

lege [5]

**Document**

indaco

Ministerul Dezvoltării Regionale și Turismului

## Normativ din 2012 Normativ privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și contracții mari. Indicativ NP 126:2010

Ultima versiune.

Publicat în [Monitorul Oficial, Partea I nr. 397 bis din 13.06.2012](#)

Intrat în vigoare la: 13.07.2012

### CUPRINS

#### 1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Obiect și domeniul de aplicare

1.2. Documente conexe și de referință

1.3. Simboluri și semnificații

#### 2. DATE CU PRIVIRE LA TERENUL DE FUNDARE

2.1. Categoria geotehnică de încadrare a amplasamentului

2.2. Investigarea terenului de fundare

2.3. Determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici

#### 3. ELEMENTE PENTRU ESTIMAREA DEPLASĂRILOR ȘI SOLICITĂRILOR ASUPRA CONSTRUCȚIILOR DATORATE VARIAȚIEI UMIDITĂȚII TERENULUI DE FUNDARE

#### 4. MĂSURI LA PROIECTAREA SAU LA REMEDIEREA CONSTRUCȚIILOR FUNDATE PE PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

#### 5. MĂSURI CONSTRUCTIVE ÎN CAZUL LUCRĂRILOR DE TERASAMENTE RUTIERE ÎN ZONELE CU PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

#### 6. MĂSURI PRIVIND ORGANIZAREA ȘI EXECUȚIA LUCRĂRILOR DE FUNDAȚII PE PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

ANEXA I: ORIGINEA GEOLOGICĂ A PĂMÂNTURILOR CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI ȘI COMPORTAREA LOR LA VARIAȚII DE UMIDITATE

ANEXA II: FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ VARIAȚIILE DE VOLUM ALE PĂMÂNTURILOR CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

ANEXA III: IDENTIFICAREA ȘI CARACTERIZAREA PĂMÂNTURILOR CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

ANEXA IV: ESTIMAREA DISTRIBUȚIEI DE ECHILIBRU A UMIDITĂȚII SUB CONSTRUCȚII

ANEXA V: CALCULUL DEFORMAȚIILOR TERENULUI DE FUNDARE PROVOCATE DE FENOMENE DE CONTRACȚIE-UMFLARE

ANEXA VI: EVALUAREA SOLICITĂRILOR DATORATE VARIAȚIEI UMIDITĂȚII TERENULUI DE FUNDARE DIN PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI ASUPRA CONSTRUCȚIILOR

ANEXA VII: CORELAREA MĂSURILOR DE PROTECȚIE ȘI EXECUȚIE CU POSIBILITATEA DE MANIFESTARE A UMFLĂRII SAU A CONTRACȚIEI TERENULUI DE FUNDARE DIN PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

ANEXA VIII: COMPORTAREA CONSTRUCȚIILOR FUNDATE PE PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI ȘI APARIȚIA DEGRADĂRILOR

ANEXA IX: EXEMPLE DE CALCUL

ANEXA X : REFERINȚE LEGISLATIVE ȘI TEHNICE

#### 1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Obiect și domeniul de aplicare

1.1.1. Prezentul Normativ definește cerințele privind fundarea construcțiilor pe pământuri cu umflări și

contractții mari.

1.1.2. Pământurile cu umflări și contractții mari numite pe scurt în ceea ce urmează PUCM, pot fi întâlnite în literatura de specialitate și sub denumirea de pământuri contractile sau pământuri expansive. Acestea sunt pământuri argiloase active în raport cu apa, care au proprietatea de a-și modifica sensibil volumul ca urmare a variației de umiditate.

Producerea unor variații însemnate de volum a terenului este condiționată de:

- prezența în zona de suprafață a unor argile active, susceptibile de umflări și contractții mari;
- apariția unor variații importante de umiditate ca urmare a condițiilor climatice sau a altor cauze (surse puternice de umezire sau uscare, evapo-transpirația vegetației etc.).

1.1.3. Identificarea și caracterizarea pământurilor cu umflări și contractții mari se face conform SR EN ISO 14688-1:2004 și STAS 1913/12-88.

1.1.4. Răspândirea acestor tipuri de pământuri pe teritoriul României este prezentată în ANEXA I.

Clasificarea și caracterizarea pământurilor cu umflări și contractții mari după activitate se efectuează conform tabelului 1.1 în funcție de procentul de argilă cu diametrul mai mic de 0,002 mm ( $A_{2\mu}$ ), de indicele de plasticitate ( $I_p$ ), de indicele de activitate ( $I_A = I_p / A_{2\mu}$ ), de criteriul de plasticitate ( $C_p$ ), de umflarea liberă ( $U_L$ ), de limita de contracție ( $w_s$ ), de contracția volumică ( $C_v$ ), de caldura maximă de umezire ( $q_{max}$ ), de umiditatea corespunzătoare sucțiunii la 15 bari ( $w_{15}$ ) și de presiunea de umflare ( $p_u$ ).

**Tabelul 1.1. Clasificarea pământurilor cu umflări și contractții mari**

Caracterizarea P.U.C.M din punctul de vedere al activității	$A_{2\mu}$ (%)	$I_p$ (%)	$I_A$	$C_p$	$U_L$ (%)	$w_s$ (%)	$C_v$ (%)		$q_{u\ max}$ (J/g)	$w_{15}$ (%)	$p_u$ (kPa)
							Tulburat	Netulburat			
Puțin active	< 15	< 12	< 0,75	$I_p > C_p$	< 70	>16	< 55	< 15	< 12	< 10	< 50
Cu activitate medie	15-20	12-25	0,75-1,00	$I_p > C_p$	70-100	16-12	55-75	15-25	12-25	10-12	50-100
Active	20-30	25-35	1,00-1,25	$I_p > C_p$	100-140	12-10	75-100	25-35	25-37	12-18	100-200
Foarte active	> 30	> 35	> 1,25	$I_p > C_p$	> 140	< 10	> 100	> 35	> 37	> 18	> 200

1.1.5. Problemele de fundare a clădirilor pe pământuri cu umflări și contractții mari trebuie tratate diferențiat, ținând seama de regimul de înălțime al acestora, de modul de încărcare și echipare, de condițiile de exploatare, de vecinătatea unor arbori, etc.

1.1.6. Construcțiile care adăpostesc procese tehnologice cu surse termice importante de căldură sau frig sau care pot avea pierderi mari de apă, procese chimice sau bacteriologice, și sunt fondate pe PUCM nu fac obiectul prezentului normativ.

1.1.7. În cazul construcțiilor fondate la adâncimi mai mari de 2,00 m, care nu fac parte din categoria celor de la pct. 1.1.6, nu se produc de regulă variații de volum ale terenului de fundare de natură să influențeze construcțiile respective.

1.2. Documente conexe și de referință sunt enumerate în Anexa X

1.3. Simboluri și semnificații

PUCM	Pământuri cu umflări și contractții mari
A (m <sup>2</sup> )	Aria secțiunii transversale a sistemului de fundare
$A_{2\mu}$ (%)	Procentul de argilă cu diametrul mai mic de 0,002 mm
$A_n$	Coeeficient de analogie

$A_r$ (m <sup>2</sup> )	Aria relativă a amprentei
L (m)	Lungimea montului
$C_v$ (%)	Contractie volumică
$C_p$ (%)	Criteriu de plasticitate
$C_L$ (%)	Contractie liniară
$C_c$	Coeficientul condițiilor de lucru la contractie
D (%)	Grad de compactare
E (kPa)	Modulul de deformație liniară al pământului
e	Indicele porilor
$e_0$	Indicele inițial al porilor
H (m)	Înălțimea fundației
h (N/cm <sup>2</sup> )	Sucțiune
$h_e$ (N/cm <sup>2</sup> )	Sucțiune de echilibru
$I_e$	Indice de expansiune
$I_a$	Indice de ariditate
$I_m$	Indice mediu de umezeală (indice climatic)
$I_u$	Indice de umezeală
$I_c$	Indicele de consistență
$I_{cu}$	Indice de contractie - umflare
$I_a$	Indicele de activitate
$I_p$ (%)	Indicele de plasticitate
$I_m$	Coeficient, funcție de raportul $\lambda = L/B$
$I_n$	Factor de influență, funcție de raportul $\eta$
L (m)	Dimensiunea cea mai mare a tălpii fundației având forma dreptunghiulară în plan;
$m_u$ (g)	Masa probei umede
$m_d$ (g)	Masa probei uscate
M (kPa)	Modulul edometric
$M_{i-j}$ (kPa)	Modulul edometric determinat pentru intervalul de presiuni 200-300 kPa
n (%)	Porozitate
p (kPa)	Presiune verticală
$p_{pl}$ (kPa)	Presiune la limita de cedare plastică
$p_u$ (kPa)	Presiune de umflare

$p_z$ (kPa)	Efort unitar datorat încărcărilor exterioare
$p_g$ (kPa)	Efort unitar din greutatea proprie a pământului
$p_{supl}$ (kPa)	Presiune suplimentară provocată de influența greutatei proprii neumezite din masiv
$pF=\log h$	Indicele sorbțional
$s_u$ (cm)	Ridicare prin umflare (deformația maximă posibilă)
$S_r$ (%)	Grad de umiditate
$U_L$ (%)	Umflare liberă
$V$ (cm <sup>3</sup> /100 g)	Volum specific, volum corespunzător la 100 g material uscat
$V_s$ (cm <sup>3</sup> /100 g)	Volumul ocupat de 100 g schelet mineral
$z$ (m)	Deplasarea tălpii fundației pe direcție verticală
$z_0$ (m)	Grosimea stratului deformabil
$u$ (kPa)	Presiunea apei din pori
$\alpha = \text{tg}\beta$	Factor de compresiune
$\beta(0)$	Unghiul de pantă la curba de contracție

$\delta = \Delta V/V$	Modificarea relativă de volum
$\epsilon'_{ui}$	Umflarea specifică a unui strat elementar
$\epsilon'_u$	Umflare relativă
$s_{con}$	Contractii datorită reducerii umidității în terenul de fundare
$\epsilon_{ci}$	Contractia liniară specifică a stratului "i" la o presiune egală cu suma presiunii geologice
$q$ (kPa)	Încărcarea uniform distribuită
$q_{u,max}$ (J/g)	Căldura maximă de umezire
$\Theta = V_w/V$	Umiditatea volumică (volumul apei raportat la volumul total)
$\rho$ (g/cm <sup>3</sup> )	Densitatea pământului
$\rho_{sat}$ (g/cm <sup>3</sup> )	Densitatea pământului în stare saturată
$\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> )	Densitatea pământului în stare uscată
$\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	Densitatea scheletului
$\sigma$ (kPa)	Efort unitar normal
$\sigma_z$ (kPa)	Efort unitar normal vertical
$T_{med}$ (kPa)	Efortul unitar tangențial mediu pe suprafața de alunecare
$w$ (%)	Umiditatea naturală a pământului
$w_{15}$ (%)	Umiditatea corespunzătoare sucțiunii de 15 bari
$w_{sat}$ (%)	Umiditatea de saturație
$w_{opt}$ (%)	Umiditatea optimă de compactare
$w_e$ (%)	Umiditatea de echilibru

$w_s$ (%)	Limita de contracție
$w_L$ (%)	Limita superioară de plasticitate
$w_P$ (%)	Limita inferioară de plasticitate
$x_k$	Valoarea caracteristică a parametrului geotehnic
$x_{k \text{ inf}}$	Valoarea caracteristică inferioară a parametrului geotehnic
$x_{k \text{ sup}}$	Valoarea caracteristică superioară a parametrului geotehnic
$\gamma_M$	Coeficientul parțial pentru proprietățile pământului

## 2. DATE CU PRIVIRE LA TERENUL DE FUNDARE

### 2.1. Categoria geotehnică de încadrare a amplasamentului

2.1.1. Categoria geotehnică a unei lucrări trebuie stabilită în mod preliminar înainte de a trece la investigarea terenului de fundare, urmând a fi schimbată pe măsura avansării investigației.

2.1.2. Categoria geotehnică este asociată cu riscul geotehnic. Acesta este redus, în cazul categoriei geotehnice 1, moderat în cazul categoriei geotehnice 2 și mare în cazul categoriei geotehnice 3 (conform prevederilor normativului NP 074-2007).

2.1.3. Încadrarea unei lucrări într-o categorie de risc geotehnic sporit impune realizarea în condiții de exigență corespunzătoare a investigării terenului de fundare și a proiectării infrastructurii pentru a se atinge nivelul de siguranță necesar pentru rezistența, stabilitatea și exploatarea normală a construcției.

### 2.2. Investigarea terenului de fundare

2.2.1. Investigarea terenului de fundare trebuie să asigure cunoașterea proprietăților esențiale ale terenului de fundare cel puțin în limita zonei de influență a construcției. Zona de influență a construcției este volumul din teren în care se resimte influența construcției respective sau în care pot avea loc fenomene care să influențeze acea construcție.

Extinderea în plan și în adâncime a zonei de influență depinde de tipul și de dimensiunile construcției, de încărcările transmise și de caracteristicile terenului de fundare.

2.2.2. În cazul existenței unor informații privind probabilitatea existenței unor PUCM în amplasamentul cercetat, obținute cu ocazia recunoașterii pe teren (comportarea unor construcții învecinate, informații de la localnici privind fisurarea puternică a terenului în perioadele de secetă), la investigarea terenului de fundare se va da o atenție deosebită stabilirii factorilor ce pot conduce la variații însemnate de volum ale terenului (ANEXA II).

2.2.3. La investigarea terenului de fundare pe lângă obținerea stratificației se va acorda o atenție specială următoarelor aspecte: starea rețelei de alimentare cu apă și canalizare, posibilitatea de stagnare a apelor pierdute din rețea, pozițiile eventualelor arbori existenți sau defrișați, comportarea construcțiilor învecinate și adâncimea lor de fundare, nivelul apei subterane și eventualele sale variații, monitorizarea eventualelor fisuri din construcțiile existente.

2.2.4. Zona afectată de fenomenul de contracție se consideră volumul de teren corespunzător adâncimii până la care se extind vizibil fisurile și crăpăturile, majorat cu încă 1,0 m.

Zona stabilă sub construcțiile fondate pe pământuri cu umflări și contracții mari se consideră volumul de teren până la adâncimea unde raportul  $w/w_p \geq 1$ , sau  $w < 0,4 w_L$ .

Lucrările pentru investigarea terenului de fundare se vor executa fără adaos de apă, pentru a nu se modifica regimul hidric al terenului.

2.2.5. Identificarea și caracterizarea pământurilor cu umflări și contracții mari care alcătuiesc terenul de fundare se va face pe baza rezultatelor încercărilor de laborator efectuate conform STAS 1913/12-88 și ANEXA III.

Pentru încadrarea unui pământ în categoria PUCM, sunt obligatorii a fi determinați și calculați, pe baza încercărilor, următorii parametri geotehnici:

$A_{2\mu}$  - procentul de argilă cu diametrul mai mic de 0,002 mm

$I_p$  - indicele de plasticitate ( $I_p = w_L - w_p$ )

$I_A$  - indicele de activitate ( $I_A = I_p / A_{2\mu}$ )

$C_p$  - criteriul de plasticitate [ $C_p = 0,73(w_L - 20\%)$ ]

$U_L$  - umflarea liberă [ $U_L = (V_f - V_i) 100 / V_i$ ]

$p_u$  - presiunea de umflare

Opțional se pot determina și alți parametri geotehnici conform STAS 1913/12-88 și ANEXA III.

2.2.6. Investigarea terenului de fundare, completată cu determinări în laborator ale parametrilor geotehnici ai pământurilor cu umflări și contracții mari (STAS 1913/12-88 și ANEXA III) se finalizează cu un studiu geotehnic.

2.2.7. Studiul geotehnic reprezintă documentația geotehnică de bază necesară pentru proiectarea obiectelor de construcții pe amplasamentul investigat și face parte din proiectul tehnic.

Studiul geotehnic va cuprinde caracterizarea pământului și indicarea datelor care să permită prognozarea tendinței de variație a volumului cu umiditatea (contractie sau umflare) și a adâncimii zonei afectate de variațiile de volum (ANEXELE II și IV).

2.3. Determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici

2.3.1. Parametrii geotehnici servesc atât la proiectarea geotehnică prin calcul cât și la proiectarea geotehnică bazată pe măsuri prescriptive.

2.3.2. Nivelul de siguranță adoptat în stabilirea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici corespund nivelului minim prevăzut în standardele europene (Eurocoduri). Proiectantul construcției poate adopta, pe baza unor justificări tehnico-economice, cu acordul beneficiarului, un nivel de siguranță mai ridicat pentru întreaga structură geotehnică sau pentru părți ale acesteia.

2.3.3. Valoarea caracteristică a unui parametru geotehnic se ia în considerare prin stabilirea valorii caracteristice inferioare ( $X_{Kinf}$ ) și a valorii caracteristice superioare ( $X_{Ksup}$ ) și utilizarea în calcul a combinației celei mai nefavorabile a acestor valori (Anexa A1 din normativul NP 122:2010)

În cazul în care valorile determinate prin încercări indică o tendință certă de variație în plan sau pe adâncime, se poate stabili o dependență matematică a valorilor caracteristice în funcție de dimensiunea respectivă.

2.3.4. Valorile de calcul ale parametrilor geotehnici ( $X_d$ ) se stabilesc - de regulă - de către proiectantul structurii geotehnice, prin împărțirea valorilor caracteristice ( $X_K$ ) la coeficientul parțial pentru proprietățile pământului ( $\gamma_M$ ):

$$X_d = X_K / \gamma_M \quad (2.1)$$

În cazul inexistenței unor date semnificative ale valorilor  $X_K$ , pentru calcule preliminare se admite evaluarea directă a valorilor  $X_d$ , ținând seama de nivelul de siguranță.

2.3.5. Pentru calculele la starea limită ultimă, în situațiile de proiectare permanente și tranzitorii, valorile  $\gamma_M$  sunt date în tabelele 4.2 și 4.4 din SR EN 1997-1:2004.

Pentru situațiile de proiectare accidentale se acceptă  $\gamma_M = 1$ .

În cazurile speciale, în care se efectuează calcule la starea limită ultimă cu considerarea stării de deformare a terenului, pentru parametrii de deformație ai straturilor de pământ se poate accepta  $\gamma_M = 1$ .

2.3.6. Pentru toate calculele la starea limită de exploatare normală se utilizează valoarea  $\gamma_M = 1$ .

### 3. ELEMENTE PENTRU ESTIMAREA DEPLASĂRILOR ȘI SOLICITĂRILOR ASUPRA CONSTRUCȚIILOR DATORATE VARIAȚIEI UMIDITĂȚII TERENULUI DE FUNDARE

3.1. Stabilirea condițiilor de fundare și a măsurilor constructive la fundarea pe PUCM trebuie să se bazeze pe determinarea corectă a caracteristicilor de contractie-umflare ale terenului și pe estimarea deplasărilor fundațiilor.

Deplasările estimate ale fundațiilor vor fi comparate cu deplasările admisibile pentru fiecare tip de structură, conform prevederilor normativului NP 112-2004.

3.2. Ridicarea sau tasarea tălpii fundației se poate estima printr-un calcul de însumare a efectelor stratelor

elementare, utilizând rezultatele încercării edometrice duble sau multiple reprezentate în diagrama de stare (fig. III.1 din ANEXA III, ANEXA V).

Metoda încercării edometrice duble sau multiple constă în încărcarea a două sau mai multe probe, recoltate la același nivel și la o mică distanță una de alta; probele sunt supuse încercării clasice de consolidare în edometru, prima în condițiile menținerii umidității naturale din teren, celelalte la umidități mărite până la condiția de inundare completă.

Fiecare din probele aduse la umidități diferite va fi încărcată în edometru conform STAS 8942/1-84 înregistrându-se atât deformațiile cât și umiditățile atinse după fiecare treaptă de încărcare.

Estimarea variațiilor de volum ale pământurilor din terenul de fundare se face cu ajutorul diagramei de stare în care sunt reprezentate curbele (în cazul încercării edometrice multiple) sau dreptele (în cazul încercării duble) care corespund modificărilor de stare, între situația inițială și cea finală (fig. IV.1 din ANEXA IV).

3.3. Solicitățile care apar în construcție ca urmare a umflării terenului de fundare (datorată variației umidității) se pot evalua utilizând indicațiile din ANEXA VI.

3.4. Pentru corelarea măsurilor de proiectare și execuție cu posibilitatea de manifestare a umflării sau a contracției terenului de fundare alcătuit din pământuri cu umflări și contracții mari se vor utiliza precizările cuprinse în ANEXA VII.

#### 4. MĂSURI LA PROIECTAREA SAU LA REMEDIEREA CONSTRUCȚIILOR FUNDATE PE PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

4.1. Pământurile argiloase cu un potențial ridicat de modificare a volumului la variațiile de umiditate (PUCM), ocupă suprafețe însemnate în țara noastră (v. ANEXA I).

4.2. O proiectare judicioasă a construcțiilor fundate pe PUCM o proiectare judicioasă trebuie să se bazeze pe următoarele două elemente:

> stabilirea regimului de umiditate și a proprietăților pământului argilos de fundare la începerea construcției.

> estimarea modificărilor care se vor produce în regimul de umiditate în cursul exploatării construcției și a efectelor acestora asupra proprietăților argilei.

4.3. Pentru înlăturarea sau atenuarea fenomenelor defavorabile datorate existenței pământurilor cu umflări și contracții mari pot fi avute în vedere următoarele măsuri:

a) eliminarea cauzelor care generează variații de umiditate în terenul de fundare, (a surselor ce provoacă umezirea (conducte sau canalizări degradate, ridicarea nivelului apelor subterane, infiltrații datorate precipitațiilor sau stagnării apei la suprafața terenului, irigații, defrișări) a surselor ce provoacă uscarea (existența unor arbori în vecinătatea construcției, coborârea nivelului apelor subterane, procese tehnologice cu temperaturi ridicate);

b) alegerea unei adâncimi de fundare sub zona ce prezintă variații de volum, prin subzidirea fundațiilor existente aflate la adâncimi insuficiente sau prin fundarea pe piloți;

c) îmbunătățirea terenului de fundare pentru a diminua sau anula variațiile de volum la variații de umiditate;

d) realizarea unei construcții capabile de a prelua solicitările datorate deformațiilor provocate de variațiile de volum ale terenului de fundare.

4.4. Adâncimea minimă de fundare se stabilește în funcție de nivelul hidrostatic, distingându-se următoarele cazuri:

- cazul I, când nivelul hidrostatic al apei subterane este la o adâncime mai mică de 2,00 m;

- cazul II, când nivelul hidrostatic al apei subterane este la o adâncime intermediară (2,00 -10,00 m);

- cazul III, când nivelul hidrostatic al apei subterane este la o adâncime mai mare de 10,00 m.

În cazul I, în care nivelul hidrostatic al apei subterane se menține constant la o adâncime mai mică de 2,00 m, pământul aflat la o adâncime de peste 1,40 m nu mai poate prezenta variații de volum, întrucât umiditatea lui se menține constantă (ANEXA II).

4.5. Pentru orice fel de construcție cu caracter definitiv, ce face obiectul prezentului normativ, adâncimea minimă de fundare, D, este mai mare decât adâncimea de îngheț (STAS 6054-77) și se recomandă a fi:

• D = 1,50 m, pentru cazul I (conform condițiilor hidrogeologice, pct. 4.2).

• D = 2,00 m, pentru cazurile II și III.

4.6. În cazul în care sub adâncimea de fundare aleasă conform recomandărilor de la pct. 4.3. se află



pământuri contractile de natură organică (cu conținut ridicat de humus), proiectantul va analiza dacă se justifică tehnic și economic depășirea parțială totală a acestor straturi. De asemenea, dacă se justifică tehnic și economic alegerea unei adâncimi de fundare sau cât mai aproape de orizontul C al terenului bogat în calcar, practic stabil la variații de volum, a cărei poziție trebuie să se precizeze în studiul geotehnic în conformitate cu ANEXA I.

4.7. Atunci când în proiect se stabilește pentru unele părți ale construcției fundarea la adâncimi diferite, se vor prevedea rosturi de tasare, iar diferențele de adâncime între fundațiile alăturate nu vor depăși 0,50 m.

Măsurile ce se adoptă la proiectarea construcțiilor

4.8. În tabelul 4.1 sunt indicate măsuri ce se pot adopta la proiectarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari. Acestea se aleg în funcție de adâncimea de fundare, de importanța și destinația construcției, de caracteristicile de umflare-contracție ale terenului de fundare și de elementele indicate la capitolul 3.

**Tabelul 4.1. Măsuri pentru fundarea clădirilor pe terenuri cu PUCM**

1. Menținerea unor condiții stabile de umiditate prin ecrane impermeabile sub trotuare (pământ stabilizat sau geomembrane) și evitarea infiltrațiilor din interior.
2. Controlul sau prevenirea variațiilor de volum prin mărirea presiunilor pe teren, prevederea unor spații de expansiune.
3. Rigidizarea structurii prin centuri.
4. Îmbunătățirea pământurilor prin stabilizare, injecții sau înlocuire.
5. Fundarea în adâncime sub zona afectată de variațiile de volum.

Măsurile din prezentul normativ sunt gradate pentru următoarele cazuri:

a) fundarea construcțiilor la adâncimea minimă, indicată la pct. 4.5.: 1,50 m pentru cazul I și 2,00 m pentru cazurile II și III.

b) fundarea la o adâncime mai mică decât cea prevăzută la pct. 4.5., cu adoptarea unor măsuri constructive speciale.

4.9. Alegerea măsurilor constructive speciale se va face avându-se în vedere potențialul de umflare-contracție al pământului și capacitatea portantă a terenului, pe baza următoarelor criterii:

- importanța, mărirea și structura de rezistență a construcției; nivelul apei subterane în amplasamentul construcției (pct. 4.4.);

- grosimea și potențialul de umflare-contracție al pământurilor care alcătuiesc terenul de fundare (ANEXA III);

- variația umidității terenului de fundare, în perioada execuției și exploatării construcției (ANEXA II);

- gradul de asigurare admis pentru construcție (grad I sau II, conform pct. 4.10.).

4.10. Din punct de vedere al gradului de asigurare împotriva degradărilor, construcțiile se pot realiza:

- cu asigurare de gradul I, când prin măsurile ce se iau se urmărește ca toate elementele componente ale construcției în ansamblu să poată prelua eforturile suplimentare (forțe tăietoare, momente încovoietoare și de torsiune) provenite din tasări - ridicări sau împingeri rezultate din contracția sau umflarea terenului, fără a periclita structura de rezistență, a împiedica exploatarea construcției și a pune în pericol vieți omenești;

- cu asigurarea de gradul II, când măsurile luate au drept scop limitarea degradărilor, astfel încât acestea să nu pună în pericol vieți omenești iar construcția să nu fie scoasă temporar din funcțiune, dar să necesite cheltuieli de reparație.

4.11. Se recomandă ca proiectantul să folosească la obiectivele ce urmează a se realiza experiența locală referitoare la comportarea construcțiilor existente fundate pe același tip de teren.

