



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

# Modulul 1: Proprietățile generale ale materialelor de construcție: proprietăți fizice

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

## Scop



Modulul 1 al cursului de *Materiale de Instalații* vă prezintă noțiuni referitoare la proprietățile generale ale materialelor de construcție. Parcurgând acest modul vă veți familiariza cu cele mai importante proprietăți fizice ale acestora și anume: densitate, compactitate, porozitate, volum de goluri, comportarea materialelor față de apă, comportarea materialelor la încălzire.

## Obiective



La finalul Modulului 1 veți putea să:

1. Definiți proprietățile fizice ale materialelor.
2. Calculați densitatea, compactitatea, porozitatea și volumul de goluri.
3. Explicați cum pătrunde apa în materiale.
4. Definiți gradul de impermeabilitate la apă și rezistența la îngheț-dezghet.
5. Specificați care sunt aspectele calitative și cantitative ale comportării materialelor la încălzire.

## Durată



Durata medie de studiu individual: 2 ore.



## 1.1. Introducere

Materialele de construcție sunt sisteme eterogene de substanțe, multicomponente, ale căror proprietăți depind de compoziția și structura lor. Prin *microstructură* se analizează tipul constituenților și raportul în care aceștia se află în material, iar prin *macrostructură* se înțelege modul de conlucrare a constituenților între ei, care formează un ansamblu coerent și rezistent numit **material compozit**. Acesta prezintă proprietăți specifice superioare, cerute de aplicația practică, se obțin ca urmare a interacțiunilor dintre componenți deoarece nu pot fi realizate de fiecare component în parte.

După structură, natura legăturilor dintre componenți și tehnologia de fabricație, materialele de construcție se împart în trei categorii:

a) **Materiale compozite integrate structural (unitare)** – caracterizate prin existența legăturilor chimice de același fel între particulele constitutive (atomi, ioni, molecule) cum ar fi: metalele, ceramica, sticla, unele roci etc.

b) **Materiale compozite disperse și armate** – alcătuite din două sau mai multe materiale, cu proprietăți diferite. Unul se prezintă sub formă de granule, bare, fibre, whiskers, uniform dispersate și înglobate în celelalte (celălalt) materiale, ce formează o matrice rigidă, care asigură coeziunea sistemului prin conlucrarea de la nivelul interfețelor. Din această categorie fac parte: betonul, betonul armat, polimerii armați etc.

c) **Materiale asociate** – alcătuite din asocieri de materiale unitare și/sau compozite disperse și armate cu scopul obținerii unor proprietăți complementare (combinații de proprietăți ale materialelor componente) cum ar fi: rezistențe mecanice, hidro-, fono- și termo-izolații, rezistențe la acțiunea agenților chimici, finisaje etc. În cadrul materialelor asociate fiecare material component își păstrează individualitatea și are un rol bine definit în raport cu proprietățile obținute.

Prin evaluarea calitativă și cantitativă a proprietăților materialelor se poate decide, cât mai corect, în ce aplicații pot fi folosite și unde se impun anumite rezistențe mecanice, durabilitate, eficiență tehnico-economică, dar și un calcul dimensional corespunzător elementelor de construcții. Determinarea caracteristicilor materialelor se face prin intermediul **analizelor și încercărilor**, în laboratoare sau pe șantier, pe baza standardelor și normelor în vigoare, pe **probe medii reprezentative** care să reproducă cât mai fidel proprietățile materialelor de încercat. Acestea se prelevează din material sub formă de corpuri solide sau **eprovete** cu forme și dimensiuni standardizate în funcție de tipul materialului și încercării. Analiza ne arată compoziția unui material, iar încercarea ne precizează proprietățile fizico-mecanice ale acestuia, luat ca un tot unitar. Încercările se efectuează, de obicei, prin aplicarea unor forțe mecanice asupra materialului, fie până la distrugerea acestuia (**încercări distructive**), fie fără distrugerea acestuia (**încercări nedistructive**).

## 1.2. Proprietăți fizice ale materialelor

### 1.2.1. Densitate, compactitate, porozitate, volum de goluri

a) **Densitatea  $\rho$** , reprezintă masa unității de volum și se exprimă în  $\text{kg/m}^3$  în SI. În funcție de tipul materialelor și de scopul teoretic, practic, de caracterizare al acestora, se definesc mai multe tipuri de densități:





a1) *Densitatea absolută* ( $\rho = \frac{m}{V}$ ) unde,  $m$  este masa materialului, iar  $V$  este volumul absolut al materialului (volumul fără pori și fără goluri).

a2) *Densitatea aparentă* ( $\rho_a = \frac{m}{V_a}$ ) unde,  $V_a$  reprezintă volumul aparent al materialului (volumul incluzând volumul porilor și golurilor).

