$

unde:  $C$  - coeficientul de legătură căutat.

$$C = V_1 \cdot n \cdot l_0 \quad (4.47)$$

Înlocuind în relația (4.47) expresiile lui  $V_1$ ;  $n$  și  $l_0$  se obține:

$$C = \left[ \frac{W}{R_2'} - \frac{R_2''}{2K_2} \cdot n \right] \frac{l_0}{\frac{Q_1 \cdot H_1}{R_2'} - \frac{R_2'}{2K_1}} \quad (4.48)$$

Pentru calculul rezistențelor terenului

$$R_2' = \sigma \frac{\pi D_1^2}{4} \quad (\text{pentru penetrarea dinamică}) \quad (4.49)$$

$$R_2'' = \sigma \frac{\pi D_2^2}{4} \quad (\text{pentru penetrarea vibropercutantă}) \quad (4.50)$$

unde:  $\sigma$  - rezistența limită a pământului pe suprafața frontală a conului;

$D_1, D_2$  - diametrele conurilor

Din relațiile (4.49); (4.50) se poate deduce:

$$R_2'' = R_2' \frac{D_2^2}{D_1^2} \quad (4.51)$$

Coeficientul de rigiditate al tijelor de sondare depinde de suprafața secțiunii transversale și de lungimea tijelor.

$$K_1 = \frac{E \cdot S_1}{H} \quad (4.52)$$

$$K_2 = \frac{E \cdot S_2}{H} \quad (4.53)$$

în care:  $E$  - modulul de elasticitate al materialului tijelor;  
 $S_1$  și  $S_2$  - ariile secțiunilor transversale a tijelor;  
 $H$  - lungimea barelor (tijelor);

Din relațiile (4.52) și (4.53) rezultă:

$$K_2 = K_1 \frac{S_2}{S_1} \quad (4.54)$$

Tinând cont de notațiile din (4.51) și (4.54) relația (4.48) devine:

$$C = \left( \frac{W}{R_2'} \cdot \frac{D_1^2}{D_2^2} - \frac{R_2'}{2K_1} \cdot \frac{D_2^2}{D_1^2} \cdot \frac{S_1}{S_2} \cdot n \right) \frac{0.10}{\frac{Q_1 \cdot H_1}{R_2'} - \frac{R_2'}{2K_1}} \quad (4.55)$$

$$C = 0.10 \frac{2WD_1^4 S_2 K_1 - (R_2')^2 D_2^4 S_1 \cdot n}{2K_1 \cdot D_1^2 \cdot D_2^2 \cdot R_2'' \cdot S_2} \cdot \frac{2K_1 \cdot R_2'}{2Q_1 H_1 K_1 - (R_2')^2} =$$

$$= 0.10 \frac{2WD_1^4 S_2 K_1 - (R_2')^2 D_2^4 S_1 \cdot n}{D_1^2 \cdot D_2^2 \cdot S_2} \cdot \frac{1}{2Q_1 H_1 K_1 - (R_2')^2} \quad (4.56)$$

În relația (4.56) care dă coeficientul de legătură dintre penetrarea dinamică cu con și vibropercutarea cu con intervin următoarele mărimi :

- $\bar{w}$  - puterea utilă consumată de vibropercutor în Nm/s ;
- $D_1$  ;  $S_1$  - diametrul și aria secțiunii tijelor în m respectiv  $m^2$  (pentru penetrarea dinamică) ;
- $D_2$  ;  $S_2$  - diametrul și aria secțiunii tijelor în m , respectiv  $m^2$  (pentru vibropercutare cu con) ;
- $Q_1$  ;  $H_1$  - greutatea, respectiv înălțimea de cădere a berbecului ;
- $n$  - frecvența vibropercuțiilor ;

Dacă coloana de tițe folosită la vibropercutare și cea de penetrare dinamică sînt identice ( $D_1 = D_2 = D$ ) și ( $S_1 = S_2 = S$ ) expresia coeficientului de legătură devine :

$$C = 0.10 \frac{2WK_1 - (R_2')^2 \cdot n}{2Q_1 H_1 K_1 - (R_2')^2} \quad (4.57)$$

Înlocuind în relația (4.57)

$$K_1 = \frac{E \cdot S}{H}$$

$$R_2' = \sigma \frac{\pi D^2}{4}$$

și aducînd la forma cea mai simplă se obține :

$$C = 0.10 \frac{W \left( 1 - \frac{\sigma^2 \pi^2 D^2 \cdot n \cdot H}{32 \cdot W \cdot E \cdot S} \right)}{Q_1 H_1 \left( 1 - \frac{\sigma^2 \pi^2 D^2 \cdot H}{32 Q_1 H_1 \cdot E \cdot S} \right)} \quad (4.58)$$

Pornind de la relația (4.58) pentru a obține valoarea coeficientului de legătură între încercarea de vibropercutare cu con executată cu instalația IVPP-1 cu parametri  $A = 4$  mm ;  $p_0 = 137$  daN ;  $f = 18$  Hz ;  $m_2 = 30$  kg - masa percutantă și penetrarea dinamică cu con (P.D.U.) și (P.D.U.m.) ( $M_1 = 10$  kg ;  $H_1 = 0,50$  m) , în cazul încercărilor făcute de autor avem :

$$Q_1 \cdot H_1 = 10 \cdot 10 \cdot 0,5 = 50 \text{ N.m}$$

$$W = \frac{m_2 \cdot V^2}{2} \cdot n = \frac{M \cdot A^2 \cdot \omega^2}{2} \cdot n = \frac{30 \cdot 0,004^2 \cdot 113,04^2}{2} \cdot 18 = 55,16 \text{ Nm/s}$$

pentru modulul de elasticitate al tijelor din oțel  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$

$N/m^2$  în relația (4.58) se pot neglija termenii  $\frac{\sigma^2 \pi^2 D^2 n \cdot H}{32 \cdot W \cdot E \cdot S}$  și  $\frac{\sigma^2 \pi^2 D^2 H}{32 \cdot Q_1 \cdot H_1 \cdot E \cdot S}$

32.  $Q_1 \cdot H_1 \cdot E \cdot S$

Introducând în relația (4.56) și (4.58) valorile calculate pentru  $Q_1 \cdot H_1$  corespunzătoare diverselor tipuri de penetrometre dinamice și ale lui  $W$ , se obține relația de echivalență prin intermediul coeficientului  $C$ , între acestea și instalația de vibropercutare prezentate în capitolul 3.

Valorile coeficientului de legătură ( $C$ ) pentru instalația de vibropercutare utilizată în încercările experimentale și pe penetrometrele dinamice existente în țară (stabilite de autor) sînt date în tabelul 4.1.

Tabelul 4.1. Valorile coeficientului de legătură pentru penetrometrele dinamice cu con cu și fără manta.

Tipul penetrometrului	P.D.U.	P.D.U.m	P.D.M.	P.D.G.
c	0,135	0,135	0,066	0,050

Cunoscînd valoarea coeficientului de legătură ( $C$ ) măsurînd viteza de pătrundere ( $V_1$ ) a conului introdus prin penetrarea vibropercutantă cu con, se pot construi grafice de variație a lui  $N_{10}$  în funcție de viteza de vibropercutare pe baza relației  $N_{10} = \frac{C}{V_1}$ .

Graficele teoretice de variație  $N_{10} = f(V_1)$  prezentate în (fig.4.4) s-au construit pe baza datelor din tabelul 4.2.

Tabelul 4.2. Valori  $N_{10}$  în funcție de viteza de penetrare (impusă)

$V_1$ cm/s	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
$N_{10}$ PDU	27	13	9	7	5-6	4-5	4	3-4	3	2	1,9	1,6	1,5	1,3
$N_{10}$ PDUm	27	13	9	7	5-6	4-5	4	3-4	3	2	1,9	1,6	1,5	1,3
$N_{10}$ PDm	13	6-7	4-5	3-4	2-3	2-3	1-2	1-2	1-2	1	0-1	0-1	0-1	0-1
$N_{10}$ PDG	10	5	3-4	2-3	2	1-2	1-2	1-2	1/	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1

Pentru alte instalații de penetrare vibropercutantă cu con și alte penetrometre dinamice (sau cele din tabelul 4.2) relația

de legătură dintre viteza de vibropercutare și numărul echivalent

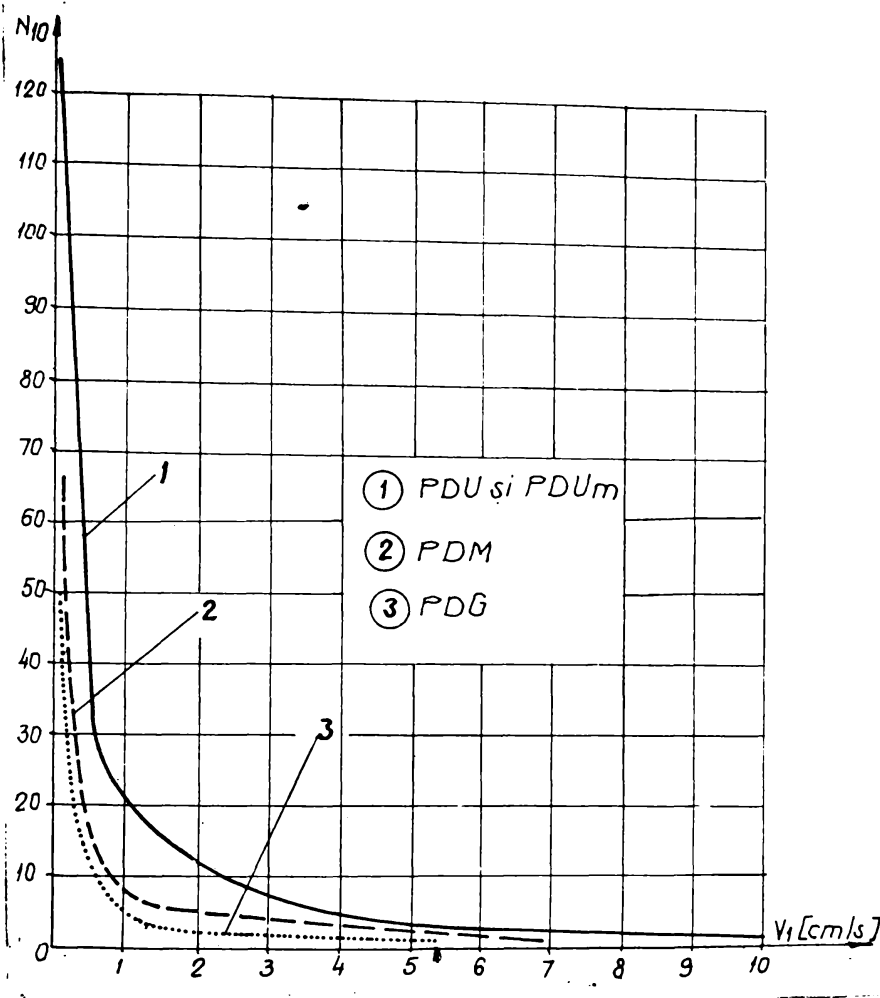


Fig.4.4. Grafice  $N_{10} = f(V_1)$  pentru penetrometrele existente în P.S.P.

de lovituri se stabilește prin calcularea coeficientului,  $C$ , cu relația 4.56 sau 4.58. Teoretic se poate stabili dependența dintre numărul de lovituri  $N_{10}$ ,

corespunzător pătrunderii conului pe echidistanța de 10 cm în cazul penetrării, prin construirea unor grafice de variație  $N_{10} = f(C; V_1)$

fig.4.5., pe baza datelor din tabelul 4.3.

Tabelul 4.3. Valori  $N_{10} = f(C; V_1)$

$V_1$ [cm/s]	0,1	0,5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
c												
0,05	50	10	5	2,5	1,66	1,25	1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
0,20	100	20	10	5	2-4	2-3	2	1-2	1-2	1-2	1-2	1
0,20	200	40	20	10	6-7	5,0	4	3-4	2-3	2-3	2-3	2
0,30	300	60	30	15	10	10	6	5	4-5	3-4	3-4	3
0,40	400	80	40	20	13-14	10	8	6-7	5-6	5	4-5	4
0,50	500	100	50	25	16-17	12-13	10	8-9	6-7	6-7	5-6	5

Pentru o instalație de vibro-percutare și pentru un penetrometru (date), graficele din figura 4.4 se pot utiliza astfel :

- a) Se determină coeficientul, C, pe baza relațiilor (4.56) sau (4.58);
- b) se efectuează încercările de vibropercutare cu con și se înregistrează viteza de penetrare pe echi-distanța de 10 cm;
- c) pentru valoarea coeficientului C, calculată la punctul (a) se alege curba din fig. 4.5. ;
- d) se determină

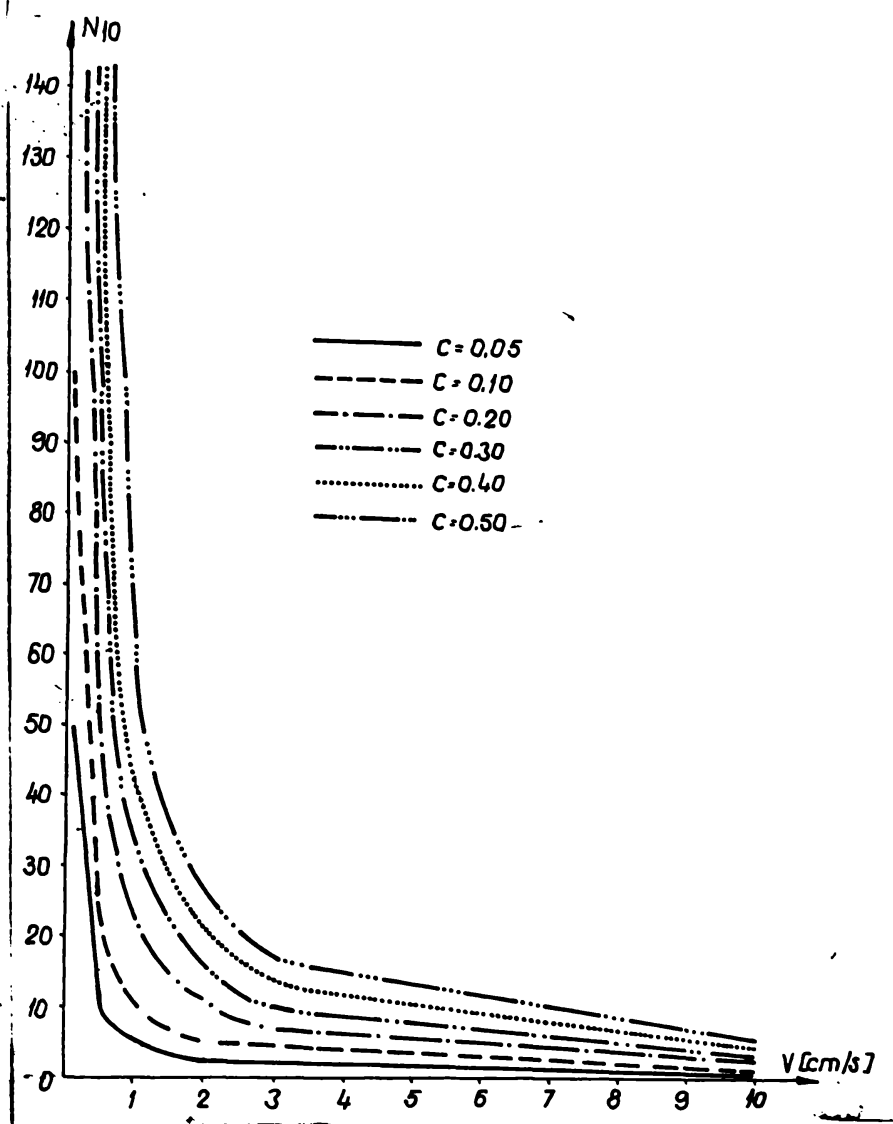


Fig.4.5. Grafic de variație  $N_{10} = f(C, V_1)$

$N_{10}$ , în funcție de viteza de penetra-

re direct în cazul în care coeficientul (C), corespunde uneia din valorile pentru care au fost construite curbele ( $C = 0,05 \dots 0,5$ ) sau prin interpolare între valorile corespunzătoare a două curbe; când coeficientul de legătură nu are nici una din valorile din tabelul 4.3.

dar este situat între valorile extreme (de exemplu pentru  $C = 0,15$   $N_{10}$  se determină prin interpolare între curbele  $C = 0,1$  și  $C = 0,2$ ).

Pentru calculul rezistenței dinamice pe baza încercării de vibropercutare cu con se poate pleca de la formula olandeză :

$$R_d = \frac{1}{A} \cdot \frac{G_1^2 \cdot H_1}{\frac{0.10}{N_{10}} (G_1 + G_2)} = \frac{1 \cdot G_1^2 \cdot H_1 \cdot N_{10}}{0.10 A (G_1 + G_2)} \quad (4.59)$$

Introducînd în relația (4.59) relația (4.56) se obține :

$$R_d = \frac{1}{A} \cdot \frac{G_1^2 \cdot H_1 \cdot C}{(G_1 + G_2) V_1} \quad (4.60)$$

În expresia (4.60) raportul,  $\frac{1}{0,1.A} \frac{G_1^2 \cdot H_1 \cdot C}{(G_1 + G_2)}$  este o constantă ce depinde de penetrometrul dinamic și instalația de vibropercutare utilizată.

Notând relația (4.60)  $\frac{1}{0,1.A} \frac{G_1^2 \cdot H_1 \cdot C}{(G_1 + G_2)} = K$  se obține: pentru rezistența dinamică relația:

$$R_d = \frac{K}{v_1} \quad (4.61)$$

constantă (K) este funcție de (h) pentru că intervine greutatea coloanei de tijă.

Pentru instalația de vibropercutare utilizată (vezi cap.3.) și penetrometrele dinamice existente în P.S.F., constanta, K, (calculată) are valorile din tabelul 4.4.

Tabelul 4.4. Valorile constantei K

Tip penetrom.	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5
P.D.U.	51923	42187,5	35526,3	30681,81	27000
P.L.Ū.m.	51923	42187,5	35526,3	30681,81	27000
P.D.L.	62254	56617,64	50000	44767,4	40526,3
P.D.G.	77008,2	66560,1	60474,11	55407,8	51124,7

Valorile teoretice ale rezistenței dinamice ( $R_d$ ) determinate pe baza relației 4.61., în funcție de viteza de penetrare prin vibropercutare sînt prezentate în tabelul 4.5. (pentru penetrometre existente în P.S.F.).

Pentru utilizarea practică pe baza datelor din tabelul 4.5. s-au construit diagramele din fig.4.6. pentru o adîncime de penetrare de la 0 la 5 m.

Diagramele din fig.4.4. și 4.6. au fost construite pentru utilizarea de către autor la prelucrarea încercărilor experimentale efectuate în vederea verificării aspectelor și relațiilor enunțate teoretic.

Graficele și relațiile teoretice se pot utiliza în proiectarea terenului de fundare prin utilizarea procedurii de penetrare vibropercutantă (folosind instalațiile descrise în cap.3) și stabilirea pentru prelucrările geotehnice a corelației dintre numărul de lovituri  $N_{10}$  de la penetrarea dinamică, cu viteza de pătrundere a coloanei de tijă ( $v_1$ ).



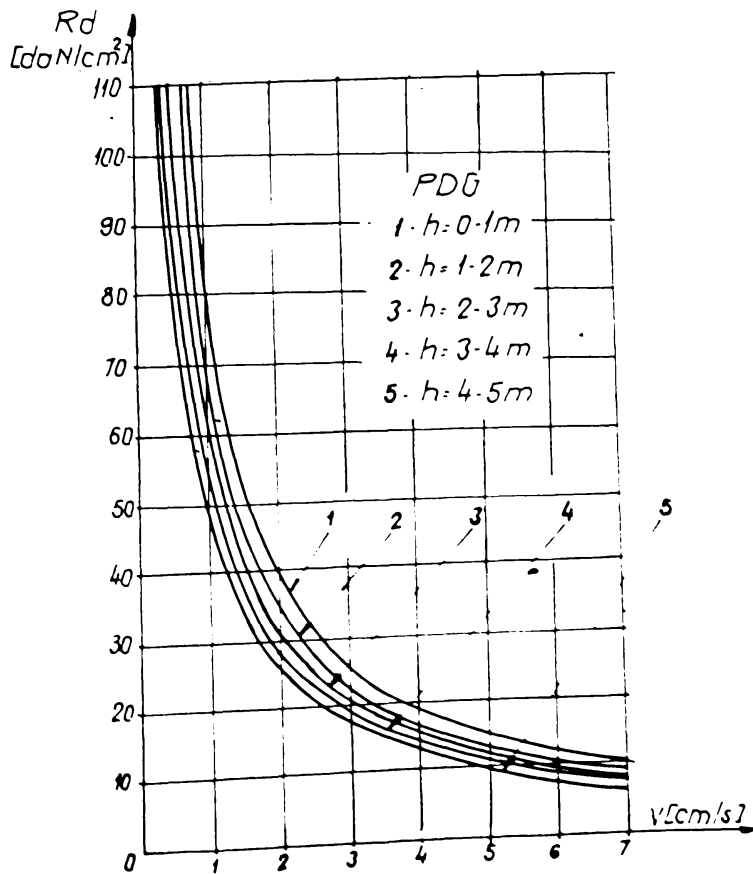
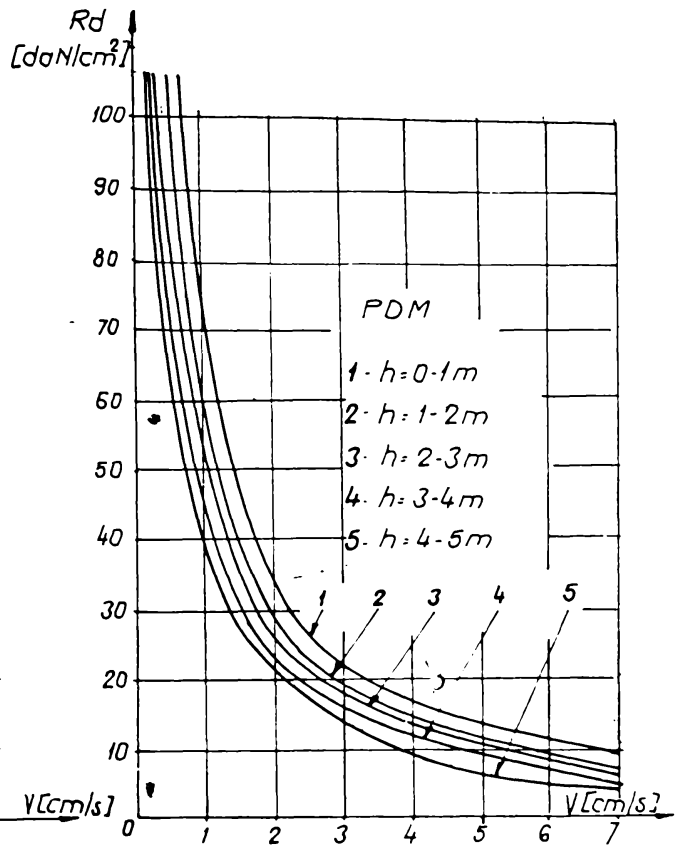
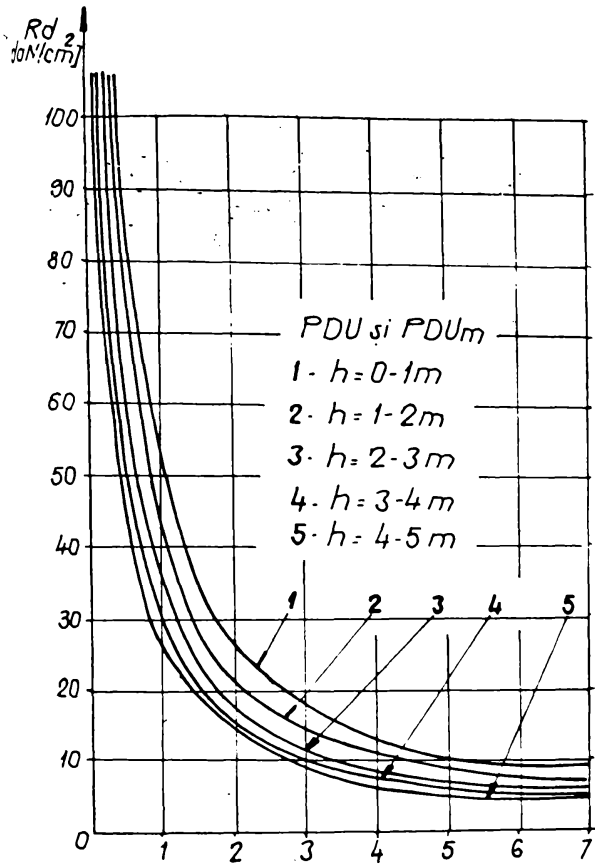


Fig 4.6 - Grafice  $R_d = f(V_i)$  pentru penetrometrele existente in RSR

Tabelul 4.5. Valorile rezistenței dinamice  $P_d = f(V_1)$  în daN/cm<sup>2</sup>

Tipul penetrometrului	$V_1$ [cm/s] h [m]									
		0,1	0,5	1	2	3	4	5	6	7
EDU și EDUa	0-1	519,25	163,84	51,92	25,96	17,30	12,98	10,39	8,65	7,47
	1-2	421,87	134,37	42,14	21,09	14,06	10,34	8,43	7,03	6,02
	2-3	355,28	112,05	35,52	17,63	11,84	8,88	7,10	5,92	5,07
	3-4	306,81	91,56	30,68	15,34	10,22	7,67	6,13	5,11	4,37
	4-5	270,0	84,0	27,0	13,5	9,0	6,75	5,40	4,50	3,85
PDA	0-1	652,24	190,50	62,25	30,62	21,75	16,31	13,05	10,87	9,32
	1-2	566,17	163,25	56,61	28,30	18,87	14,15	11,32	9,43	8,06
	2-3	500,00	140,00	50,00	25,00	16,66	12,50	10,00	8,33	7,14
	3-4	447,67	129,53	44,76	22,38	14,92	11,19	8,95	7,46	6,38
	4-5	402,26	120,51	40,25	20,12	13,41	10,06	8,05	6,70	5,73
PDG	0-1	740,08	148,01	74,00	37,00	24,66	18,50	11,80	12,23	10,19
	1-2	665,60	133,12	66,56	33,28	22,18	16,64	13,31	11,09	9,25
	2-3	604,74	120,94	60,47	30,23	20,15	15,11	12,09	10,07	8,36
	3-4	554,07	110,81	55,40	27,70	18,46	13,85	11,08	9,23	7,69
	4-5	511,24	102,24	51,12	25,56	17,04	12,78	10,22	8,52	7,13

În cazul efectuării încercărilor de vibropercutare cu con cu altă instalație de vibropercutare se folosește pentru determinarea numărului de lovituri, graficul cu caracter general din fig.4.5, construit pentru diverse valori ale coeficientului C.