Măsuri constructive în cazul fundării la adâncimea minimă de fundare

4.12. În cazul fundării la adâncimea minimă indicată la pct. 4.5. și pentru construcții fără condiții speciale de exploatare, pentru prevenirea degradărilor sunt suficiente, de regulă, următoarele măsuri:

a) Secționarea clădirii și fundației în tronsoane de maximum 30,00 m, prin rosturi de tasare;

b) Conductele de alimentare cu apă ce intră și ies din clădiri vor fi prevăzute cu racorduri elastice și etanșe la traversarea zidurilor sau fundațiilor. Este indicat ca în interiorul clădirilor conductele să fie montate aparent, în subsol, respectiv la primul nivel în cazul construcțiilor fără subsol, astfel încât să fie accesibile pentru controlul ce trebuie efectuat periodic iar eventualele reparații să poată fi efectuate imediat ce se depistează orice neetanșeități.

c) Realizarea de trotuare etanșe în jurul clădirilor; trotuarul cu o lățime minimă de 1,00 m se va așeza pe un strat de pământ stabilizat, în grosime de 20,00 cm, prevăzut cu pantă de 5% spre exterior. Pentru a fi etanș, trotuarul poate fi confecționat din asfalt turnat sau din dale din piatră sau beton rostuite cu mortar de ciment sau mastic bituminos. Etanșeitatea în timp necesită o bună comportare a stratului de pământ stabilizat, conform prevederilor de la pct. 6.5. Pentru construcțiile etanșe pe suprafețe mari, de exemplu unele clădiri agrozootehnice, trotuarul se păstrează numai în zonele circulabile, în rest construcțiile se înconjoară cu un strat de pământ stabilizat cu grosime de 20 ...30 cm și o lățime de minim 1,50 m menținându-se o pantă transversală de 5% spre exterior.

d) Anexele clădirilor (scări, terase, etc.) vor fi fondate de regulă la aceeași adâncime cu construcțiile respective, pentru a se evita degradarea lor datorită tasărilor sau umflărilor diferite de la un punct la altul. În funcție de tendințele și posibilitățile de deformare a terenului prin contracție sau umflare, se va adopta fie legarea rigidă de construcții a anexelor, fie separarea lor completă și tratarea independentă.

e) Evacuarea apelor superficiale și amenajarea suprafeței terenului înconjurător cu pante de scurgere spre exterior. Evacuarea prin burlane a apelor de pe acoperiș trebuie făcută la rigole impermeabile, special prevăzute în acest scop, cu dușee asigurate și, preferabil, direct în rețeaua de canalizare. Prin măsurile de sistematizare verticală trebuie să se evite stagnarea apelor superficiale la distanțe mai mici de 10,00 m în jurul fiecărei construcții.

4.13. După intensitatea fenomenelor de asecare, diferitele specii de arbori pot fi calificate astfel:

- foarte periculoase: plopul, arinul, salcâmul, salcia, ulmul;
- periculoase: arțarul, mesteacănul, frasinul, fagul, stejarul și tufanul;
- puțin periculoase: laricele, bradul, pinul.

Se recomandă evitarea plantării sau menținerii de arbori ornamentali, pomi fructiferi, arbuști sau plante perene în apropierea construcțiilor, asigurându-se un spațiu între clădire și copaci de 3,00-5,00 m, în funcție de importanța construcției, de natura arborilor și de potențialul de umflare-contracție al terenului (fig. VIII.1 - ANEXA VIII).

Existența unor grădini interioare, prevăzute de obicei cu bazine de apă sau fântâni țâșnitoare constituie un risc important în cazul pământurilor cu umflări și contracții mari.

Defrișarea și deșeurăcinarea copacilor se va face într-o perioadă umedă (primăvara sau toamna), iar golurile rezultate se vor umple cu pământ local sau, preferabil, pământ stabilizat bine compactat.

Trebuie avut în vedere că efectele existenței vegetației se manifestă uneori după un timp îndelungat (6-12 ani), determinat de dezvoltarea arborilor.

Existența arborilor conduce în general la tasări diferențiate, cu valori maxime în imediata vecinătate a trunchiului. Uneori s-au semnalat și deplasări pe orizontală, până la 5,00 cm. Procesele pot fi accelerate sau întârziate, funcție de perioadele mai secetoase sau mai umede.

În afară de efectul de asecare, arborii pot provoca tasări sau deplasări pe orizontală datorită împingerilor provocate de creșterea diametrului trunchiului sau rădăcinilor.

4.14. Este necesară urmărirea comportării și mișcării construcțiilor (deplasări, înclinări). Proiectantul va include în documentația tehnică și economică a proiectului de execuție urmărirea comportării mișcărilor construcțiilor, inclusiv tipul, numărul și poziția reperelor respective. În timpul execuției construcției, sarcina efectuării măsurătorilor revine constructorului, iar după darea în exploatare ea revine beneficiarului lucrării. Este indicat ca întreaga acțiune a urmăririi mișcărilor construcțiilor să fie preluată de la început de către o unitate topografică de specialitate, prin grija beneficiarului, conform legislației aplicabilă, în vigoare (STAS 2745-90, etc.).

Măsuri constructive în cazul fundării la o adâncime cuprinsă în zone de variație sezonieră a umidității

4.15. În cazul fundării la o adâncime mai mică decât cea prevăzută la pct. 4.4, în special pe pământuri cu

umflări și contracții mari sau foarte mari, pe lângă măsurile de la pct. 4.10 sunt necesare unele măsuri constructive speciale în vederea asigurării rezistenței, stabilității și exploatării normale a tuturor construcțiilor fondate pe asemenea pământuri, ca de exemplu:

a) Realizarea unui trotuar etanș din jurul construcției, cu o lățime minimă de 1,50 m așezat pe un strat de pământ stabilizat (fig. 4.1);

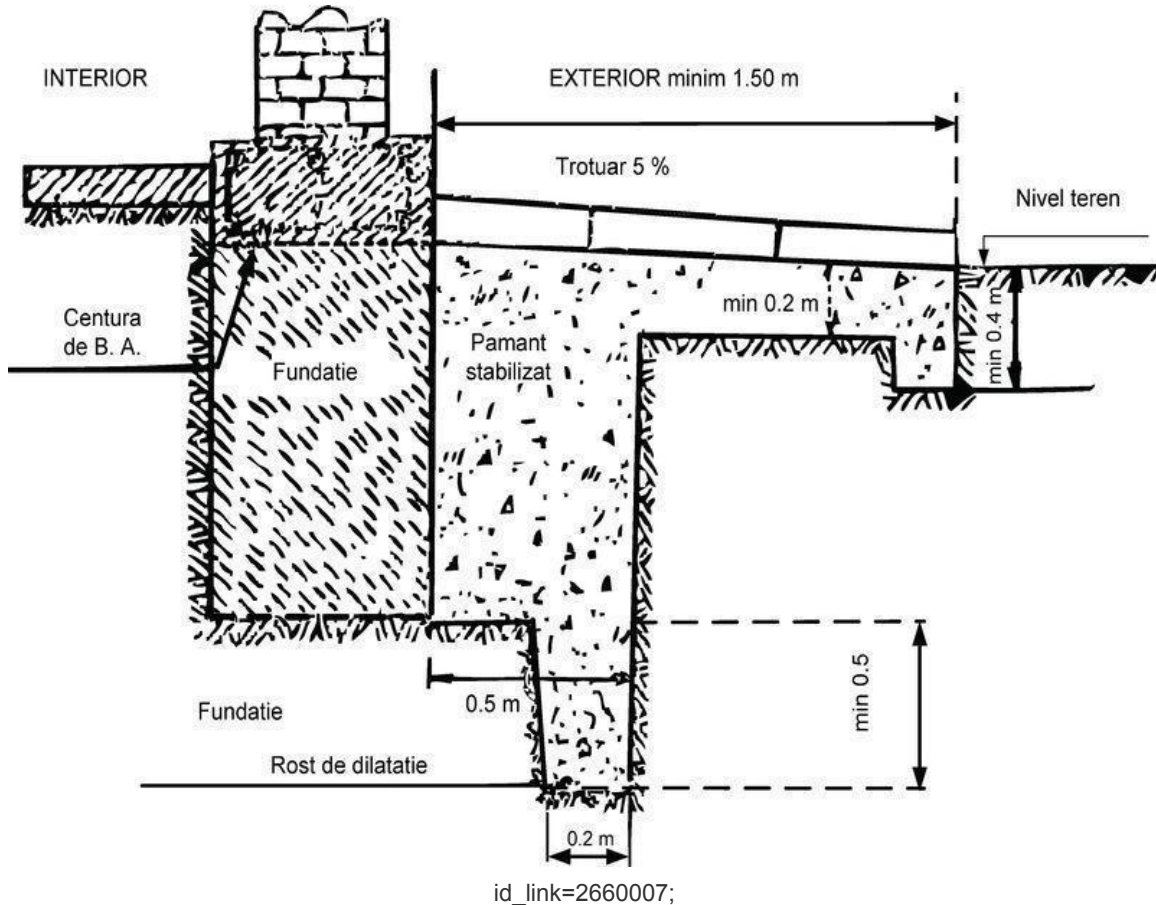


Figura 4.1. Trotuar etanș în jurul clădirilor cu adâncimea de fundare cuprinsă în zona de variație sezonieră a umidității

b) Reducerea umflării terenului prin mărirea presiunii efective pe talpa fundației până la o valoare cel puțin egală cu presiunea de umflare, stabilită conform spectrului cu traiectoriile modificărilor de stare rezultate în urma încercărilor edometrice multiple, fără a depăși însă capacitatea portantă a terenului, stabilită conform STAS 3300/2-85 "Terenul de fundare. Calculul terenului de fundare în cazul fundării directe".

c) Prevederea unor structuri de susținere sau a unor măsuri constructive care să permită preluarea împingerilor sau deplasărilor neuniforme cauzate de umezirea, respectiv uscarea terenului de fundare, ca de exemplu realizarea unor centuri de beton armat, continue pe întreaga lungime a pereților exteriori și interiori, portanți sau autoportanți, amplasate la fiecare nivel al construcției, inclusiv la nivelul soclului.

4.16. La clădirile numai cu parter, având o formă în plan apropiată de pătrat, centura superioară poate fi înlocuită cu armarea zidăriei la colțuri, pe 1,50 ... 2,00 m lungime pe fiecare latură, care să depășească în orice caz golurile ușilor și ferestrelor. Centurile se armează de regulă simetric, având minimum 4  $\Phi$  12 pentru oțel OB 38. Pentru centuri cu lățimea mai mare de 32,00 cm, sunt necesare minimum 6  $\Phi$  12.

Calculul se va efectua pe baza sensului predominant al deformației terenului, în funcție de condițiile din momentul executării fundației (anotimp ploios sau secetos). Efectele deformațiilor neuniforme vor fi

considerate acțiuni temporare de lungă durată.

4.17. Proiectarea unor construcții puțin sensibile la deformarea neuniformă a terenului de fundare, în cazurile în care este necesară o asigurare de gradul I (art. 4.9), se poate materializa fie prin construcții cu structura foarte rigidă care să poată prelua în bune condiții eforturile suplimentare ce apar în suprastructură fie prin construcții flexibile care să se adapteze la deformațiile terenului. Structura se va proiecta astfel încât să asigure rigiditatea, respectiv flexibilitatea construcției atât în plan vertical cât și în plan orizontal.

Îmbinările elementelor de rezistență din beton armat prefabricat trebuie proiectate și realizate cu luarea în considerare a efectelor deformării neuniforme a terenului.

4.18. Calculele se vor efectua pe baza celor mai defavorabile ipoteze privitoare la contracția sau umflarea terenului, în funcție de condițiile de umiditate identificate prin studiile geotehnice și cele care se anticipează pentru perioada execuției fundației. Efectele deformațiilor neuniforme vor fi considerate acțiuni temporare de lungă durată.

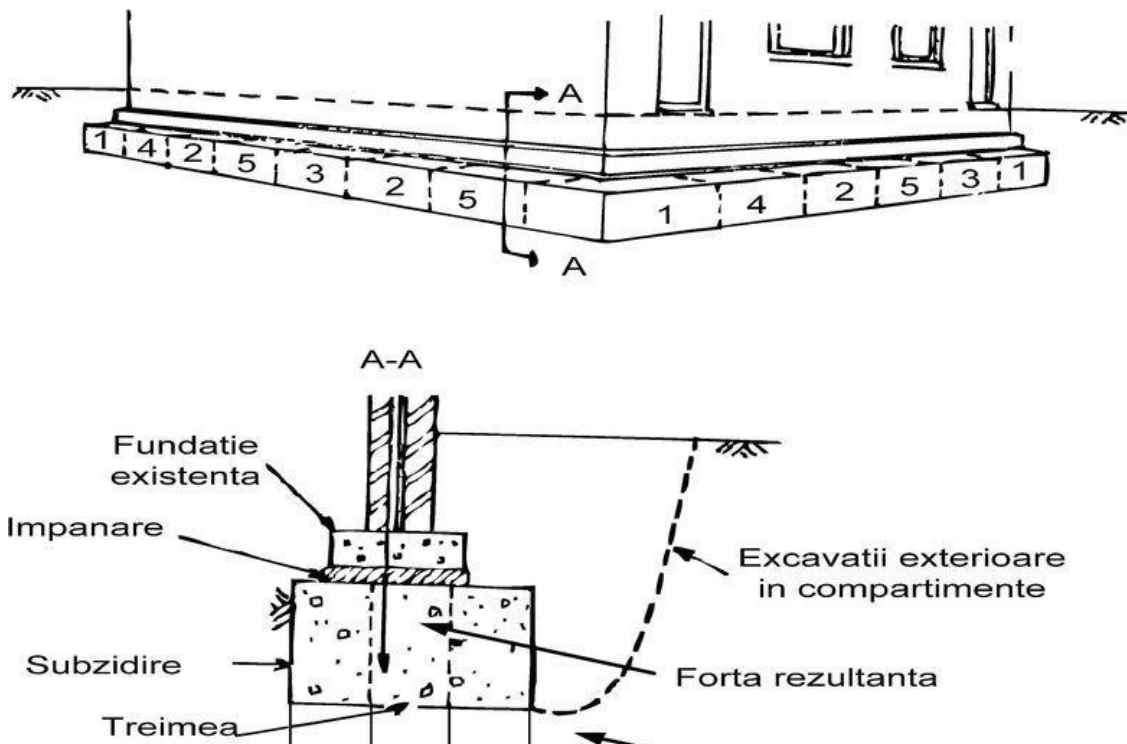
Se va verifica compatibilitatea dintre deformațiile (în ambele sensuri) ale terenului activ și deformațiile admisibile ale structurilor prefabricate (STAS 3300/2-85).

4.19. Pentru construcții de importanță deosebită și atunci când stratul de PUCM are grosime mare, se poate recurge la fundarea pe piloți pentru a asigura transmiterea eforturilor sub zona afectată de variațiile de umiditate ale pământului și, deci, de modificările de volum. În acest caz, pentru fișa pilotului situată în zona cu variații de volum se vor adopta soluții care să evite exercitarea asupra pilotului a unor solicitări de smulgere ca urmare a umflării terenului.

4.20. Pentru a se evita executarea unor volume mari de săpătură și de betoane în fundații (de exemplu la unele construcții agrozootehnice dezvoltate pe suprafețe mari), este indicată înlocuirea fundațiilor continue cu fundații izolate pe care să se rezeme construcția prin intermediul unor grinzi de fundare. Se va prevedea un spațiu între suprafața terenului și talpa grinzii de fundație egal cu valoarea posibilă a umflării pământului (cca. 10-15 cm) care să se umple cu nisip, împiedicându-se totodată accesul direct al apei și asigurându-se evacuarea ei.

Măsuri pentru remedierea degradărilor

4.21. În cazul unor construcții ce au suferit degradări (ANEXA VIII) se poate recurge la subzidire prin excavare pe tronsoane, în ordinea indicată în fig. 4.2.





id\_link=2660008;

Figura 4.2. Schema subzidirii

## 5. MĂSURI CONSTRUCTIVE ÎN CAZUL LUCRĂRILOR DE TERASAMENTE RUTIERE ÎN ZONELE CU PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

5.1. La taluze degradarea are loc de obicei prin formarea unor cruste crăpate, care se desprind progresiv și afectează zone din ce în ce mai profunde.

Sunt frecvente, de asemenea, ruperi de picior sau de adâncime atunci când apa se infiltrează prin fisuri de contracție sau când argila de la baza taluzului devine saturată ca urmare a unui drenaj ineficient. În cazul când argila absoarbe apa sau este supusă efectului unor cicluri de uscare-umezire, rezistența la forfecare se reduce foarte mult.

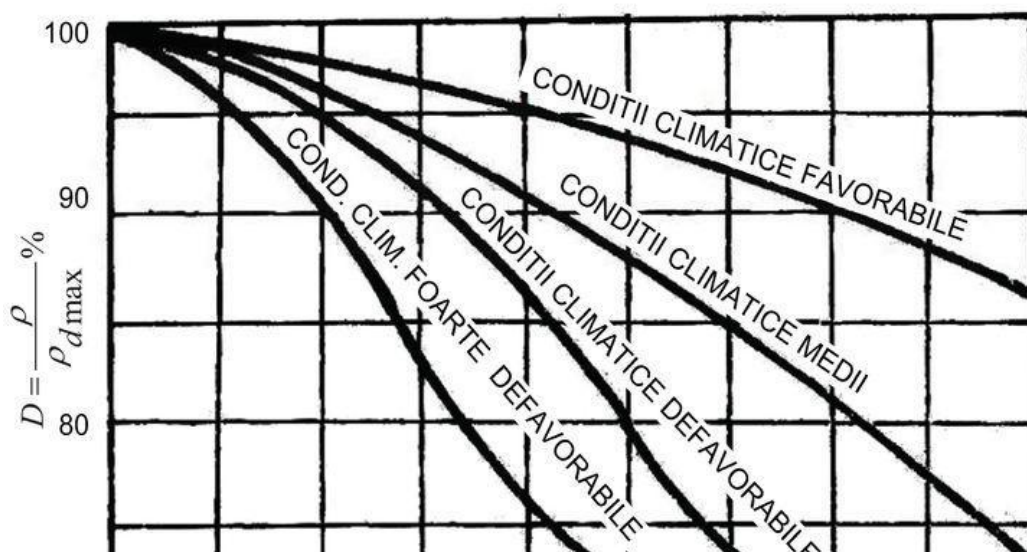
În astfel de cazuri, taluzele de echilibru pot ajunge la înclinări de  $5^\circ \dots 10^\circ$ . Asemenea valori se obțin dacă în calculele de stabilitate se contează pe rezistența reziduală, care în cazul argilelor active poate fi 0,3 sau chiar 0,1 din rezistența de vârf.

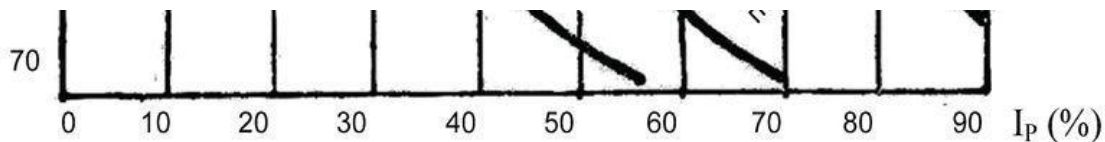
În unele cazuri, taluzele inițial stabile se degradează după câteva luni sau câțiva ani, ca urmare a atingerii unei noi situații de echilibru al presiunilor interstițiale, care prin descărcare au avut la început valori negative. Adesea, procesul se accelerează ca urmare a efectului unor ploii puternice.

5.2. Metodele uzuale de tratare constau din: îmbunătățirea condițiilor de drenaj, atât la piciorul cât și la partea superioară a taluzului; protecția suprafeței împotriva eroziunii și a pătrunderii apei prin infiltrație în fisuri (așternerea unor materiale granulare, geotextile, geomembrane, etc.) și adoptarea unor pante dulci ale taluzelor de ordinul  $1/3$  la  $1/4$ .

5.3. În general, se recomandă evitarea folosirii pământurilor contractile la realizarea rambleelor. Atunci când nu se dispune de alte materiale se poate recurge la îmbunătățirea pământurilor, în special prin stabilizarea cu var. Compactarea pământurilor contractile trebuie realizată la umidități cât mai apropiate de umiditatea de echilibru, diminuându-se în felul acesta variațiile de volum aferente modificărilor de umiditate.

Pentru orientare, în fig. 5.1, se arată gradul de compactare necesar, în funcție de condițiile climatice și indicele de plasticitate al pământurilor ( $I_p$ ). Condițiile cele mai defavorabile corespund unor zone climatice cu perioade de secetă mai mari de 3 luni. Trebuie menționat, însă, că aceste recomandări se referă la rambleele pe care se așează tălpile de fundare ale clădirilor și nu sunt aplicabile pentru drumuri cu trafic greu.





id\_link=2660009;

Figura 5.1. Variația gradului de compactare necesar în funcție de condițiile climatice și  $I_p$

5.4. O construcție rutieră se comportă ca orice construcție foarte ușoară, la care greutatea proprie nu compensează presiunea de umflare dezvoltată de pământul argilos. Dacă îmbrăcămintea este impermeabilă și execuția a avut loc la sfârșitul verii, când datorită secetei suțiuina pământului este ridicată, are loc ulterior un proces de migrație a apei din zonele învecinate mai umede spre zona centrală până la atingerea unei noi stări de echilibru. Creșterea umidității în zona centrală conduce la umflarea pământului și la apariția de fisuri longitudinale caracteristice.

Pentru diminuarea efectelor umflărilor și contracțiilor sunt de preferat îmbrăcămintele flexibile care pot fi reparate mai ușor.

5.5. În etapa de proiectare este necesar să se dispună de următoarele date:

- evaluarea profilului de umiditate a terenului;
- prognoza distribuției de echilibru a umidității după construirea șoselei și a variațiilor de volum aferente;
- volumul specific  $V$ , densitatea pământului în stare uscată  $\rho_d$  și umiditatea optimă de compactare,  $w_{opt}$ ;
- modulul edometric ( $E_{oed}$ ) și indicele californian de capacitate portantă (CBR), funcție de starea de umiditate a terenului.

5.6. Măsuri recomandate pentru a micșora tendința de umflare a terenului:

- a) înlocuirea argilei pe o grosime de 0,60 - 0,80 m cu pământ mai puțin activ sau cu pământ stabilizat și la repararea periodică (6-7 ani) a îmbrăcăminții rutiere;
- b) execuția în etape, lăsându-se între etape un timp suficient pentru stabilizarea condițiilor de umiditate;
- c) dirijarea apelor de suprafață și drenarea platformei pentru a evita stagnarea apei și umflările aferente.

## 6. MĂSURI PRIVIND ORGANIZAREA ȘI EXECUȚIA LUCRĂRILOR DE FUNDAȚII PE PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

6.1. Înainte de începerea săpăturilor pentru fundații, este absolut necesar ca suprafața terenului să fie curățată și nivelată, cu pante de scurgere spre exterior, spre a nu se permite stagnarea apelor din precipitații și scurgerea lor în săpăturile pentru fundații, aceste lucrări fiind prevăzute în proiect ca lucrări de bază.

6.2. Toate lucrările ciclului zero se vor efectua pe tronsoane, fără întreruperi și în timp cât mai scurt, pentru a se evita în timpul execuției variațiile importante de umiditate a pământului activ.

6.3. Ultimul strat de pământ din săpătura pentru fundație, de cca. 30 cm grosime, trebuie excavat eșalonat în timp și nemijlocit înainte de turnarea betonului în fundație, pentru a se evita efectele negative cauzate de variațiile de umiditate.

În cazul în care adâncimea de fundare a construcției se află în zone de variație sezonieră a umidității pământului, executantul este obligat să solicite prezența proiectantului înainte de începerea turnării betonului în fundații, pentru a verifica măsura în care ipotezele luate în considerare la proiectare corespund cu situația reală de pe teren.

6.4. Dacă se observă crăpături pe suprafața terenului la adâncimea de fundare, se va proceda la matarea lor înainte de turnarea betonului, fie cu lapte de ciment (când crăpăturile sunt mici) fie cu pământ stabilizat, și apoi la compactarea suprafeței săpăturii, precedată de o ușoară stropire a pământului, pentru a se realiza umiditatea optimă de echilibru. Aceste operații vor fi urmate imediat de turnarea betonului în fundație.

6.5. Umpluturile sub pardoseli se vor executa fie din pământuri fără potențial de contracție-umflare, dacă se dispune de un astfel de material în zonă, fie din pământuri cu umflări și contracții mari stabilizate; în toate cazurile, umpluturile vor fi bine compactate, în straturi de 15 ... 20 cm grosime, fiind interzisă utilizarea materialelor drenante.

Soluția de realizare a umpluturilor va fi, în mod obligatoriu, stabilită în proiectul de execuție.

Pentru controlul execuției umpluturilor, se vor respecta normele în vigoare, în funcție de natura materialului din care sunt realizate umflăturile.

6.6. Stabilizarea pământurilor cu umflări și contracții mari folosite la umpluturi, pentru a deveni insensibile la variațiile de umiditate, se poate efectua fie prin metode chimice, fie prin amestecare cu nisip.

6.7. Pentru stabilizarea prin metode chimice, se recomandă utilizarea prafului de var nestins, în proporție de 3 ... 6% (din greutatea pământului uscat), procentul stabilindu-se prin încercări, funcție de natura și umiditatea naturală a pământului activ. Stabilizarea prin amestecare cu nisip necesită un procent de 20 ... 40% nisip mare, procent care de asemenea se stabilește prin încercări.

Încercările pentru stabilirea proporțiilor de praf de var nestins sau de nisip constau din efectuarea în laborator a unor amestecuri de probă cu pământurile ce urmează a fi stabilizate, cărora li se determină capacitatea de variație a volumului conform celor arătate la pct. 3.2. Pe baza acestor încercări de laborator, proiectantul va stabili valorile umidității optime de compactare,  $w_{opt}$ , și a densității în stare uscată,  $\rho_d$ .

Operația propriu-zisă de stabilizare a pământului contractil constă în amestecul cât mai omogen al pământului respectiv cu praful de var nestins sau cu nisipul mare, în proporțiile și la umiditățile rezultate din încercări și prescise în caietul de sarcini. Punerea în operă a pământului stabilizat se face în straturi în grosime de 15-20 cm în stare afânată, supuse apoi compactării. Toate operațiunile pentru asigurarea calității lucrărilor, inclusiv compactarea, trebuie realizate într-un timp cât mai scurt, pentru ca umiditatea materialului să nu se modifice cu mai mult de  $\pm 2\%$  față de umiditatea prescisă prin încercări.

6.8. La executarea lucrărilor de terasamente și fundații se vor respecta următoarele acte normative și reglementări tehnice aplicabile, în vigoare:

- norme de protecție a muncii;
- norme de protecție a muncii în construcții;
- regulamentul privind protecția și igiena muncii în construcții.

## ANEXA I

### ORIGINEA GEOLOGICĂ A PĂMÂNTURILOR CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI ȘI COMPORTAREA LOR LA VARIAȚII DE UMDITATE

I.1. Originea geologică a pământurilor cu umflări și contracții mari

I.1.1. Pământurile argiloase care manifestă un potențial de contracție-umflare important la variații de umiditate fac parte din categoria pământurilor cu umflări și contracții mari (PUCM).

I.1.2. După originea geologică, pământurile cu umflări și contracții mari se pot încadra în următoarele tipuri:

- formațiuni de zonă temperată (de la sfârșitul terțiarului și începutul cuaternarului), constituite din depozite glaciare, lacustre și marine vechi, de natură marnoasă-calcaroasă, decalcificate prin spălare și îmbogățite în coloizi. Din această categorie fac parte majoritatea pământurilor cu umflări și contracții mari din țara noastră.

- formațiuni de climă caldă, bogate în materii organice provenite din evoluția biodinamică a solului de origine glaciară sau aluvionară, care au suferit în timp o importantă evoluție pedologică, devenind argile fisurate cu porozitate și plasticitate foarte mare, prezentând o structură secundară manifestată prin rețele de fisuri care separă masa lor în bucăți poliedrice cu fețe lustruite. Din această categorie fac parte depunerile argiloase și organice din lunca și delta Dunării, depunerile de pe cursurile unor râuri și unele depuneri lacustre.

