

**GHID PRIVIND CONTROLUL LUCRĂRILOR DE
COMPACTARE A PĂMÂNTURILOR NECOEZIVE,
indicativ GT 067 - 2014**

CUPRINS

1. PREVEDERI GENERALE

- 1.1. Obiect și domeniu de aplicare
- 1.2. Simboluri și unități de măsură
- 1.3. Abrevieri

2. DOCUMENTE DE REFERINȚĂ

3. PARAMETRI GEOTEHNICI PRIVIND NATURA ȘI STAREA DE ÎNDESARE A PĂMÂNTURILOR NECOEZIVE

- 3.1. Clasificarea pământurilor necoezive
- 3.2. Parametri geotehnici

4. CRITERII PENTRU IDENTIFICAREA ȘI ALEGEREA MATERIALULUI PUS ÎN OPERĂ ÎN VEDEREA EXECUTĂRII LUCRĂRILOR DE TIP PERNĂ

5. ETAPE PREMERGĂTOARE LUCRĂRILOR DE COMPACTARE DE TIP PERNĂ

- 5.1. Stabilirea parametrilor geotehnici pentru materialul utilizat prin încercări de laborator și de teren
- 5.2. Compactarea de probă

6. METODE DE VERIFICARE A CALITĂȚII LUCRĂRILOR DE COMPACTARE A PĂMÂNTURILOR NECOEZIVE

- 6.1. Stabilirea încercărilor de verificare
- 6.2. Metode de verificare a calității lucrărilor de compactare

7. RAPORTAREA REZULTATELOR ȘI RECEPȚIA LUCRĂRILOR

8. SCURTĂ PREZENTARE A ORDINII OPERAȚIUNILOR DE EXECUȚIE A UNEI PERNE DIN PĂMÂNTURI NECOEZIVE

ANEXE

ANEXA I - MODEL CADRU DE RAPORT DE ÎNCERCARE

ANEXA II - DETERMINAREA PARAMETRILOR GEOTEHNICI OPTIMI. Încercări experimentale (anexă informativă)

ANEXA III - CONTROLUL CALITĂȚII LUCRĂRILOR DE TIP PERNĂ PRIN ÎNCERCĂRI CU PLACA. Încercări experimentale efectuate conform STAS 8942/3 - 90 (anexă informativă)

ANEXA IV - APRECIEREA GRADULUI DE ÎNDESARE ÎN FUNCȚIE DE REZISTENȚA LA PENETRARE DINAMICĂ. Încercări experimentale (anexă informativă)

1. PREVEDERI GENERALE

1.1. Obiect și domeniu de aplicare

1.1.1. Prezentul ghid stabilește metodele de control al calității umpluturilor controlate (perne) executate din pământuri necoezive.

1.1.2. Lucrările de tip pernă se realizează, de regulă, pe terenuri dificile de fundare, încadrate în categoriile geotehnice 2 și 3 conform normativului NP 074, asociate riscului geotehnic de tip “moderat” sau “major”. Umpluturile controlate se mai utilizează și în cazul aducerii în cotă a terenului de fundare funcție de prevederile din proiect.

1.1.3. Terenurile încadrate ca dificile se caracterizează prin deformabilitate mare și neuniformă, precum și capacitate portantă redusă. În vederea eliminării acestor inconveniente se procedează, în unele cazuri, la excavarea totală sau parțială a terenului dificil de fundare și înlocuirea cu un strat din material necoeziv compactat controlat, de tip pernă.

1.1.4. Pământurile necoezive se definesc din punct de vedere granulometric ca pământuri grosiere și foarte grosiere, care se încadrează în domeniul granular al nisipurilor ($d = 0,063...2$ mm), pietrișurilor ($d = 2...63$ mm) și bolovănișurilor ($d > 63...200$ mm), conform SR EN ISO 14688-1.

1.1.5. Compactarea este un proces fizico-mecanic, prin care, sub acțiunea unui lucru mecanic exterior în cazul pământurilor necoezive, se realizează o reaşezare a particulelor fazei solide, care are drept urmare micșorarea porozității și creșterea gradului de îndesare, ceea ce conduce la modificarea caracteristicilor mecanice (rezistență și deformabilitate) ale acestora.

1.1.6. Pentru o compactare eficientă, trebuie determinați următorii parametri optimi de compactare:

- umiditatea optimă de compactare, w_{opt} ;
- densitatea maximă în stare uscată, ρ_{dmax} .

1.1.7. Metodele de verificare a calității lucrărilor de compactare a pământurilor necoezive sunt directe și indirecte, după cum urmează:

- a) Metodele directe se utilizează pentru pământurile necoezive și constau în determinarea parametrilor geotehnici.
- b) Metodele indirecte (penetrări dinamice, încercări cu placa, metode geofizice) se utilizează pentru pământurile necoezive, numai în asociere cu metodele directe.

1.1.8. Verificarea calității lucrărilor de compactare a pământurilor necoezive se realizează conform caietului de sarcini elaborat de proiectant.

1.1.9. Încercările de laborator și de teren pentru controlul compactării pământurilor necoezive se execută numai de unități autorizate / acreditate în condițiile legii pentru profilul de încercări GTF (Geotehnică și Teren de Fundare).

1.1.10. Prezentul ghid se adresează investitorilor, proiectanților, executanților de lucrări de tip pernă din pământuri necoezive, specialiștilor din unitățile susmenționate, precum și specialiștilor cu activitate în domeniul construcțiilor atestați/autorizați în condițiile legii.

1.2. Simboluri și unități de măsură

Litere latine

C_u	(-)	coeficientul de uniformitate granulometrică
C_c	(-)	factorul de curbură granulometrică
d_{10}	(mm)	dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 10% pe curba granulometrică
d_{30}	(mm)	dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 30% pe curba granulometrică
d_{60}	(mm)	dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 60% pe curba granulometrică
d_{90}	(mm)	dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 90% pe curba granulometrică
d_{max}	(mm)	dimensiunea maximă a particulelor
D	(%)	gradul de compactare
e	-	indicele porilor
e_{max}	-	indicele porilor corespunzător greutatei volumice minimale
e_{min}	-	indicele porilor corespunzător greutatei volumice maximale
$E_{oed\ i-j}$	kPa	modulul edometric pentru diferite trepte (i, j) de încărcare σ
E_{PLT}	kPa	modulul de tasare pe baza încercării cu placa
I_D	-	gradul de îndesare
k	(m/s)	coeficientul de permeabilitate
m	(g)	masa pământului în stare naturală
m_w	(g)	masa apei
m_d	(g)	masa probei uscate
m_s	(g)	masa particulelor solide
n	(%)	porozitatea
N	-	numărul de lovituri pentru o penetrare pe 300 mm la încercarea de penetrare standard SPT
N_{10L}	-	numărul de lovituri pentru o penetrare de 10 cm la încercarea de penetrare dinamică cu penetrometrul ușor DPL
N_{10M}	-	numărul de lovituri pentru o penetrare de 10 cm la încercarea de penetrare dinamică cu penetrometrul mediu DPM
N_{10H}	-	numărul de lovituri pentru o penetrare de 10 cm la încercarea de penetrare dinamică cu penetrometrul greu DPH
$(N_1)_{60}$	-	numărul de lovituri la încercarea de penetrare standard SPT corectat pentru pierderile de energie și normalizat în funcție de presiunea geologică verticală efectivă
V	(cm ³)	volumul pământului inclusiv goluri
V_s	(cm ³)	volumul particulelor solide (fără goluri)
V_p	(cm ³)	volumul porilor
w_{opt}	(%)	umiditatea optimă de compactare

Litere grecești

ρ	(g/cm ³)	densitatea pământului
ρ_s	(g/cm ³)	densitatea scheletului mineral
ρ_d	(g/cm ³)	densitatea pământului în stare uscată
ρ_{dmax}	(g/cm ³)	densitatea pământului în stare uscată maximă
ρ_{dmin}	(g/cm ³)	densitatea pământului în stare uscată minimă
γ	(kN/m ³)	greutatea volumică
γ_s	(kN/m ³)	greutatea volumică a scheletului
γ_d	(kN/m ³)	greutatea volumică în stare uscată

γ_{dmax}	(kN/cm ³)	greutatea volumică maximă în stare uscată
φ	(grade)	unghi de frecare interioară
ϕ	(grade)	unghi de frecare interioară în termeni de eforturi efective

1.3. Abrevieri

DP	încercarea de penetrare dinamică
DPL	încercarea de penetrare dinamică cu penetrometrul ușor
DPH	încercarea de penetrare dinamică cu penetrometrul greu
PLT	încercarea de încărcare cu placa
SPT	încercarea de penetrare standard

2. DOCUMENTE DE REFERINȚĂ

Conținutul prezentului ghid are în vedere prevederile din următoarele documente de referință:

Reglementări tehnice:

