

## KÉPLETEK ÉS SZÁMPÉLDÁK A SŰRŰSÉGMÉRÉS FOGALOMKÖRÉBŐL

### ANYAGSŰRŰSÉGMÉRÉS

#### Folyadék sűrűségének mérése areometerrel

Oldat	Sűrűség [g/cm <sup>3</sup> ]
Víz	0,995
10 %-os CaCl <sub>2</sub> oldat	1,100
14 %-os CaCl <sub>2</sub> oldat	1,140
20 %-os CaCl <sub>2</sub> oldat	1,200

*MEGJEGYZÉS: Kalcium-kloridot kötésyorsító adalékszerként csak vasatlan betonhoz szabad használni, vasbetonhoz és feszített vasbetonhoz való használata szigorúan tilos.*

#### Anyagsűrűség mérése piknométerrel

MSZ 18284-2:1979 (Építési kőanyagok tömegösszetételi vizsgálatai. Sűrűségi jellemzők vizsgálatai) szabvány szerint Az anyag szemnagysága: Kisebb, mint 0,2 mm, amely alá porítva a teljes anyagmintát olyannak tekintjük, mint amelyik pórusmentes.



Piknométer

$$\text{Anyagsűrűség} = \frac{\text{Tömeg}}{\text{Pórusmentes térfogat}} = \frac{M_A}{V_A}$$

#### **Pórusmentes térfogat mérése piknométerrel**

Por térfogata **(c)** = Üres piknométert kitöltő mérőfolyadék térfogata **(a)** –

– Por feletti mérőfolyadék térfogata **(b)**

Üres piknométert kitöltő mérőfolyadék térfogata **(a)** =

= [Mérőfolyadékkal töltött piknométer tömege **(4.)** –

– Üres piknométer tömege **(1.)**]/ $\rho_4$

Por feletti mérőfolyadék térfogata **(b)** =

= [Port és felette mérőfolyadékot tartalmazó piknométer tömege **(3.)** –

– Port tartalmazó piknométer tömege **(2.)**]/ $\rho_3$

*MEGJEGYZÉS: A mérőfolyadék a mérendő anyagot nem oldhatja, és azzal nem léphet reakcióba, és az ember egészségét nem károsíthatja. A téglapor anyagsűrűségét desztillált víz, a cementpor anyagsűrűségét triklór-etilén (C<sub>2</sub>HCl<sub>3</sub>) mérőfolyadék felhasználásával szabad megmérni.*

**Példa a téglapor térfogatmérésére és anyagsűrűségének számítására**

Mérés		
1. mérés	Üres edény	66,62 g
2. mérés	Edény + por	74,25 g
3. mérés	Edény + por + víz	174,69 g
	a víz hőmérséklete: 21,0 °C	a víz sűrűsége: $\rho_3 = 0,998019 \text{ g/cm}^3$
4. mérés	Edény + víz	169,97 g
	a víz hőmérséklete: 20,5 °C	a víz sűrűsége: $\rho_4 = 0,998126 \text{ g/cm}^3$
Számítás		
Edényt kitöltő víz térfogata (a)	$[(4.) - (1.)]/\rho_4$	$(169,97 - 66,62)/0,998126 = 103,544 \text{ cm}^3$
Por feletti víz térfogata (b)	$[(3.) - (2.)]/\rho_3$	$(174,69 - 74,25)/0,998019 = 100,639 \text{ cm}^3$
Por térfogata (c)	(a) - (b)	$103,544 - 100,639 = 2,905 \text{ cm}^3$
Por tömege (d)	(2.) - (1.)	$74,25 - 66,62 = 7,63 \text{ g}$
<b>Téglapor anyagsűrűsége</b>	<b>(d)/(c)</b>	<b><math>7,63/2,905 = 2,63 \text{ g/cm}^3</math></b> (irodalom szerint: $2,7 \text{ g/cm}^3$ )

**A víz sűrűsége  $t$  °C hőmérsékleten**

$t$ °C	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>
14,5	0,999 200
15,0	0,999 126
15,5	0,999 050
16,0	0,998 970
16,5	0,998 887
17,0	0,998 801
17,5	0,998 713
18,0	0,998 622
18,5	0,998 528
19,0	0,998 432
19,5	0,998 332

$t$ °C	$\rho$ g/cm <sup>3</sup>
20,0	0,998 230
20,5	0,998 126
21,0	0,998 019
21,5	0,997 909
22,0	0,997 797
22,5	0,997 682
23,0	0,997 565
23,5	0,997 445
24,0	0,997 323
24,5	0,997 198
25,0	0,997 071

## TESTSÚRÚSÉGMÉRÉS

### Szabálytalan alakú tégladarab testsűrűségének mérése mérőhengerbe (menzúrába) való vízbe lógatással

Mérőhengerben lévő víz =  $186 \text{ cm}^3$

Mérőhengerben lévő vízoszlop a tégladarab belógatása idején =  $192 \text{ cm}^3$

Vízzel telített tégladarab által kiszorított víz, azaz a tégladarab térfogata =  
 $= 192 - 186 = 6 \text{ cm}^3$

Tégla darab tömege szárazon =  $9,44 \text{ g}$

Szabálytalan tégladarab testsűrűsége =  $9,44/6 = 1,573 \text{ g/cm}^3$

### Szabályos alakú tégladarab testsűrűsége

Tégla térfogata a méretekből számolva =  $24,7 \cdot 11,8 \cdot 6,3 = 1836,198 \text{ cm}^3$

Tégla tömege =  $3210 \text{ g}$

„Szabályos” alakú tégladarab testsűrűsége =  $3210/1836,198 = 1,748 \text{ g/cm}^3$

