



UNIUNEA EUROPEANĂ



GUVERNUL ROMÂNIEI
MINISTERUL MUNCII, FAMILIEI,
PROTECȚIEI SOCIALE ȘI
PERSOANELOR VÂRSTNICE
AMPOSDRU



Fondul Social European
POSDRU 2007-2013



Instrumente Structurale
2007-2013



MINISTERUL
EDUCAȚIEI
NAȚIONALE
OIPOSDRU



UNIVERSITATEA
TEHNICĂ
DIN CLUJ-NAPOCA

Investește în oameni!

Proiect cofinanțat din Fondul Social European prin Programul Operațional Sectorial Dezvoltarea Resurselor Umane 2007-2013

AXA PRORITARĂ 1 "Educația și formarea profesională în sprijinul creșterii economice și dezvoltării societății bazate pe cunoaștere".

DOMENIUL MAJOR DE INTERVENȚIE 1.3 "Dezvoltarea resurselor umane în educație și formare profesională"

TITLUL PROIECTULUI: "Școală universitară de formare inițială și continuă a personalului didactic și a trainerilor din domeniul specializărilor tehnice și ingineresti - DidaTec"

COD CONTRACT: POSDRU/87/1.3/S/60891

BENEFICIAR: Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca

Laborator 1: Densitate, Compactitate, Porozitate și Volum de goluri

Autor: S.I. dr. ing. Larisa Meliță
Departamentul de Căi Ferate, Drumuri, Poduri și Materiale
Universitatea Tehnică de Construcții București

Scop



Laboratorul 1 de *Materiale de Instalații* vă oferă posibilitatea de a determina experimental și calcula densitatea, compactitatea, porozitatea și volumul de goluri pentru cele mai utilizate materiale de construcție. În acest scop veți putea lucra practic, folosind ustensilele de laborator specifice și o balanță hidrostatică modernă, și veți putea utiliza un program de calcul, în Excel, pentru calculul densităților materialelor.

Obiective



La finalul Laboratorului 1 veți putea să:

1. Determinați experimental și să calculați densitatea, compactitatea și volumul de goluri pentru unele materiale de construcție.

Durată



Durata medie de studiu și lucru în grup: 2 ore.





1.1. Noțiuni teoretice

1.1.1. Determinarea densității materialelor

După cum se prezintă materialele se definesc mai multe tipuri de densități și anume: densitate absolută, densitate aparentă și densitate în grămadă (în vrac), în stare afânată; densitatea se exprimă în kg/m^3 .

a) Densitatea absolută ρ , reprezintă masa (m) unității de volum absolut, V (volumul plin cu material, adică fără pori și fără goluri):

$$\rho = \frac{m}{V}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (1.1)$$

b) Densitatea aparentă (reală) ρ_a , reprezintă masa unității de volum aparent, V_a (volumul materialului include porii și golurile):

$$\rho_a = \frac{m}{V_a}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (1.2)$$

c) Densitatea în vrac (în grămadă) ρ_g , se determină pentru materialele granulare (ex. ciment, ipsos, nisip, pietriș etc.) și reprezintă masa unității de volum în grămadă, V_g (volumul materialului include și spațiile intergranulare - golurile):

$$\rho_g = \frac{m}{V_g}, \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \quad (1.3)$$

Determinarea experimentală a densităților, *absolută și aparentă*, ale materialelor constă în cântărirea epruvetei de material, cu o balanță potrivită, pentru aflarea masei, și determinarea volumului prin două metode:

- *prin calcul* - se aplică epruvetelor care au formă geometrică;
- *prin dezlucire* - se aplică epruvetelor cu o formă oarecare și pulberilor. În acest caz se utilizează un lichid inert în raport cu materialul a cărei densitate se determină.

Determinarea experimentală a densității *în vrac* constă în cântărirea unui volum cunoscut de material granular.