#### 4.3. COPELANI TEHNICE, EVALUARI SI MODALITATI DE DETECTARE A CARACTERISTICILOR GEOTEHNICE PE BAZA PENETRĂRII VIBROPERCUTANTE CU CON.

Sondarea (penetrarea) vibropercutantă cu con, este o metodă de cercetare a terenului de fundare, ce face parte din grupa metodelor corelative de investigare a terenului de fundare.

Cercetarea terenului prin metoda vibropercutantă cu con se combină cu alte metode de cercetare tehnico-ingenerești, pentru obținerea elementului de comparație.

Pentru obținerea datelor de comparație cu rezultatele altor metode de cercetare, o parte din punctele în care se execută penetrările vibropercutante, se dispun în apropierea puncte-

lor ( la o distanță de 1-2 m) în care se execută forăje sau sonde-  
je deschise. Proprietățile pământurilor se apreciază pe baza  
comparării valorilor obținute pe baza penetrării vibropercutante  
cu valorile obținute prin alte metode tehnico- ingineresti.

Pentru efectuarea penetrării vibropercutante cu con, instala-  
ția de vibropercutare se fixează nemijlocit în punctul de sondare;  
prin acțiunea vibroperculatorului prin tijă cu vârful conic se în-  
fige în teren făcându-se înregistrarea automată a parametrilor de  
înfigere, pe baza căreia se determină viteza de înfigere (aspect  
prezentat în capitolul 3.).

După înfigerea primei tijă se montează cea de a doua tijă,  
reluând procesul de înfigere sub acțiunea vibropercuțiilor, și în-  
registrarea automată a datelor încercării.

După efectuarea încercărilor de vibropercutare cu con se  
procedează la prelucrarea încercărilor.

Prelucrarea datelor încercării vibropercutante, pentru deter-  
minarea caracteristicilor geotehnice se face prin metodologia ce  
se prezintă în continuare. Prelucrarea datelor primare ale în-  
cercării constă în construirea graficelor de variație a vitezei de  
penetrare pe adâncime ( $v_1 = f(h)$ ), axa absciselor reprezintă viteza  
de penetrare iar pe ordonată adâncimea de pătrundere a conului.

Interpretarea rezultatelor penetrării vibropercutante cu con  
determinarea caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare  
(pe baza variației vitezei de înfigere a coloanei de tije) se ba-  
zează pe următoarele ipoteze :

a) mărimea coeziunii ( $c$ ) și a unghiului de frecare interioa-  
ră a pământurilor în limita restrînse ( $\phi = 23.- 37^\circ$  pentru nisip-  
puri ;  $\phi = 10-24^\circ$  ;  $c = 2-53$  kpa pentru argile). In cazul pămîn-  
turilor nisipoase umede unii autori admit și o coeziune aparentă  
2-10 k.pa în cazul de față fiind neglijată deoarece s-a executat  
cu nisip în stare uscată.

b) viteza de înfigere a sondei este dată de relația genera-  
lă :

$$V = n \left[ \frac{Q - R_2}{K_2} + \sqrt{\left( \frac{Q - R_2}{K_2} \right)^2 + \frac{M V_0^2 \cdot K_1' - R_2 \cdot H (R_2 - 2Q)}{K_2 \cdot (K_1' + H \cdot K_2)}} \right]$$

INSTITUTUL POLITEHNIC  
TIMIȘOARA  
SOLUȚIA CENTRALĂ  
(4.62)

obținută pe baza relațiilor 4.17 și 4.18 semnificațiile mărimilor  
ce intervin în relația 4.62 au fost prezentate anterior.

c) Intre mărimile  $K_2$  (coeficientul de rigiditate al tere-  
mului) și modul de deformație liniară  $E$  există o legătură de  
liniaritate de forma  $K_2 = 0,15 E [91]$ .

Pe baza relației 4.62 se pot construi graficele de variații a vitezei de vibropercutor  $V = f(K_2)$  și graficele de variație  $V = f(R_2)$ .

Valorile orientative ale coeficientului de rigiditate ( $K_2$ ) al terenului determinate de autor pe baza relației  $K_2 = 0,15 \cdot E$  și a STAS 3300-85 sînt în tabelul 4.6.

Tabelul 4.6. Coeficientul de rigiditate  $K_2$

Tip teren	Indicele porilor $e$						
	0,45	0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
	$K_2$ [kN/m]						
Nisip cu pietriș nisip mare și mijl.	7500	6000	4500	-	-	-	-
Nisipuri fine	7200	5700	4200	2700	-	-	-
Nisipuri prăfoase	5850	4200	2700	1650	-	-	-
Praf nisipos $I_c = 0,25 \dots 1$	4800	3600	2400	1500	1050	-	-
Praf, praf argilos argilă prăfoasă, argilă nisipoasă $I_c = 0,75 \dots 1$	5100	4050	3300	2550	2100	1650	-
$I_c = 0,5 \dots 0,75$	4800	3750	2850	2100	1650	1200	-
Argilă prăfoasă grasă $I_c = 0,75 \dots 1$	-	4200	3600	3150	2700	2250	1850
$I_c = 0,5 \dots 0,75$	-	-	3150	2700	2250	1850	1350
Praf nisipos $I_c = 0,25 \dots 1$	4950	3600	2550	1650	1050	-	-
Praf argilos $I_c = 0,75 \dots 1$	6000	4950	4050	3150	-	-	-
argilă prăfoasă, argilă nisipoasă $I_c = 0,5 \dots 0,75$	5250	4200	3300	2550	2100	-	-

Coeficientul de rigiditate al tijelor  $K_1$  în N/m calculat pentru penetrometrul dinamic ușor (P.D.U.), mijlociu și greu, calculat de autor pentru un modul al oțelului  $E = 2,1 \cdot 10^{11}$  N/m<sup>2</sup>, cu relația  $K_1 = \frac{E \cdot S}{H}$ , are valorile din tabelul 4.7.

Tabelul 4.7. Valorile coeficientului  $K_1$ , pentru penetrometrele existente în R.S.R.

H(m)	1 m	2 m	3 m	4 m	5m	6m	7m
P.D.U. PLUm	$7,98 \cdot 10^7$	$3,99 \cdot 10^7$	$2,66 \cdot 10^7$	$1,99 \cdot 10^7$	$1,59 \cdot 10^7$	$1,33 \cdot 10^7$	$1,14 \cdot 10^7$
P.D.M. P.D.G.	$1,68 \cdot 10^8$	$8,5 \cdot 10^7$	$5,6 \cdot 10^7$	$4,2 \cdot 10^7$	$3,6 \cdot 10^7$	$2,8 \cdot 10^7$	$2,4 \cdot 10^7$

În cazul instalației de penetrare vibropercutantă cu con, avînd tijele cu diametrul egal al tijelor penetrometrului dinamic ușor, pentru coeficientul  $K_1$  se vor utiliza valorile din tabelul 4.7.

Pentru rezistența constantă de tip plastic a terenului de natură coezivă, în literatura [91] se admite următoarea relație de legătură,  $R_2 = 2 \cdot C$ , unde :  $c$  - este coeziunea exprimată în  $N/m^2$ , iar  $2$  are dimensiunea  $m^2$ .

Pentru pămînturile necoezive forța constantă  $P_2$ , variază conform literaturii tehnice de specialitate [91] de la  $8 \text{ kN}$  la  $50 \text{ kN}$  pentru un con cu diametrul de  $10 \text{ cm}$ .

- Calculul forței constante  $R_2$  pe baza STAS 3300-35 se face plecînd de la relația (4.50).

Prin considerarea lui  $\sigma$  drept,  $P_{cr}$ , definit conform acestui STAS, presiune limită, calculul presiunii critice  $P_{cr}$ , și a lui  $P_2$  pe baza STAS 3300 conduce la valori  $R_2$  de la  $0,214 \cdot 10^3 \text{ N}$  la  $8,34 \cdot 10^3 \text{ N}$ , corespunzătoare valorilor extreme ale unghiului de frecare interioară  $\phi$  ( $\phi_{\min} = 23^\circ$ ;  $\phi_{\max} = 37^\circ$ ) respectiv prin corelare cu adîncimea la care s-a trecut calculul presiunii critice ( $h_{\min} = 1 \text{ m}$  ;  $h_{\max} = 7 \text{ m}$ ). Se constată că domeniul de variație al  $R_2$  de la  $0,8$  la  $8,34 \cdot 10^3 \text{ N}$ , corespunde scopului de determinare a caracteristicilor geotehnice pe baza încercării de vibropercutare cu con pînă la o adîncime de  $5 \text{ m}$ ; pentru pămînturi coezive forțele de tip  $R_2$  se pot calcula tot cu relația (4.50), pe baza presiunii critice calculate conform STAS 3300-35.

#### 4.3.1. Studiul teoretic al dependenței vitezei de penetrare de lungimea coloanei de tijă

Dependența vitezei de sondare, de lungimea coloanei de tijă, este dată de relația (4.62). Pentru stabilirea teoretică a dependenței vitezei de penetrare de lungimea coloanei de tijă, s-a efectuat

calculul numeric al vitezei de penetrare pentru 3 cazuri :

a)  $R_2 = 0,8 \text{ KN}$  ;  $K_2 = 0,45 \cdot 10^4 \text{ KN/m}$  ;

b)  $R_2 = 1,8 \text{ KN}$  ;  $K_2 = 4,2 \cdot 10^3 \text{ KN/m}$  ;

c)  $R_2 = 3,0 \text{ KN}$  ;  $K_2 = 0,165 \cdot 10^4 \text{ KN/m}$  și introducerea parametri

instalației de vibropercutorare (vezi cap.3.) pentru cazurile prezentate, pentru o adâncime penetrante de 1-4 m, au rezultat pentru viteza de penetrare, valorile din tabelul 4.8.

Tabelul 4.8. Valorile calculate ale vitezei de penetrare în funcție de lungimea coloanei de tije

h (m)	Viteza de penetrare [cm/s]		
	$R_2 = 0,8 \text{ KN}$ $K_2 = 0,45 \cdot 10^4$	$R_2 = 1,8 \text{ KN}$ $K_2 = 4,2 \cdot 10^3$	$R_2 = 3,0 \text{ KN}$ $K_2 = 0,165 \cdot 10^4$
0-1	0,44	0,35	3,15
1-2	5,79	3,79	2,82
2-3	5,02	3,11	2,17
3-4	4,08	2,40	1,88

Pe baza datelor din tabelul 4.8 s-au construit diagramele din fig.4.7.

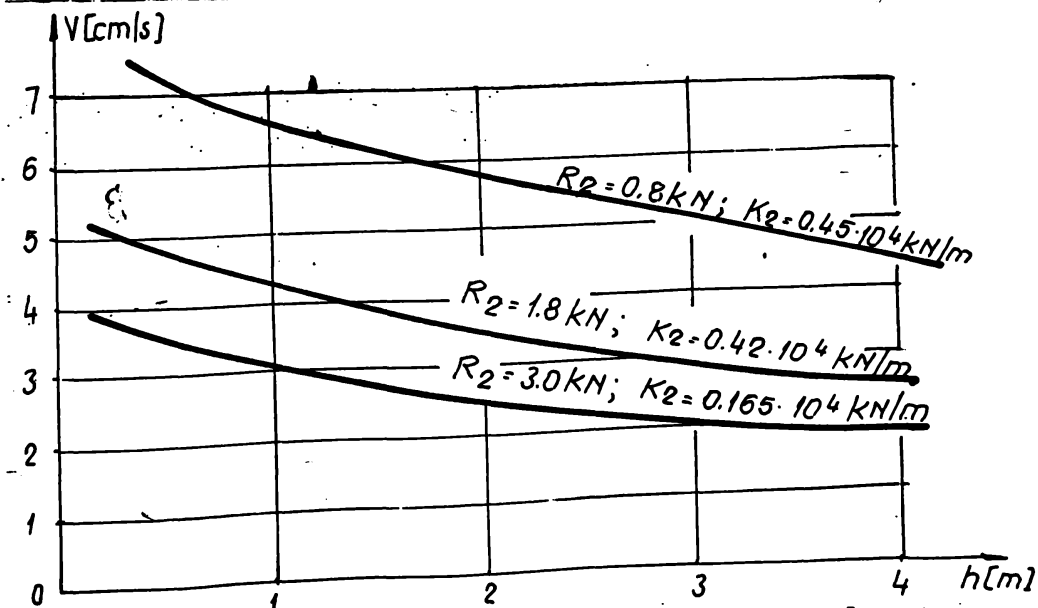


Fig.4.7. Dependența vitezei de penetrare de lungimea coloanei de tije

Din analiza diagramei din fig.4.7. se constată că în condițiile unui teren omogen ( $F_2 = \text{const}$ ;  $K_2 = \text{const}$ ) pe adâncime, viteza de penetrare scade pe măsură ce crește lungimea coloanei



de tije.

Se constată că viteza de penetrare este influențată într-o măsură suficient de mare de lungimea coloanei de tije.

Acest aspect pus în evidență teoretic demonstrează faptul că în cazul unui teren omogen pe adâncime sub aspectul rezistențelor ( $R_2 = \text{const.}$ ;  $K_2 = \text{const.}$ ) și în consecință și din punct de vedere al caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare, viteza de penetrare nu este constantă ci este funcție de adâncimea de penetrare, prezentând o tendință de scădere.

Din această observație se poate concluziona că adâncimea maximă de înfigere este limitată și se poate calcula cu relația :

$$H_{\max} = \frac{Mv_0^2 \cdot K_1}{R_2^2 - 2Q \cdot R_2} \quad \text{sau} \quad H_{\max} = \frac{Mv_0^2 \cdot K_1}{R_2^2}; \quad (Q \leq R_2)$$

Introducînd în această relație parametrii instalației de vibropercutor cu con și evaluarea coeficientului  $K_1 = 7,98 \cdot 10^7 \text{ N}$ ; se obține valoarea medie a adâncimii maxime de înfigere de 6,42 m calculată pentru valoarea  $R_2 = 3,0 \text{ KN}$  ce se consideră drept valoare medie a rezistenței constante în cazul terenurilor nisipoase.

#### 4.3.2. Studiul unei metodologii de determinare a modulului de deformare liniară

Suportul teoretic al determinării modulului de deformare liniară pe baza încercării vibropercutante cu con se bazează pe relația de liniaritate, dintre coeficientul de rigiditate al terenului  $K_2$  și modulul de deformare liniară, ( $K_2 = 0,15 \cdot E$ ).

Analizînd expresia vitezei de penetrare dată de relație (4.62) se constată că aceasta este în relație de directă dependență de coeficientul de rigiditate al terenului  $K_2$ ; mică  $V_1 = f(K_2)$ .

Avînd în vedere relația de dependență  $K_2 = 0,15 \cdot E$ , rezultă că viteza de penetrare este dependentă de modulul de deformare liniară  $E$  ( $V_1 = f(E)$ ).

În consecință metodologia de determinare a modulului de deformare liniară pe baza încercării vibropercutante cu con se bazează pe dependență stabilită teoretic dintre viteza de vibropercutor și coeficientul de rigiditate al terenului.

Metodologia de determinare a modulului de deformare liniară constă în următoarele etape :

a) se construiesc curbe de moduli constanți (izomodule) pentru diverse valori date ale rezistenței, constante a terenului  $R_2$ , care reprezintă " șabloane " pentru determinarea modulului de

deformație. Șabloanele reprezintă curba de variație  $V_1 = f(R_2; E; K_2)$  pentru diverse valori ( $R_2$ ) și pentru diverse valori ale modului de deformație  $E$ .

b) pe baza încercărilor de sondare prin vibropercutare cu con se construiește diagrama de variație a vitezei pe adâncime  $V_1 = f(h)$  la aceeași scară cu scara șabloanelor.

Diagrama sondejului vibropercutant se construiește ca medie a 3-4 sondeaje, executate la 0,5-1 m distanță între ele.

Viteza de pătrundere a coloanei de tije, pe echidistanța dorită se determină ca medie aritmetică a multor valori corespunzătoare numărului de sondeaje efectuate.

c) peste diagrama sondejului vibropercutant se suprapune șablonul de determinare a modului de deformație liniară, valoarea acestuia determinându-se în funcție de curbele izomodul între care se situează diagrama sondejului vibropercutant, la cota la care se face determinarea modului.

Pentru determinarea modului de deformație a nisipurilor este indicat să se folosească șablonul construit pentru o valoare a rezistenței constante  $R_2 = 3,10^3 \text{ N}$ , care reprezintă o valoare medie pentru nisipuri.

Această modalitate de determinare are caracter general, șabloanele ce se construiesc fiind dependente de parametrii instalației de vibropercutare și de caracteristicile geometrice ale coloanei de sondare și a conului;

Pentru studiile experimentale efectuate de autor s-au construit șabloane pentru nisipuri (mari, fine și prăfoase), pentru adâncime de penetrare de 0-4 m. Pentru construcția șabloanelor parametrii terenului ( $R_2$ ) și ( $K_2$ ) au fost introduși cu valorile prezentate anterior pentru nisipuri, iar pentru instalație de vibropercutare s-au introdus parametrii  $n = 18 \text{ lov/s}$ ;  $Q = 300 \text{ N}$ ;  $K_1 = 7,98,10^7 \text{ N/m}$ ;  $K_2 =$  conform tabelului 4.6;  $M = 30 \text{ kg}$ ;  $H = 1-4 \text{ m}$ .

Calculul vitezei de penetrare pe baza relației 4.62 pentru nisipuri este prezentată în tabelele 4.9, 4.10 și 4.11.

Pe baza tabelelor 4.10 și 4.11 se pot observa următoarele aspecte:

- la valoarea constantă a rezistenței  $R_2$  și a adâncimii de penetrare a vitezei de penetrare scade odată cu creșterea coeficientului de rigiditate al terenului  $K_2$  (figura 4.8).

Tabel 4.9 - Valori ale vitezei de înfigere  $V_1 = f(E, R_2, h)$   
 pentru nisipuri medii și mari

h [m]	$R_2$ [N]	$0,8 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^3$
	$K_2$ [E]					
0-1	$K_2 = 0,75 \cdot 10^7 N$ $E = 500 \text{ daN/cm}^2$	5,20	3,76	2,15	1,85	1,25
	$K_2 = 0,6 \cdot 10^7 N$ $E = 400 \text{ daN/cm}^2$	5,76	3,99	2,23	1,87	1,26
	$K_2 = 0,45 \cdot 10^7 N$ $E = 300 \text{ daN/cm}^2$	6,44	4,28	2,94	1,89	1,27
1-2	$K_2 = 0,75 \cdot 10^7 N$ $E = 500 \text{ daN/cm}^2$	4,53	3,06	1,96	1,24	0,32
	$K_2 = 0,6 \cdot 10^7 N$ $E = 400 \text{ daN/cm}^2$	5,47	3,65	2,26	2,35	0,41
	$K_2 = 0,45 \cdot 10^7 N$ $E = 300 \text{ daN/cm}^2$	5,79	3,85	2,38	1,47	0,45
2-3	$K_2 = 0,75 \cdot 10^7 N$ $E = 500 \text{ daN/cm}^2$	3,72	2,37	1,38	0,73	0,18
	$K_2 = 0,6 \cdot 10^7 N$ $E = 400 \text{ daN/cm}^2$	4,26	2,62	1,45	0,74	0,24
	$K_2 = 0,45 \cdot 10^7 N$ $E = 300 \text{ daN/cm}^2$	5,02	2,98	1,62	0,78	0,28
3-4	$K_2 = 0,75 \cdot 10^7 N$ $E = 500 \text{ daN/cm}^2$	2,89	2,06	0,54	0,27	0,13
	$K_2 = 0,6 \cdot 10^7 N$ $E = 400 \text{ daN/cm}^2$	3,52	2,24	0,71	0,35	0,17
	$K_2 = 0,45 \cdot 10^7 N$ $E = 300 \text{ daN/cm}^2$	4,08	2,38	0,87	0,43	0,21

Tabel 4.10 - Valori ale vitezei de înfigere  $V_i = f(E; R_2; h)$   
pentru nisip fin

h [m]	$R_2$ [N]	$0.8 \cdot 10^3$	$1.8 \cdot 10^3$	$3.0 \cdot 10^3$	$4.2 \cdot 10^3$	$5.0 \cdot 10^3$
	$K_2$ [E]					
0-1	$K_2 = 0.72 \cdot 10^7 N$ $E = 480 \text{ daN/cm}^2$	5,36	3,81	2,18	1,85	1,25
	$K_2 = 0.57 \cdot 10^7 N$ $E = 380 \text{ daN/cm}^2$	5,50	4,01	2,26	1,90	1,26
	$K_2 = 0.27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 \text{ daN/cm}^2$	6,60	4,35	2,46	1,94	1,37
	$K_2 = 0.87 \cdot 10^7 N$ $E = 180 \text{ daN/cm}^2$	7,70	4,75	2,81	1,99	1,44
1-2	$K_2 = 0.72 \cdot 10^7 N$ $E = 480 \text{ daN/cm}^2$	4,48	3,13	1,99	1,26	0,34
	$K_2 = 0.97 \cdot 10^7 N$ $E = 380 \text{ daN/cm}^2$	5,18	3,38	2,05	1,28	0,36
	$K_2 = 0.42 \cdot 10^7 N$ $E = 280 \text{ daN/cm}^2$	6,01	3,79	2,30	1,38	0,48
	$K_2 = 0.27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 \text{ daN/cm}^2$	7,18	4,24	2,44	1,42	0,55
2-3	$K_2 = 0.72 \cdot 10^7 N$ $E = 480 \text{ daN/cm}^2$	3,81	2,43	1,40	0,73	0,20
	$K_2 = 0.57 \cdot 10^7 N$ $E = 380 \text{ daN/cm}^2$	4,39	2,68	1,47	0,76	0,26
	$K_2 = 0.42 \cdot 10^7 N$ $E = 280 \text{ daN/cm}^2$	5,22	3,11	1,71	0,84	0,30
	$K_2 = 0.27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 \text{ daN/cm}^2$	6,46	3,63	1,90	0,90	0,40
3-4	$K_2 = 0.42 \cdot 10^7 N$ $E = 480 \text{ daN/cm}^2$	2,98	2,09	0,59	0,28	0,14
	$K_2 = 0.57 \cdot 10^7 N$ $E = 380 \text{ daN/cm}^2$	3,51	2,20	0,70	0,36	0,17
	$K_2 = 0.42 \cdot 10^7 N$ $E = 280 \text{ daN/cm}^2$	4,17	2,40	0,90	0,45	0,22
	$K_2 = 0.27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 \text{ daN/cm}^2$	5,47	2,72	1,82	0,51	0,25

Tabel 4.11- Valorile vitezei de înfigere  $V_1 = f(E; R_2; h)$   
pentru nisip prăfos

h [m]	$R_2$ [N]	$0,8 \cdot 10^3$	$1,8 \cdot 10^3$	$3,0 \cdot 10^3$	$4,2 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^3$
	$K_2$ (CE)					
0-1m	$K_2 = 0,58 \cdot 10^7 N$ $E = 390 daN/cm^2$	5,83	4,02	2,28	1,38	1,26
	$K_2 = 0,42 \cdot 10^7 N$ $E = 280 daN/cm^2$	6,60	4,35	2,46	1,92	1,27
	$K_2 = 0,27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 daN/cm^2$	7,70	4,75	2,81	1,99	1,44
	$K_2 = 0,165 \cdot 10^7 N$ $E = 110 daN/cm^2$	8,94	5,02	3,15	2,18	1,52
1-2m	$K_2 = 0,58 \cdot 10^7 N$ $E = 390 daN/cm^2$	5,16	3,38	2,10	1,29	0,37
	$K_2 = 0,42 \cdot 10^7 N$ $E = 280 daN/cm^2$	6,01	3,79	2,30	1,38	0,48
	$K_2 = 0,27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 daN/cm^2$	7,18	4,24	2,44	1,42	0,55
	$K_2 = 0,165 \cdot 10^7 N$ $E = 110 daN/cm^2$	8,91	4,98	2,82	1,65	0,67
2-3m	$K_2 = 0,58 \cdot 10^7 N$ $E = 390 daN/cm^2$	4,33	2,68	1,51	0,77	0,25
	$K_2 = 0,42 \cdot 10^7 N$ $E = 280 daN/cm^2$	5,22	3,11	1,71	0,84	0,30
	$K_2 = 0,27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 daN/cm^2$	5,46	3,63	1,90	0,90	0,40
	$K_2 = 0,165 \cdot 10^7 N$ $E = 110 daN/cm^2$	7,90	4,21	2,17	1,04	0,46
3-4m	$K_2 = 0,58 \cdot 10^7 N$ $E = 390 daN/cm^2$	3,49	2,24	1,54	0,27	0,13
	$K_2 = 0,42 \cdot 10^7 N$ $E = 280 daN/cm^2$	4,24	2,40	1,70	0,35	0,17
	$K_2 = 0,27 \cdot 10^7 N$ $E = 180 daN/cm^2$	5,47	2,72	1,80	0,51	0,25
	$K_2 = 0,165 \cdot 10^7 N$ $E = 110 daN/cm^2$	6,91	3,08	1,88	0,59	0,34

