

Betontechnológia fogalma, betontechnológia hatása a szerkezetek minőségére

Dr. NEHME Salem Georges
egyetemi docens, laborvezető

Név:	Betontechnológia I.	Neptun kód:	BMEEMEMA-K1
Előadó(k):	Dr. Salem Georges NEHME - Dr. Simon Tamás		
Tárgyprogram heti bontásban:			
hét	oktatott tananyag		ZH / ED / HF
1.	Betontechnológia fogalma, betontechnológia hatása a szerkezetek minőségére		
2.	Cement fajták, cementek alkalmazása a betonokban és hatása a beton tulajdonságaira		
3.	Adalékanyagok fajtái. Adalékanyagok alakja és aránya a betonban. Szemeloslási görbe.		
4.	Adalékszer fajtái. Adalékszer hatása a beton tulajdonságaira.		
5.	Frissbeton tulajdonságainak hatása a megszilárdult beton tulajdonságaira. Frissbeton bedolgozása (rétegvastagság, szakaszosság) bedolgozási módszerek (tömörítő eszközök, simító eszközök), munkahézag kialakítása, dilatációk.		
6.	Szivattyúzható beton. Projektfeladat kiadása		HF
7.	Repedésmentes beton, repedésmentesség hatása a vízzáróságra. Hogyan lehet készíteni repedésmentes betont.		
8.	Fagyálló betonok, légbuborékképző adalékszer hatása a beton fagyállóságára.		
9.	Sugárvédő betonok betontechnológiai kérdései.		
10.	Térburkolat technológia. Útbetonok (CP, CKT)		
11.	Önmagukban szigetelő rendszerek a mélyépítésben. Fehérkád technológia.		
12.	Cölöpök és résfalak betonja. HF beadása		
13.	Utókezelés és az utókezelés hatása a megszilárdult beton tulajdonságaira.		
14.	Betonüzem működése.		
pót	(--)		
Pótlás(ok):	A házi feladat pótlása		
A/F követelménye:	HF sikeres beadása, és minimum 70%-os órai jelenlét.		
Vizsga:	írásbeli és szóbeli (sikeres írásbeli után), a szóbelin minimumkérdésekkel		
Jegykialakítás módja:	30% HF eredmények, 70 % írásbeli és szóbeli vizsga.		

Bevezetés

Beton

Kötőanyagból, durva és finom adalékanyagból, valamint vízből készített anyag, amely adalékszereket és kiegészítő anyagokat tartalmaz vagy nem tartalmaz, s amelynek tulajdonságai a cement hidratációja révén - *a betonösszetételtől, a bedolgozástól és az utókezeléstől függően* - fejlődnek ki.

Mi a beton?

Cementből, adalékanyagból (durva és finom), valamint vízből álló összetett anyag, amely a cementpép (cement és víz) szilárdulása révén alakul ki.

A felsorolt alapanyagokon kívül a beton tartalmazhat még adalékszereket és/vagy kiegészítő anyagokat (finomrész tartalom kiegészítő anyag pl. mészkőliszt, cement helyettesítő vagy kiegészítő pl. metakaolin, szálak).

Technológia, betontechnológia

- Gyártási folyamat elméleti és gyakorlati részeinek összessége
- Betongyártása folyamán kialakuló módszer (ek) összegzése

Miért fontos a betontechnológia

- Speciális feladatok és igények megoldása
- Időjárási körülmények figyelembe vétele
- Környezeti hatások figyelembe vétele
- Tervek ellenőrzése
- Betonösszetétel meghatározása
- Bedolgozási körülmények
- Utókezelési követelmények

Sűrű vasalás



2010



2013 Nemzeti Radioaktív hulladék-Tároló (NRHT), bátaapáti elhelyezési konténer, módosított minőségbiztosítási terve



Konténer fedele





TÁROLÓKONTÉNER ÉS TÉRKITÖLTŐ BETONJA



**JEGYZŐKÖNYV a Paksi Atomerőmű Rt.
folyékony radioaktív hulladékvízeinek kezelésére
szolgáló Cézium szorbens töltetek végleges
elhelyezéséhez készült konténer ejtő-próbájáról**



BARITMIX SUGÁRVÉDŐ



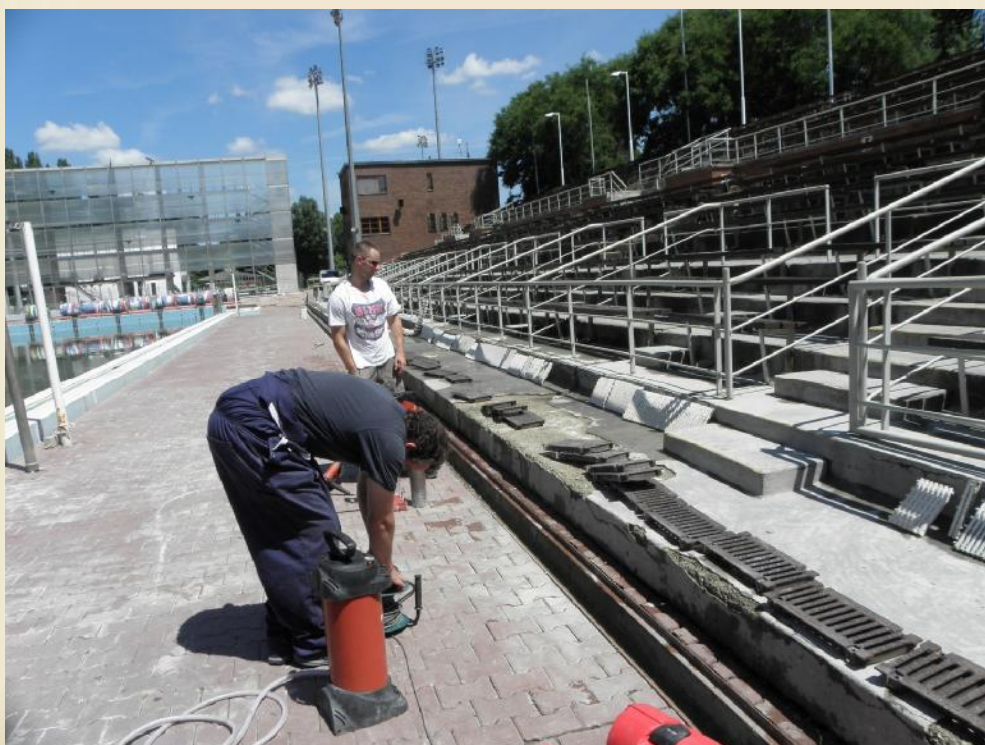
Szegedi Támfal



Százhalombatta, MOL

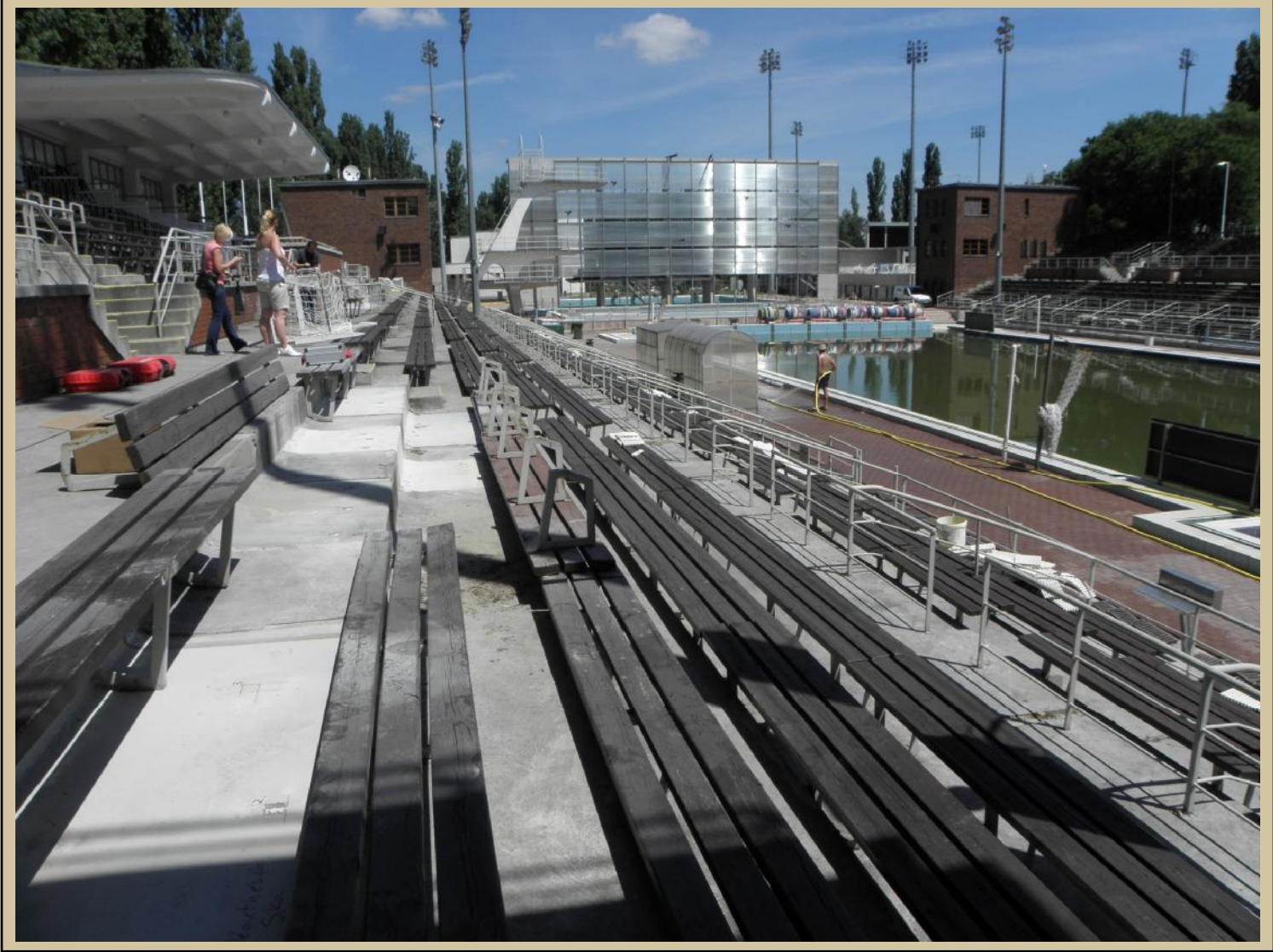


Hajós Alfréd Nemzeti Sportuszoda













Betontechnológia hatása a szerkezetek minőségére

- Nem lehet beszélni minőségre és tartósságra anélkül, hogy ne beszéljünk betontechnológiáról

Térbeton

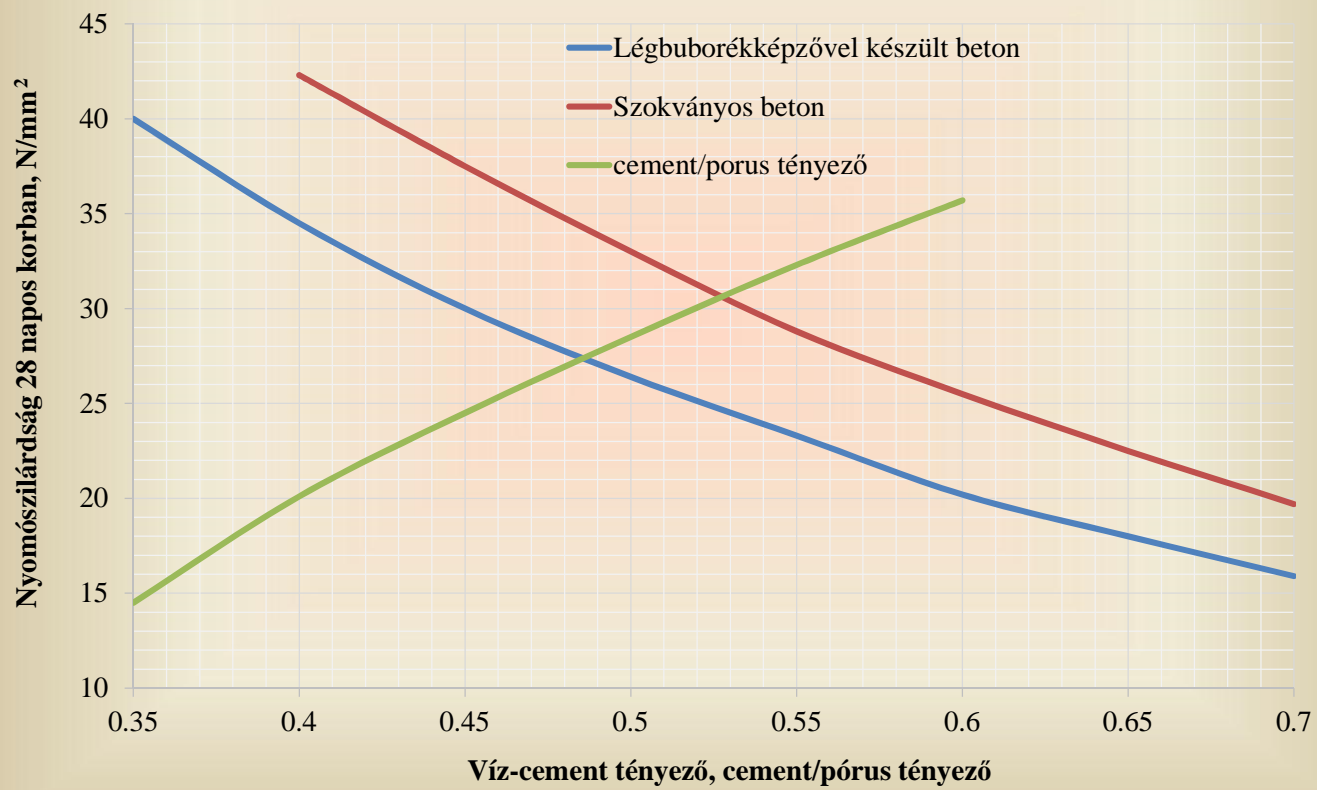




Betontechnológia

- Bedolgozás
- Tartósság
- Szilárdság
- Térfogatváltozás (zsugorodás, lassú alakváltozás)
- Testsűrűség
- Betonösszetétel
- Utókezelés

Összefüggések

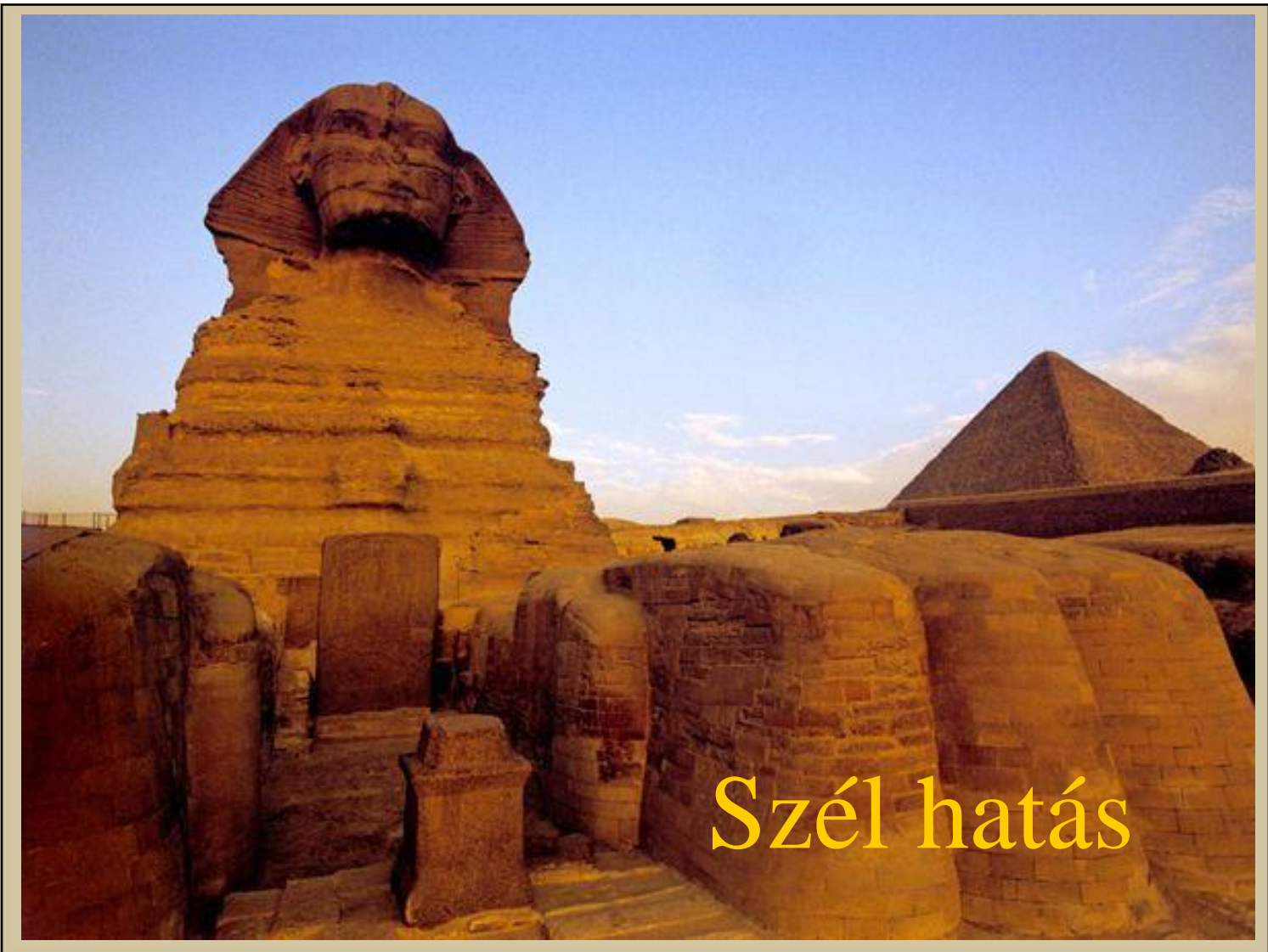


CONCRETE MANUAL

Betontechnológia 3 fontos elve

- Működjön
- Biztonságosan (hibamentes, balesetmentes)
- Gazdaságosan (optimálisan)

Mindig legyen visszacsatolás, hogyan működött









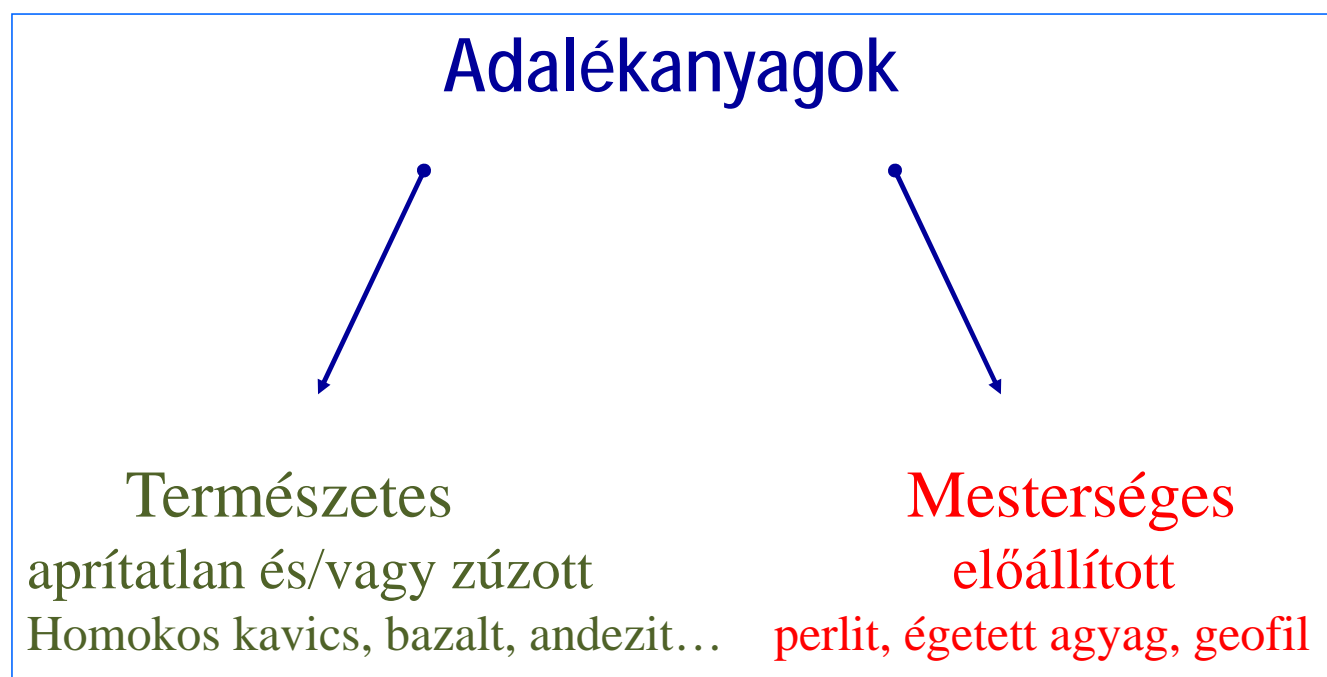
TDK témák

- Különleges betonok
 - Újrahasznosított
 - Öntömörödő
 - Nagy teljesítőképességű
 - Zsugorodás csökkentő adalékszerek
 - Esztrich betonok
 - Szálerősítésű betonok
 - nehézbetonok

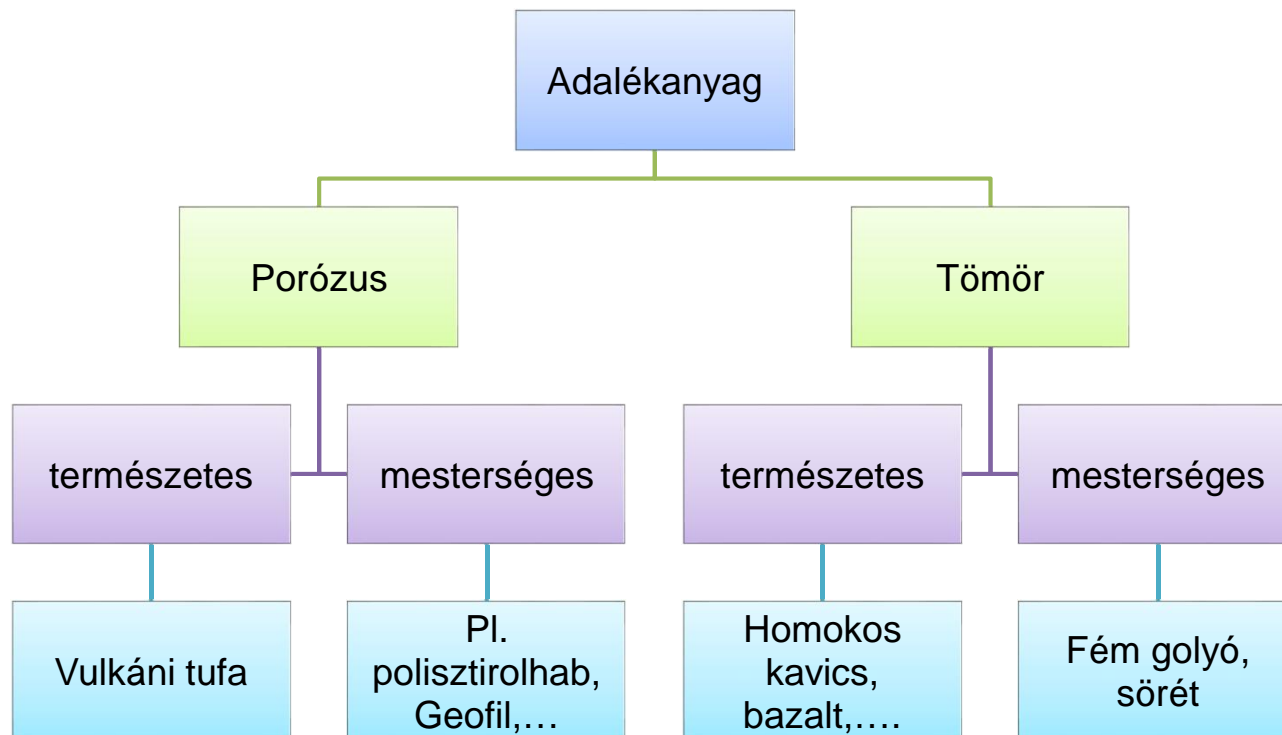
Adalékanyagok

Dr. Salem Georges NEHME
Építőanyagok és Magasépítés Tanszék
Egyetemi docens

Bevezetés



Csoportosítás



Technológia szempontból szokványos betonok esetén

- Homokos kavics
- Zúzott
- keverék

Rövidítések

- Homok (H): 0-4 mm
- Kavics (K): 4-125 mm
- Homokos kavics (HK): 0-125 mm
- Nyers osztályozatlan: N
- Természetes szemeloszlású: T (D_{max} -nál leválasztott, javító frakcióval jól alkalmazható)
- Előírt szemeloszlású: E (megadott)
- Osztályozott termék: O (belőlük az előírtat elő tudjuk állítani)

Szemnagyság szerinti csoportosítás

Megnevezés	Szemnagyság, mm	Természetes aprózódású adalékanyag			Zúzott adalékanyag		
Szennyezések előfordulása	< 0,002	Agyag					
	0,002-0,02	Iszap					
	0,02-0,063	Por	homok	Homokos kavics	Kőliszt	Zúzott homok	
Finom adalékanyag	0,063-0,125	Homok-liszt			Finom zúzott homok		
	0,125-1	Finom homok			Durva zúzott homok		
Durva adalékanyag	1-4	Durva homok	kavics	Homokos kavics	Apró zúzalék	zúzalék	Vegyes zúzalék
	4-8	Apró kavics			Durva zúzalék		
	8-16	Durva kavics			Apró zúzott kő	Zúzott kő	
	16-32				Durva zúzott kő		
		Nagy-szemű kavics					

Legnagyobb szemnagyság, D_{max}

- Legnagyobb szemnagyság D_{max} annak a szabványos szitának a lyukbőssége (mm), amelyen legfeljebb 5 m% marad fenn az adalékanyag vizsgálata során.
 - Legnagyobb szemnagyságra vonatkozó előírások:
 - ne legyen nagyobb a szerkezet legkisebb vastagságának harmadánál (vízzáró szerkezetnél negyedénél)
 - ne legyen nagyobb az acélbetétek közötti távolságnál

Közönséges adalékanyag

Kiszárított állapotában $> 2000 \text{ kg/m}^3$ és $< 3000 \text{ kg/m}^3$ szemtestsűrűségű adalékanyag

Könnyű adalékanyag

Ásványi eredetű adalékanyag, amelynek kiszárított állapotában a *MSZ EN 1097-6* szerint megállapított szemtestsűrűsége $< 2000 \text{ kg/m}^3$, vagy kiszárított állapotában az *MSZ EN 1097-3* szerint meghatározott laza halmazsűrűsége $< 1200 \text{ kg/m}^3$

- Gumi
- Polisztirol
- Liapor
- Perlit
- Duzzasztott üveg

Nehéz adalékanyag

Adalékanyag, amelynek kiszárított állapotában a *MSZ EN 1097-6* szerint megállapított szemtestsűrűsége $\geq 3000 \text{ kg/m}^3$.