1.1.2. Calcularea compactității materialelor

Compactitatea C , reprezintă gradul de umplere cu material solid al unității sau al sutei de unități de volum de material.

$$C = \frac{V}{V_a} \cdot 100 = \frac{\rho_a}{\rho} \cdot 100, \% \quad (1.4)$$



în care: V și ρ reprezintă volum absolut respectiv densitatea absolută ale materialului solid; V_a și ρ_a volumul aparent respectiv densitatea aparentă ale materialului solid.

1.1.3. Calcularea porozității materialelor

Porozitatea totală P_{tot} , reprezintă gradul de umplere cu pori al unității sau al sutei de unități de volum de material.

$$P_{tot} = \frac{V_{pori}}{V_a} \cdot 100 = \frac{V_a - V}{V_a} \cdot 100 \Rightarrow$$

$$P_{tot} = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho}\right) \cdot 100 = (1 - C), \% \quad (1.5)$$

în care: $(V_a - V)$ reprezintă volumul tuturor porilor (închiși – nu comunică cu exteriorul și deschiși – comunică cu exteriorul); V_a și ρ_a volumul aparent respectiv densitatea aparentă ale materialului solid; ρ și C densitatea absolută respectiv compactitatea materialului solid.

Porozitatea este o caracteristică complementară a compactității: $P_{tot} + C = 1$

1.1.4. Determinarea volumului de goluri

Volumul de goluri V_{goluri} , reprezintă volumul spațiilor libere dintre granule (golurile) al unității de volum de material granular sau sutei de unități de volum.

$$V_{goluri} = \frac{v_{goluri}}{V_g} \cdot 100 = \frac{v_{apa}}{V_g} \cdot 100 = \frac{m_{apa}}{V_g \cdot \rho_{apa}} \cdot 100 = \frac{m_2 - m_1}{V_g \cdot \rho_{apa}} \cdot 100, \% \quad (1.6)$$

în care: v_{goluri} reprezintă volumul de goluri dintre granulele de material din vas, egal cu volumul de apă adăugat peste granulele din vas până la suprafață, V_g - volumul total al materialului de 1000 cm³ și ρ_{apa} de 1g/cm³.

1.2. Partea experimentală

1.2.1. Determinarea densității absolute, ρ

Se realizează pe materiale compacte cu formă geometrică (sferă, paralelipiped, cilindru, cub) și pe materiale poroase.

a) Aparatură, materiale și sticlărie: balanță tehnică; șubler; materiale: sferă din oțel, paralelipiped din aluminiu, cilindru din alamă; pulbere de cărămidă; biuretă și balon cotat de 50 cm³.

b) Modul de lucru

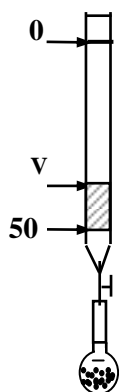
b₁) Determinarea densității absolute a materialelor compacte, pe epruvete cu formă geometrică

Pentru determinarea densității absolute, mai întâi, se determină masa, m , prin cântărire, pentru fiecare epruvetă. Apoi, se măsoară cu șublerul dimensiunile epruvetelor și se calculează volumul, V .

Înlocuind valorile obținute în relația 1.1 se calculează densitatea absolută pentru fiecare epruvetă în parte (oțel, alamă și aluminiu).

b₂) Determinarea densității absolute pentru materialele poroase (de exemplu cărămidă) se realizează cu ajutorul a două ustensile de același volum (*biureta și balonul cotate*), (fig. 1.1). Cărămida este adusă sub formă de pulbere, pentru eliminarea porilor. Volumul pulberii se măsoară prin dezlocuire, cu ajutorul unui lichid inert față de material; în acest caz se folosește ca lichid apa.