- pământuri provenite din marne argiloase la care, prin solificare, calcarul a fost spălat și depus în adâncime (la 2,00 ... 2,50 m și mai mult), rezultând patru orizonturi caracteristice:

- orizontul A: bogat în substanțe organice (humus), de culoare neagră, purtător al rădăcinilor de plante;

- orizontul B: cu potențial de umflare-contracție mare, de culoare cafenie-roșcată, bogat în particule coloidale (minerale argiloase);

- orizontul C: lipsit de potențial de umflare-contracție, bogat în carbonat de calciu, mai albicios, sub formă de concrețiuni calcaroase;

- orizontul D: roca mamă (marnă argiloasă); orizont nealterat.

I.2. Comportarea pământurilor cu umflări și contracții mari la variații de umiditate

I.2.1. Creșterea sau scăderea grosimii învelișului de apă adsorbită este însoțită întotdeauna de o extensie sau contracție a structurii pământurilor, prin modificarea distanței dintre particule, fapt ce determină variații importante de volum la variații de umiditate.

Exemplu. Fie un montmorillonit sodic având o limită de curgere de 710%, limită de frământare 54%. Pentru un grad de saturație egal cu 1,0, indicele porilor e, va fi:

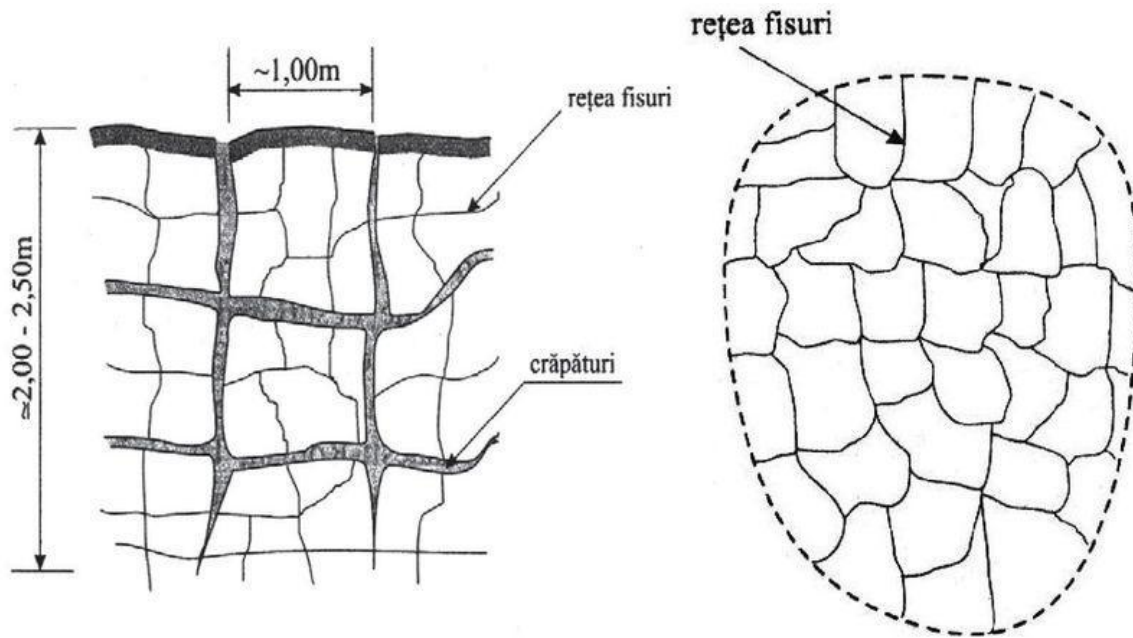
- la limita de curgere

$$e_L = \gamma_s \cdot W_L / \gamma_w = 7,1 \gamma_s / \gamma_w \quad (I.1)$$

- la limita de frământare

$$e_p = 0,54 \cdot \gamma_s / \gamma_w \quad (I.2)$$

ceea ce înseamnă o creștere a indicelui porilor corespunzător limitei de curgere de 13 ori, și o modificare importantă a volumului pământului.



id\_link=2660010;

Fig. I.1. Macro și micro-rețeaua de fisurare a pământurilor argiloase active

I.2.2. Comportarea pământurilor cu umflări și contracții mari la variații sezoniere de umiditate, se manifestă astfel:

- variațiile de volum în cicluri succesive, de contracție-umflare provoacă discontinuități în masa pământurilor în zona superficială, până la adâncimi de cca. 2,00-2,50 m, sub formă de fisuri și crăpături;
- în perioadele secetoase, crăpăturile de contracție, de obicei sub forma unei rețele poligonale (fig. I.1.), străbat orizonturile A și B, până la suprafața orizontului C, provocând fisurarea construcțiilor la care nu s-au luat măsuri corespunzătoare; fenomenul este mai pronunțat la terenurile puternic însoțite, mai ales acolo unde au stagnat apele atmosferice (ochiuri de apă, bălți de mică adâncime);
- în perioadele ploioase crăpăturile încep să se închidă; închiderea crăpăturilor pornește atât de jos, datorită umezirii prin apa infiltrată în stratele inferioare, cât și de sus, datorită umflării stratelor superioare prin umezire uniformă; crăpăturile pot rămâne parțial deschise de la un ciclu sezonier la altul.

Întrucât variațiile de volum nu se produc în mod uniform în plan în lungul perimetrului construcției și în adâncime, ci au o intensitate mai pronunțată pe laturile însoțite, mai ales acolo unde au stagnat apele din precipitații atmosferice, construcțiile sunt supuse unor acțiuni suplimentare cauzate de presiunile de umflare și/sau cedările de reazem (tasări din contracții) ce determină în unele cazuri fisurarea construcțiilor și pot



induce stări limită de exploatare normală sau chiar stări limită ultime.

Pentru un anumit pământ, producerea unor umflări și contracții mari este condiționată de starea de umiditate și înțesare a pământului și de solicitările la care este supus.

Urmărirea variațiilor de umiditate și a variațiilor de volum rezultate se face cu ajutorul diagramei de stare, care are în abscisă umiditatea exprimată în procente iar în ordonată volumul specific  $V$  exprimat în  $\text{cm}^3/100\text{g}$ . Pe această abacă se reprezintă curba de umflare - contracție (fig. 1.2).

$$w_s \text{ grafic} = 14,7\%$$

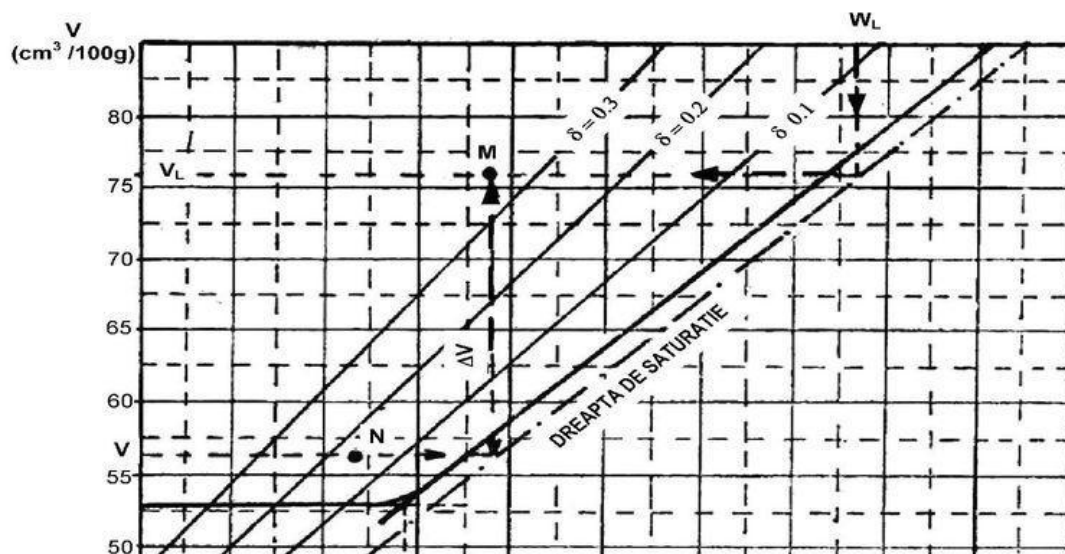
$$w_s \text{ calculat} = w_L - \frac{V_i - V_f}{m_d} \cdot 100$$

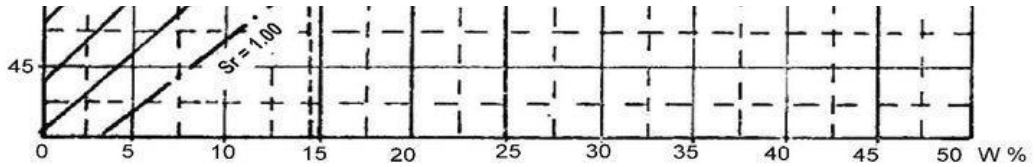
$$C_v = \frac{V_i - V_f}{V_f} \cdot 100 = 57,5\%$$

$$\text{Contracție axială} = \frac{h_i - h_f}{h_f} \cdot 100 = 14,9\%$$

$$\text{Contracție transversală} = \frac{d_i - d_f}{d_f} \cdot 100 = 13,6\%$$

id\_link=2660011;





id\_link=2660012;

Figura I.2. Limita de contracție și contracția volumică

Într-o primă aproximație probabilitatea producerii unor importante variații de volum ale pământului poate fi apreciată cu ajutorul inegalității:

$$\delta = \frac{\Delta V}{V} = \frac{V_L - V}{V} = \frac{e_L - e}{1 + e} > 0,3 \quad (I.1)$$

id\_link=2660013;

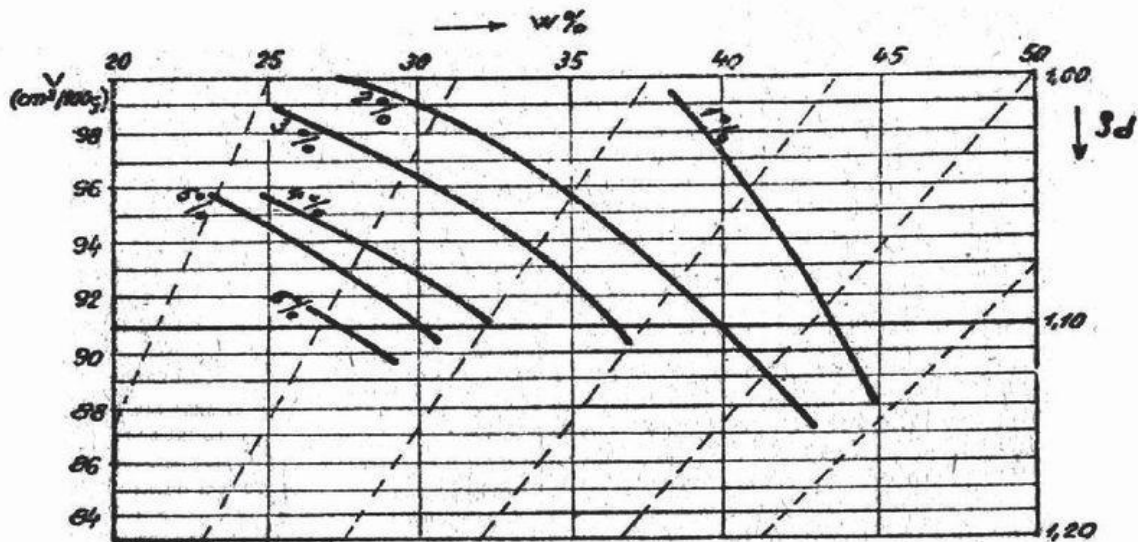
unde:

V, e reprezintă volumul specific, respectiv indicele porilor corespunzătoare stării naturale, exprimată prin punctul N din figura I.2,

V<sub>L</sub>, e<sub>L</sub> reprezintă volumul specific, respectiv indicele porilor corespunzătoare limitei superioare de plasticitate (w<sub>L</sub>), exprimată de punctul M din figura I.2.

Echivalentul grafic al inegalității este condiția ca punctul M, determinat plecând de la volumele specifice V și V<sub>L</sub> să fie situat deasupra dreptei δ = 0,3.

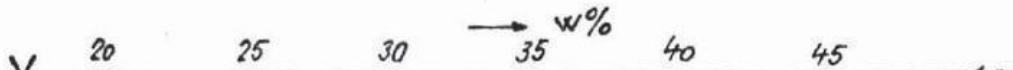
Cu cât un pământ este mai îndesat și mai uscat, cu atât umflările potențiale sunt mai mari (fig. 1.3).

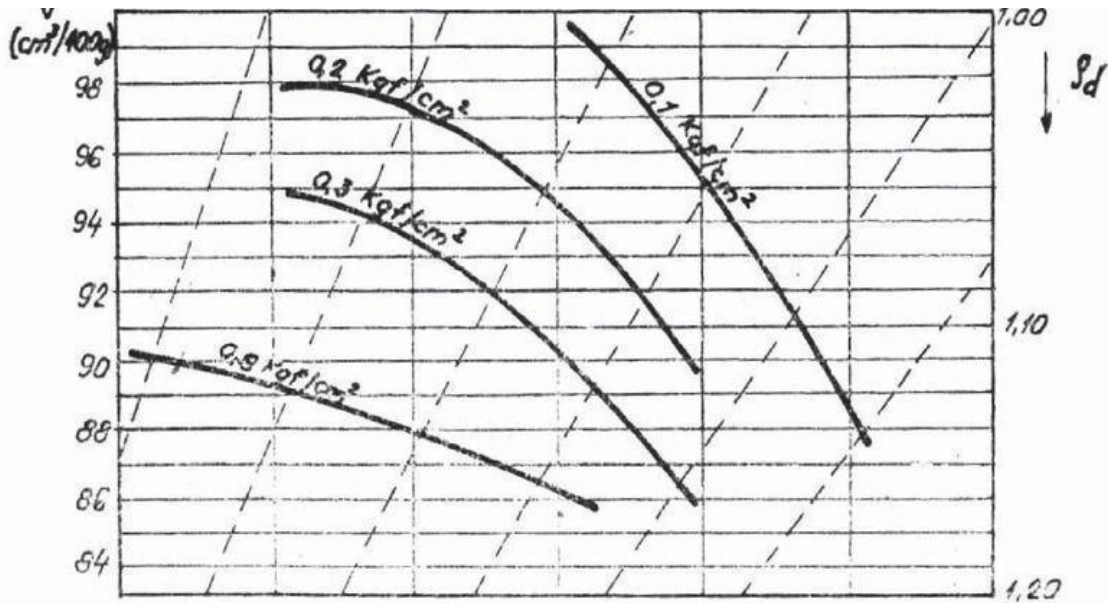


id\_link=2660014;

Figura I.3. Influența stării de umiditate și îndesare asupra umflării libere

Presiunile necesare a fi aplicate pentru a împiedica umflările sunt, de asemenea, cu atât mai mari cu cât pământul este mai îndesat și mai uscat (fig. I.4).

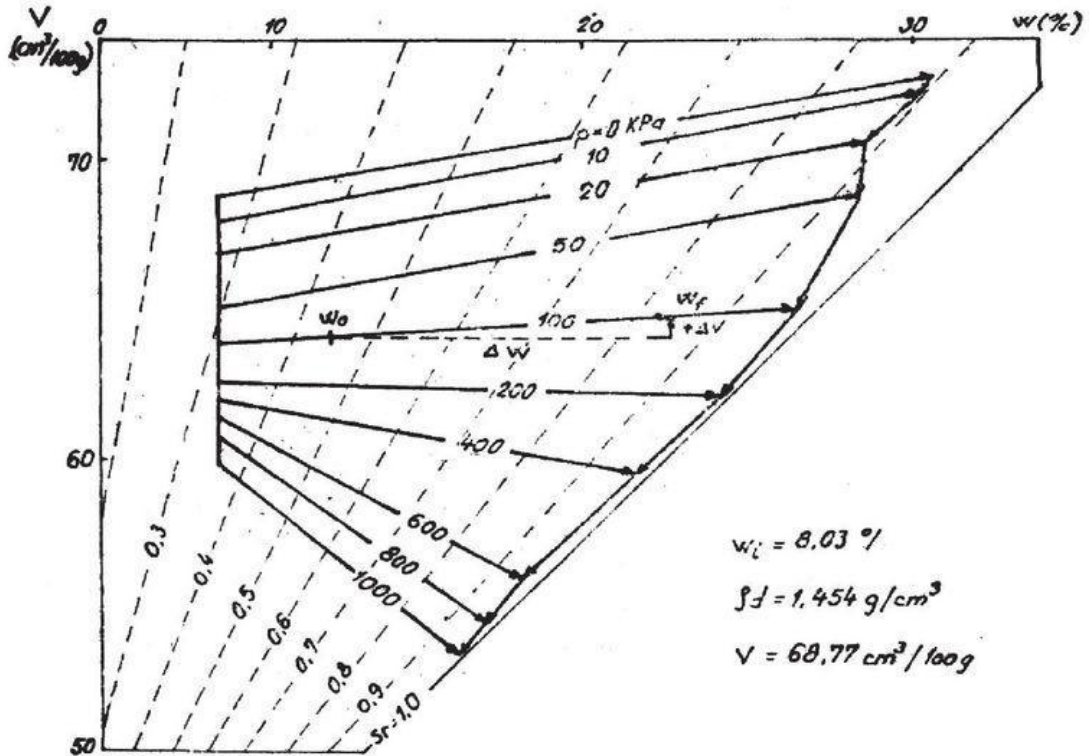




id\_link=2660015;

Figura I.4. Influența stării de umiditate și îndeșare asupra presiunii de umflare

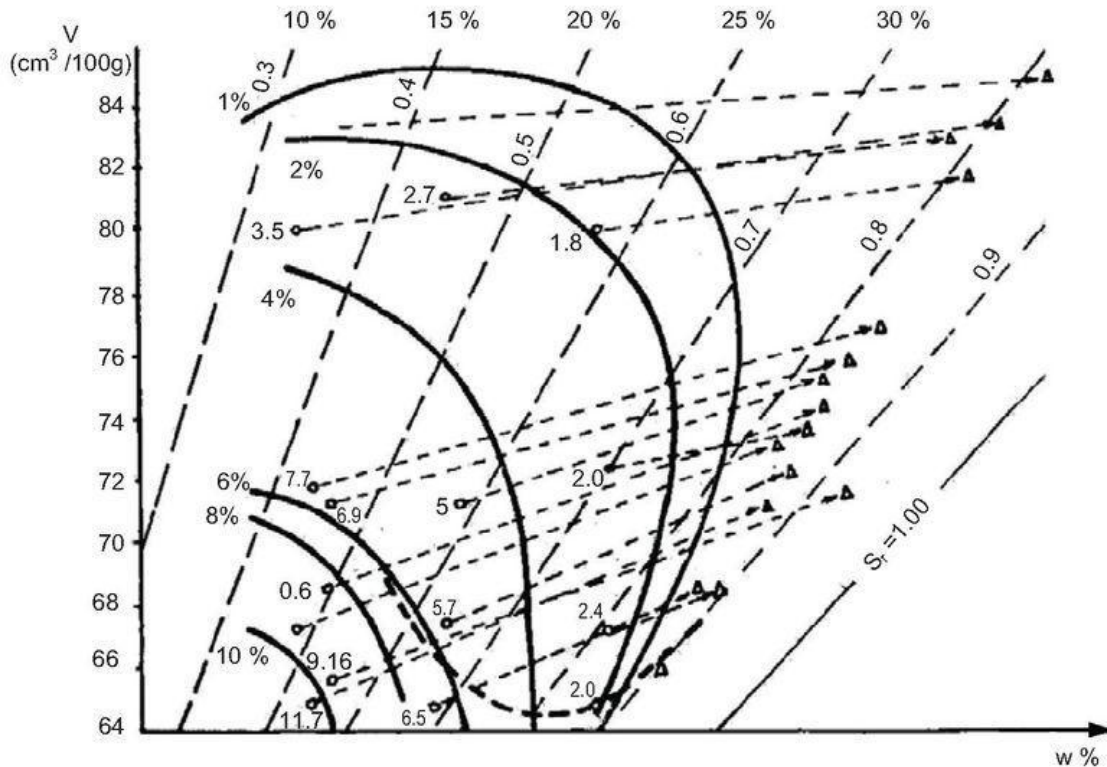
Încercările în edometru permit să se traseze spectrul schimbărilor de stare sub acțiunea modificărilor de presiune sau de umiditate (fig. 1.5). Un drum de schimbare a stării paralel cu axa  $w$  indică presiunea care anihilează tendința de umflare (Ex:  $p = 200$  kPa din fig. 1.5).



id\_link=2660016;

Figura I.5. Drumurile schimbărilor de stare pentru pământul încărcat

Pe diagrama de stare poate fi urmărit, de asemenea, drumul schimbărilor de stare atât pentru cazul când pământul este încărcat cât și pentru cazul când lipsește încărcarea (fig. 1.6). Este de observat că prin umflarea liberă nu se ajunge, în general, la saturație ci la grade de umiditate  $S_r=0,8-0,9$ . Proiecția drumului modificării stării pe axa  $w$  arată modificarea de umiditate iar proiecția pe axa  $V$  indică modificarea de volum specific corespunzătoare.



id\_link=2660017;

Figura 1.6. Drumul schimbărilor de stare pentru umflarea liberă (lipsește încărcarea)

Prin umezire, pământul tinde să-și realizeze starea de echilibru corespunzătoare presiunii aplicate. Prognostizarea modificărilor de volum poate fi făcută ținând seama de poziția punctului corespunzător stării inițiale și de faptul că prin umezire se tinde spre curba de echilibru corespunzătoare presiunii aplicate în zona unei stări de umiditate ridicată ( $S_r=0,9-1,0$ ).

Din punct de vedere al variației umidității pământului în perioada execuției și exploatării construcțiilor, pământurile cu umflări și contracții mari se pot afla în următoarele trei situații, în funcție de anotimpul în care se execută fundația construcției:

- cu umiditate naturală ( $w$ ) inițială mică (fundația se execută în anotimp secetos). În această situație, terenul de fundare va suferi cu preponderență fenomene de umflare, ca urmare a sporului de umiditate posibil în perioada execuției sau exploatării construcției, fenomene care vor induce asupra fundațiilor acțiuni de jos în sus și eventual lateral, provocând deplasări și/sau presiuni cu valori maxime egale cu presiunea de umflare a pământului (determinată conform STAS 1913/12:88).
- cu umiditate naturală ( $w$ ) inițială mare (fundația se execută în anotimp ploios). În această situație, terenul de fundare va suferi cu preponderență fenomene de contracție, ca urmare a micșorării posibile a umidității în perioada execuției sau exploatării construcției;
- cu umiditate naturală ( $w$ ) inițială medie, situație în care terenul poate suferi în perioada execuției structurii

sau exploatării construcției, atât fenomene de umflare cât și fenomene de contracție.

### I.3. Răspândirea pământurilor cu umflări și contracții mari în România

Pământurile cu umflări și contracții mari se întâlnesc în majoritatea zonelor geografice ale țării (fig. I.7):

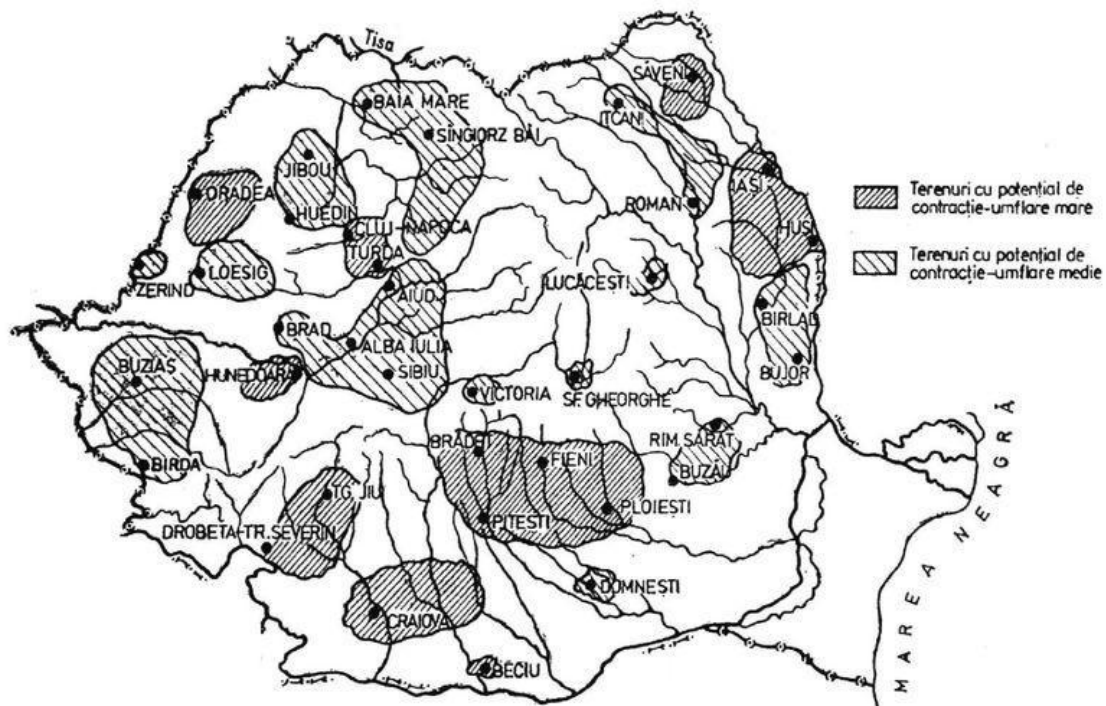
> în zonele subcarpatice și piemontane: din Oltenia (Turnu Severin, Motru, Strehaia, Filiași, Târgu Jiu, Podari, Craiova, Robănești, Balș etc.); din Muntenia (Slatina, Pitești, Voila, Mija, Domnești - Chiajna, Beciu, Scăeni, Ederile, Răzvadul de jos, Ploiești, Valea Călugărească, Vintileanca, Buzău, Burgești, Râmnicu Sărat etc.); din Banat (Jebel, Berzovia, Verneș, Buziaș, Birda, Breslovat, Pischia, etc.) și izolat din Moldova.

> în Podișul Transilvaniei, în special în zona nordică (Cluj-Feleac, Războieni, Salva-Vișeu, Baia Mare, Baia-Sprie, Șimleul Silvaniei, Sărmășu, Tașa, Meciu, Beclean, Dej, Jibou, Zalău, Brad, Zerind, Bistrița, Sângeorz-Băi, Aghireș, Turda, Aiud, Hunedoara, Simeria, Orăștie, Deva, Hațeg, Apold, Sibiu, Ocna Mureș, Gales-Tilișca, Cisnădie, Victoria, Sfântu-Gheorghe etc.)

> în zonele colinare dinspre Câmpia de Vest (Oradea, Alejd, Tinca, Bocsig, Lunca Teuzului, Manerau, Mediașul Aurit etc.)

> în zonele de luncă și terase ale unor râuri, mai ales în Podișul Moldovenesc (Iași, Trușești, Săveni, Ițcani, Piciorul Lupului, Vaslui, Bârlad, Crasna-Huși, Buhăești, Roman, Târgu Bujor, Roșiești, Lucănești, Moinești, etc.);

> în unele zone din lunca și Delta Dunării.



id\_link=2660018;

Fig. I.7. Răspândirea pământurilor cu umflări și contracții mari pe teritoriul României [11]

## ANEXA II

### FACTORII CARE INFLUENȚEAZĂ VARIAȚIILE DE VOLUM ALE PĂMÂNTURILOR CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

Variațiile de volum ale pământurilor, însoțind variațiile umidității, se diferențiază în funcție de intensitatea fenomenelor de interfață care au loc în grosimea complexului de adsorbție și determină potențialul de umflare-contrație, condiționat de:

- dimensiunile și forma particulelor;
- compoziția mineralogică;
- condițiile de mediu (concentrația electrolitică, Ph, salinitatea);
- natura cationilor adsorbiți.