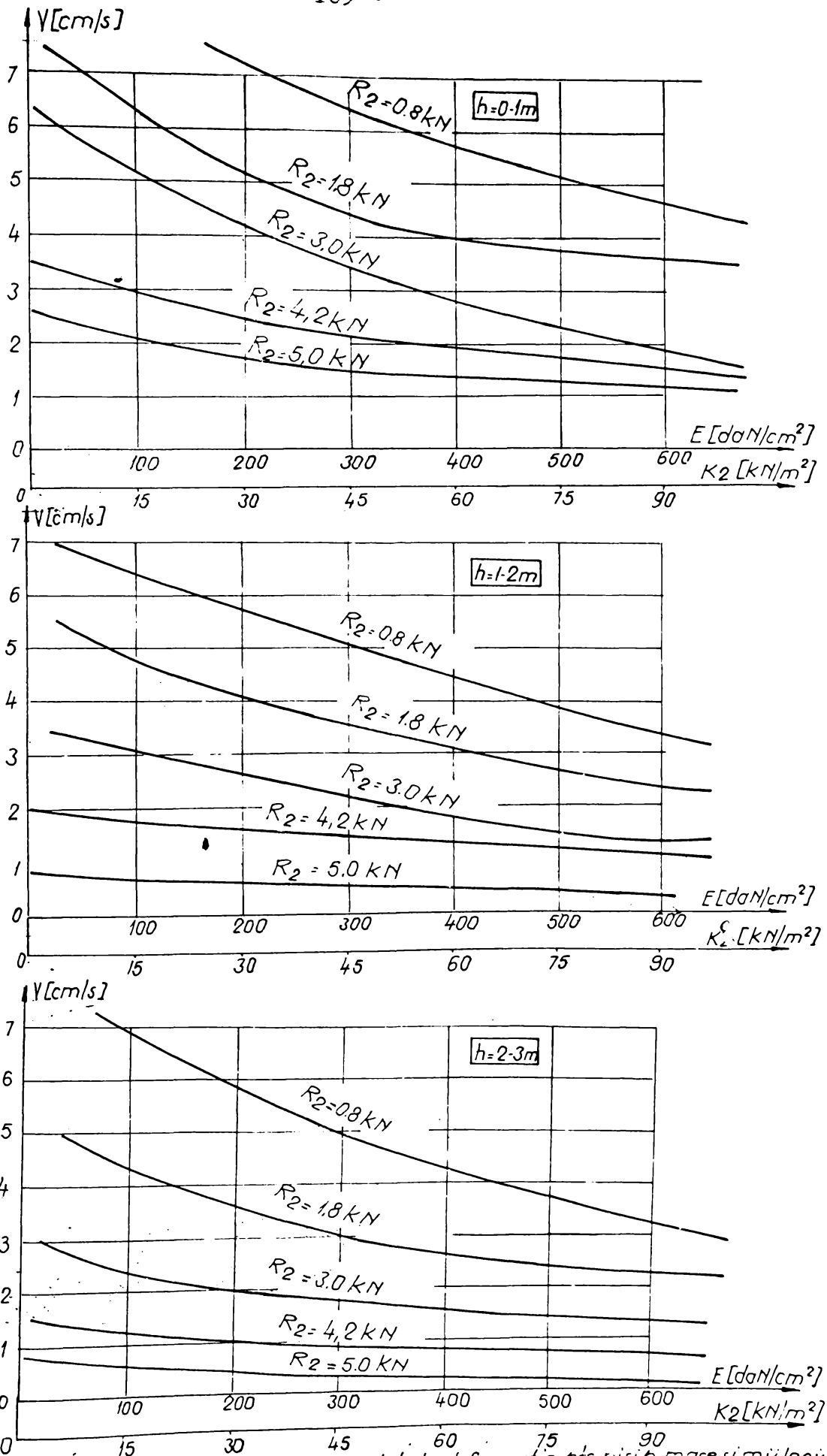


Fig. 4.8. Dependenta vitezei de sondare de modulul de deformare prin niste maresimi mici.



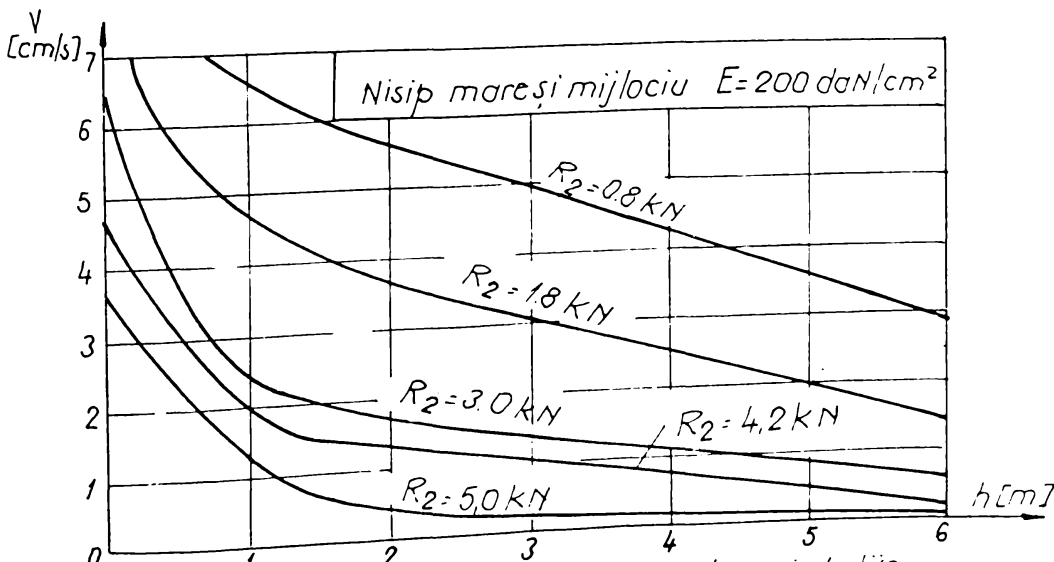
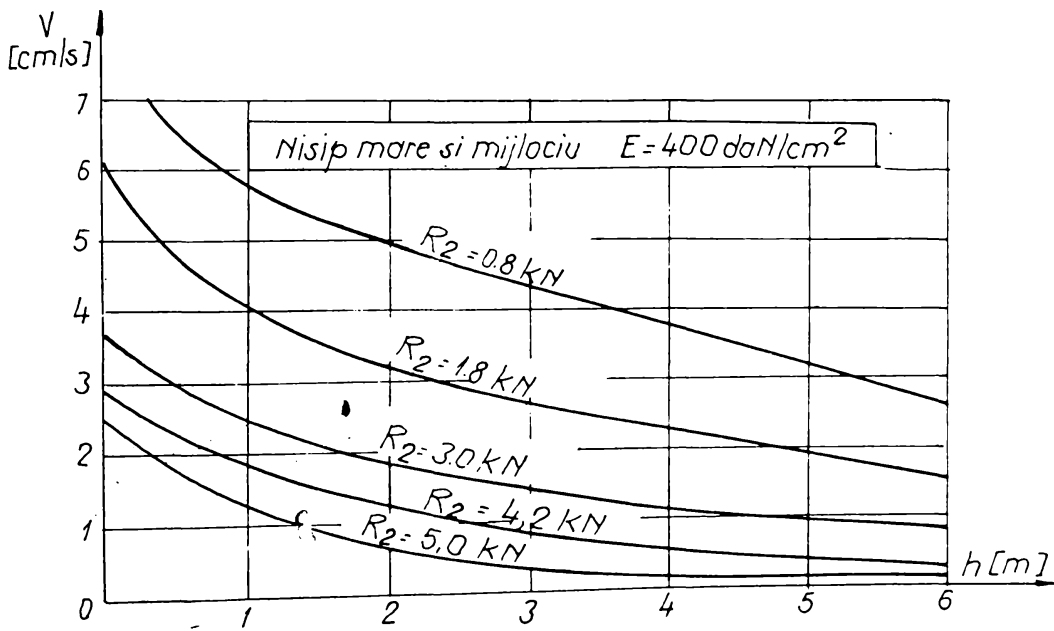
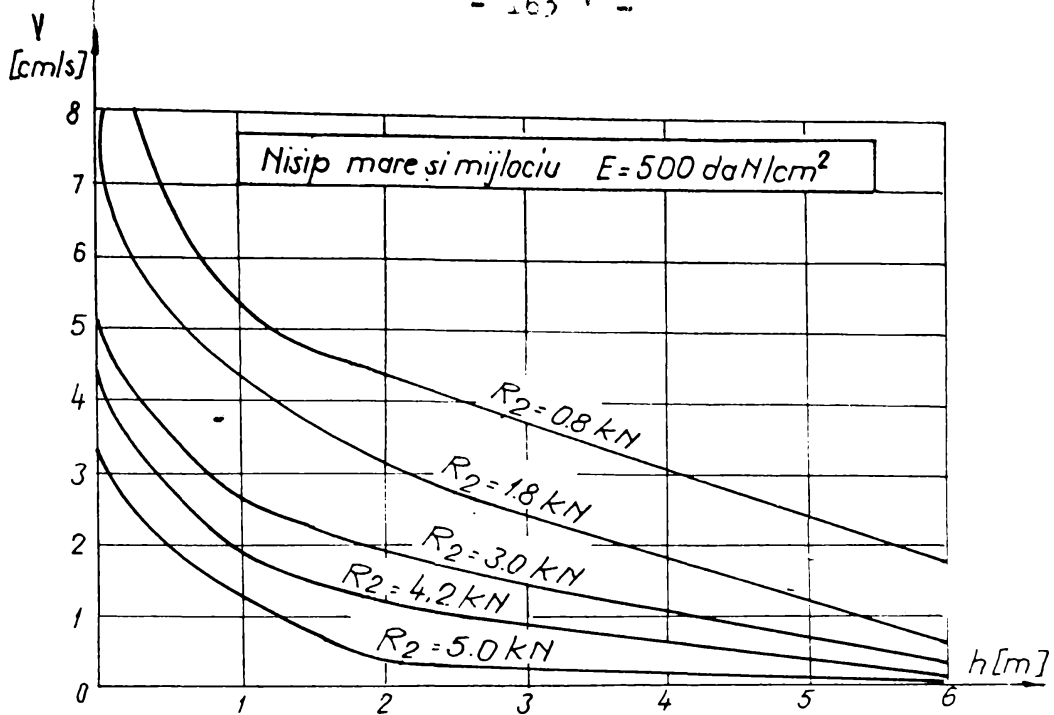


Fig. 4.9 - Dependența vitezei de penetrare de lungimea coloanei de tijă

- la valoarea constantă a modulului de deformare și al rezistenței  $R_2$ , constanta pe adâncimea de penetrare, viteza de infiltrație a coloanei scade odată cu creșterea adâncimii de penetrare (fig.4.9.)

În consecință în cazul unui teren omogen din punct de vedere rezistențelor pe adâncime, lungimea coloanei de tije influențează considerabil valoarea vitezei de penetrare.

Pentru determinarea modulului de deformare liniară pe baza cercării de vibropercutare cu con cu instalație prezentată în (cap.3.) au fost întocmite șabloanele din fig.4.10 ; 4.11 ; 4.12 ; 4.13 care reprezintă grafice de variație a vitezei de penetrare construită pentru valori ale modulului de deformare (E), corespunzătoare nisipurilor.

Sabloanele au fost construite pentru utilizarea de către autor pentru verificarea pe cale experimentală a corelațiilor teoretice prezentate de autor. De asemenea șabloanele pot fi folosite în lucrările de prospectare a terenurilor de fundare prin înregistrarea de penetrare vibropercutantă efectuată cu instalația prezentată în cap.3. ( §.3.2.1.)

#### 4.3.3. Studiul unei metodologii de determinare a dependenței dintre viteza de penetrare și unghiul de frecare interioră al nisipurilor

Pornind de la considerentul că între modulul de deformare al pământurilor (E), indicele porilor (e) și unghiul de frecare interioră ( $\phi$ ) există o relație de interdependență reciprocă, pentru stabilirea unei relații de legătură între viteza de vibropercutare și unghiul de frecare interioră se poate folosi legătura stabilită între viteza de pătrundere a coloanei de tije și modulul de deformare.

Pentru determinări orientative ale unghiului de frecare interioră pe baza vitezei de penetrare, folosind legătura dintre viteza de penetrare, modulul de deformare liniară și adâncimea de penetrare (tabelul 4.12) și corelația dintre modulul de deformare liniară și unghiul de frecare interioră (STAS 3300-85) s-a rezultat următoarea legătură prezentată tabelar.

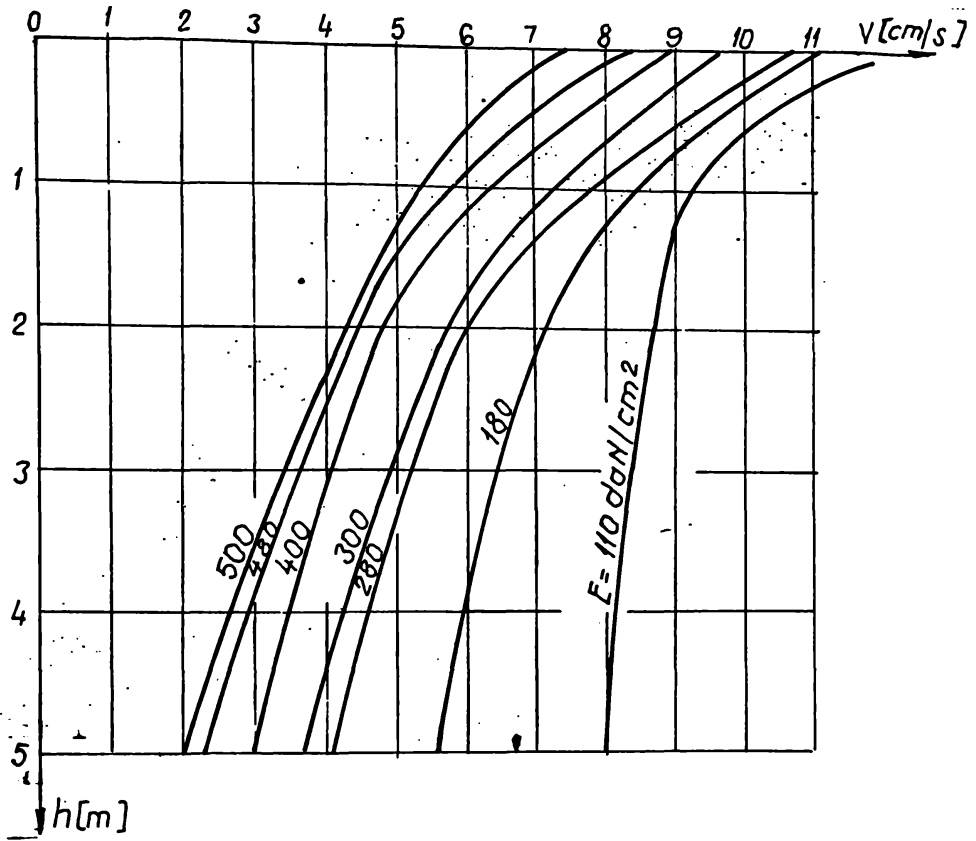


Fig.4.10 sablon nr.1. ( $\alpha_2 = 0,8 \text{ kJ}$ )

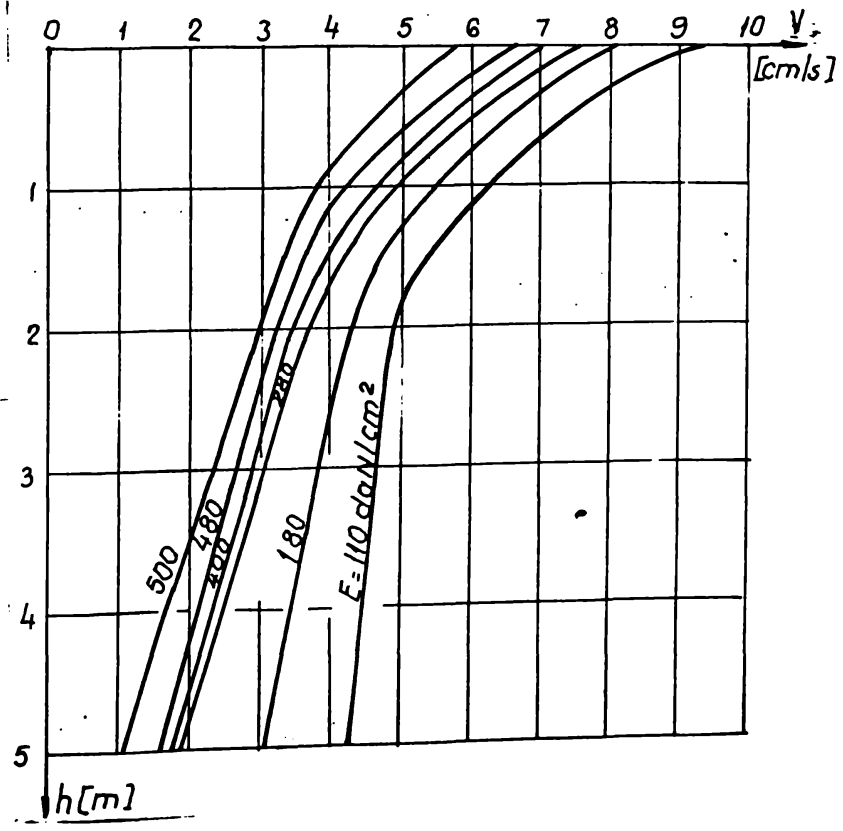


Fig.4.11. sablonul nr.2. ( $\alpha_2 = 1,8 \text{ kJ}$ )

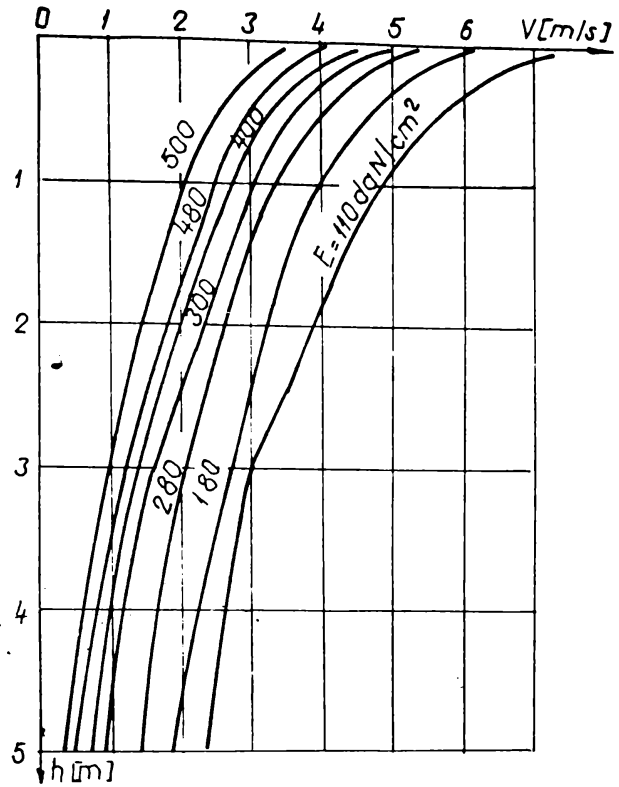


Fig.4.12. Sablon nr.3. ( $R_2 = 3,0 \text{ kN}$ )

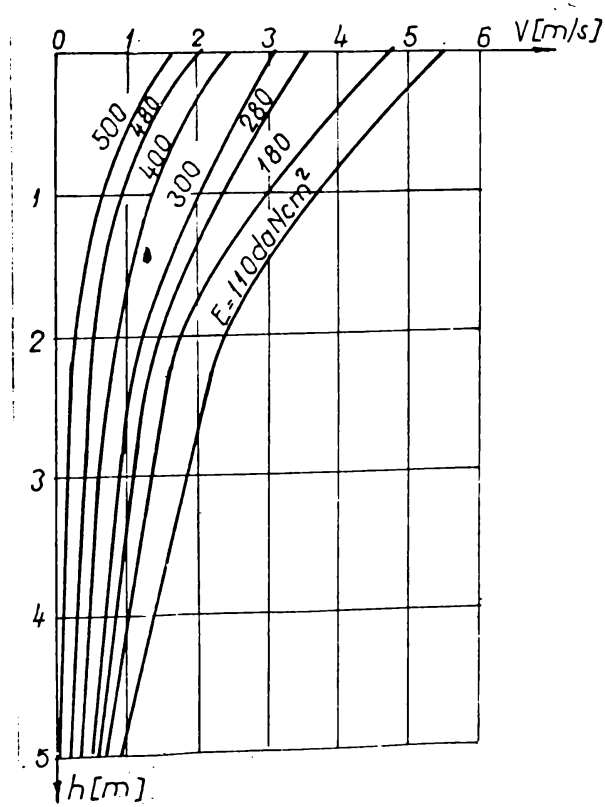


Fig.4.13. Sablon nr.4. ( $R_2 = 4,0 \text{ kN}$ )

Tabelul 4.12. Valori ale vitezei de penetrare în funcție de unghiul de frecare interioară  $\phi$

h [m]	$\phi$ $R_2$	Nisip mare			Nisip fin				Nisip prăfos			
		32	34	37	23	27	31	32	22	25	29	31
h=1 m	0,8	6,44	5,76	5,21	7,70	6,60	5,50	5,36	8,94	7,70	6,60	5,83
	1,8	4,28	3,99	3,76	4,75	4,35	4,01	4,81	5,02	4,75	4,35	4,03
	3,0	2,94	2,33	2,15	3,05	2,46	2,26	2,18	3,15	2,81	2,46	2,28
	4,2	1,89	1,87	1,75	1,99	1,92	1,90	1,85	2,18	1,99	1,92	1,89
h=2 m	0,8	5,79	5,47	4,53	7,18	6,01	5,18	4,48	8,91	7,18	6,01	5,16
	1,8	4,65	3,65	4,06	4,24	3,79	3,38	3,13	4,98	4,24	3,79	3,38
	3,0	2,28	2,26	1,96	2,44	2,30	2,05	1,99	2,82	2,44	2,30	2,10
	4,2	1,37	1,35	1,24	1,42	1,38	1,28	1,26	1,65	1,42	1,38	1,29
h=3 m	0,8	5,02	4,26	3,72	6,46	5,22	4,59	3,81	7,90	6,46	5,22	4,33
	1,8	2,98	2,62	2,37	3,63	3,11	2,68	2,43	4,21	3,63	3,11	2,69
	3,0	1,62	1,45	1,38	1,90	1,71	1,47	1,40	1,40	2,17	1,90	1,71
	4,2	0,75	0,70	0,62	0,90	0,84	0,78	0,73	1,04	0,90	0,84	0,77

Pentru determinarea practică a unghiului de frecare interioară pe baza datelor din tabelul 4.12, s-au construit diagramele din fig.4.14---4.16:

Pentru determinări orientative când nu se cunosc date privind rezistența de tip plastic a terenului se pot folosi graficele din fig.4.17 construite pentru o valoare de 3,0 kl. care se consideră ca fiind acceritoare (în cazul nisipurilor) reprezentând o valoare medie .

#### 4.3.4. Studiul unei metodologii de determinare a structurii și a stării de îndesare

În procesul penetrării vibropercutante cu con a pământurilor se înregistrează viteza de înfigere pe adâncimea prospectată, viteza înfigerii coloanei de penetrare poate fi privită ca un parametru care cuprinde informații pentru determinarea proprietăților pământurilor.