- Acélsörét, vasreszelék, vassörét,
- Hematit
- Barit
- Magnetit

Adalékanyagok jellemzői

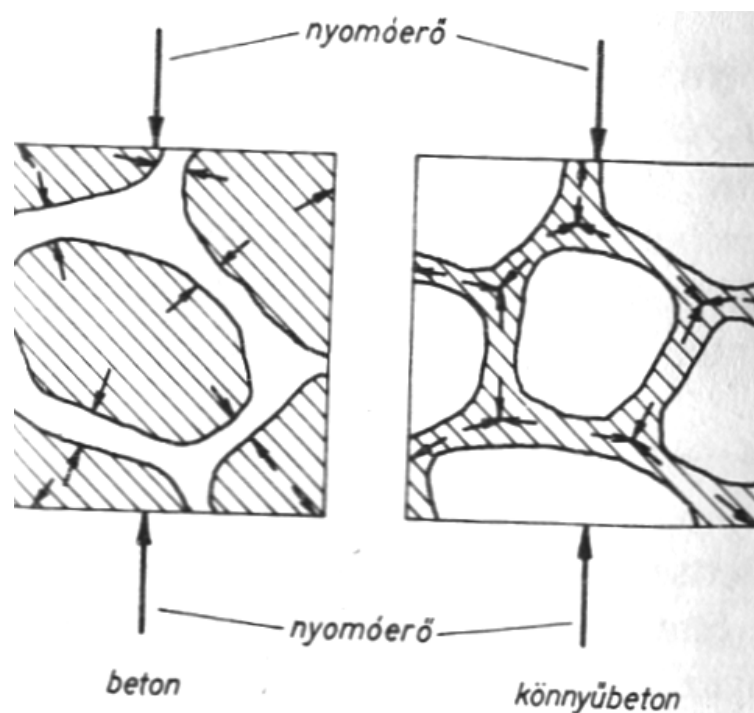
- Tisztaság (agyag, iszap tart.)
- Szemeloszlás, finomsági modulus
- Szilárdság
- Szemalak és felület
- Vízfelvétel, fagyállóság
- Pépszükséglet
- Térfogat és tömegjellemzők
- Szennyezettség (szerves, szervetlen)

Tisztaság



- A homok agyag és iszap tartalma,
- Rög nem lehet benne!
- Finomszemcsés anyag: ha nem duzzadó kis mennyiségben jól tesz a betonnak technológiai szempontból. (3-6-10 V% a homokra vonatkoztatva)
- Minőségi osztályok: P max. 3%, Q 3-6%, R 6-10%, S 10-20%
- Tisztaság jelei: TT, T, TO

Erőátadódás



Finomsági modulus, Szemeloszlás

A finomsági modulus az adalékanyag szemmegoszlásának jellemzője, amelyet a 0,063 mm nyílású szitával kezdve a „duplázódó” szitákon fennmaradt összes anyag tömegarányának (tömegszázalék/100), eltérő testsűrűségű adalékanyagok (pl. agyagkavics, homok, vassörét, stb.) esetén térfogatarányának (térfogatszázalék/100) összegeként kell kiszámítani (lásd az 5.1.3. szakaszt és az M mellékletet). Szokásos jele a betontechnológiában: m .

Folytonos és lépcsős szemmegoszlás

Finomsági modulus, m

- Finomsági modulus a görbe feletti terület mérőszámát adja meg.

$$m = \frac{\sum_{i=0,063}^{d_{\max}} b_i}{100}$$

m

– a finomsági modulus

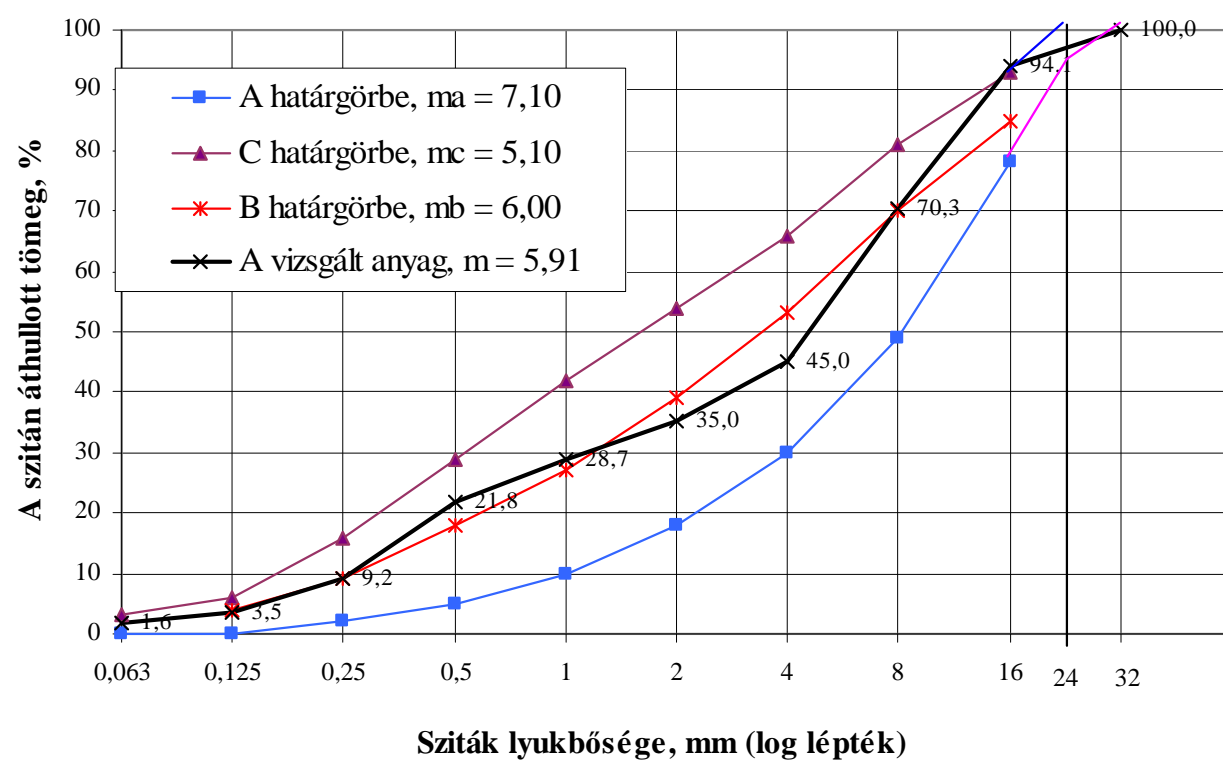
b_i

– a fennmaradt anyagmennyiség az egyes (i) szitákon [$m\%$]

SZEMMEGOSZLÁSI GÖRBE

Adalékanyag szemmegoszlási diagramja

$d_{\max}=24$ mm



SZEMMEGOSZLÁSI GÖRBE

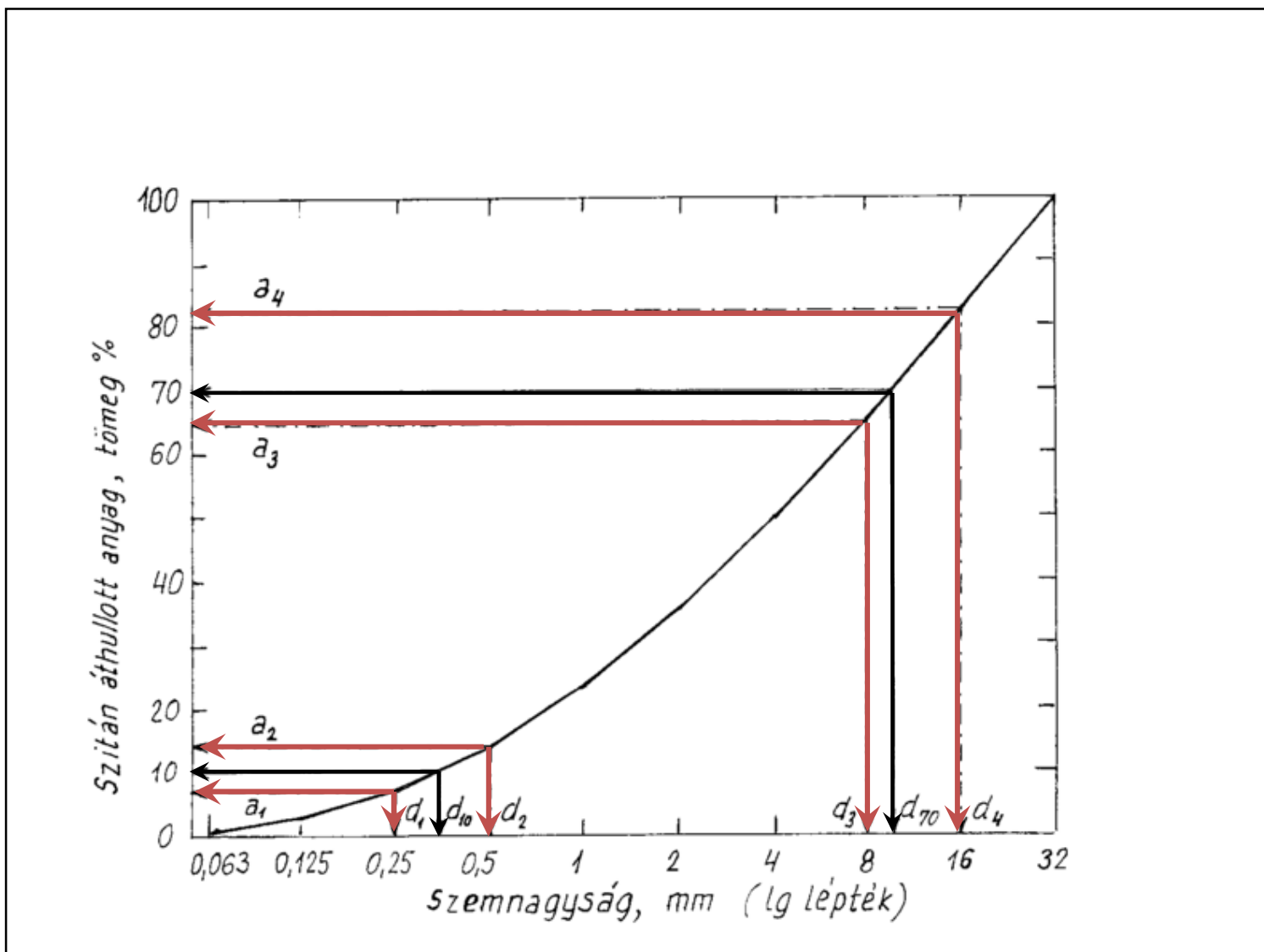
- A és B határgörbék közé eső szemmegoszlási diagrammú adalékanyag I. osztályú
- B és C határgörbék közé eső szemmegoszlási diagrammút II. osztályúnak nevezzük.
- Ezek a területek (I. és II.) alkalmasak betontechnológiai alkalmazásra.

Szabványok: - Homokos kavicshoz :MSZ 4798-1:2004
(MSZ EN 206 alapján)

- Kőzetekhez: MSZ 12620:2003

Egyenlőtlenlégi együttható

- *Az adalékanyag szemmegoszlásának egyenlőtlenlégi együtthatója, amelyet a szemmegoszlási görbe 70 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemnagyság (d_{70}) és a szemmegoszlási görbe 10 tömegszázalékos (térfogatszázalékos) ordináta értékéhez tartozó szemnagyság (d_{10}) hányadosaként kell kiszámítani. Jele: $U_{70/10}$*



Számítása:

$$U = d_{70} / d_{10}$$

A szemmagyság log. léptéke miatt:

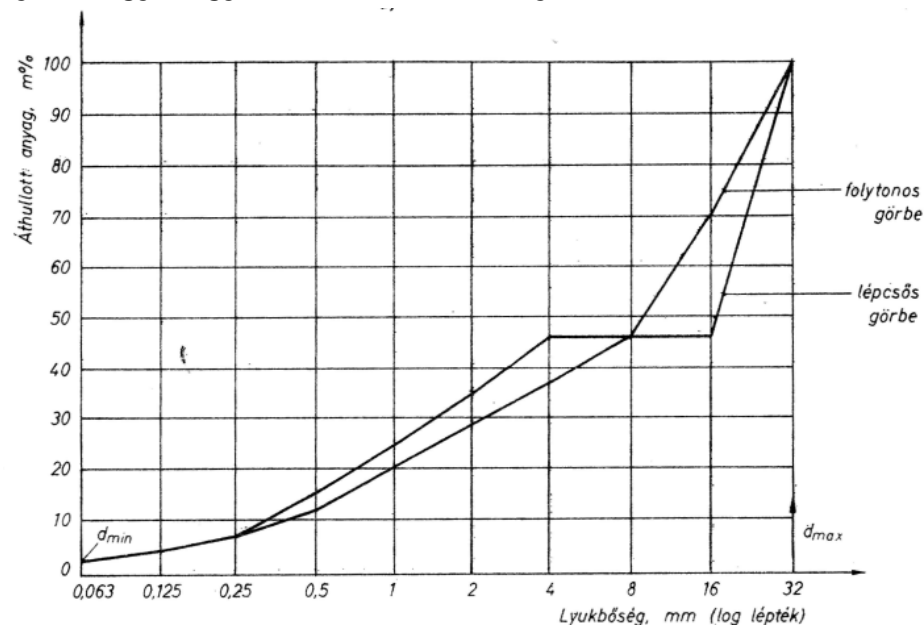
$$d_{70} = 10^a \quad \text{és} \quad d_{10} = 10^b$$

$$\text{a kitevők: } a = \frac{(70 - a_3) \times (\lg d_4 - \lg d_3)}{a_4 - a_3} + \lg d_3$$

$$\text{és } b = \frac{(10 - a_1) \times (\lg d_2 - \lg d_1)}{a_2 - a_1} + \lg d_1$$

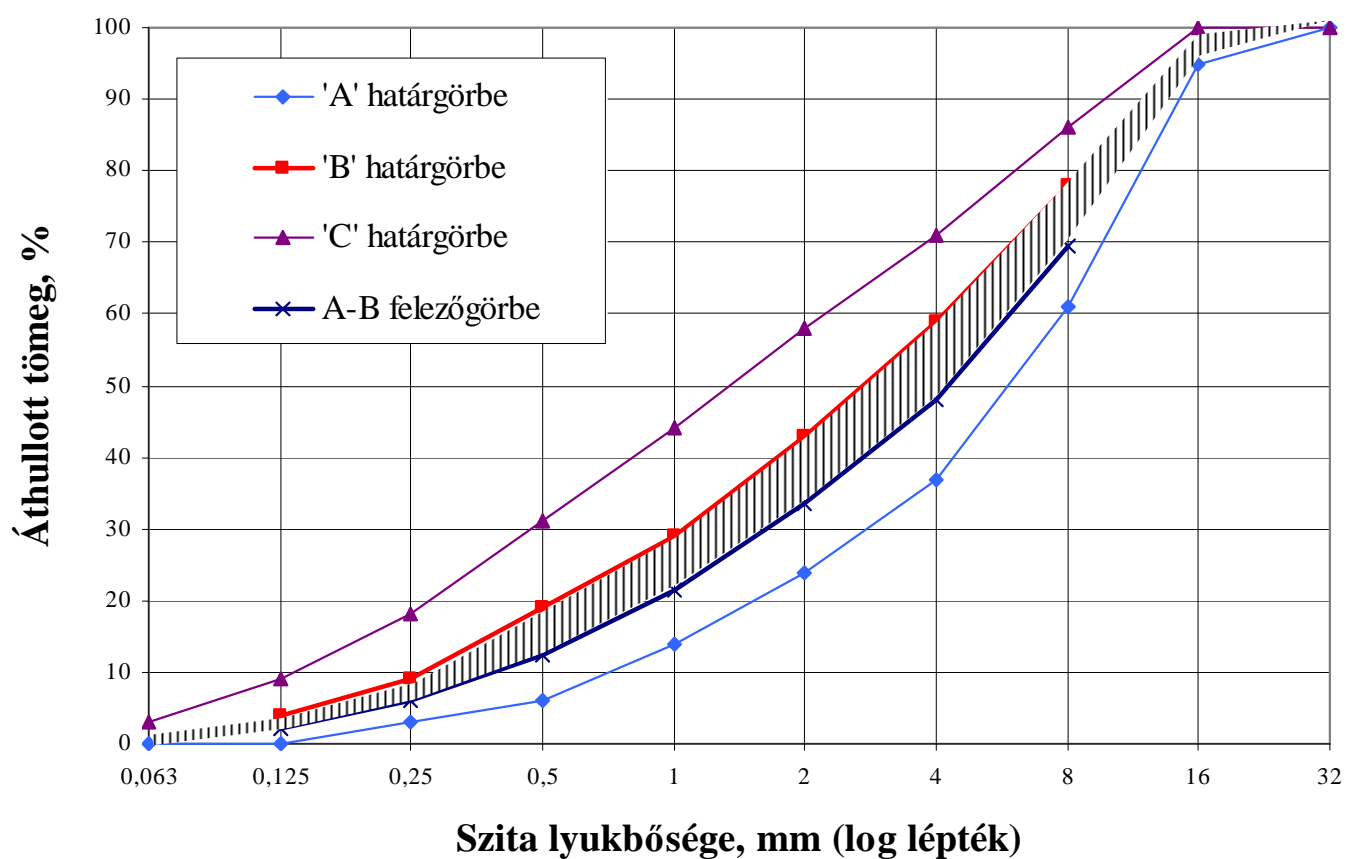
SZEMMEGOSZLÁSI GÖRBE

- Folyamatos szemmegoszlásúnak nevezzük az olyan adalékanyagot, amely a legnagyobb szemnagyságig minden szemnagyságot tartalmaz.
- Lépcsős szemmegoszlásúnak nevezzük az olyan adalékanyagot, amelyből egy vagy több frakció hiányzik.



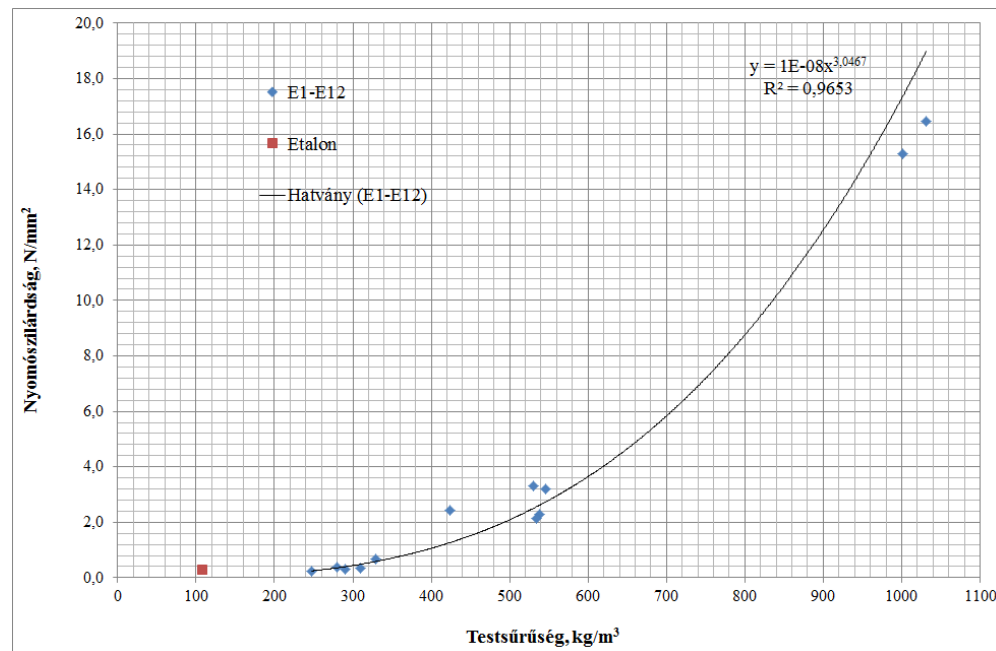
Szivattyúzható szemmegoszlási görbe

0-16 szemmegoszlás határgörbéi



Adalékanyagok szilárdsága, repedezettsége

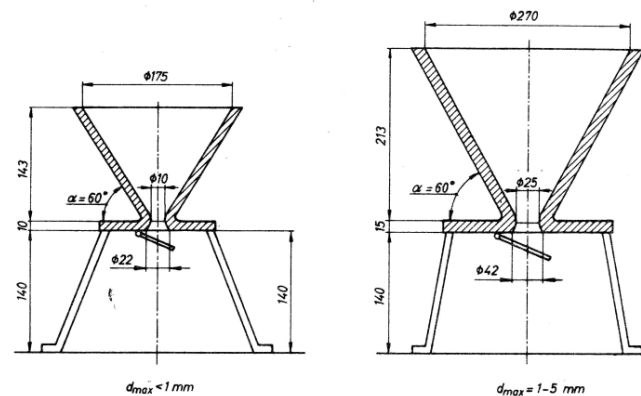
Nagy szilárdságú betonok: D_{\max} csökkenteni kell
Könnyű betonok



Szemalak és felület

- *hajlító-húzó szilárdság* szempontjából jobb a zúzott adalékanyag, növelhető mészkő adagolással, bazaltbeton: több pép → hajlító-húzó szilárdság emelkedhet
- *kopásállóság* szempontjából jobb a zúzott adalékanyag (kevésbé pörög ki, bár a kvarcnak jobb a kopásállósága)
- tiszta felületen jobb a cementkő *tapadás*, ha a felület nem sima jobban belekapaszkodik a cementmátrixba.