## HALMAZSÚRÚSÉG MÉRÉS

### Téglazúzalék halmazsűrűsége

Edény térfogata =  $2950 \text{ cm}^3$

Edény + tégladarab tömege =  $3050 \text{ g}$

Edény tömege =  $342 \text{ g}$

Tégla tömege =  $3050 - 342 = 2708 \text{ g}$

Téglazúzalék halmazsűrűsége =  $2708/2950 = 0,918 \text{ g/cm}^3$

## FAJLAGOS SÚRÚSÉG FOGALOMKÖRE

### Tömörség

$$\text{Tömörség} = \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} \quad t = \frac{\rho_T}{\rho_A} = \frac{M / V_T}{M / V_A} = \frac{V_A}{V_T}$$

### Porozitás

$$\text{Porozitás} = \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\text{Testtérfogat} - \text{Anyagtérfogat}}{\text{Testtérfogat}} = \frac{\text{Hézagok térfogata}}{\text{Testtérfogat}}$$

$$\text{Porozitás} = 1 - \text{Tömörség} \quad p_{\text{szemcse}} = \frac{\rho_A - \rho_T}{\rho_A} = \frac{M / V_A - M / V_T}{M / V_A} = 1 - \frac{V_A}{V_T} = 1 - t$$

### Látszólagos porozitás [térfogat%/100]

$$p_{\text{látszólagos}} = \text{Látszólagos porozitás} = \frac{\text{Pórusokba felvett víz térfogata}}{\text{Testtérfogat}} =$$

**= a test vízfelvétele térfogat arányban,** azaz térfogat%-ban és osztva 100-zal

$$p_{\text{látszólagos}} = \frac{V_{Víz,p}}{V_T} = \frac{M_{Víz,p} / \rho_{Víz}}{M / \rho_T} = \frac{M_{Víz,p}}{\rho_{Víz}} \cdot \frac{\rho_T}{M} = n \cdot \frac{\rho_T}{\rho_{Víz}}$$

ahol  $n$  = vízfelvétel [tömeg%/100] nevezetlen szám.

*MEGJEGYZÉS: A látszólagos porozitás összefüggésében a  $\rho_T/\rho_{Víz}$  hányados neve „az anyag relatív testsűrűsége”. A relatív testsűrűség nevezetlen szám, és azt mutatja meg, hogy az anyag testsűrűsége hányszorosa a víz testsűrűségének. A relatív testsűrűség szerepel például az MSZ EN 934-2:1998 (Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalommeghatározások, követelmények, megfelelés, jelölés és címkézés) európai szabvány 1. táblázatában*

**$n$  = vízfelvétel [tömeg%/100]**

ami **a test vízfelvétele tömeg arányban,** azaz tömeg%-ban és osztva 100-zal:

$$n = \text{Vízfelvétel} = \frac{\text{Vizes tömeg} - \text{Száras tömeg}}{\text{Száras tömeg}} = \frac{M_{Víz,p}}{M}$$

### Példa a látszólagos porozitásra

Legyen egy anyag: anyagsűrűsége:  $\rho_A = 3000 \text{ kg/m}^3$  testsűrűsége:  $\rho_T = 2400 \text{ kg/m}^3$ , amiből

tömörsége:  $t = 2400/3000 = 0,8$

porozitása:  $p = 1 - 0,8 = 0,2$

látszólagos porozitása:  $p_{\text{látszólagos}} = \text{víztérfogat}/\text{testtérfogat} = 200/1000 = 0,2$

azaz a látszólagos porozitás teljes víztelítés esetén a porozitás közelítő értéke,

vízfelvétele teljes víztelítés esetén:  $n = 200/2400 = 0,08333 < 0,2 = p$

és felhasználásával

a látszólagos porozitás:  $p_{\text{látsz}} = n \cdot (\rho_T/\rho_{\text{víz}}) = 0,08333 \cdot 2400/1000 = 0,2$

### Abszolút halmaztömörség

$$\text{Abszolút halmaztömörség} = \frac{\text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\rho_H}{\rho_A} = \frac{M/V_H}{M/V_A} = \frac{V_A}{V_H} = t_{\text{Abs halmaz}}$$

### Halmazporozitás = Összporozitás = Porozitás + Hézagtérfogat·Tömörség

ahol a Hézagtérfogat·Tömörség szorzat az anyagsűrűsége vonatkoztatott hézagtérfogat.

$$\begin{aligned} \text{Halmazporozitás} &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} + \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} \cdot \frac{\text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Testsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} + \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \\ &= \frac{\text{Anyagsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Anyagsűrűség}} = \frac{\rho_A - \rho_H}{\rho_A} = 1 - \frac{V_A}{V_H} = 1 - t_{\text{Abs halmaz}} = \\ &= 1 - \text{Abszolút halmaztömörség} \end{aligned}$$

### Halmaztömörség

$$\text{Halmaztömörség} = \frac{\text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} = \frac{\rho_H}{\rho_T} = \frac{M/V_H}{M/V_T} = \frac{V_T}{V_H} = t_{\text{halmaz}}$$

### Hézagtérfogat = Szemcsék közötti hézagosság

$$\text{Hézagtérfogat} = \frac{\text{Testsűrűség} - \text{Halmazsűrűség}}{\text{Testsűrűség}} = \frac{\rho_T - \rho_H}{\rho_T} = 1 - \frac{V_T}{V_H} = 1 - \text{Halmaztömörség}$$

Lásd még a „Sűrűség és fajsúly” című (<http://www.betonopus.hu/notesz/fogalomtar/05-suruseg.htm>) dolgozatot is.