<i>Nr. crt.</i>	<i>Acte legislative</i>	<i>Act normativ prin care se aprobă reglementarea tehnică/publicația</i>
1.	Normativ pentru verificarea calității și recepția lucrărilor de construcții și instalații aferente, indicativ C 56-1985	Decizia Institutului Central de Cercetare, Proiectare și Directivare în Construcții nr.61 din 30 octombrie 1985 publicată în Buletinul Construcțiilor nr. 1-2/1986
2.	Normativ privind documentațiile geotehnice pentru construcții, indicativ NP 074-2007	Ordinul ministrului dezvoltării, lucrărilor publice și locuințelor nr. 128/2007 publicat în Monitorul Oficial al României, Partea I, nr. 381 din 6 iunie 2007 și în Buletinul Construcțiilor nr. 9/2007

Standarde:

<i>Nr. crt.</i>	<i>Standarde</i>	<i>Denumire</i>
1.	SR EN 933-2:1998	Încercări pentru determinarea caracteristicilor geometrice ale agregatelor. Partea 2: Analiza granulometrică. Site de control, dimensiuni nominale ale ochiurilor
2.	SR EN 1997-2: 2007	Eurocod 7. Proiectarea geotehnică. Partea 2. Investigarea și încercarea terenului
3.	SR EN 1997-2:2007/NB:2009	Eurocod 7. Proiectarea geotehnică. Partea 2: Investigarea și încercarea terenului. Anexa națională
4.	SR EN 1997-2: 2007/AC:2010	Eurocod 7. Proiectarea geotehnică. Partea 2. Investigarea și încercarea terenului
5.	SR EN ISO 14688-1: 2004	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1. Identificare și descriere
6.	SR EN ISO 14688-1: 2004/AC:2006	Cercetări și încercări geotehnice. Identificarea și clasificarea pământurilor. Partea 1. Identificare și descriere
7.	SR EN ISO 22476-2:2006	Cercetări și încercări geotehnice. Încercări pe teren. Partea 2: Încercare de penetrare dinamică
8.	SR EN ISO 22476-3:2006	Cercetări și încercări geotehnice. Încercări pe teren. Partea 3: Încercare de penetrare standard

9.	SR EN ISO/CEI 17025: 2005	Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări
10	SR EN ISO/CEI 17025: 2005/AC:2007	Cerințe generale pentru competența laboratoarelor de încercări și etalonări
11.	STAS 1913 /1-82	Teren de fundare. Determinarea umidității
12.	STAS 1913/2-76	Teren de fundare. Determinarea densității scheletului pământului
13.	STAS 1913/5-85	Teren de fundare. Determinarea granulozității
14.	STAS 1913/6-76	Teren de fundare. Determinarea permeabilității în laborator
15.	STAS 1913/13-83	Teren de fundare. Determinarea caracteristicilor de compactare. Încercarea Proctor
16.	STAS 1913/15-75	Teren de fundare. Determinarea greutateii volumice pe teren
17.	STAS 2914-84	Lucrări de drumuri. Terasamente. Condiții tehnice generale de calitate
18.	STAS 2914/4-89	Lucrări de drumuri și de cale ferată. Determinarea modulului de deformare liniară
19.	STAS 7582-91	Lucrări de cai ferate. Terasamente. Prescripții de proiectare și de verificare a calității
20.	STAS 8942/2-82	Teren de fundare. Determinarea rezistenței pământurilor la forfecare, prin încercarea de forfecare directă
21.	STAS 8942/3-90	Teren de fundare. Determinarea modulului de deformare liniară prin încercări pe teren cu placa
22.	STAS 9850-89	Lucrări de îmbunătățiri funciare. Verificarea compactării terasamentelor
23.	STAS 13006-91	Teren de fundare. Determinarea densității maxime corespunzătoare stării uscate a pământurilor necoezive
24.	STAS 13021-91	Teren de fundare. Determinarea densității minime corespunzătoare stării uscate a pământurilor necoezive

3. PARAMETRI GEOTEHNICI PRIVIND NATURA ȘI STAREA DE ÎNDESARE A PĂMÂNTURILOR NECOEZIVE

3.1. Clasificarea pământurilor necoezive

Clasificarea pământurilor necoezive funcție de mărimea particulelor, în conformitate cu prevederile SR EN ISO 14688-1, este prezentată în tabelul 3.1.

Tabelul 3.1. Clasificarea pământurilor necoezive

<i>Fracțiuni ale pământurilor</i>	<i>Subdiviziuni</i>	<i>Mărimea particulelor (mm)</i>
Pământ foarte grosier	Bolovăniș	> 63 până la 200
Pământ grosier	Pietriș	> 2,0 până la 63
	Pietriș mare	> 20 până la 63
	Pietriș mijlociu	> 6,3 până la 20
	Pietriș mic	> 2,0 până la 6,3
	Nisip	> 0,063 până la 2,0
	Nisip mare	> 0,63 până la 2,0
	Nisip mijlociu	> 0,2 până la 0,63
	Nisip fin	> 0,063 până la 0,2

3.2. Parametri geotehnici

3.2.1. Granulozitatea (distribuția granulometrică) reprezintă repartiția procentuală după mărimi, a granulelor (particulelor) componente ale fazei solide a pământurilor. Se reprezintă sub forma unei curbe granulometrice, pe care se definesc diametre procentuale (d_{10} , d_{30} , d_{60} , d_{90}), reprezentând dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului respectiv (10%, 30%, 60%, 90%) pe curba granulometrică.

Coeficientul de uniformitate granulometrică, C_u , este indicele care caracterizează forma curbei granulometrice în zona de la d_{10} până la d_{60} și se calculează cu relația:

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad [-] \quad (3.1)$$

unde:

d_{10} - dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 10% pe curba granulometrică

d_{60} - dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 60% pe curba granulometrică

Factorul de curbură granulometrică, C_c , este indicele care caracterizează forma curbei granulometrice pentru d_{10} , d_{30} și d_{60} și se calculează cu relația:

$$C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \cdot d_{60}} \quad [-] \quad (3.2)$$

unde:

d_{10} - dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 10% pe curba granulometrică

d_{30} - dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 30% pe curba granulometrică

d_{60} - dimensiunea particulelor corespunzătoare procentului de 60% pe curba granulometrică

3.2.2. Umiditatea, w , reprezintă raportul dintre masa apei din porii unei probe de pământ și masa uscată a acesteia. Rezultatul se exprimă în procente, conform următoarei relații de calcul:

$$w = \frac{m_w}{m_d} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.3)$$

unde:

m_w (g) - masa apei

m_d (g) - masa probei uscate

3.2.3. Densitatea scheletului mineral, ρ_s , este raportul dintre masa particulelor solide componente ale pământului și volumul propriu acestor particule (fără goluri).

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s} \quad [\text{g/cm}^3] \quad (3.4)$$

unde:

m_s (g) - masa particulelor solide

V_s (cm³) - volumul particulelor solide (fără goluri)

3.2.4. Densitatea pământului, ρ , reprezintă raportul dintre masa pământului în stare naturală și volumul acestuia (inclusiv golurile) conform următoarei relații de calcul:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad [\text{g/cm}^3] \quad (3.5)$$

unde:

m (g) - masa pământului în stare naturală
 V (cm³) - volumul pământ inclusiv goluri

3.2.5. Densitatea pământului în stare uscată, ρ_d , reprezintă raportul dintre masa pământului în stare uscată și volumul acestuia (inclusiv golurile) conform următoarei relații de calcul:

$$\rho_d = \frac{m_d}{V} = \frac{\rho}{1 + \frac{w}{100}} \quad [\text{g/cm}^3] \quad (3.6)$$

unde:

m_d (g) - masa probei uscate
 V (cm³) - volumul pământului inclusiv goluri
 w (%) - umiditatea pământului
 ρ (g/cm³) - densitatea pământului

3.2.6. Porozitatea, n , reprezintă raportul dintre volumul porilor și volumul pământului inclusiv golurile :

$$n = \frac{V_p}{V} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.7.)$$

unde:

V_p (cm³) – volumul porilor
 V (cm³) – volumul pământului inclusiv golurile

3.2.7. Indicele porilor, e , reprezintă raportul dintre volumul porilor și volumul particulelor solide ale unui pământ și se calculează conform următoarei relații de calcul:

$$e = \frac{V_p}{V_s} \quad [-] \quad (3.8)$$

unde:

V_p (cm³) – volumul porilor
 V_s (cm³) – volumul particulelor solide

Deoarece în calculele geotehnice se utilizează greutatea volumice, acestea pot fi determinate prin calcule corespunzătoare:

- greutatea volumică a scheletului - γ_s ;
- greutatea volumică în stare naturală - γ ;
- greutatea volumică în stare uscată - γ_d

Relația de calcul este:

$$\gamma = g \cdot \rho \quad [\text{kN/m}^3] \quad (3.9)$$

unde:

g - accelerația gravitațională = 9,81 (m / s²)

3.2.8. Gradul de îndesare, I_D , caracterizează îndesarea pământurilor granulare (nisip și pietriș) în funcție de indicele porilor (e) și de indicii porilor corespunzători greutății volumice minimale (e_{max}) și greutății volumice maximale (e_{min}). Gradul de îndesare se poate exprima conform relațiilor:

$$I_D = \frac{(e_{max} - e)}{(e_{max} - e_{min})} \quad [-] \quad (3.10)$$

$$I_D = \frac{\rho_{d \max} (\rho_d - \rho_{d \min})}{\rho_d (\rho_{d \max} - \rho_{d \min})} \quad [-] \quad (3.11)$$

unde:

e - indicele porilor

e_{\max} - indicele porilor corespunzător greutatei volumice minimale

e_{\min} - indicele porilor corespunzător greutatei volumice maximale

ρ_d - densitatea pământului în stare uscată

$\rho_{d \max}$ - densitatea maximă în stare uscată

$\rho_{d \min}$ - densitatea minimă în stare uscată

3.2.9. Gradul de compactare, D , se calculează cu relația:

$$D = \frac{\gamma_d}{\gamma_{d \max}} \cdot 100 \quad [\%] \quad (3.12)$$

unde:

γ_d - greutatea volumică în stare uscată, determinată în laborator sau pe teren

$\gamma_{d \max}$ - greutatea volumică maximă în stare uscată, determinată în laborator pe probe din pământul utilizat în lucrare.