Szemalak vizsgálat, *kifolyási idő*



A kifolyási idő függ:

- szemcse alakja
- szemcse felületi érdessége

Vízfelvétel, fagyállóság

- homokos kavicsnak nincs vízfelvétele bazaltnak van
- ha van az adalékanyagnak vízfelvétele, akkor az belső utókezelési lehetőséget jelent, de kültéri szerkezeten nem ajánlott
- maximális vízfelvétel, ami felett már nem fagyálló a beton: 6%

Pépszükséglet

- Túltelített
- telített
- telítetlen

Hézagterfogat meghatározása

Telített beton előállítására kell törekedni, ha ez egyéb technológiai szempontból (vízzáróság, szivattyúzhatóság stb.) lehetséges!

- könnyebb tömöríteni
- kevésbé vagy nem töpped
- nagyobb szilárdság
- általában nagyobb testsűrűség
- kevesebb pép kisebb zsugorodás, kisebb repedésérzékenység
- nagyobb rugalmassági modulus, kisebb lehajlás.

Tömeg- és térfogat jellemzők

Sűrűség

- Homokos kavics 2,64 g/ml
- Mészkeő 2,70 g/ml
- Bazalt 2,80-2,85 g/ml
- Acél 7,80 g/ml

Könnyű adalékanyagnál testsűrűséggel számolunk.

Szennyezettség

Homokegyenértékkel vizsgáljuk.

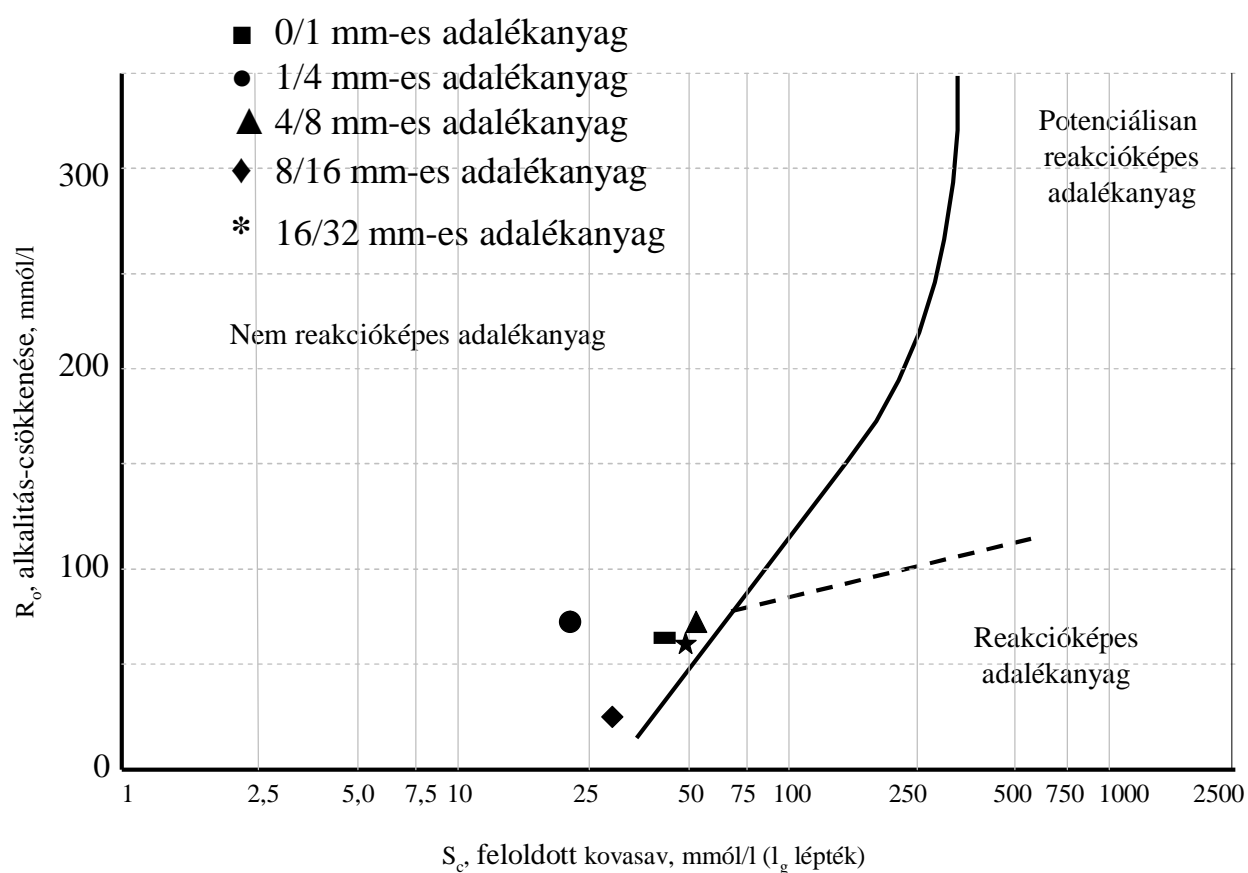
- Szerves (fa, fű, levél stb.)
- Szervetlen (kloridok, szulfátok stb.)

Alkáli reakció érzékenység

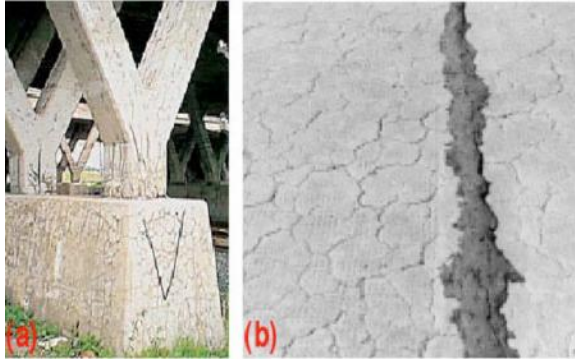
Alkáli→lúgos

- Ahhoz, hogy a beton pH-ja több legyen mint 9 és ezáltal a betonacél korrózióvédelmét biztosítsa a cementben van NaOH, MgOH, KOH, ami a magas pH-t biztosítja. Ezek az erős lúgok azonban az adalékanyag egyes ásványi anyagaival reakcióba lépve duzzadást okozhatnak, aminek következtében az adalékanyag elveszíti a szilárdságát. Ezáltal a beton szilárdsága is kis vagy jelentős mértékben csökkenhet.
- A folyamat a betonban lassú 15-20 év, amit a magas hőmérséklet (80 °C felett) felgyorsíthat.
- Magas üzemi hőmérséklet, és nagy teljesítőképességű betonok esetén ezt ellenőrizni kell!

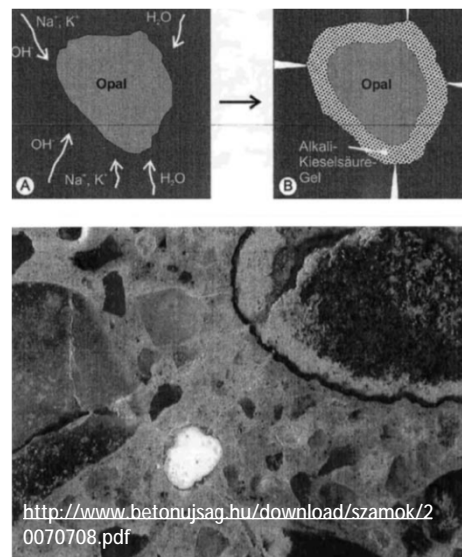
Alkáli reakció érzékenység



Alkáli érzékenység



MSZ 4798-1
MSZ EN 12620
MSZ EN 13055-1
MSZ CR 1901



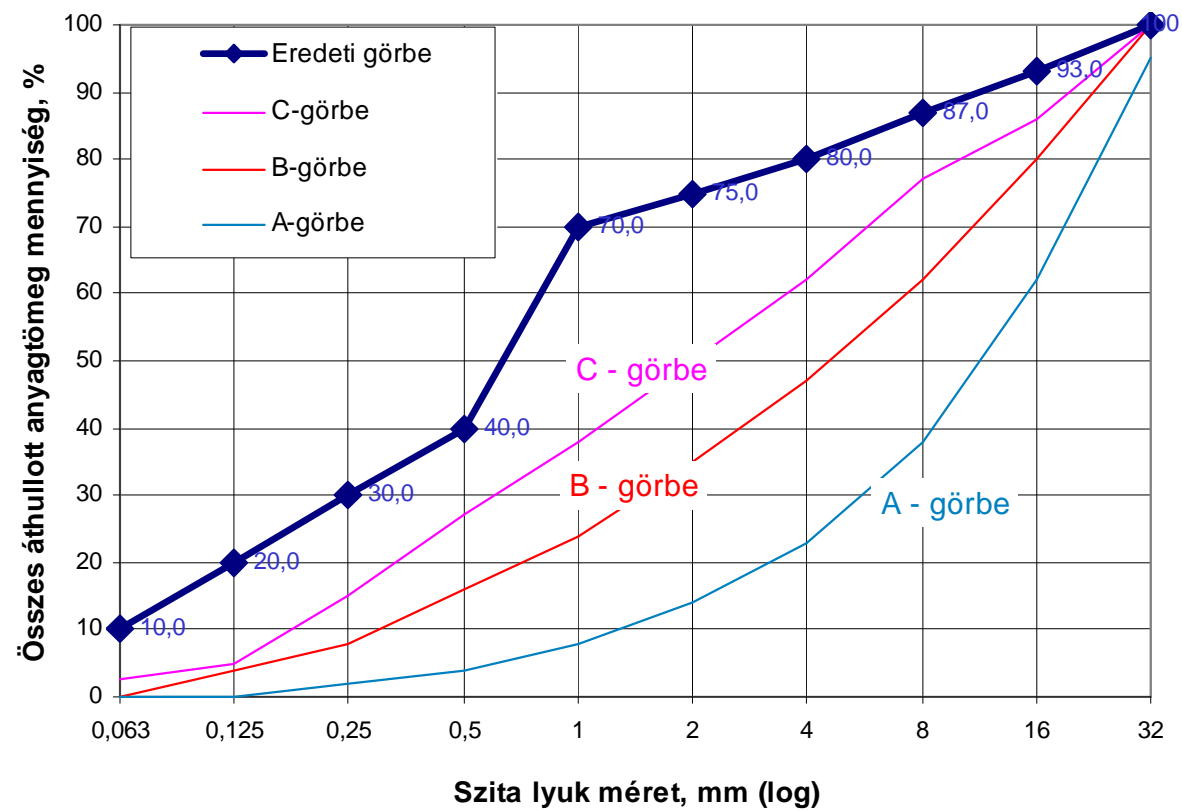
Az alkáli-kovavas reakció okozta betonkorrózió

- Bár hazánkban nem annyira jellemző, de előfordulásával idehaza is számolni kell.
- Az alkáli-kovavas reakció során amorf kovavas (SiO_2) és alkáli-hidroxid (NaOH , KOH) lépnek egymással reakcióba víz jelenlétében.
- Ez a kémiai folyamat a víz beépülésével térfogat növekedést idéz elő a betonban.
- Ezek a repedések finom eloszlású hálós repedések és a teljes szerkezeten áthaladnak.
- Az alkáli fémek kívülről is bekerülhetnek a beton struktúrájába, pl. sózással.
- A cementeket is vizsgáljuk alkáli tartalomra, ill. alkáli egyenérték tartalomra. A megengedett határérték 0,6 tömeg %. A beton adalékszerek alkálifém tartalmára is van korlátozás, max. a cement 2 tömeg %-a engedhető meg.

SZEMMEGOSZLÁSI GÖRBE JAVÍTÁSI FELADAT

Szita méret, mm	Fennmaradt anyag, [g]	Fennmaradt anyag, m%	Áthullott összes anyag m%	Fennmaradt összes anyag, m%	Határgörbék			Osztott frakció	Áthullott javított szemmegoszlási görbe
					C	B	A		
32	0	0	100	0	100,0	100,0	95,0	100,0	100,0
16	700	7,0	93,0	7,0	86,0	80,0	62,0	76,7	80,1
8	600	6,0	87,0	13,0	77,0	62,0	38,0	56,7	63,0
4	700	7,0	80,0	20,0	62,0	47,0	23,0	33,3	43,0
2	500	5,0	75,0	25,0	50,0	35,0	14,0	16,7	28,8
1	500	5,0	70,0	30,0	38,0	24,0	8,0	100,0	0,0
0,5	3000	30,0	40,0	60,0	27,0	16,0	4,0	57,1	8,3
0,25	1000	10,0	30,0	70,0	15,0	8,0	2,0	42,9	6,2
0,125	1000	10,0	20,0	80,0	5,0	4,0	0,0	28,6	4,1
0,063	1000	10,0	10,0	90,0	2,5	0,0	0,0	14,3	2,1
tálca	1000	10,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0		
Összesen	10000	100		3,95	100/70=1,42			100-((100-bi)×100/30)) Pl. 100-((100-75)×100/30)=16,7	

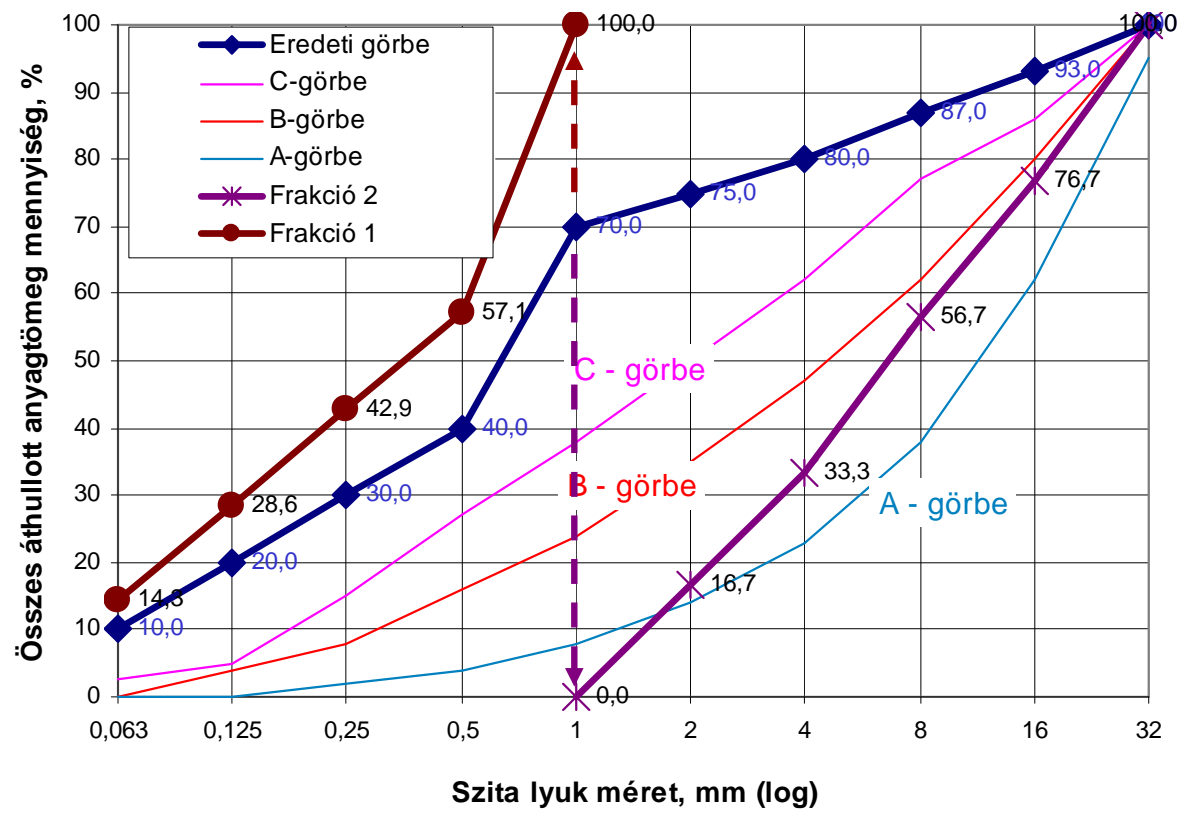
Javítási feladat, Példa



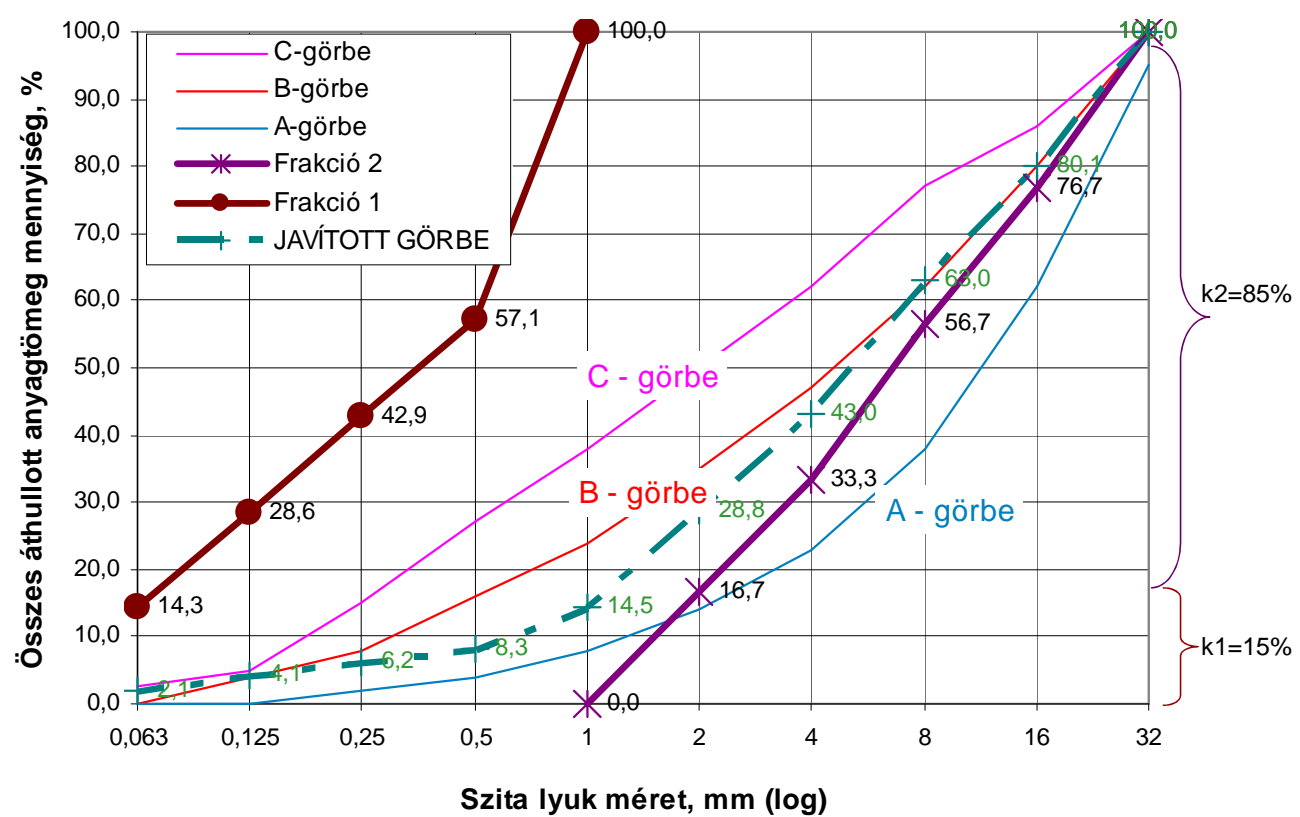
Példa

Osztott frakciók finomsági modulusa		m_A	7,45
$m_1 =$	2,57	m_B	6,30
$m_2 =$	7,17	m_C	5,35
Javított szemmegoszlási görbe számítása		d_{max}	32
$m_R = m_1 \cdot K1 + m_2 \cdot K2$		$K1 = 1 - K2$	
$K1 + K2 = 1$			
Tervezett finomsági mod.		$m_B < m_R < m_A$	
legyen		$m_R = 6,5$	
Frakciók aránya			
$K2 = 0,85$			
$K1 = 0,15$			

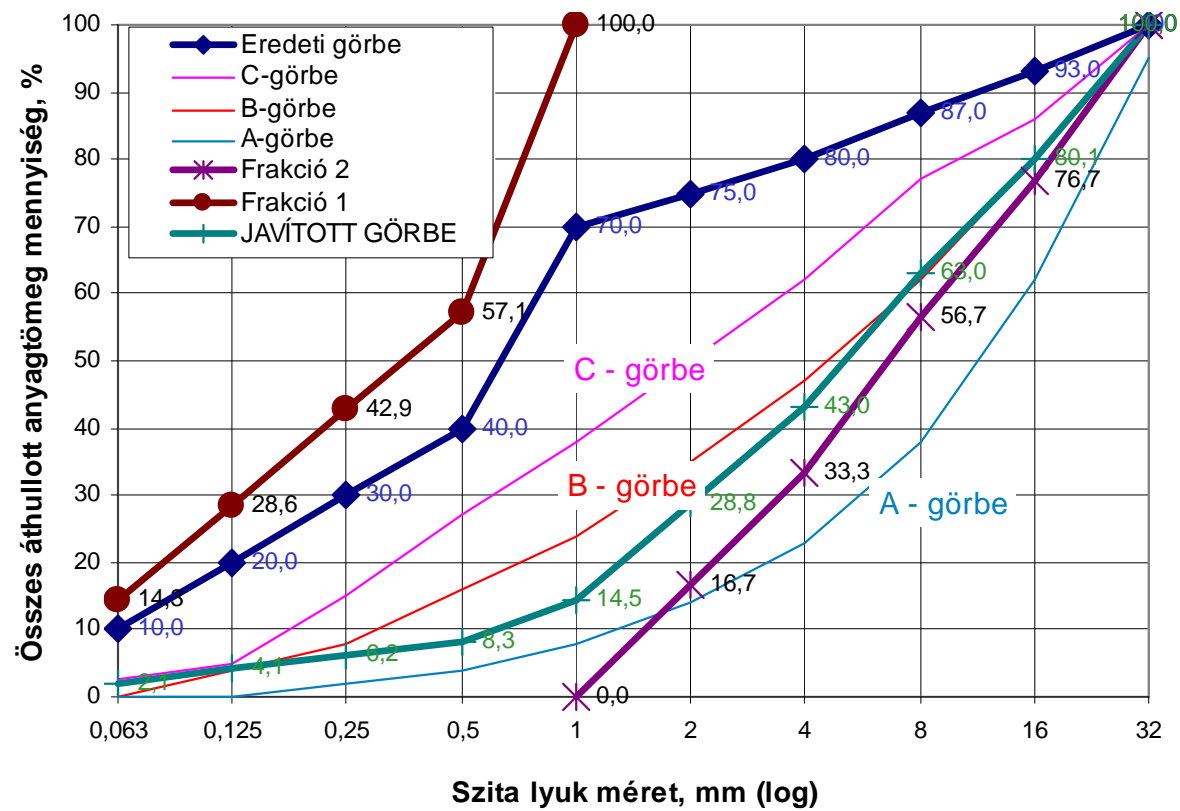
Javítási feladat, Példa



Javítási feladat, Példa



Javítási feladat, Példa



Tulajdonság	Vizsgálati szabvány	Homok	Kavics	Zúzottkő	Könnyű kőanyag
		Homokos kavics			
Testsűrűség	MSZ EN 1097-6			XX	XX
Halmazsűrűség	MSZ EN 1097-3				XX
Vízfelvétel	MSZ EN 1097-6	X		X	X
Szemmegoszlás	MSZ EN 933-1 MSZ 4798-1 MSZ 18288-5	XX	XX	XX	X
Szemalak, ha $d > 4$ mm	MSZ EN 933-3 MSZ EN 933-4			XX	XX
Szemalak, ha $D \leq 4$ mm	MSZ 18288 3. fejezet	X		X	X
Los Angeles aprózódás	MSZ EN 1097-2 MSZ 18278-1			XX	
Mikro-Deval aprózódás	MSZ EN 1097-1 MSZ 18278-6			XX	
Magnézium-szulfátos aprózódás	MSZ EN 1367-2 MSZ 18289-3			XX	
Halmaz-szilárdság	MSZ EN 13055-1 A melléklet				X
Fagyállóság	MSZ EN 13055-1 C melléklet				X
Agyag-izsap tartalom	MSZ 18288-2	XX			
Vízoldható kloridion tartalom	MSZ EN 1744-1 7. fejezet	XX	XX		
Vízoldható szulfátion tartalom	MSZ EN 1744-1 10. fejezet	XX	XX		
Szerves szennyeződés	MSZ EN 1744-1 15.1. szakasz	X	X	X	X
Pirit szennyeződés	MSZ EN 1744-1 14.1. szakasz	Y	Y	Y	
Alkáli szilikát reakció érzékenység	MSZ 4798-1 MSZ EN 12620 MSZ EN 13055-1 MSZ CR 1901	Y	Y		
Alkáli dolomit reakció érzékenység	MSZ 4798-1 MSZ EN 13055-1			Y	