Cu ajutorul densității absolute materialele se pot compara între ele, deoarece materialele cu densități mari au și rezistențe mecanice mari. Densitatea aparentă se folosește în calculul greutatei construcțiilor, transportului materialelor, la aprecierea conductivității termice etc.

a3) *Densitatea în vrac sau în grămadă* ( $\rho_g = \frac{m}{V_g}$ ) unde,  $V_g$  reprezintă volumul materialului granular (volumul materialului incluzând volumul golurilor dintre granule).

Materialele compacte cum ar fi: metalul, sticla, unii polimeri etc. sunt caracterizate prin densitatea absolută, materialele poroase ca: lemnul, cărămida, betonul etc. sunt caracterizate prin densitatea absolută și aparentă, iar materialele granulare și pulverulente (pietriș, nisip, ciment, ipsos) de densități: absolută, aparentă și în grămadă (Tab. 1.1).

Tabel 1.1. Densitățile unor materiale de construcție

Materialul	$\rho$ , kg/m <sup>3</sup>	$\rho_a$ , kg/m <sup>3</sup>	$\rho_g$ , kg/m <sup>3</sup>
Oțel	7800-7900	7800-7850	-
Aluminiu	2700	-	-
Granit	2700-2800	2600-2800	-
Calcar	2400-2600	1800-2400	1300-1400
Nisip cuarțos	2600-2700	-	1550-1600
Cărămidă ceramică	2500-2800	1600-1800	-
Sticlă de construcții	2500-3000	-	-
Beton normal	-	2001-2600	-
Beton ușor	-	500-1800	-
Ciment Portland	2900-3100	-	900-1100
Lemn	1500-1600	450-1100	-
Vată minerală	-	200-400	-
Polistiren expandat	-	20-30	-
Spume rigide din polimeri	-	-	15-100

b) *Compactitatea C*, reprezintă gradul de umplere cu material solid al unui material și se definește: fie prin volumul absolut din unitatea de volumul aparent, fie prin densitatea aparentă din unitatea de densitate absolută a materialului. Exprimarea în procente este dată de relația de mai jos:

$$C = \frac{V}{V_a} \cdot 100 = \frac{\rho_a}{\rho} \cdot 100, \% \quad (1.1)$$



Materialele compacte, ca oțelul de exemplu, au  $C = 1$  (100%), iar cele poroase au  $C < 1$  (<100%).

*c) Porozitatea  $P$* , reprezintă gradul de umplere cu pori a unui material și este de mai multe feluri:

*c1) Porozitatea totală  $P_{tot}$* , reprezintă volumul tuturor porilor (închiși – nu comunică cu exteriorul și deschiși – comunică cu exteriorul) din unitatea de volum aparent de material.

$$P_{tot} = \frac{V_{tot \text{ pori}}}{V_a} \cdot 100 = \frac{V_a - V}{V_a} \cdot 100 = \left(1 - \frac{V}{V_a}\right) \cdot 100, \% \quad (1.2)$$

Dacă se determină experimental densitățile:  $\rho$  și  $\rho_a$ , atunci  $P_{tot}$  se calculează cu relația:

$$P_{tot} = \left(1 - \frac{\rho_a}{\rho}\right) \cdot 100, \% = (1 - C) \cdot 100, \% \quad (1.3)$$

Porozitatea totală este o mărime ce are influență asupra rezistențelor mecanice, conductivității termice, comportării la apă a materialelor etc.

*c2) Porozitatea aparentă (deschisă)  $P_a$* , reprezintă volumul porilor deschiși din unitatea de volum aparent de material. Se determină prin apa absorbită, până la saturare, de către material și se exprimă prin diferența dintre masa materialului saturat cu apă ( $m_2$ ) și masa materialului uscat ( $m_1$ ) raportat la volumul aparent al materialului.

$$P_a = \frac{V_{\text{pori deschiși}}}{V_a} = \frac{m_2 - m_1}{V_a} \cdot 100, \% \quad (1.4)$$

Porozitatea aparentă caracterizează absorbția de apă, impermeabilitatea la apă, rezistența la îngheț-dezghet etc. a unui material.

