

**Zúzottkő vagy zúzottbeton (betontörmelék) adalékanyagú beton tervezése**  
**a Bolomey-Palotás féle képletek alapján,**  
**az MSZ EN 206-1:2002 szabvány követelményeinek figyelembevételével**

MEGJEGYZÉS: A hivatkozott MSZ EN 206-1 szabványt 2002. évben  
(MSZ EN 206-1:2002),  
és annak MSZ 4798-1 jelzetű nemzeti alkalmazási dokumentumát 2004. évben  
(MSZ 4798-1:2004) emelték érvényre.

**Megjegyzés:** A zúzottbeton (újrahasznosításra kerülő, tört és osztályozott bontott beton, betontörmelék) adalékanyagú beton tervezése nagy hasonlatosságot mutat a zúzottkőbeton tervezésével, ezért ezek együtt tárgyalhatók, és az egyszerűség kedvéért, csak ezen a helyen, egységesen zúzottkőbetonnak, az adalékanyag zúzottkőnek nevezhető. A zúzottbeton adalékanyagú beton tervezésével kapcsolatos további megjegyzések a tervezési módszer ismertetésének végén találhatóak.

**1.** A megtervezendő beton MSZ EN 206-1:2001 szabvány szerinti nyomószilárdsági osztályának megfelelő, végig vízben tárolt, vizesen vizsgált, 150 mm méretű próbakockán, 28 napos korban értelmezett  $R_k=R_{k15,nom}(=) f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$  nyomószilárdsági minősítési értékéből fel kell venni a megtervezendő beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti, vegyesen tárolt, 200 mm méretű próbakockán értelmezett, 28 napos nyomószilárdságának névleges  $R_{m200,nom}$  átlag értékét, amely a Bolomey-Palotás-féle betontervezés alapadata. Ehhez két módszer is ajánlható:

**1.1.** Vagy felvesszük az MSZ 4720-2:1980 szabvány szerint a “t” Student tényező és az “s” szórás értékét, és az (1.1) összefüggés alkalmazásával kiszámítjuk az  $R_{m200,nom}$  névleges átlagértéket:

$$\begin{aligned} R_{m200,nom} &= 1,087 * 0,94 * R_{m150,nom} = \\ &= 1,02178 * \left\{ 0,25 * \left[ 0,1027 * t * s + \sqrt{(0,1027 * t * s)^2 + 2,16 * t * s + 4 * R_{k150,nom}} \right]^2 \right\} = \\ &= 0,255445 * \left[ 0,1027 * t * s + \sqrt{(0,1027 * t * s)^2 + 2,16 * t * s + 4 * R_{k150,nom}} \right]^2 \quad (1.1) \end{aligned}$$

Itt  $1,087 = R_{m,vegyesen} / R_{m,víz\ alatt}$ , azaz  $1,087$  az ugyanolyan méretű vegyesen és víz alatt tárolt próbakockák nyomószilárdságának hányadosa, és  $0,94 = R_{m200} / R_{m150}$ , azaz  $0,94$  az ugyanolyan utókezelésű  $200\text{ mm}$  és  $150\text{ mm}$  méretű próbakockák nyomószilárdságának hányadosa.

**1.2.** Vagy a következő átszámítási táblázat alapján felvesszük a megtervezendő beton MSZ 4719:1982 szabvány szerinti, vegyesen tárolt,  $200\text{ mm}$  méretű próbakockán értelmezett, 28 napos nyomószilárdságának névleges  $R_{m200,nom}$  átlag értékét:

$$R_k = R_{k15, \text{nom}} = f_{ck, \text{cyl}} / f_{ck, \text{cube}} \rightarrow R_{m200, \text{nom}} \quad (1.2)$$

A beton nyomószilárdsági osztálya víz alatti tárolás esetén az MSZ EN 206-1:2001 szerint $C f_{ck, \text{cyl}} / f_{ck, \text{cube}}$	A beton - a nyomószilárdsági osztálynak megfelelő, - átlagos nyomószilárdságának 200 mm méretű próbakockán értelmezett névleges tervezési értéke a Bolomey-Palotás-féle tervezési módszer esetén $R_{m200, \text{nom}}$ N/mm <sup>2</sup>
(C 4/5, nem szabványos)	(8)
C8/10	14
C12/15	20
C16/20	26
C20/25	32
C25/30	38
C30/37	46 <b>47*</b>
C35/45	55 <b>57*</b>
C40/50	61 <b>64*</b>
<b>Megjegyzés:</b>	<b>Az MSZ 4798-1:2004 szabvány NAD N2. táblázatának tárgyalása során a pirossal írt értékeket fogadták el.</b>