3.2.10. Coefficientul de permeabilitate, k , se calculează cu relația:

$$k = \frac{v}{i} \quad [\text{m/s}] \quad (3.13)$$

unde:

v - viteza aparentă de filtrație ca fiind raportul dintre debitul de apă care trece printr-o suprafață plană din mediul poros, perpendiculară pe direcția curentului fluid și aria suprafeței;

i - gradientul hidraulic sau panta hidraulică

3.2.11. Parametri mecanici

- modulul edometric ($E_{oed\ i-j}$) pentru diferite trepte (i, j) de încărcare σ ;

- unghi de frecare interioară (φ).

4. CRITERII PENTRU IDENTIFICAREA ȘI ALEGEREA MATERIALULUI PUS ÎN OPERĂ ÎN VEDEREA EXECUTĂRII LUCRĂRILOR DE TIP PERNĂ

4.1. Criteriile pentru alegerea pământurilor necoezive utilizate la executarea lucrărilor de tip pernă trebuie să se bazeze pe atingerea, după compactare, a unei rezistențe, rigidități și permeabilități corespunzătoare. Criteriile trebuie să ia în considerare scopul realizării umpluturii și cerințele impuse de lucrările de construcții amplasate pe aceasta.

În acest sens se vor avea în vedere prevederile din SR EN 1997-2, cap. 5.10.

4.2. La alegerea pământurilor necoezive pentru realizarea lucrărilor de compactare de tip pernă trebuie să se țină seama de următoarele aspecte:

- natura și caracteristicile fizice ale terenului natural de sub pernă;
- nivelul apei subterane în terenul de sub pernă;
- caracteristici mecanice ale terenului de sub pernă;
- compoziția granulometrică a materialului utilizat în pernă;
- capacitatea de compactare;
- permeabilitatea materialului după compactare;
- deformabilitatea materialului după compactare;
- efectele excavării, transportului și punerii în operă a materialului;
- condițiile meteo-climatice de la data execuției.

4.3. Pământurile necoezive utilizate la realizarea pernelor se exploatează direct din cariere și balastiere. În cazul în care pământurile necoezive se exploatează de sub nivelul hidrostatic, materialul se depune în depozite intermediare pentru eliminarea excesului de umiditate. Când materialul este uscat, acesta se aduce la umiditatea optimă de compactare prin adăugare de apă.

4.4. Pentru aceeași pernă, se recomandă aprovizionarea cu material dintr-o singură sursă. Nu se acceptă prezența de resturi vegetale vizibile, bucăți de lemn, materii organice, deșeuri industriale, resturi menajere.

4.5. Granulozitatea materialului trebuie să fie continuă și se reprezintă sub forma unei curbei granulometrice bine gradate, care se apreciază pe baza unor mijloace cantitative furnizate de factorul de curbură granulometrică ($1 < C_c < 3$) și coeficientul de uniformitate granulometrică ($C_u > 15$).

4.6. Un rol important pentru obținerea unei compactări eficiente îl reprezintă forma particulelor.

4.7. În principiu, umiditatea pământului necoeziv pus în operă se recomandă a fi egală cu 6...8% pentru balast nisipos și cu 4...6% pentru balast. Se pot admite și valori mai mari cu 1...3% față de valorile precizate, funcție de tehnologia de punere în operă a materialului.

4.8. Pentru realizarea unor bune lucrări de tip pernă în funcție de proporția fracțiunilor granulare principale se recomandă utilizarea următoarelor materiale:

- balast, amestec natural de pietriș și nisip;
- balast nisipos, amestec natural de pietriș și nisip (fracțiuni cu ponderi apropiate).
- limitarea părții fine (max 5%).

4.9. În cazul în care baza pernei se execută la nivelul apei subterane sau sub acesta, se recomandă ca straturile respective să fie realizate din bolovăniș.

4.10. Stabilirea parametrilor tehnologici de compactare se va face într-un poligon experimental (de exemplu, procedeul de compactare, tipul de echipament utilizat, etc.).

5. ETAPE PREMERGĂTOARE LUCRĂRILOR DE COMPACTARE DE TIP PERNĂ

5.1. Stabilirea parametrilor geotehnici pentru materialul utilizat prin încercări de laborator și de teren

5.1.1. Determinarea granulozității

Determinarea granulozității pământurilor necoezive se efectuează în funcție de mărimea granulelor, conform STAS 1913/5, coroborat cu SR EN 933-2, care stabilește dimensiunile nominale și forma ochiurilor sitelor de țesătură metalică și de tablă perforată.

În funcție de mărimea granulelor, analiza granulometrică se efectuează prin:

- metoda cernerii pe ciururi, pentru pământuri cu granule mai mari de 2 mm (conform SR EN 933-2);
- metoda cernerii pe ciururi și site, pentru pământuri cu granule mai mari de 0,063 mm;

Masa minimă, m , a eșantionului de pământ necoeziv supus analizei granulometrice este dată în tabelul 5.1.

Tabelul 5.1. Masa minimă de pământ necoeziv pentru determinarea granulozității

Diametrul procentual d_{90} (mm)	Masa minimă m (kg)
75	120
63	70
45	25
37,5	15
31,5	10
22,4	4
20	2
16	1,5
11,2	0,600
10	0,500
8	0,400
5,6	0,250
4	0,200
2,8	0,150
≤ 2	0,100

5.1.2. Determinarea umidității

Umiditatea pământurilor necoezive se determină în laborator sau pe teren, conform STAS 1913/1.

În cazul pământurilor necoezive cu conținut predominant de particule nisipoase ($d < 2$ mm) se recomandă realizarea determinărilor de umiditate în laborator, deoarece metodele de teren pot da erori de 1...2,5 % procente de umiditate față de metoda de laborator.

Domeniile de utilizare ale metodelor de determinare a umidității, conform STAS 1913/1, sunt prezentate în tabelul 5.2.

Tabelul 5.2. Domeniile de utilizare ale metodelor de determinare a umidității

Metoda de determinare a umidității	Categoria de pământ
În laborator, prin uscare în etuvă	Toate categoriile de pământ
Pe teren, prin "ardere cu alcool metilic"	Toate categoriile cu excepția pământurilor grosiere cu dimensiunea maximă a particulei $d_{max} < 2$ mm
Pe teren, prin "ardere cu flacăra"	Pământuri grosiere având dimensiunea maximă a granulei $d_{max} > 2...63$ mm

Masa minimă, m_{min} , de pământ necoeziv necesară pentru determinarea umidității se stabilește în funcție de diametrul procentual d_{90} (corespunzătoare conținutului de 90% pe curba granulometrică), după cum urmează:

- pentru $d_{90} < 2$ mm, $m_{min} = 100$ g;
- pentru $d_{90} = 2...10$ mm, $m_{min} = m$;
- pentru $d_{90} > 10$ mm, $m_{min} = 0,3 m$.

În relațiile de mai sus valoarea m este indicată în Tabelul 5.1.

5.1.3. Determinarea densității scheletului

Densitatea scheletului pământului se determină conform STAS 1913/2.

Observație: Deoarece calculul valorilor I_D și D se poate efectua pe baza valorilor ρ_d , respectiv γ_d (fără evaluarea indicelui porilor, e), determinarea densității scheletului nu este obligatorie pentru controlul compactării pământurilor necoezive.

5.1.4. Determinarea densității pământului

Densitatea sau greutatea volumica pentru pământurile necoezive se determină pe teren, conform STAS 1913/15.

În funcție de dimensiunea maximă a granulelor d_{max} se pot utiliza următoarele metode de determinare a densității:

- pentru $d_{max} \leq 100 \text{ mm}$, metoda determinării volumului cu apă și cu folie de material plastic, conform STAS 1913/15;
- pentru $d_{max} > 100 \text{ mm}$, metoda topografică, conform STAS 1913/15.

Dimensiunile gropii săpate în teren se aleg astfel ca masa probei de pământ să fie egală cu cel puțin $1,4 \times m$ (unde m este masa indicată în Tabelul 5.1, în funcție de diametrul procentual d_{90} al materialului).