*c3) Porozitatea închisă  $P_i$* , reprezintă volumul porilor închiși din unitatea de volum aparent de material și se calculează cu relația de mai jos dacă se cunosc  $P_{tot}$  și  $P_a$ :

$$P_i = P_{tot} - P_a \quad (1.5)$$

Deoarece importanță prezintă nu numai volumul și tipul porilor, ci și dimensiunile acestora, în Fig. 1.1 sunt prezentate câteva caracteristici ale materialelor poroase în funcție de aceștia.

*d) Volum de goluri  $V_{gob}$* , reprezintă volumul spațiilor libere dintre granulele unității de volum de material granular, așezat în formă afănată (prin cădere liberă de la o înălțime mai mică de 50 mm) sau îndesată (prin tasare).

$$V_{gol} = \frac{V_g - V}{V_g} \cdot 100 = \frac{\rho - \rho_g}{\rho} \cdot 100, \% \quad (1.6)$$

Volumul de goluri este semnificativ pentru agregatele folosite la prepararea mortarelor și betoanelor. Acesta este influențat de forma și dimensiunile granulelor, de modul de aranjare (afânată sau îndesată) și de compoziția granulometrică; pentru a se asigura rezistențele mecanice dorite, cu un consum economic de liant, volumul de goluri trebuie să fie minim.

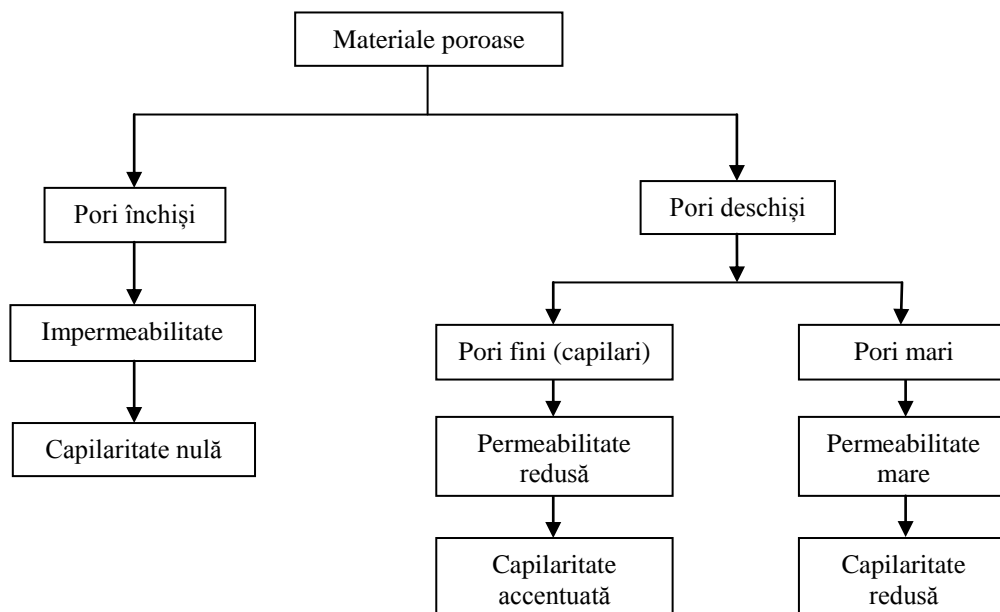


Figura 1.1. Câteva caracteristici ale materialelor poroase în funcție de tipul și dimensiunea porilor

### 1.2.2. Comportarea materialelor față de apă

În materialele apă pătrunde prin absorbție, ascensiune capilară și presiune.

**a) Absorbția de apă  $A$** , reprezintă proprietatea materialelor poroase de a absorbi și reține apă, în porii deschiși. Se calculează ca diferența dintre masa materialului saturat cu apă ( $m_2$ ) și masa materialului uscat ( $m_1$ ). După modul de exprimare absorbția de apă poate fi masică,  $A_m$  sau volumică,  $A_v$ :

$$A_m = \frac{m_{\text{apa absorbita}}}{m_1} \cdot 100 = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100, \%$$

$$A_v = \frac{m_{\text{apa absorbita}}}{V_a} \cdot 100 = \frac{m_2 - m_1}{V_a} \cdot 100 = \frac{V_{\text{apa}}}{V_a} \cdot 100 = P_a, \% \quad (1.7)$$

Cu cât porozitatea deschisă este mai mare și porii mai fini cu atât absorbția de apă este mai mare. În porii capilari cu diametrul între (1-10)  $\mu\text{m}$  apa pătrunde prin ascensiune capilară, iar în cei cu diametrul mai mic de 1  $\mu\text{m}$  prin presiune.