[\(A táblázat értékeinek magyarázata a “A normál és nehéz betonok nyomószilárdsági osztályai, küszöb és átlag értékei” című dolgozatban található.\)](#)

Eszerint a tervezett beton akkor fogja az MSZ EN 206-1:2001 szabvány szerinti  $C f_{ck, \text{cyl}} / f_{ck, \text{cube}}$  nyomószilárdsági osztályt elérni, ha összetételének tervezése során a víz-cementtényezőt úgy számítjuk ki, hogy a Bolomey-Palotás-féle  $x=f(R_{m200})$  összefüggésbe az  $R_{m200}$  helyébe vagy az (1.1) szerint kiszámított, vagy az (1.2) alatti táblázatból vett  $R_{m200, \text{nom}}$  értéket helyettesítjük.

Az  $R_{m200, \text{nom}}$  értékek homokos kavics adalékanyag esetére vonatkoznak, de elfogadhatók az MSZ 18291:1978 szerinti “A”, illetve az ÚT 2-3.601:1998 szerinti “AA” (újabbán az ÚT 2-3.601:2005 szerint „A”) kőzetfizikai csoportú zúzottkövek esetén is. Ha azonban a zúzottkő kisebb szilárdságú (amit a nagyobb aprózódási veszteség fejez ki), akkor a kőzetfizikai csoport függvényében a tervezési szilárdságot meg kell növelni:

$$R_{m200, \text{nom}}' = \zeta * R_{m200, \text{nom}} \quad (1.3)$$

A nyomószilárdság tervezési értékének  $\zeta$  szorzóját az  $f_{ck, \text{cube}}$  küszöbérték függvényében a “D” illetve “DD” közetfizikai csoportú zúzottkővek esetére írtuk fel függvény alakban:

$$\zeta = 1,7343 - 0,1477 * \ln(f_{ck, \text{cube}}) \quad (1.4)$$

Magyarázat: A  $\zeta$  regressziós függvény elfogadható közelítéssel az egymást követő nyomószilárdsági osztályok  $f_{ck, \text{cube}}$  minősítési értékei hányadosaira (például:  $45/37=1,22$ ;  $37/30=1,23$ ;  $30/25=1,20$ ;  $25/20=1,25$ ;  $20/15=1,33$ ) illeszkedik, tehát “D” vagy “DD” közetfizikai csoportú zúzottkő adalékanyag esetén a ténylegesnél eggyel nagyobb nyomószilárdsági osztályra tervezünk.

A “B” illetve “BB”, valamint a “C” illetve “CC” közetfizikai csoportokhoz tartozó  $\zeta$  szorzókat az “A” illetve “AA” és a “D” illetve “DD” közetfizikai csoportok  $\zeta$  értékei közé való lineáris interpolálással határoztuk meg:

A beton nyomószilárdsági osztálya víz alatti tárolás esetén az MSZ EN 206-1:2001 szerint $C f_{ck,cyl}/f_{ck,cube}$	Az átlagos, 28 napos nyomószilárdság névleges, $R_{m200, nom}$ tervezési értékének kiszámításához alkalmazott $\zeta$ szorzó, a zúzottkő adalékanyag MSZ 18291:1978 és ÚT 2-3.601:1998 szerinti mértékadó közetfizikai csoportja függvényében							
	"A" ill. "AA"		"B" ill. "BB"		"C" ill. "CC"		"D" ill. "DD"	
(C4/5)	1,00	•	1,17	•	1,33	•	1,50	•
C8/10	1,00	•	1,13	•	1,26	•	1,39	•
C12/15	1,00	•	1,11	•	1,22	•	1,33	•••
C16/20	1,00	•	1,10	•	1,19	•	1,29	•••
C20/25	1,00	•	1,09	•	1,17	•••	1,26	••••
C25/30	1,00	•	1,08	•	1,15	•••	1,23	••••
C30/37	1,00	•	1,07	•••	1,13	••••	1,20	×
C35/45	1,00	•	1,06	•••	1,11	••••	1,17	×
C40/50	1,00	•	1,05	••	1,10	×	1,16	×
C45/55	1,00	•	1,05	••	1,09	×	1,14	×
C50/60	1,00	•	1,04	••	1,09	×	1,13	×
C55/67	1,00	•	1,04	••	1,08	×	1,11	×