Pentru determinarea densității absolute, prin metoda cu biureta și balonul cotate, se folosește o biuretă, cu un volum de 50 cm³, și un balon cotate cu același volum. Se cântărește, la balanță, o cantitate, **m**, (în jur de 5 g, dar exact, cu o zecimală) de pulbere de cărămidă, care apoi se introduce în balonul cotate. Peste pulberea de cărămidă, din balonul cotate, se lasă să curgă apă din biuretă, până în dreptul reperului, ce se găsește pe gâtul balonului. Diferența dintre 50 cm³ și V (cm³) reprezintă volumul pulberii care a fost introdusă în balonul cotate.



$$\rho = \frac{m_{\text{pulbere}}}{V_{\text{pulbere}}} = \frac{m_{\text{pulbere}}}{50 - V}, \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \quad (1.7)$$

unde: (50-V) este volumul de apă rămas în biuretă egal cu volumul pulberii, fig. 1.1.

Figura 1.1. - Determinarea densității absolute a pulberii de cărămidă, folosind metoda cu biureta și balonul cotate

1.2.2. Determinarea densității aparente, ρ_a

Se realizează pe epruvete poroase cu forme geometrice (cub, paralelipiped) și cu formă oarecare (granulă de piatră).

1.2.2.1. Determinarea densității aparente a epruvetelor poroase cu forme geometrice

a) Aparatură și materiale: balanță tehnică; riglă; epruvete din: beton greu, BCA, mortar, cărămidă, ipsos, lemn, polistiren.

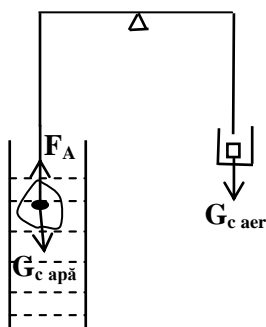
b) Modul de lucru. Epruvetele sunt cântărite pentru a determina masa, **m** (în g), a fiecăreia dintre ele, iar apoi cu ajutorul unei rigle se măsoară dimensiunile acestora și se calculează volumul, **V_a** (în cm³), pe baza formulelor matematice de calcul. Valorile obținute se înlocuiesc în relația 1.2 și se calculează densitatea aparentă (ρ_a), în kg/m³.

1.2.2.2. Determinarea densității aparente a unui material cu formă oarecare

Densitatea aparentă pe o granulă de piatră, de exemplu, **numită și densitate reală**, se determină prin *cântărire cu balanța hidrostatică*; aceasta permite cântărirea unui corp solid în aer și sub apă.

Corpul solid (granula de piatră) se cântărește în aer, când se obține **m_{c aer}**, și sub apă, **m_{c apă}**, după care se calculează densitatea corpului, ρ_c , cu relația 1.8.

Determinarea se bazează pe legea lui Arhimede, care arată că forța Arhimedică, F_A , este egală cu greutatea apei dezlucuită de corp, adică cu diferența dintre greutatea corpului în aer ($G_{c\text{ aer}}$) și greutatea corpului sub apă ($G_{c\text{ apă}}$) (fig. 1.2).



sau

$$F_A = G_{c\text{ apă}} = G_{c\text{ aer}} - G_{c\text{ apă}}$$

$$m_{c\text{ apă}} \cdot g = m_{c\text{ aer}} \cdot g - m_{c\text{ apă}} \cdot g$$

unde: $m_{c\text{ apă}}$ este masa de apă dezlucuită de corp, iar g este accelerația gravitațională.

$$\text{Astfel: } V_{c\text{ apă}} \cdot \rho_{c\text{ apă}} = m_{c\text{ aer}} - m_{c\text{ apă}} \text{ dar } V_{c\text{ apă}} = V_c \text{ (volumul corpului)}$$