**b) Higroscopicitatea** este proprietatea materialelor poroase de a absorbi apă din atmosferă, prin capilaritate, și de a-i condensa în porii săi. Se exprimă prin **coeficientul de higroscopicitate** care reprezintă cantitatea de apă absorbită pe unitatea de suprafață și unitatea de timp. Depinde de natura materialului, de umiditatea atmosferică și este importantă în caracterizarea materialelor expuse la igrasie.



c) **Umiditatea  $U$** , reprezintă conținutul procentual de apă dintr-un material, la un moment dat. Se determină prin uscarea materialului până la masă constantă. După modul de exprimare, aceasta poate fi: umiditatea absolută,  $U_a$  și umiditatea relativă,  $U_r$ .

$$U_a = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \cdot 100, \% \quad U_r = \frac{m_2 - m_1}{m_2} \cdot 100, \% \quad (1.8)$$

unde:  $m_2$  - masa materialului umed;  $m_1$  - masa materialului uscat.

Între umiditatea atmosferică și cea a materialului se stabilește, după un timp, un echilibru, iar materialul se numește material uscat în aer.

Absorbția de apă, higroscopicitatea și umiditatea evidențiază porozitatea aparentă a unui material și are efecte negative asupra rezistențelor mecanice, densității, capacității de izolare termică și fonică, rezistenței la îngheț-dezgheț dar și asupra aspectului și confortului.

d) **Stabilitatea față de apă** este proprietatea materialelor de a nu se distruge sau de a nu-și micșora esențial rezistența sub influența saturării îndelungate cu apă. Se exprimă prin **coeficientul de înmuiere  $K$** , definit ca raportul dintre rezistența la compresiune a materialului saturat cu apă ( $R_{sat}$ ) și cea a materialului uscat ( $R_{uscat}$ ).

$$K = \frac{R_{sat}}{R_{uscat}} \quad (1.9)$$

Convențional, se consideră că materialele care îndeplinesc condiția  $K > 0,8$  sunt stabile față de apă.

e) **Permeabilitatea la apă** este proprietatea materialelor poroase de a lăsa să treacă apa sub presiune. Se caracterizează prin **coeficientul de permeabilitate  $k$** , dat în relația lui Darcy (1.10), și definit prin cantitatea de apă ce trece în unitatea de timp, prin unitatea de suprafață și de grosime a materialului, supus unei diferențe de presiune a apei egală cu unitatea.

$$Q = k \cdot \frac{\Delta P \cdot S \cdot t}{l} \quad (1.10)$$

unde:  $Q$  – cantitatea de apă;  $S$  – suprafața;  $t$  – timpul;  $\Delta P$  - diferența de presiune,  $l$  - grosimea stratului de material.

Pentru betoane, permeabilitatea la apă este apreciată prin gradul de impermeabilitate la apă. Conform NE 012/2-2010, se exprimă prin presiunea maximă a apei la care nu au loc exfiltrații de apă la fața exterioară, opusă celei ce se află în contact cu apa (fața de infiltrație), fig. 1.2. Gradul de impermeabilitate la apă se notează  $P_n^x$ , unde  $n$  este valoarea prescrisă a presiunii maxime a apei, în bari, iar  $x$  este valoarea prescrisă a adâncimii limită de pătrundere a apei, în cm.

De exemplu, pentru determinarea permeabilității la apă, pe alte betoane decât cele hidrotehnice, pe *epruvete cubice*, cu latura de 20 cm, după 28 zile de la turnare, principalele grade de impermeabilitate la apă sunt:  $P_2^{20}, P_4^{20}, P_6^{20}, P_8^{20}, P_{12}^{20}, P_2^{10}, P_4^{10}, P_6^{10}, P_8^{10}, P_{12}^{10}$ .

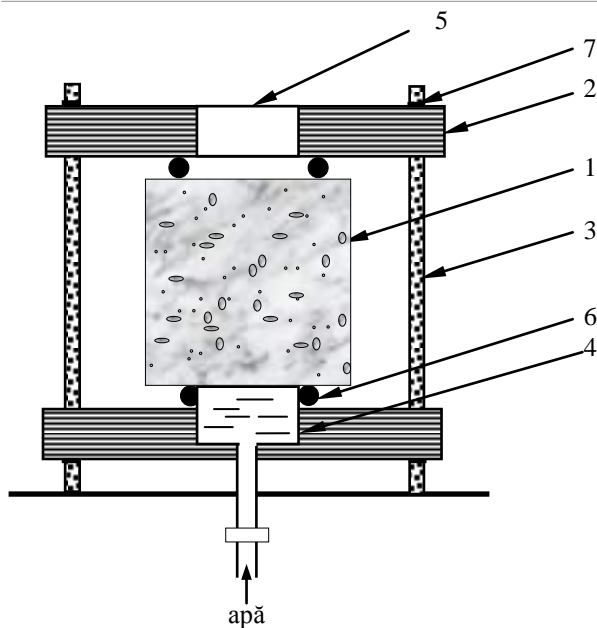


Figura 1.2. Celulă de presiune pentru încercarea la permeabilitate a betonului.