Dimensiunile și forma particulelor sunt determinată de compoziția mineralogică și de intensitatea proceselor de alterare chimică; cu cât mineralele constituente sunt mai puțin dure, cu atât rezultă particule cu dimensiuni mai mici.

Compoziția mineralogică determină în principal valoarea potențialului electrodinamic și respectiv electrocinetic, prin existența sau nu a unor sarcini electrice necompensate în rețeaua cristalină, generate de tipul de structură specifică mineralelor componente ale particulelor.

La argilă, rolul preponderent revine raportului în care se găsesc în masa argilei cele trei minerale principale, montmorillonit-illit-caolinit, cu un potențial electrodinamic descrescător de la montmorillonit la caolinit, influențat și de natura ionilor atrași în complexul de adsorbție.

Condițiile de mediu determină inițierea și desfășurarea fenomenelor de interfață. Reflectarea cantitativă a condițiilor de mediu asupra fenomenelor de interfață se face cu ajutorul indicelui de aciditate (Ph) și a salinității.

Natura cationilor din soluție determină prin valența lor grosimea stratului dublu electric și, respectiv, grosimea învelișului de apă adsorbită. Astfel, cu cât valența ionilor este mai mare, cu atât numărul cationilor ce saturează câmpul electrostatic este mai mic și, deci, grosimea complexului de adsorbție este mai mică, și invers. Rezultă că în funcție de tipul ionilor din complexul de adsorbție, presiunea stratului argilos la aceeași cantitate de substanță solidă variază, fiind mai mare pentru argilele cu complex sodic față de cele cu complex calcic sau de aluminiu.

Factorii care conferă unui pământ un potențial de umflare-contrație de o anumită valoare, care se poate manifesta în funcție de existența sau absența variațiilor de umiditate, sunt următorii:

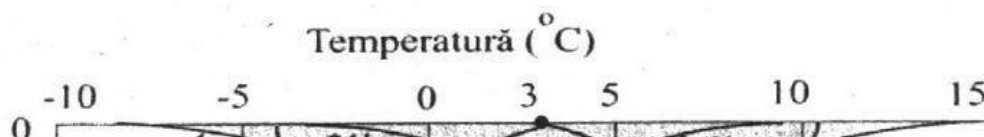
- a) factorul climatic, care condiționează variațiile de temperatură și umiditate în teren;
- b) condițiile hidrogeologice;
- c) vegetația;
- d) variația umidității terenului în perioada de execuție și în timpul exploatarea construcțiilor;
- e) presiunea transmisă de construcție;
- f) grosimea stratului;
- g) suprafața umezită;
- h) proprietățile fizice și chimice ale lichidului care produce umezirea pământului.

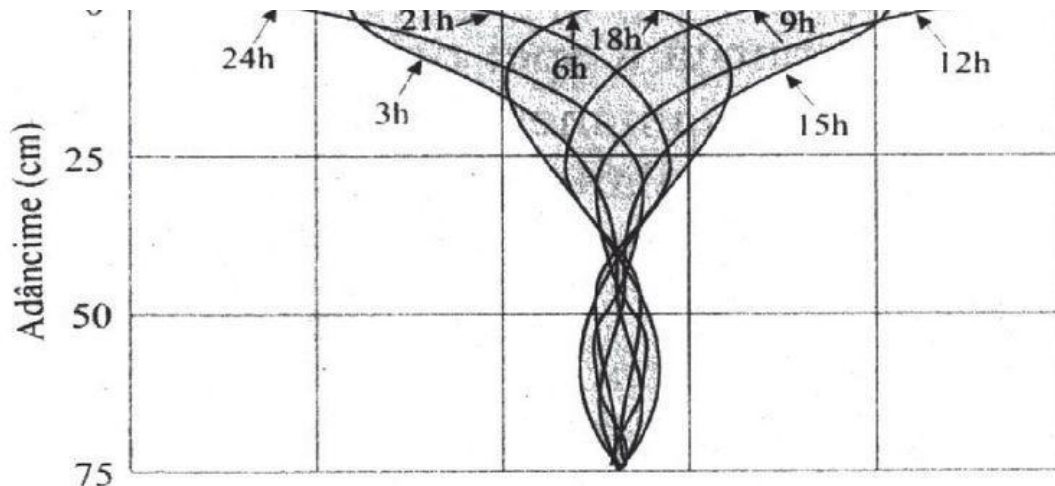
a) Factorul climatic. Nivelul precipitațiilor (cca. 500-700 mm/an) și variațiile de temperatură în teren, în intervalul vară-iarnă sau chiar în cuprinsul aceleași zile (fig. II.1) provoacă, prin regimul lor alternant și prin variațiile pe verticală, mișcări termoosmotice ale apei adsorbite în teren, însoțite de fenomene de umflare-contrație.

Astfel, măsurători efectuate asupra unor terenuri înierbate au indicat că între lunile aprilie și septembrie au avut loc deplasări pe verticală ale suprafeței de ordinul a 2,00-3,00 cm.

Ca urmare a fenomenelor de umflare-contrație, pământurile fisurează și crapă favorizând și mai mult evaporarea și deci intensificarea procesului.

În condițiile climatice din țara noastră, zona de fisuri și crăpături (zona de influență), se extinde până la 2,00-2,50 m, cu deschiderea medie a crăpăturilor de cca. 5,00-10,00 cm.





id\_link=2660019;

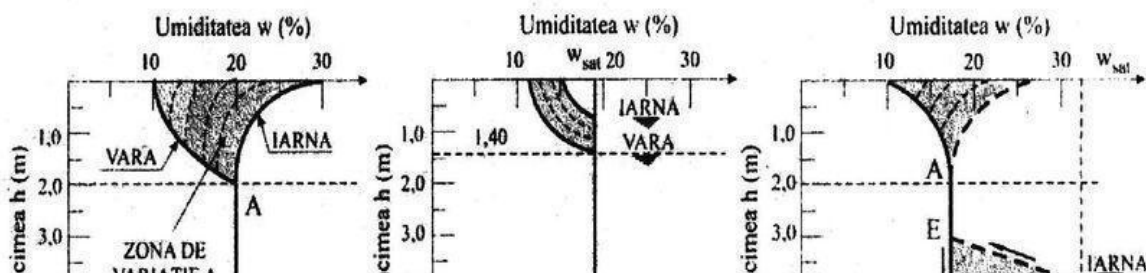
Fig. II.1. Variația temperaturii în teren

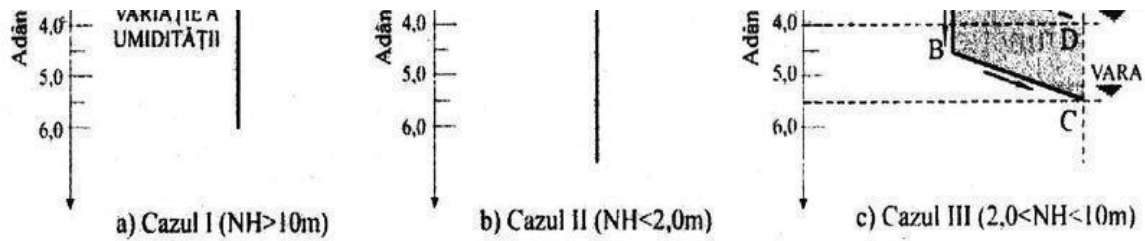
b) Condițiile hidrogeologice se pot încadra, în funcție de zona de variație a umidității în pământ pe care o determină, în următoarele trei cazuri posibile, după adâncimea apei subterane (fig. II.2):

- cazul I: nivelul hidrostatic subteran se află la o adâncime mai mare de 10 m. Diagrama de variație a umidității în funcție de adâncime, determinată prin măsurători, are alura din fig. II.2.a și se caracterizează printr-o zonă de variație sezonieră a umidității, cu aluri diferite pentru vară și iarnă, în grosime de 0-2,00 m și printr-o valoare practic constantă sub adâncimea de 2,00 m. Zona cu posibile variații de volum, dependente de condițiile climatice, este în acest caz situată între 0,00 și 2,00 m și, prin urmare, adâncimile de fundare adoptate trebuie să fie mai mari de 2,00 m, pentru a se evita efectele variațiilor de volum asupra construcțiilor.

- cazul II: nivelul apei subterane este situat la cote mai mici de 2,00 m (fig. II.2.b). Diagrama de variație a umidității prezintă, de regulă, două orizonturi distincte, pentru perioada de vară și, respectiv, cea de iarnă. Măsurătorile efectuate au arătat că umiditatea pământului rămâne practic constantă peste adâncimea de cca. 1,40 m iar zona supusă variațiilor de umiditate, respectiv de volum, are grosimea de cca. 0-1,40 m. Adoptarea în acest caz a unor adâncimi de fundare mai mari de 1,40 m elimină efectele variațiilor de volum asupra construcțiilor.

- cazul III: nivelul hidrostatic se găsește la o adâncime intermediară, între 2,00 și 10,00 m (fig. II.2.c). Diagrama variației umidității în funcție de adâncime este o combinație între diagramele precedente. Astfel, se deosebesc două orizonturi ce corespund adâncimilor maxime de variație ce se ating vara (C) și, respectiv, iarna (D). În suprafață, până la adâncimea de cca. 2,00 m variațiile de umiditate sunt dictate de condițiile climatice, după care urmează o zonă cu umidități practic constante (AE). Fundarea în zona (AE) sau sub nivelul (C) (când zona AE lipsește) elimină efectele variațiilor de volum asupra construcțiilor. Punctele caracteristice ale diagramei (A, B, C, D, E) se determină prin observații sezoniere de teren.





id\_link=2660020;

Figura II.2. Variația umidității terenului cu adâncimea apei subterane și condiții climatice

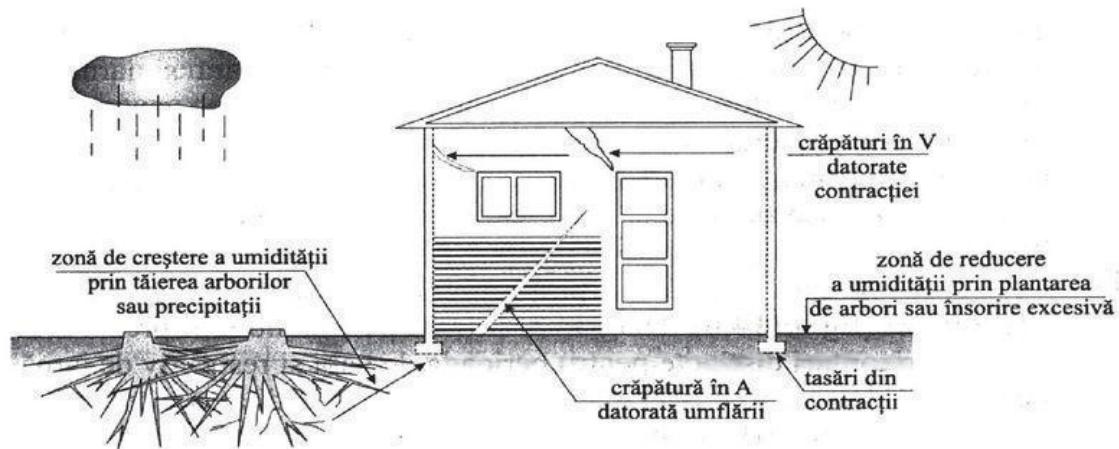
c) Vegetația, prin efectele de adsorbție a apei din teren prin intermediul rădăcinilor precum și prin fenomenele de evapo-transpirație, determină o micșorare a umidității pământurilor din vecinătatea construcțiilor. Tăierea arborilor conduce, dimpotrivă, la o creștere a umidității. Deteriorările construcțiilor pot fi datorate atât contracției cât și umflării pământului sub influența vegetației (fig. II.3).

În raport de suțiuena indusă prin rădăcini și de intensitatea fenomenelor de asecare, speciile de arbori pot fi considerate:

- foarte periculoase (plopul, arinul, salcâmul, salcia, ulmul);
- periculoase (arțarul, mesteacănul, frasinul, fagul, stejarul, tufanul);
- puțin periculoase (laricele, bradul, pinul).

Se consideră că prezența arborilor la o distanță mai mare de o dată și jumătate înălțimea arborilor maturi nu ar mai constitui un pericol pentru construcție.

Apariția unor degradări presupune tăierea imediată a arborilor, dar remediile trebuie făcute ținându-se seama de posibilitatea apariției unor umflări datorită creșterii treptate a umidității prin tăierea arborilor. Observații efectuate asupra unei clădiri amplasată pe un teren defrișat au indicat umflări ale terenului de cca.8 mm pe an cu tendința de creștere în timp. Atunci când, din diferite motive, este necesar să se taie arbori din vecinătatea unor construcții amplasate pe pământuri cu umflări și contracții mari, este indicat ca operațiunea să se facă într-o perioadă umedă (primăvara sau toamna) iar umplerea gropilor să se facă imediat cu pământ local bine compactat sau stabilizat prin amestecare cu nisip.



id\_link=2660021;

Fig. II.3. Efectele vegetației și insolației asupra construcțiilor

d) Variația umidității terenului în perioada de execuție și în timpul exploatarei construcției este influențată în



principal de factorul climatic și, respectiv, de procesele tehnologice.

Astfel, în funcție de sezonul de execuție al construcției pot avea loc umflări, dacă execuția s-a făcut într-o perioadă secetoasă sau contracții, dacă execuția construcției a avut loc într-o perioadă umedă. După realizarea construcției, ca urmare a acoperirii suprafeței terenului și, deci, a împiedicării efectului de evapotranspirație a terenului, are loc o creștere a umidității, care determină umflări în special în zona centrală a construcției.

e) Presiunea transmisă de fundație. Presiunea de umflare este independentă de suprasarcină, de umiditatea inițială, de gradul de umiditate și de grosimea stratului și crește odată cu creșterea densității inițiale a pământului în stare uscată. La o presiune transmisă de fundație egală cu presiunea de umflare, deformația de umflare nu are loc.

f) Grosimea stratului. Cu cât stratul este mai gros, cu atât există posibilitatea să aibe loc o umflare mai mare rezultată prin însumarea umflărilor ce au loc în diferite puncte.

g) Suprafața umezită. Cu cât suprafața umezită sub construcție are dimensiuni mai reduse, cu atât crește neuniformitatea deformațiilor care vor avea loc sub aceasta, mărindu-se astfel riscul de apariție a unor degradări în construcția respectivă.

h) Proprietățile lichidului infiltrat și procesele tehnologice din construcțiile respective

În cazul construcțiilor industriale, unele reziduuri chimice pot provoca umflarea terenului care nu prezintă creșteri importante de volum la sporirea umidității. Procesele tehnologice cu surse puternice de căldură sau de frig pot conduce la variații importante de umiditate și de volum ale terenului de fundare argilos.

### ANEXA III

#### IDENTIFICAREA ȘI CARACTERIZAREA PĂMÂNTURILOR CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

III.1. Indici pentru identificarea și caracterizarea pământurilor cu umflări și contracții mari

Identificarea și caracterizarea pământurilor cu umflări și contracții mari se face pe baza unor indici prin care se exprimă în termeni cantitativi comportamentul specific al acestor pământuri.

Indicii se stabilesc, în principal, pe baza curbei de contracție a pământurilor, expresie grafică a variației volumului în funcție de umiditate.

1. Curba de contracție (pe probe netulburate)

Metodologia determinării curbei de contracție este prezentată în STAS 1913/12-88. Curba de contracție se reprezintă luând în abscisă umiditatea pământului ( $w\%$ ), iar în ordonată volumul corespunzător la 100 g de pământ uscat, ( $V_{100}$ ), exprimat în  $\text{cm}^3$ , (fig. III.1).

Cunoscând masa probei ( $m_u - m_c$ ) la diferite umidități, masa uscată a probei ( $m_d - m_c$ ) precum și volumul probei ( $V_e$ ), determinat prin metodologia indicată în STAS 1913/1-82, se pot calcula într-un anumit stadiu al încercării umiditatea ( $w$ ) și densitatea pământului în stare uscată ( $\rho_d$ ) cu următoarele relații:

$$w = \frac{m_u - m_d}{m_d - m_c} \cdot 100; \quad \rho_d = \frac{m_d - m_c}{V_e} \quad (\text{III.1})$$

id\_link=2660022;

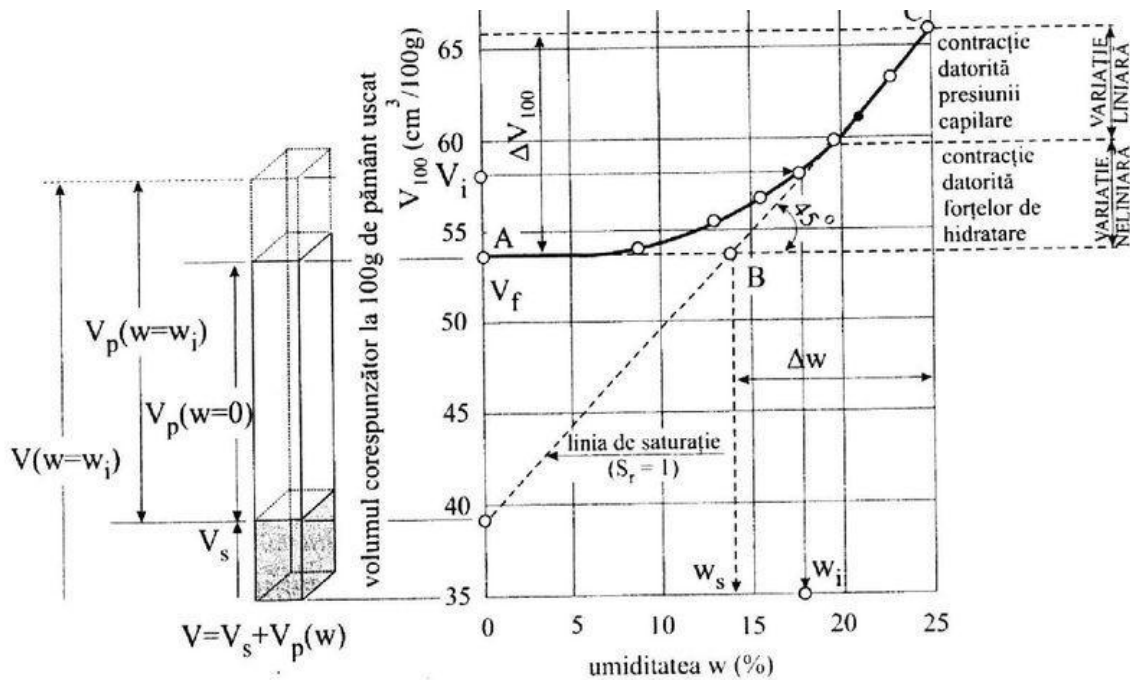
unde:

$m_u$  este masa probei umede și tara ( $m_c$ )

$m_d$  este masa probei uscate și tara ( $m_c$ )

$m_c$  este masa sticlei de ceas (tara)





id\_link=2660023;

Figura III.1. Curba de contracție - umiditate

Întrucât între densitatea pământului în stare uscată  $\rho_d$  și volumul  $V$  corespunzător există relația  $\rho_d = m / V$  rezultă că volumul  $V_{100}$  este dat de expresia:

$$V_{100} = \frac{m}{\rho_d} = \frac{100g}{\rho_d} \quad (\text{III.2})$$

id\_link=2660024;

în care, înlocuind  $\rho_d$  cu expresia sa, se obține:

$$V_{100} = \frac{100}{m_d - m_e} \cdot V_e \quad (\text{III.3})$$

id\_link=2660025;

unde masa se exprimă în grame iar volumul în cm<sup>3</sup>.

Analizând alura curbei de contracție (fig. III.1) se observă că ea constă, practic din două segmente de dreaptă racordate între ele printr-o curbă. Intersecția celor două drepte determină un punct (B) ale cărui coordonate sunt volumul final ( $V_f$ ) al probei de pământ supusă încercării și umiditatea  $w_s$ .

## 2. Limita de contracție ( $w_s$ )

Umiditatea pământului sub care nu mai au loc variații importante de volum la variații de umiditate se notează  $w_s$  și se definește ca fiind limita de contracție. Întrucât determinarea curbei de contracție se face pe probe netulburate saturate sau pe probe remaniate aduse la limita de curgere, rezultă că umiditatea inițială ( $w_i$ %), de la care se declanșează procesul de contracție, este egală cu umiditatea de saturație  $w_{sat} = w_{sr}$ , respectiv

cu limita de curgere  $w_L$ .

În prima fază a procesului de contracție, proba rămâne saturată iar variațiile  $\Delta V_w$  se produc pe seama umidității pierdute prin evaporare. Deci  $\Delta V = \Delta V_w$  și, ținând seama de relația ce definește umiditatea, rezultă:

$$w^0\% = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100 = \frac{V_w \cdot \rho_w}{m_d} \cdot 100 \rightarrow V_w = \frac{w \cdot m_d}{\rho_w \cdot 100} \rightarrow \Delta V_w = \frac{\Delta w \cdot m_d}{\rho_w \cdot 100} \quad (\text{III.4})$$

id\_link=2660026;

Întrucât  $\Delta V = \Delta V_w$ :

$$\Delta V = \frac{\Delta w \cdot m_d}{\rho_w \cdot 100} \quad (\text{III.5})$$

id\_link=2660027;

unde:  $m_d$  este masa uscată a probei.

În cazul în care masa uscată a probei  $m_d = 100$  g, variațiile de volum rezultă:

$$\Delta V_{100} = \frac{\Delta w \cdot m_d}{\rho_w \cdot 100} = \frac{\Delta w \cdot 100}{1 \cdot 100} = \Delta w \quad (\text{III.6})$$

id\_link=2660028;

Variațiile de volum  $\Delta V_{w100}$  fiind egale cu variațiile de umiditate ( $\Delta w$ ), curba de contracție se suprapune cu dreapta BC înclinată cu  $45^\circ$  față de orizontală (fig. III.1).

Această zonă liniară de reducere a volumului este cauzată, în principal, de presiunile capilare ale meniscurilor care tind să deformeze structura, până a-i asigura configurația de saturare. Prin reducerea umidității și consolidarea structurii pământului prin deformare, influența presiunii capilare scade și încep să predomine fenomenele de adsorbție ce determină și alura curbei de contracție. Fenomenele de contracție sunt cauzate, în diferite proporții, în diferite stadii de desfășurare ale procesului, atât de presiunea capilară cât și de forțele electromoleculare.

Ținând seama de definiția limitei de contracție,  $w_s$ , și de semnificația ei grafică (fig. III.1) rezultă:

$$w_s = w_t - \Delta w$$

și, înlocuind pe  $\Delta w$  cu expresia dată de relația III.5, se obține:

$$w_s = w_i - \frac{\Delta V \cdot \rho_w \cdot 100}{m_d} \rightarrow w_s = w_i - \frac{V_i \cdot V_f}{m_d} \cdot \rho_w \cdot 100 \quad (\text{III.7})$$

id\_link=2660029;

unde:

$V_i$  este volumul inițial al probei în  $\text{cm}^3$ ,

$V_f$  este volumul final al probei în  $\text{cm}^3$ ,

$m_d$  este masa probei uscate în grame,

$w_i$  este umiditatea inițială, egală cu  $w_{\text{sat}}$ , în cazul probelor netulburate și respectiv cu  $w_L$ , în cazul probelor remaniate aduse la limita de curgere

În tabelul III.1 sunt date valori orientative ale limitei de contracție.

**Tabel III.1. Valori orientative ale limitei de contracție ( $w_s$ )**

Natura pământului	Nisip prăfos, praf nisipos	Praf	Argilă
Caracteristica geotehnică			
Limita de contracție ( $w_s\%$ )	12 - 20	14 - 25	8 - 35

### 3. Indicele de contracție - umflare ( $I_{cu}$ )

Pe baza limitei de contracție se poate defini indicele de contracție - umflare ( $I_{cu}$ ), pentru intervalul de umidități  $w_{sat} - w_s$ :

$$I_{cu} = \frac{w_{sat} - w}{w_{sat} - w_s} = \frac{V_{sat} - V}{V_{sat} - V_{Ls}} \quad (III.8)$$

id\_link=2660030;

în care:

$w_{sat}$ ,  $V_{sat}$  sunt umiditatea de saturație, respectiv volumul corespunzător umidității de saturație;

$w$ ,  $V$  sunt umiditatea, respectiv volumul corespunzător umidității în stare naturală;

$w_s$ ,  $V_{Ls}$  sunt limita de contracție, respectiv volumul corespunzător umidității egală cu limita de contracție.

În funcție de valoarea umidității pământului ( $w_s < w < w_{sat}$ ) și de valorile indicelui de contracție - umflare  $I_{cu}$ , pământurile contractile pot prezenta următoarele stări (conform tabel III.2).

**Tabel III.2. Valori orientative privind corelarea între indicele de contracție - umflare ( $I_{cu}$ ) și starea pământului**

Umiditate	$w_s < w < w_{sat}$
Indice de contracție-umflare	$I_{cu}$
Fenomene de contracție	0
Fenomene de contracție și umflare	$0 < I_{cu} < 1$
Fenomene de umflare	1

### 4. Indicele de activitate ( $I_A$ )

Ținând seama de dependența între fenomenele de contracție - umflare și prezența fracțiunii argilă în masa pământului, se definește indicele de activitate al pământurilor ( $I_A$ ) în raport cu apa, prin relația:

$$I_A = \frac{I_p}{A_{2\mu}} \quad (III.9)$$

id\_link=2660031;

în care:

$I_p$  este indicele de plasticitate, determinat conform STAS 1913/4-86;

$A_{2\mu}$  este procentul de particule cu dimensiuni mai mici de 0,002 mm (2  $\mu$ m).

Clasificarea pământurilor argiloase în funcție de indicele de activitate este dată în tabelul III.3:

**Tabel III.3. Clasificarea pământurilor argiloase în funcție de indicele de activitate**

Caracterizarea pământului	$I_A$
Puțin activ	$< 0,75$
Cu activitate medie	$0,75 \cdot 1,00$
Activ	$1,00 \cdot 1,25$
Foarte activ	$> 1,25$

5. Căldura maximă de umezire ( $q_{u,max}$ )

Căldura maximă de umezire,  $q_{u,max}$ , exprimată în J/g, reprezintă cantitatea de căldură degajată de umezirea până la saturație a 1 g de pământ uscat la  $105 \pm 2^{\circ}C$ .

Căldura maximă de umezire se determină conform STAS 1913/9-86.

Clasificarea pământurilor argiloase în funcție de căldura maximă de umezire este dată în tabelul III.4.

**Tabel III.4. Clasificarea pământurilor argiloase în funcție de căldura maximă de umezire**

Caracterizarea pământului	$(q_{u,max})$ (J/g)
Puțin activ	$< 12$
Cu activitate medie	$12 \cdot 25$
Activ	$25 \cdot 37$
Foarte activ	$> 37$

6. Umiditatea corespunzătoare sucțiunii de 15 bari ( $w_{15}$ )

Umiditatea corespunzătoare sucțiunii de bari 15 ( $w_{15}$ ) se determină conform STAS 9180-73. Gama de variație a sucțiunii în funcție de umidități necesită stabilirea unei relații sucțiune - umiditate, astfel:

- în domeniul sucțiunilor mici ( $< 1$  bar,  $pF < 3$ );
- în domeniul sucțiunilor mijlocii (1-15 bari,  $3 \leq pF \leq 4,2$ );
- în domeniul sucțiunilor mari (15-150 bari,  $4,2 \leq pF \leq 5,2$ );
- în domeniul sucțiunilor foarte mari ( $> 30$  bari,  $pF > 4,5$ )

Clasificarea pământurilor argiloase în funcție de umiditatea corespunzătoare sucțiunii de 15 bari este dată în tabelul tab. III.5.