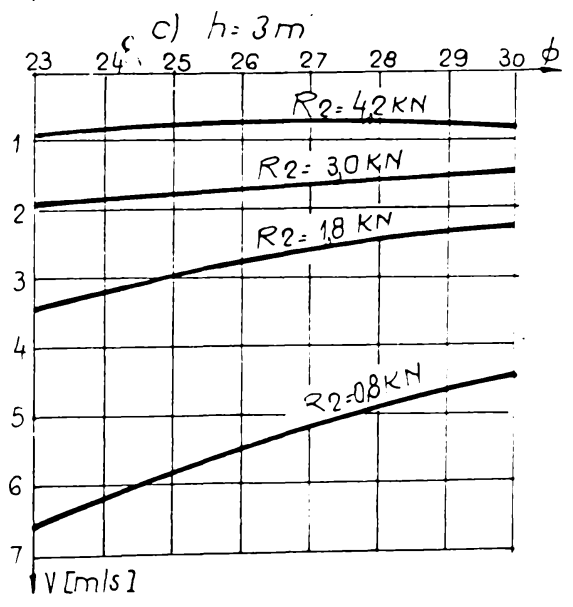
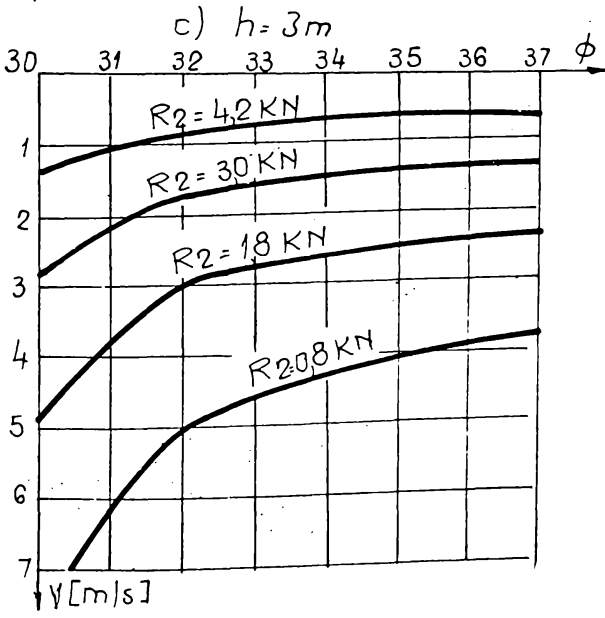
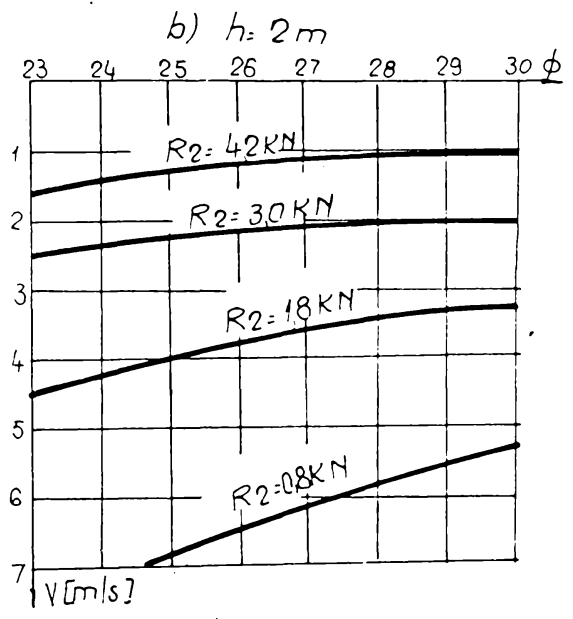
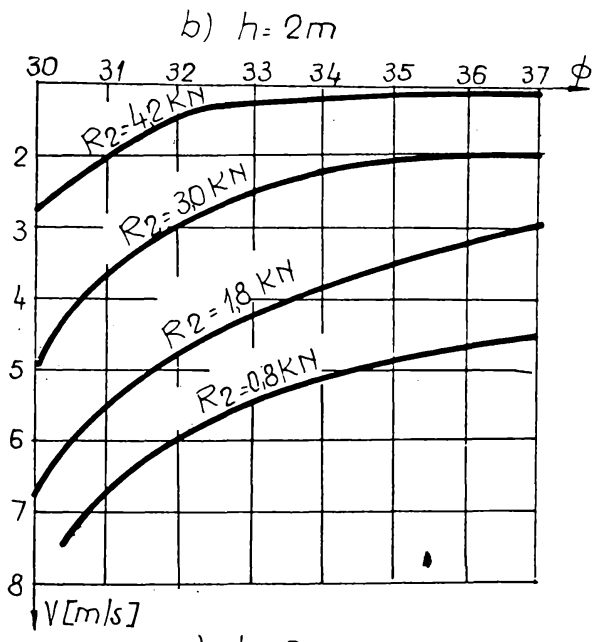
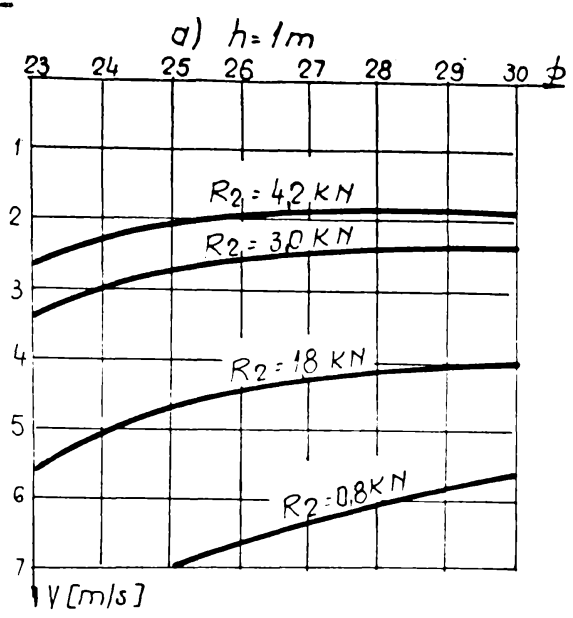
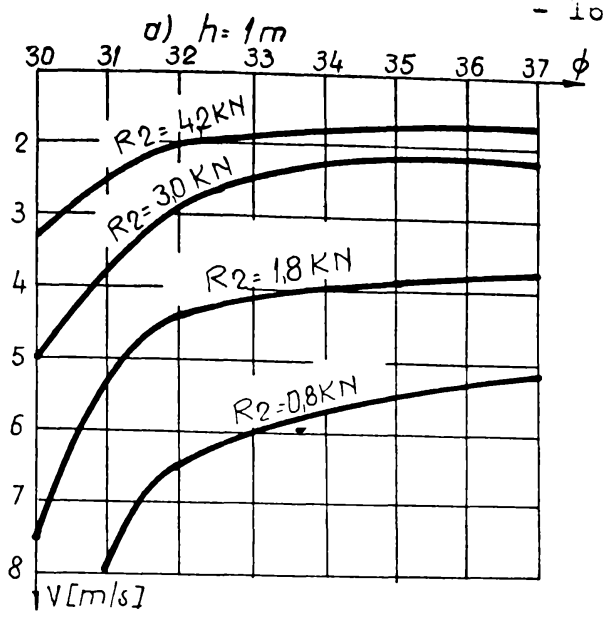


Fig. 4.14 - Grafice de variație  $V_1 = f(\phi)$  între nisip mare și mijlociu

Fig. 4.15 Grafice de variație  $V_1 = f(\phi)$  pentru nisip fin



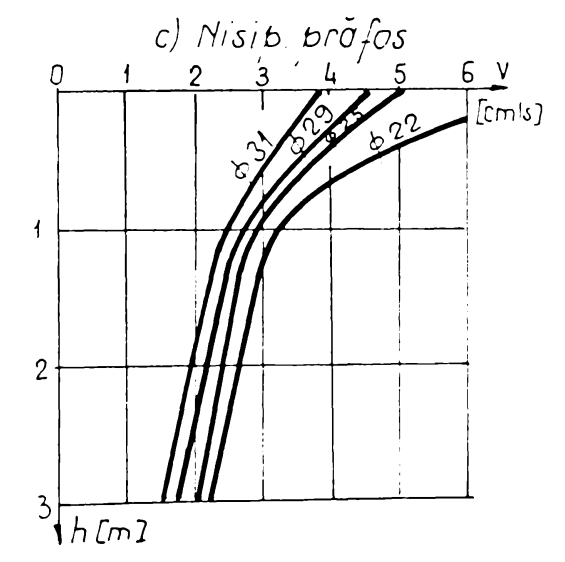
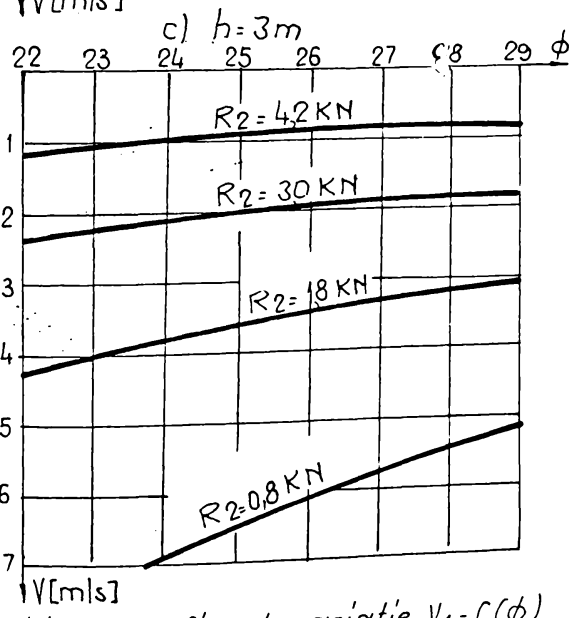
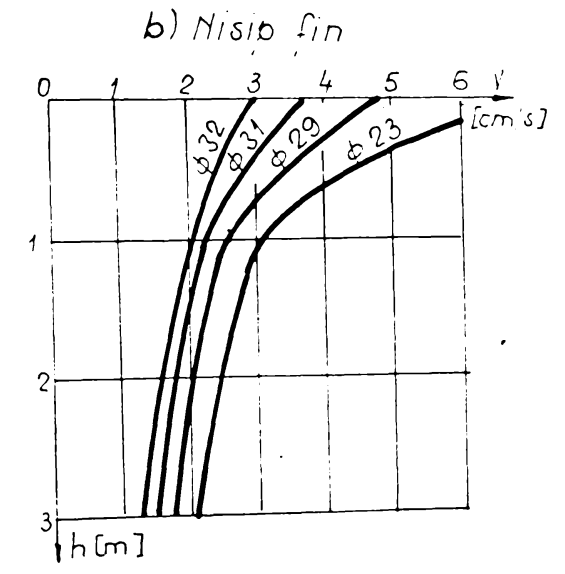
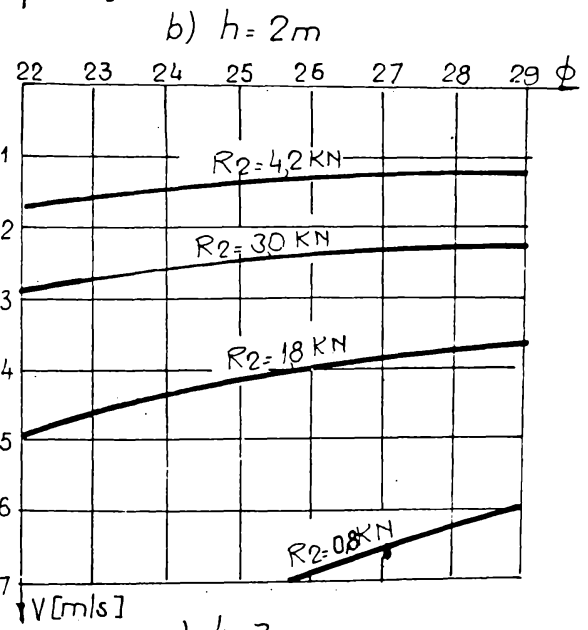
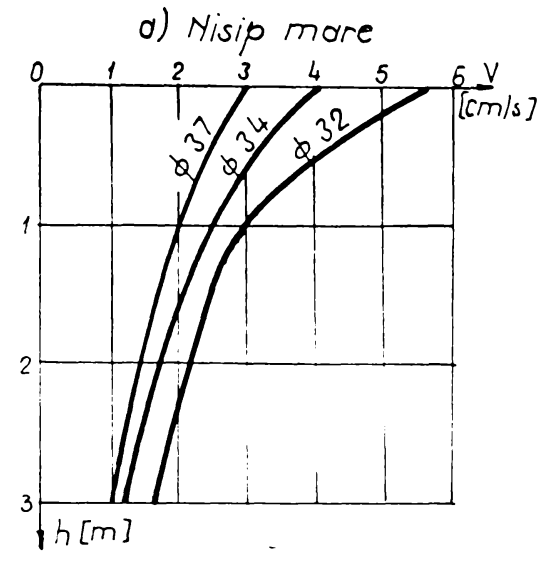
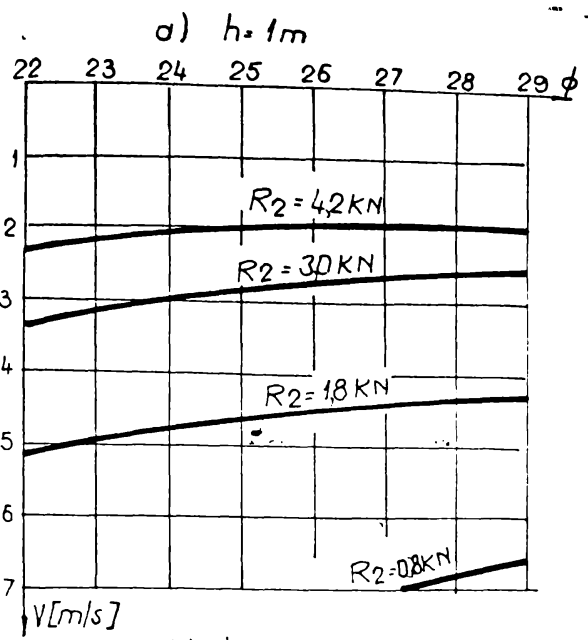


Fig. 4.16 - Grafice de variație  $V_1 = f(\phi)$  pentru nisip prăfos

Fig. 4.17 - Grafice pentru determinare unghiului  $\phi$  în funcție de viteză de vibropercutare

Fondul interpretării rezultatelor penetrării vibropercutante constă în aceea că în funcție de viteza de înfigere se pot obține informații despre proprietățile pământurilor. Rezultatele încercărilor de penetrare vibropercutante pot fi folosite pentru separarea stratigrafică și determinarea zonelor slabe în scopul stabilirii zonelor pe care să se efectueze încercările cu placă pentru determinarea stratificației se construiesc diagrame de variație a vitezei de penetrare ca viteza medie pe anumite echidistanțe.

Separarea diferitelor orizonturi se face în funcție de schimbarea configurației diagramei de penetrare. După măsurarea vitezei de înfigere se evaluează gradul de uniformitate a terenului, poziția orizonturilor de separație între straturile litologice.

Penetrarea vibropercutantă poate fi de asemenea folosită pentru diferențierea orientativă a pământurilor după starea de înăsare.

În tabelul 4.13 se dă viteza de vibropercutare, în funcție de starea de înăsare și adâncimea de penetrare pentru nisipuri.

Tabelul 4.13 a rezultat pe baza corelației  $E - e$  - stare de înăsare ( $I_D$ ) și a dependenței  $V_1 = f(E)$  - valorile vitezelor din tabelul 4.13 sînt calculate ca (§.4.3.2).

Tabelul 4.13. Starea de înăsare funcție de viteza de vibropercutare

Natura terenului	Starea de înăsare	Viteza de penetrare în cm/sec.			
		0-1	1-2	2-3	3-4
Nisip mare și mijlociu	îndesat	< 2,0	< 1,5	< 1,0	< 0,8
	mediu îndesat	2...3,5	1,5...3	1...2,5	0,5...1,8
	afinat	> 3,5	> 3,0	> 2,5	> 1,8
Nisip fin	îndesat	< 3,0	< 2,5	< 2,0	< 1,5
	mediu îndesat	3-4	2,5...3,5	2...3	1,5...2,5
	afinat	> 4,0	> 3,5	> 3,0	> 2,5
Nisip prăfos	îndesat	< 3,5	< 3,0	< 2,5	< 2,0
	mediu îndesat	3...4,5	3...4	2,5...3,5	2...3
	afinat	> 4,5	> 4,0	> 3,5	> 3,0

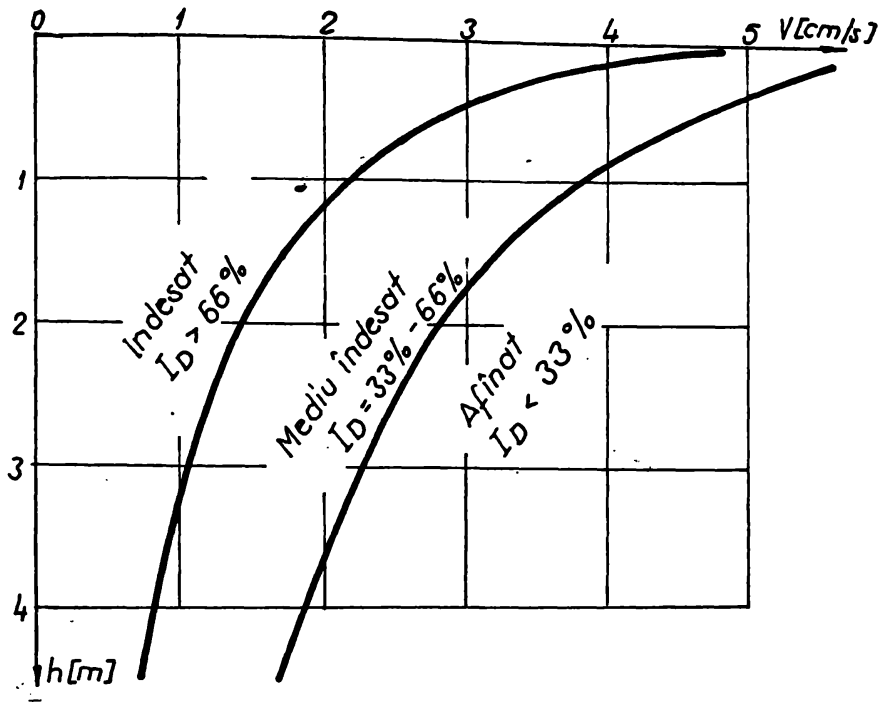


Fig.4.18 - Domenii de stare de indesare pentru nisip mare și mijlociu

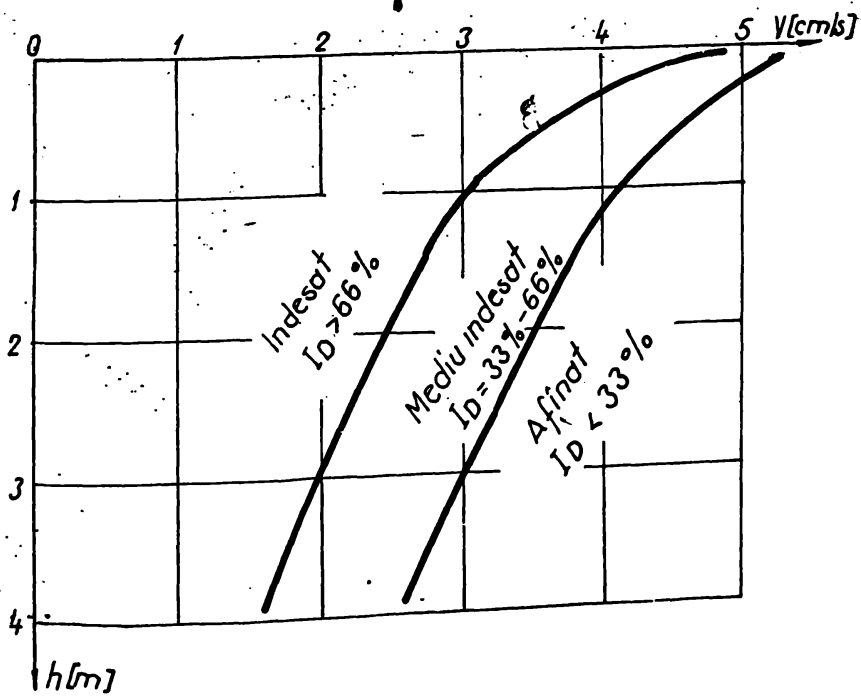


Fig.4.19.- Domenii de stare de indesare pentru nisip fin.

Pe baza datelor din tabelul 4.13 s-au construit diagramele în figurile 4.18... 4.20, care dau posibilitatea aprecierii rapide a stării de îndesare a nisipului în funcție de viteza de penetrare și adâncimea de penetrare ( în cazul utilizării instalației de vibropenetrare prezentate în § 3.2.1.

În fig.4.18 în funcție de viteza de penetrare și adâncimea de penetrare s-au separat domeniile corespunzătoare celor trei stări de îndesare (îndesat, mediu îndesat, afinat) pentru nisip mare, nisip fin și nisip prăfoc.

Pentru utilizarea practică în determinarea gradului de îndesare a diagramei din fig.4.18 se construiește diagrama sondejului vibropercutant la aceeași scară cu scara diagramei din fig.4.19.

Diagrama de variație a vitezei de sondare se construiește ca viteză medie pe echidistanța dorită prezentându-se sub forma unei diagrame în trepte. Determinarea stării de îndesare la cota dorită se face în funcție de poziția diagramei de penetrare față de domeniile ce corespund celor 3 stări de îndesare.

Pentru determinarea stării de îndesare când nu se știe tipul nisipului (mare; fin; prăfos) se folosește diagrama din fig.4.21. care prezintă domeniul stării de îndesare "îndesat" corespunzător nisipului mare și domeniul stării de îndesare "afinat" corespunzător nisipului prăfos.

Diagrama are astfel un caracter de determinare orientativă a stării de îndesare în funcție de viteza de penetrare vibropercutantă și adâncimea de penetrare pentru nisipurile.

Graficele construite sînt valabile pentru instalația de vibropercutare cu con utilizată de autor, în încercările experimentale și pot fi folosite în determinarea unghiului de frecare interioară a nisipurilor ( în cazul utilizării acestei instalații).

Graficele din fig.4.17 pot constitui șabloane pentru determinarea unghiului de frecare interioară ( $\phi$ ) pentru supra-punerea diagramei sondejului vibropercutant. Valoarea unghiului de frecare ( $\phi$ ) se determină prin interpolare ( între valorile ( $\phi$ ) corespunzătoare curbelor între care se situează diagrama sondejului la cota la care se face determinarea )

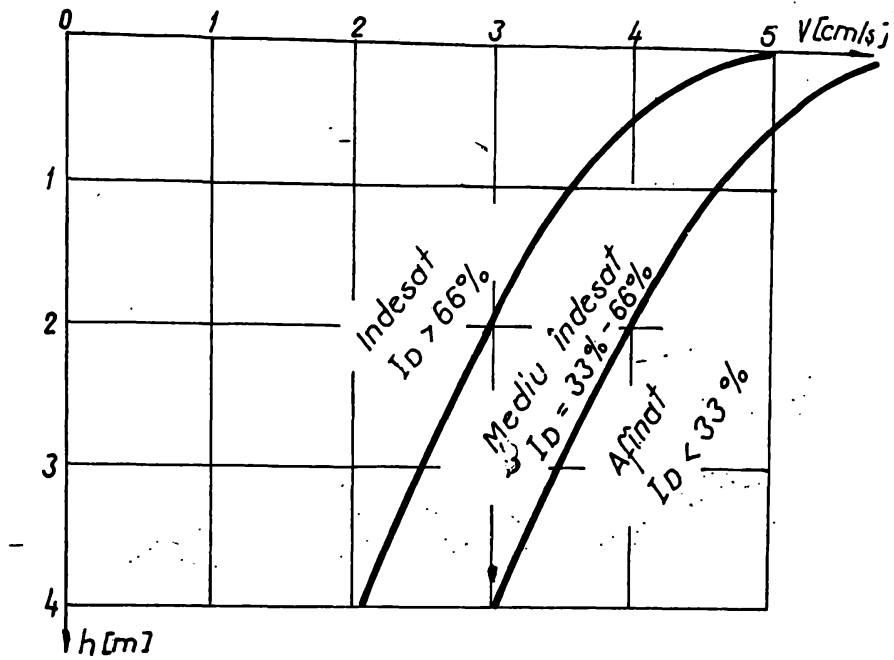


Fig.4.20 - Domeniile de stare de indesare pentru nisip prafos

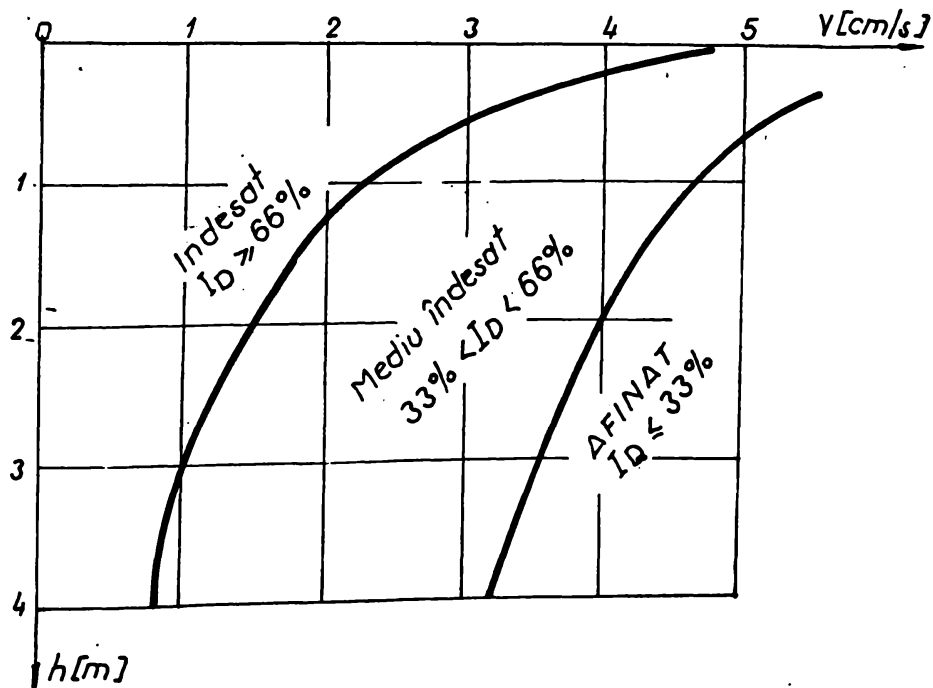


Fig.4.21. - Domenii de stare de indesare pentru nisip puri

INSTITUTUL DE RECHIZITIE  
1970  
MARELE CENTRAL

#### 4.4. INCERCĂRI EXPERIMENTALE DE PENETRARE VIBROPERCUTANTĂ CU CON

Pentru verificarea metodologiei de determinare a caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare pe baza încercărilor de vibropercutare cu con și a verificării corelărilor teoretice stabilite în §.4.2 și 4.3. au fost efectuate încercări experimentale de vibropercutare cu con într-un stand ale cărui caracteristici sînt prezentate în cap.2.

Au fost efectuate trei grupe de încercări corespunzătoare la trei stratificații : 1) stratificație omogenă pe adîncime compusă din nisip mare și mijlociu de diferite stări de îndesare ( stratificația mai - oct.1987). ; 2) stratificația formată din straturi de nisip mare și mijlociu ; nisip fin și mijlociu și nisip cu pietriș ( stratificația oct-dec-1987 ) ; 3 - stratificație (curtea catedrei)

##### 4.4.1. Încercări experimentale efectuate pe stratificația(1)

Pe stratificația prezentată în cap 2 (1) au fost efectuate penetrări dinamice cu con (fără manta și cu manta) și încercări de vibropercutare cu con.