- 1 - epruvetă din beton;
- 2 – placă metalică de prindere;
- 3 - tijă metalică de fixare a epruvetei;
- 4 - bazin de alimentare cu apă sub presiune;
- 5 - șaibă din oțel cu deschidere de control spre fața de exfiltrație;
- 6 - inel de etanșare din cauciuc;
- 7 - piuliță de strângere

Astfel, există două moduri de exprimare a gradelor de impermeabilitate:

1.  $P_2^{20}, P_4^{20}, P_6^{20}, P_8^{20}, P_{12}^{20}$  - unde 2, 4, 6, 8, 12, reprezintă seria standard de presiuni maxime prescrise la care apa nu străbate întreaga epruvetă, cu înălțimea (latura) de 20 cm.
2.  $P_2^{10}, P_4^{10}, P_6^{10}, P_8^{10}, P_{12}^{10}$  - unde 2, 4, 6, 8, 12, reprezintă seria standard de presiuni maxime prescrise, iar 10 adâncimea limită prescrisă de pătrundere a apei (în cm). Această notație se folosește atunci când adâncimea de pătrundere a apei este mai mică decât înălțimea epruvetei (20 cm), adică  $\leq 10$  cm. În acest caz epruveta se despică și se măsoară înălțimea maximă până la care s-a infiltrat apa.

#### f) Rezistența la îngheț-dezgheț sau rezistența la gelivitate

**Gelivitatea** este proprietatea materialelor saturate cu apă de a se deteriora sub acțiunea ciclurilor de îngheț-dezgheț repetat adică, a temperaturilor alternative negative și pozitive.

Prin îngheț, apa își mărește volumul cu circa 9%, exercitând o presiune de cristalizare asupra pereților porilor, ce conduce la apariția unor eforturi de întindere în materialul solid, amplificând sistemul de pori și microfisuri existent.

**Rezistența la îngheț-dezgheț**, este caracteristica materialelor saturate cu apă de a nu-și modifica proprietățile fizico-mecanice sub acțiunea efectului expansiv al apei care îngheață în pori, capilare și microfisuri.

Astfel, materialele poroase, cu porozitate deschisă și complet saturate cu apă, dezvoltă eforturi mari de întindere la îngheț deci, au rezistență scăzută la gelivitate.

De exemplu, pentru betonul cu vârsta minimă de 28 de zile, rezistența la îngheț-dezgheț se poate determina, fie **prin încercări distructive** (pe epruvete cubice), fie prin **încercări nedistructive** (pe epruvete prismatice). Epruvetele sunt inițial saturate cu apă în așa fel încât aerul din porii betonului să fie eliminat treptat, într-un timp suficient ca saturarea să se facă profund în porii betonului. O parte din acestea rămân în apă (epruvete martor), iar cele de încercat sunt supuse unui program de îngheț-dezgheț: prin introducerea într-o cameră frigorifică, la temperatura de  $-17 \pm 2^\circ\text{C}$ ; ulterior, se scot din camera frigorifică și se reintroduc în baia de apă la temperatura de  $20 \pm 5^\circ\text{C}$ .

Se reiau aceste cicluri de îngheț-dezgheț repetat până când betonul pierde, față de martor, mai mult de 25% din rezistența la compresiune (la încercarea distructivă) sau mai mult de 15% din modulul de elasticitate dinamic relativ (la încercarea nedistructivă). Rezultatele sunt exprimate cantitativ, fie prin pierderea de rezistență la compresiune ( $\eta$ ) (ec. 1.11) fie prin reducerea modulului de elasticitate dinamic relativ ( $E_{r,n}$ ) (ec. 1.12).

$$\eta = \frac{R_m - R_i}{R_m} \cdot 100, \% \quad (1.11)$$

unde:  $R_m$  – rezistența medie, pe 3 epruvete, la compresiune a betonului saturat cu apă (martorul), în MPa;  $R_i$  – rezistența medie, pe 3 epruvete, la compresiune a betonului supus la îngheț-dezgheț repetat, în MPa;

$$E_{r,n} = \left( \frac{f_n}{f_0} \right)^2 \cdot 100, \% \quad (1.12)$$

unde :  $f_0$  – frecvența proprie de vibrație la încovoiere a epruvetelor înainte de supunerea la îngheț-dezgheț, în herți;  $f_n$  - frecvența proprie de vibrație la încovoiere a epruvetelor după  $n$  cicluri îngheț-dezgheț.