**Tabel III.5. Clasificarea pământurilor argiloase în funcție de umiditatea corespunzătoare sucțiunii de 15 bari**

Caracterizarea pământului	$W_{15}$ (%)
Puțin activ	$< 10$
Cu activitate medie	$10 \cdot 12$
Activ	$12 \cdot 18$
Foarte activ	$> 18$

7. Criteriul de plasticitate ( $C_p$ )

Criteriul de plasticitate în funcție de limita superioară de plasticitate  $w_L$  determinată conform STAS 1913/4-86 se determină cu relația:

$$C_p = 0,73 - (w_L - 20\%) \text{ (III.10)}$$

Criteriul de plasticitate caracterizează contractilitatea unui pământ atunci când  $I_p \geq C_p$ .

## 8. Con tracția liniara ( $C_L$ )

Con tracția liniară,  $C_L$ , se calculează cu relația:

$$C_L = (1 - l/A) \text{ (III. 11)}$$

în care:

$l$  este lungimea epruvetei uscate,

$A$  este lungimea inițială a epruvetei.

Determinarea în laborator a con tracției liniare  $C_L$ , conform STAS 1913/4-86, constă în stabilirea lungimii unei paste de pământ aflată la limita superioară de plasticitate, uscată lent la temperatura mediului ambiant și apoi în etuvă la temperatura de  $105 \pm 2^\circ \text{C}$ .

## 9. Con tracția volumică ( $C_V$ )

Con tracția volumică este definită ca raportul procentual dintre variația de volum a unui pământ saturat datorată uscării unui pământ saturat și volumul final:

$$C_V = [(V_i - V_f) \cdot 100] / V_f \text{ (III. 12)}$$

unde:

$V_i$  este volumul inițial în stare saturată

$V_f$  este volumul final

Con tracția volumică permite caracterizarea pământurilor ca teren de fundare, astfel:

- terenuri bune  $C_V < 5\%$ ;
- terenuri mijlocii  $5\% < C_V < 10\%$ ;
- terenuri necorespunzătoare  $10\% < C_V < 15\%$ ;
- terenuri inutilizabile  $C_V > 15\%$

## 10. Umflarea liberă ( $U_L$ )

Umflarea liberă,  $U_L$ , care se determină conform STAS 1913/12-88. Metoda constă în determinarea volumului sedimentului rezultat prin depunerea în apă distilată a unei probe de pământ uscat și mojarat, cu volum inițial de  $10 \text{ cm}^3$  într-un cilindru de  $100 \text{ cm}^3$  și reprezintă raportul procentual între diferența volumelor final și inițial și volumul inițial:

$$U_L = [(V_f - V_i) \cdot 100] / V_i \text{ (III.13)}$$

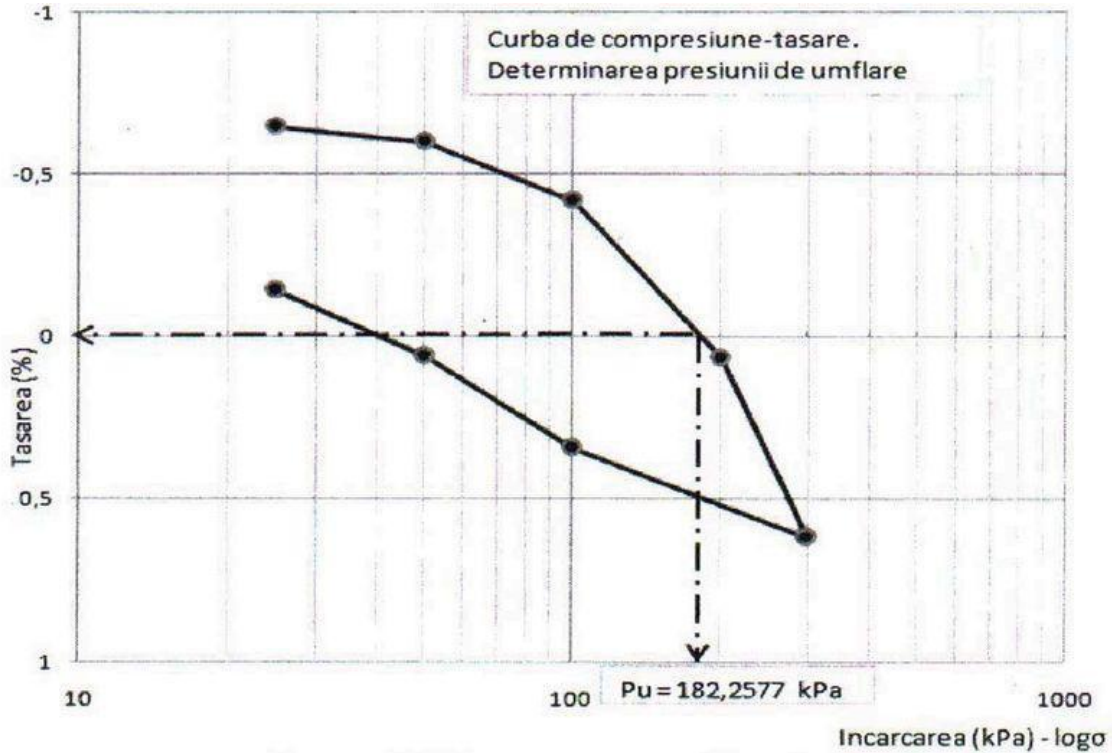
Pământurile cu umflare liberă mai mică de 70% nu au caracteristici expansive, pământurile cu umflări libere mai mari de 70% au potențial expansiv moderat. Umflările libere mai mari de 100% sunt asociate argilelor care produc umflări considerabile, în special sub încărcări ușoare.

**Tabelul III.6. Clasificarea pământurilor cu umflări și con tracții mari funcție de umflarea liberă**

Caracterizarea P.U.C.M. din punctul de vedere al activității	$U_L$ (%)
Putin active	< 70
Cu activitate medie	70-100
Active	100-140
Foarte active	> 140

## 11. Presiunea de umflare ( $p_U$ )

Presiunea de umflare,  $p_u$ , este definită conform STAS 1913/12-88 ca presiunea dezvoltată de către un pământ aflat într-o incintă etanșă și având o umiditate inițială în apropiere de limita de contracție, în urma inundării cu apă (fig. III.2.). , este definită conform STAS 1913/12-88 ca presiunea dezvoltată de către un pământ aflat într-o incintă etanșă și având o umiditate inițială în apropiere de limita de contracție, în urma inundării cu apă (fig. III.2.).



id\_link=2660032;

Figura III.2. Determinarea presiunii de umflare

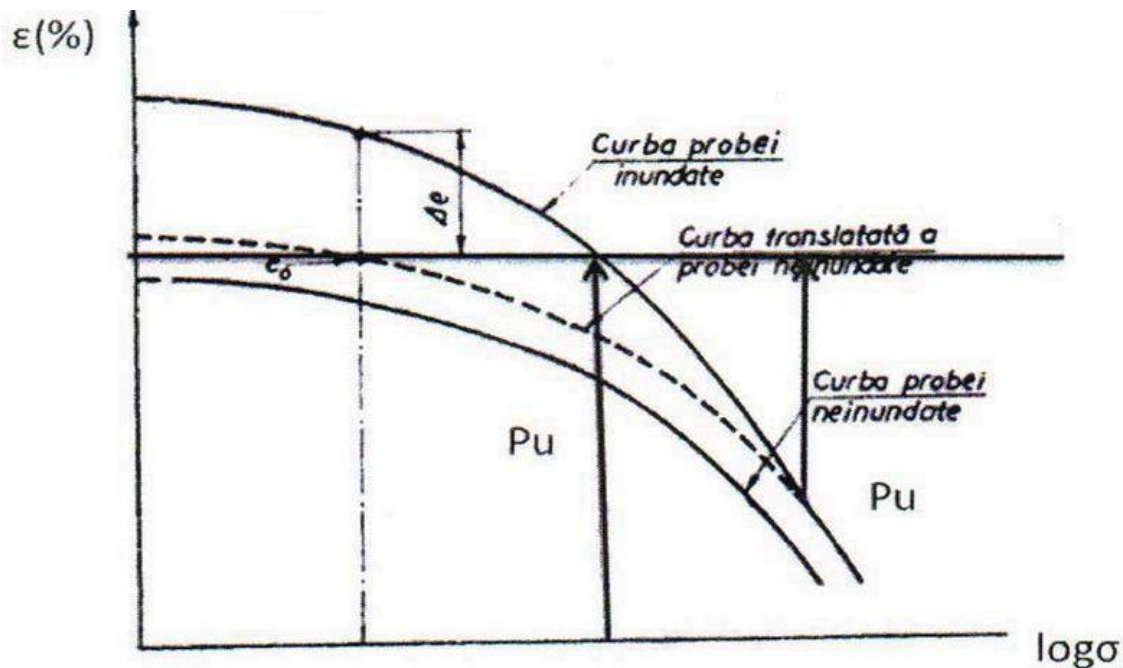
Metoda constă în estimarea variațiilor de volum cauzate de variațiile de umiditate, ținând seama de starea de umiditate și îndesare a pământului și de starea de eforturi din teren, pe baza datelor obținute din încercarea în edometru dublă sau multiplă, conform STAS 8942/1-89.

Încercarea dublă în edometru constă în încercarea în paralel a două epruvete, recoltate de la același nivel sau la o mică distanță una de alta; prima epruvetă se încearcă în condițiile menținerii umidității inițiale, iar cea de-a doua în condițiile inundării complete.

Epruveta care urmează a fi inundată se supune la o presiune de aproximativ 10 kPa, înregistrându-se citirea comparatorului, care reprezintă citirea inițială. Epruveta este apoi inundată, înregistrându-se evoluția umflării în timp.

Cea de-a doua epruvetă care este încercată la umiditatea inițială trebuie împiedicată să primească sau să piardă apă. Încărcarea inițială este de 10 kPa. Ambele epruvete se supun încercării de compresibilitate, conform STAS 8942/1-89.

Se reprezintă curbele de compresiune - porozitate corespunzătoare celor două epruvete pentru a ține seama de variațiile indicelui inițial al porilor, variații care implică diferențele în curbele de compresiune - porozitate, curba probei neinundate se translatează pe verticală, până când cele două curbe se ating conform fig. III.3.



id\_link=2660033;

Figura III.3. Încercarea dublă de determinare a presiunii de umflare

## 12. Alte modalități de estimare a potențialului de umflare-contrație

În ceea ce privește aprecierea potențialului de umflare-contrație al pământului, în tabelul III.7 și III.8 sunt prezentate valori orientative ale domeniului de variație utilizate în practica internațională.

**Tabel III.7. Aprecierea potențialului de umflare-contrație al pământului pe baza limitelor  $w_L$ ,  $w_p$ ,  $w_s$ , în corelare cu  $A_{2\mu}$**

Fracțiunea $A_{2\mu}$ (%)	$I_p$ (%)	$w_s$ (%)	$w_L$ (%)	Potențial de umflare
< 15	< 18	< 15	< 39	Redus
13-23	15-28	10 - 16	39-50	Mediu
20-31	25-41	7 - 12	51-63	Mare
> 28	> 35	> 11	> 63	Foarte mare

**Tabel III.8. Aprecierea potențialului de umflare - contrație al pământului pe baza indicilor fizici**

Date obținute în laborator și in situ			Gradul de umflare		
$A_{2\mu}$ (%)	$w_l$ (%)	$N_{SPT}$ (nr. lovituri/30 cm)	Umflarea probabilă (%)	Presiunea de umflare (kPa)	Potențialul de umflare
< 30	< 30	< 10	< 1	50	Redus
30 - 60	30 - 40	10 - 20	1 - 5	150 - 250	Mediu
60 - 95	40 - 60	20 - 30	3 - 10	250 - 1.000	Mare



> 95	> 60	> 30	> 10	> 1.000	Foarte mare
------	------	------	------	---------	-------------

### III.2. Activitatea pământurilor în raport cu apa

#### 1. Diagrama de identificare

Pentru identificarea și caracterizarea prin mijloace grafice a pământurilor cu umflări și contracții mari se poate reurge la reunirea într-o singură diagramă, numită diagrama de identificare, a abacei de plasticitate a lui Casagrande, a curbei de granulozitate și a diagramei lui Skempton.

Prin reprezentarea pământului pe fiecare din aceste trei diagrame și unirea punctelor caracteristice ( $P_1$ - $P_4$ ) rezultă o figură geometrică numită amprenta pământului (profesor Andrei Silvan) (fig. III.2). Cu cât amprenta este mai mare, cu atât se consideră că pământul este mai activ, fără însă a se preciza limita de variație pentru arie.

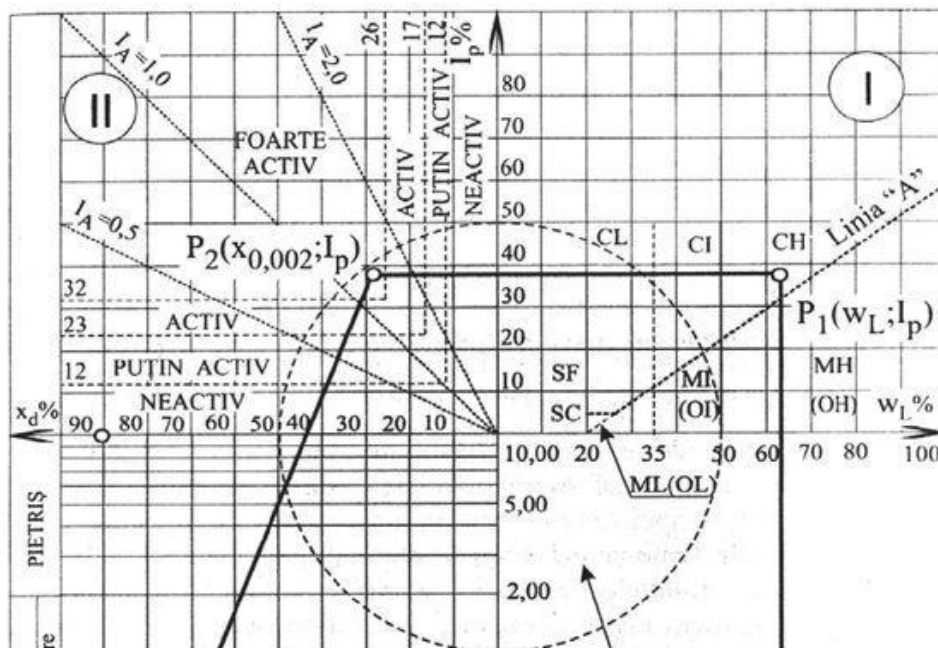
Se definește drept aria relativă a amprentei  $A_r$  date de relația din:

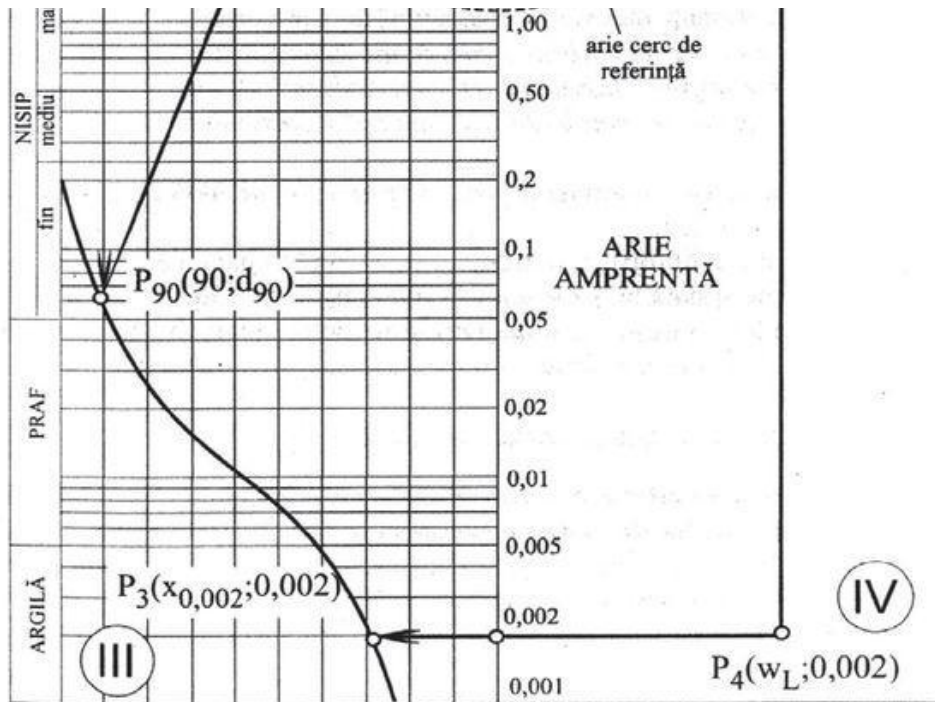
$A_r = \text{aria amprentei} / \text{aria cercului de referință}$  (III. 14)

unde cercul de referință este definită în fig. III.2

Construcția amprentei unui pământ pe un formular de felul celui din fig. III.4 se face în următorul mod (conform STAS 1913/12-88 și reglementării tehnice pentru sistematizarea, stocarea și reutilizarea informațiilor privind parametrii geotehnici, aplicabile, în vigoare):

- în cadranul I, care constituie abaca de plasticitate a lui Casagrande, se reprezintă punctul  $P_1$  de coordonate  $w_L$  și  $I_p$ ;
- în cadranul III se reprezintă curba granulometrică a pământului, pe care se stabilește punctul  $P_{90}$ , corespunzător procentului de 90% pe axa  $x_d$  și punctul  $P_3$ , corespunzător diametrului de 0,002 mm;
- în cadranul II se reprezintă punctul  $P_2$  ce indică direct indicele de activitate al pământului, având abscisa egală cu procentajul particulelor cu diametrul mai mic de 0,002 mm și ordonata egală cu indicele de plasticitate;
- în cadranul IV se reprezintă punctul  $P_4$  de abscisa  $w_L$  și ordonata corespunzătoare diametrului de 0,002 mm;
- prin unirea punctelor  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_{90}$ ,  $P_3$  și  $P_4$  se obține figura geometrică numită amprenta pământului.





id\_link=2660034;

Figura III.4. Amprenta pământurilor contractile

## 2. Diagrama de stare

Urmărirea stării pământurilor este facilitată dacă se recurge la o abacă (fig. III.5), care are în abscisă umiditatea ( $w\%$ ), iar în ordonată volumul specific  $V$  ( $\text{cm}^3/100\text{g}$ ), volumul corespunzător la 100 g de material uscat.

În acest caz, între densitatea aparentă uscată,  $\rho_d$ , și volumul specific,  $V$ , există relația:

$$V = 100/\rho_d \quad (\text{III. 15})$$

Pe ordonată pot fi marcate valorile  $\rho_d$  corespunzătoare. Liniile de egală densitate uscată  $\rho_d$  sunt paralele cu axa absciselor.

Volumul specific corespunzător numai scheletului solid este:

$$V_s = 100/\rho_s \quad (\text{III.16})$$

$V_s$  este reprezentat în fig. III.5 de pătratul hașurat.



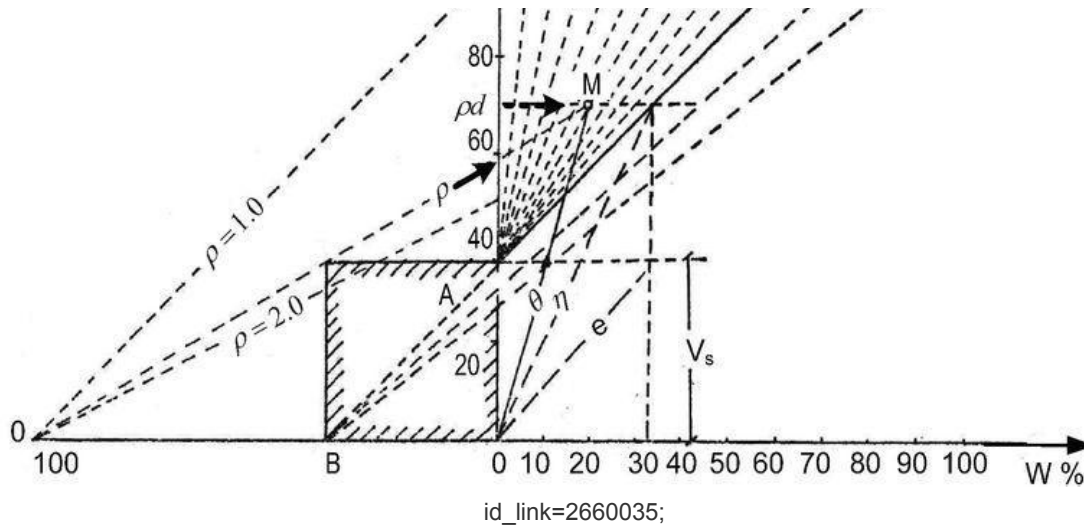


Figura III.5. Diagrama de stare

Folosindu-se această reprezentare, expresiile principalilor indici simpli devin:

- porozitatea:

$$n = (1 - V_s / V) \cdot 100 (\%) \quad (\text{III. 17})$$

- indicele porilor:

$$e = (V / V_s) - 1 \quad (\text{III. 18})$$

- umiditatea de saturație:

$$w_{\text{sat}} = \rho_w \cdot (V - V_s) (\%) \quad (\text{III. 19})$$

- umiditatea pentru un anumit grad de umiditate,  $S_r$ :

$$w = S_r \cdot w_{\text{sat}} = S_r \cdot \rho_w \cdot (V - V_s) (\%) \quad (\text{III.20})$$

- umiditatea volumică (volumul apei raportat la volumul total):

$$\Theta = \frac{V_w}{V} \cdot 100 = \frac{W}{\rho_w} \cdot \frac{100}{V} \quad (\%) \quad (\text{III.21})$$

id\_link=2660036;

sau

$$V = \frac{100}{\rho_w \cdot \Theta} \cdot W \quad (\text{cm}^3/100 \text{ g}) \quad (\text{III.22})$$

id\_link=2660037;

- masa volumică:

$$\rho = \frac{100}{V} \cdot \left(1 + \frac{W}{100}\right) \quad (\text{III.23})$$

id\_link=2660038;

sau

$$V = \frac{100}{\rho} \cdot \left(1 + \frac{W}{100}\right) \quad (\text{cm}^3/100 \text{ g}) \quad (\text{III.24})$$

id\_link=2660039;

Din relațiile de mai sus se observă că în diagrama (w, V), figura III.5, curbele de egali indici  $S_r$ ,  $\Theta$ ,  $\rho$  sunt fascicule de drepte ce trec prin punctele A, O și, respectiv, D.

Modificarea stării pământului în timpul proceselor de umflare contracție este indicată de deplasarea punctului M pe curba de contracție care se confundă cu dreapta  $S_r=1$  atunci când pământul este saturat.

Pentru  $w = w_{\text{sat}}$  volumul rezultat prin schimbarea stării are expresia:

$$V = V + \Delta V = V \cdot [1 + \Delta V/V] = (V_s + w_{\text{sat}}) \cdot (1 + \delta) \quad (\text{III.25})$$

unde:  $\delta$  este modificarea relativă de volum.

Curbele de egal  $\delta$  reprezintă un fascicol de drepte ce trec prin punctul B.

Pentru încercările în edometru, unde variațiile relative de volum corespund unor deformații relative, expresia modulului de deformație poate fi dedusă pe baza valorilor  $\delta$ , ținând seama de relația:

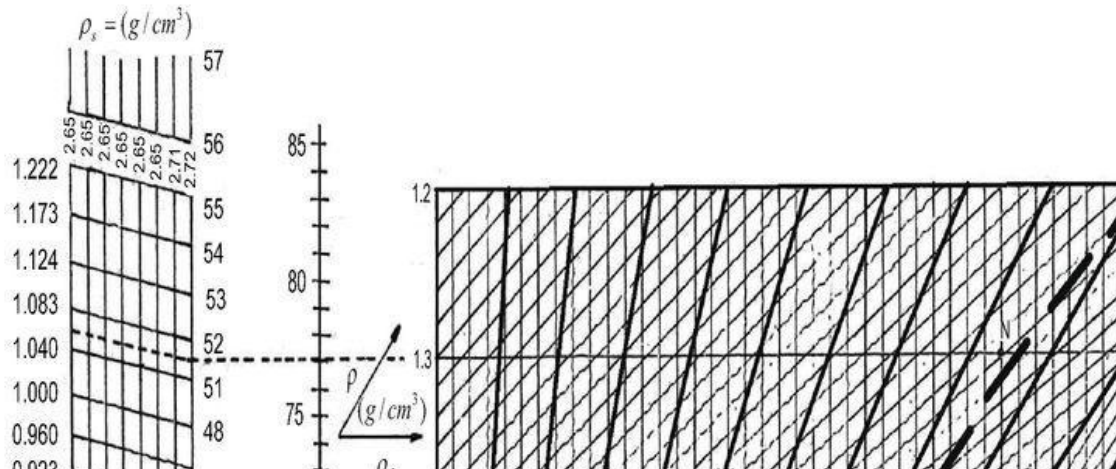
$$M = \Delta p / \Delta \delta \quad (\text{III.26})$$

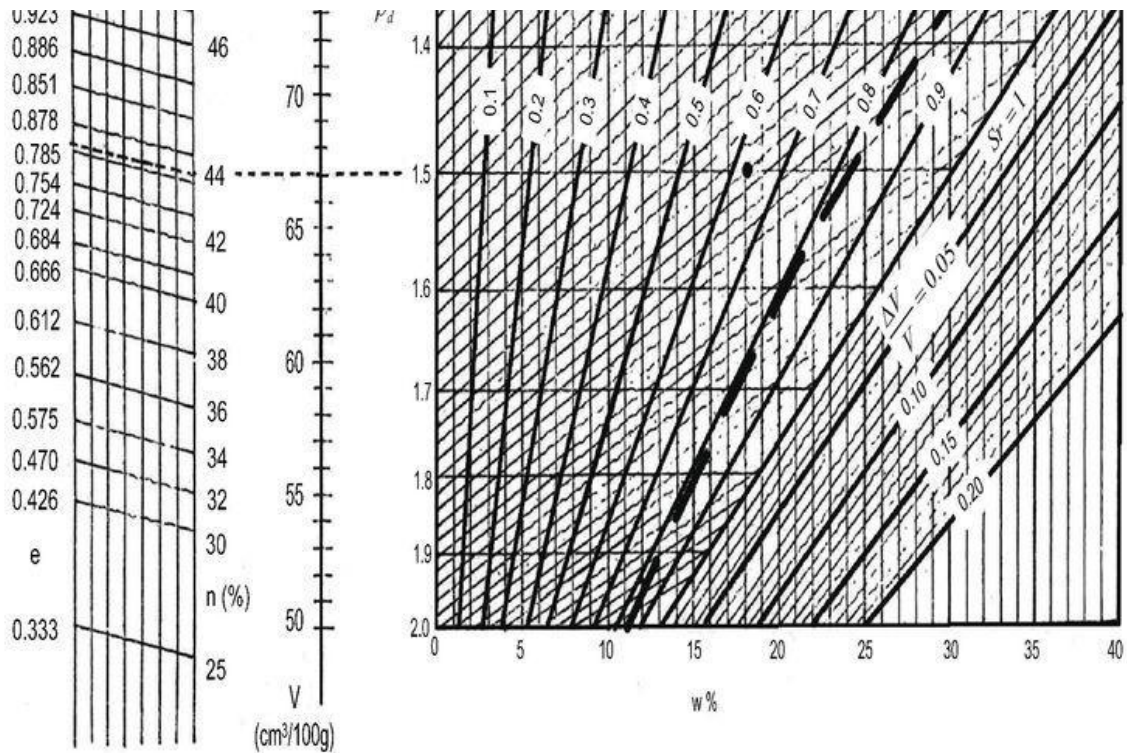
sau pentru  $\Delta p = 100 \text{ kPa}$

$$M = 100 / \Delta \delta \quad (\text{III.27})$$

Abaca prezentată anterior permite urmărirea schimbărilor de stare de umiditate și îndesare în timpul diferitelor solicitări mecanice, termice, hidrice, etc. și poate servi ca bază pentru reprezentarea modificărilor diferitelor indici geotehnici în funcție de schimbările de stare.