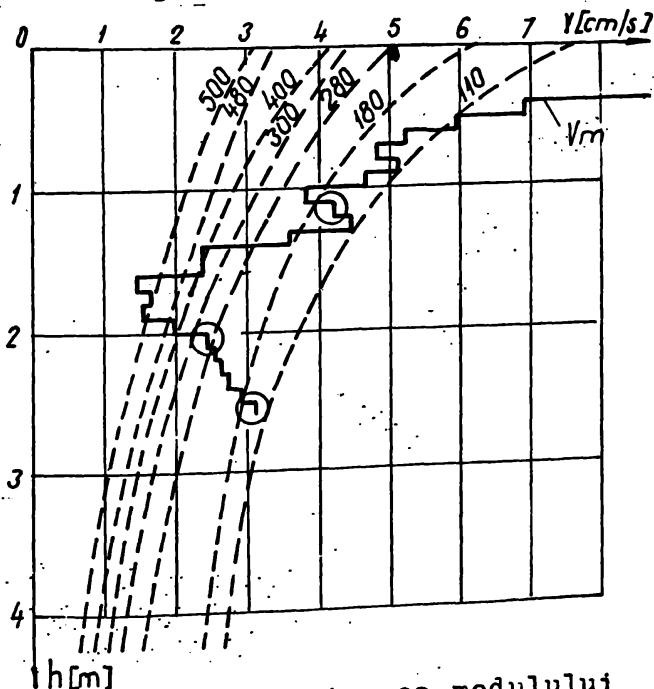


Fig.4.22. Determinarea modulului de deformare liniară

Valorile vitezei de penetrare vibropercutantă cu con s-au determinat pe baza înregistrării (automate) a timpului de pătrundere, fiind prezentate în tabelul 4.14.

##### 4.4.1.1. Determinarea modulului de deformare liniară (E)

Pe baza valorilor din tabelul 4.14 , s-a construit diagrama de variație a vitezei medii de penetrare pe adîncimea pro-

spectată conform metodologiei prezentate. Peste diagrama de variație cu adîncimea a vitezei de penetrare (figura 4.22) s-a



suprapus șabloul nr.3. din (fig.4.12) corespunzător nisipurilor mari și medii.

Modulului de deformare liniară (E) s-a determinat la cotele - 1,20 ; - 2,10 și - 2,60 m, pe baza curbelor izomodul.

Determinarea s-a făcut prin interpolare între curbele izomodul în funcție de poziția diagramei sondejului, materializată pe fig.4.22. prin cerculețe astfel :

- cota (-1,20 m) între curbele izomodul 110 și 180 daN/cm<sup>2</sup>
- cota (-2,10m) - între curbele 280 și 300 daN/cm<sup>2</sup>
- cota (-2.60 m) - între curbele izomodul 110 și 180 daN/cm<sup>2</sup>

Valorile modulului de deformare care au rezultat sînt prezentate centralizat în tabelul 4.15.

Tabelul 4.14. Tabelul centralizator ale valorii medii înregistrate

nr. crt.	h (cm)	t (s)	V <sub>10</sub> (cm/s)	Σt (s)
1	10	0,36	27,37	0,36
2	20	0,32	31,25	0,68
3	30	0,40	25,00	1,08
4	40	0,92	19,23	2,00
5	50	1,44	6,94	3,44
6	60	1,68	5,95	5,12
7	70	1,92	5,20	7,04
8	80	2,08	4,80	9,12
9	90	1,96	5,10	11,08
10	100	2,17	4,60	13,25
11	110	2,63	3,80	15,88
12	120	3,12	3,20	19,00
13	130	2,25	3,45	21,25
14	140	2,84	3,52	24,00
15	150	4,28	2,33	28,37
16	160	4,29	2,35	32,66
17	170	7,00	1,42	39,66
18	180	6,0	1,66	45,66
19	190	6,50	1,53	52,16
20	200	5,12	1,95	57,28
21	210	4,16	2,40	61,44
22	220	3,92	2,55	65,36
23	230	3,88	2,60	69,24
24	240	4,34	2,72	72,58
25	250	4,52	2,50	78,10
26	260	5,26	3,10	83,36

4.4.1.2. Determinarea unghiului de frecare interioară (φ) a stării de îndesare și a stratificației.

Determinarea unghiului de frecare (φ) s-a făcut la aceleași cote la care s-a făcut determinarea modulului de deformare liniară conform metodologiei descrisă la § 4.3.3. pe baza vitezei de pătrundere a coloanei de sondare utilizându-se pentru determinarea valorile din tabelul- 4.14 și figura 4.14 Valorile rezultate sînt prezentate tot în tabelul 4.15.

Pentru determinarea stării de îndesare, peste diagrama penetrării vibropercutante, s-a suprapus diagrama din fig.4.18.

Starea de îndesare, s-a determinat în funcție de poziția diagramei sondejului vibropercutant față de curbele de separație



Se constată o bună concordanță a valorilor caracteristicilor determinate pe baza penetrării vibropercutante și valorile determinate prin metode clasice.

#### 4.4.1.4. Determinarea numărului de lovituri ( $N_{10}$ ) de la penetrarea dinamică cu con PDU și PDU<sub>m</sub>, în funcție de viteza de penetrare vibropercutantă

Folosind metodologia prezentată la 3.4.2. s-a determinat  $N_{10}$  PDU și  $N_{10}$  PDU<sub>m</sub> (pe baza încercărilor de penetrare dinamică PDU și PDU<sub>m</sub>).

Pentru determinarea  $N_{10} = f(V_1)$  s-a utilizat tabelul 4.2. și graficul din figura 4.4., precum și relația 4.46.

Compararea valorilor  $N_{10}$  calculate pe baza încercării vibropercutante și  $N_{10}$  corespunzător penetrării dinamice PDU<sub>m</sub> este făcută în tabelul 4.10.

Se constată o corelare bună a lui  $N_{10}$  determinate pe baza încercării vibropercutante cu valoarea  $N_{10}$  corespunzătoare penetrării dinamice ușoare cu manta (PDU<sub>m</sub>) și mai slabă în ceea ce privește penetrarea PDU.

Aceeași constatare se face și în cazul rezistenței dinamice cu observația, că este mai bună corelarea la valori mai mici ale vitezei de penetrare și mai slabă la viteze mari de penetrare.

Rezistența dinamică calculată pe baza încercării vibropercutante trebuie prezentată prin înmulțire cu un coeficient  $K = 1,5-2$  aspect rezultat în urma încercărilor experimentale.

#### 4.4.2. Incercari experimentale efectuate pe stratificație

(2)

Pe stratificația a doua (perforată pct.-dec.1987), au fost efectuate încercări de vibropercutanță cu con și penetrării dinamice cu con (PDU și PDU<sub>m</sub>).

Valorile vitezei de penetrare la penetrarea vibropercutantă cu con, determinate pe baza înregistrării automate a timpului de pătrundere pe echidistanțe de 10 cm, folosindu-se aparatura și metodologia descrisă la cap.3. sunt prezentate în tabelul 4.17.

Tabel 4.16 - Tabel comparativ  $N_{10} = f(V)$  cu  $N_{10PDU}$  și  $N_{10PDUm}$

Nr. crt.	h [cm]	Vibropenetrare cu con			Penetrare dinamică			
		V [cm/s]	$N_{10}$	Rd [daN/cm <sup>2</sup> ]	PDU <sub>m</sub>		PDU	
					$N_{10(m)}$	Rd(m)	$N_{10}$	Rd
0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	10	27,77	0-1	8	2-3	10,10	2-3	7,77
2	20	31,25	0-1	8	2-3	8,56	2-3	8,56
3	30	25,0	0-1	8	3-4	11,65	4-5	13,04
4	40	19,23	0-1	8	4-5	14,76	6	18,63
5	50	6,94	2-3	7,50	5-6	16,31	7-8	23,29
6	60	5,95	2-3	9,0	6	18,64	7-8	23,34
7	70	5,20	3-4	10,0	6	18,67	9-10	28,89
8	80	4,80	5-6	11,0	6	18,63	8	26,54
9	90	5,10	3-4	10,0	6	18,67	9	28,07
10	100	4,60	5-6	11,0	6	18,71	8-9	25,64
11	110	3,80	6-7	11,50	6-7	17,28	8-9	23,53
12	120	3,20	7-8	14,0	5-6	14,49	8	22,15
13	130	3,45	6-7	12,50	11	30,72	14	38,95
14	140	3,52	6-7	12,50	13	36,38	16	44,64
15	150	2,33	10-11	18,50	11-12	32,67	14-15	40,68
16	160	2,35	10-11	18,0	13-14	36,29	15-16	43,70
17	170	1,42	15-16	29,50	14-15	40,26	16-17	45,19
18	180	1,66	14-16	26,50	14-15	41,07	16-17	45,23
19	190	1,53	16-17	28,50	14	38,95	15	41,49
20	200	1,95	12-13	21,50	12	33,31	15-16	42,88
21	210	2,40	10	14,50	9-10	23,69	14-15	36,63
22	220	2,55	9-10	14,00	8	19,92	11-12	28,24
23	230	2,60	7-8	13,50	7-8	18,68	9-10	23,66
24	240	2,72	7-8	12,50	6	14,98	7-8	18,72
25	250	2,90	7	12,00	5-6	14,29	8-9	21,17
26	260	3,10	6-7	11,50	6-7	15,95	10-11	25,55

Tabel 4.17- Valorile vitezei de penetrare vibropercutantă cu con

Nr. crt.	h [cm]	Viteza de penetrare [cm/s]			
		Incercarea 1	Incercarea 2	Incercarea 3	V medie
1	10	50,0	35,10	41,66	42,25
2	20	35,71	50,0	35,71	40,47
3	30	41,66	41,66	22,72	35,34
4	40	27,77	25,00	4,80	27,52
5	50	20,83	16,66	1,42	12,97
6	60	5,57	5,57	5,90	5,68
7	70	4,61	4,56	3,57	4,24
8	80	3,15	3,76	4,11 <sup>3</sup>	3,87
9	90	3,20	3,71	2,06	2,92
10	100	3,21	2,69	2,86	2,92
11	110	3,02	2,72	2,47	2,73
12	120	3,86	3,43	3,42	3,50
13	130	1,65	1,31	1,38	1,44
14	140	1,87	1,34	1,47	1,56
15	150	2,02	1,33	1,31	1,55
16	160	0,47	2,50	0,55	1,17
17	170	2,11	1,20	1,74	1,68
18	180	2,16	2,31	2,02	2,16
19	190	1,39	0,66	1,65	1,26
20	200	1,11	1,25	1,47	1,27
21	210	1,56	1,25	2,0	1,92
22	220	2,23	1,25	1,50	1,66
23	230	2,77	1,42	2,63	2,27
24	240	2,27	2,00	2,63	2,30
25	250	2,27	2,50	2,09	2,28
26	260	2,12	2,55	1,66	2,11
27	270	2,99	3,33	5,00	3,77
28	280	3,33	5,00	7,14	5,15

#### 4.4.2.1. Determinarea modului de deformație liniară (E)

Pentru determinarea modului de deformație liniară pe baza încercărilor de vibropercutare cu con, conform metodologiei prezentate în §.4.3.2. pe baza datelor din tabelul 4.17 s-a construit diagrama de variație a vitezei medii de sondare pe adâncimea prospectată (fig.4.24).

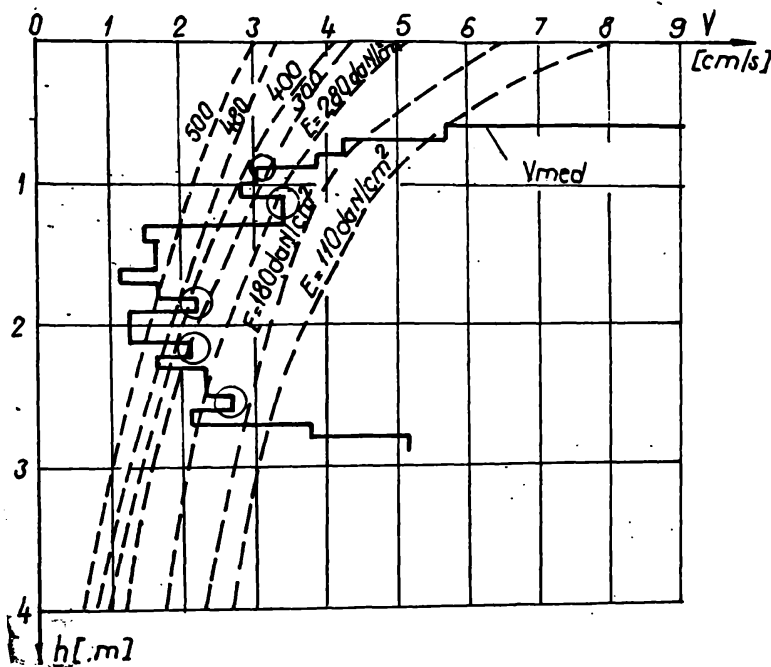


Fig.4.24. Diagrama modului de deformație liniară.

Diagrama a fost construită la același scara a adâncimilor și a vitezei de penetrare cu cele la care au fost construite șabloanele (fig.4.24).

Peste diagrama de variație a vitezei medii de penetrare s-a suprapus șablonul nr.3, indicat să se utilizeze în nisipuri medii și mari (fig.4.12).

Modulul de deformație liniară (E) pe baza penetrării vibropercutante cu con

s-a determinat folosind curbele izomodul între care se încadrează diagrama de sondare la cota la care se face determinarea modului.

Determinarea modului de deformație liniară (E) s-a făcut la cotele - 0,80 ; - 1,20 ; - 1,80 ; - 2,20 ; - 2,60 (porțiunile din diagrama de sondare la cota de determinare este marcată pe fig.4.24. cu un cerculeț). Curbele izomodul în funcție de care s-a determinat modulul de deformație sînt următoarele :

- cota - 0,80 m - curbele izomodul 180 și 120 daN/cm<sup>2</sup> (deci 180 < E < 280) ;
- cota - 1,20 m - curbele izomodul 180 și 120 daN/cm<sup>2</sup> (deci 180 < E < 280) ;
- cota - 1,80 m - curbele izomodul 300 și 400 daN/cm<sup>2</sup> (300 < E < 400) ;
- cota - 2,20 m - curbele izomodul 280 și 300 daN/cm<sup>2</sup> (280 < E < 300)

- cota - 2,60 m - curbele izomodul 180 și 280 daN/cm<sup>2</sup>  
Determinarea modulului de deformație la aceste cote s-a făcut prin interpolare între mărimea modulului corespunzătoare curbelor izomodul, valorile acestuia fiind centralizată în tabelul 4.18.

4.4.2.2. Determinarea unghiului de frecare interioară ( $\phi$ ) a stării de îndesare și a stratificației.

Determinarea unghiului de frecare ( $\phi$ ) și a stării de îndesare prin încercarea vibropercutantă, pe baza metodologiei prezentată la §.4.3.3. și 4.3.4. - s-a făcut la aceleași cote la care s-a făcut determinarea modulului de deformație.

Pe baza datelor din tabelul 4.12, a graficelor din (figura 4.14) și a valorilor pentru viteza medie de penetrare (tabelul 4.17) au rezultat valorile unghiului de frecare interioară, prezentate în tabelul 4.18.

Pentru determinarea stării de îndesare peste diagrama sonajului vibropercutant s-a suprapus diagrama din figura (4.18) în care sînt separate zonele corespunzătoare celor trei stări de îndesare în funcție de viteza de penetrare pentru nisipul mare (fig.4.25.)

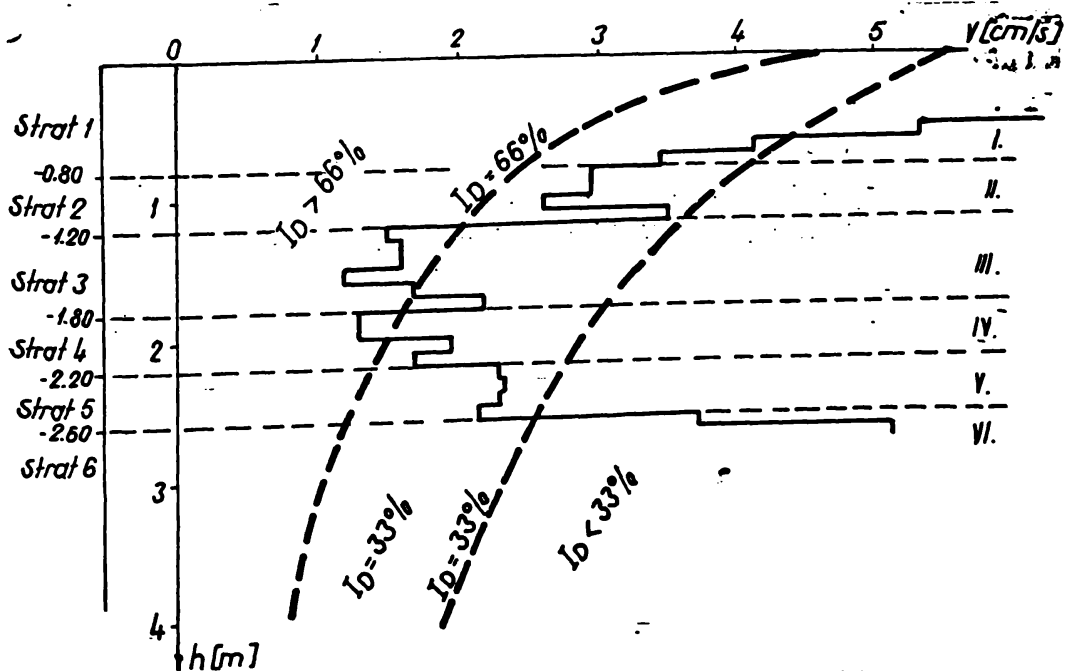


Fig.4.25. Determinarea stării de îndesare și a stratificației.



Starea de îndesare s-a determinat în funcție de poziția diagramei sonda jului vibropercutant corespunzătoare fiecărui strat, și de curbele de separație, domeniilor stării de îndesare.

Se constată din analiza fig.4.25., că straturile din care este compus terenul de fundare au următoarele stări de îndesare :

- strat I - afînat - mediu îndesat
- strat II - mediu îndesat
- strat III - îndesat
- strat IV - mediu îndesat spre îndesat
- strat V - mediu îndesat spre afînat
- strat VI - nepenetrabil (piatră spartă și pietriș)

În ceea ce privește stratificarea la stabilirea acesteia pe baza încercării de penetrare prin vibropercutare cu con se constată că diagrama de variație pe adîncime a vitezei medii de penetrare crește prin alura diagramei schimbarea straturilor.

Se constată că schimbările în alurile diagramei de variație a vitezei medii de penetrare pe adîncime, coincid cu limita de separare a straturilor, sau cum este situația în cazul prezentat limita de separație dintre straturile de îndesare diferite. Linitele de separație pe baza diagramei de vibropercutare sînt materializate în fig.(4.25) prin liniile orizontale punctate.

#### 4.4.2.3. Aspecte comparative între valori determinate

Pe baza încercărilor experimentale s-au determinat valorile modulului de deformație liniară, unghiul de frecare interioră, starea de îndesare și stratificarea.

Verificarea valorilor caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare determinate pe baza încercării de vibropercutare s-a făcut prin compararea cu valorile acestora determinate aceleași cote prin metoda clasică.

Tabelul 4.18. Tabel centralizator al caracteristicilor geotehnice

Cota (m)	Metode de determinare							
	Metode clasice				Încercarea vibropercutantă			
	$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$I_D$	$\phi$	$E$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$V$ [cm/s]	$I_D$	$\phi$	$E$ [daN/cm <sup>2</sup> ]
0-0,80	16,8	0,45	41	225	3,87	0,33-0,45	30-31	200-210
0,80-1,20	16,9	0,46	32	250	3,50	0,33-0,66	31-32	220-240
1,20-1,80	17,1	0,46	38	410	2,16	>0,66	34-35	380-390
1,80-2,20	16,9	0,46	32	250	1,66	0,33-0,66	32	270-280
2,20-2,80	16,7	0,45	33	225	2,11	0,33-0,66	30-31	190-210
Strat din pietriș și piatră spartă nepenetrabil								

În tabelul 4.18 sînt prezentate rezultatele determinării caracteristicilor geotehnice  $\phi$ ;  $I_D$ ;  $E$ ; pe baza încercării de vibropercutare cu con comparativ cu valorile acestor caracteristici determinate prin metode clasice de determinare.

Se constată că modulul de deformare determinat pe baza încercării de vibropercutare cu con are valori sensibil apropiate de valoarea acestuia determinat pe baza încercării cu placă.

O bună aproximare se constată și în cazul determinării unghiului de frecare interioară ( $\phi$ ) diferența dintre valoarea determinată pe baza încercării de vibropercutare și cea prin metode clasice, fiind de max. 3-4°.

În ceea ce privește gradul de îndesare ( $I_D$ ) se constată că prin încercarea de vibropercutare, determinarea este aproximativă, dar se pot preciza valorile extreme ale acestuia în funcție de poziția diagramei sondaajului față de curbele de separare a domeniilor de îndesare, oricum cu aproximări bune.

#### 4.4.2.4. Determinarea numărului de lovituri ( $N_{10}$ ) de la penetrarea dinamică (PDU și PDUm) în funcție de viteza de penetrare vibropercutantă cu con

Pe baza metodologiei prezentate în §.4.2. s-a determinat numărul de lovituri  $N_{10}$  PDU și  $N_{10}$  PDUm în funcție de viteza medie de penetrare vibropercutantă determinată ca valorile medii a mai multor încercări. Pentru compararea valorilor determinate teoretic pe baza penetrării vibropercutante cu con, s-au efectuat mai multe încercări de penetrare PDU și PDUm și s-a calculat numărul de lovituri mediu ( $N_{10}$  med) pentru pătrunderea conului pe o echidistanță de 10 cm. Comparatie valorilor obținute pentru  $N_{10}$  prin cele două metode este prezentată în tabelul 4.19.

Pentru determinarea lui  $N_{10}$  în funcție de viteza de penetrare s-au utilizat valorile din tabelul 4.2. și diagrama din fig.4.4.

Din analiza comparativă a valorilor  $N_{10}$  PDU cu cele obținute pe baza penetrării vibropercutante cu con se constată că numărul de lovituri este mai mic decât numărul de lovituri obținut prin penetrare dinamică PDU și PDUm. Se constată o mai bună corelare a valorilor  $N_{10}$  în cazul penetrării vibropercutante cu con și PDUm.

Tabel 4.19 Valori ale  $N_{10}$  și  $R_d$  determinate prin vibropenetrare respectiv prin (PDU și PDUm)

Nr. crt.	h [cm]	Vibropercutare cu con			Penetrarea dinamică			
		V [cm/s]	$N_{10}$	$R_d$ [dan/cm <sup>2</sup> ]	PDU		PDUm	
					$N_{10}$	$R_d$	$N_{10(m)}$	$R_{d(m)}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	10	42,25	0-1	5	2,0	6,21	1-2	5,04
2	20	40,47	0-1	5	2-3	6,99	2-3	6,94
3	30	35,34	0-1	5	2-3	6,99	2-3	7,76
4	40	27,52	1-1	5	4,0	8,55	3-4	10,44
5	50	12,97	2	5	5-6	17,07	5-6	16,31
6	60	5,58	3-4	5	5-6	17,07	5-6	15,93
7	70	4,24	4-5	6,5	7,0	21,89	5-6	18,26
8	80	3,87	4-5	7,5	8-9	26,43	7-8	22,14
9	90	2,92	7-8	10,42	12-13	39,10	8-9	32,24
10	100	2,92	7-8	10,42	13,0	40,90	11-12	36,61
11	110	2,73	7-8	11,25	14-15	41,50	10,0	27,65
12	120	3,50	6,0	11,25	13-14	37,34	11-12	31,80
13	130	1,44	18,0	19,45	19,0	52,53	17,0	47,03
14	140	1,56	16,0	18,52	20-21	57,06	17-18	48,03
15	150	1,55	16,0	19,44	20-21	57,06	18-19	50,46
16	160	1,17	19,0	27,50	21,0	58,44	17-18	48,40
17	170	1,68	15,0	16,50	23,0	63,94	19,0	52,57
18	180	2,16	10,0	13,50	21-22	59,82	17-18	48,40
19	190	1,26	16,0	22,0	14,0	38,62	12-13	34,56
20	200	1,27	16,0	22,50	13-14	38,19	10-11	29,18
21	210	1,92	12,0	14,00	11-12	29,52	9,0	22,48
22	220	1,66	13,0	16,50	10-11	25,25	8-9	20,23
23	230	2,27	10,0	13,25	9-10	23,66	6-7	17,11
24	240	2,30	13,0	13,0	10,0	24,90	7-8	18,67
25	250	2,28	10,0	13,25	11-12	28,22	8-9	21,17
26	260	2,11	11,0	14,25	10-11	20,30	8,0	19,92

O mai slabă corelare se constată în cazul rezistenței dinamice  $R_d$  în special la viteza de penetrare  $V > 2$  cm/s.

La viteza de penetrare mai mici de 2 cm/s, corelarea este bună, diferența dintre valoarea determinată pe baza încercării de vibropercutare determină pe baza formulei olandeze, fiind de 3-4 daN/cm<sup>2</sup>.

La viteze de penetrare mari ( $V > 2$  cm/s) rezistența dinamică determinată pe baza graficelor din fig.4.6. trebuia corectată, practic cu un coeficient de 1,5 - 2,, aspect rezultat în urma încercărilor experimentale.

#### 4.4.3. Incercări experimentale pe stratificația 3 (curtea cateerei)

A treia grupă de încercări s-au efectuat pe un arplament, ale cărui caracteristici sînt prezentate în tabelul 4.20.