Rezistența la îngheț-dezgheț se exprimă prin gradul de gelivitate  $G$ , adică, prin numărul maxim de cicluri succesive de îngheț-dezgheț, din seria standard:  $G_{50}$ ,  $G_{100}$ ,  $G_{150}$ , pe care epruvetele din beton, saturate cu apă, le pot suporta fără ca rezistența la compresiune sau modulul de elasticitate dinamic să scadă cu mai mult de 25% respectiv 15%.

### 1.2.3. Comportarea materialelor la încălzire și la acțiunea focului

Comportarea materialelor la încălzire depinde de natura acestora: organică sau anorganică. Prin încălzire sau la acțiunea focului materialul își schimbă compoziția, structura, dimensiunile, în funcție de natura componentilor și de temperatură, deteriorându-și proprietățile care pot duce până la distrugerea materialului.

#### a) Aspecte calitative

##### a1) Comportarea materialelor anorganice la încălzire

La încălzirea progresivă a materialelor anorganice se pot întâlni următoarele fenomene:

- **mărirea porozității** prin pierderea apei de cristalizare (de exemplu: obținerea ipsosului din ghips) sau prin disociere termică (de exemplu: obținerea varului prin calcinarea calcarului); astfel, se reduce densitatea aparentă datorită creșterii porozității;
- **micșorarea porozității și creșterea rezistențelor mecanice** datorită topirii parțiale a componentilor și umplerea porilor cu topitură solidificată, cum este cazul materialelor ce conțin silicați. Dacă pierderea porozității scade sub 2% procesul se numește **vitrifiere**, iar dacă pierderea de porozitate scade sub 8% procesul se numește **clinkerizare**. Temperatura de topire poate fi coborâtă prin intermediul **fondanților** (substanțe care formează cu componentii materialului amestecuri eutectice ce au temperatura finală de topire mai scăzută decât a componentilor puri sau decât a altor amestecuri neeutectice);



- **deformarea sub propria greutate**, datorită topirii parțiale, la temperaturi înalte. Dacă temperatura la care nu se produce deformarea materialului, sub propria greutate, este peste  $1580^{\circ}\text{C}$ , materialul se numește **refractor**. **Refractaritatea** este proprietatea materialelor de a nu se deforma sub propria greutate și de a nu-și pierde mult din rezistențele mecanice la temperaturi înalte, după o exploatare îndelungată. Din punct de vedere a refractarității materialele se împart în: **fuzibile** (suportă temperaturi sub  $1350^{\circ}\text{C}$ , de exemplu cărămida obișnuită), **greu fuzibile** (suportă temperaturi cuprinse între  $1350^{\circ}\text{C}$  și  $1580^{\circ}\text{C}$ ) și **refractare** (suportă temperaturi peste  $1580^{\circ}\text{C}$ , de exemplu șamota);
- **degradarea treptată** prin exfoliere, de la exterior spre interior, cum este cazul betonului, sau **degradarea prin fisurare și sfărâmare**, datorită șocurilor termice (variații bruște de temperatură) cum este cazul sticlei.

### a2) Comportarea materialelor organice la încălzire

Materialele organice se comportă și ele diferit la încălzire progresivă astfel:

- unele prezintă **interval de înmuiere** în care trec printr-o stare plastică după care curg (de exemplu: bitumul, unii polimeri) altele **se rigidizează** (de exemplu, polimerii termoreactivi);
- **ard sau se descompun** la temperaturi înalte (de exemplu: lemnul, bitumul, unii polimeri) formând gaze combustibile ( $\text{H}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$  etc.) altele se **autoaprind** (de exemplu, unele produsele petroliere, hidrocarburile). Temperatura minimă la care un amestec de gaze combustibile se aprinde în prezența aerului și a unei flăcări se numește **temperatura de combustie**, iar temperatura minimă la care amestecul de gaze se aprinde spontan în prezența aerului dar în absența unei flăcări se numește **temperatura de inflamabilitate**.