Figura 1.2. - Determinarea densității absolute pentru epruvetele cu formă oarecare, folosind balanța hidrostaterică

$$\Rightarrow V_c = \frac{m_{c\text{ aer}} - m_{c\text{ apă}}}{\rho_{c\text{ apă}}}; \frac{m_{c\text{ aer}}}{\rho_c} = \frac{m_{c\text{ aer}} - m_{c\text{ apă}}}{\rho_{c\text{ apă}}} \Rightarrow$$

$$\rho_c = \frac{m_{c\text{ aer}}}{m_{c\text{ aer}} - m_{c\text{ apă}}} \cdot \rho_{c\text{ apă}}, \frac{g}{\text{cm}^3} \quad (1.8)$$

a) Aparatura: balanță hidrostaterică KERN PLJ 510-3M, cu microprocesor (fig. 1.3). În softul balanței sunt introduse densitățile apei pentru temperaturi cuprinse între 0,1 - 40,9 °C.

b) Modul de lucru

- Se pornește balanța de la tasta ON/OFF;
- Se apasă succesiv tastele TARE și F; pe ecran se afișează Add;
- Se caută Co (corp solid) tastând F și se validează cu tasta PRINT;
- Pe ecran este afișat H₂O care se validează cu tasta PRINT;
- Cu tasta F se fixează temperatura apei, conform indicației termometrului din paharul balanței, mai întâi zecile de °C; se tastează apoi tasta ON/OFF, pentru a fixa și unitățile, tot cu tasta F; se validează cu tasta PRINT; pe ecran se afișează Load;
- Se așează corpul solid pe talerul balanței, în aer; pe ecranul balanței se afișează masa corpului în aer, în grame, (se notează $m_{c\text{ aer}}$); se validează cu tasta PRINT;
- Se continuă tastând F, pe ecran se afișează din nou Load; se ia corpul de pe taler și se așează pe talerul balanței, sub apă, cu ajutorul unei pensete cu brațe lungi; pe ecranul balanței se afișează masa corpului sub apă, în grame, (se notează $m_{c\text{ apă}}$); se validează cu tasta PRINT;
- Se tastează F, pentru afișarea densității; rezultatul este afișat cu 4 zecimale deoarece softul folosește în calcul densitatea apei, la temperatura de lucru, exprimată cu 4 zecimale;
- Pentru a se face o nouă determinare se îndepărtează corpul solid de pe talerul balanței și se tastează tasta TARE.



Figura 1.3 – Balanță hidrostaterică KERN PLJ 510-3M cu microprocesor

Observații

- Dacă în timpul utilizării balanței, pe ecran apare CAL trebuie lăsată balanța câteva minute să se recalibreze;
- Dacă în timpul utilizării balanței apare pe ecran BURN IN trebuie lăsată balanța să-și refacă setările și recalibrarea.

Cu valorile celor 2 mase (m_c aer și m_c apă) obținute cu balanța hidrostatică și cu $\rho_{apă}$ de $1,0 \text{ g/cm}^3$ se va calcula densitatea granulei de piatră, cu o singură zecimală, în două moduri:

1. Prin intermediul softului balanței care, la final, va afișa pe ecran valoarea densității calculate;
2. Prin introducerea maselor în fișierul **densitate.xls**, iar acesta va calcula densitatea.

Dacă epruveta este poroasă, trebuie peliculizată pentru a nu pătrunde apa în ea; se vor corecta calculele ținând seama de masa peliculei.

1.2.3. Determinarea densității în vrac (în grămadă) în stare afânată, ρ_g .

Determinarea volumului de goluri dintre granulele de nisip în stare afânată, V_{goluri}

1.2.3.1. Determinarea densității în vrac a nisipului, în stare afânată, ρ_g

a) Aparatura: balanță cu precizia de 0,1%; tavă de oțel nesmălțuită; vas calibrat de 1 dm^3 ; riglă metalică; scafă.

În funcție de dimensiunea maximă a granulelor materialului se aleg vasele calibrate necesare determinării densității în vrac (tab. 1.1).