Tabelul 4.20. Caracteristici geotehnice

Strat	Cota	Grosimea	Tip teren	Caracteristici geotehnice								
				$\gamma_d$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$n$ [%]	$I_p$ [%]	$I_D$	$\phi$	$c$	$E$ [daN/cm <sup>2</sup> ]	$I_c$	
I	0-0,6	0,6	sol vegetal și umplutură	-	-	-	-	-	-	-	-	-
II	0,6-1	0,4	argilă galbenă	16,5	57	0,54	-	20	6	215	0,97	
III	1-2,8	1,8	Nisip fin	16,0	40	-	0,40	30	-	140	-	

Determinarea caracteristicilor geotehnice pe baza încercării de vibropercutare cu con s-a făcut pe baza diagramei de variație a vitezei de penetrare pe adîncime (fig.4.26).

Pentru determinarea modului de deformație liniară la cota de - 1,00 m și 2,00 m în stratul de nisip fin, s-a suprapus peste diagrama din fig.4.26, șablonul nr.4. (fig.4.13). Indicat să se aplice în cazul nisipului fin.

Au rezultat pentru modulul de deformație, în funcție de viteza de pătrundere, prin interpolare între curbele izomodul, valorile :

- cota - 1,00 m  $E = 240 - 250$  daN/cm<sup>2</sup> (prin interpolare) între curbele  $E = 180$  și  $E = 200$  daN/cm<sup>2</sup>

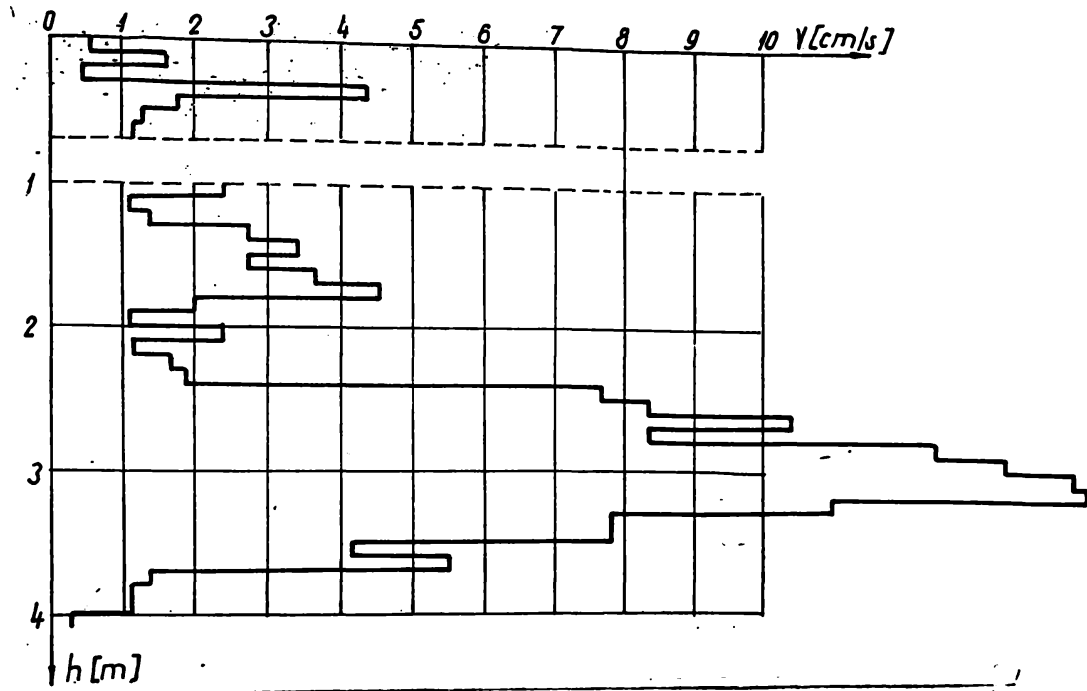


Fig.4.26 - Variația vitezei de penetrare  $V_1 = f(h)$

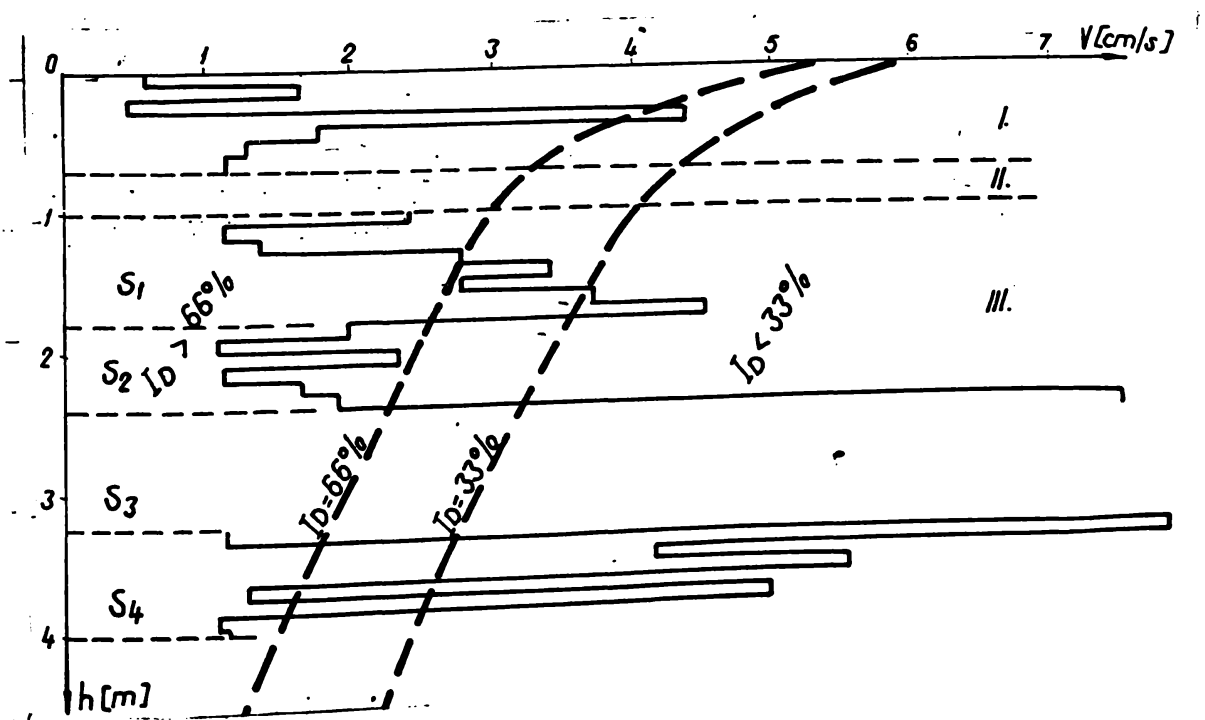


Fig.4.27 - Determinarea stării de indesare

- cota - 2,00 m  $E < 110 \text{ DaN/cm}^2$

Comparativ cu valorile determinate pe baza încercării cu placa se constată o aproximare bună la cota - 1,00 m în schimb la cota - 2,80 m determinarea nu s-a putut face pe baza șablonului, pentru că viteza de penetrare a fost mai mare de 10 cm/s.

Pentru unghiul de frecare interioră au rezultat, în funcție de viteza de penetrare ( $V = 3,42 \text{ cm/s}$  la cota - 1,00 m și  $V = 12,25 \text{ cm/s}$  la cota - 2,80 m); pe baza figurii (4.15) valorile  $\phi < 23^\circ$  care prezintă o aproximare bună cu valorile determinate prin alte metode.

Determinarea stării de îndesare s-a făcut prin suprapunerea peste diagrama sondașului de penetrare (fig. 4.27) a diagramei de separare a domeniilor de stare de îndesare.

Astfel pentru stratul de nisip fin care se extinde de -1,00 la - 5,00 m se constată existența următoarelor substraturi de îndesare diferite :

- substratul  $S_1$  (de la - 1,00 la - 1,80 m) cu stare de îndesare " îndesat - mediu îndesat "
- substratul  $S_2$  (de la - 1,80 la 2,40 m) cu stare de îndesare " îndesat "
- substratul  $S_3$  (de la - 2,40 la - 3,20 m), cu stare de îndesare " afinat "
- substratul  $S_4$  (de la - 3,20 - 4,00 m) cu stare de îndesare " afinat spre mediu îndesat ".

Se constată că în cazul stratificăției nr. 3, că determinarea caracteristicilor geotehnice, pe baza încercărilor de vibropercuție cu con se face de o bună aproximare în special pentru viteze de înfigere a coloanei de sondare (3-4 cm/s), la viteze mai mari de 7-8 cm/s, aproximarea este mai puțin bună, iar la viteze mai mari de 10 cm/s, determinarea caracteristicilor geotehnice (a terenurilor foarte slabe) nu se poate face pe baza graficelor elaborate la §.4.3.

În cazul terenurilor foarte slabe ar trebui construite alte grafice, introducând în calcul pe baza relației 4.62 valori corespunzătoare acestor terenuri pentru  $E$  și  $K_2$ . (valorii  $E < 50-80 \text{ daN/cm}^2$ ;  $K_2 < 0,075 \cdot 10^7 \text{ N/m}$ ).

#### 4.5. CONCLUZII

Penetrarea vibropercuțată, ca metodă corelativă de cercetare a terenului poate fi folosită la studii tehnice -



ingineresti necesare proiectării și executării lucrărilor de fundații.

Punctele sondării vibropercutante se distribuie la limitele conturului construcției.

Pentru obținerea datelor de comparație cu rezultatele altor metode tehnico-ingeresti de studiu, o parte din punctele de sondare se dispun în apropierea sondajelor deschise sau forajelor din care se prelevează probe pentru determinarea în laborator a caracteristicilor geotehnice ale terenului de fundare.

Din studiile efectuate în acest capitol se constată că penetrația vibropercutantă permite determinarea următoarelor caracteristici geotehnice ale terenului de fundare;

- modulul de deformație liniară,  $E$ ;
- unghiul de frecare interioară  $\phi$ ;
- starea de îndesare a pământurilor nisipoase;
- separarea straturilor care apar în masivul de pământ.

Studiile teoretice și experimentale efectuate de autor au avut ca rezultat stabilirea unor corelații între viteza de penetrare vibropercutantă și valorile corespunzătoare ale mărimilor geotehnice ale terenului de fundare.

Studiile teoretice efectuate s-au concretizat prin stabilirea următoarelor corelații:

- corelație între viteza de penetrare ( $V_1$ ) pe echidistanța de  $10\text{ cm}$  și numărul de lovituri  $N_{10}$  corespunzător penetrării PDU;
- corelație între viteza de penetrare ( $V_1$ ) și rezistența dinamică determinată pe baza penetrării dinamice PLUm prin formula olandeză;
- corelația dintre valoarea vitezei de penetrare  $V_1$  și modulul de deformație liniară ( $E$ );
- corelația între viteza de penetrare  $V_1$  și unghiul de frecare interioară ( $\phi$ ) și starea de îndesare;
- corelație între viteza de penetrare  $V_1$  și stratificație.

Pentru utilizarea practică a corelațiilor teoretice stabilite s-au construit șabloane pentru determinarea modulului de deformație liniară, grafice de variație a unghiului de frecare interioară, grafice de separare a zonelor de îndesare diferită.

Studiile teoretice și experimentale efectuate de autor au urmărit în principal studierea și obținerea datelor necesare în vederea aplicării penetrării vibropercutante la prospectarea pământurilor nisipoase. În studiile teoretice și experimentale s-a studiat aplicarea metodei vibropercutante pentru nisipurile mari și mijlocii, fine și prăfoase.



Studiile experimentale efectuate au arătat o bună corelare a caracteristicilor geotehnice determinate pe baza încercării vibropercutante cu cele determinate prin alte metode de prospec-tare.

Pentru determinarea caracteristicilor geotehnice după prelucrarea datelor primare ale încercării se procedează astfel:

- pentru determinarea modulului de deformare liniară (E) folosind diagrama sonda jului vibropercutant se suprapune pe acest șablonul corespunzător tipului de nisip. Modul de determinare al modulului de deformare este prezentat la §.4.3.2.

- pentru determinarea unghiului de frecare interioară se folosesc graficele și metodologia prezentată în §.4.3.3.

- pentru determinarea stratificației și a stării de în-desare peste diagrama sonda jului vibropercutant se suprapun graficele prezentate la §.4.3.4.

- pentru executarea sonda jului se respectă următoarele reguli cu caracter general :

- verificarea instalației de vibropercutare înainte de executarea încercărilor ;

- Verificarea aparatului electronice de înregistrare auto-mată a datelor încercării ;

- verificarea înaintea începerii încercării și în timpul încercării a rigidității legăturilor între țije ;

- timpul de lucru continuu al vibropercutotului ( fără pauză ) să nu depășească 15-20 minute.

Ca și metoda de cercetare prin vibropercutare, metoda de cercetare prin vibropercutare presupune existența unei instalații, care asigură o productivitate ridicată de efectuare a prospectărilor.

Vibropercutarea cu con se apropie ca principiu de penet-rarea dinamică-cu con, ambele bazându-se pe înfigerea coloanei de țije sub acțiunea loviturilor transmise de masa percutantă sau berbec.

In comparație cu penetrarea dinamică penetrarea vibro-percutantă prezintă avantajul unei productivități de 1,5-4 ori mai ridicată.

In comparație cu penetrarea dinamică, vibropercutarea permite determinarea directă a unui număr mare de caracteris-tici geotehnice ale terenului de fundare.

## 5. CU PRIVIRE LA CORELAREA REZULTATELOR OBTINUTE CA URMARE A STUDIILOR INTREPRINSE - CONCLUZII FINALE

Avantajele tehnice și economice oferite de metodele de cercetare " în situ " a terenurilor prin sondaje de penetrare dinamică cu con (fără manta și mai ales cele cu manta), vibropenetrarea cu con, și vibropercutarea cu con, care folosesc tehnologii ușoare, cu randament ridicat și cost redus, sînt considerate care pledează pentru generalizarea metodelor în vederea utilizării lor de către unitățile de cercetare; proiectare și execuție atît pe plan mondial atît și în patria autorului (Siria).

Pentru realizarea acestui deziderat, autorul a desfășurat un program de studiu și cercetări teoretice și experimentale prin care urmărit :

- stabilirea domeniului de utilizare a metodelor ;
- îmbunătățirea parametrilor și sistemelor constructive ale aparaturii existente pentru trecerea la producția de serie a penetrometrelor, uniformizarea și perfecționarea tehnologiei de execuție mai ales a sondajelor de penetrare dinamică cu con și manta ;
- interpretarea corectă și completă a datelor primare obținute la efectuarea sondajelor de penetrare, vibropenetrare respectiv vibropercutare cu con.

Aspectele urmărite sînt în concordanță cu preocupările pe plan mondial în domeniul cercetării terenurilor " în situ " (penetrarea dinamică cu con și manta), aspecte subliniate în mod deosebit la Simpozionul (conferința) Florida - SUA (1938) [122] ; [123].

Cercetări experimentale s-au desfășurat în condiții controlate pe stratificații pregătite în scară mare.

Studiile și cercetările experimentale efectuate pentru elucidarea aspectelor susmenționate au furnizat elemente noi, care constituie contribuții ale autorului, în domeniul cercetării terenului prin penetrare dinamică fără și cu manta, vibropenetrarea și penetrarea vibropercutată cu con.

În acest scurt capitol se vor prezenta unele aspecte de natură interpretativă, ca urmare a aplicării unuia sau mai multe din procedeele de sondare studiate, respectiv unele concluzii punîndu-se în evidență principalele contribuții aduse de autor.

5.1.1.1. CU PRIVIRE LA CORELAREA SI FOLOSIRE CONCRETA A REZULTATELOR OBTINUTE :

5.1.1.1. Rezultate obtinute in urma studiilor privind penetrarea cu con - corelări functie de  $N_{10(m)}$ .

Urmare a studiilor experimentale întreprinse și folosirea calculatorului electronic la prelucrarea datelor obținute s-au stabilit, pentru câteva tipuri de nisipuri, mai multe relații de legătură, ce pot fi folosite în practică, ca elemente de bază pentru interpretarea penetrărilor cu con.

5.1.1.1.1. Relații de corelare pentru nisipuri mari și mijlocii  
relațiile de corelare prezentate purtând pentru identificare numărul de bază al relației din capitolul respectiv.

a) din încercările de experimentare pe stratificație pregătite

$$R_p = 3,5 N_{10 PDUm} + 15,12 \pm 25,39 \quad (2.23)$$

$$N_{10 PDUm} = 0,252 R_p - 2,75 \pm 6,93 \quad (2.24)$$

$$N_{10 PDU} = 1,053 N_{10 PDUm} + 2,66 \pm 6,33 \quad (2.25)$$

$$N_{10 PDU m} = 0,962 N_{10 PDU} - 2,32 \pm 6,98 \quad (2.26)$$

b) din încercările de experimentare " în situ " :

$$N_{10 PDU} = 1,021 N_{10 PDU m} + 1,93 \pm 4,77 \quad (2.29)$$

$$N_{10 PDU m} = 0,997 N_{10 PDU} - 0,394 \pm 4,46 \quad (2.30)$$

5.1.1.2. Relații de corelare pentru nisipul mijlociu ( fig.2.26)

încercări CET Tinișoara

$$N_{10 PDM} = 0,116 R_p + 0,1 \pm 0,9 \quad (2.31)$$

$$R_{p PDM} = 0,474 R_p + 0,34 \pm 6,43 \quad (2.32)$$

$$R_p = 58,6 \log N_{10 PDM} + 3,83 \pm 11,4 \quad (2.33)$$

$$N_{10 PDM} = 0,522 N_{10 PDU} + 3,75 \pm 4,15 \quad (2.34)$$

5.1.1.3. Relații de corelare pentru nisip mare (fig. 2.27)

incercări CET Timișoara :

$$N_{10}^{PDM} = 0,272 R_p + 5,87 \pm 4,47 \quad (2.36)$$

$$R_{d_{PDM}} = 0,383 R_p + 9,04 \pm 7,26 \quad (2.37)$$

5.1.1.4. Relații de corelare pentru nisip mare și mijlociu (fig. 2.28) - încercări CET Timișoara

$$N_{10}^{PDU} = 1,93 N_{10}^{PDM} + 5,51 \pm 10,0 \quad (2.38)$$

$$N_{10}^{PDM} = 0,49 N_{10}^{PDU} - 2,14 \pm 5,0 \quad (2.39)$$

$$\log N_{10}^{PDM} = 0,573 \log R_p + 1,035 \pm 0,1 \quad (2.40)$$

$$N_{10}^{PDM} = 0,152 R_p + 8,37 \pm 3,75 \quad (2.41)$$

$$R_{d_{PDM}} = 0,277 R_p - 22,62 \pm 6,95 \quad (2.42)$$

5.1.2. Relație obținută la vibropenetrare cu con și exprimare  
funcția de  $N_{10}(m)$

$$N_{10}^{PDU} = 8,529 - 0,1794 \cdot V_{10} \quad (3.30)$$

$$R_p = 8,8639 - 7,632 \cdot N_{10}(m) \quad (3.32)$$

$$N_{10}^{PDU} = 17,7146 - 0,4179 \cdot V_{10} \quad (3.33)$$

Relația (3.30) se referă la nisipul mic și mijlociu

Relațiile stabilite permit precizarea (pentru același nisip) la valorile obținute prin vibropenetrare ( $V_{10}$ ) la valorile  $N_{10}(PDU)$  și  $N_{10}^{PDUm}$  respectiv la  $R_p$ , deci să se poată stabili vite valori necesare în aprecierea rezistențelor mecanice ale terenului.

5.1.3. Determinarea  $N_{10}(m)$  pe baza încercării vibropercutante cu con (folosind  $V_{10}$ )

Corelația teoretică dintre viteza de pătrundere ( $V_{10}$ ) a coloanei de tije în cazul încercării vibropercutante cu con și numărul loviturilor  $N_{10}(m)$  pentru pătrunderea conului pe echidistanță de

- 201 = 133 -

$l_0$  cm este dată de relația :

$$N_{10}(m) = \frac{C}{V_{10}} \quad (4.46)$$

în care :  $C$  - constantă dată în tabelul (4.2), iar  $V_{10}$  este viteza de pătrundere prin vibropercutare ce se determină experimental.

Dependența dintre  $N_{10}(m)$  și  $V_{10}$  stabilită pe baza relației de mai sus este prezentată în tabelul 4.2. și fig. 4.4.

Pentru verificarea practică a dependenței dintre  $V_{10}$  și  $N_{10}(m)$  s-au făcut încercări pe 2 stratificații compuse din nisip mare și mijlociu :

Pentru determinarea  $N_{10}(m)$  pe baza încercării vibropercutante s-a procedat astfel :

- s-a măsurat viteza de pătrundere a coloanei de tije  $V_{10}$  pe baza vibrogramei înregistrate ;
- s-a determinat  $N_{10}(m) = f(V_{10})$  pe baza graficului din fig. 4.4.

s-au comparat valorile rezultate obținute pe baza încercării vibropercutante, cu valorile obținute prin încercarea de penetrare POU m (tab. 4.16, 4.17). S-a constatat că valorile lui  $N_{10}(m)$  obținute pe baza încercării vibropercutante sînt mai mici cu 2-3 lovituri, decît cele obținute pe baza încercării de penetrare POU m, deci corelarea este foarte bună,

Pentru determinarea vitezei de penetrare prin vibropercutare  $V_{10}$ , cunoscînd  $N_{10}(m)$  se procedează astfel :

- se efectuează încercările de penetrare POU m și se determină  $N_{10}(m)$ , ca valoare medie a mai multor încercări ;
- pe baza lui  $N_{10}(m)$  din fig. 4.4. se determină  $V_{10}$  corespunzător ;
- cu viteza  $V_{10}$  astfel determinată se pot determina site caracteristici ale terenului ( $m, \phi, I_p$  etc) conform metodologiei prezentate la punctul 4.3.

Toate relațiile menționate în paragraful 5.2., ca și sitele studiate în capitolele 2 ; 3 și 4, pot fi folosite pentru a face aprecieri asupra caracteristicilor de rezistență a unor terenuri similare, dar mai ales ca modele pentru desfășurarea unor cercetări similare ( a terenului).

5.1.4. Folosirea corelațiilor stabilite (modul de lucru) pentru determinarea modulului de elasticitate (E) când pe amplasament se realizează unul din sondajele studiate.

-Folosind rezultatele penetrării dinamice cu con și manta se poate determina modulului de deformare liniară (E) conform următoarelor corelații stabilite de autor :

$$E = 20 N_{10(m)} + 12 \quad (2.51)$$

(pentru nisip mare și mijlociu).

$$E = 23 N_{10(m)} + 2 \quad (2.52)$$

(pentru nisip mare și pietriș)

Pentru determinarea valorilor (E) în cazul că pe amplasament se folosesc alte metode de determinare decât penetrarea dinamică cu con și tijă protejată cu manta din care rezultă  $N_{10(m)}$ , atunci se folosesc relații de forma celor studiate la capitolele (2;3;4), care permit obținerea unor valori (E).

5.1.5. Determinarea indirectă a unor caracteristici prin stabilirea lui  $N_{10(m)}$  pe baza rezultatelor din alte sondaje

- Pe baza încercărilor de penetrare statică se poate găsi  $N_{10(m)}$  numărul de lovituri cu relații de forma celor stabilite exemplificând pentru nisipul mic și mijlociu relația :

$$N_{10} PDU(m) = 0,252 R_p - 2,73 \pm 6,98 \quad (3.24)$$

De asemenea se poate evalua  $N_{10(m)}$  fiind se folosește penetrarea dinamică cu con și fără manta (PDU) cu relații de forma corelațiilor stabilite, exemplificându-se pentru nisipul mic și mijlociu relația :

$$N_{10} PDU(m) = 0,962 N_{10} PDU - 2,32 \pm 6,98 \quad (2.26)$$

In cazul folosirii instalațiilor de vibropenetrare se poate face legătura între viteza de vibropenetrare cu con și numărul de lovituri  $N_{10(m)}$  cu relații de forma celor stabilite, exemplificând



pentru nisipul mic și mijlociu relația :

$$N_{10} \text{ PDU(m)} = 3,926 \cdot d,1794 \cdot v_{10}^{0,75} \quad (3.30)$$

Dacă se folosește penetrarea vibropercutantă cu con se stabilește  $N_{10} \text{ PDU(m)}$  prin folosirea relației specifice terenului, de forma adecvată (relația 4.46).

## 5.2. CU PRIVIRE LA CONTRIBUȚIILE AUTORULUI,

### 5.2.1. Contribuții privind stabilirea domeniului de utilizare a metodelor de cercetare a terenului "in situ" folosind penetrometrul dinamic ușor cu con și manta

Utilizarea de către autor a sondeajului de penetrare dinamică cu con și manta, la prospectarea terenului în vederea elaborării studiilor geotehnice, a pus în evidență posibilitatea înlocuirii parțiale a lucrărilor clasice de investigație sau a altor lucrări de cercetare.

Studiile efectuate au arătat că prospectarea în adâncime a terenului prin sondeaje de penetrare dinamică ușor cu con și manta se pretează foarte bine la pământurile necoezive care nu conțin fragmente mari (punctul 2.2.2., fig. 2.10), fiind una din puținele metode care oferă posibilitatea aprecierii în condiții corespunzătoare și în termen scurt a unor caracteristici geotehnice ale nisipurilor situate la adâncime și sub nivelul apei subterane, din care cum este cunoscut, în genere nu este posibilă prelevarea probelor netulburate.

### 5.2.2. Contribuție privind îmbunătățirea parametrilor și sistemelor ale aparaturii de execuție a sondeajului de penetrare dinamică cu con și manta

În cadrul experimentărilor pe stratificații pregătite și pe teren efectuate cu penetrometrul dinamic ușor cu con și manta (PDUm), autorul a efectuat studii și observații asupra fiabilității și funcționării acestuia adăugând în plus mantaua de protecție a tijelor penetrometrului în vederea eliminării frecării și obținerii de rezultate cât mai reale și mai exacte (punctul 2.1.1.2).

Observațiile efectuate asupra procesului de recuperare a mantalei de protecție și tijele de sondare ale echipamentului cu ajutorul extractorului cu con și bile care prin construcția sa nu produce solicitări la încovoiere cu solicitări axiale de întindere



a coloanei de tije, reprezintă un aport al autorului privind aspectele constructive ale penetrometrului dinamic cu manta.