Folosirea abacei este de asemenea utilă pentru verificarea corespondenței între diferiți indici fizici determinați în laborator (fig. III.6).





id\_link=2660040;

Figura III.6. Abaca pentru corespondenta indicilor simpli

Exemplu de utilizare a abacei din fig. III.6. Se consideră un pământ cu următoarele caracteristici:

$$\rho_s = 2,72 \text{ g / cm}^3$$

$$\rho = 1,76 \text{ g / cm}^3$$

$$w = 18\%$$

Acest pământ este reprezentat în abaca din figura III.6 prin punctul M, pentru care rezultă:

$$\rho_s = 1,5 \text{ g / cm}^3, V = 100/1,5 = 66,667 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$$

$$S_r = 0,63, \eta = 44,3\%, e = 0,813$$

Prin modificarea umidității până la  $w = 33\%$ , se obține punctul N pe abacă, căruia îi corespund:

$$\rho_s = 1,3 \text{ g / cm}^3, V = 100/1,3 = 76,923 \text{ cm}^3/100 \text{ g}$$

$$S_r = 0,835, \rho = 1,72 \text{ g/cm}^3$$

Rezultă o modificare de volum:

$$\Delta V = 10,256 \text{ cm}^3/100 \text{ g}, e = 1,062, \eta = 51,5\%$$

### 3. Similitudinea dintre pământuri

Pentru prognozarea comportării pământurilor argiloase capabile de umflări și contracții mari se poate recurge la asemănarea dintre pământul considerat cu alte pământuri argiloase care au fost deja studiate. Asemănarea din punct de vedere al naturii pământurilor se poate aprecia luând în considerare formele și dimensiunile amprentelor. O apreciere cantitativă simplă a acestei asemănări este exprimată de aria relativă

a amprentei  $A_r$ , definită ca:

$$A_r = \frac{\text{aria amprentei}}{\text{aria cercului de referinta}} \quad (\text{III.28})$$

id\_link=2660041;

Cu cât amprenta este mai mare, cu atât valoarea lui  $A_r$  este mai însemnată.

Pentru a evalua asemanarea dintre două pământuri având ariile relative  $A_i$  și  $A_j$  se poate recurge la coeficientul de analogie, definit de relația:

$$A_n = \frac{A_i + A_j}{2|A_i - A_j|} \quad (\text{III.29})$$

id\_link=2660042;

Atunci când  $A_n > 10$  se poate admite că cele două pământuri sunt asemănătoare din punct de vedere al naturii lor. Pentru a avea o comportare asemănătoare, trebuie ca și starea de umiditate ( $w$ , %) și cea de îndesare  $V$  ( $\text{cm}^3/100 \text{ g}$ ) să fie apropiate.

## ANEXA IV

### ESTIMAREA DISTRIBUȚIEI DE ECHILIBRU A UMIDITĂȚII SUB CONSTRUCȚII

Fenomenele de evapo-transpirație, condensarea și precipitațiile atmosferice fac ca atunci când suprafețele de teren nu sunt acoperite să apară în pământ o migrare a apei dintr-o zonă în alta, care determină instalarea unei stări reale de echilibru a umidității pe o anumită perioadă de timp. Atunci când suprafețele de teren sunt acoperite de construcții (drumuri, aeroporturi, construcții civile, industriale, etc.) datorită eliminării factorilor menționați mai înainte, în pământul de sub construcțiile respective se crează o stare de echilibru a umidității determinată de proprietățile hidrice ale pământurilor, de starea de tensiune indusă în teren, de nivelul apelor subterane și de ecartul de umiditate corespunzător perioadei de execuție și exploatare.

La evaluarea distribuției de echilibru a umidității se disting două situații:

- starea de echilibru a umidității este condiționată de nivelul apei subterane aflat la o adâncime  $< 6,00 \text{ m}$ ;
  - starea de echilibru a umidității este determinată în principal de condițiile climatice ale regiunii considerate.
- A) Cazul apei subterane la mică adâncime ( $< 6,00 \text{ m}$ )
- Estimarea distribuției de echilibru a umidității se face cu următoarea relație între presiunea apei din pori, sucțiune și presiunea din teren:

$$u = \alpha \cdot p / \gamma_w - h \quad (\text{IV.1})$$

unde presiunea apei din pori ( $u$ ) și sucțiunea ( $h$ ) se exprimă în (cm) coloană de apă echivalentă.

Din relația (IV.1) se determină expresia sucțiunii:

$$s_u \rightarrow h = \alpha \cdot p / \gamma_w - u \quad (\text{IV.2})$$

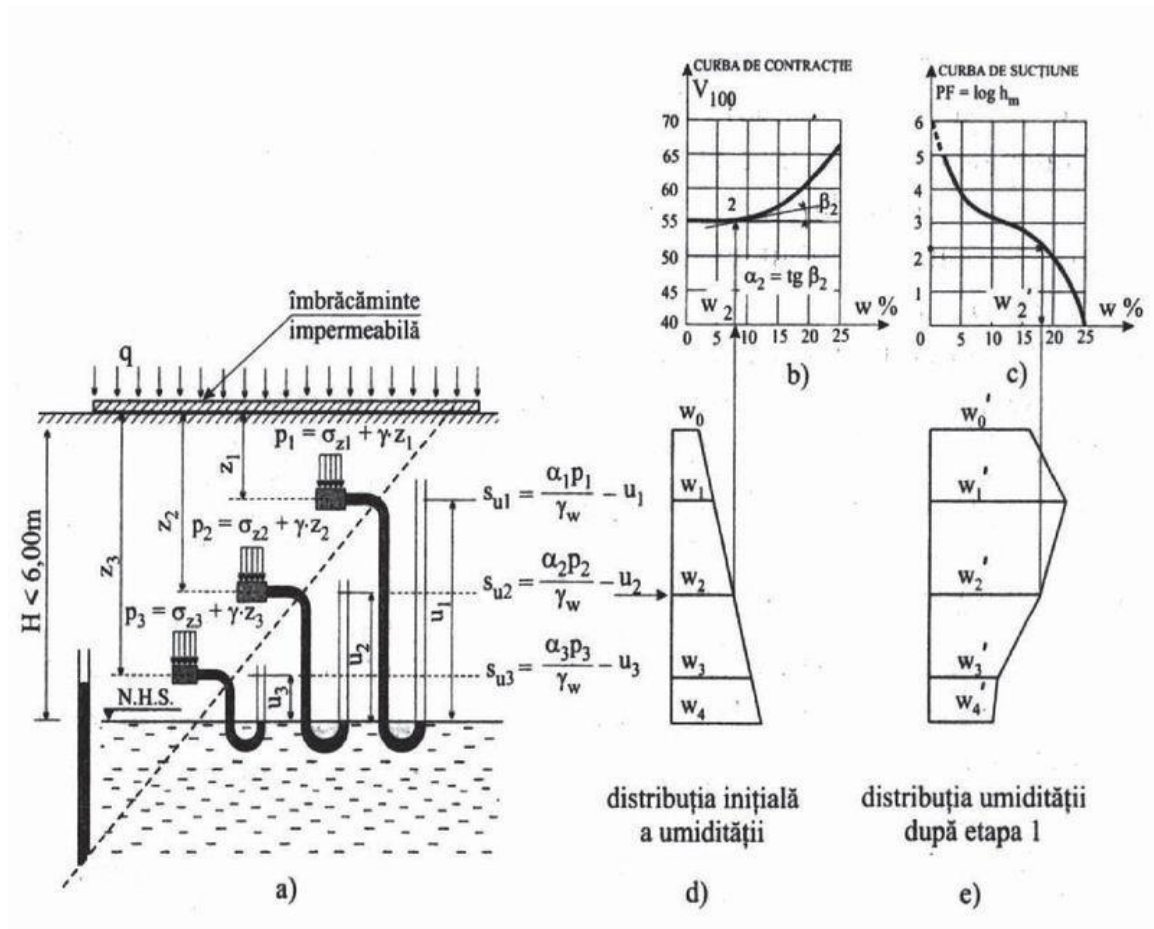
în care:

$\alpha$  - factorul de compresiune, definit ca tangenta unghiului  $\beta$  pe care-l face tangenta la curba de contracție cu orizontala (fig. IV.1.a);

$p$  - tensiunea verticală în punctul considerat, calculată ca sumă a tensiunii determinate de acțiunea

exterioară ( $\sigma_z$ ) și de sarcina geologică ( $\sigma_g$ ) (fig. IV.1.a);

$u$  - presiunea apei din porii pământului situat deasupra nivelului apei subterane, care corespunde distanței echivalente, în cm, de la punctul considerat la nivelul apei subterane (fig. IV.1.a).



id\_link=2660043;

Figura IV.1. Determinarea umidității de echilibru sub construcții

Factorul de compresie (a) poate fi estimat și în funcție de valoarea indicelui de plasticitate al pământului (tabelul IV.1).

**Tabelul IV.1 Valori orientative ale factorului de compresie  $\alpha$**

$I_p$ %	10	15	20	25	30	35
$\alpha$	0,15	0,27	0,40	0,55	0,70	0,80

Admițând o distribuție inițială a umidității în teren (fig. IV.1.d), distribuția finală se obține prin aproximații succesive, astfel:

- cu valoarea inițială a umidității din punctul considerat (de exemplu  $w_2$ ) se determină punctul corespunzător (2) din curba de contracție (fig. IV.1.b);
- se duce tangenta la curbă în punctul determinat anterior (2) și se calculează factorul  $\alpha_2 = \text{tg } \beta_2$ ;
- se calculează presiunea apei din porii ( $u_2$ ) ca distanța, în cm, a punctului considerat față de nivelul apei

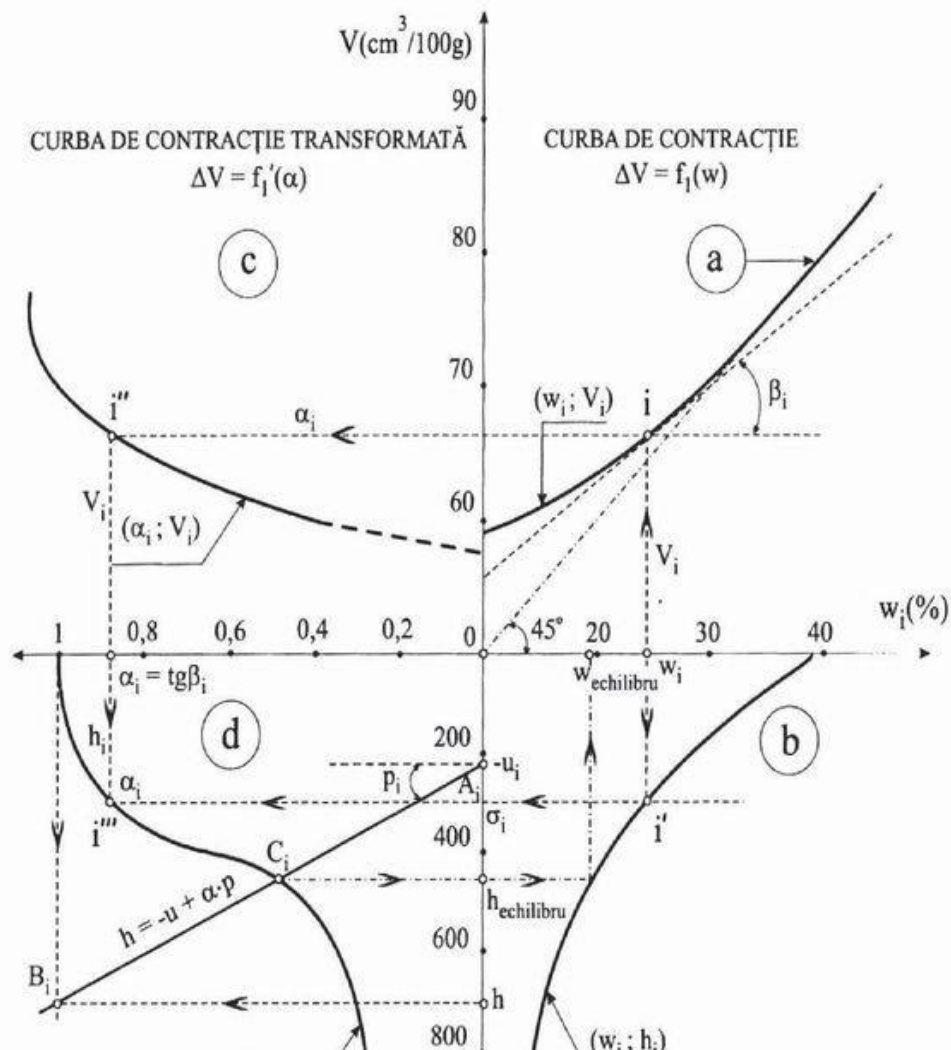
subterane ( $u_2 = H - z_2$ );

- se calculează apoi sucțiunea ( $h_2$ ) cu relația (IV.2), respectiv indicele sorbțional ( $pF_2 = \log h_2$ );
- cu indicele sorbțional obținut se intră în curba de reținere a apei la diferite sucțiuni (fig. IV.1.c) și se determină în prima aproximație umiditatea de echilibru ( $w_2'$ );
- procedându-se în mod analog pentru toate punctele avute în vedere se obține distribuția de echilibru a umidității în primă aproximație (fig. IV.1.e).

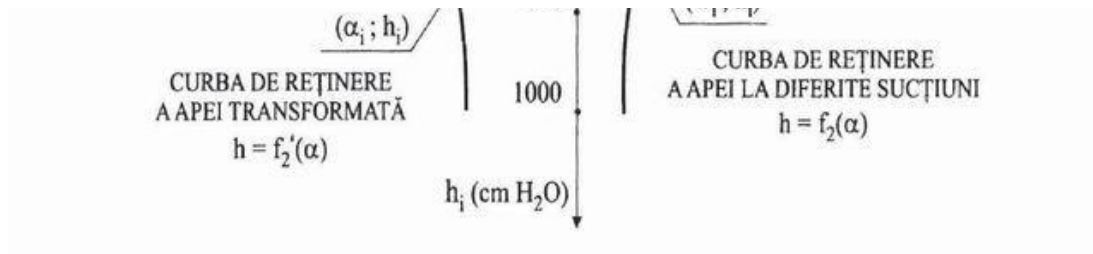
Considerându-se apoi distribuția obținută  $w'$  ca fiind distribuția inițială se obține, prin metodologia indicată, o nouă diagramă de distribuție și așa mai departe, până când diferența între două diagrame succesive devine neglijabilă. Pe baza diferențelor de umiditate între distribuția inițială și cea finală se pot estima eventualele umflări ale terenului și efectele lor asupra construcțiilor.

Pentru a se evita acest proces iterativ se va utiliza următoarea metodologie de estimare a umidității de echilibru, (fig. IV.2) bazată pe relația IV.2.

Ținând seama că sucțiunea de echilibru ( $h_e$ ) pentru o adâncime  $z$ ; (fig. IV.1) trebuie să satisfacă simultan ecuația IV.2, ecuația unei drepte în sistemul de coordonate  $h; \alpha$  (fig. IV.2.c) care trece prin punctele A ( $\alpha = 0$ ;  $h = -u$ ) și B ( $\alpha = 1$ ;  $h = -u + p$ ), și curba de reținere a apei la diferite sucțiuni, se recurge la utilizarea simultană a curbelor transformate de contracție și sucțiune cu cele în coordonate normale (fig. IV.2).







id\_link=2660044;

Figura IV.2. Schema de calcul a distribuției umidității de echilibru

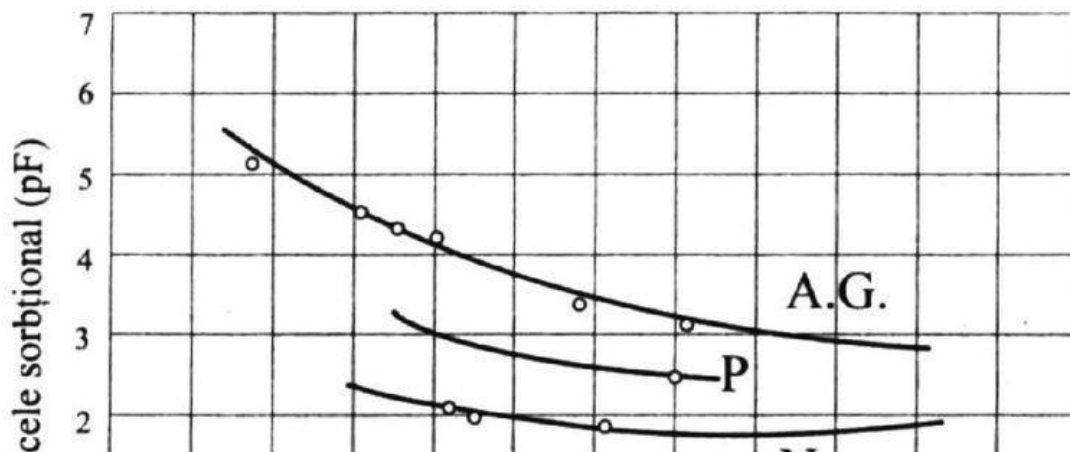
Pașii de parcurs sunt:

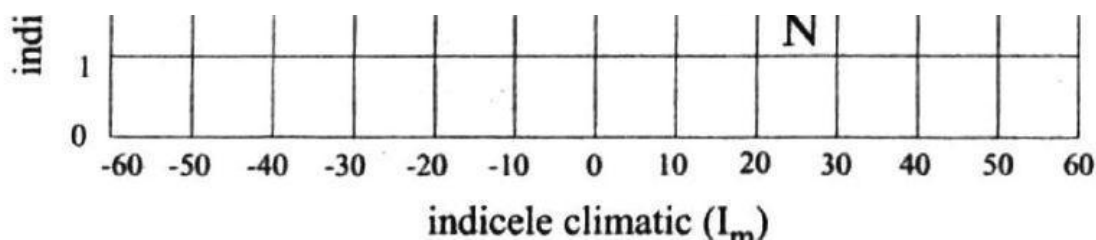
- determinarea în laborator a curbelor de contracție și sucțiune  $AV = f_1(w)$  și, respectiv  $h = f_2(w)$  și reprezentarea grafică a acestora (fig. IV.2.a și b);
- considerarea unui șir de valori  $w = w_1, w_2, w_3 \dots w_n$  și determinarea pe cale grafică a valorilor  $\alpha_i = \tan \beta_i$ , ( $\beta_i$  - măsurat grafic ca înclinare a tangentei la curba de contracție în punctul  $i$ ) și respectiv a sucțiunii  $h_i$  din graficul  $h = f_2(w)$ , (fig. IV.2.a și b);
- trasarea curbei de contracție transformată  $\Delta V = f_1(w)$  prin perechile de puncte  $(\alpha_i; \Delta V_i)$ , fig. IV.2.c, respectiv a curbei de reținere a apei la diferite sucțiuni transformate,  $h = f'_2(w)$ , prin perechile de puncte de coordonate  $(\alpha_i; h_i)$ , fig. IV.2.d;
- trasarea dreptei de ecuație IV.2 din punctul  $A_i (O_i - u_i)$  cu panta  $(p_i)$ , determinată ca în figura IV.1.a, sau prin unirea cu punctul  $B_i (\alpha = 1; h_i = -u_i + p_i)$ ;
- obținerea la intersecția dreptei  $A_i B_i$  cu curba de reținere a apei la diferite sucțiuni transformate a punctului  $C_i (\alpha_i; h_{echilibru})$  a cărei ordonată reprezintă sucțiunea de echilibru din punctul de cotă  $z_i$  (fig. IV.1.a);
- obținerea umidității de echilibru ( $w_{ech}$ ) pentru punctul de la cota  $z_i$ , ca abscisă a punctului de intersecție a orizontalei dusă din  $C_i$  cu curba de reținere a apei la diferite sucțiuni reale (fig. IV.1.b).

B) Cazul când nu există apă subterană la mică adâncime

În acest caz, distribuția de echilibru a umidității este determinată de condițiile climatice, de proprietățile hidrice ale pământurilor aflate sub îmbrăcămintea impermeabilă și, respectiv, de bilanțul dintre precipitații și evapo-transpirație (cantitatea de apă care se pierde pe unitatea de suprafață a terenului ca urmare a evaporației și transpirației plantelor).

Estimarea distribuției de echilibru se bazează pe corelațiile stabilite de Thornthwaite, pentru trei tipuri de pământuri, între indicele sorbțional și indicele climatic sau indicele de umezeală mediu ( $I_m$ ).





id\_link=2660045;

Figura IV.3. Corelația sucțiune - indice climatic

Cunoscându-se zona amplasamentului și natura terenului, cu ajutorul hărții din fig. IV.4 se poate stabili indicele de umezeală mediu al amplasamentului în funcție de care se determină din fig. IV.3 indicele sorbțional (pF).

Indicele climatic sau indicele mediu de umezeală TMI (Thornthwaite Moisture Index),  $I_m$ , este dat de relația:

$$I_m = I_u - 0,6 \times I_a \quad (IV.3)$$

în care:

$$I_u = 100 \cdot \frac{s}{n} = 100 \cdot \frac{p-n}{n} \quad \text{este indicele de umezeală} \quad (IV.4)$$

$$I_a (\%) = 100 \cdot \frac{d}{n} = 100 \cdot \frac{n-p}{n} \quad \text{este indicele de ariditate} \quad (IV.5)$$

id\_link=2660046;

unde:

s - excedentul de precipitații față de necesarul de umiditate (n) pentru vegetație (în mm coloană de apă/an);

p - este cantitatea de precipitații (în mm coloană de apă/an);

d - deficitul de umiditate (în mm de apă/an).

În raport de indicele mediu de umezeală - Thornthwaite, climatul se clasifică conform tabelului IV.2:

**Tabelul IV.2 Tipurile de climat în raport cu indicele mediu de umezeală**

$I_m$ - Thornthwaite		Climat	
< 0	- 60 ... - 40	arid	Uscat
	- 40 ... - 20	semiarid	
	- 20 ... 0	moderat uscat	
≥ 0	0 ... 20	moderat umed	Umed
	20 ... 100	umed	
	> 100	supraumed	

În raport de potențialul de umiditate, tipurile de climat pe teritoriul României se împart în cinci zone (tabelul IV.3).

**Tabelul IV.3 Tipurile de climat și potențialul de umiditate**

Climat	$I_m$	pF pentru pământuri		
		nisipoase	prăfoase	argiloase

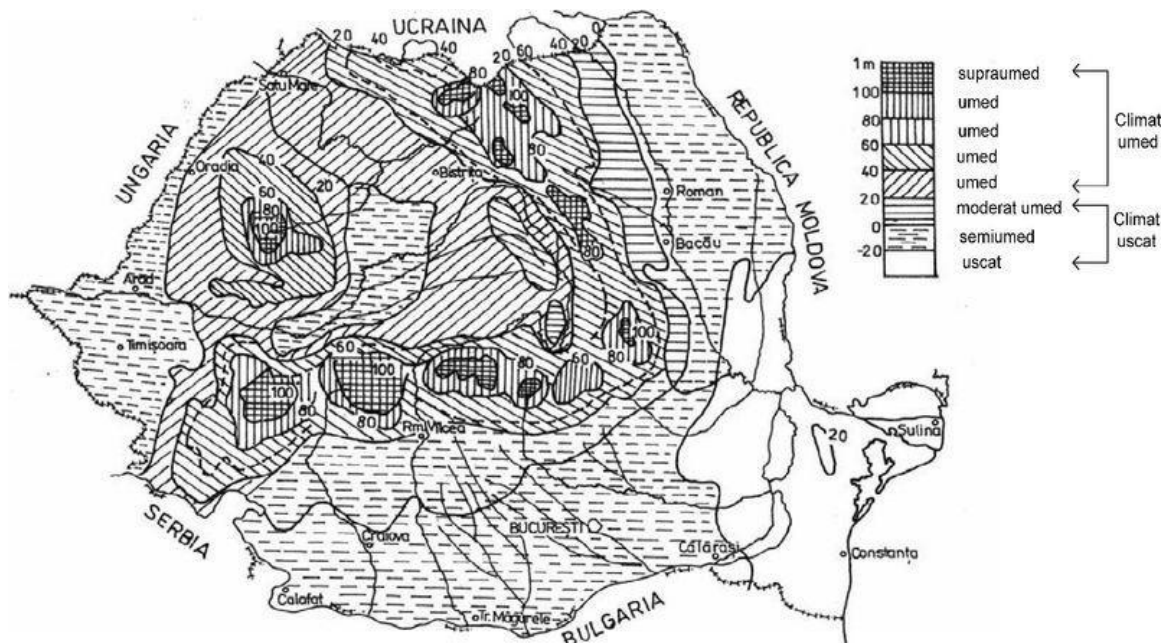
Uscat	< -200	2,30	3,60	5,00
semiumed	- 20 - 0,0	2,00	3,30	4,10
moderat-umed	0,0 - 20	1,90	2,50	3,30
umed	20 - 40	1,85	-	3,00
	40 - 60	1,80	-	2,70
supraumed	60 - 100	-	-	-

Având indicele sorbțional pF, din fig. IV.2 sau din tabelul IV.3, pentru zona amplasamentului, se intră în curba de reținere a apei la diferite sucțiuni (ce se determină conform metodologiilor din STAS 9180-73) și se determină umiditatea de echilibru considerată constantă cu adâncimea.

C. Cazul apei subterane la o adâncime mai mare de 6,00 m

În cazul în care în zona amplasamentului apa subterană se găsește la o adâncime mai mare de 6,00 m, atunci zona de aerație (de deasupra apei subterane) se subdivide în două subzone:

- zona inferioară, în care este predominant efectul apei subterane ( $H < 6,00$  m);
- zona superioară ( $H = 6,00$ ) în care distribuția de echilibru a umidității este condiționată de factorii menționați în cazul (B) și de modalitățile de disipare a apelor pluviale din zona amplasamentului construcției.



id\_link=2660047;

Figura IV.4. Răspândirea zonelor climatice în România [11]

## ANEXA V

### CALCULUL DEFORMĂȚILOR TERENULUI DE FUNDARE PROVOCATE DE FENOMENE DE CONTRACȚIE-UMFLARE

Sarcinile exterioare transmise de construcții la nivelul tălpii fundațiilor considerate ca acțiuni pe suprafața semispațiului sau semiplanului induc în punctele acestora o stare de tensiune însoțită, ca urmare a deformabilității pământului, de o stare de deformăție.