Tabel 1.1. - Volumele vaselor folosite pentru determinarea densității în vrac în funcție de dimensiunea maximă a granulelor materialului

Dimensiunea maximă a granulelor materialului, mm	Volumul vasului, dm^3
4	1
16	5
31,5	10
63	20

Pentru a determina densitatea în vrac a nisipului se alege vasul calibrat de volum $V_{\text{vas}} (V_g) = 1 \text{ dm}^3$.

b) Modul de lucru (SR EN 1097-3/2002) Se cântărește vasul calibrat gol, de 1 dm^3 , și se notează masa sa cu m (g). Apoi se introduce nisipul, cu o scafă, în vas, prin cădere liberă de la o înălțime mai mică de 50 mm, până când deasupra vasului se formează un con. Surplusul de material (conul de nisip) se îndepărtează cu o riglă metalică, după care vasul plin cu nisip se cântărește, m_1 (g). Densitatea în vrac a nisipului în stare afânată se calculează cu relația:

$$\rho_g = \frac{m_{\text{nisip}}}{V_g} = \frac{m_1 - m}{V_g}, \frac{\text{g}}{\text{dm}^3} \quad (1.9)$$

1.2.3.2. Determinarea volumului de goluri dintre granulele de nisip în stare afânată, V_{goluri}

Modul de lucru. Se va continua determinarea de la 1.2.3.1. Peste nisipul din vas se toarnă apă până când aceasta iese la suprafața vasului; se cântărește vasul plin cu nisip și apă, iar masa se notează cu m_2 (g). Pornind de la formula de definiție a volumului de goluri și folosind relația 1.6. se calculează volumul de goluri dintre granulele de nisip, aflat în stare afânată.

1.3. Determinări experimentale în grup (subgrupe de studiu)

Formați echipe de lucru în grup, alcătuite din 3-4 studenți, și parcurgeți următoarele etape:

1. Determinați **densitatea absolută** pe epruvete cu forme geometrice (sferă, paralelipiped, cilindru), conform 1.2.1. b_1 .

2. Determinați **densitatea absolută** a pulberii de cărămidă, conform 1.2.1. b_2 .

3. Determinați **densitatea aparentă** pe epruvete poroase cu forme geometrice (cub, paralelipiped), conform 1.2.2.1 și a unei granule de piatră, cu formă geometrică oarecare, conform 1.2.2.2.

4. Determinați **densitatea în grămadă, în stare afânată**, a nisipului conform 1.2.3.1; **determinați volumul de goluri**, conform 1.2.3.2.

5. Calculați **compactitatea și porozitatea totală** pentru cărămidă utilizând densitățile din tab. centralizator 1.2 (pulberea de cărămidă și cărămidă) conform 1.1.2. și 1.1.3.

6. Toate calculele le veți face folosind programul de calcul în Excel: **densitate.xls**

Tabel 1.2. Densitățile materialelor. Tabel centralizator

Nr. crt.	Materialul	Densitatea	
		$\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$	$\frac{\text{Mg}}{\text{m}^3} \left(\frac{\text{tone}}{\text{m}^3} \right)$
	Densitatea absolută		
1.	Oțel		
2.	Alamă		
3.	Aluminiu		
4.	<i>Pulbere de cărămidă</i>		
	Densitatea aparentă (reală)		
5.	Beton greu		
6.	B.C.A		
7.	Mortar		
8.	<i>Cărămidă</i>		
9.	Ipsos		
10.	Lemn		
11.	Polistiren		
12.	Piatră		
	Densitatea în vrac		
13.	Nisip		



1.4. Cerințe pentru reprezentarea și interpretarea rezultatelor

- Imprimați tabelele din ANEXA 1, completați-le cu valorile obținute experimental și atașați-le la lucrare;
- Aceste valori vor fi folosite pentru calculul densităților, exprimate în kg/m^3 , și vor fi centralizate în tabelul 1.2;
- Utilizați pentru calcule programul de aplicații din fișierul **densitate.xls - calcul grupă**;
- Fișierul **densitate.xls**, pe care lucrați, l-ați primit la începutul semestrului;
- Comparați rezultatele experimentale obținute cu cele din literatură (corecte - pagina 1 din fișierul **densitate.xls**);
- Dacă ați obținut rezultate incorecte reluați determinările experimentale;
- Printați valorile obținute și prezentați-le profesorului coordonator de laborator;
- Urmăriți evaluarea profesorului coordonator cu privire la activitățile desfășurate de dumneavoastră, în cadrul laboratorului, precum și transmiterea concluziilor și recomandărilor.