5.1.5. Determinarea coeficientului de permeabilitate

Coeficientul de permeabilitate, k , se determină în laborator în stare inundată pe probe compactate prin încercarea Proctor. Acesta se determină, conform STAS 1913/6, prin următoarele metode:

- metoda permeometrului cu gradient constant, care se aplică la toate tipurile de pământuri;
- metoda permeometrului cu gradient variabil, care se aplică la pământuri necoezive.

Pe probe naturale se recomandă obținerea coeficientului de permeabilitate în permeometru, atât pe direcție verticală, cât și pe direcție orizontală, pentru evidențierea anizotropiei.

Când se analizează permeabilitatea pământurilor stratificate trebuie avută în vedere orientarea stratelor în raport cu direcția de curgere a apei. Această orientare poate varia între $0^{\circ} - 90^{\circ}$. Când curgerea este paralelă cu stratificația, coeficientul de permeabilitate ($k_{//}$) este media ponderală a coeficienților de permeabilitate a stratelor componente, dar ponderea hotărâtoare o are stratul cu permeabilitatea cea mai mare.

Când curgerea apei este perpendiculară pe stratificație, valoarea coeficientului de permeabilitate (k_{\perp}) este condiționată de stratul cu permeabilitatea cea mai mică în care pierderea de sarcină este maximă.

Coeficientul de permeabilitate poate fi determinat și prin alte metode, conform SR EN 1997-2:

- încercări de teren;
- corelații empirice cu curba granulometrică.

Evaluarea coeficientului de permeabilitate poate fi optimizată printr-o combinație între aceste metode. O variație a coeficientului de permeabilitate poate exista chiar și în cazul unui pământ omogen, datorită unor mici variații ale stării de eforturi, ale indicelui porilor, ale structurii și mărimii particulelor, precum și ale stratificației.

În cazul nisipurilor omogene, coeficientul de permeabilitate poate fi evaluat pe baza corelațiilor cu curba granulometrică.

5.1.6. Determinarea caracteristicilor de compresibilitate

Parametrul principal de compresibilitate, modulul de deformație liniară E , se determină prin încercări pe teren cu placa (STAS 8942/3, STAS 2914/4), prin efectuarea de încărcări până la o presiune stabilită prin caietul de sarcini.

5.1.7. Determinarea parametrilor rezistenței la forfecare

Parametri rezistenței la forfecare se determină prin încercarea de forfecare directă conform STAS 8942/2.

În cazul pământurilor necoezive rezistența la forfecare este dată de un singur parametru, și anume, unghiul de frecare interioară φ , care variază cu dimensiunea și forma particulelor, natura suprafeței și gradul de îndesare. În unele cazuri poate să apară și o coeziune (aparentă).

Pentru determinarea parametrilor rezistenței la forfecare pentru pământuri grosiere se utilizează casete cu secțiunea minimă de 10 x 10 cm.

5.1.8. Determinarea densității în stare uscată

Densitatea în stare uscată a pământurilor necoezive se determină prin calcul pe baza valorilor obținute prin încercări pe aceeași probă, ale densității, ρ și ale umidității w , cu relația (3.6).

Observatie: Greutatea volumică în stare uscată se calculează cu relația:

$$\gamma_d = g \cdot \rho_d \quad [\text{kN/m}^3] \quad (5.1)$$

5.1.9. Determinarea densității maxime, respectiv minime, în stare uscată a pământurilor necoezive

Determinarea densității maxime în stare uscată (corespunzătoare indicelui porilor e_{min}), respectiv a densității minime în stare uscată (corespunzătoare indicelui porilor e_{max}), se face conform STAS 13006, respectiv STAS 13021, pentru pământuri necoezive conținând în stare uscată 100% particule cu dimensiunea maximă $d_{max} < 63$ mm, din care 30 % particule cu diametru mai mare de 40 mm.

5.1.10. Determinarea caracteristicilor de compactare prin încercarea Proctor

Caracteristicilor de compactare se determină în faza premergătoare executării lucrărilor de compactare de tip pernă prin încercări de compactare Proctor. Aceste încercări stabilesc relația dintre natura pământului, umiditate (w), lucrul mecanic specific de compactare (L) și greutatea volumică în stare uscată (γ_d).

De pe diagrama de compactare se reține valoarea umidității optime de compactare (w_{opt}) careia îi corespunde greutatea volumică în stare uscată maximă (ρ_{dmax}).

Dimensiunile cilindrilor în care se realizează compactarea se stabilesc în funcție de dimensiunea maximă a particulei de pământ d_{max} (mărimea diametrului ochiului de ciur prin care trece cel puțin 75 % din material). Conform STAS 1913/13, dimensiunea maximă a granulei este $d_{max} = 31,5$ mm. În funcție de valoarea lucrului mecanic se deosebesc două încercări Proctor:

- încercarea Proctor normală - $L = 0,6 \text{ J/cm}^3$;
- încercarea Proctor modificată - $L = 2,7 \text{ J/cm}^3$

Determinările caracteristicilor de compactare prin încercarea Proctor pot fi afectate de erori ale rezultatelor ce conduc la discordanțe între concluziile încercărilor din laborator și performanțele obținute pe teren. Printre aceste cauze se menționează:

- modul de prelevare și alegere a probelor care se aduc la laborator și se pregătesc pentru determinare;
- modul de pregătire când se face umezirea și omogenizarea;
- modul diferit de aplicare a lucrului mecanic de compactare în laborator și pe teren;
- modul de compactare în laborator: pozițiile succesive ale maiului, cadența loviturilor, grosimile diferitelor straturi. Acest factor cuprinde și influența factorului uman (personalul executant); pentru diminuarea erorilor se pot utiliza dispozitive automate de compactare.

Observație: În cazul pământurilor foarte permeabile, cum sunt pietrișurile curate și nisipurile curate grosiere și uniforme, nu se obțin densități maxime bine definite. În consecință, umiditatea optimă poate fi dificil de obținut.

NOTĂ:

Echipamentele utilizate la determinările menționate anterior vor fi etalonate și se va stabili intervalul de etalonare utilizând următoarea formulă:

$$\Delta t_0 = \Delta t_{max} \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot P_i \quad (5.2)$$

unde:

Δt_0 - intervalul inițial de etalonare

Δt_{max} - intervalul maxim recomandat de etalonare pentru tipul de aparat
 F_i - coeficientul de influență al factorului "i" asupra indicațiilor aparatului
 P_i - ponderea factorului "i" asupra influenței indicațiilor aparatului

Coeficienții de influență (F) se vor alege, astfel:

- 0,90 ÷ 0,95 - pentru influență foarte mică
- 0,75 ÷ 0,85 - pentru influență mică
- 0,60 ÷ 0,70 - pentru influență medie
- 0,45 ÷ 0,55 - pentru influență mare
- 0,20 ÷ 0,40 - pentru influență foarte mare

Intervalele de etalonare vor fi revizuite regulat și ajustate. Modificarea frecvenței etalonării se face după obținerea unui nou certificat de etalonare, la schimbarea modului de utilizare, a mediului de lucru sau a preciziei cerute.

La ajustarea intervalului de etalonare în cazul utilizării unor date obținute din calibrarea anterioară:

- intervalul de etalonare va fi redus dacă două calibrări succesive sunt găsite în afara toleranței admisibile - recomandat cu - 20 %;
- intervalul de etalonare poate fi mărit dacă în urma a trei calibrări succesive se constată stabilitatea caracteristicilor aparatului (deviația indicațiilor aparatului în timp se află în toleranțe admise) - recomandat cu + 20%.

Intervalele maxime de etalonare se stabilesc în cadrul laboratorului de încercări funcție de tipul și starea echipamentului, frecvența utilizării, etc.

5.2. Compactarea de probă

5.2.1. Compactarea de probă se execută pe poligoane experimentale, care pot avea un caracter definitiv în cadrul pernei, cu scopul de a stabili utilajul cu care se va realiza compactarea, grosimea optimă a stratului elementar și numărul minim de treceri pe fiecare strat.

5.2.2. Determinările pe sectoarele de probă se efectuează în prezența proiectantului.

5.2.3. Materialul utilizat (pământ necoeziv) și utilajul de compactat vor fi aceleași care urmează a fi utilizate efectiv în lucrare.

5.2.4. Pentru fiecare serie de compactare de probă executantul va efectua determinările parametrilor geotehnici prezentate în pct. 5.1., pe minim 3 probe de control. În prealabil vor fi cunoscute valorile parametrilor de compactare determinați în laborator prin metoda Proctor, pe același material. Funcție de modul de încărcare în timp și natura materialului, se utilizează rezultatele încercărilor Proctor, astfel:

- pentru ramblee și perne din materiale coezive - încercarea Proctor normal;
- pentru perne din balast - încercarea Proctor modificat sau încercarea Proctor normal, în funcție de importanța lucrării.