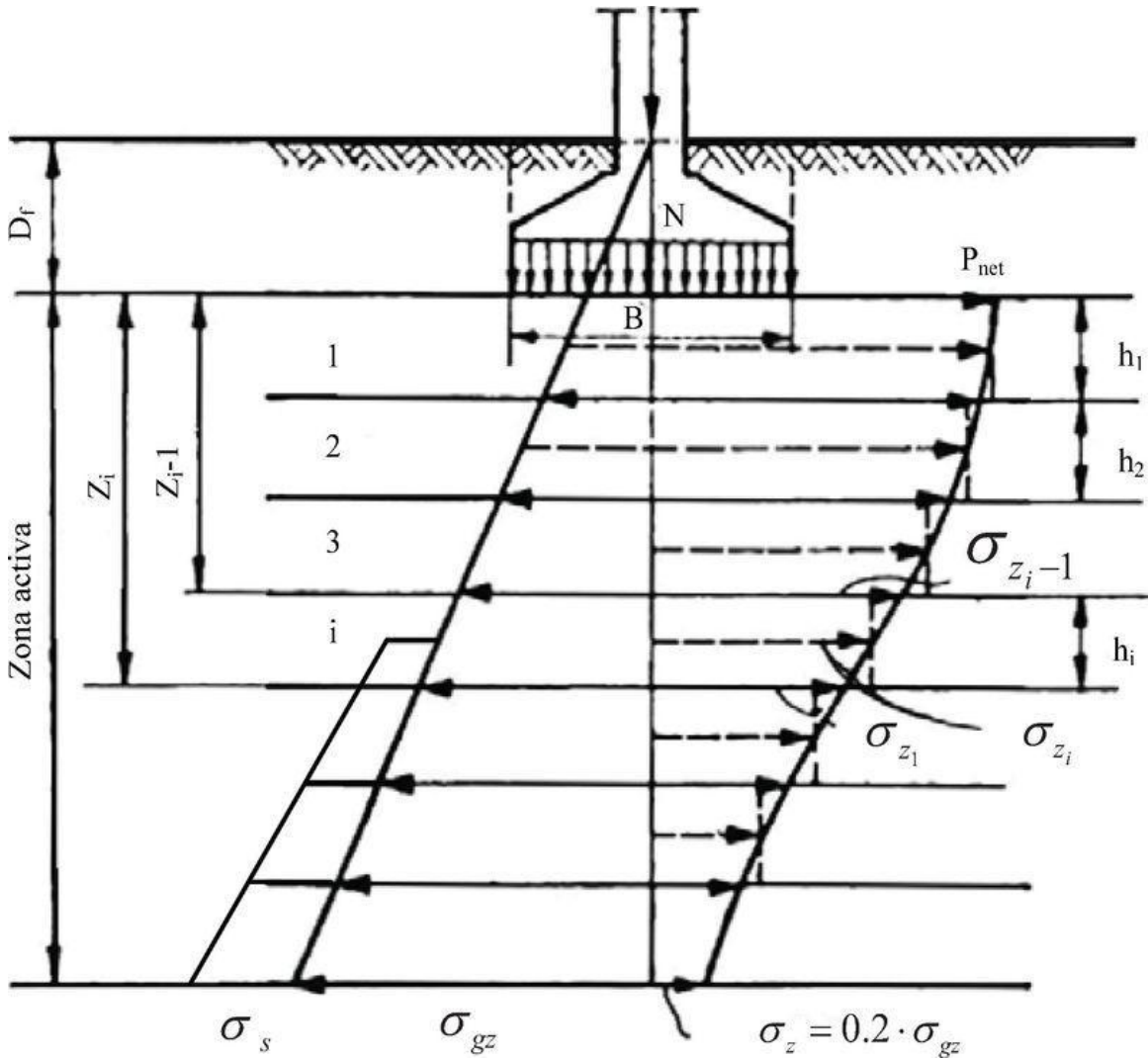
Starea de deformăție din masivul de pământ se exteriorizează în planul suprafeței de încărcare prin deplasări pe verticală ale punctelor acesteia, numite tasări (s).

În cazul fundării unor construcții pe pământuri cu umflări și contracții mari, calculul terenului de fundare trebuie să ia în considerare și influența variațiilor de umiditate în aceste pământuri, care se concretizează prin:

- umflări ( $s_u$ ), cauzate de umezirea terenului de fundare prin infiltrația apelor meteorice, a apelor rezultate din procesele de producție sau prin ridicarea generală sau locală a nivelului apelor subterane.
- umflări ( $s'_u$ ) determinate de creșterea umidității pământului sub construcție, într-o zonă limitată în adâncime, ca urmare a modificării condițiilor naturale de evapo-transpirație a terenului natural, prin ecranarea acestuia cu construcții sau schimbarea regimului higrotermic, etc.
- contracții ( $s_{con}$ ) prin reducerea umidității în terenul de fundare datorită evaporării apei, a secării din cauza vegetației sau a unor procese tehnologice calde.

Estimarea acestor deformații se poate face având la bază, de regulă, procedurile prevăzute în STAS 1913/12-88 privind estimarea potențialului de umflare-contracție.

V.1. Determinarea umflării ( $s_u$ ) cauzată de umezirea terenului din infiltrația apelor (fig. V.1) se face cu relațiile:



id\_link=2660048;

Figura V.1. Metoda însumării pe strate elementare

$$s_u = \eta \sum_1^n h_i \cdot \varepsilon_{ui} \quad (V.1)$$

id\_link=2660049;

respectiv

$$s_u = \eta \sum_1^n h_i \cdot \frac{(\Delta e)_i}{1 + e_0} \quad (V.2)$$

id\_link=2660050;

în care:

$h_i$  - grosimea stratului elementar de PUCM având indicele porilor inițial  $e_0$ , pentru care variația estimată a porozității prin umflare este  $\Delta e$ ;

$\varepsilon_{ui}$  - umflarea specifică determinată pe baza curbei de compresiune-porozitate;

$n$  - numărul de straturi elementare în care se împarte zona activă (de influență) de umflare;

$\eta$  - un coeficient de corecție empiric:  $\eta = 1/3$  - când terenul este fisurat și se poate aprecia că modificările de volum sunt egale pe cele trei direcții;  $\eta = 1$  - când terenul nu prezintă fisuri și variațiile de volum pe direcție orizontală sunt împiedecate;

$e_0$  - indicele porilor inițial;

$\Delta e_i$  - variația de porozitate prin umflare pentru un strat elementar „i”.

V.2. Determinarea umflării ( $s'_u$ ) datorată creșterii umidității pământului sub construcție pe baza teoriei umidității de echilibru.

În cazul când variațiile de volum ( $\Delta v$ ) se produc ca urmare a ecranării suprafeței și deci a perturbării echilibrului higrotermic, variațiile de volum și, respectiv, umflările ( $s'_u$ ) se estimează pe baza creșterilor de umiditate  $\Delta w_i = w_a - w_{0i}$ , cu relația:

$$s'_u = \sum_1^n \varepsilon'_{ui} \cdot h_i \quad (V.3)$$

id\_link=2660051;

unde:

$$\varepsilon'_{ui} = \frac{k \cdot \Delta w_i}{1 + k \cdot w_0} \quad (V.4)$$

id\_link=2660052;

în care:

$\varepsilon_{ui}$  - deformația (umflarea) specifică pentru un strat elementar;

$h_i$  - grosimea stratului elementar „i”;

$\Delta w_i = w_{fi} - w_{0i}$  - variația de umiditate la nivelul stratului elementar „i” ca diferență dintre umiditatea corespunzătoare perioadei de umiditate maximă și umiditatea corespunzătoare perioadei de secetă.

$k = \gamma_s / \gamma_w = 2,0$

V.3. Mărirea tasării terenului prin contracții ( $s_{con}$ ), ca rezultat al reducerii umidității, se determină cu relația:

$$\dots \quad (V.5)$$

$$s_{con} = \sum_1 \varepsilon_{ci} \cdot h_i \cdot m_c \quad (V.5)$$

id\_link=2660053;

unde:

$\varepsilon_{ci}$  - contracția liniară specifică pentru stratul elementar „i”;

$h_i$  - grosimea stratului elementar;

$m_c$  - coeficientul de corecție care se ia egal cu 1,30;

$n$  - numărul de straturi elementare în care a fost împărțită zona activă de contracție, a cărei limită inferioară se stabilește experimental sau, în lipsa datelor experimentale, se ia egală cu 5,0 m.

## ANEXA VI

### EVALUAREA SOLICITĂRILOR DATORATE VARIAȚIEI UMIDITĂȚII TERENULUI DE FUNDARE DIN PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI ASUPRA CONSTRUCȚIILOR

Cunoscând deformația maximă posibilă  $s_u$ , din umflarea terenului de fundare, se poate face o evaluare a solicitărilor care apar în construcție.

Pentru cazul curent al unei fundații continue, dacă fundația este perfect flexibilă, umflarea terenului de fundare se produce sub forma de mont al cărui dimensiuni în plan sunt necunoscute (fig.VI.1.a). Întrucât fundația are o anumită rigiditate, ea va avea tendința să aplatizeze montul (fig.VI.1.b). Atunci când  $s_u$  este mare, aplatizarea montului conduce la cedarea plastică a pământului din această zonă și, în acest caz, momentul încovoietor maxim la care este supus ansamblul fundație-perete poate fi evaluat cu ajutorul ecuației:

$$M_{max} = \frac{q \cdot L^2}{8} \cdot \left( 1 - \frac{q}{B \cdot p_{pl}} \right) \quad (VI.1)$$

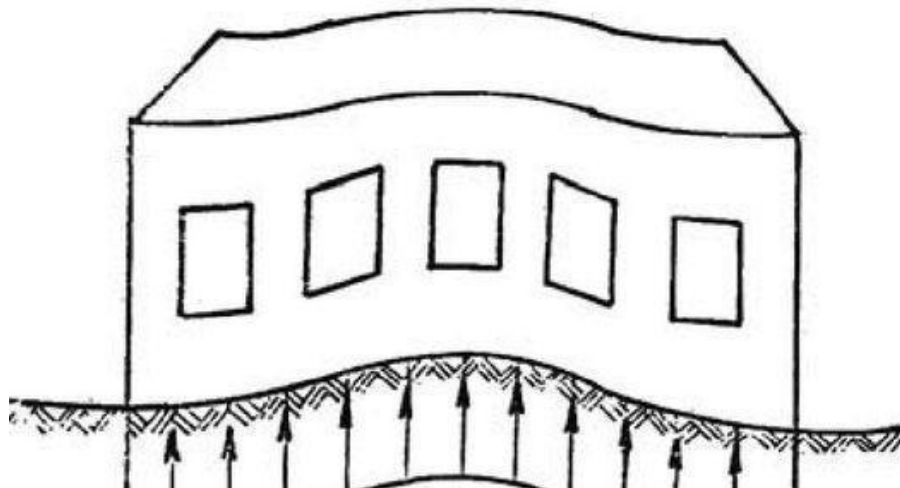
id\_link=2660054;

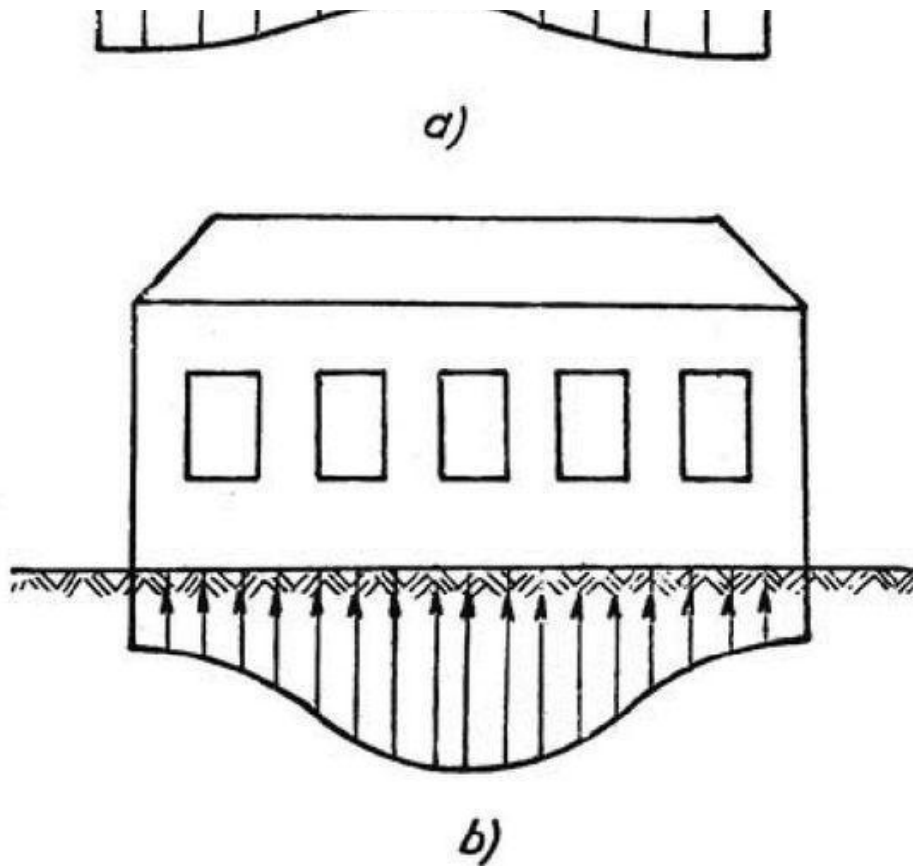
unde:

$L$  și  $B$  - reprezintă lungimea și, respectiv, lățimea fundației (fig.VI.2);

$q$  - este încărcarea uniform distribuită pe unitatea de lungime a fundației;

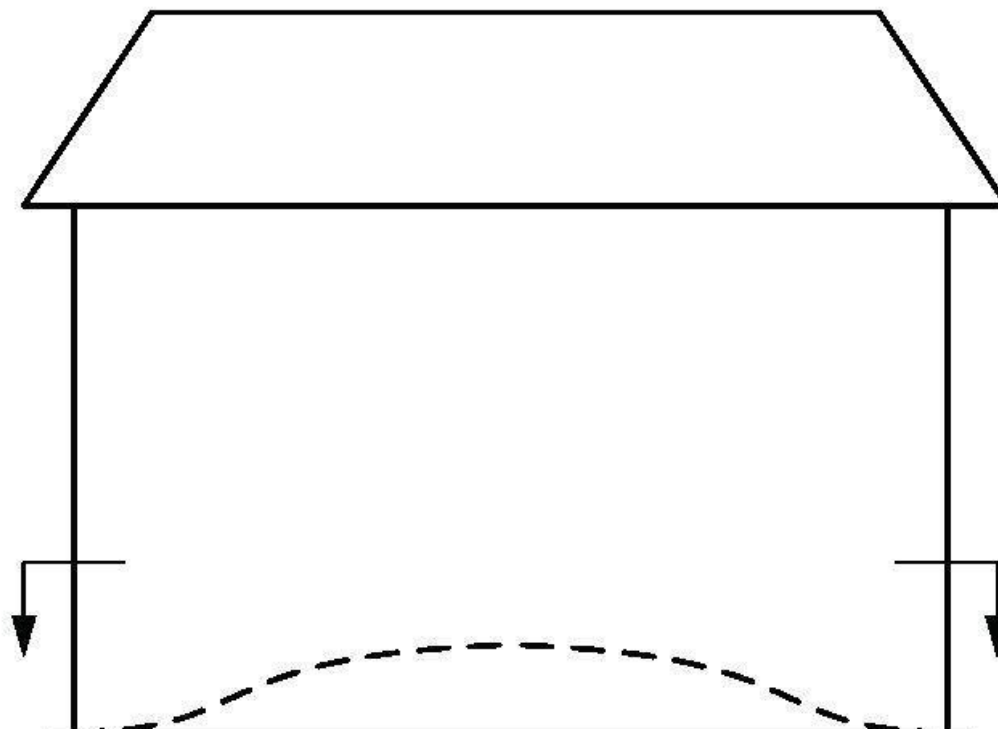
$p_{pl}$  - presiunea de cedare plastică.

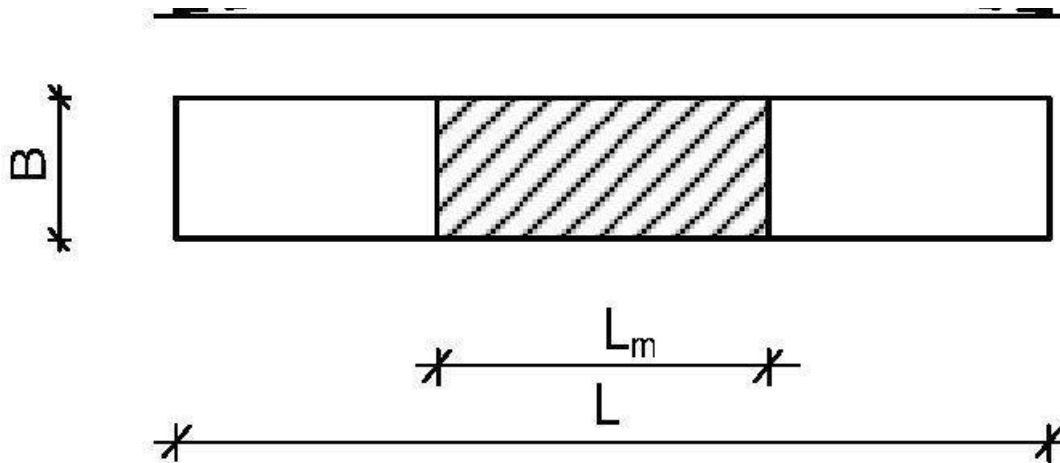




id\_link=2660055;

Figura VI.1. Deformarea fundației și diagramele de presiune rezultate din umflarea terenului a - fundație flexibilă; b - fundație rigidă





id\_link=2660056;  
Figura VI.2

Dacă însă umflarea  $s_u$  este mai redusă, montul este deformat elastic fără a atinge stadiul plastic. În acest caz, în zona montului apare o concentrare de presiuni, care poate fi calculată pe baza teoriei elasticității, admitând că forma montului este de așa natura încât se produce o creștere uniformă de presiune pe întreaga sa suprafață. Această creștere este dată de ecuația:

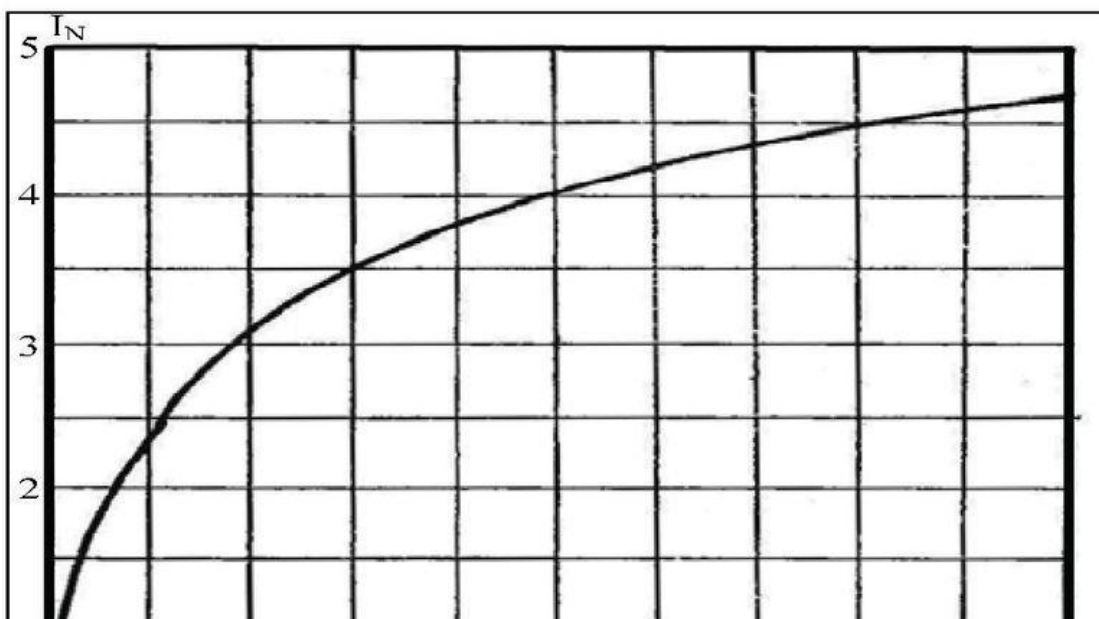
$$p = \frac{E \cdot s_u}{2 \cdot B \cdot I_N} \quad (\text{VI.2})$$

id\_link=2660057;

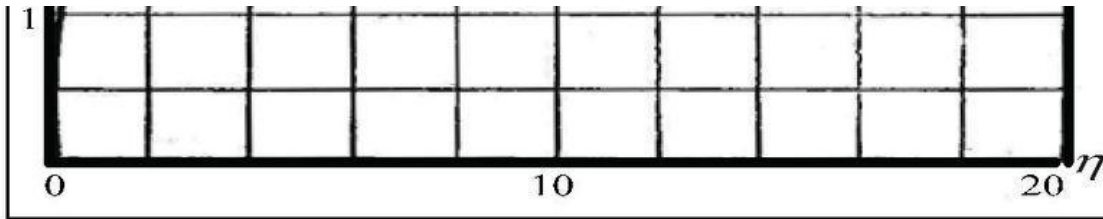
unde:

E - reprezintă modulul de elasticitate al terenului de fundare, iar

$I_N$  - este factorul de influență ale cărui valori sunt reprezentate în fig.VI.3 în funcție de raportul  $\eta$ .







id\_link=2660058;

Figura VI.3. Variația factorului de influență  $I_N$  în funcție de raportul  $\eta$

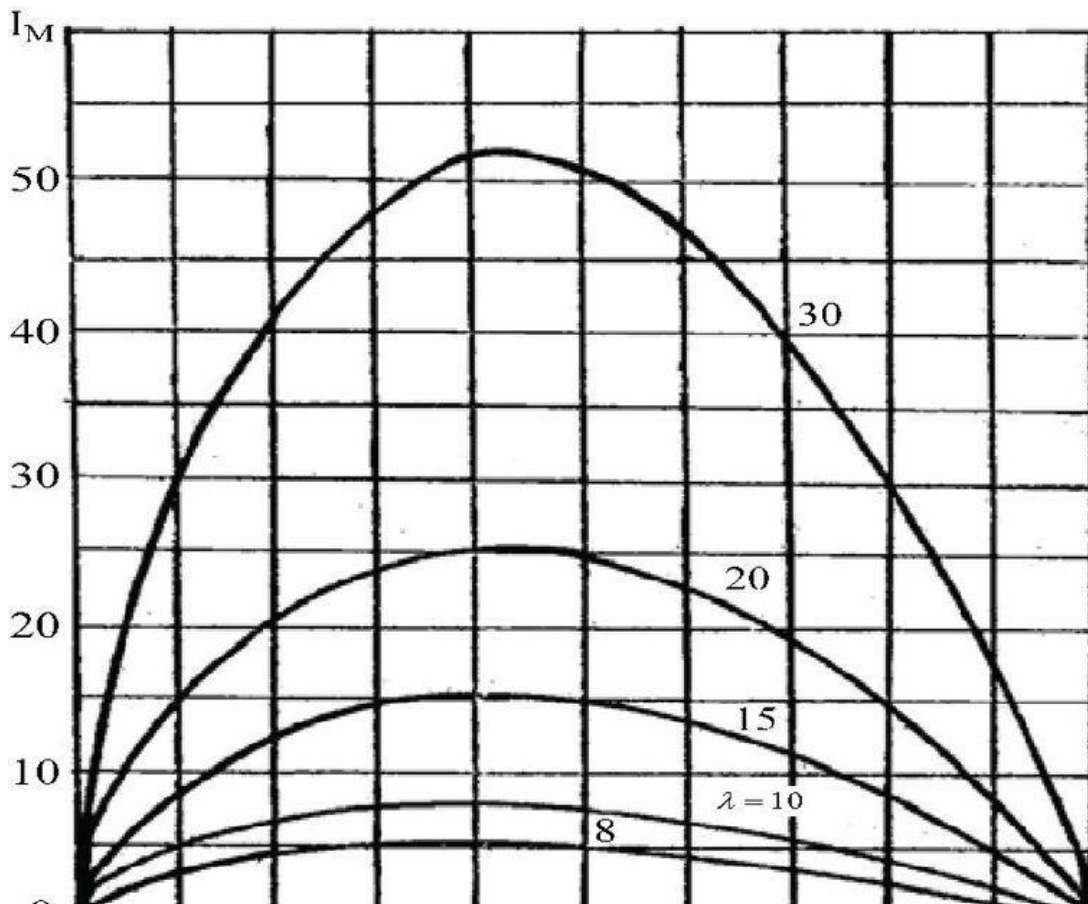
Momentul corespunzător acestei presiuni are expresia:

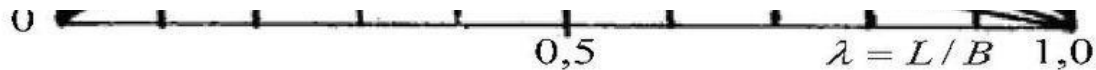
$$M = \frac{\pi}{16} \cdot E \cdot s_u \cdot B^2 \cdot I_M \quad (\text{VI.3})$$

id\_link=2660059;

Termenul  $I_M$  reprezentat în fig.VI.4 funcție de raportul  $p/L$  pentru diversele valori  $\lambda = L/B$ .

Pentru determinarea sporului de presiune,  $p$ , și a momentului  $M$ , pe baza ecuațiilor de mai sus este necesar să se cunoască dimensiunile în plan ale montului. Dacă nu se dispune de suficiente elemente pentru a se face o estimare realistă a acestor dimensiuni, este indicat să se utilizeze în calcule valorile maxime  $I_M$  din fig. VI.4.





id\_link=2660060;

Figura VI.4. Valorile  $I_M$  pentru diverse valori  $\lambda = L/B$

## ANEXA VII

### CORELAREA MĂSURILOR DE PROTECȚIE ȘI EXECUȚIE CU POSIBILITATEA DE MANIFESTARE A UMFLĂRII SAU A CONTRACȚIEI TERENULUI DE FUNDARE DIN PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI

VII.1. În cazul executării terasamentelor și fundațiilor într-un anotimp ploios (primăvara sau toamna), când terenul de fundare atinge o umiditate maximă, există posibilitatea de producere în viitor cu preponderență a fenomenelor de contracție a pământului și de tasare a fundațiilor. În ipoteza realizării corecte a măsurilor care să împiedice accesul apei din instalații și a celor din precipitații la terenul de fundare, măsurile constructive necesare de adoptat în proiect trebuie să aibe în vedere în principal numai preluarea în bune condiții a unor eventuale tasări inegale.

VII.2. În cazul executării terasamentelor și fundațiilor într-un anotimp secetos, măsurile constructive vor avea în vedere în special preluarea unor deplasări prin ridicare de jos în sus și a unor împingeri - laterale asupra fundațiilor, datorate presiunii de umflare a pământului argilos.

VII.3. Este necesar ca proiectantul să calculeze fundațiile și structura în ambele ipoteze privind perioada umedă sau uscată în care se execută terasamentele și fundațiile, dimensionând separat elementele de rezistență din fundații și structură. Pe această bază să se recomande perioada optimă de execuție pentru soluția adoptată în proiect și, separat, eventualele măsuri suplimentare sau modificări ale proiectului, dacă nu este posibilă respectarea de către executant a perioadei optime a terasamentelor și fundațiilor.

VII.4. Trebuie avute în vedere ambele posibilități referitoare la perioada umedă sau uscată de execuție a terasamentelor și fundațiilor. De aceea, mai ales în cazul în care nivelul de fundare al construcției se afla în zona de variație sezoniera a umidității pământului, este necesar ca executantul să solicite prezența proiectantului înainte de începerea turnării betonului în fundații, pentru a verifica în ce măsură ipotezele luate în considerare în proiectul de execuție corespund cu situația reală de pe teren.