**Megjegyzés:** A közetfizikai csoportok két betűvel („AA”, „BB”, „CC”, „DD”) való jelölése 2005. év végén megszűnt, és az új jelölés 2006. január 1. óta egy betűvel („A”, „B”, „C”, „D”) történik.

A táblázatban a zúzottkő alkalmazására ajánlás is található [Kausay Tibor: A zúzottkő betonok és a különleges betonok tulajdonságai. II. rész. Szabványosítás. 1983. 8. szám. 236-240 p.].

Jelmagyarázat:

- Korlátozás nélkül alkalmazható.
- Alkalmazása mennyiségétől függetlenül akkor ajánlott, ha a zúzottkő karbonátos.

•• Alkalmazása mennyiségétől függetlenül akkor ajánlott, ha a zúzottkő karbonátos, vagy akkor, ha nem karbonátos, de részaránya az adalékanyagban  $\leq 30$  tömeg%.

••• Alkalmazása akkor ajánlott, ha a zúzottkő karbonátos, és részaránya az adalékanyagban  $\leq 30$  tömeg%.

× Alkalmazása nem ajánlott.

Például, ha a C25/30 nyomószilárdsági osztályú beton zúzottkő adalékanyaga “B” közetfizikai csoportú, akkor ahhoz, hogy a beton próbatestek elérjék az  $R_{m\Phi} = 33,3$  N/mm<sup>2</sup>, illetve az  $R_{m150} = 40,0$  N/mm<sup>2</sup>, vagy az  $R_{m200} = 37,3$  N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdsági átlag értéket, a zúzottkőbetont  $R_{m200, nom}' = \zeta * R_{m200, nom} = 1,08 * 38 = 41,0$  N/mm<sup>2</sup> névleges, átlagos nyomószilárdságra kell tervezni. (A számértékek tekintetében lásd a [“A normál és nehéz betonok nyomószilárdsági osztályai, küszöb és átlag értékei”](#) című dolgozat táblázatát.)

2. A megtervezendő beton  $x$  víz-cementtényezőjét a 200 mm méretű próbakockán értelmezett, (1.3) alatti névleges tervezési  $R_{m200, nom}'$  átlagos nyomószilárdságból számítjuk ki:

$$x = \frac{1}{\frac{R_{m200, nom}'}{A} + 0,3} \quad (2)$$

ahol “A” a cement minőségének függvénye:

Cementminőség		A
MSZ EN 197-1:2000	MSZ 4702-2:1974	
CEM 52,5	C 550	27,5
CEM 42,5	C 450	22,0
CEM 32,5	C 350	17,0
	C 250	12,5

3. Következő lépés az  $x_0$  redukált víz-cementtényező kiszámítása:

$$x_0 = \frac{x}{h * h_0 * h_1} \quad (3)$$

ahol a  $h$ ,  $h_0$ ,  $h_1$  osztók értéke a konzisztencia, a cement minősége és az adalékanyag legnagyobb szemnagysága függvényében a következő:

Konzisztencia	$h$	Cement-minőség	$h_0$	$d_{\max}$ [mm]	$h_1$
Alig földnedves	0,85	CEM 52,5	0,98	8	1,07
<b>Földnedves</b>	<b>1,00</b>	<b>CEM 42,5</b>	<b>1,00</b>	12	1,04
Kissé képlékeny	1,15	CEM 32,5	1,04	16	1,01
Képlékeny	1,25	C 250	1,07	<b>24</b>	<b>1,00</b>
Folyós	1,35			32	0,98
Önthető	1,45			63	0,96