5.2.5. Determinările, astfel efectuate, vor fi prezentate proiectantului pentru definitivarea proiectului de execuție a pernei, respectiv a caietului de sarcini, cu referire la utilaj, proces tehnologic și condiții de calitate a lucrărilor de compactare.

5.2.6. Limitele inferioare admise pentru valoarea medie și valoarea minimă a parametrilor de compactare (D , I_D și ρ_d) se stabilesc de către proiectant în funcție de tipul și importanța lucrării.

5.2.7. Abaterile admisibile față de gradul de îndesare prevăzut în proiect sunt definitive de proiectant pe baza rezultatelor obținute prin compactarea de probă.

6. METODE DE VERIFICARE A CALITĂȚII LUCRĂRILOR DE COMPACTARE A PĂMÂNTURILOR NECOEZIVE

6.1. Stabilirea încercărilor de verificare

6.1.1. Având stabilite tipul utilajului, numărul de treceri, grosimea stratului elementar și umiditatea de compactare, se va trece la compactarea efectivă a straturilor până la realizarea grosimii pernei.

6.1.2. La lucrările de tip pernă, față de prevederile din caietul de sarcini, se mai verifică:

- natura terenului de la baza pernei și proprietățile fizico-mecanice ale acestuia;
- calitatea materialului utilizat la executarea pernei;
- respectarea tehnologiei de compactare;
- realizarea nivelului de compactare.

6.1.3. Caracteristicile de compactare orientative ale pământurilor necoezive din care se realizează perna sunt prezentate în tabelul 6.1, în funcție de granulozitatea acestora, cu mențiunea că aceste valori nu înlocuiesc încercarea Proctor care trebuie realizată pentru fiecare tip de material utilizat și pentru fiecare sursă de împrumut.

Tabelul 6.1. Caracteristicile de compactare orientative

Caracteristici de compactare	Simbol	UM	Nisip	Pietriș	Bolovăniș
Greutatea volumică în stare uscată	γ_d	kN/m^3	19,5÷20,5	20,5÷21,5	21,5
Umiditatea optimă de compactare	w_{opt}	%	8÷10	6÷8	4÷6
Gradul de îndesare	I_D	-	0,80	0,75	-

6.1.4. Poziția punctelor de control se stabilește în planul săpăturilor prin proiect, iar pe șantier, atunci când proiectantul consideră necesar. Numărul minim al punctelor în care se face verificarea compactării lucrărilor pământurilor necoezive este prezentat în tabelul 6.2. Numărul punctelor de verificare se stabilește prin caietul de sarcini elaborat de proiectant.

Tabelul 6.2. Numărul minim al punctelor în care se face verificarea compactării

Tipul lucrării	Numărul punctelor de verificare	Reglementări tehnice/ standarde
Perne de pământ (pentru fundare directă)	1 punct/20 m ³ rambleu	C 56
Platforme, umplutură în jurul fundațiilor și sub pardoseli, sistematizări verticale	1 punct/(50...100) m ³ rambleu 1 punct/(200...1000) m ² platformă	C 56
Terasamente de drumuri și căi ferate	1 punct/(200...1000) m ² platformă	STAS 2914 C 56
Terasamente cu volume peste 100.000 m ³ (exclusiv baraje și diguri)	1 punct/(500...2000) m ³ rambleu	STAS 9850
Terasamente de căi ferate	1 punct/400 m ³ strat compactat în corpul terasamentului 1 punct/250 m ³ în substratul căii	STAS 7582

6.1.5. Verificarea gradului de compactare a pernei se face pe toată grosimea acesteia, prin adoptarea unei rețele de puncte de verificare pentru care distanța dintre puncte se determină în funcție de uniformitatea rezultatelor obținute pe stratele elementare.

6.1.6. Controlul va avea caracter operativ (pe fiecare strat elementar) pentru a se putea lua din timp măsurile necesare, în cazul când se constată o calitate a pernei necorespunzătoare.

6.1.7. Controlul compactării pământurilor necoezive se execută prin verificarea gradului de îndesare (I_D) obținut în lucrare, care trebuie să se înscrie în limitele stabilite în caietul de sarcini. Abaterile admisibile față de gradul de compactare prevăzut în proiect sunt prezentate în tabelul 6.3.

Tabelul 6.3. Abaterile admisibile față de gradul de compactare prevăzut în proiect

<i>Tipul lucrării</i>	<i>Valoare medie (%)</i>	<i>Valoare minimă (%)</i>	<i>Reglementări tehnice</i>	<i>Observație</i>
Perne de pământ (pentru fundare directă)	$D_{pr} - 2$	$D_{pr} - 5$	C 56	D_{pr} (%) este valoarea gradului de compactare "prevăzut" în proiect
Umpluturi în jurul fundațiilor și sub pardoseli	$D_{pr} - 5$	$D_{pr} - 8$		
Sistematizarea verticală a terenului	$D_{pr} - 10$	$D_{pr} - 15$		

6.1.8. Numărul determinărilor pentru controlul calității lucrărilor de compactare a pământurilor necoezive sunt stabilite în caietul de sarcini de către proiectant funcție de tipul și importanța lucrării.

6.1.9. Cerințele minimale pentru controlul lucrărilor de compactare a pământurilor necoezive se referă la:

a) Determinarea gradului de îndesare (I_D) sau a gradului de compactare (D) pe fiecare strat elementar prin metode directe și indirecte conform subpct. 6.1.3.

b) Determinarea modulului de deformație liniară prin încercări pe teren cu placa (STAS 8942/3 și/sau STAS 2914/4, după caz) :

- pe teren natural;
- pe înălțime, din două în două strate elementare;
- la partea superioară a pernei.

c) Încercarea de penetrare dinamică (SR EN ISO 22476-2) – pe toată grosimea pernei. Pe lângă încercările cu placa pe teren natural, se vor face și determinări de proprietăți mecanice ale acestuia. Pentru pernele suport al unor lucrări cu încărcări în regim permanent se efectuează obligatoriu încercări cu placa conform STAS 8942/3. Încercările cu placa efectuate conform STAS 2914/4 sunt, în acest caz, doar orientative.

d) Determinarea γ_w prin metoda cu folia, pe straturi elementare.

6.2. Metode de verificare a calității lucrărilor de compactare

6.2.1. Metodele de verificare a compactării lucrărilor de tip pernă se împart în două categorii:

- metode directe din care rezultă gradul de compactare și caracteristicile de deformabilitate;
- metode indirecte care prin obținerea unor valori corelate permit estimarea gradului de îndesare și caracteristicile de deformabilitate.

6.2.2. Metodele utilizate pentru verificarea calității lucrărilor de compactare a pământurilor necoezive se aplică conform documentelor de referință prevăzute în cap.2.

6.2.3. O organizare eficientă a controlului calității compactării pământurilor necoezive trebuie să utilizeze atât metodele directe, cât și indirecte, rezultatele obținute prin metode directe fiind verificate și precizate prin metode indirecte.

6.2.4. Controlul calității lucrărilor de compactare a pământurilor necoezive în vederea recepției se face obligatoriu prin metoda stabilită în poligonul experimental sau în cadrul lucrărilor anterioare efectuate în aceleași condiții de teren și conform unei soluții tehnice/proceduri de compactare de același tip.

6.2.5. Metodele de determinare a parametrilor geotehnici sunt următoarele:

1. *Metoda directă pentru determinarea gradului de compactare (D)* prin determinarea greutateii volumice pe teren conform STAS 1913/15 (metoda determinării cu volumul cu apă și cu folie de material plastic).

La limită, prin extrapolare, determinarea gradului de compactare (D), valabil în cazul pământurilor coezive, se poate admite și pentru pământurile macrogranulare.

Se determină valoarea umidității pământului compactat care se compară cu umiditatea optimă determinată în laborator $|w_{opt} - w| = \pm 3\%$ și se calculează gradul de compactare

$$D = \frac{\gamma_d}{\gamma_{dmax}} \cdot 100 \text{ (ANEXA nr. II, care face parte integrantă din prezentul ghid).}$$

2. *Metoda directă pentru determinarea caracteristicilor de deformație* prin determinarea modulului de deformație liniară prin încercări pe teren cu placa (STAS 8942/3)

Această metodă se utilizează pentru determinarea compresibilității și portanței, respectiv a tasărilor (s) și a modulului de deformație liniară (E). În Anexa K (informativă) din SR EN 1997-2 sunt prezentate exemple de calcul pentru determinarea E_{PLT} și k_s .

În Anexa nr. III care face parte integrantă din prezentul ghid sunt prezentate, cu caracter informativ, rezultatele unor încercări experimentale pentru controlul calității lucrărilor de tip pernă prin încercări cu placa (STAS 8942/3).

Pentru încercarea pe teren cu placa, în lucrările de drumuri și de cale ferată, se aplică prevederile din STAS 2914/4. O altă metodă compatibilă este cea a încercărilor cu placa dinamică (Dinapla), care poate fi utilizată doar în asociere cu metoda prezentată în STAS 8942/3.