Jelmagyarázat: d - névleges legkisebb szemmagyság
D - névleges legnagyobb szemmagyság
XX - termékminősítő vizsgálat, melyre van követelmény
X - általában elvégzendő vizsgálat, amelyre nincs követelmény érték
Y - gyanús esetben elvégzendő vizsgálat



Cementek

Dr. Salem Georges NEHME

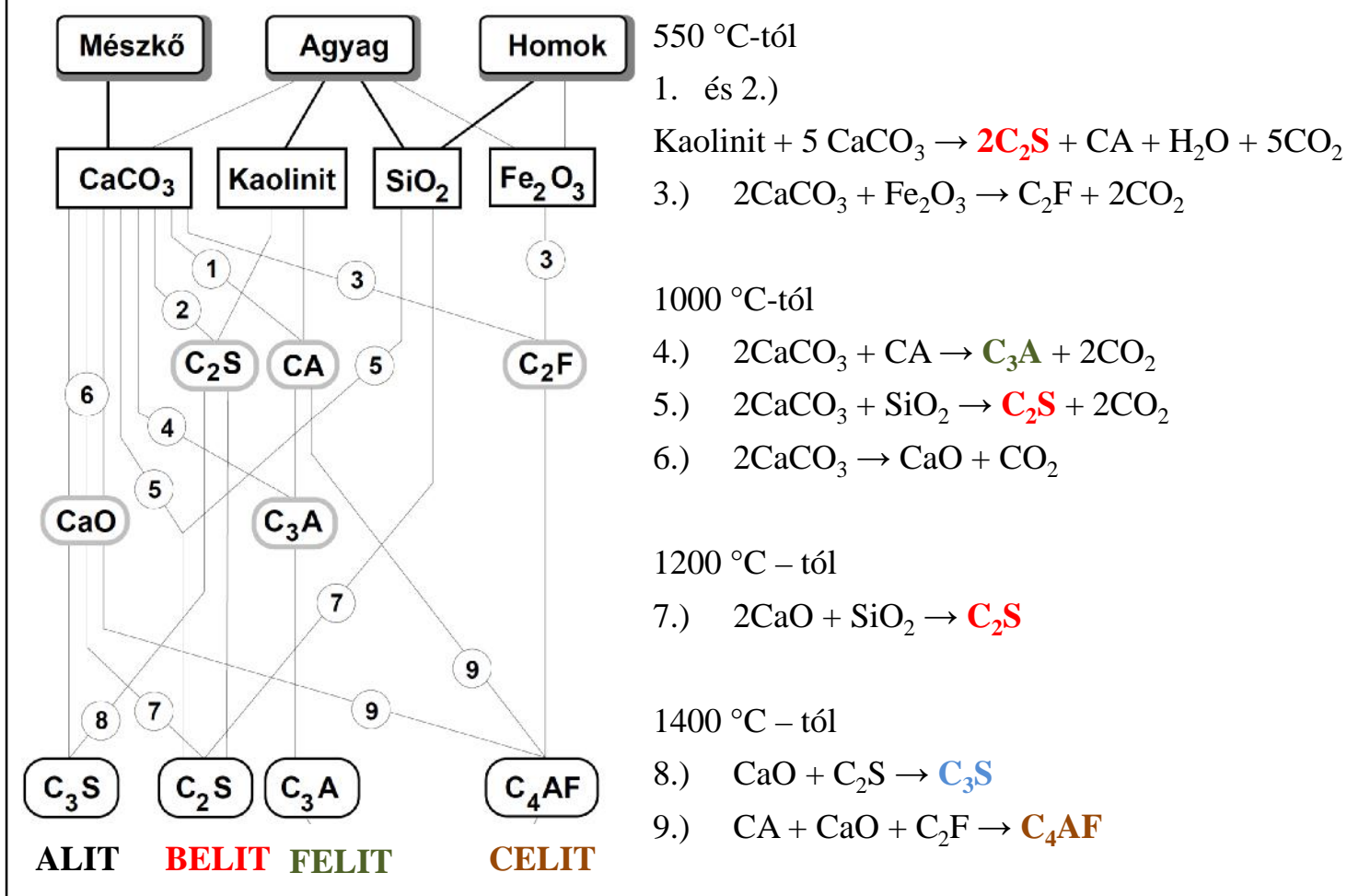
Rövidítések

- A portlandcement klinker ásványi összetételét elektronmikroszkóppal lehet megvizsgálni. Az ásványokat alkotó oxidok szokásos rövidítései:

$C = CaO$; $S = SiO_2$; $A = Al_2O_3$; $F = Fe_2O_3$;

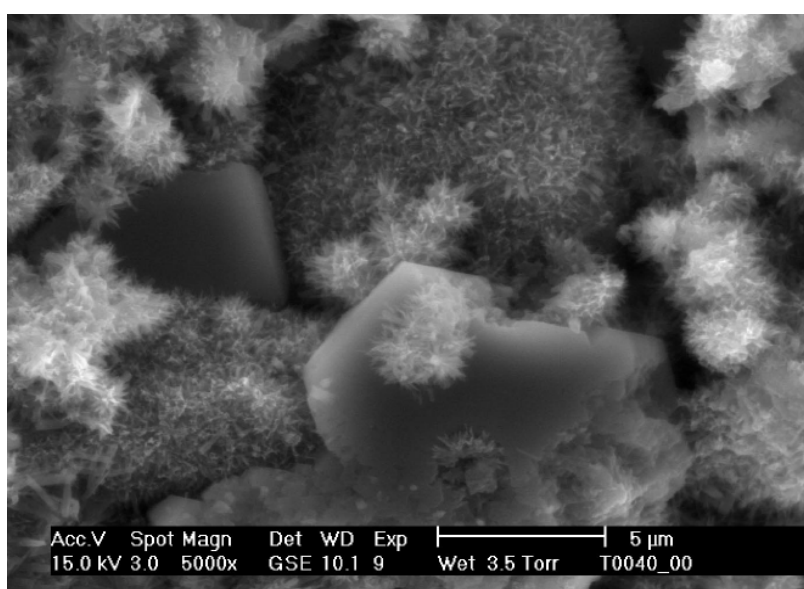
$H = H_2O$; $Cs = CaSO_4$

KLINKER ÁSVÁNY (ALAPANYAG)



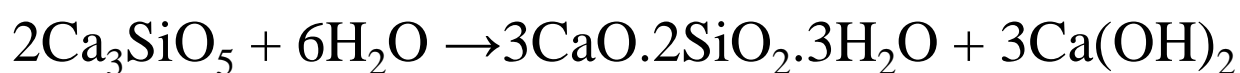
Négy fő klinkerásvány

alit (C_3S): a klinkerben hatszögű kristályok alakjában előforduló, Al^{3+} és Mg^{2-} ionokkal szennyezett, trikálcium-szilikát ($\text{C}_3\text{S} = 3.\text{CaO}.\text{SiO}_2$). Legfontosabb klinkerásvány, ezzel lehet elérni a nagy kezdőszilárdságot és végszilárdság. Részaránya a klinkerben 37-60 tömeg %.



24 órás hidratáció

Hidratációját **intenzív hőképződés** kíséri (exoterm folyamat).



BELLIT

- **belit** (C_2S): kerekded kristályoknak látszó dikalcium-szilikát ($C_2S = 2CaO.SiO_2$), kis mennyiségben ugyancsak tartalmaz ionokat. Négy módosulat van, közülük legfontosabb a **b** (*béta*) módosulat. Csekély a hidratációs hője, lassú a kezdeti és jelentős az utószilárdulása és a húzószilárdsága. Részaránya: 15-37 tömeg %.



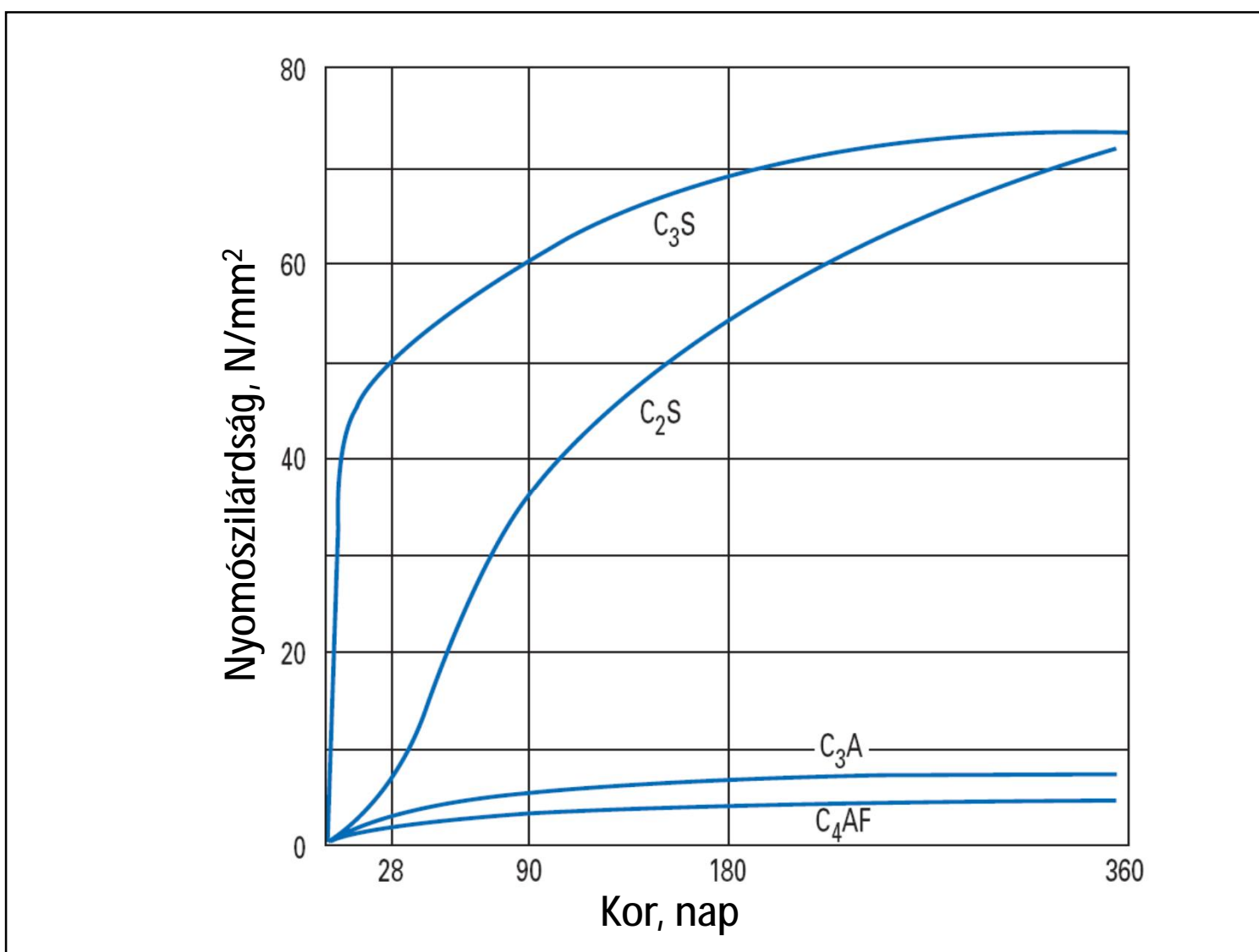
FELLIT

- **felit** (C_3A): trikalcium-aluminát ($C_3A = 3CaO.Al_2O_3$). Nagyon gyorsan köt (a leggyorsabban), nagy hőt fejleszt (kötését lassítják gipszkővel). Részaránya: 7-15 tömeg %.
Gipszkő ($CaSO_4 \times 2H_2O$) hozzáadásával jelentősen lassítható a felit túl gyors kötése



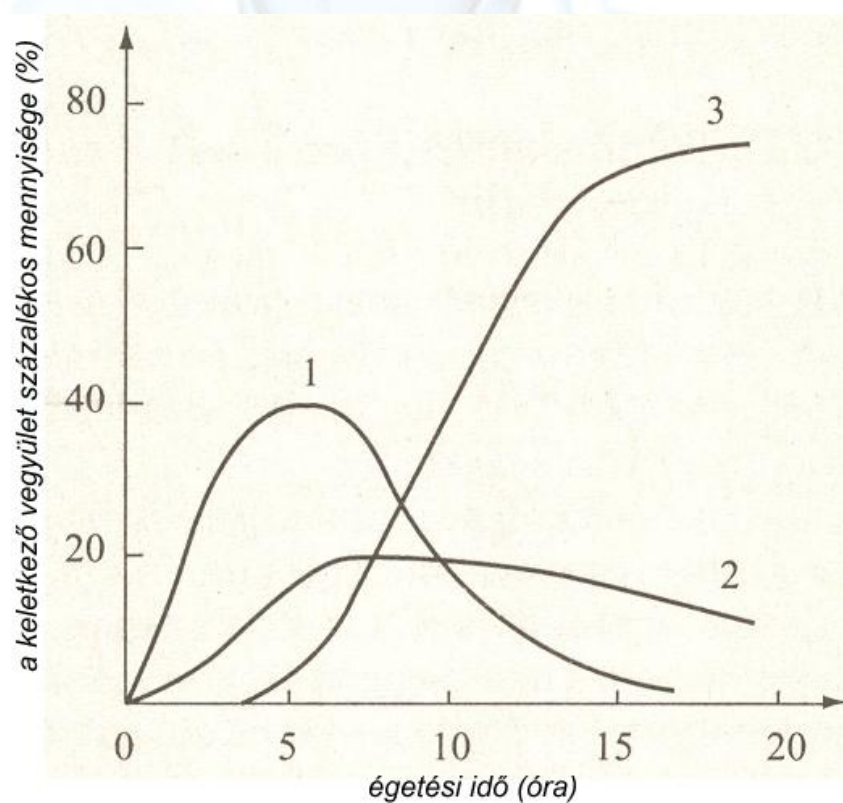
Ettringit ($3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3 CaSO_4 \cdot 32H_2O$)

- **celit** (C_4AF): tetrakalcium-aluminát-ferrit ($C_4AF = 4CaO.Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$). Lassan köt, kis szilárdságú, de jó a szulfátállósága.



*Habilitációs tudományos kollokvium
Miskolc, 2011. január 20. Dr. Gömze A. László*

CEMENTKLINKERT ALKOTÓ ELEGYKRISTÁLYOK KÉPZŐDÉSE A $CaO+SiO_2$ KEVERÉKBŐL 1200 °C-ON



1. - C₂S

2. - C₃S₂

3. - CS

(átvéve: Rabuhin A.I, Savalev V.G.:
Phizitseskaja himiya tugoplavkih
nemetallitseskih i silikatnih soedinenii;
Moscow,INFRA-M, 2004)

Példa

- CEM I:
55% (C₃S), 19% (C₂S), 10% (C₃A), 7% (C₄AF), 2.8% MgO, 2.9% (SO₃), 1.0% izzítási veszteség és 1.0% szabad CaO.
- CEM II:
51% (C₃S), 24% (C₂S), 6% (C₃A), 11% (C₄AF), 2.9% MgO, 2.5% (SO₃), 0.8% izzítási veszteség, és 1.0% szabad CaO.
- CEM III:
57% (C₃S), 19% (C₂S), 10% (C₃A), 7% (C₄AF), 3.0% MgO, 3.1% (SO₃), 0.9% izzítási veszteség, és 1.3% szabad CaO.
- CEM IV:
28% (C₃S), 49% (C₂S), 4% (C₃A), 12% (C₄AF), 1.8% MgO, 1.9% (SO₃), 0.9% izzítási veszteség, és 0.8% szabad CaO.
- CEM V:
38% (C₃S), 43% (C₂S), 4% (C₃A), 9% (C₄AF), 1.9% MgO, 1.8% (SO₃), 0.9% izzítási veszteség, és 0.8% szabad CaO.

CEMENTEK

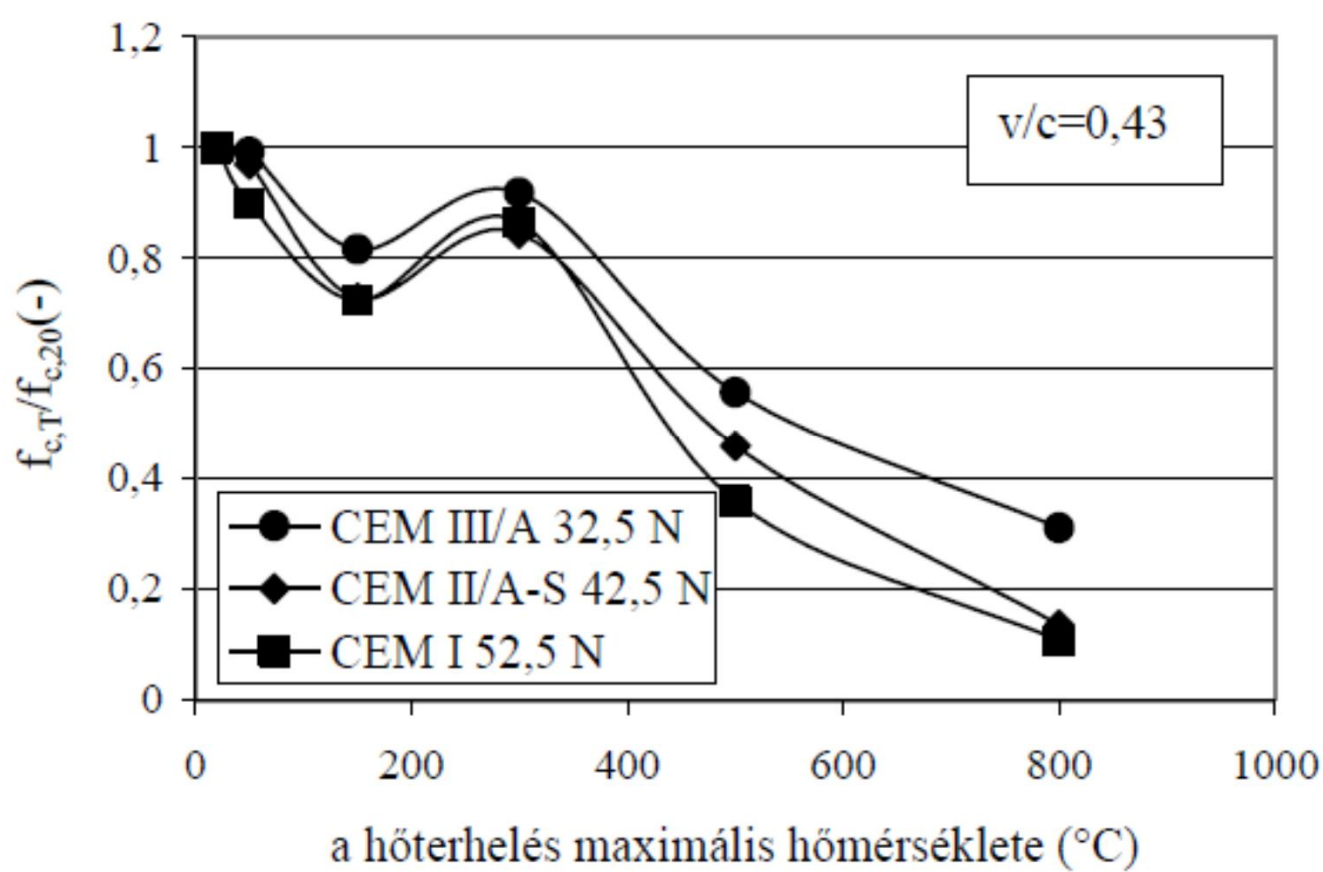
- portland cement
- heterogén cement
 - kohósalak
 - pernye
 - trasz
- Kompozit cement
- nagy kiegészítő anyag tartalmú cement
- szulfátálló cement

- CEM I portlandcement
- CEM II Összetett portlandcement (heterogén)
- CEM III kohósalakcement
- CEM IV puccoláncement
- CEM V Kompozitcement

Különleges cementek

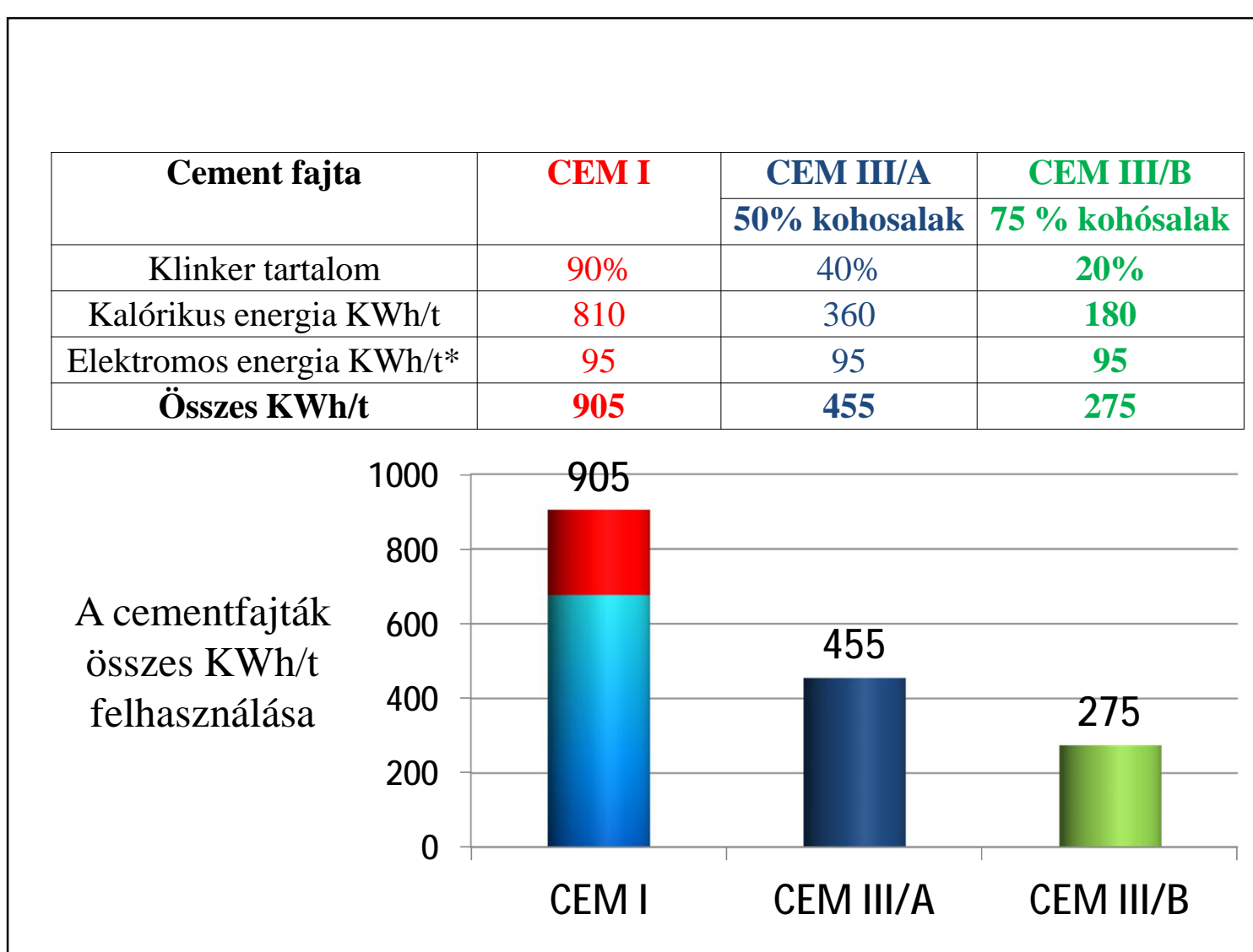
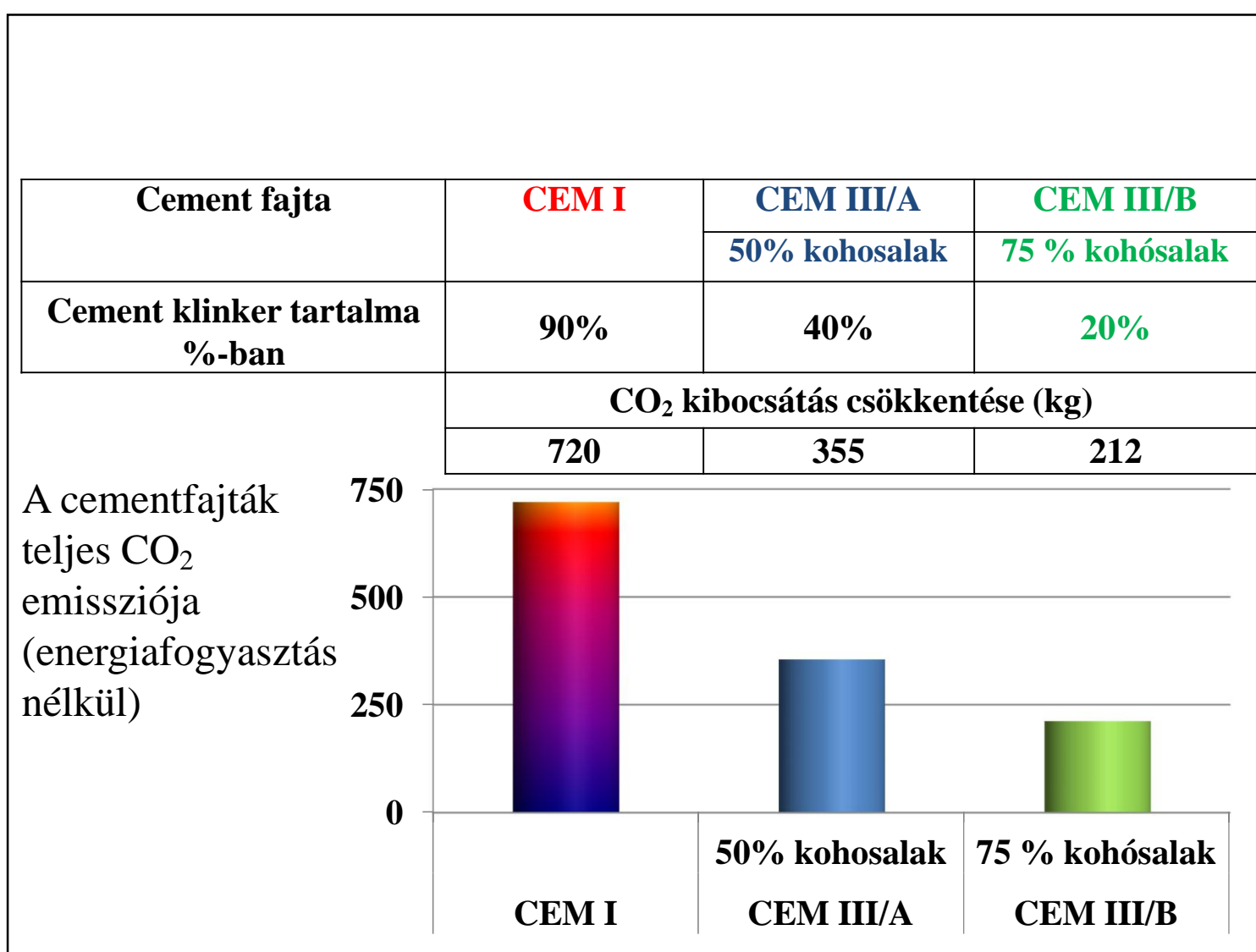
- *Szulfátálló cementek*: elsősorban agresszív talajvizek esetén alkalmazható
- *Fehér portlandcement*: tiszta nyersanyagokból előállított cement, minimális Fe_2O_3 -ot, illetve más szennyező anyagokat tartalmaz.
- *Aluminát cement*: kizárólag tűzálló betonok készítéséhez használják, tűzállósága elérheti az 1600 °C is.
- Színezett cementek
- Nehéz cementek