4. Keressük meg a  $c$  cement mennyiség és a **zútottkő** adalékanyag  $m$  finomsági modulusa összetartozó értékeit a következő összefüggésből:

$$x_0 = 0,1 + \frac{25}{c} * (12 - m) \quad (4)$$

A (4) összefüggést rendezzük annak megfelelően, hogy a feladatot melyik adat felvételével kívánjuk megoldani:

- Ha a  $c$  cement mennyiségből indulunk ki, és azt tekintjük független változónak, akkor:

$$m = 12 - (x_0 - 0,1) * \frac{c}{25} \quad (5)$$

- Ha a **zútottkő** adalékanyag  $m$  finomsági modulusából indulunk ki, és azt tekintjük független változónak, akkor:

$$c = \frac{25}{x_0 - 0,1} * (12 - m) \quad (6)$$

A  $c - m$  értékpár nem vehet fel tetszőleges értéket, mert kell, hogy a következő korlátozó feltételek is teljesüljenek:

$$m_0 = 2,66 * \lg d_{\max} + 2,2 + 0,0028 * c \quad (7)$$

$$\text{és} \quad 0,89 * m_0 \leq m \leq 1,07 * m_0 \quad (8)$$

Az összetartozó és megfelelő  $c - m$  értékpár próbálgatással található meg. Értéke akkor a legkedvezőbb, ha a  $c$  cement mennyiség minimális, illetve, ha az  $m$  finomsági modulus maximális nagyságú.

Ennek a (7) és (8) összefüggéseken kívül további korlátjai is vannak:

1. Egyrészt az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) európai szabvány és nemzeti alkalmazási dokumentum a szerkezet környezeti és különleges igénybevételi hatásainak függvényében megadja a tervezendő beton megengedett legnagyobb víz-cementtényezőjének értékét, az adagolandó cement mennyiség megkövetelt legkisebb értékét és a beton alkalmazandó legkisebb nyomószilárdsági osztályának jelét. [Ezeket a feltételeket összefoglaló dolgozatot erre a mondatra kattintva olvashatja el.](#)
2. Másrészt a tervezett adalékanyag szemmegoszlási görbéjének az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) európai szabvány és nemzeti alkalmazási dokumentum szerinti szemmegoszlási határgörbék között kell elhelyezkednie. Következésképpen az  $m$  finomsági modulusnak I. osztályú szemmegoszlás esetén az A és a B határgörbék finomsági modulusa, II. osztályú szemmegoszlás esetén a B és a C határgörbék finomsági modulusa közé kell esnie. Ebben a tekintetben bizonyos könnyítést jelent az MSZ EN 12620:2002 beton-adalékanyag termék szabvány szemmegoszlási követelményeinek figyelembevétele. [A szemmegoszlási határgörbékét illetve határértékeket és a határgörbék finomsági modulusainak értékeit erre a mondatra kattintva tekintheti meg.](#)

**5.** Biztosan megfelelő, próbálgatás nélkül kiszámítható  $c_{\min}$  legkisebb,  $c_{\text{közepes}}$  közepes,  $c_{\max}$  legnagyobb  $c$  cement mennyiség nyerhető akkor, ha feltételezzük, hogy

$$m = 1,07 * m_0 \quad \text{vagy} \quad m = m_0 \quad \text{vagy} \quad m = 0,89 * m_0 \quad (9)$$

Ezeket a feltételeket rendre behelyettesítve az (5) összefüggés bal oldalába, egyidejűleg a jobb oldali  $c$  helyébe rendre  $c_{\min}$ -ot,  $c_{\text{közepes}}$ -t, illetve  $c_{\max}$ -ot írva,  $m_0$ -ra kapunk összefüggéseket. Ezen összefüggések jobb oldalát egyenlővé téve a (7) összefüggés jobb oldalával, azokból az  $m_0$  kijelhető. Ezután ezekből kifejezve a megfelelő  $c$  cement mennyiséget, rendre azt kapjuk, hogy:

$$c_{\min} = \frac{241,151 - 71,155 * \lg d_{\max}}{x_0 - 0,0255} \quad (10.1)$$

$$c_{\text{közepes}} = \frac{245,0 - 66,5 * \lg d_{\max}}{x_0 - 0,03} \quad (10.2)$$

$$c_{\max} = \frac{251,05 - 59,185 * \lg d'_{\max}}{x_0 - 0,0377} \quad (10.3)$$

A (10.1), (10.2), (10.3) összefüggések jobb oldalán csak ismert mennyiségek állnak, ezért azok bármelyikéből az éppen keresett **c** cement mennyiség minden nehézség, próbálgatás nélkül kiszámítható.