3. *Metoda indirectă pentru determinarea gradului de îndesare (I_D)* prin încercarea de penetrare dinamică (SR EN ISO 22476-2)

Această metodă se utilizează pentru determinarea proprietăților de rezistență și deformabilitate a pământurilor necoezive, dar și în pământuri cu granulație fină, prin corelații adecvate, prezentate în Anexa G (informativă) din SR EN 1997-2.

Există patru tipuri de procedee funcție de lucrul mecanic dezvoltat:

- încercarea de penetrare dinamică ușoară (DPL);
- încercarea de penetrare dinamică medie (DPM);
- încercarea de penetrare dinamică grea (DPH);
- încercarea de penetrare dinamică foarte grea (DPSH).

Alegerea tipului de încercare de penetrare dinamică pentru verificarea calității compactării pământurilor necoezive se face funcție de natura pământului și de grosimea straturilor elementare ale pernei.

Gradul de îndesare (I_D) a pământurilor necoezive din pernă se apreciază funcție de numărul de lovituri (N_{I0}) obținut din încercările de penetrare dinamică (DP) (ANEXA nr. IV care face parte integrantă din prezentul ghid).

4. *Metoda indirectă pentru determinarea caracteristicilor de rezistență* prin încercarea de penetrare standard (SR EN ISO 22476-3).

Principiul încercării constă în înfigerea unui tub carotier prevăzut cu un con lăsând să cadă un berbec cu masă de 63,5 kg pe o nicovală sau pe un cap de batere, de la o înălțime de 760 mm. Numărul de lovituri (N) necesar pentru pătrunderea tubului carotier pe 300 mm reprezintă rezistența la penetrare.

Exemple de corelații între numărul de lovituri (N) și gradul de îndesare (I_D) sunt prezentate în Anexa F (informativă) din SR EN 1997-2.

7. RAPORTAREA REZULTATELOR ȘI RECEPȚIA LUCRĂRILOR

7.1. Efectuarea controlului compactării se face de către laboratoare autorizate/acreditate în condițiile legii. Controlul se efectuează în concordanță cu parametri impuși prin caietul de sarcini al lucrării și, subsidiar, cu cei prezentați în acest ghid, precum și cu consultarea specialiștilor în domeniu (geotehnicieni).

7.2. Lucrările de tip pernă vor fi recepționate pe fiecare strat elementar pentru a evita refaceri de terasamente.

7.3. Rezultatele determinărilor efectuate în laborator sau pe teren sunt prezentate în rapoarte de încercare.

Rapoartele de încercare se elaborează conform SR EN ISO/CEI 17025, cap. 5.10. În ANEXA nr. I care face parte integrantă din prezentul ghid este prezentat un model cadru de raport de încercare.

7.4. Toate rapoartele de încercare se consemnează într-un registru al proceselor verbale pentru verificarea calității lucrărilor care devin ascunse.

7.5. Rapoartele de încercare întocmite pentru lucrările de compactare se păstrează la unitatea elaboratoare și la beneficiarul lucrării, care le va include în Cartea construcției.

7.6. Recepționarea lucrărilor de compactare de tip pernă se face în conformitate cu prevederile normativului C 56.

7.7. Recepția compactării se face la fața locului de către reprezentanții beneficiarului, executantului și proiectantului (geotehnicianul) pe baza rezultatelor tuturor verificărilor efectuate, care sunt incluse într-un raport (document) care se atașează la Cartea construcției.

7.8. Documentele privitoare la execuția terasamentelor și înregistrările legate de lucrările realizate se păstrează la Cartea tehnică, în măsura în care se păstrează și celelalte documente potrivit prevederilor legale.

8. SCURTĂ PREZENTARE A ORDINII OPERAȚIUNILOR DE EXECUȚIE A UNEI PERNE DIN PĂMÂNTURI NECOEZIVE

Operațiunile care trebuie efectuate la execuția unei perne din pământuri necoezive sunt următoarele:

- execuția excavației în terenul natural până la cota din proiect;
- compactarea bazei excavației;
- verificarea portanței terenului de fundare prin încercări cu placa și identificarea proprietăților fizico-mecanice ale acestuia;

- verificarea sursei de balast prin încercări Proctor și alte încercări, precum: gelivitate, testul Los Angeles, rezistența la abraziune, etc.;
- execuția poligonului experimental pentru stabilirea modului de punere în operă a balastului pe straturi elementare;
- execuția pernei pe straturi elementare, cu verificarea de calitate prin metoda cu folia de material plastic pe fiecare strat și efectuarea de încercări cu placa din două în două straturi elementare;
- verificarea finală a pernei prin încercări cu placa și prin metode indirecte.

MODEL CADRU DE RAPORT DE ÎNCERCARE

LABORATORUL

Autorizare/acreditare laborator nr.

Contract nr.

Termen de predare:

RAPORT DE ÎNCERCARE nr...din data de ... (Denumire încercare)

1. Denumirea obiectului supus încercării:
2. Producător (denumire, adresă, telefon, fax, e-mail):
3. Solicitantul încercării (denumire, adresa telefon, fax, e-mail):
4. Descrierea și identificarea obiectului supus încercării:
5. Data primirii obiectului supus încercării:
6. Data efectuării încercării:
7. Identificarea specificației sau a procedurii referitoare la încercare:
8. Descrierea procedurii de prelevare:
9. Abateri suplimentare sau omisiuni față de specificația de încercare, precum și alte informații semnificative:
10. Identificarea metodei sau procedurii de încercare nestandardizate utilizate:
11. Rezultate obținute (măsurători, examinări și rezultate derivate, prezentate prin tabele, grafice, schițe):
12. Declarație privind incertitudinea măsurării (numai în cazul în care se solicită de către beneficiar): incertitudinea de măsurare, I , este ..., determinată pentru un nivel de încredere de ... având în vedere că pentru ... (se trece aparatul de încercare și/sau de măsurare), incertitudinea standard de tip B extinsă cu factorul de extindere $k=2$, conform Certificatului de etalonare nr.../ ... este ...
13. Declarație că rezultatele încercării se referă numai la obiectul supus încercării
14. Raportul de încercare nu poate fi reprodus parțial sau total fără aprobarea scrisă a laboratorului ce a efectuat încercarea

Aprobat

Verificat,

Executat,

*Raport de încercare nr... din ...
Exemplar nr...*

pg... din ...

ANEXA II

DETERMINAREA PARAMETRILOR GEOTEHNICI OPTIMI

Încercări experimentale (anexă informativă)

Pernă de balast cu grosimea de 2,60 m pentru fundarea unui rezervor de păcură 20.000 mc

Rezultatele încercărilor de laborator asupra materialului granular (balast) - 2 probe

1. Umiditatea naturală

Proba 1 - $w = 4,7\%$

Proba 2 - $w = 4,0\%$

Conform STAS 1913/13, umiditatea optimă de compactare a balastului este $w_{opt} = 2...6\%$. Rezultă că ambele probe de balast se află la umiditatea optimă de compactare.

2. Densitatea

2.1. Densitatea balastului în stare afânată

Proba 1 - $\rho = 1,45 \text{ g/cm}^3$

Proba 2 - $\rho = 1,42 \text{ g/cm}^3$

2.2. Densitatea balastului îndesat prin vibraare

Proba 1 - $\rho = 1,88 \text{ g/cm}^3$

Proba 2 - $\rho = 1,90 \text{ g/cm}^3$

2.3. Densitatea maximă în stare uscată (încercarea Proctor)

Proba 1 - $\rho_{dmax} = 1,80 \text{ g/cm}^3$

Proba 2 - $\rho_{dmax} = 1,83 \text{ g/cm}^3$

3. Compoziția granulometrică

Proba 1

Diametrul ciurului (mm)	40	31	16	7	3	1
Treceri prin ciur (%)	100	99,2	95,4	83,1	64,6	45,8

Proba 2

Diametrul ciurului (mm)	40	31	16	7	3	1
Treceri prin ciur (%)	100	100	95,3	81,1	61,4	43,6

Coefficient de uniformitate granulometrică $C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}}$

Proba 1 - $C_u = 9$ - curbă mediu gradată

Proba 2 - $C_u = 7,5$ - curbă mediu gradată.

Verificarea lucrărilor de compactare. Rezultate obținute

Verificarea lucrărilor de compactare, la realizarea unei perne de balast cu 8 straturi s-a efectuat prin prelevarea de probe pe fiecare strat elementar. Astfel, au fost prelevate câte 20 probe de balast, din puncte uniforme distribuite pe suprafața stratului.

Determinarea densității balastului, compact prin cilindrare s-a efectuat conform STAS 1913/15 prin metoda determinării volumului de apă și folia de material plastic. Umiditatea balastului a fost determinată prin ardere la flacără.

Rezultatele determinărilor obținute pe probe de balast prelevate pe fiecare strat sunt prevăzute în tabelele II.1 - II.8.