5.2.3. Contribuții cu privire la interpretarea corectă a datelor primare obținute la efectuarea sondajului de penetrare dinamică cu con (fără și cu manta)

Preocupările autorului pentru aducerea unor contribuții în domeniul interpretării datelor s-a axat pe 4 direcții:

- stabilirea unor corelații între rezistența dinamică cu con ( $R_d$ ) și rezistența dinamică cu con și manta ( $R_d(m)$ ), între numărul de lovituri  $N_{10, PDU(m)}$  și rezistența la penetrare statică  $R_p$ ; între  $N_{10, PDU}$  și  $N_{10, PDU(m)}$ , între  $R_{d, PDM}$  și  $R_p$  între  $N_{10, PDM}$  și  $R_p$  respectiv între  $N_{10, PDU}$  și  $N_{10, PDU(m)}$ ,
- studiul cu privire la efectul de protejare a țijei de protecție și influența frecării;
- studiul cu privire la factorii care influențează rezultatele penetrării dinamice;
- studiul cu privire la evaluarea modulului de deformare liniară ( $E$ ) și presiunii convenționale ( $P_c$ ).

5.2.3.1. Contribuții privind interpretarea datelor penetrării dinamice cu con (fără și cu manta).

Studiile experimentale efectuate pe stratificații pregătite (punctele 2.1.2. și 2.1.3) și cele pe teren (punctele 2.2.1, 2.2.2 și 2.2.3) au facilitat stocarea unor date experimentale pe baza căreia prin prelucrarea statistică, s-au stabilit corelații între rezistența la penetrare exprimată prin numărul de lovituri ( $N_{10, PDU}$  și  $N_{10, PDU(m)}$ ) și rezistența la penetrare statică pe con " $R_p$ ".

Valabilitatea corelațiilor obținute pe baza prelucrării statistice (punctul 2.3.1.) a datelor experimentale este legată de compoziția granulometrică a terenului pentru care au fost stabilite datele experimentale și de caracteristicile penetrometrului utilizate după cum urmează:

- Datele sondajelor de penetrare efectuate cu penetrometrul dinamic (PDU și PDU<sub>m</sub>) pe emplașamente "curtea catedră" și "Stadion Politehnică" au servit la stabilirea prin prelucrarea statistică a următoarelor relații:

$$N_{10, PDU} = 1,021 N_{10, PDU(m)} + 1,93 + 4,27 \quad (2.29)$$

$$\ln N_{10}^{PDUM} = 0,897 N_{10}^{PDU} - 0,984 \pm 4,46 \quad (2.20)$$

Relațiile (2.29) și (2.30) stabilite de autor, pentru nisip mic și mijlociu au valabilitate locală, ele putând fi extinse și la alte zone cu același tip de pământ.

2. Studiile experimentale efectuate cu penetrometrul dinamic (PDU) și cu (PDUM) în paralel cu penetrometrul static, în laborator (cele două serii de încercări) pe nisipuri fine și mijlocii (curba granulometrică nr.1. fig.2.4.), astfel încât să se realizeze diferite stări de îndesare (tabele 2.1 și 2.2); (punctele 2.1.2 și 2.13), au servit la stabilirea legăturii dintre  $N_{10}^{PDUM}$  și  $R_p$  respectiv între  $R_p$  și  $N_{10}^{PDU}$  prin prelucrarea statistică, relațiile stabilite sînt

$$R_p = 3,5 N_{10}^{PDU} + 15,12 \pm 25,89 \quad (2.23)$$

$$N_{10}^{PDU} = 0,252 R_p - 2,72 \pm 6,93 \quad (2.24)$$

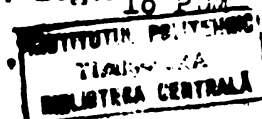
3. De asemenea pe baza încercărilor de laborator efectuate cu PDU și PDUM pentru aceeași categorie de pământ (nisip fin și mijlociu) autorul a stabilit legăturile între rezistențele dinamice ( $R_d$  și  $R_{d(m)}$ ) pe baza prelucrării statistice, și anume :

$$R_d = 0,96 R_{d(m)} + 7,17 \pm 16,98 \quad (2.27)$$

$$R_{d(m)} = 0,993 R_d - 6,06 \pm 17,37 \quad (2.28)$$

Toate aceste corelații stabilite au valabilitate locală dar se poate folosi și pe alte amplasamente unde este interceptată strata cu nisip mic și mijlociu.

4. Volumul mare de sondaje de penetrare dinamică cu con (PDU) (PDM) și penetrare statică cu con executate pe amplasamentul CET Timișoara pentru diverse tipuri de nisipuri, a permis stabilirea, prin prelucrări statistice (punctul 2.3.2.3.) a legăturii dintre rezistența la penetrare  $R_p$  și numărul de lovituri  $N_{10}^{PDM}$  și între  $R_p$  și  $N_{10}^{PDU}$  (corelațiile stabilite de autor sînt înscrise în tabelul (2.9) pentru diverse categorii (tipuri de pământuri). respectiv s-a stabilit corelații între :  $\log. N_{10}^{PDM}$  și  $\log. R_p$  (relația 2.40 și între  $R_d^{PDM}$  și  $R_p$ )



Cu alte cuvinte corelațiile stabilite pentru categoriile de teren ( tabelul 2.9) de autor au valabilitate locală și servesc la caracterizarea geotehnică mai bună mai ales pentru pământurile de pe platforma CET din care nu a putut preleva probe netulburate, dar în același timp pot fi utilizate și pe alte amplasamente unde granulozitatea se apropie de cea a pământurilor analizate.

### 5.2.3.2. Contribuții privind efectul protejării tijei de protecție (manta) - influența frecării.

Sondajele de penetrare dinamică cu con (fără și cu manta) efectuate în laborator (cele două perioade de experimentări mai - oct. și oct.-dec.1987) punctele (2.1.2. și 2.13) și cele de teren pe stratificație naturală punctele (2.2.21. și 2.2.2) au pus în evidență influența frecării pe suprafață laterală a coloanei de tije de penetrare.

1. De exemplu pe stratificația pregătită (seria mai -oct 1987) din nisipuri mari și mijlocii dar la diverse stări de îndesare ( tabelul 2.1.) și (fig.2.42) rezultă că pentru strat cu grad de îndesare mai mic, influența de frecare este mai mare, respectiv pentru gradul de îndesare mai mare, influența de frecare este mai mică, deci se poate afirma că influența frecării este inversă față de creșterea gradului de îndesare.

2. Pe stratificația din a doua perioadă de încercări (seria mai.- dec 1987) (punctul 2.13.) autorul a stabilit un raport exprimat prin coeficientul ( $\eta = \frac{R_d}{R_{d(m)}}$ ) pentru evidențierea fre-

cării ; variația lui ( $\eta$ ) este mai accentuată în cazul nisipurilor mai fine decât cele grosiere , deci pentru nisip cu pietriș  $\eta = 1,17$  iar pentru nisip mare și mijlociu  $\eta = 1,30$ . (fig.2.43).

3. Pe amplasamentul "catedră" se constată că frecarea este mai mică în cazul pământurilor coezive ( $\eta > 1,1$ ) (fig.2.44), iar pentru valorile lui ( $\eta > 1,2$ ) terenul este necoeziv. Deasemenea se pune în evidență influența apei subterane care duce și ea la creșterea frecării pe suprafețele laterale a tijelor.

Prin constatările, autorul pune în evidență influența frecării mai clare, și mai evidente la adâncimi peste 3-4 m [24] de ceea ce se recomandă în viitor folosirea penetrometrului dinamic cu manta pentru protejarea coloanei de tije.

5.2.3.3. Contribuții cu privire la factorii care influențează rezultatele penetrării dinamice

Studiile efectuate de autor pentru elucidarea influenței unor factori asupra datelor penetrării dinamice cu con au furnizat elemente noi calitative și cantitative față de cele semnalate în literatură de specialitate, foarte utile pentru interpretarea corectă a datelor penetrării, din care se desprind următoarele :

1. studiile experimentale efectuate în laborator și pe teren (punctul 2.4.2.1.) pe diverse categorii de pământuri au demonstrat că fără cunoașterea compoziției granulometrice nu este posibilă interpretarea corectă a datelor penetrării (fără și cu manta). În favoarea celor menționate anterior, pledează experiențele efectuate în laborator (celor două serii) pe nisipuri având diverse compoziții granulometrice (fig.2.4) și același grad de îndesare, la care s-au obținut valori diferite ale numărului de lovituri  $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$  (figurile 2.15 ; 2.16 și 2.46). Astfel în cazul nisipului și pietrișului numărul de lovituri este mai mare la aceeași pătrundere ( $N_{10} = 21$  ;  $N_{10(m)} = 18$ ) față de nisip mare și mijlociu (care are  $N_{10} = 10$  respectiv  $N_{10(m)} = 12$ ) la aceeași îndesare sau față de nisipul mijlociu de aceeași îndesare (unde  $N_{10} = 10$  respectiv  $N_{10(m)} = 3$ ). În care rezultatele evidențiate au semnalat creșteri ale rezistenței dinamice, deși nisipurile cu fragmente mari au capacitate portantă mai ridicată față de cele mai fine.

2. Experiențele efectuate în laborator în condiții controlate pe nisipuri mari și mijlocii, pe diverse stări de îndesare din (fig.2.47) rezultă dependența numărului de lovituri  $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$  de gradul de îndesare (vezi și fig.2.48) din graficele a și b ( fig. 2.47) pentru stări de îndesare mai ridicate numărul de lovituri  $N_{10}$  și  $N_{10(m)}$  crește ceea ce poate determina gradul de îndesare pentru un nisip de granulozitate cunoscută.

3. Încercările experimentale efectuate cu penetrometrul dinamic cu con (fără și cu manta) pe nisipuri mare și mijlocii având gradul de îndesare ( $I_d = 0,01$ ) au evidențiat variația invers proporțională a adâncimii critice cu gradul de îndesare (fig.2.49).

Diagramele de penetrare efectuate au dovedit că  $n_{cr} \gg 10$  dc în cazul nisipurilor alinate (fără a rețuia în suprafața) ; respectiv mai mare  $20(25)$  dc [ $n_{cr} > 20(25)$  dc] când starea de îndesare crește.

4. Încercările experimentale efectuate în laborator pe nisipuri așezate în straturi de diferite (seria oct-dec.1967)

(tabelul 2.2) cu grade de îndesare diferite (fig. 2.50) au scos în evidență succesiunea straturilor prin variația rezistenței la penetrare atât la (PDU) cât și la (PDU<sub>m</sub>), în zona limitei de separație între straturi de interval de la 4-15 diametri de con.

#### 5.2.3.4. Contribuții privind evaluarea modulului de deformare (E) și a presiunii convenționale (P<sub>cr</sub>)

1. Experimentările efectuate în laboratorul pe stratificacie pregătite cu placa de încărcare și penetrări dinamice cu con (fără și cu manta) au permis autorului să se facă legături între modulului de deformare și numărul de lovituri (N<sub>10(m)</sub>) (tabelul 2.12 și 2.13) corelațiile stabilite sînt următoarele :

$$E = 20 N_{10(m)} + 12 \quad (2.51)$$

pentru nisip mare și mijlociu respectiv:

$$E = 23 N_{10(m)} + 2 \quad (2.52)$$

pentru nisip mare cu pietriș.

2. De asemenea autorul stabilește coeficienți de forma :

$$\alpha = \frac{E}{N_{10}} \text{ respectiv } \alpha_m = \frac{E}{N_{10(m)}} \text{ - pentru nisipuri cu}$$

diverse grade de îndesare ( vezi tabelul 2.14) și (tabelul 2.10) în ideea stabilirii noi corelații între (E) modulul de deformare și numărul de lovituri N<sub>10</sub> și N<sub>10(m)</sub> prin intermediul acestui coeficient de forma ( α și α<sub>m</sub>) corelațiile stabilite de autorul sînt :

$$E = \alpha \cdot N_{10} \quad (2.54)$$

$$E = \alpha_m \cdot N_{10(m)} \quad (2.55)$$

Tot pe bază de încercări experimentale în condiții de laborator efectuate cu ( PDU și PDU<sub>m</sub>) autorul face legături între rezistență dinamică (R<sub>d</sub> și R<sub>d(m)</sub>) și presiuni admise în vederea aprecierii presiunii convenționale respectiv legături între (R<sub>d</sub> ; R<sub>d(m)</sub>) și presiunii convenționale (vezi tabelele 2.19 și 2.20).

Deși concluzia foarte importantă în faza de proiectare adică numai pe baza rezultatelor penetrării dinamice cu con (PDU și PDU<sub>m</sub>) se poate evalua (E) și capacitatea portantă a terenului de fundare.

5.2.4. Contribuție privind interpretarea corectă a datelor primare obținute pe baza vibropenetrării cu con

1. Metoda de cercetare a terenului de fundare prin vibropenetrare cu con, bazată pe tehnica vibrării este o metodă modernă și rapidă respectiv simplă și are productivitatea mai mare față de penetrarea dinamică cu con (cu și fără manta).

2. Sondajele de vibropenetrare cuplate cu penetrări dinamice și statice efectuate pe stratificație amintite în cap.2. în laborator autorul a stabilit unele corelații în vederea trecerii de la o metodă la alta ; adică a stabilit legături între  $(R_p)$  și  $(V_{10})$  viteza de vibropenetrare, respectiv între  $N_{10}$ ,  $N_{10(m)}$  și  $V_{10}$  și anume :

$$R_p = 388,84 \cdot V_{10}^{-0,89} \quad (3.27)$$

$$N_{10} = 0,341 \cdot V_{10} - 13,533 \quad (3.29)$$

$$N_{10(m)} = 0,1794 \cdot V_{10} - 8,529 \quad (3.30)$$

Toate corelațiile au fost stabilite pentru nisip mic și mijlociu în starea afîinate și au valabilitatea locală dar se poate aplica și pe alte amplasamente unde se întâlnește asemenea tip de pământ (starea afîinata  $I_D \approx 0,31$ ).

3. Pe baza cunoașterii rezistenței statice  $R_p = f(V_{10})$  se poate evalua caracteristicile geotecnice în vederea stabilirii soluției de fundare corespunzătoare.

5.2.5. Contribuții privind folosirea metodei logiei vibropercutantă cu con respectiv interpretarea corectă a datelor primare obținute la efectuarea penetrării vibropercutante cu con

Preocupările autorului pentru aducerea contribuției în domeniul folosirii instalațiilor de vibropercutare cu con respectiv interpretarea datelor s-a axat pe gase direcții :

a) prelucrarea metodei de determinare a caracteristicilor geotecnice pe baza funcționării vibropercutante cu con din literatură sovietică [50] ; [91] și stabilirea elementelor teoretice și experimentale necesare utilizării în acest scop a instalației de vibropercutare existentă în catedra.



b) - construirea unor șabloane  $v_1 = f(h; R_2, k_2)$  pentru diverse valori ale modului de deformație liniară (E) care dau posibilitatea determinării modului de deformație prin măsurarea vitezei de vibropercutare; respectiv s-au construit șabloane pentru determinarea (E) pentru nisipuri mari, fine și prăfoase.

c) construirea unor grafice de variație a vitezei de vibropercutare  $v_1 = f(h; N_{10}; N_{10(m)})$  și  $V_1 = f(h; R_d; R_{d(m)})$  care dau posibilitatea determinării numărului de lovituri ( $N_{10}, N_{10(m)}$ ) sau a rezistenței dinamice de penetrare ( $R_d; R_{d(m)}$ ) prin măsurarea vitezei de vibropercutare.

d) pentru nisipuri mari, fine și prăfoase au fost realizate grafice de determinare (C) în funcție de viteza de pătrundere a coloanei de tije.

e) - pentru determinarea stării de îndesare a terenurilor nisipoase autorul a conceput unele diagrame de separare a domeniilor de îndesare diferite pe baza măsurării vitezei de vibropercutare.

f) - De asemenea a fost stabilită metodologia de determinare a orizonturilor de separare a straturilor (orizonturilor) pe baza diagramei de variație a vitezei de vibropercutare pe adâncimea de penetrare.

5.2.5.1. Contribuții cu privire la metodologia în vederea determinării caracteristicilor geotecnice și stabilirea elementelor teoretice și experimentale pe baza încercării vibropercutantă cu con

Pe baza cercetărilor teoretice efectuate de specialiști sovietici [90]; [91] cu privire la metoda de vibropercutare cu con, autorul a adaptat relațiile teoretice existente în literatura de specialitate și a ajuns la obținerea unor relații foarte simple ( §.4.2.) relațiile (4.58).

5.2.5.2. Contribuții privind evaluarea modului de deformație liniară pe baza vitezei de vibropercutare cu con

Studiile teoretice și experimentale efectuate în laborator și pe teren urmărite foarte atent autorul a construit (realizat) unele șabloane (fig.4.8; 4.9; 4.10; 4.11; 4.12; 4.13)  $V_1 = f(h; k_2; R_2)$  în vederea sau pentru determinarea modului de deformație liniară (L) în funcție de viteza de vibropercutare.



**BIBLIOGRAFIE**  
=====

1. Andrei, S., Antonescu, I., - Curs de geotehnică și fundații. I.C. - București, 1984
2. Antonescu, I., - Determinarea greutății volumice a pământului cu ajutorul radioizotopilor, Rev. Hidrotehnică nr. 8/1958
3. Antonescu, I., - Utilizarea radioizotopilor la determinarea umidității pământurilor. Rev. Hidrotehnică Nr. 7/1958
4. Bally Rene-Jaques, Vlad Perlea, - Liguri și bariere din materiale locale pe terenuri slabe de fundare - Editura Ceres, București, 1983
5. Barkan, D., D. - Vibrometod v stroitelstve, Moskva, Gostroizdat, 1959
6. Bălan, M., - Penetrometri statica - mijloc de verificare optimă pentru calitatea lucrărilor de îmbunătățire a terenurilor slabe. A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați, 1987
7. Bozdog, H., Ciobanu, M. I. - Sistemul electric de măsurare, afișare și înregistrare automată a datelor de echipază penetrometrul P.C.M.I.A V-a Conferința Națională de Geotehnică și Fundații, Cluj-Napoca, 1983
8. Bolomey, H., - Dinamic penetration, rezistente formulee SCPT, vol. 2. Stockholm, 1974
9. Buzdugan, Gh., Fetca, I., Rășes, M., - Vibrații mecanice - Editura Didactică și pedagogică, București, 1982
10. Buzdugan, Gh., Minăilescu, E., Rad, ș. m. - Măsurarea vibrațiilor, Editura Academiei RSR, București, 1979
11. Caquot A., Kerisel, I. - Traatat de mecanică pământurilor, traducerea din limba franceză - ed. a 1968. Ed. Tehnică
12. Cassan, M. - Les essais in situ en mecanique des sols. Tom. 1. Eyrolles, Paris, 1973
13. Cassan, M., - Les essais in situ en mecanique des sols. Tom. 2. Ed. Eyrolles, Paris, 1973
14. Chellis, R., D., - Pile Foundations, McGraw Hill, New-York, 1961
15. Galmatov, B. I., - Maysin, F. K., Rossihin, I. U., V - Protectirovanie svainih fundamentov v usloviih slabih gruntov - stroitelstvennoe stroitelstvo, Leningrad, 1975
16. De Beerg., - Influence of the parameters of the procedure of static sounding tests. SCPT, Stockholm, 1974
17. De Beerg., - Dimensional analysis of the problem of the use of the results of static sounding tests. SCPT, vol. 2.1, Stockholm, 1974
18. De Beer, - Some exceptional sounding diagrams. SCPT, Stockholm, 1974, vol. 2; 1
19. Desai, M. S., Jain, G. R. S. G. et al. - Penetration Testing in India. SCPT, vol. 1. Stockholm, 1974

20. Divinsch M.L., - Oțenca nesuței cposinnosti svai rezultatom staticescovo zondirovania a isoprezovanem veroia tnostnove podnova annovana fundamenti i mehanica gruntov, 4/1987
21. Drozd, K., - The influence of maisturs Content. in Dand. ESPT Stockholm, 1974
22. Durgonoglan, H.T., Mithell, J.K. - Influence of penetrometer characteristic on static penetration resistance ESPT, Stockholm, 1974
23. Efremov, M.G., - Stroitelnie issptanie obrazov grunta obobrannih pri vibroburenii i sufrovanii. Moskva, Gostroizdat, 1958
24. Franke, E., - Einige Fragen zur DIN 4094, Teil.2 Geotechnic, 1/1987
25. Georgescu, D., Marinescu, C., Henea, St. - Determinarea caracteristicilor mecanice ale rocilor. Editura tehnica Bucuresti, 1972
26. Gidea, A., - Rezultate obținute prin aplicarea metodei penetrării dinamice cu con. A III-a Conferință de Geotehnică și Fundații, Timișoara, 1975
27. Gidea, A., - Cercetarea terenului cu aparatul de penetrare prin percucie. Revista construcțiilor și materialelor de construcții, nr.7/1961
28. Gruia, A., - Aspecte privind cercetarea terenului de fundare "in situ" Teza de doctorat, Timișoara, 1979
29. Gruia, A., Keller, E., Petrovici, V., - Studiul parametrilor rezistenței la forfecare a pământurilor nisipoase supuse la sollicitări dinamice - Simpozion Timișoara, 14-15 noiembrie 1986
30. Gruia, A., Stoian, V., Khaled, S., - Algoritmi și program de calcul pentru prelucrarea datelor rezultate din sondeje de penetrare. Simpozionul Național de Informatică în Construcții, Timișoara, 1988
31. Gruia, A., - Unele aspecte privind testarea calității lucrărilor de consolidare ale terenurilor slabe de fundare prin metoda penetrării, în volumul sesiunii științifice, I.P. Cluj-Napoca, 1978
32. Gruia, A., - Unele aspecte privind corelarea dintre penetrația statică și dinamică cu con. Bul. științific și tehnic/1979
33. Gruia, A., - Aspecte privind cercetarea unor terenuri coezi-ve prin sondeje de penetrare dinamică cu con. A IV-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații vol.1. 1979
34. Gruia, A., Petrovici, V., Keller, E., - Studii sistematice ale laborator pentru sporirea preciziei determinării parametrilor rezistențe la forfecare. A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați vol. I. 1987
35. Habetne, E., - Penetration testing in Federal Republic of Germany, ESPT, vol.1 Stockholm, 1974
36. Haida, V., - Contribuții în studiul comportării pământurilor sollicitate dinamic și folosirii tehnicii vibrării în geotehnică, vibroforaje, Teza de doctorat, Timișoara, 1979

- 37. Haida, V., Gruia, A., Vasiloni, N., - Considerații asupra verificării prin metoda corelativă a calității terenurilor de fundare îmbunătățit. A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați, 1987
38. Haida, V., Unele aspecte privind rezistența la forfecare dinamică a pământurilor. Vol. de lucrări sesiune științifică I.P. Cluj-Napoca, 1978
39. Haida, V., Pantea, P., Vasiloni, N., Cheșeanu M., Prelucrarea automată a datelor de încercare de forfecare directă a pământurilor A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și fundații, Galați, Vol. I. 1987
40. Hanna, H.T. - Foundation instrumentation, Londra, 1973
41. Helenelund, K.V. - Length of driven piles. Ultimate bearing capacity of driven piles BSPOM, Stockholm, 1974
- 42. Hubáček, H. - Compression Modulus Derived From cone Resistance by static cone penetration. Geotenic. 4/1986
43. Ilicev, V.V., Kulcikin, I.B. ș.a. - Sovetskogollandschi experiment v oblasti zondirovaniia gruntov i osnovaniia osnovaniia fundamentalnoi mekhanika gruntov, 5/1986
44. Ilicev, V.A., Petruhin, V.P., Profimencov, I.U.G. - Hreitorfi itogni XI Mejdunarodnovo Congress po mekhanika gruntov i fundamentostroenfu osnovaniia, fundamenti i mekhanica gruntov, 2/1986
45. Jaky, I. - On the bearing capacity of piles Rotterdam, 1948
46. Kunzel, J. - Der Prufstab Bauwelt, 27/1936
47. Khaled, F., Referat I. Sinteza de documentare cu privire la aparatura și metoda folosită pentru cercetarea terenului de fundare pe probe prelevate (în laborator) 1987 - nepublicate
48. Khaled, F., Referat II - Sinteza de documentare cu privire la aparatura și metoda folosirii pentru cercetarea terenului de fundare la fața locului, 1987 - nepublicate
49. Lavendel, A.A. - Vibrationii profesiei, mașinii. Tom. 4. Moskva. Masinostroenie, 1981
- 50. Maier, N., Păunescu, M. - Geotehnică și fundații, Ediția a II-a editura didactică și pedagogică, 1973, București,
51. Maholiu, I. - Fundații și procedee de fundare, editura didactică și pedagogică București, 1983
52. Marcu A., Contribuții la studiul deformabilității pământurilor, stabilirea valorilor reprezentative ale caracteristicilor de deformabilitate pentru calculul tășării construcțiilor. Teza de doctorat. București, 1976
53. Meyerhof, G.C. - Compaction of sands and bearing capacity of piles proc. ABC. Journal Soil, Mech. Found. 1959
54. Menzenbach, E. Die Anwendbarkeit von sanden zur prugung des Festigkeitsangenchaffen des Baugrundes, 1955
55. Melzer, K., Sonderuntersuchungen, in sand Technische Hochschule Aachen, 1967
56. Moussa, A.M. - Die Zusammendruckbarkeit von Sand. Mitteilungen Inst. für verkehrswasserbau, Grundbau, und Bodenmechanik, T.T. Aachen, 1961

7. Nicolau, St. A., Abramescu, T. ș. a. - Dispozitiv modificat pentru penetrări dinamice standard în foraje cu acționare la suprafața terenului. A. Vi-a Conferința Națională de Geotehnică și Fundații, Galați 1987.
8. Ohde, J., Zur Theorie der Druckverteilungen im Baugrund, Bauingenieur, 1939.
9. Osmakov, ș. a. - Opređenie devlĕniã vibriãișcei svai na grunt pri ucete iãvlenia otrĕva, oșnovãniã, fundãmenti i mehanika gruntov, nr. 6/1962.
10. Osmakov, Savinov, ș. a. - Elementi teorii i pobler parametrov svobodnih vibromotorov, Issledovaniã protessa vibrouđarnage, pogrujenia nesuciei șposobnost i srai. Trudĭ Instituta VNIES, - Leningrad, Moscova, 1964.
11. Păunescu, M., Gruia, A., Keller, E., Mihu, P., Varga, L. - Aspecte pentru cercetarea terenurilor și soluții de fundare pentru o centrală electrică de termoficare. Revista construcțiilor, 1981 nr. 7.
12. Păunescu, M. - Relații de calcul pentru înfigerea și smulțerea prin vibrație a piloților, tuburilor și palplâșurilor. Buletinul științific și tehnic al IPT "Traian Vuia" Timișoara, Tom. 7(21), Fasc. 1. 1962.
13. Păunescu, M. - Înfigerea piloților și palplâșurilor prin vibrație, cercetări pentru adâncimi și viteze de înfigere, București - Buletin științific și tehnic IPTVT. Timișoara, Tom. 8, fasc. 2, 1963.
14. Păunescu, M. Tehnica vibrării în realizarea fundațiilor, Editura "Facla" Timișoara, 1979.
15. Păunescu, M., Vasiloni, N., ș. a. - Cîteva considerații asupra capacității portante a piloților scurți executăți pe loc cu utilaje vibratoare, a III-a conferință de Geotehnică și fundații, Timișoara, 1975.
16. Păunescu, M., Vasiloni, N. ș. a. - On foundation of buildings on piles made by vibration, prov. VI. Europ. conf. on soil. Mech. and - Found. Eng. vol. 12. Wien, 1976.
17. Păunescu, M., Vasiloni, N., Vibropenetrarea - noi metode de determinare rezistențelor terenului de regim de solicitare dinamică. A IV-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol. I. Iași, 1979.
18. Păunescu, M., Vasiloni, N., Boldureanu, P., - Calculul capacității portante la starea limită de deformație a elementului de fundație tip colțar. A V-a Conferință Națională de Geotehnică și fundații, Vol. 2. Cluj-Napoca, 1985.
19. Păunescu, M. - Îmbunătățirea terenurilor slabe în vederea fundării directe. București, Ed. tehnică, 1980.
20. Păunescu, M., - instalație pentru introducerea sau smulțerea unor elemente de fundații prin vibropenetrare sau vibropercuție. Certificate de invenție nr. 77531/18.03.1978.
21. Păunescu, M., Biță, L., Marin, M., - Edificarea gradului de mecanizare a lucrărilor de infrastructură construcțiilor folosind tehnica vibrării. În "Mecanizarea Construcțiilor" nr. 2/1983.
22. Păunescu, M., Cuteanu, L., - Nou vibrator folosit la înfigerea piloților și palplâșurilor, în "Revista construcțiilor și materialelor de construcții" nr. 3/1963.