**Rezistența la foc** este proprietatea materialelor de a rezista la acțiunea temporară a temperaturilor înalte care apar la incendii (cca.  $1000^{\circ}\text{C}$ ), fără a se distruge. După comportarea la foc materialele se împart în: **necombustibile** (nu se aprind dar se deformează și își degradează proprietățile, de exemplu: cărămida, ceramica, oțelul), **greu combustibile** (se aprind și ard mocsit atâta timp cât acționează sursa de foc, de exemplu lemnul impregnat) și **combustibile** (se aprind și ard și după îndepărtarea focului, cum ar fi lemnul, polimerii).

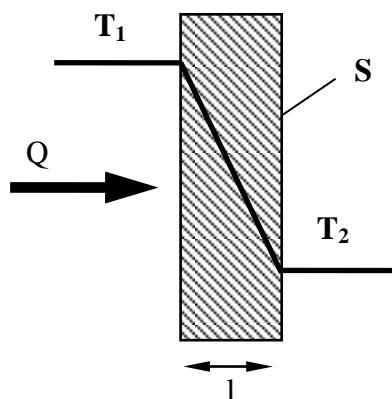
### b) Aspecte cantitative

**b1) Conductivitatea termică** reprezintă capacitatea materialelor de a transmite un flux termic, prin masa lor, datorită unei diferențe de temperatură între fețele opuse ale materialului. Transmiterea căldurii se poate face prin **convecție** (prin curenți de fluid), prin **radiație** (sub formă de energie radiantă) și prin **conducție**. Transmiterea căldurii prin conducție este specifică materialelor solide.

Considerând un material de grosime  $l$ , cu temperaturile pe cele două fețe  $T_1$  și  $T_2$  ( $T_1 > T_2$ ) (fig.1.3), cantitatea de căldură  $Q$ , care se propagă perpendicular pe suprafața  $S$ , în timpul  $t$  se calculează astfel:

$$Q = \lambda \cdot \frac{S}{l} \cdot (T_1 - T_2) \cdot t, \text{ J} \quad (1.13)$$

unde:  $\lambda$  este **coeficientul de conductivitate termică**, care se exprimă, în SI, în W/m K.



Acesta se definește ca fiind cantitatea de căldură ce parcurge într-o oră, o suprafață de  $1\text{m}^2$ , pe distanța de 1m, dacă diferența de temperatură pe această distanță este de 1 grad:

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{S \cdot \Delta T \cdot t}, \text{ W/m} \cdot \text{K} \quad (1.14)$$

Figura 1.3 Transmiterea căldurii printr-un material solid

Conductivitatea termică a materialelor depinde de compoziția chimică, de structură, de porozitate și de tipul porilor, de umiditate, de temperatură. În Tab. 1.2. sunt date valorile coeficienților de conductivitate termică pentru câteva materiale. Cele care au valori ridicate ale lui  $\lambda$  sunt recomandate ca materiale utilizate în transmiterea căldurii, iar cele cu valori cât mai mici ( $\lambda < 0,29$  W/m·K) sunt considerate, convențional, materiale termoizolatoare.

Tabel 1.2. Coeficientul de conductivitate termică pentru câteva materiale de construcție

Materialul	$\lambda$ , W/m·K	Materialul	$\lambda$ , W/m·K
Oțel	58	1000	0,41
Cupru	393	BCA	0,29
Aluminiu	225	$\rho_a$ , kg/m <sup>3</sup>	0,21
Granit	2,9-3,3	400	0,14
Beton armat	2,03-1,62	300	0,13
Beton greu	1,0-1,6	Vată minerală	0,06-0,08
Sticla de construcții	0,9-1,0	Spume rigide de polimeri	0,03-0,05
Cărămidă	0,8-0,9	Polistiren expandat	0,035
Apă	0,59	Aer	0,02

**b2) Dilatarea termică** reprezintă variația dimensiunilor, de la  $l_0$  la  $(l_0 + \Delta l)$ , și a volumului, de la  $V_0$  la  $(V_0 + \Delta V)$ , unui material ca urmare a variației de temperatură. Se exprimă prin **coeficientul de dilatare termică liniară** ( $\alpha$ ), definit prin creșterea unității de lungime ( $\Delta l$ ) sau alungirii specifice ( $\epsilon$ ) la o creștere cu 1 grad a temperaturii, și **prin coeficientul de dilatare termică volumică** ( $\gamma$ ), definit în mod similar astfel:

$$l = l_0 (1 + \alpha \cdot \Delta T) \Rightarrow \alpha = \frac{\Delta l}{l_0 \cdot \Delta T} = \frac{\epsilon}{\Delta T}, \text{ grad}^{-1} \quad (1.15)$$

$$V = V_0 (1 + \gamma \cdot \Delta T) \Rightarrow \gamma = \frac{\Delta V}{V_0 \cdot \Delta T}, \text{ grad}^{-1} \quad (1.16)$$

Corpurile *izotrope* se dilată uniform în timp, iar corpurile *anizotrope* se dilată diferit pe direcții diferite. Dacă variația dimensiunilor sau a volumului corpului este împiedicată atunci apar tensiuni interne ( $\sigma$ ).  $\sigma = E \cdot \epsilon = \alpha \cdot E \cdot \Delta T$ , unde E este modulul de elasticitate al materialului.