Tabelul II.1. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 1

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	25	2,09	1,88	11
2	33	2,11	1,90	11
3	33	2,0	1,80	11
4	32	1,99	1,79	11
5	30	2,13	1,92	11
6	32	2,12	1,91	11
7	32	2,11	1,90	11
8	38	1,91	1,72	11
9	30	2,11	1,90	11
10	30	2,11	1,90	11
11	38	2,11	1,90	11
12	38	2,10	1,89	11
13	38	2,06	1,86	11
14	34	2,05	1,85	11
15	35	2,0	1,80	11
16	35	2,03	1,83	11
17	35	2,0	1,80	11
18	35	2,04	1,84	11
19	35	2,02	1,82	11
20	35	2,01	1,81	11

Tabelul II.2. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 2

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	30	19,2	1,82	5,2
2	30	2,03	1,93	5,2
3	30	1,90	1,81	5,2
4	30	2,0	1,90	6,0
5	30	2,06	1,94	6,0
6	30	2,01	1,90	6,0
7	30	1,96	1,85	6,0
8	30	1,97	1,86	6,0
9	30	1,93	1,82	6,0
10	30	1,94	1,83	5,3
11	30	2,01	1,91	5,3
12	30	2,02	1,92	5,3
13	30	2,03	1,92	5,3
14	30	2,02	1,91	5,3
15	30	2,01	1,91	5,3
16	30	2,04	1,93	5,3
17	30	1,96	1,86	5,3
18	30	1,99	1,89	5,3
19	30	2,01	1,91	5,3
20	30	2,02	1,91	5,3

Tabelul II.3. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 3

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	30	2,0	1,88	6
2	30	2,01	1,90	6
3	30	2,01	1,90	6
4	30	1,95	1,84	6
5	30	1,91	1,80	6
6	30	1,95	1,84	6
7	30	1,93	1,82	6
8	30	2,0	1,89	6
9	30	1,99	1,88	6
10	30	2,05	1,93	6
11	30	1,98	1,90	4
12	30	2,03	1,95	4
13	30	1,98	1,90	4
14	30	1,92	1,85	4
15	30	1,96	1,85	6
16	30	2,01	1,90	6
17	30	1,98	1,87	6
18	30	1,99	1,88	6
19	30	1,96	1,85	6
20	30	1,98	1,87	6

Tabelul II.4. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 4

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	30	1,93	1,85	4,2
2	30	1,88	1,80	4,2
3	30	1,91	1,83	4,2
4	30	1,95	1,87	4,2
5	30	1,94	1,86	4,2
6	30	1,96	1,88	4,2
7	30	1,98	1,90	4,2
8	30	2,0	1,92	4,2
9	30	2,01	1,94	3,5
10	30	2,0	1,93	3,5
11	30	2,03	1,96	3,5
12	30	1,97	1,90	3,5
13	30	1,91	1,85	3,5
14	30	1,95	1,88	3,5
15	30	1,97	1,90	3,5
16	30	1,93	1,86	3,5
17	30	1,97	1,90	3,5
18	30	1,91	1,85	3,5
19	30	1,88	1,82	3,5
20	30	1,91	1,85	3,5

Tabelul II.5. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 5

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	30	1,97	1,89	4
2	30	1,98	1,90	4
3	30	1,99	1,91	4
4	30	2,01	1,93	4
5	30	1,99	1,91	4
6	30	2,0	1,92	4
7	30	1,92	1,85	4
8	30	2,03	1,95	4
9	30	1,93	1,86	4
10	30	1,97	1,89	4
11	30	1,99	1,91	4
12	30	1,99	1,91	4
13	30	1,96	1,90	3
14	30	1,96	1,90	3
15	30	1,94	1,88	3
16	30	1,96	1,90	3
17	30	1,90	1,85	3
18	30	1,85	1,80	3
19	30	1,88	1,83	3
20	30	1,87	1,82	3

Tabelul II.6. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 6

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	30	1,95	1,86	4,7
2	30	1,93	1,84	4,7
3	30	1,96	1,87	4,7
4	30	1,94	1,85	4,7
5	30	1,97	1,88	4,7
6	30	1,99	1,90	4,7
7	30	2,01	1,92	4,7
8	30	1,97	1,88	4,7
9	30	1,93	1,84	4,7
10	30	1,95	1,86	4,7
11	30	1,96	1,90	3,3
12	30	1,94	1,88	3,3
13	30	1,98	1,92	3,3
14	30	2,01	1,95	3,3
15	30	1,91	1,85	3,3
16	30	1,93	1,87	3,3
17	30	1,94	1,88	3,3
18	30	1,96	1,90	3,3
19	30	1,97	1,91	3,3
20	30	1,94	1,88	3,3

Tabelul II.7. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 7

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	30	1,98	1,90	4,2
2	30	19,4	1,86	4,2
3	30	1,93	1,85	4,2
4	30	2,0	1,92	4,2
5	30	1,91	1,83	4,2
6	30	1,88	1,80	4,2
7	30	1,93	1,85	4,2
8	30	1,89	1,80	5,2
9	30	1,97	1,87	5,2
10	30	2,03	1,93	5,2
11	30	2,0	1,90	5,2
12	30	2,01	1,91	5,2
13	30	1,94	1,84	5,2
14	30	2,01	1,91	5,2
15	30	2,0	1,90	5,2
16	30	1,94	1,84	5,2
17	30	2,01	1,91	5,2
18	30	1,94	1,84	5,2
19	30	2,0	1,90	5,2
20	30	1,96	1,86	5,2

Tabelul II.8. Rezultatele determinărilor de laborator - stratul 8

Nr. probă	Grosime strat (cm)	Densitate pământ ρ (g/cm ³)	Densitate în stare uscată ρ_d (g/cm ³)	Umiditate w (%)
1	30	1,89	1,80	5,2
2	30	1,94	1,84	5,2
3	30	1,97	1,87	5,2
4	30	2,0	1,90	5,2
5	30	1,94	1,84	5,2
6	30	2,01	1,91	5,2
7	30	1,94	1,84	5,2
8	30	1,92	1,83	5,2
9	30	1,91	1,80	6,0
10	30	1,95	1,84	6,0
11	30	1,93	1,82	6,0
12	30	1,99	1,88	6,0
13	30	1,91	1,80	6,0
14	30	2,0	1,89	6,0
15	30	1,96	1,85	6,0
16	30	1,93	1,82	6,0
17	30	1,98	1,87	6,0
18	30	1,96	1,85	6,0
19	30	1,93	1,82	6,0
20	30	1,91	1,80	6,0

În general, se constată că umiditatea balastului a fost cuprinsă între 2% și 6%, adică corespunzătoare valorii umidității optime de compactare pentru balast.

Valorile mai mari s-au datorat unor precipitații căzute după compactarea stratului respectiv.

În ceea ce privește densitatea în stare uscată a balastului (ρ_d), se constată că aceasta are valori egale sau mai mari decât valoarea minimă prescrisă prin proiect $\rho_d = 1,80 \text{ g/cm}^3$, adică s-a realizat un grad de îndesare $I_D > 98\%$ (valoare stabilită de proiectant).

Concluzii

Se apreciază că perna de balast realizată pentru rezervorul de păcură s-a executat în condiții bune, densitatea balastului în stare uscată (ρ_d) având valori mai mari decât valoarea stabilită prin proiect.

ANEXA III

CONTROLUL CALITĂȚII LUCRĂRILOR DE TIP PERNĂ PRIN ÎNCERCĂRI CU PLACA

Încercări experimentale efectuate conform STAS 8942/3 - 90 (anexă informativă)

Încercările cu placa pentru controlul calității lucrărilor au fost efectuate conform STAS 8942/3. Perna de balast cu grosime totală de 2,75 m a fost executată în două straturi. Pentru verificarea calității lucrărilor de tip pernă s-au realizat următoarele încercări:

- măsurători radiometrice pentru determinarea densității în stare uscată a balastului compactat;
- încercări cu placa în vederea determinării modulului de deformație liniară a pernei de balast.

Efectuarea încercărilor cu placa

Încercările au fost efectuate pe fiecare strat elementar. Cu acceptul proiectantului, s-au efectuat 12 încercări, distribuite așa cum sunt prezentate în tabelul III.1.

La perna de balast realizată au fost executate câte o încercare pe primul strat, respectiv, două încercări pe cel de-al doilea strat.

Încercările au fost efectuate pe balast la starea de umiditate din lucrare, de regulă, foarte redusă.

Încărcarea pe placa a fost executată în trepte uzuale de 100, 200 și 300 kPa, până la stabilizarea acestora în timp, conform STAS 8942/3.

Tabelul III.1. Valorile modulului de deformație liniară (E) determinate prin încercări cu placa pe strate

STRATUL I	(1) p = 300 kPa s = 2,41 mm E = 51400 kPa	(4) p = 300 kPa s = 2,60 mm E = 47700 kPa	(7) p = 300 kPa s = 3,93 mm E = 37800 kPa	(10) p = 250 kPa s = 1,79 mm E = 57300 kPa
STRATUL II	(2) P = 300 kPa s = 2,01 mm E = 61600 kPa	(5) p = 300 kPa s = 1,35 mm E = 91800 kPa	(8) p = 300 kPa s = 4,60 mm E = 26900 kPa	(11) p = 300 kPa s = 2,41 mm E = 51400 kPa
STRATUL III	(3) p = 300 kPa s = 1,69 mm E = 73300 kPa	(6) p = 300 kPa s = 1,53 mm E = 81000 kPa	(9) p = 300 kPa s = 2,29 mm E = 51400 kPa	(12) p = 300 kPa s = 2,21 mm E = 56700 kPa

(n) – numărul de ordine al încercării

Prelucrarea datelor. Rezultate obținute

Cu datele înregistrate s-au trasat graficele centralizatoare cuprinzând:

- variația presiunii nete pe placă, p , cu timpul, t ;
- variația tasării, s , a plăcii, în funcție de timp;
- variația tasării stabilizate față de presiunea netă pe placă.