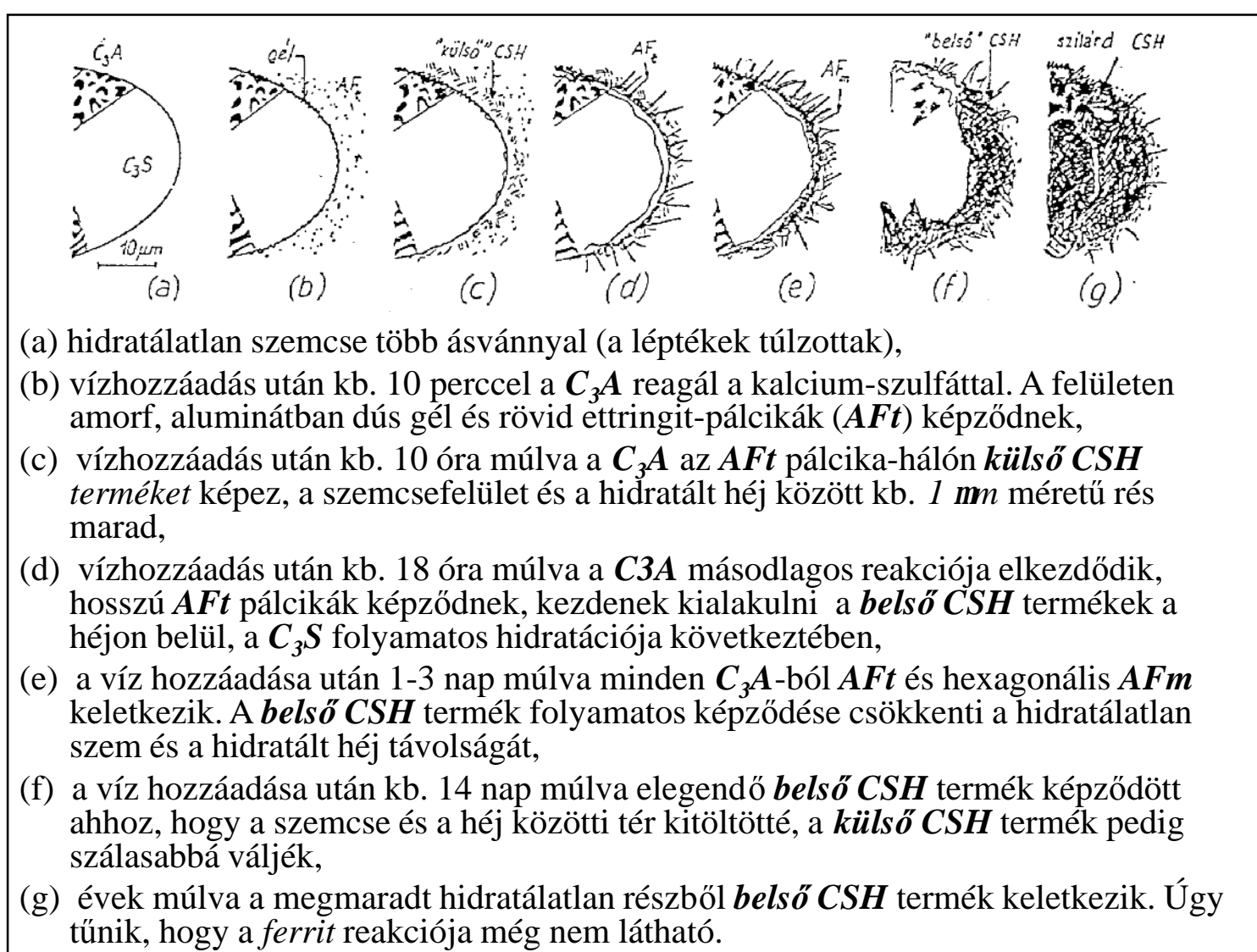
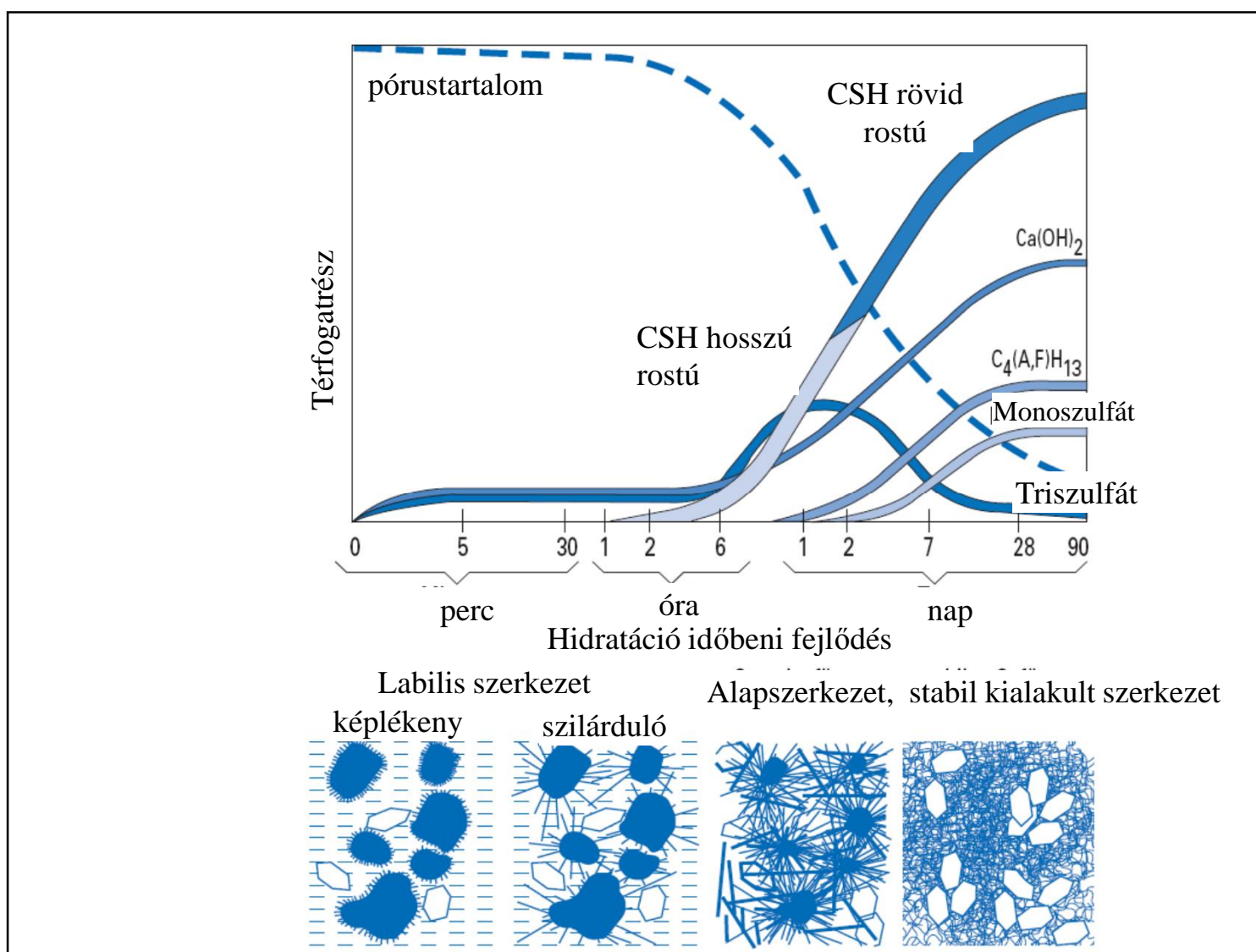
tűzhatás



KLINKER ÁSVÁNY (ALAPANYAG)

- $C_3S \Rightarrow C_3S_2H_4$ 520 J/g
- $C_2S \Rightarrow C_3S_2H_4$ 260 J/g
- $C_3A \Rightarrow C_3A \cdot CS \cdot H_{12}$ 1140 J/g
- $C_3A \Rightarrow C_3A \cdot 3 CS \cdot H_{32}$ 1670 J/g
- $C_3A \Rightarrow C_4AH_{13}$ 1160 J/g
- $C_4AF \Rightarrow C_4AH_{13} + C_4FH_{13}$ 420 J/g
- Szabad CaO \Rightarrow Ca(OH)₂ 1150 J/g
- Szabad MgO \Rightarrow Mg(OH)₂ 840 J/g

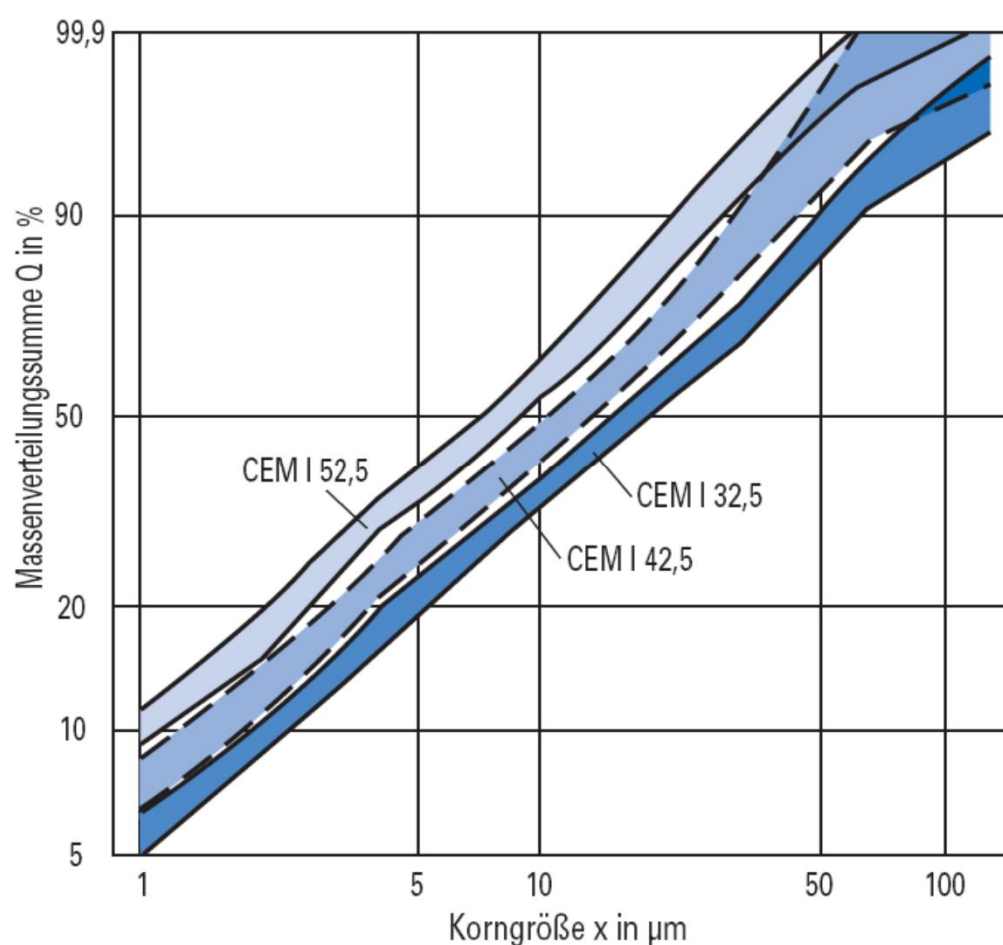




A cement hidratációját a következők befolyásolják:

- *Kor* : a növekedés sebessége kezdetben a leggyorsabb.
- *A cement összetétele* : nagyobb C_3S és C_3A tartalmú cementek gyorsabban hidratálódnak.
- *Őrlésfinomság* : nagyobb fajlagos felület \Rightarrow gyorsabb hidratáció,
- *Víz/cement tényező* : kisebb $x \Rightarrow$ gyorsabb hidratáció,
- *Hőmérséklet* : magasabb $^{\circ}C \Rightarrow$ gyorsabb hidratáció,
- *Adalékszer* : kötéskeleltető – szilárdulásgyorsító – plasztifikáló.

Tömegeloszlás és szemcseméret függvénye



A cement jele	Mennyiségek tömegszázalékban ^{a)}										
	Fő alkotórészek									Mellék-alkotók	
	Klinker K	Gran. kohó-salak S	Szilika-por D ^{b)}	Puccolán		Pernye		Égetett pala T	Mészke		
			természetes Vulk. eredetű P	kalcinált Q	savanyú V	bázikus W		L	LL		
CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5
CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5
CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5
CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5
CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5
CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5
CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5
CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5
CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5
CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5
CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5
CEM II/A-M ^{c)}	80-94	----- 6-20 ®®®®®®®®®®®®®®®®®®									0-5
CEM II/B-M ^{c)}	65-79	----- 21-35 ®®®®®®®®®®®®®®®®®®									0-5
CEM III/A	35-64	35-65	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM III/C	5-19	81-95	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV/A ^{c)}	65-89	-	-	----- 11-35 ®®®®®®			-	-	-	-	0-5
CEM IV/B ^{c)}	45-64	-	-	----- 36-55 ®®®®®®			-	-	-	-	0-5
CEM V/A ^{c)}	40-64	18-30	-	----- 18-30 ®®®®®®			-	-	-	-	0-5
CEM V/B ^{c)}	20-39	31-50	-	----- 31-50 ®®®®®®			-	-	-	-	0-5

Névleges nyomószilárdság 28 napos korban

Régen

- 25
- 35
- 45
- 55

Most

- 32,5
- 42,5
- 52,5

Az egyedi eredmények határértékei a következők (Ujhelyi János)

Tulajdonságok		Határértékek szilárdsági osztályonként					
		32,5	32,5 R	42,5	42,5 R	52,5	53,5 R
Nyomószilárdság, N/mm ² alsó határérték	2 napos	-	8,0	8,0	18,0	18,0	28,0
	7 napos	14,0	-	-	-	-	-
	28 napos	30,0	30,0	40,0	40,0	50,0	50,0
Kötéskezdet, perc, alsó határérték		45			40		
Térfogatállandóság, mm, felső határérték		10					
Szulfáttartalom, tömeg %, felső h.ért.	CEM I, CEM II, CEM IV, CEM V	4,0			4,5		
	CEM III	4,5					
Kloridtartalom, tömeg %, felső határérték ¹		0,1					
Puccolánosság		megfelel 15 napos korban					

¹ a CEM III cementfajta kloridtartalma 0,1 tömeg %-nál nagyobb lehet, de ebben az esetben meg kell adni a tényleges kloridtartalmat

Nyomószilárdsági osztály	Nyomószilárdság, N/mm ²				Kötési idő kezdete perc	Térfogat állandóság mm
	Kezdeti szilárdság		Szabványos szilárdság			
	2 napos	7 napos	28 napos korban			
32,5 N		≥ 16,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75	≤ 10
32,5 R	≥ 10,0	---				
42,5 N	≥ 10,0	---	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60	
42,5 R	≥ 20,0	---				
52,5 N	≥ 20,0	---	≥ 52,5		≥ 45	
52,5 R	≥ 30,0	---				

Cement gyáarak által ajánlott

Általában C25-ig 32,5-ös cementet célszerű használni, C25-től felfelé 42,5-ös cementet célszerű használni.

A gyakorlatban C16 C20-as betonoknál is alkalmaznak CEM II/A 42,5-ös cementet gazdaságossági megfontolásból.

Technológiai szempontból nem szerencsés, mert az alacsony cementadagolás ($260-290 \text{ kg/m}^3$) mikrotelítetlen betont eredményezhet, ami csökkenti a beton tartósságát, nagyobb szilárdsági szóráshoz vezet, finomrésztartalom adagolás szükséges a vízzárósághoz, szivattyúzhatósághoz. A beton könnyebben szétosztályozódik, feladja a vizét. A homoktartalom növeléssel együtt nő a repedésérzékenység is.

Tulajdonságok

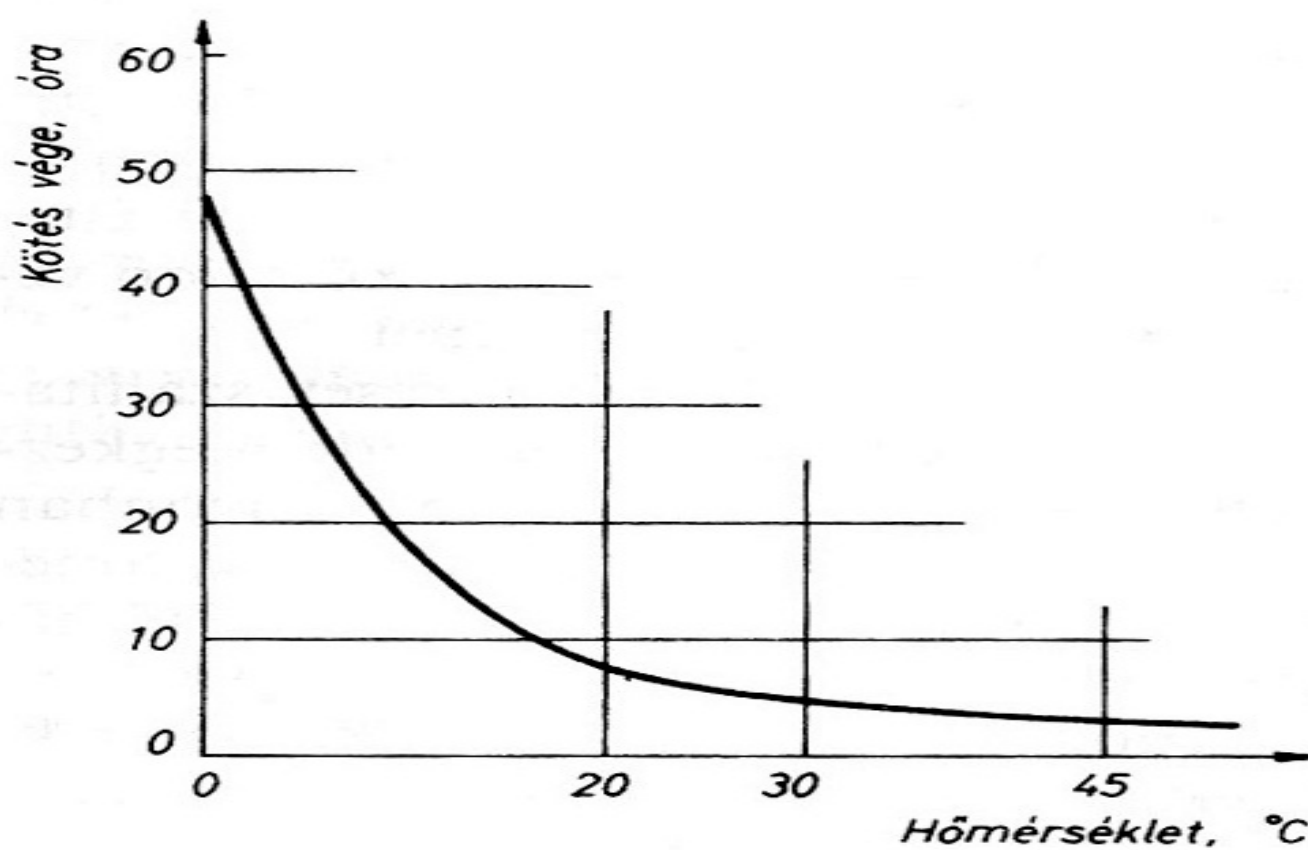
- *Fajlagos felület (őrlési finomság):* $300 \text{ m}^2/\text{kg}$ alatt kicsi, $300-400 \text{ m}^2/\text{kg}$ között normál, a fölött nagy.

Gyorsítja a kötési és a szilárdulási folyamatot. A hidratáció a felületen indul meg. Durva szemcsék esetében a kötéshez szükséges víz lassan jut el a szemcse belsejébe. $20 \mu\text{m}$ -nél nagyobb szemcsék belseje nem is vesz részt a kötésben. A magyarországi cementek fajlagos felülete $280-450 \text{ m}^2/\text{kg}$.