**6.** Ezután kiszámítjuk a (10) összefüggések valamelyikének segítségével meghatározott **c** cement mennyiséghez tartozó **m** finomsági modulus értékét az (5) összefüggés felhasználásával.

A betontervezés célja általában a megengedett legkisebb cement mennyiség, azaz a **c<sub>min</sub>** kiszámítása, amelyhez tartozó finomsági modulus a megengedett legnagyobb, azaz az **m<sub>max</sub>** érték lesz.

**7.** A kapott **c<sub>min</sub> - m<sub>max</sub>** értékpár a betontervezés végeredménye, ha a **c** cement mennyiség nem kevesebb, mint a 4. pont szerint megkövetelt legkisebb cementtartalom, és a **zúzottkő** adalékanyag **m** finomsági modulusa a megfelelő két szemeloszlási határgörbének az ugyancsak a 4. pontban megadott finomsági modulusai közé esik.

Ezeknek az ellenőrzéseknek az elmulasztása hibákra vezethet.

**8.** A betontervezés végeztével kiszámítjuk a betonkeverék összetételét, és próbakeverést végezve, a frissbetont és a készített próbatesteket vizsgálva ellenőrizzük a betontervezés eredményeinek gyakorlati megfelelőségét.

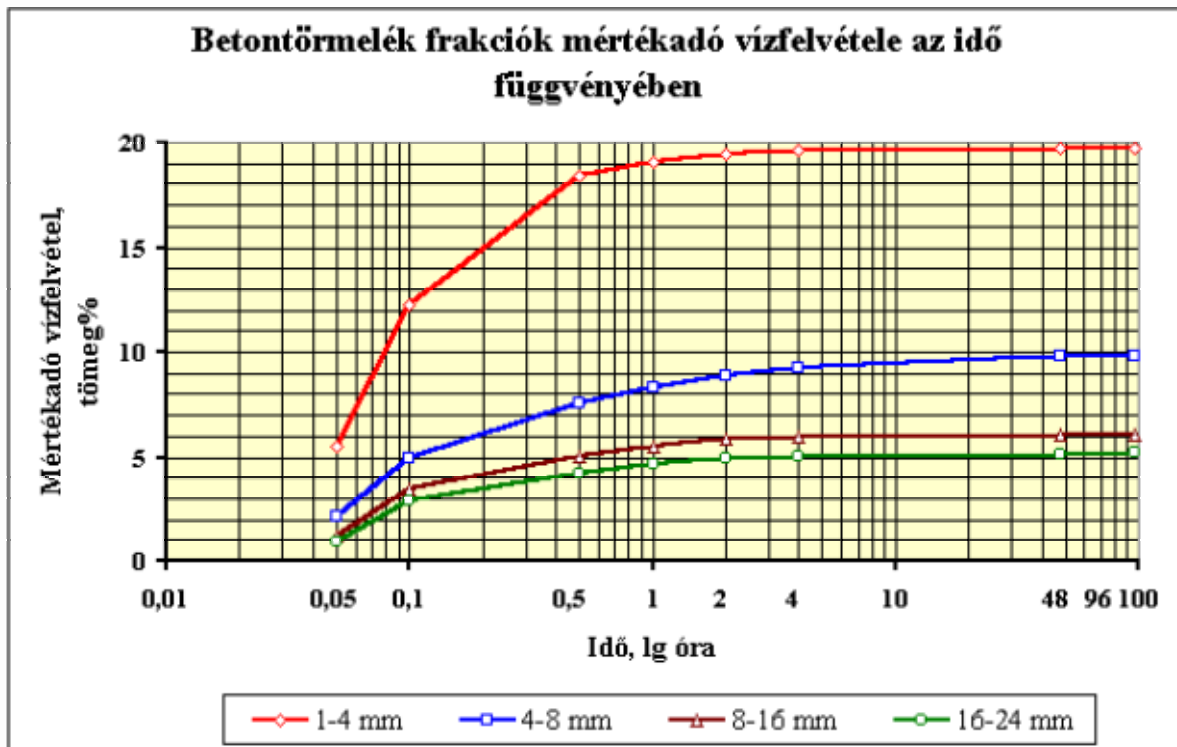
**9. Zúzottkőbeton (és zúzottbeton adalékadalékanyagú beton)** tervezéséről és készítéséről lévén szó, a frissbeton - például a zúzottkő szemalakja és érdekessége miatt - esetleg nehezen dolgozható be, ilyenkor a konzisztencia beállításához feltétlenül célszerű változatlan vízadagolás és víz-cementtényező mellett képlékenyítő vagy folyósító adalékszert használni.