Modulul de deformare liniară a terenului de fundare a fost calculat pentru presiunea uzuală $p = 300$ kPa. În tabelul III.1. sunt prezentate valorile modulului de deformare liniară (E), presiunea (p) și tasarea (s) corespunzătoare pentru care a fost calculat modulul. Se poate constata că valorile de compactare, determinate prin încercări pe straturile de balast compactat, sunt superioare valorii minime indicate prin proiect pentru perna de balast (30000 kPa), ele variind între 37800 kPa și 81000 kPa, în funcție de gradul de compactare realizat și de compoziția granulometrică a balastului obținut prin amestecul nisip-pietriș. O singură încercare a pus în evidență o zonă în care, inițial compactarea era insuficientă ($E = 26900$ kPa).

Concluzii

Realizarea pernei de balast în două straturi, în grosime totală de 2,75 m, a condus la îmbunătățirea terenului de fundare, prin înlocuirea stratului inițial cu modulul $E \leq 10000$ kPa, cu un strat de balast (compactat) cu modulul $E > 30000$ kPa.

ANEXA IV

APRECIEREA GRADULUI DE ÎNDESARE ÎN FUNCȚIE DE REZISTENȚA LA PENETRARE DINAMICĂ Încercări experimentale (anexă informativă)

Încercările experimentale pe pământuri necoezive compactate, riguros controlate din punct de vedere al granulozității și gradului de îndesare, au permis stabilirea, prin prelucrare statistică, a unei relații de calcul pentru aprecierea gradului de îndesare pe baza rezistenței la penetrare, exprimată prin numărul de lovituri pentru pătrunderea conului de penetrare cu 10 cm, conform relației (IV.1):

$$I_D = a_1 \log N_{10} - a_2 \cdot \gamma \cdot h + a_3 \pm \sigma \quad (\text{IV.1})$$

unde:

N_{10} - numărul de lovituri;

$\gamma \cdot h$ - presiunea geologică la nivelul vârfului penetrometrului;

a_1, a_2, a_3 - coeficienți care depind de natura terenului și tipul de penetrometru;

σ - abaterea medie.

În figurile IV.1 și IV.2 sunt prezentate exemple ale diagramelor obținute pe baza relației (IV.1) pentru diferite valori ale gradului de îndesare, determinate pentru nisip mijlociu-fin, respectiv nisip mare cu pietriș, în cazul utilizării încercării de penetrare dinamică ușoară (DPL) și a încercării de penetrare dinamică medie (DPM).

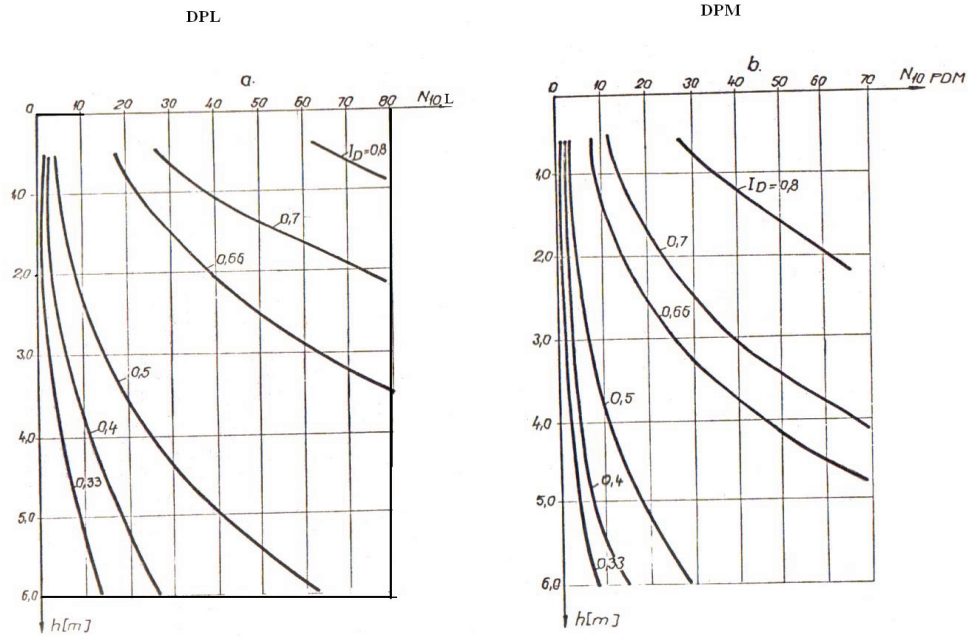


Figura IV.1. Variația gradului de îndesare cu numărul de lovituri pentru nisip mijlociu-fin

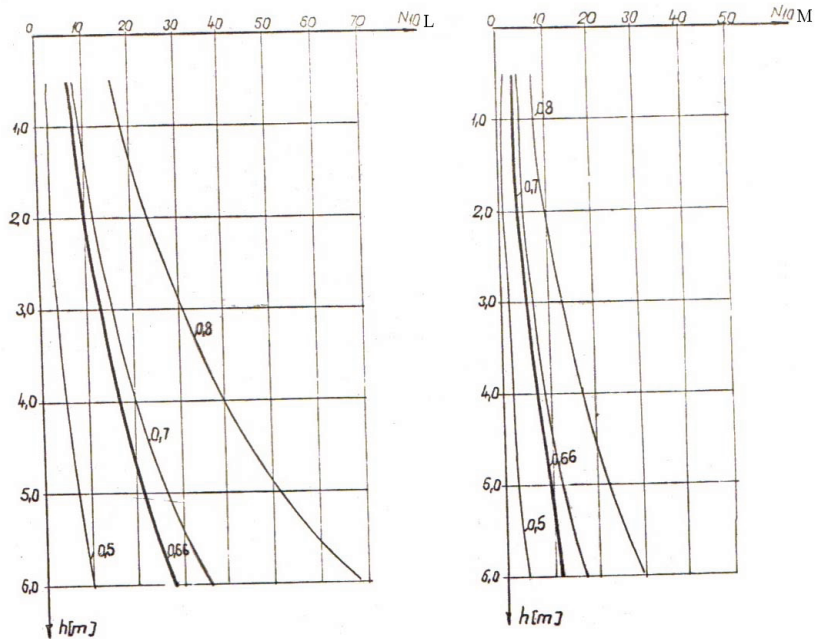


Figura IV.2. Variația gradului de îndesare cu numărul de lovituri pentru nisip mare cu pietriș

Pentru aprecierea gradului de îndesare a pământurilor din lucrările de compactare, diagrama obținută din datele sondajului de penetrare se suprapune peste diagramele care corespund cu natura pământului și penetrometrul utilizat.

În funcție de poziția diagramei în raport cu diagramele corespunzătoare diferitelor grade de îndesare se poate aprecia gradul de îndesare al lucrărilor de compactare.

Prelucrarea statistică a unor date experimentale efectuate în condiții controlate de laborator pe nisipuri medii a condus la relația:

$$\log I_D (\%) = 0,554 \log N_{10L} + 0,98 \pm 0,25 \quad (IV.2)$$

În figura IV.3 este reprezentată dreapta de regresie care are ecuația (IV.2) și care permite aprecierea rapidă a gradului de îndesare.

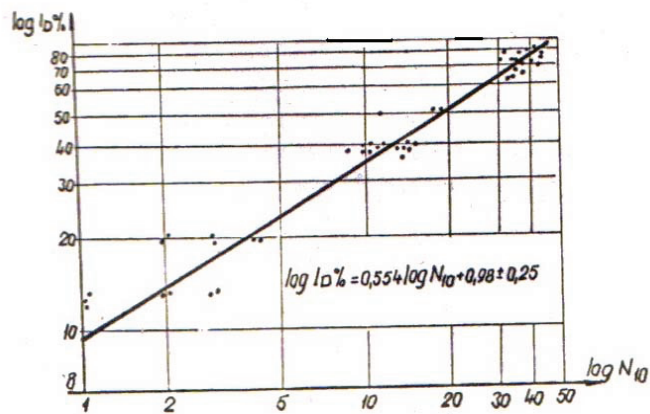


Figura IV.3 - Dreapta de regresie pentru aprecierea gradului de îndesare

Relația (IV.2) este valabilă până la adâncimea de $3,0 \div 4,0$ m, până la care influența presiunii geologice este foarte mică și pentru sondaje de încercări de penetrare dinamică ușoară (DPL).