- *Kötésidő:* cement kötéseideje ↔ beton kötéseideje.
- *Cement hőmérséklet:* meleg időben max. 50°C
- *Kötéshő*

Cement fajta	Sűrűség	Halmazsűrűség	
Portlandcement	3,1	Lazán ömlesztett	Tömörített (berázott)
Kohósalak portlandcement	3,05	0,9-12	1,6-1,9
Kohósalakcement	3,0		
Puccolán-portlandcement	2,9		

A cementpép kötése a hőmérséklet függvényébe



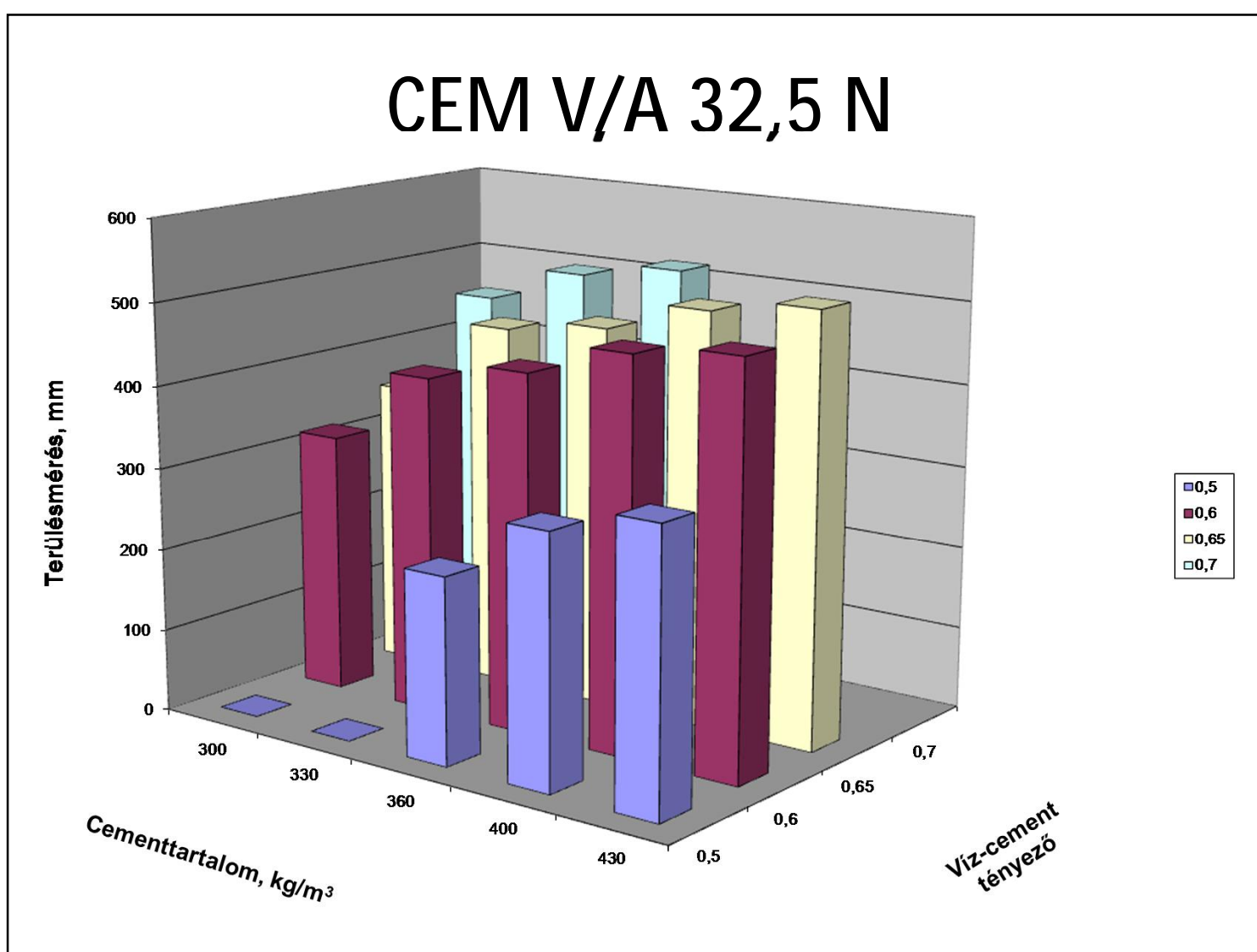
Tárolás

Száraz helyen kell tárolni

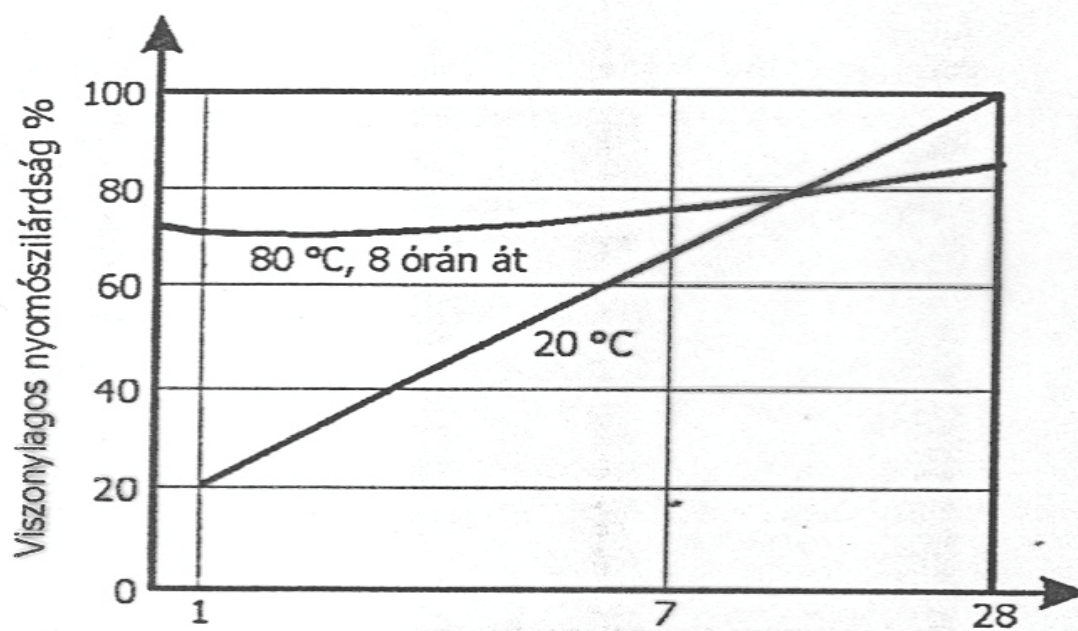
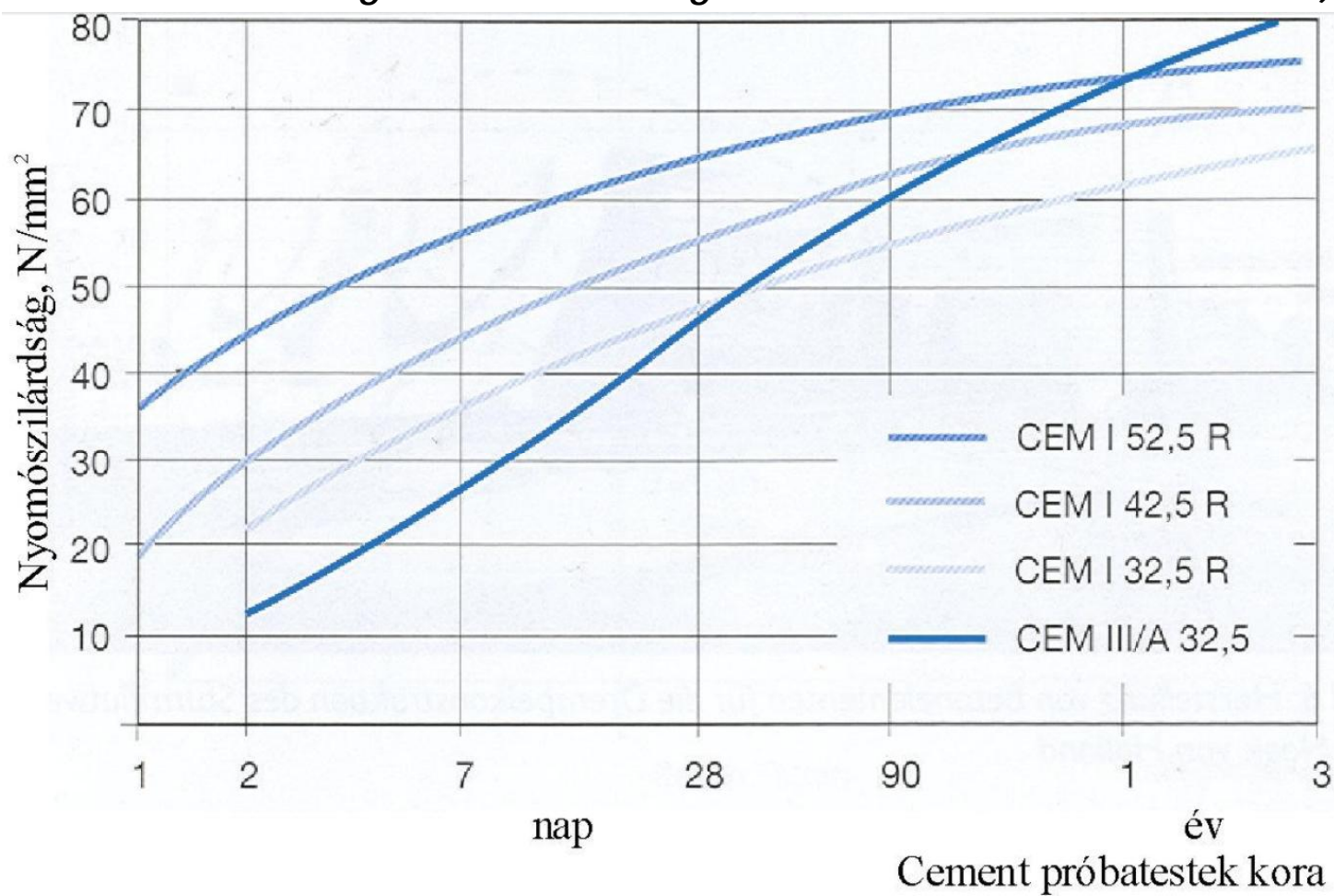
Építés szempontból van-e elegendő hely a cement tároláshoz, ha nincs, akkor mi a teendő?

Betongyárok és előre gyártó üzemek: ömlesztett cement.

Tüzépek: zsákos cementek

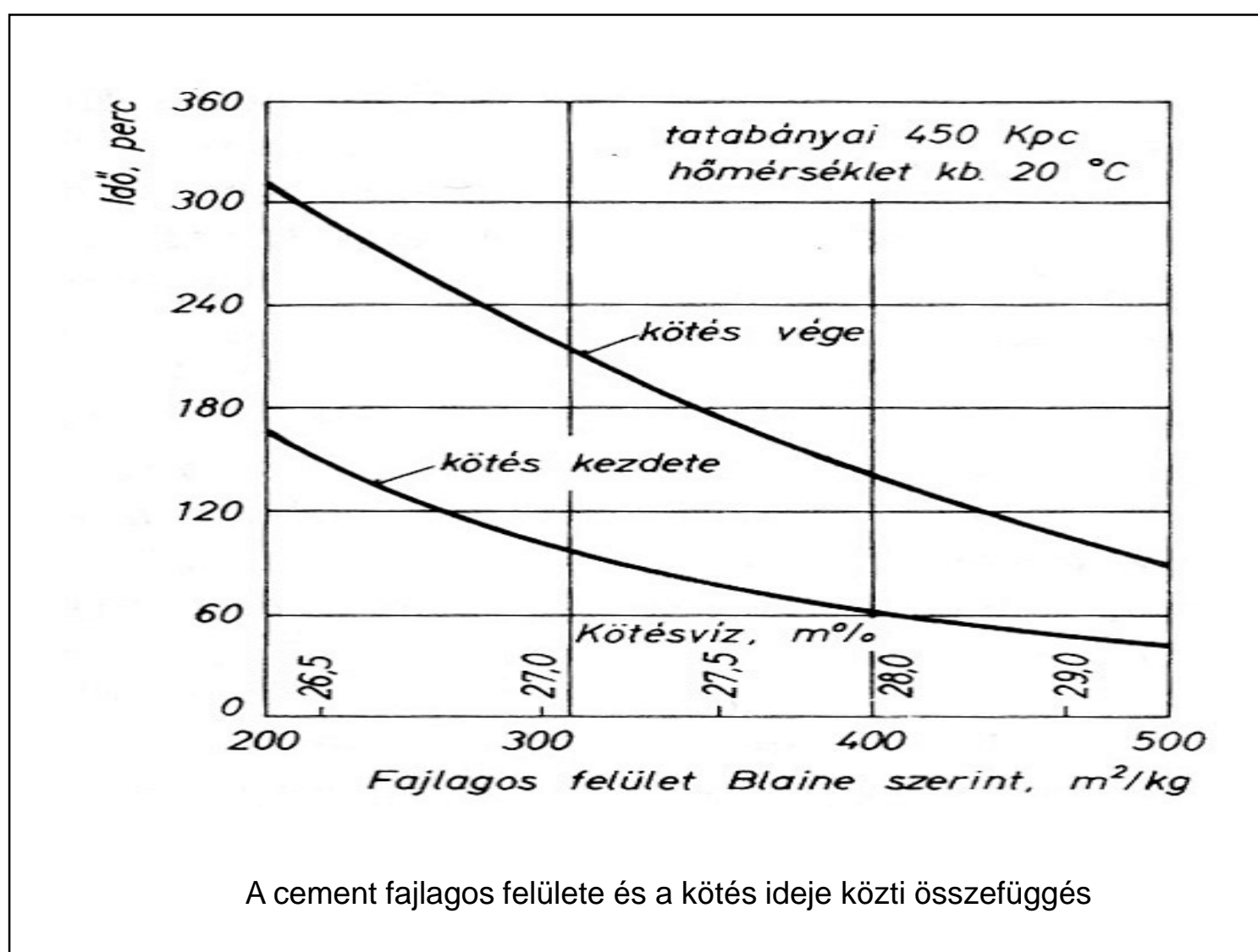


*Cementek szilárdulási időbeni folyamata (forrás: Rendchen. K.:
Hüttensandhaltiger Zement. Verlag Bau + Technik, Düsseldorf, 2002.)*



A cement szilárdulása a hőmérséklet hatására
Kor: nap, log. léptékben

A cement szilárdulása a hőmérséklet függvényében



Hő index hatása

Év	CEM II		CEM III	
	C ₃ S%	C ₃ A%	C ₃ S%	C ₃ A%
1948	40,9	5,6	59,2	9,3
1994	54,9	7,1	51,7	10,4
2010	56,7	7,0	57,9	7,2

$$7 \text{ nap HH} = A1 C_3S + A2 C_3A + C$$

$$\text{Hő index} = C_3S + 4.75 C_3A \leq 100$$

A fenti táblázat segítségével ellenőrizhető a hő hidratáció és összhangban az ASTM C186-ben előírt vizsgálati módszer 7 nap hidratációs hőjének határ értéke 335KJ/kg (80cal/g)

Adalékszerek

Dr. Salem Georges Nehme

Adalékszerek

Definíció

Az adalékszerek olyan módosító anyagok, amelyek kémiai és/vagy fizikai hatásuk révén befolyásolják a friss- és a megszilárdult beton tulajdonságait.

Az adalékszerek főhatás szerinti csoportosítása

- **Kémiai hatás**
Kémiai hatásnak nevezik azt a folyamatot, amikor az adalékszerek a cement és a víz között egyébként létrejövő kémiai reakciót befolyásolják, vagy közvetlenül a cement alkotórészeivel lépnek kölcsönhatásba.
- **Fizikai hatás**
Fizikai hatás alatt az adalékszereknek azt a viselkedését értik, amikor azok megváltoztatják a keverővíz felületi feszültségét, csökkentik a beton belső súrlódását, illetve fokozzák a cement részecskék aprózódását.
- **Kémiai-fizikai hatás**
Ezalatt a két fenti hatás kombinációját, egyes jellemzőik egyidejűségét értik.

Adalékszerek csoportosítása főhatások alapján

- képlékenyítők (plasztifikátorok), és folyósítók,
- Kötés késleltetők,
- Kötés (dermedés) gyorsítók
- szilárdulás-gyorsítók,
- Stabilizálók
- fagyásgátlók,
- légbuborékképzők,
- tömítők,
- habképző
- többhatású

További csoportosítás

- konzisztencia → képlékenyítő és folyósítószer
- kötésidő → kötéskésleltető és kötésgyorsító adalékszerek
- zsugorodás → zsugorodás csökkentő adalékszerek
- fagyállóság → légpórusképző adalékszerek
- téli betonozás → kötésgyorsító és „fagyásgátló” adalékszerek
- vízzáróság fokozó adalékszerek
- építéstechnológiai szerek → párazáró szer, formaleválasztó szer, kötéskésleltető szer.

Kiszerezése folyadék vagy por

Hatáscsoportok német - magyar	Rövid jelölés		Színjelölés		Főhatás
	német	magyar	német	magyar	
Képlékenyítők	BV	P	sárga	sárga	fizikai
Folyósítók	FM	F	szürke	szürke	fizikai
Légbuborékképzők	LP	L	kék	kék	fizikai
Tömítők	DM	T	barna	barna	fizikai
Késleltetők	VZ	K	piros	zöld	kémiai
Gyorsítók	BE	S	zöld	vörös	kémiai
Injektálást segítő	EH	I	fehér	fehér	kémiai-fizikai
Stabilizálók	ST	V	ibolya	ibolyak.	fizikai
Korrózióállóságot f.	-	C	-	narancss.	kémiai
Fagyásgátlók	-	FG	-	lila	kémiai

Lehetséges még a termékek csoportosítása a klorid-tartalom szerint (klorid-mentes, kloridos). A német előírások kloridos szer alkalmazását sem vasbetonba, sem feszített betonba nem engedik meg, sőt ezekkel érintkező beton szerkezetekbe sem.

Tanácsok

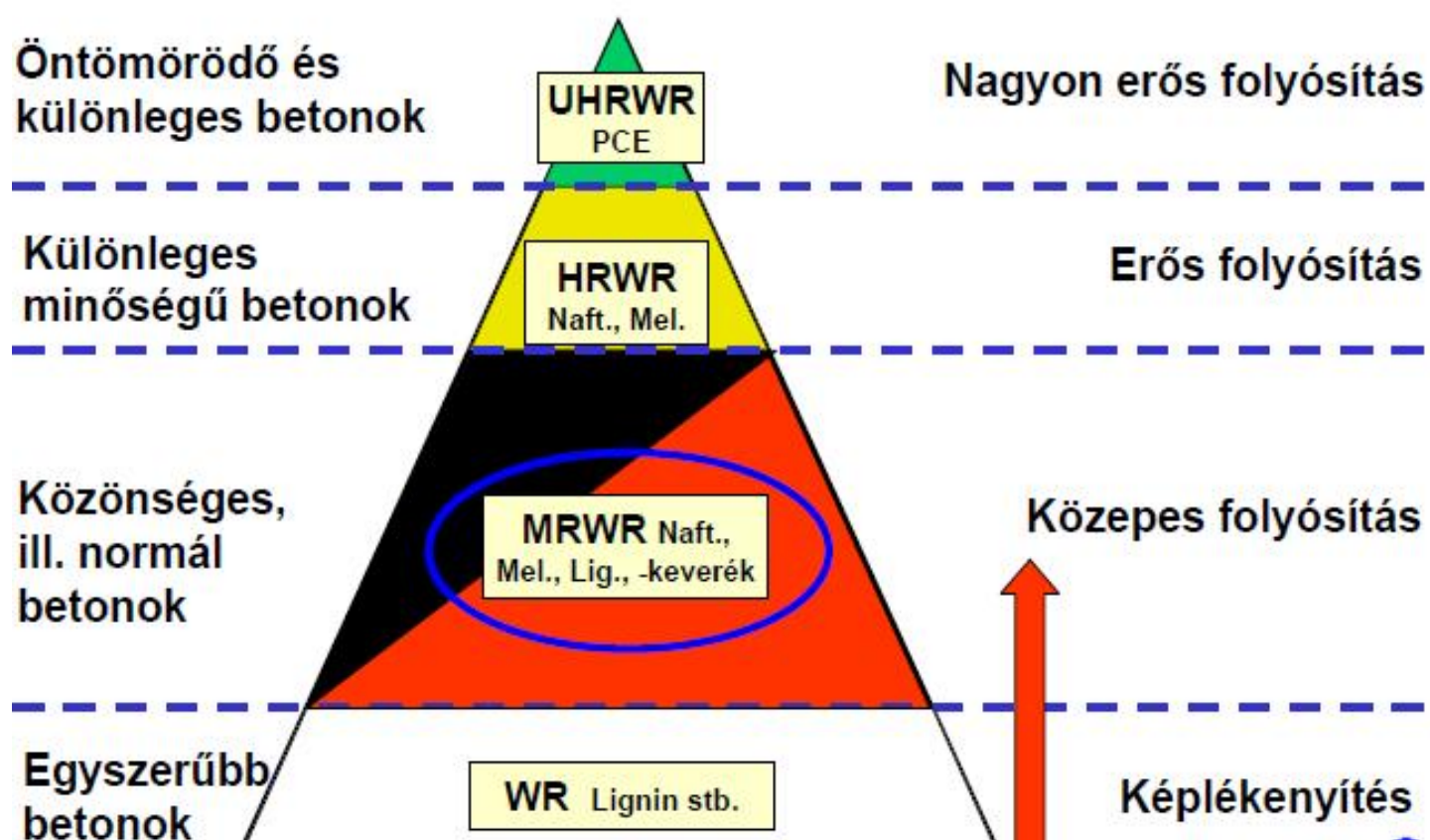
- Keverési idő: előírás szerint.
- Tárolás: fagyveszélyes vagy nem.
- Adagolási sorrend → gyártó előírásai alapján.

Betonadalékszerek összetevői

Betonadalékszer-típusok

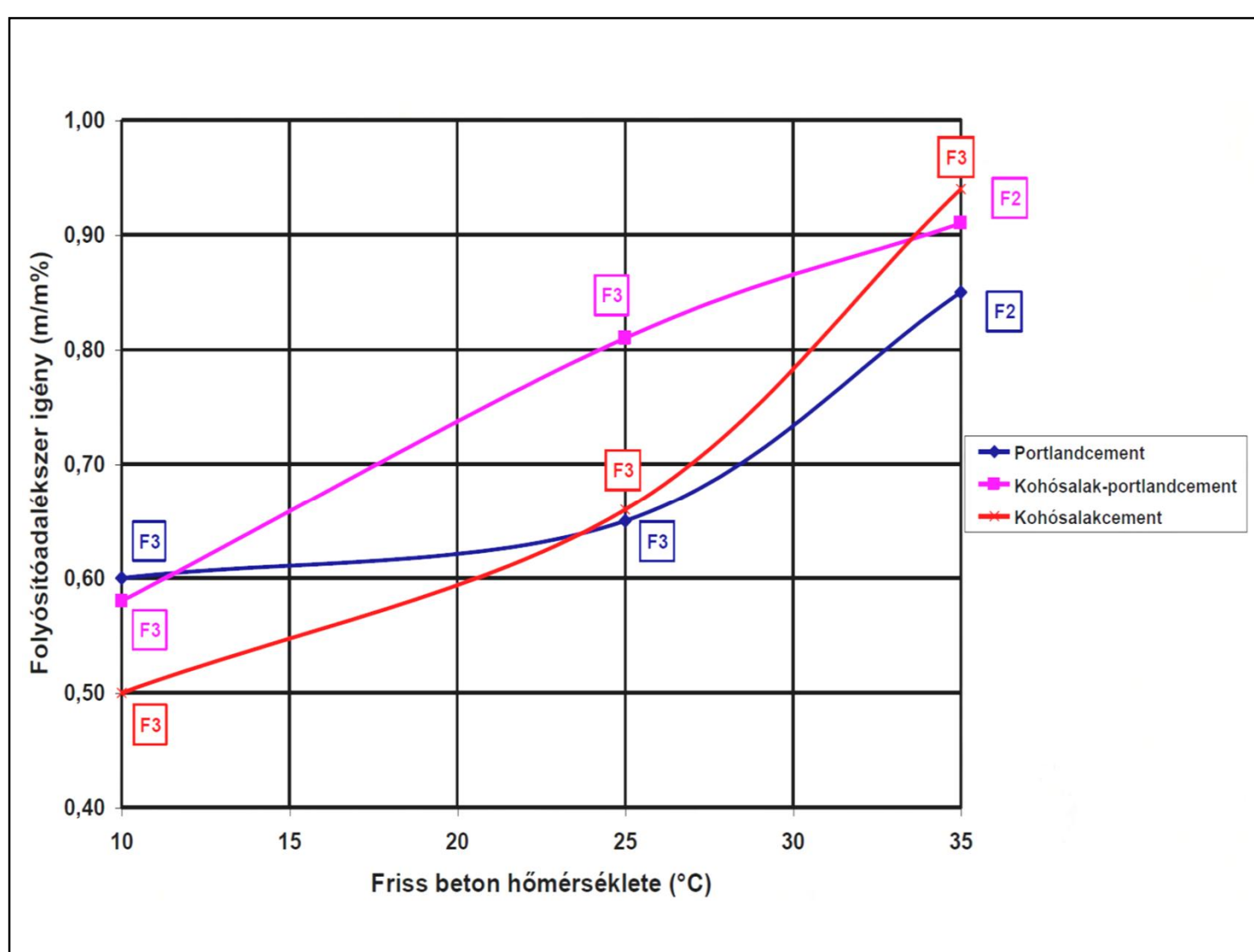
Képlékenyítők	ligninszulfonátok, naftalin-formaldehid szulfonátok, melamin-formaldehid szulfonátok
Folyósítók	szulfonált naftalin-formaldehid kondenzátumok, szulfonált melamin-formaldehid kondenzátumok, polikarboxilátok
Légpórusképzők	vinsolgyanták, polihidroxi-karbon savak sói, szerves szilíciumvegyületek
Tömítők	nagy finomságú trassz, pernye, szilikapor; hidrofobizáló hatású fémszappanok, zsírsavészterek, ásványolaj-származékok, természetes és műviasz-emulziók
Késleltetők	szénhidrátok, alkáli- és ammónium-foszfátok, oxikarbonsavak
Gyorsítók	egyreszerveetlen elektrolitok, szerveetlen ásványi őrlémények, szerves vegyületek
Fagyásgátlók	vízben oldható kloridsók, alkáli- és alkáliföldfém-nitrátok
Injektálást segítő	kombinált hatású szerek, melyek egymással összeférhető betonadalékszerek keverékei
Stabilizálók	cellulózszármazékok, polimerek
Korrózió ellen védők	sav- és lúgálló polimerek, fluát jellegű szerveetlen sók, redukáló hatású nitritsók, szerves nitrogénvegyületek