**A zúzottbeton (újrahasznosításra kerülő, tört és osztályozott bontott beton, betontörmelék) adalékanyagú beton tervezésével kapcsolatos további megjegyzések**

- Az építmények bontásából származó tört, osztályozott adalékanyag - főképpen a betontörmelék, - önszilárdságának változatossága, szemalakja, felületi érdessége, vízfelvétele folytán sokkal jobban hasonlít a zúzottkőhöz, mint a kavicshoz, illetve homokos kavicshoz. Minthogy általában a betontervezésre, illetve kifejezetten az újrahasznosított adalékanyaggal készülő betonok tervezésére kidolgozott nemzeti vagy európai szabvány nincs, és erre vonatkozó korábbi módszer sem ismeretes, ezért a zúzottbeton (betontörmelék) adalékanyagú betonok tervezését lényegében a Bolomey-Palotás-féle betontervezési képletek alkalmazásával, a zúzottkőbetonok tervezési módszere szerint ajánlott elvégezni.
- A zúzottbeton adalékanyag vízfelvétele jelentős lehet, ezért az ilyen adalékanyagú beton vízadagolását (még a képlékenyítő vagy folyósító adalékszer bekeverése előtt) a rövid idejű mértékadó vízfelvétel értékével tanácsos megnövelni. Ilyen esetben a vízadagolás a víz-cementtényező és a cementtartalom szorzatából adódó érték (alap keverővíz) és a mértékadó rövid idejű vízfelvételből számított érték (többlet keverővíz) összege.
- Rövid idejű mértékadó vízfelvétel a mértékadó vízfelvételnek az a része, amely a víznek a mértékadó víztartalmú adalékanyaghoz való hozzáadásától a beton bedolgozásáig tartó időre esik. Értékét első közelítésben az 5 vagy 10 perces rövid idejű mértékadó vízfelvételből határozhatjuk meg.
- Mértékadó vízfelvétel a kiszáritott állapotú adalékanyag vízfelvételének és mértékadó víztartalmának különbsége. Kísérleteink szerint a zúzottbeton (betontörmelék) adalékanyag frakciók mértékadó vízfelvétele például a következő:



- Mértékadó víztartalom az adalékanyag víztartalma a betonba való keverést közvetlenül megelőző időben.
- Az Épületfenntartási K+F Alapítvány, illetve a Kiss és Társa Budafoki Építőipari és Szolgáltató Kft megbízásából 2001 és 2003 között foglalkoztunk az építési törmelékek beton-adalékanyagként való hasznosításának feltételeivel. A kísérleti gyártáshoz alkalmazott betont a fentiek alapján terveztük. [E munka tapasztalatairól külön web-oldalon számolunk be.](#) Ezek a tapasztalatok beépültek a *fib* (Nemzetközi Betonszövetség) Magyar Tagozata által kiadott [„Betonekésztés bontási, építési és építőanyag-gyártási hulladék újrahasonosításával”](#) című, BV-MI 01:2005 (H) jelű Beton- és Vasbetonépítési Műszaki Irányelvbe.



Készült: Budapesten, 2001. december 8-án, majd az MSZ EN 206-1:2002 NAD (2004) szabványhoz (MSZ 4798-1:2004) illesztettük 2003. március 29-én.

**Vissza a**

**Noteszlapok abc-ben**



**Noteszlapok tematikusan**



**tartalomjegyzékhez**