## ANEXA VIII

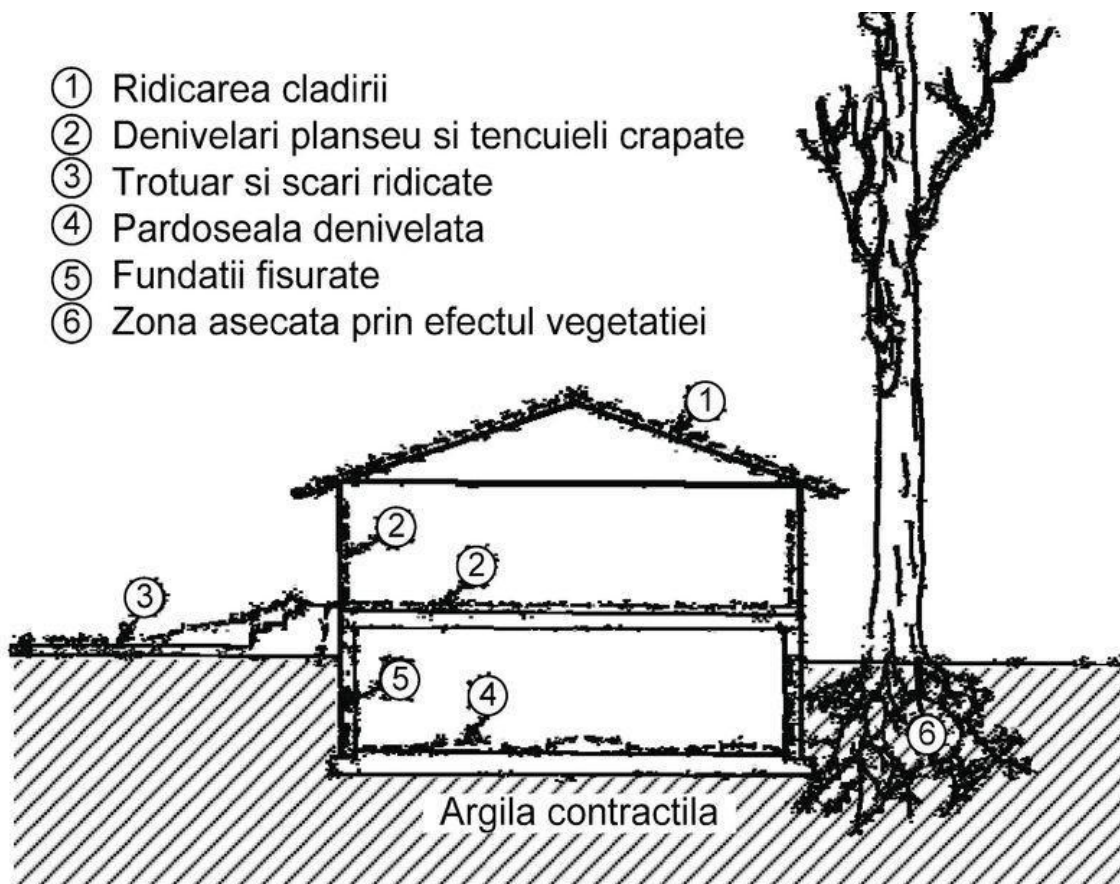
### COMPORȚAREA CONSTRUCȚIILOR FUNDATE PE PĂMÂNTURI CU UMFLĂRI ȘI CONTRACȚII MARI ȘI APARIȚIA DEGRADĂRILOR

VIII.1. Comportarea construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari depinde de intensitatea fenomenelor de umflare-contracție care sunt condiționate de:

- structura, forma și mărimea construcției;
- adâncimea de fundare și modul de realizare a fundațiilor;
- anotimpul în care s-au executat fundațiile;
- posibilitățile de infiltrare a apelor atmosferice și de expunere la soare a terenului de fundare și din imediata vecinătate a construcției;
- existența unor arbori în vecinătatea construcțiilor (fig. VIII.1);
- condițiile de exploatare a construcției.



- ① Ridicarea clădirii
- ② Denivelari planseu si tencuieli crapate
- ③ Trotuar si scari ridicate
- ④ Pardoseala denivelata
- ⑤ Fundatii fisurate
- ⑥ Zona asecatata prin efectul vegetatiei



id\_link=2660061;

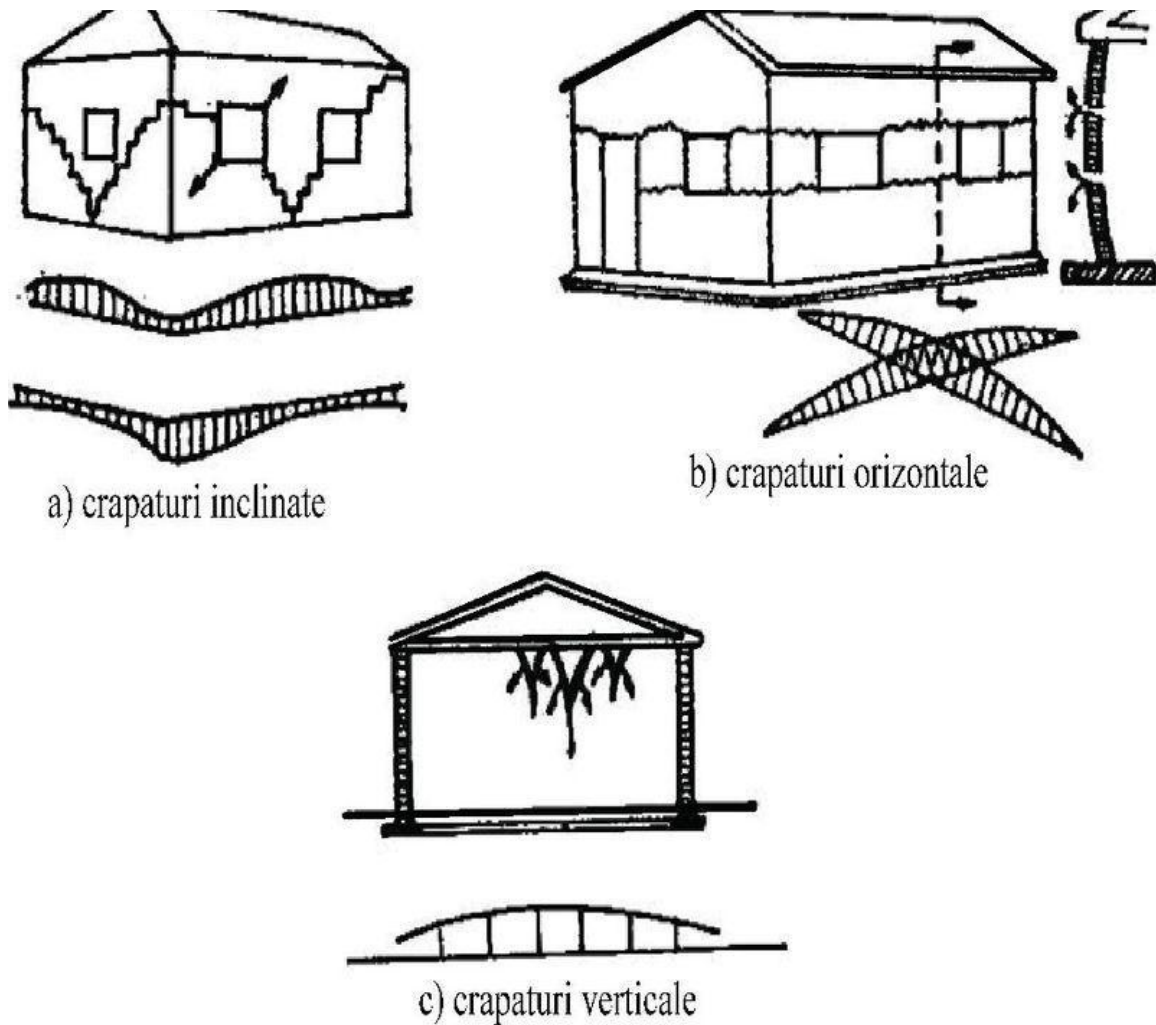
Figura VIII.1. Degradări cauzate de existenta arborilor în vecinătatea construcției

VIII.2. La construcțiile la care nu s-au luat măsuri corespunzătoare, apar degradări de felul celor ce vor fi descrise în continuare:

- la clădirile din zidărie de cărămidă cu fundații directe de beton, fisurile în fundații și ziduri apar de regulă în primul sau al doilea an după execuție și evoluează continuu, dar cu o tendință de atenuare.
- Clădirile cu schelet de lemn și paiantă fisurează mai puțin, dar se deformează foarte mult. Tocurile ușilor și ferestrelor se strâmbă, podeaua și tavanul se încovoie;
- la toate felurile de construcții, colturile puternic însorite dinspre sud-vest se tasează cel mai mult din cauza construcției, provocând apariția fisurilor și crăpăturilor în "V" (deschise mai mult la partea superioară). Dacă execuția construcției s-a efectuat într-o perioadă secetoasă, în perioada umedă care urmează pământul se umflă, provocând apariția fisurilor și crăpăturilor în "A" (deschise mai mult la partea inferioară).

VIII.3. Elementele anexe ale construcțiilor de zidărie, care fac corp comun cu construcția propriu-zisă (scări, terase, trotuare etc.) și sunt fondate la adâncime mai mică, se fisurează sau crapă de la început și se separă de restul construcției, întrucât suferă în cea mai mare măsură efectul contractțiilor și umflărilor periodice ale pământului (tasări și ridicări neuniforme).

VIII.4. Fisurile și crăpăturile construcțiilor apar și se dezvoltă la colțurile și în zonele cu rezistență mai redusă ale pereților de zidărie, de exemplu în secțiunile cu goluri pentru uși și ferestre sau la casa scării, ajungând până la 3...5 cm deschidere sau chiar mai mult, separând astfel elementele de construcție și fragmentând clădirea respectivă (figura VIII.2).



id\_link=2660062;

Figura VIII.2. Degradări posibile ale construcțiilor fundate pe pământuri cu umflări și contracții mari

## ANEXA IX

### EXEMPLE DE CALCUL

Exemplul 1: Să se identifice și să se clasifice stratul de pământ care are următoarele caracteristici geotehnice: compoziție granulometrică: argilă 86%, praf 14%, limita superioară de plasticitate 89%, limita inferioară de plasticitate 21%, limita de contracție 9%, umflarea liberă 150%, contracție volumică în stare naturală 42%, căldura maximă de umezire 38 J/g, umiditatea corespunzătoare sucțiunii de 15 bari 20,5%, presiunea de umflare 0,90 MPa, umiditatea naturală 22%, greutatea volumică a scheletului 27 KN/m<sup>3</sup> și porozitatea 40%.

Rezolvare

Având curba de compoziție granulometrică se poate determina procentul de fracțiuni cu diametrul mai mic de 0,002 mm:

$$A_{2\mu} = 42\%$$

Indicele de plasticitate se determină cu relația:

$$I_p = w_L - w_P \text{ (IX.1)}$$

Înlocuind în relația (IX.1) rezultă:

$$I_p = 89 - 21 = 68\%$$

Cunoscând  $A_{2\mu}$  și  $I_p$  se poate determina indicele de activitate folosind relația:

$$I_a = I_p/A_{2\mu} \text{ (IX.2)}$$

Rezultă:

$$I_a = 68/42 = 1,62$$

În funcție de căldura maximă de umezire  $q_{u \max}$ , indicele de activitate și umiditate corespunzătoare secțiunii de 15 bari,  $w_{15}$  pământurile se clasifică conform tabelului 1.1 și Anexei III.

Ținând cont de valorile obținute prin calcul sau determinate în laborator, rezultă că stratul de pământ studiat este o argilă cu o activitate foarte mare, deci un pământ cu umflări și contracții foarte mari.

Pentru identificarea și clasificarea pământurilor se utilizează reprezentări grafice prin amprență. Se constată ca pentru pământul analizat rezultă o amprență cu o arie mare, specifică pământurilor foarte active conform fig. III.2 (Anexa III).

Un alt indice funcție de care se poate clasifica pământul cu umflări și contracții mari este indicele de contracție - umflare, care se calculează cu relația:

$$I_{cu} = (w_{sat} - w) / (w_{sat} - w_s) \text{ (IX.3)}$$

Cunoscând porozitatea,  $n$  (%), se poate determina indicele porilor cu relația:

$$e = n/(1 - n) \text{ (IX.4)}$$

Rezultă:

$$e = 0,4/(1 - 0,40) = 0,57$$

Umiditatea de saturație se determină cu relația:

$$w_{sat} = (e \cdot \gamma_w)/\gamma_s \text{ (IX.5)}$$

Rezultă:

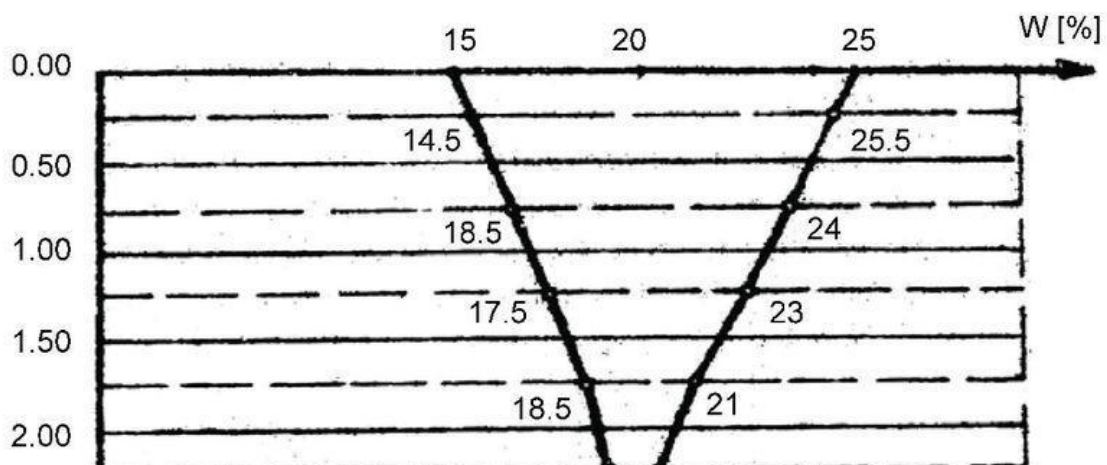
$$w_{sat} = (0,67 \cdot 10)/27 \approx 0,25 \rightarrow 25\%$$

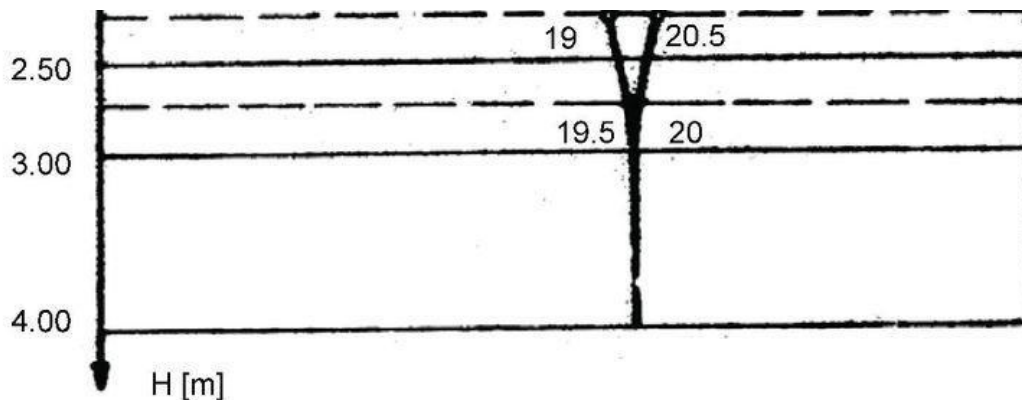
Cu ajutorul valorilor determinate se poate calcula indicele de contracție - umflare:

$$I_{cu} = (25 - 22)/(22 - 9) = 0,19$$

Valoarea obținută pentru indicele de contracție - umflare indică faptul ca în pământul studiat sunt posibile atât fenomene de contracție cât și de umflare.

Exemplul 2: Să se determine umflarea relativă a unui strat de pământ cu umflări și contracții mari datorită variației regimului higo-termic. Profilul umidităților corespunzătoare perioadei de umiditate maximă și perioada de secetă maximă determinate pe cale experimentală sunt prezentate în fig. IX.1. Indicele porilor pentru acest strat este de 0,84.





id\_link=2660063;

Figura IX.1. Profilul umidităților corespunzătoare perioadei de umiditate maximă și perioadei de secetă maximă

Rezolvare

Se împarte stratul de argilă expansivă supus la variații de umiditate în straturi de 0,50 m. Pentru determinarea umflării relative a terenului se vor lua în considerare variațiile de umiditate de la mijlocul fiecărui strat. Din fig. IX.1 se poate considera ca au loc variații de umiditate numai până la adâncimea de -3,00 m; de la această adâncime umiditățile devin constante în ambele sezoane. Argila contractilă va prezenta variații de volum în zona cuprinsă între +0,00 și -3,00 m.

Umflarea probabilă se determină cu relația:

$$U = \sum \varepsilon_1 \cdot h_1 \cdot m \quad (\text{IX.6})$$

id\_link=2660064;

unde:

$$\varepsilon_1 = \frac{k \cdot \Delta W}{1 + e_0} \quad (\text{IX.7})$$

id\_link=2660065;

Deoarece  $P_{\text{tot}} < 0,5 \text{ daN/cm}$ , coeficientul condițiilor de lucru este  $m=0,80$ . Umflarea probabilă va avea următoarea valoare:

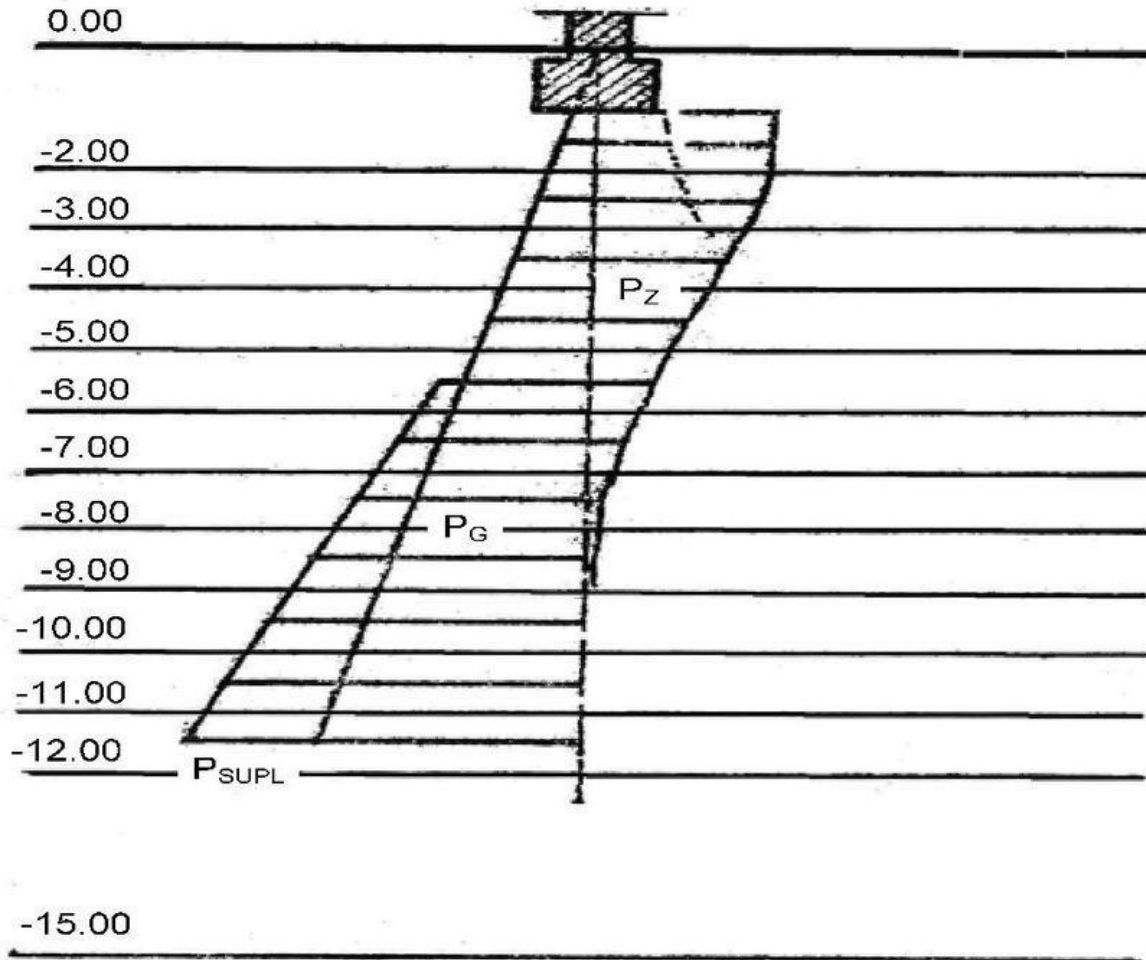
$$U = \frac{2 \cdot 50}{1 + 0,84} \cdot 0,80 \cdot (0,120 + 0,09 + 0,07 + 0,04 + 0,025 + 0,090)$$

$$U = 15,4 \text{ cm}$$

id\_link=2660066;

Exemplul 3: Să se calculeze umflarea terenului de sub o fundație având dimensiunile în plan de (1,0 x 1,0) m, situată sub un stâlp al unei hale industriale cu dimensiunile de 12x36 m. Presiunea pe talpa fundației este

de 2 daN/cm<sup>2</sup>, iar adâncimea de fundare este de 1,00 m (fig. IX.2). Terenul de fundare este o argilă contractilă în grosime de 15 m de la suprafață, sub care se află un strat de nisip prăfos. Presiunea de umflare determinată în laborator este de 3,5 daN/cm. În exploatare este posibilă umezirea pământului pe toată suprafața construcției.



id\_link=2660067;

Figura IX.2. Presiunea pe talpa fundației

Rezolvare

Terenul de fundare se împarte în 11 straturi elementare având grosimea de 1,00 m. Se determină mărimea presiunii la mijlocul fiecărui strat.

$$P_{tot} = P_z + P_g + P_{supl} \quad (IX.8.)$$

id\_link=2660068;

unde:

$p_z$  este efortul unitar datorat încărcării exterioare

$p_g$  este efortul unitar din greutatea proprie a pământului

$p_{supl}$  este presiunea suplimentară provocată de influența greutateii proprii neumezite din masiv, vecină cu

zona umezită

$$p_{supl} = m_n \cdot \gamma \cdot (z + h) \quad (\text{IX.9})$$

id\_link=2660069;

unde:  $m_n$  este un coeficient care se găsește în tabelul IX.1.

Umflarea probabilă a terenului sub fundație se determină cu relația:

$$s_u = \sum \varepsilon_1 \cdot h_1 \cdot m \quad (\text{IX.10})$$

id\_link=2660070;

Pentru determinarea umflării s-au încercat 6 probe în edometru. Probele s-au inundat la o presiune de 0,07 daN/cm<sup>2</sup> (greutatea pistonului aparatului); 0,5; 1,20; 2,0; 3,0; 4,0 daN/cm<sup>2</sup>.

**Tabelul IX.1**

Z + D / B	Coeficientul $m_n$ pentru un raport al lungimii și lățimii suprafeței umezite L/B				
B	1,00	2,00	3,00	4,00	5,00
0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1,00	0,58	0,50	0,43	0,36	0,29
2,00	0,81	0,70	0,61	0,50	0,40
3,00	0,94	0,82	0,71	0,59	0,47
4,00	1,02	0,89	0,77	0,64	0,53
5,00	1,07	0,94	0,82	0,69	0,57

**Tabelul IX.2**

Adâncimea medie a stratului (m)	z+h / B	$m_n$	$p_z$ daN/cm <sup>2</sup>	$\sigma_{gz}$ daN/cm <sup>2</sup>	$p_{supl}$ daN/cm <sup>2</sup>	$p_{tot}$ daN/cm <sup>2</sup>	$s_u$
0,50	0,12	0,00	1,40	0,10	-	1,50	0,72
1,50	0,21	0,00	0,36	0,30	-	0,66	0,82
2,50	0,29	0,00	0,14	0,50	-	0,64	0,80
3,50	0,37	0,00	0,07	0,70	-	0,77	0,79
4,50	0,46	0,00	0,05	0,90	-	0,95	0,78
5,50	0,54	0,04	0,03	1,10	0,05	1,18	0,79
6,50	0,63	0,13	0,01	1,30	0,20	1,51	0,72
7,50	0,71	0,21	-	1,50	0,36	1,89	0,69
8,50	0,79	0,29	-	1,70	0,55	2,25	0,66
9,50	0,88	0,38	-	1,90	0,80	2,70	0,62
10,50	0,96	0,46	-	2,10	1,05	3,15	0,59



Umflarea relativă a fost următoarea:

p (daN/cm <sup>2</sup> )	0,70	0,80	0,95	1,18	1,50	1,89	2,25	2,70	3,15
ε (%)	3,2	3,0	2,4	2,0	1,8	1,7	1,3	1,0	0,7

Rezultă că umflarea terenului de sub fundație va fi:

$$s_u = \sum \varepsilon_1 \cdot h_1 \cdot m = 1,8 \cdot 0,72 + 3,0 \cdot 0,82 + 3,2 \cdot 0,8 + 3,0 \cdot 0,79 + 2,4 \cdot 0,78 + 2,0 \cdot 0,75 + 1,81 \cdot 0,72 + 1,7 \cdot 0,69 + 1,3 \cdot 0,66 + 1,0 \cdot 0,62 + 0,70 \cdot 0,59 = 16,4 \text{ cm}$$

**ANEXA X**

## REFERINȚE LEGISLATIVE ȘI TEHNICE

### 1. Legislație

Nr. Crt.	Acte normative	Publicația
1.	Legea nr. 10/1995 privind calitatea în construcții, cu modificările ulterioare.	Publicată în Monitorul Oficial al României, Partea I numărul 12 din 24 ianuarie 1995.
2.	Ordinul ministrului transporturilor, construcțiilor și turismului nr. 275/2005 pentru aprobarea reglementării tehnice "Normativ pentru proiectarea structurilor de fundare directă", indicativ NP 112-04.	Publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, numărul 451 din 27 mai 2005.
3.	Ordinul ministrului dezvoltării lucrărilor publice și locuințelor nr. 128/2007 pentru aprobarea reglementării tehnice "Normativ privind documentațiile geotehnice pentru construcții", indicativ NP 074-2007.	Publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, numărul 381 din 06 iunie 2007.
4.	Ordinul ministrului dezvoltării regionale și turismului nr. 2.690/2010 pentru aprobarea reglementării tehnice "Normativ privind determinarea valorilor caracteristice și de calcul ale parametrilor geotehnici, indicativ NP 122: 2010.	Publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, numărul 158 din 04 martie 2011.

### 2. Lista Standardelor

Nr. crt.	Standarde	Denumirea
1.	SR EN 1997-1: 2004	Eurocod 7: Proiectare geotehnica. Partea 1: Reguli generale.
2.	SR EN 1997-1: 2004/AC:2009	Eurocod 7: Proiectare geotehnica. Partea 1: Reguli generale.
3.	SR EN 1997-1:2004/NB:2007	Eurocod 7: Proiectare geotehnica. Partea 1: Reguli generale. Anexa națională .
4.	SR EN ISO 14688-1:2004	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere.
5.	SR EN ISO 14688-1:2004/AC:2006	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1: Identificare și descriere.
6.	SR EN 14688-2:2005	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare.
7.	SR EN 14688-2:2005/C 91:2007	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 2: Principii pentru o clasificare.
8.	STAS 3950-81	Geotehnica. Terminologie. Simboluri și unități de măsură.

9.	STAS 6054-77	Teren de fundare. Adâncimi maxime de îngheț. Zonarea teritoriului Republicii Socialiste România.
10.	STAS 1913/12-88	Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor fizice și mecanice ale pământurilor cu umflări și contracții mari
11.	STAS 3300/2-85	Teren de fundare. Calculul terenului de fundare în cazul fundării directe
12.	STAS 2745 -90	Teren de fundare. Urmărirea tasării construcțiilor prin metode topografice.
13.	STAS 8942/1-89	Teren de fundare. Determinarea compresibilității pământurilor prin încercarea în edometru.
14.	STAS 9180-73	Teren de fundare. Determinarea capacității de reținere a apei de către pământuri, la diferite sucțiuni
15.	STAS 1913/9-86	Teren de fundare. Determinarea căldurii maxime de umezire a pământului.
16.	STAS 1913/4-86	Teren de fundare. Determinarea limitelor de plasticitate
17.	STAS 1913/1-82	Teren de fundare. Determinarea umidității.