73. Păunescu, M., Vîță, I., Gellert, Gr., Torejescu, S., - Utilaje vibratoare și vibropercutare, folosite la îmbunătățirea terenurilor de fundare. Lucrarea prezentată în simpozionul "Utilaje pentru construcții" Probleme noi și concepții, proiectare, execuție și exploatare " București, 11-12 noiembrie 1983
74. Păunescu, M., Haida, V., Gruia, A., ș.a. Preocupări pentru perfecționarea și diversificarea aparaturii geotehnice. A V-a Conferință Națională a Geotehnică și Fundații Cluj-Napoca, 1983
75. Păunescu, M., - Folosirea vibrațiilor la executarea unor lucrări de fundații București, Editura Tehnică, 1966
76. Păunescu, M., Schein, T., ș.a. - Fundații pe piloți turnați la fața locului, a II-a conferință națională de geotehnică și Fundații, București, 1971
77. Păunescu, M., Gîdea, A., Gruia, A., - Despre factorii care influențează rezultatele penetrării dinamice cu con. Rev. Construcțiilor și materialelor de construcții, nr. 8/1966
78. Păunescu, M., Haida, V., - Firages geotechniques et puits hydrogeologiques executes am moden des mecanismes vibrateurs Congress di geotechnica, Geneva, 1968
79. Păunescu, M., Vasiloni, N., Schein, T., Butuman, V., - Cîteva considerații asupra capacității portante a piloților scurți, executați pe loc cu utilaje vibratoare. Conf. III-a de Geotehnică și fundații, Timișoara, 1975.
80. Păunescu, M., Fundații în condiții speciale - Institutul politehnic "Traian Vuia" Timișoara, 1980
81. Păunescu, M., Pop, V., Sillion, T., - Geotehnică și fundații, Editura tehnică și pedagogică, București, 1982
82. Peprittm F. - Der prifstab kanzel, ein Gerat für Badenuntersuchungen Bautechnik 21/1943
83. Pop, V., Popa, A., Bojan, D - Tipuri economice de piloți folosiți la lucrările de construcții, A III-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Timișoara, 1975
84. Pop, V., Pop, A., Maniu, I., Căciordă, M., - Incercări experimentale pentru determinarea coeficientului de frecare la terenuri necoezive. A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol. 2. Galați, 1987
85. Popa, C., Băbeanu, Tr., - Fundații de adîncime pe coloane, MTTc, Centrul de documentare și publicații tehnice, București, 1973
86. Puech, A. Biarez, J, ș.s.a - Contribution the study of static and dinamic penetrometerra ESOPT, vol. 2.2. Stocholm, 1974
87. Perlea, V., Perlea M., - Stabilirea dinamică a terenurilor nisipoase, Editura Tehnică, București, 1984
88. Rafiroiu, M., Stabilizarea pămînturilor la lucrări de drumuri și căi ferate. Ministerul Căilor Ferate, Centrul de documentare și publicații tehnice, București, 1966.
89. Răileanu P., Mușat, V., Nicuța, A., Plătică, P., - Influența unor factori asupra rezistenței la forfecare a unor terenuri argiloase de Bahlui. A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați, vol. I. 1987
90. Rebrik, B., M., Vibrationne burenie skvajin, Nedra, Moskva, 1974
91. Rebrik, B. M., - Visnevski V, P. Udarno - vibrationne zondirovanie gruntov, stroizdat, Moskva, 1979
92. R. Umşiski, L. S., Prelucrarea matematică a datelor experimentale (traducere din l. rusă) Editura Tehnică, București. 1974



3. Razerenev, V., F., - Penetraționie ispîtonia grunтов, stroizdat, Moskva, 1980
4. Sanglerot, G. - La penetrometre et la reconnaissance des sola Dunod, Paris, 1965
5. Sanglerot, G., - Penetration testing in France ESOPT, vol. I. Stockholm, 1974
6. Savinov, O. A., Luskin, A. Ia - Vibrationii metodi pogrujenia arai i evo primerenia v stroilstre. Leningrad, Gostrozdat, 1960
7. Savinov, O., A., Osmakov, S. A. K. - Sraunitelnai karakteristike svainih vibregrijatel' i vibromolektiv, Osnovania, fundamenti i mehanika grunтов, nr. 5. 1961
8. Silaș, Gh., Păunescu, M., Grosanu, D., Brădeu, P., - Vibropercutor pentru înfigerea elementelor în pământ. Buletinul științific și tehnic al I. P. T. V. Timișoara, fasc. 2., 1964
9. Silion, T., Ciubotaru, V., Apostolescu, V., - Geotehnică și fundații partea a II, a Editura didactică și pedagogică, București, 1967
10. Silion, T., Beți, N., Stanciu, A., - Considerații privind determinarea presiunii de consolidare și corecția curbelor de compresiune-tasare. A VI-a Conferință Națională de geotehnică și Fundații, vol. I. Galați, 1987
101. Stănculescu, I., Antonescu, I., Marcu, A., Sîrghi, Gh - Consolidare cu coloane de balast și nuclee rigide a straturilor leșseide saturate, în vederea fundării directe a unor blocuri de locuințe Fălticeni, A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, vol. 2. Galați, 1987.
102. Stănculescu, I. Marcu A., Popescu, M., - Referat privind domeniul de utilizare și modul de interpretare a măsurătorilor efectuate cu aparate de penetrare asimilate în țară, Institutul de Construcții, București, 1978
103. Silaș Gh., Păunescu, M., Executarea de foraje geotehnice prin metoda vibrării. București, Revista Hidrotehnică Apelor nr. 3. din 1966.
104. Sennset, K., - Penetration testing in Norway ESOPT, vol. 1. Stockholm, 1974
105. Stefanoff, G. Baikoff, M. - Penetration testing in Bulgaria ESOPT, vol. I. Stockholm, 1974
106. Schain, T., - Contribuții la studiul și realizarea fundațiilor indirecte executate cu utilaje vibratoare, Teză de doctorat, Timișoara, 1980
107. Schweitzer, I., - Controlul comportării terasamentelor. Ed. Transporturilor și Telecomunicațiilor, 1965
108. Tomlinson, M., J., - Proiectarea și executarea fundațiilor. Traducere după ediția a II-a în limba engleză, 1969
109. Trefimenkov, J. G., Verebkev, L. N., Polevii metode isledovania stroitelnih grunтов. Stroizdat, Moskva, 1974
110. Trefimenkov, I. G., Mariapoleki, L. G. - Primenenie Inventarnih Svai melevi sescniadlis opredelenia nesugoci, spebernestii svainih fundamentov, Osnovania, fundamenti i mehanika grunтов, nr. 5., 1978.

111. Trofimenkov, I.G., - Vorobkov, L.N., - Polevie metody issledovaniia stroitelnykh svoistv gruntov, stroizdat, Moskva, 1981
112. Trofimenkov, J.G., Penetration testing un URSS ESOPT., vol. I. Stockholm, 1974
113. Urrel, A.D. & a. Development of methods to determine the bearing capacity of piles prec. 8. th. ICSMFE - vol. 2.1. Moskva, 1973
114. Vaicum, A., - Studiul geologie al corpurilor solide, Editura Academiei RSR, Bucuresti, 1978
115. Vasiloni, N., Păunescu, M., - Contribuții la studiul vibropenetrării ca metodă de investigare a terenului de fundare. A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Galați, 1987.
116. Vasiloni, N., Păunescu, M., - Identificarea nivelurilor de separație între straturile de pământ prin noua metodă corelativă a vibropenetrării cu cen. Buletinul științific al I.P.T.V. Timișoara, 1986
117. Vasiloni, N., Păunescu, M., László, E. - Unele rezultate experimentale ale vibropenetrării pământurilor neecozive. A VI-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Cluj-Napoca, 1983
118. Vasiloni, N., - Contribuții privind calculul capacității portant a fundațiilor indirecte realizate cu utilaje vibratoare - Teză de doctorat - Timișoara, 1985
119. Vasiloni, N., Păunescu, M., László, E., - Instalații pentru testarea prin penetrare, a terenului de fundare - Brevet de invenție, nr. 92964/1987
120. Zamfirescu, F., Conța, R. & a. - Penetrometrul static pentru studii geotehnice submarine, A V-a Conferință Națională de Geotehnică și Fundații, Cluj-Napoca, 1983
121. Zianghirev, R.S. Afonin, A.P. - Injenerno - gheologiceskaja Otjenka gruntov po rezultatam vibrozondirovania ustanovkoi oblegcennovotipa, Injenernaia gheologhija nr. 1. - 1984.
122. ISSMFE - Referat internațional pentru penetrarea dinamică, XI-a ISCMFE, San-Francisco, USA, 1985 - Florida
123. ISSMFE - Referat internațional pentru penetrarea standard (material pregătit pentru ISOPT - 1. Florida, USA 1988).
124. +++ - DIN 4094/1 - Baugrund - Ramm - und Drucksondiergerate, Abmessungen und Abreitweis de Gerate, 1973
125. +++ - DIN 4094/2 - Baugrund - Ramm - und Drucksondiergerate, Anwendung, 1965
126. +++ - Instrucțiuni tehnice pentru efectuarea încercării de penetrare statică și interpretarea rezultatelor în vederea stabilirii condițiilor de fundare a construcțiilor - Indicativ - C159 - 73 - Buletinul Construcțiilor nr. 1/1974
127. +++ - Instrucțiuni tehnice pentru cercetarea terenului de fundare prin penetrare dinamică cu con, C176-84



- 128. +++ - Metode iisledovanĭia mechaniciski stroistve grĭntov v uslovanĭih estectvanovo Zalegania Dnepropetrovsk, 1962
- 129. +++ - Interpretation of results of static penetration tests - Group disonssion ESOPR, vol.2.1.Stockholm, 1974
- 130. +++ - Indrumător tehnic pentru studiul proprietăĭilor pămĭnturilor necoezive lichifiabile - Indicativ P 125 - 84 aprobate de ICCPDC
- 131. - STAS 1242/6-76 - Cercetarea terenului prin penetra-re statică
- 132. - STAS 1242/5-81 - Cercetarea terenului prin penetra-re dinamică în foraj
- 133. - STAS 8942/3-75 - Determinarea modului de deformaĭie liniară prin încercări de teren, cu placă
- 134. - STAS 3300/1-85 - Terenul de fundare - principalele generale de calcul
- 135. - STAS 3300/2-85 - Terenul de fundare; - Calculul tere-nului de fundare în cazul fundării directe
- 136. - Herghelegiu, C., - Contribuĭii pentru determinarea proprietăĭilor mecanice ale pămĭnturilor prin me-toda în SITU  
Teză de doctorat, Institutul Politehnic Iași, 1984

C U P R I N S U L

	pag.
CAP.1. SCURTĂ SIMBOLĂ DOCUMENTARĂ CU PRIVIRE LA CERCETAREA "IN SITU" A TERENULUI DE FUNDARE .....	1
1.1. Aspecte generale privind cercetarea terenului la fața locului .....	1
1.2. Cu privire la scopul și modul de sondare prin fo- ră .....	5
1.3. Cercetarea terenului prin penetrare standard (S.P.T.) .....	11
1.4. Cercetarea terenului prin penetrarea dinamică cu con ..	15
1.5. Cercetarea terenului prin penetrarea statică cu con ..	21
1.6. Cercetarea terenului prin metoda presiometrică .....	29
1.7. Incercarea pământurilor cu plăcă de încercare .....	31
1.8. Incercarea de forțare a pământurilor la fața locu- lui .....	35
1.9. Cercetarea terenului prin metode radiometrice .....	36
1.10. Metode geofizice de prospectare a terenului .....	36
1.11. Cercetarea terenului prin metode vibrodinamice .....	39
1.12. Aspecte propuse a fi cercetate de autor .....	41
CAP.2. ȘIRURI CU PRIVIRE LA STABILIREA UNOR RELATII DE CALCUL PE BAZA CERCETĂRIILOR EXPERIMENTALE FACUTE CU DIVERSE PENETROMETRE .....	42
2.1. Cercetări experimentale pe stratificații pregătite ..	42
2.1.1. Cu privire la aparatura și tehnologiile de lucru folosite .....	42
2.1.1.1. Penetrometrul dinamic cu con .....	43
2.1.1.2. Studiul unui penetrometru dinamic cu con și ma- șina de protecție a tijei .....	43
2.1.1.3. Scurtă prezentare a penetrometrului static .....	45
2.1.2. Rezultatele experimentale din seria mai-oct.1957 ..	46
2.1.2.1. Stratificația și distribuția penetrării .....	46
2.1.2.2. Penetrări dinamice cu con (cu și fără manta) ..	49
2.1.2.3. Penetrări statice cu con .....	51
2.1.3. Rezultatele experimentale din seria oct-dec.1957 ..	51
2.1.3.1. Stratificația și distribuția penetrărilor .....	51
2.1.3.2. Penetrări dinamice cu con (cu și fără manta) ..	53
2.1.3.3. Penetrări statice cu con .....	54

2.2. Cercetari experimentale " in situ " .....	54
2.2.1. rezultatele experimentale obtinute pe amplasamen- tul " catedra " .....	54
2.2.2. rezultatele experimentale obtinute pe amplasamen- tul " Stadion Politehnica " .....	55
2.2.3. rezultatele experimentale de pe amplasamentul C.S.P. Timisoara .....	56
2.3. Prelucrarea datelor experimentale de penetrare și core- lații de calcul .....	60
2.3.1. Aspecte teoretice cu privire la prelucrare și in- terpretare .....	60
2.3.2. Corelații stabilite prin prelucrarea statistică a datelor experimentale .....	65
2.3.2.1. Prelucrarea datelor obtinute prin încercările de laborator .....	66
2.3.2.2. Prelucrarea datelor experimentale obtinute "in situ " .....	70
2.3.2.3. Prelucrarea datelor de teren C.S.P. Timisoara .	71
2.4. Unele constatari experimentale și corelarea unor valori de calcul utile în proiectare .....	82
2.4.1. Constatari cu privire la efectul pretejerii tijei cu manuta ( P.M.M. ) ; influența iracarii.....	82
2.4.2. Cu privire la unii factori de influență asupra rezultatelor penetrării .....	85
2.4.2.1. Influența granulozității rezultatelor penetra- rii dinamice .....	86
2.4.2.2. Influența stării de încălzire asupra rezistenței la penetrare .....	88
2.4.2.3. Influența presiunii geologice asupra rezulta- telor penetrării .....	89
2.4.2.4. Influența succesiunii straturilor .....	90
2.4.3. Studii cu privire la evaluarea modului de de- formare (determinat cu placa) și a presiunii convenționale ( $\sigma_p$ ) prin folosirea rezultatelor penetrării cu con. ....	90

CAP. 3. STUDII SUPPLEMENTARE LA FOLOSINDĂ VIBR. PENETRA-	1
- RIU. CU CON. PENTRU CEROBIARĂA TERENULUI ...	28
3.1. Cîteva aspecte cu privire la vibr. penetrarea cu	93
con. ....	93
3.2. Studiul și adaptarea unei vibra. instal. de vit-	
- ropenetrare cu con. ....	100
3.2.2. Descrierea instalației de vibropenetrare în	
locurile în experimentări ....	100
3.2.2.1. Componentele lanțului de măsurare și înre-	
- gistrarea și modalitățile de interpretarea re-	
- zultatelor înregistrate ....	102
3.2.2.1.1. Măsurarea marimilor mișcării rectilinii ...	103
3.2.2.2. Măsurarea marimilor în mișcarea oscilato-	
- rie armonică ....	104
3.2.3 Modul de lucru cu instalații de vibropenetrare	105
3.3. Studii experimentale și de corelare a rezulta-	
- telor vibropenetrării cu con. pentru prospectori	
- geotehnice ....	106
3.3.1. Încercările de vibropenetrare efectuate în	
- seria mai-oct. 1987 ....	106
3.3.1.1. Studii privind identificarea nivelurilor de	
- separație între straturi ....	117
3.3.1.2. Corelarea rezistenței pe con. la penetrarea	
- statică ( $R_p$ ) cu viteza medie de vibropenet-	
- rare ( $V_{10}$ ) pentru orizonturile omogene I și	
- III (nisipul în starea afînata) ....	119
3.3.1.3. Corelarea numărului de lovituri de la pe-	
- netrarea dinamică fără și cu manta ( $N_{10}$ ;	
- $N_{10}(m)$ ) cu viteza ( $V_{10}$ ) de vibropenetrare	
- pentru orizonturile I și III ....	121
3.3.1.4. Corelarea rezistenței statice pe virful co-	
- nic ( $R_p$ ) cu numărul de lovituri ( $N_{10}$ și $N_{10}(m)$ )	
- pentru orizonturile I și III omogene ....	123
3.3.2. Încercările de vibropenetrare din seria a	
- doua oct.-dec. 1987 ....	125
3.3.2.1. Identificarea nivelurilor de separație în-	
- tre straturi ....	123
3.3.2.2. Corelarea rezistenței pe con. la penetrarea	
- statică ( $R_p$ ) cu viteza medie de vibropenet-	
- rare ( $V_{10}$ ) pentru orizonturile omogene I	
- din prima serie (cotele 1;20 ;... 2;10 m)	

și II din-a doua serie (cotele - 0,80 ... 1,20 m).....	131
3.3.2.3. -- Corelarea numărului de lovituri, cu și fără gan- ta ( $N_{10}$ și $N_{10(m)}$ ) cu viteza ( $V_{10}$ ) de vibropenet-	
rare pentru straturile II.....	133
3.3.2.4. -- Corelarea rezistenței statice ( $R_0$ ) cu $N_{10}$ și $N_{10(m)}$ pentru orizontarile II nisip mare și mij-	
lociu de îndesare medie .....	136
CAP.4. STUDII REFERITORE LA PENEȚRAREA VIBROPERCUTANTĂ CU CON .....	140
4.1. Aspecte teoretice cu privire la penețrarea vibro - percutoră .....	140
4.1.1. Introducere .....	140
4.1.2. Suportul teoretic al penețrării vibropercutoră cu con .....	141
4.2. Corelarea teoretică a parametrilor penetrometrului vibropercutor, cu con cu cei ai penetrometrului dinamic cu con .....	146
4.3. Corelări teoretice, evaluări și modalități de deter- minare a caracteristicilor geotehnice pe baza peneț-	
rării vibropercutoră cu con .....	155
4.3.1. Studiul teoretic al dependenței vitezei de peneț-	
răre fără de lungimea coloanei de tije .....	158
4.3.2. Studiul unei metodologii de determinare a modului de deformare liniară .....	160
4.3.3. Studiul unei metodologii de determinare a dependen- ței dintre viteza de penețrăre și unghiul de fre-	
căre interioară al nisipurilor.....	164
4.3.4. Studiul unei metodologii de determinare, a stratifi- cației și a stării de îndesare .....	166
4.4. Încercări experimentale de penețrăre vibropercutoră cu con .....	171
4.4.1. Încercări experimentale efectuate pe stratificația (1) .....	171
4.4.1.1. Determinarea modului de deformare liniară ( $\sigma$ ) .....	171
4.4.1.2. Determinarea unghiului de frecăre interioară ( $\phi$ ) a stării de îndesare și a stratificației .....	172
4.4.1.3. Aspecte comparative .....	173
4.4.1.4. Determinarea numărului de lovituri ( $N_{10}$ ) de la penețrarea dinamică cu con P.D.J. și P.D.J.m, în funcție de viteza de penețrăre vibropercutoră. ....	174

4.4.2. Incercări experimentale efectuate pe stratificație (2).....	174
4.4.2.1. Determinarea modulului de deformare liniară (E) .....	175
4.4.2.2. Determinarea unghiului de frecare interioră ( $\phi$ ) a stării de înesare și a stratificației .....	176
4.4.2.3. Aspecte comparative între valorile determinate .....	177
4.4.2.4. Determinarea numărului de lovituri ( $N_{10}$ ) de la penetrarea dinamică (P.D.C. și P.D.C.m) în funcție de viteza de penetrare vibropercutantă cu con.....	178
4.4.3. Incercări experimentale pe stratificație (3) (curtea catedrei) .....	179
4.5. CONCLUZII .....	179
CAP.5. Cu privire la corelarea rezultatelor obținute ca urmare a studiilor întreprinse - concluzii finale .....	182
5.1. Cu privire la corelarea și folosirea concretă a rezultatelor obținute .....	183
5.1.1. Rezultate obținute în urma studiilor privind penetrarea cu con - corelari funcție de $N_{10(m)}$ .....	183
5.1.2. Relația obținută la vibropenetrarea cu con și exprimare în funcție de $N_{10(m)}$ .....	184
5.1.3. Determinarea $N_{10(m)}$ pe baza încercării vibropercutate cu con (folosind $V_{10}$ ) .....	184
5.1.4. Folosirea corelațiilor stabilite (modul de lucru) pentru determinarea modulului de elasticitate (E) când pe amplasamente se realizează unul din sondajele studiate .....	184
5.1.5. Determinarea indirectă a unor caracteristici prin stabilirea lui $N_{10(m)}$ pe baza rezultatelor din alte sondaje .....	184
5.2. Cu privire la contribuțiile autorului .....	185
5.2.1. Contribuții privind stabilirea domeniului de utilizare a metodei de cercetare a terenului "in situ" folosind penetrometrul dinamic ușor cu con și manta .....	185
5.2.2. Contribuție privind îmbunătățirea parametrilor și sistemelor ale aparatului de cercetare a sondajului de penetrare cu con și manta...	185



5.2.3. Contribuții cu privire la interpretarea corectă a datelor primare obținute la efectuarea sondajului de penetrare dinamică cu con (fără și cu manta).....	136
5.2.3.1. Contribuții privind interpretarea datelor penetrării dinamică cu con (fără și cu manta).....	136
5.2.3.2. Contribuții privind efectul protejerea țigii de protecție (manta) - influența frecinii.....	138
5.2.3.3. Contribuții cu privire la factorii care influențează rezultatele penetrării dinamice .....	139
5.2.3.4. Contribuții privind evaluarea modului de deformare liniară ( $E$ ) și a presiunii convenționale ( $P_{cr}$ ) .....	190
5.2.4. Contribuții privind interpretarea corectă a datelor primare obținute pe baza vibropenetrării cu con.....	191
5.2.5. Contribuții privind penetrarea metodologiei vibropercutoră cu con respectiv interpretarea corectă a datelor primare obținute la efectuarea penetrării vibropercutoră cu con .....	191
5.2.5.1. Contribuții cu privire la metodologia în vederea determinării caracteristicilor geotehnice și stabilitatea elementelor teoretice și experimentale pe baza încercării vibropercutoră cu con .....	192
5.2.5.2. Contribuții privind evaluarea modului de deformare liniară pe baza vitezei de vibropercutoră cu con .....	192
BIBLIOGRAFIE .....	193