Képlékenyítők és folyósítók

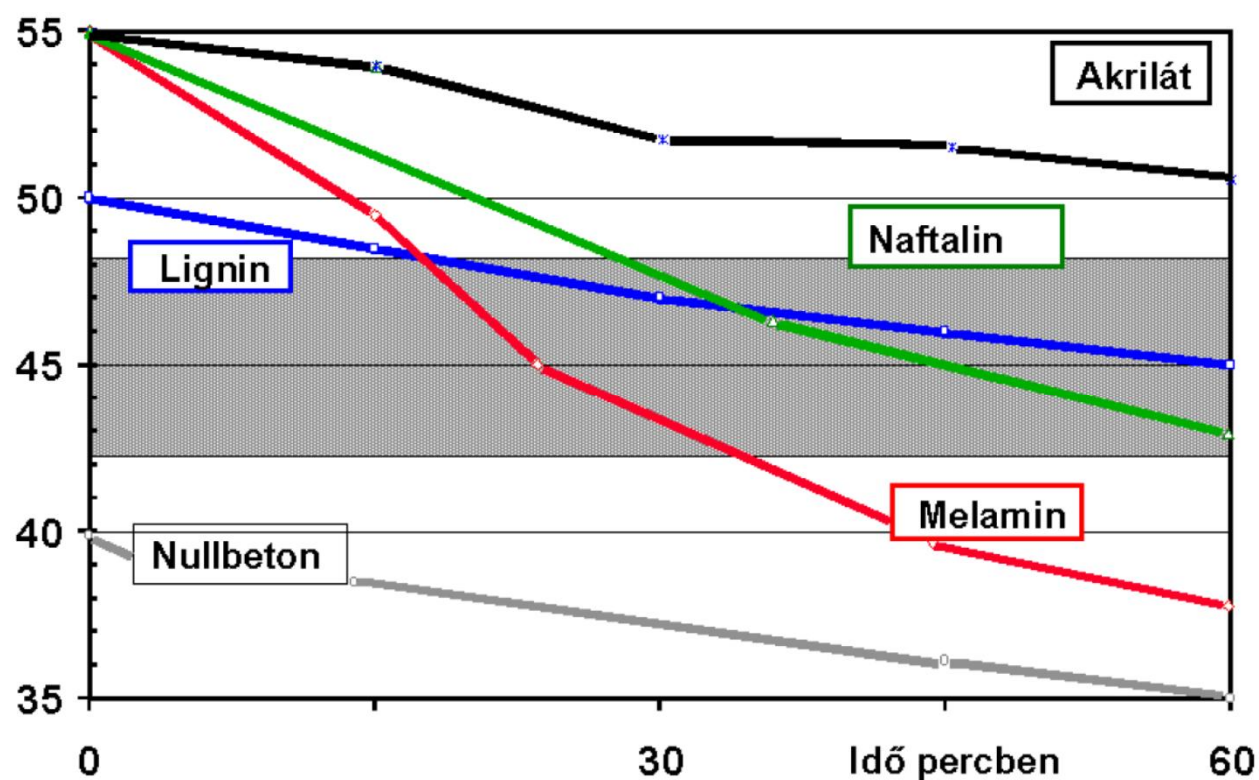


Képlékenyítő

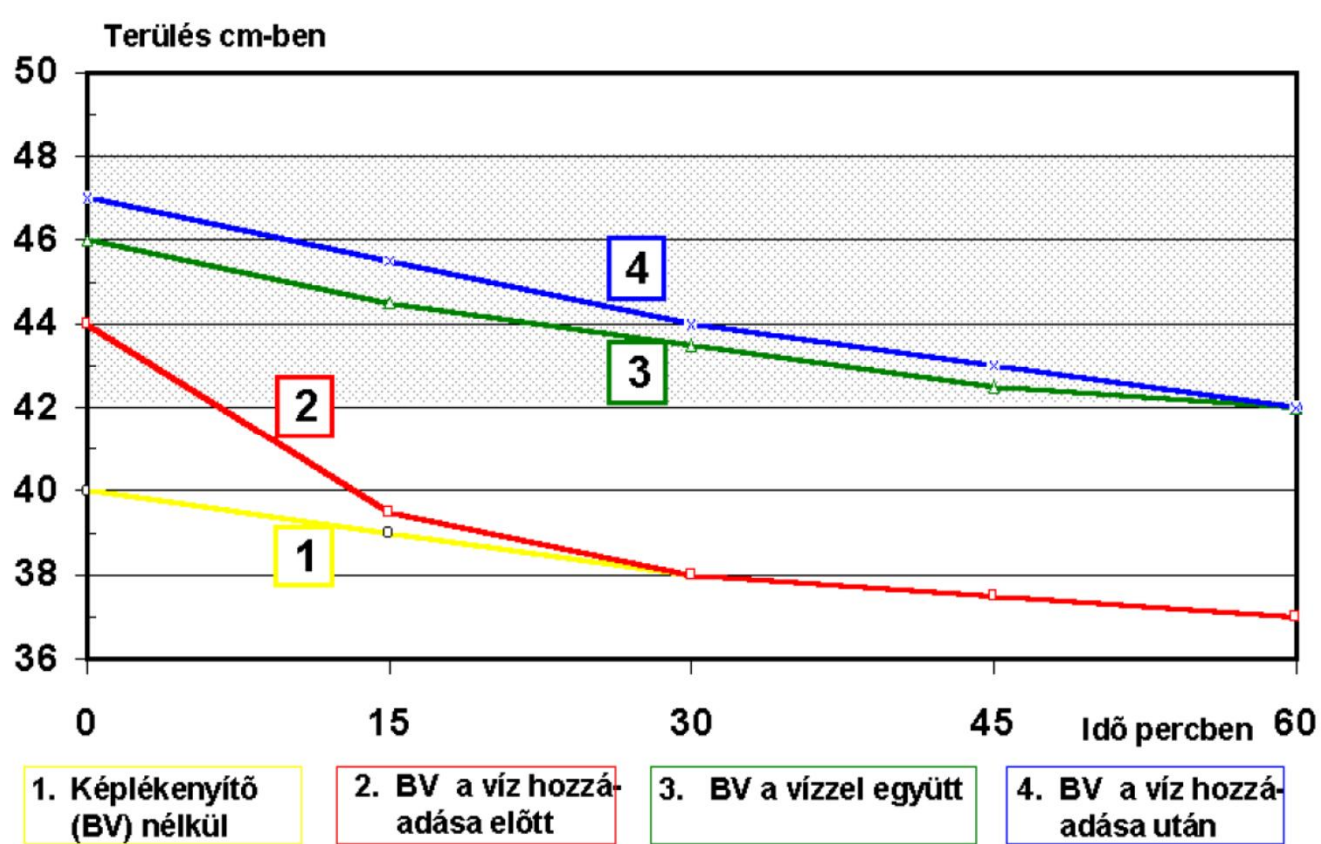
- A képlékenyítő adalékszerek általában ligninszulfonátok és azok származékai, oxikarbonsavak és sóik, továbbá fehérje bomlástermékek.
- Az egyszerű képlékenyítők többsége ligninszulfonát vagy szulfitszennylég alapú anyagok és önmagukban késleltető hatásúak.



A képlékenyítők és folyósítók hatóanyagának befolyása a beton konzisztenciájára

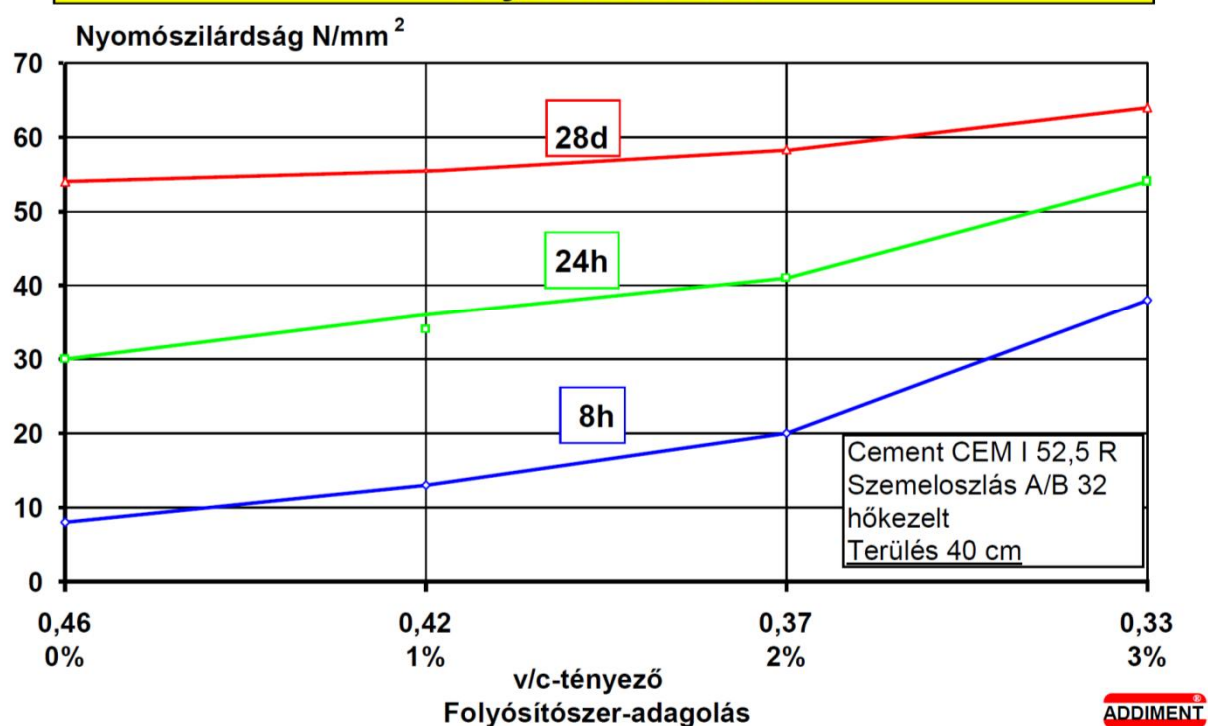


A képlékenyítők (BV) adagolási időpontjának hatása a beton konzisztencia romlására



Szilárdság a folyósítószer-adagolás függvényében

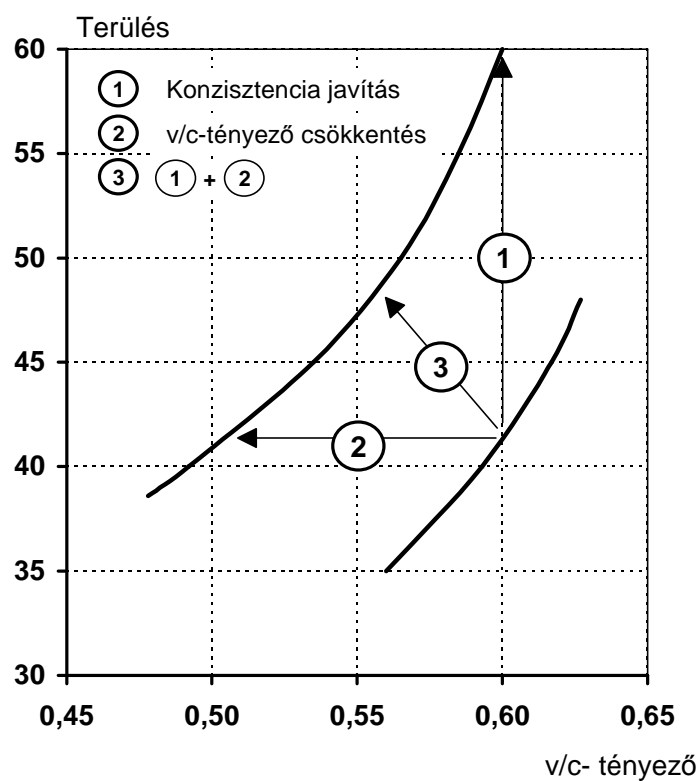
Szilárdság fejlődése STABIMENT FM F folyósítószerrel



Betontulajdonságok javítása

- a friss betonkeverékek tulajdonságai (pl.: képlékenysége, szivattyúzhatósága),
- a kötési, vagy a szilárdulási folyamat (pl.: gyorsítható vagy lassítható),
- a megszilárdult betonok tulajdonságai (pl.: fagyállósága növelhető).

Folyósító adalékszer hatása



- 1) Konzisztencia javítás, bedolgozás könnyebb
- 2) Konzisztenciát nem javítja, szilárdság növekszik
- 3) Konzisztencia javítás, szilárdság növekedés

Adalékszerek összeférhetősége

Fokozatok

- csak hígítva szabad egymással összekeverni, illetve egymással társítani,
- az adalékszereket összekeverni nem szabad, azokat szigorúan meghatározott sorrendben egymás után kell a keverékbe adagolni és csak a keverékben elkeveredve találkozhatnak,
- az adalékszerek nem keverhetők össze, még a betonkeverékben sem, azok egymás hatását lerontják.

Folyósítószer-csoportjai

- **A csoport**
- *Szulfonált - melamin - formaldehid kondenzátumok.* Ebbe a csoportba tartozó szereknél a folyósító hatás általában gyorsan romlik.
- **B csoport**
- *Szulfonált naftalin-formaldehid-kondenzátumok.* Jobban folyósít az "A" csoportba tartozó adalékszerekénél és a folyósító hatás romlása is lassabb.
- **C csoport**
- *Ligninszulfonátok.* A folyósító hatás romlása lassabb az "A" csoportba tartozó adalékszerek hatásának romlásánál.
- **D csoport**
- Ide tartoznak az egyéb szerek (pl.: poliszaharidok).

Tanács

Általános szabály, hogy mindig a kötészkeletet kell először adagolni, utána a képlékenyítő vagy folyósító adalékszereket, majd a légpórusképzőt vagy más adalékszereket. A gyártónak az összeférhetőségről nyilatkozni kell!

A kötéslassítók általában szerves anyagok és a következő csoportokba sorolhatók:

- Ligninszulfonsav kalcium, nátrium vagy ammónium sója,
- Oxikarbonsavak és azok sói,
- Szénhidrát származékok (cukrok és keményítők),
- Foszfátok.

Alkalmazása:

- Használata célszerű 30 °C levegő hőmérséklet fölött minimális adagolásban.
- Meleg időben hosszú (1 óra fölött) szállítási idő esetében.
- Meleg időben lassú betonozás során, pl. oszlopok betonozása.
- Réteges betonozáskor, ha az előző és a követő rétegek között meleg időben 4-6 óra telik el a betonozás során.

A kötésgyorsító adalékszer:

A betonkeverék képlékeny állapotából a szilárd állapotba való átmenet idejét csökkenti.

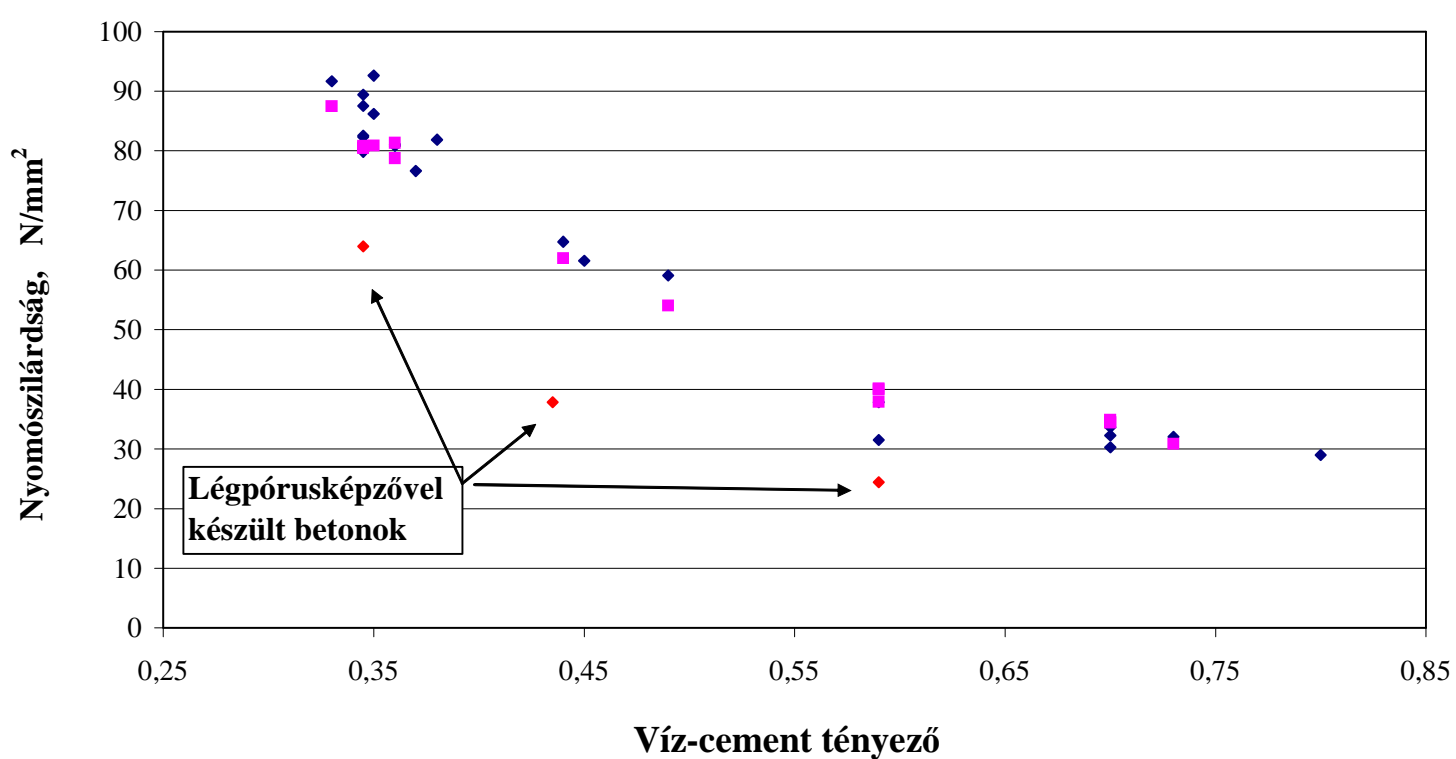
- **A szilárdulás gyorsító adalékszer:**
A kezdőszilárdság kialakulását gyorsítja a kötési időre való hatással vagy anélkül.
- **A szilárdulás gyorsítók** két csoportba sorolhatók: A kloridtartalmú adalékszerek csoport jele **S-Cl**, A kloridmentes adalékszereké **S-0**.
- A kloridmentes szerek nagy része csak kötésgyorsító (pl.: K_2CO_3) és a beton szilárdulását nem gyorsítják. A kloridmentes szerek jóval drágábbak, mint a klorid tartalmúak.

Alkalmazása

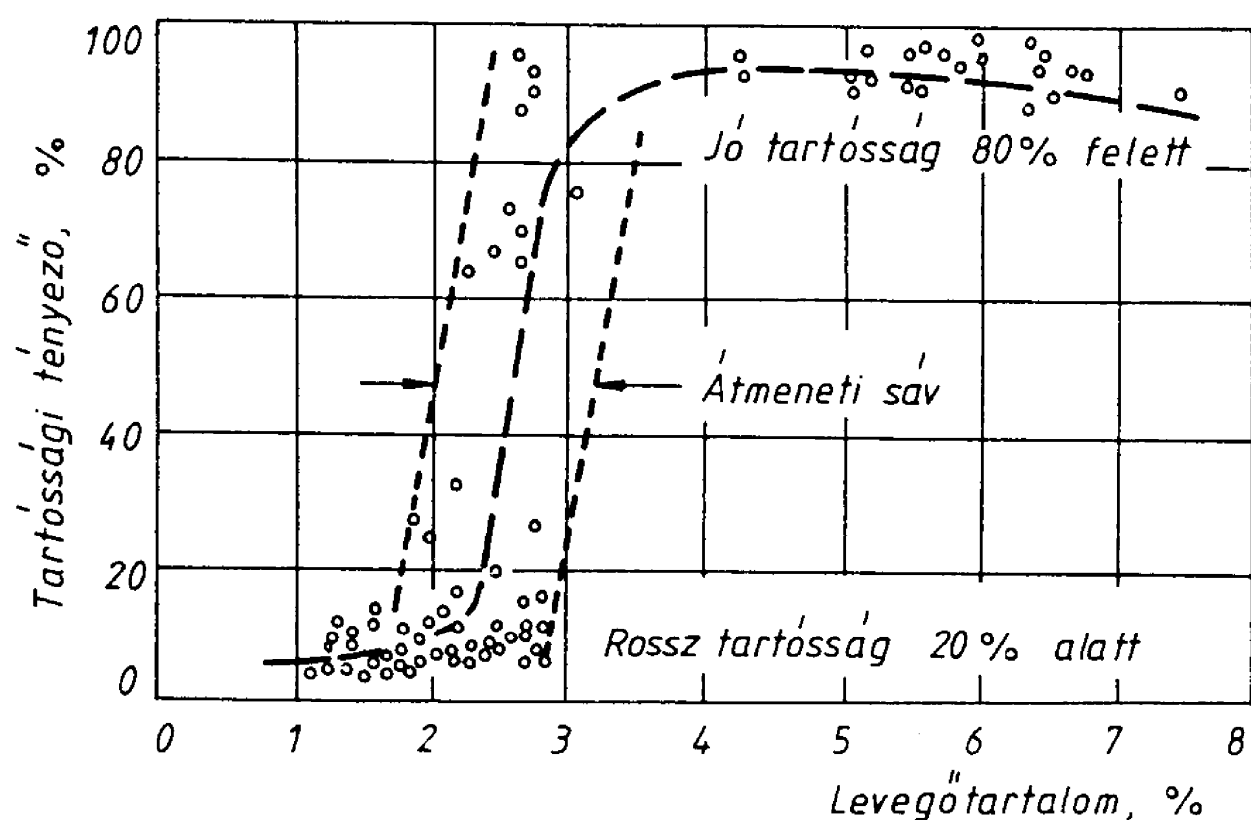
- Előregyártásban a gyorsabb sablonforduló biztosításához, gyorskizsaluzás.
- Gyorsabb szilárdulási ütemmel a korai (1-3 napos korban) terhelhetőség elérése.
- Védekezés a téli fagy ellen. Védelem nélkül **20 cm-nél** vastagabb beton szerkezetekben hatékony.