Ruperea materialelor se poate produce, fie datorită solicitărilor termice repetate, fenomenul numindu-se **oboseală termică**, fie datorită unor încălziri și răcirii bruște numindu-se, în acest caz, rupere prin **șoc termic**. Acest tip de rupere interesează în cazul materialelor fragile (sticla, ceramica).

Stabilitatea la șoc termic este cu atât mai mare cu cât coeficientul de dilatare termică este mai mic și materialul mai omogen, de exemplu: cuarțul ( $\alpha = 5 \cdot 10^{-7}$ ,  $\text{grad}^{-1}$ ), marmura etc.

**b3) Difuziunea termică (d)** caracterizează capacitatea materialului de a uniformiza temperatura și este specifică materialelor eterogene și anizotrope.

$$d = \frac{\lambda}{c \cdot \rho}, \text{ m}^2/\text{s} \quad (1.17)$$

unde:  $c$  - căldura specifică în  $\text{J/kg} \cdot \text{K}$ ,  $\rho$  - densitatea materialului în  $\text{kg/m}^3$ ,  $\lambda$  - coeficientul de conductivitate termică în  $\text{W/m} \cdot \text{K}$ .

---

## Bibliografie



1. Maria Popescu, *Materiale de Construcții*, Institutul de Construcții București, 1990.
2. Ion Robu, Maria Popescu, *Matériaux de Construction, I*, Institut de Construction, Bucharest, 1993.
3. Maria Gheorghe, *Materiale de Construcție*, Vol. 1, Editura Conspress, București, 2010, ISBN 978-973-100-107-4.
4. Liliana Crăciunescu, Eugenia Popa, *Materiale de Construcție*, Editura Matrix Rom, București, 2004, ISBN 973-685-787-5.
5. William D. Callister, David G. Rethwisch, *Fundamentals of Materials Science and Engineering: An integrated approach*, 4<sup>th</sup> edition, John Wiley and Sons Inc, 2012, ISBN 1118061608, 9781118061602.





## Test de autoevaluare – MODULUL 1

*Completați spațiile libere:*

1. Tipurile de densități ce caracterizează materialele de construcție sunt:.....
2. Compactitatea C, reprezintă gradul de umplere cu ..... al unui material, iar porozitatea P, reprezintă gradul de umplere cu .....a unui material.
3. Permeabilitatea este proprietatea materialelor .....de a lăsa să treacă.....
4. Gelivitatea este proprietatea materialelor saturate cu apă ..... sub acțiunea ciclurilor de îngheț-dezgheț repetat.

*Bifați căsuța corespunzătoare:*

5. Dacă pierderea de porozitate scade sub 2% procesul se numește clincherizare.  
Adevărat ☐ Fals ☐
6. Transmiterea căldurii prin conducție este specifică tuturor materialelor.  
Adevărat ☐ Fals ☐
7. Corpurile izotrope se dilată uniform în timp, în timp ce corpurile anizotrope se dilată diferit pe direcții diferite.  
Adevărat ☐ Fals ☐
8. Explicați notațiile din relația de calcul a coeficientului de dilatare termică  $\lambda$ :

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{S \cdot \Delta T \cdot t}, \text{ W/m} \cdot \text{K}$$

Q – .....

l – .....

S – .....

$\Delta T$  – .....

t - .....





## Răspunsuri

1. Densitatea absolută, aparentă și în vrac (paginile 2-3).
2. Material solid; pori (paginile 3-4).
3. Poroase; apa sub presiune (pagina 6).
4. De a se deteriora (pagina 7).
5. Fals (pagina 8).
6. Fals (pagina 9).
7. Adevărat (pagina 10).
8.  $Q$  – cantitatea de căldură,  $J$ ; (paginile 9-10)

$l$  – grosimea materialului,  $m$ ;

$S$  – suprafața materialului,  $m^2$ ;

$\Delta T$  – diferența de temperatură,  $K$ ;

$t$  – timpul,  $s$ .