1.5. Concluzii

- ✓ S-au determinat experimental **densitățile absolute** ρ , pentru următoarele materiale: oțel, aluminiu, alamă și pulbere de cărămidă;
- ✓ S-au determinat experimental **densitățile aparente** ρ_a , pentru următoarele materiale: beton greu, B.C.A., mortar întărit, cărămidă, ipsos întărit, lemn, polistiren, piatră;
- ✓ S-a determinat experimental **densitatea în vrac (grămadă)** ρ_g , pentru nisip în stare afânată;
- ✓ S-a determinat și calculat **volumul de goluri** V_{goluri} , dintre granulele de nisip în stare afânată;
- ✓ S-au calculat **compactitatea** C , și **porozitatea** P , pentru o bucată de cărămidă;
- ✓ S-a lucrat experimental cu o balanță hidrostatică pentru determinarea densității aparente a unei corp cu formă geometrică oarecare (granulă de piatră);
- ✓ S-a utilizat un program de calcul, în Excel - **densitate.xls**, a densităților materialelor.

Bibliografie

1. Popescu, M., Mitu, C., Meliță, L., *Materiale de Instalații – Lucrări de laborator*, Editura Conspress, București, 2012, ISBN 978-973-100-199-9, pag. 7-14.





ANEXA 1

densitate.xls

Lucrarea 1. Densitate, Compactitate, Porozitate și Volum de goluri

1.2.1.b1 și 1.2.2.1

Nr. crt.	Material	Masa	Dimensiuni, cm			Volum	Densitate		Forma geometrica
		g	a	b	c	cm^3	g / cm^3	kg / m^3	
		Densitate absoluta							
1.	Otel					0	#DIV/0!	#####	Sfera
2.	Alama					0.0	#DIV/0!	#####	Cilindru
3.	Aluminiu					0.0	#DIV/0!	#####	Paralelipiped
		Densitate aparenta							
4.	Beton greu					0	#DIV/0!	#####	Cub
5.	B.C.A					0	#DIV/0!	#####	Cub
6.	Mortar					0	#DIV/0!	#####	Paralelipiped
7.	Caramida					0	#DIV/0!	#####	Paralelipiped
8.	Ipsos					0	#DIV/0!	#####	Cub
9.	Lemn					0	#DIV/0!	#####	Cub
10.	Polistiren					0	#DIV/0!	#####	Paralelipiped

1.2.1.b2

Nr. crt.	Material	Masa	Volumul	Volum	Densitate absolută		Forma
		g	cm ³	balon cotelat	g / cm ³	kg / m ³	
1.	Pulbere de caramida				#DIV/0!	#####	Pulbere

1.2.2.2

Nr. crt.	Material	Masa corp aer	Masa corp apa	Densitate apa	Densitate aparentă		Forma
		g	g	g / cm ³	g / cm ³	kg / m ³	
1.	Piatra			1	#DIV/0!	#DIV/0!	oarecare

1.2.3.1

Nr. crt.	Material	Masa vas		Volum vas	Densitatea în gramada în stare afanată	Forma
		gol	plin cu nisip			
		g		dm ³	kg / m ³	
1.	Nisip			1	0	granulară

1.2.3.2

Nr. crt.	Masa vas plin		Volum de goluri
	cu nisip	cu nisip și apă	%
1.	0		0

1.1.2. și 1.1.3.

Nr. crt.	Compactitate	Porozitate totală
	C	Pt
	#DIV/0!	#DIV/0!

C + Pt

#DIV/0!

Se vor introduce datele în spațiile colorate