Légpórusképző adalékszerek hatása a betonszilárdságra

A próbatestek nyomószilárdságának és víz-cement tényezőjének az összefüggése



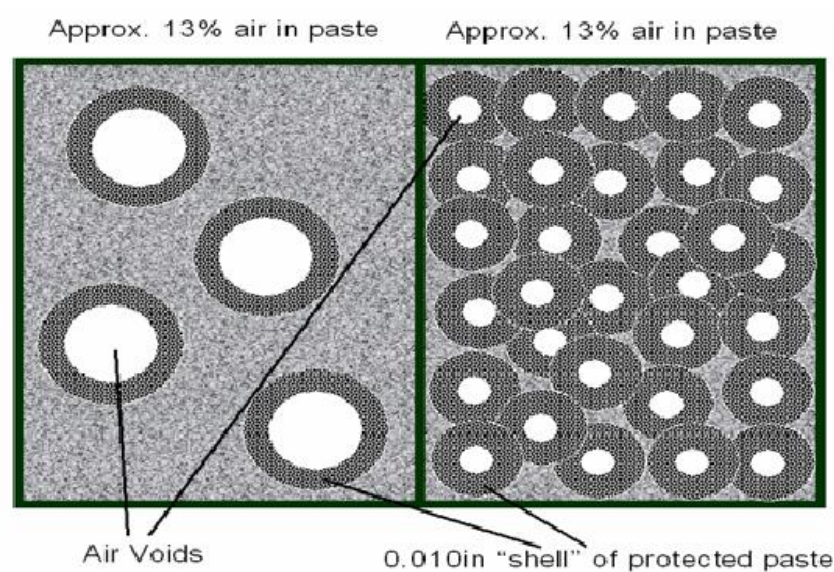
Tartóssági tényező



Távolsági tényező:

- A cementkő bármely pontjának legnagyobb távolsága egy légbuborék felszínétől a cementkővön keresztül mérve, mm.

0,18-0,22 mm



Fagyásgátlók

- A betont a megfagyástól addig védeni kell, amíg el nem éri a **5 N/mm²** –es szilárdságot. Ez egyben a kizsaluzási szilárdság is. Ennek ellenőrzése Schmidt-kalapáccsal lehetséges, és az előírt értékhez **20**-as visszapattanási érték tartozik.

Ezt csak fagyásgátlókkal nem lehet elérni, hanem csökkenteni kell a víz mennyiségét is.

Tömítőanyagok

- a beton kapilláris pórusait tömítik az adalékszer finom szemcséi vagy a hidratáció során a szer hatására keletkező reakció termékek, ilyen tömítőanyag a bentonit, az üvegolvadék, a kovaföld, a mészhidrát, műanyagok néhány mikronos szemcséiből készített emulziók, vagy egyéb finomra őrölt anyagok, stb.,
- Olyan adalékszerek víztaszítóvá teszik a kapillárisok és légzárványok belső felületét, ezzel a vízfelszívás csökken, (hasonló hatású mint a hidrófobizáló anyagok). Víznyomással szemben ezek a szerek kevésbé hatékonyak,
- képlékenyítő adalékszer lehetővé teszi a víztartalom csökkentését és ezzel a kapilláris porozitás, illetve a vízáteresztés is kisebb lesz.

FRISS BETON

Dr Salem Georges Nehme, PhD
Egyetemi docens

Bedolgozhatóság megfelelő

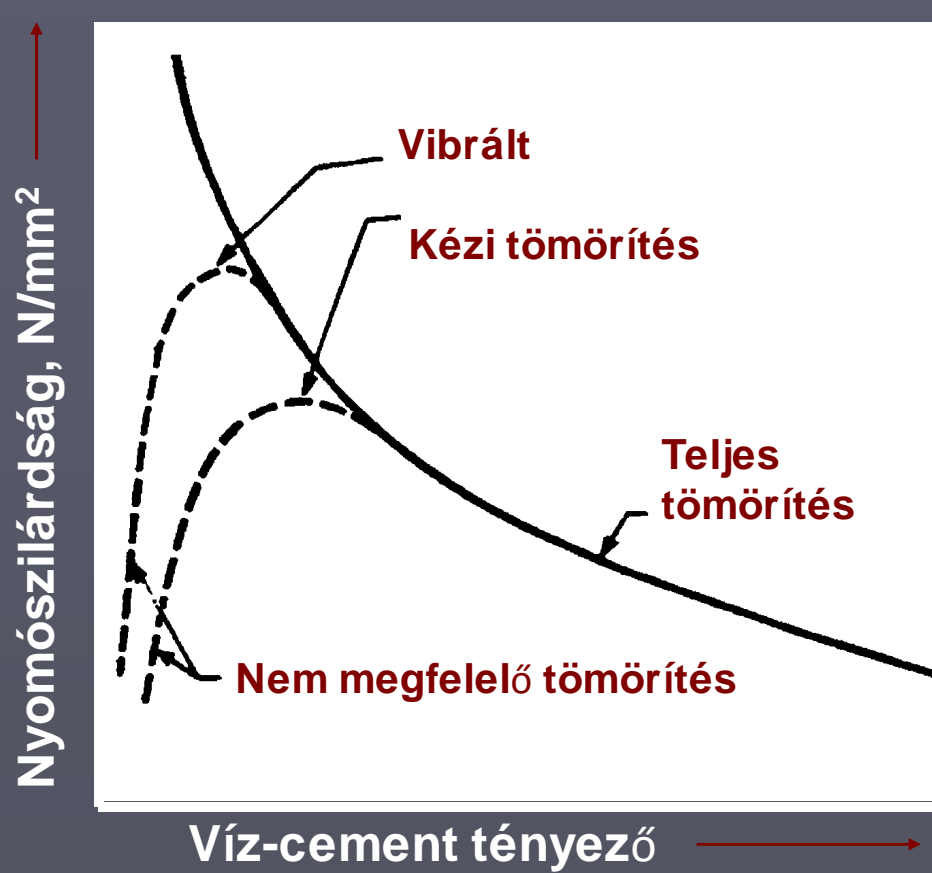
- ▶ A betonkeverék technológiai szempontból akkor megfelelő, ha:
 - az alkotóanyagokból elfogadható keverési időn belül egyenletes, egynemű (homogén) keveréket lehet előállítani,
 - a bedolgozási helyre való **szállítás közben nincs vízfolyás, vagy szegregáció** (az alkotóanyagok nem válnak szét),
 - a zsaluzatba öntés közben **nincs szétosztályozódás,**
 - a zsaluzatba helyezett beton könnyen és megfelelően tömöríthető a célszerűen kiválasztott tömörítőeszközzel, eközben a keverék **megőrzi a homogenitását, tökéletesen kitölti a zsaluzatot és beágyazza a vasbetéteket,**
 - a bedolgozott beton **nem ülepedik** (nem töpped), a betonban nincsenek kavicsfészkek, vízleadás miatt (vérzés) nem keletkeznek a durva kavicszemek vagy a vasbetétek alatt üregek, **plasztikus zsugorodás miatt a friss, bedolgozott beton felületén nem jelennek meg repedések** (pl: a vízszintes vasalás fölött).

Ha a betonkeverék mindezeket a feltételeket kielégíti, akkor azt **jól bedolgozhatónak** nevezzük.

Próbakeverés, frissbeton vizsgálatok

Sorrend

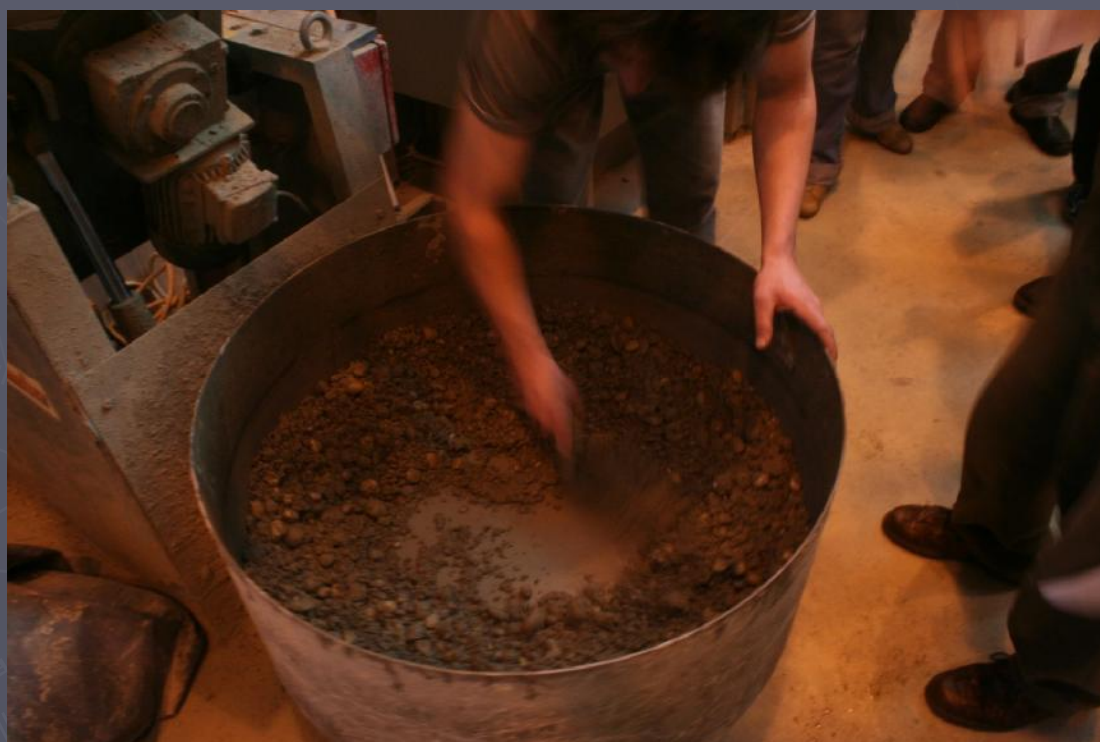
- ▶ Adalékanyag nedvességtartalom mérése
- ▶ Receptúra korigálása
- ▶ Probakeverés
- ▶ Frissbeton vizsgálatok

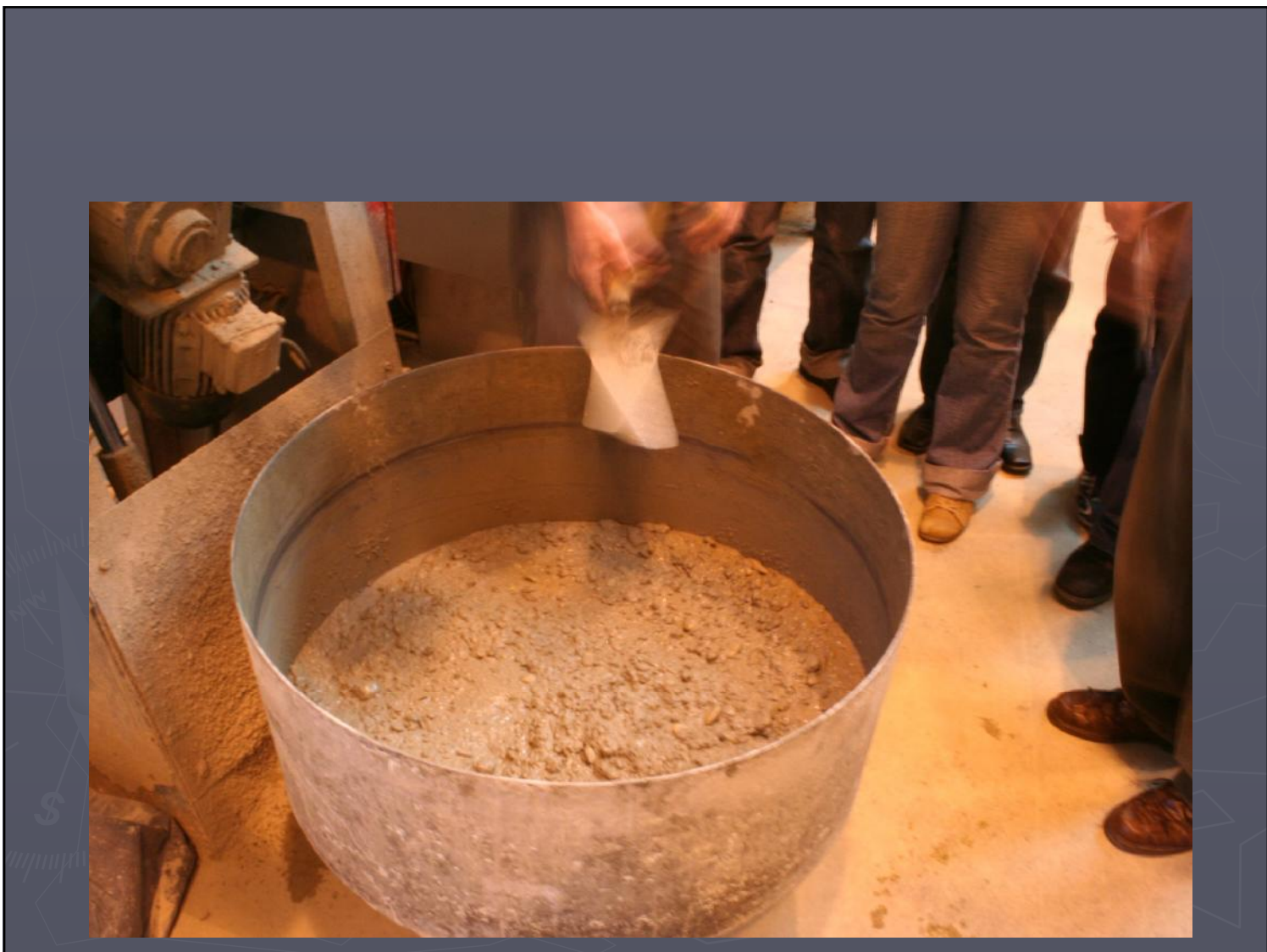


Bedolgozás



Próbakeverés





Frissbeton vizsgálatok: hőmérsékletmérés



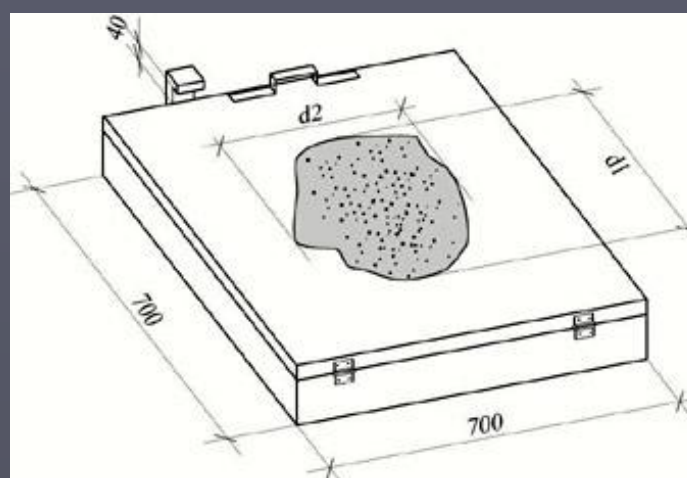
Különböző konzisztencia-mérő eszközök, MSZ 4714/3 és MSZ EN 12350 szerint – TERÜLÉS, k_t

► terület mérése

§ Ugyancsak az alakváltozási-, valamint az összetartó-képességet mutatja ki, de képet ad a víztartó-képességről is.

§ A területmérő asztal lapjának ejtetése alatt a kis kohéziójú keverék szétpereg, a kis víztartó-képességű betonokból a víz a szilárd szemcséktől elkülönülve kifolyik.

§ A terület mérőszáma: k_t , a szétterült betonlepeny két, egymásra merőleges átmérőjének számtani közepe cm-ben.



<i>Osztály</i>	<i>Terület mm</i>	<i>Tájékoztató megnevezés</i>
F1	≤ 340	Földnedves
F2	350 – 410	Kissé képlékeny
F3	420 – 480	Képlékeny
F4	490 – 550	Képlékeny 500 mm-ig , Folyós
F5	560 – 620	Folyós
F6	≥ 630	*

* önthető (öntömörődő) beton







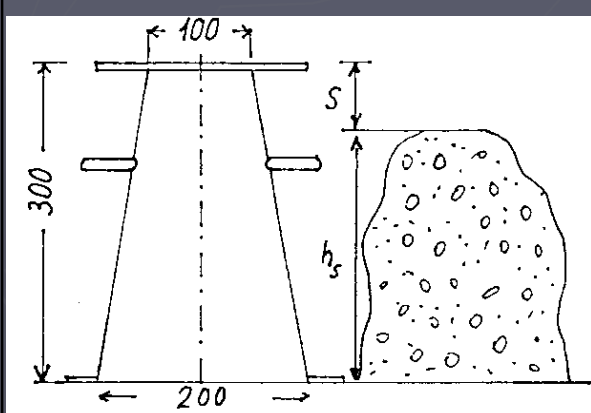
Különböző konzisztencia-mérő eszközök, MSZ 4714/3 szerint – ROSKADÁS, k_R

- ▶ Az egyik legegyszerűbb vizsgálat a roskadás mérése,
 - § amely a keverék alakváltozási képességét mutatja ki, valamint az összetartó-képességet (a kevés finomrészt tartalmazó keverékek széteshetnek).
 - § igen érzékeny a víztartóképeség változására.
 - § Egyszerűsége ellenére gondosan kell a mérést végrehajtani (a betont előírás szerint kell a *kúpba tömöríteni*, a kúppalástot függőlegesen kell felemelni, stb.).
 - § Jól használható legalább 200 dm³/m³ péptartalmú, kissé képlékeny-folyós konzisztenciájú keverékek ellenőrzésére, de földnedves betonokhoz nem
 - § A roskadás mérőszáma k_R , amely az eredeti kúpmagasság és a kiszaluzás utáni betonmagasság különbség mm-ben kifejezve.

ROSKADÁS (alakváltozási készség)

Roskadás:

$$S = 300 - h_s \text{ (mm)}$$



Osztály	S, mm	Megnevezés
S1	10 – 40	kissé képlékeny
S2	50 – 90	képlékeny
S3	100 – 150	képlékeny
S4	160 – 210	folyós
S5	> 210	*

* önthető (öntömörödő) beton

Roskadásmérő kúp

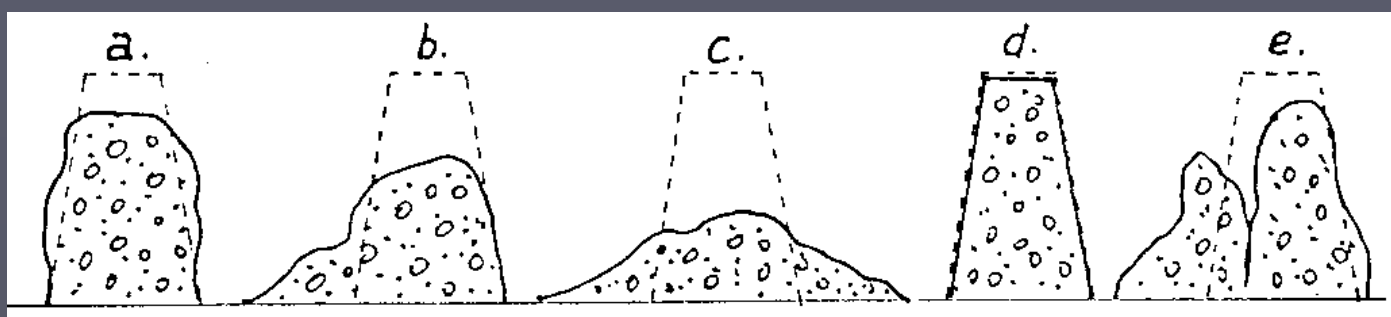
Csömöszölő rúd: Ø 16 mm és 600 mm hosszú acélrúd

Beton betöltés: 3 rétegben rétegenként 25 szúrás

Simítás, lehúzás

Teljes időtartam: 150 s

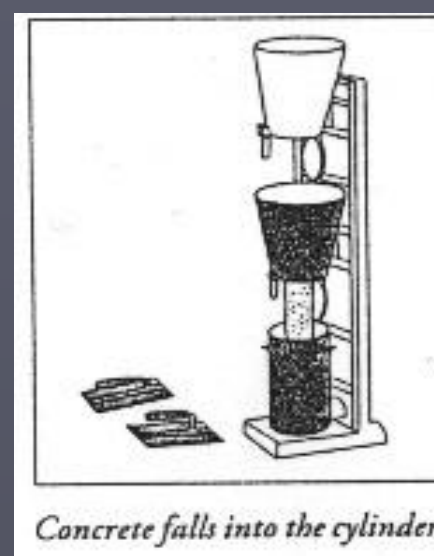
Roskadásmérés azonnal (5 mm-re kerekítve)



- a) szabályos roskadás
- b) torz, de értékelhető roskadás
- c) folyós (a terület mérése jobb lenne)
- d) földnedves állagú, roskadással nem mérhető
- e) nem értékelhető (lenyíródás, szétesés)

Különböző konzisztencia-mérő eszközök, MSZ 4714/3 szerint – TÖMÖRÖDÉS, k_{CF}

- ▶ Tömörödési tényező (angol eredetű kifejezés: compacting factor) értéke,
 - § A tömörödési képességet jellemzi, amelyet a közismert és Magyarországon alkalmazott **RILEM-Glanville készülékkel** lehet meghatározni.
 - § Hátránya, hogy a nagy belső súrlódású, esetleg ragacsos keverékek a tölcsérekbe beragadhatnak, a kiömlő nyílásoknál fennakadhatnak, s ez bizonytalanná teheti a mérési eredményt.
 - § Nehézséget jelenthet a mérőhengerbe beömlött beton kellő tömörítése is és nem érhető el a maximális tömörség - ami főleg FN-KK keverékekben következhet be.
 - § Megjegyzendő, hogy az európai szabvány nem a RILEM-Glanville készülék alkalmazását, hanem a Walz-féle eszközt szabályozta.



Walz féle tömörödési tényező

- ▶ A Waltz konzisztométer egy 200 x 200 x 400 (magasság) geometriai paraméterekkel rendelkező acél tartály, mely segítségével frissbeton tömörítési méroszáma határozható



Osztály	Tömörítési mérték az MSZ EN 12350-4 szerint vizsgálva
C0 ^{a)}	$\geq 1,46$
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1,04
C4 ^{b)}	$< 1,04$

a) Lásd az 5.4.1. szakasz 1. Megjegyzését.

b) A C4 csak a könnyűbetonra vonatkozik.

Különböző konzisztencia-mérő eszközök, MSZ 4714/3 szerint – VEBE, k_v

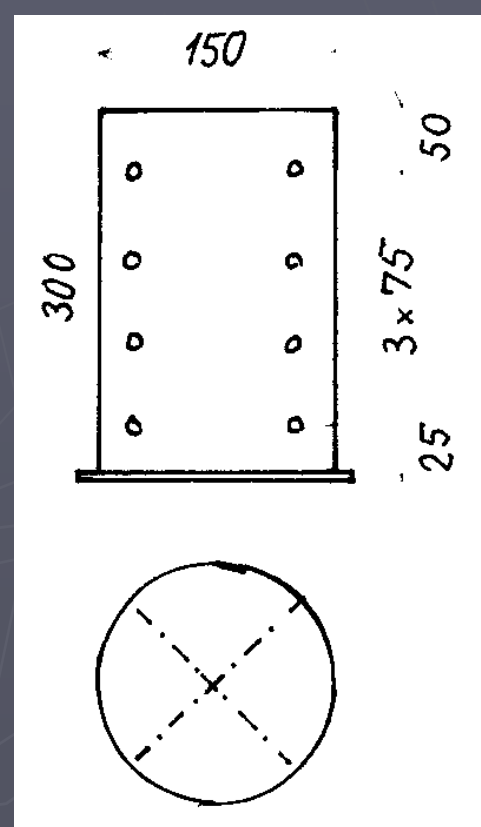
- ▶ A betonkeverék átformálódási készségét a vibrációs idővel (VEBE-méter) lehet mérni.
 - § Azt állapítjuk meg, hogy egy *csömöszölt betonkúp milyen vibrálási idő hatására kerül el egy hengeres tartályban vízszintes felülettel.*
 - § A felület akkor válik vízszintessé, ha az erre helyezett átlátszó műanyag lap alsó felületét a cementpép maradéktalanul bevonja.
 - § Elsősorban a tömörödési hajlamot méri, de következtetni lehet a keverék vízmegtartó képességére is.
 - § A VEBE-méter földnedves konzisztencia vizsgálatára is alkalmas, de habarcsszegény (telítetlen) betonhoz nem.
 - § jele: k_v , amely a vízszintes betonfelület kialakulásáig eltelt vibrálási idő s-ban.

Vízretartóképesség

- ▶ A szabványos módszerekkel csak kb. $m_c = 100 - 600 \text{ kg/m}^3$ cementtartalmú betonkeverékek vizsgálhatók. Ha a betonkeverékek vízigényét akarjuk meghatározni, szélsőséges összetételeket is kell ellenőrizni, pl. adalékanyagot önmagában (cement nélkül) vagy cementet önmagában (adalékanyag nélkül). A Vebe-osztályhoz elvében hasonló a vízretartó képesség ellenőrzése.
- ▶ A nyugalomban lévő szemcsékre vízfilm tapad a szemcsék felületi feszültségétől függően. Ez a szemnagyságtól függ, vizsgálata egyszerű (a száraz, ismert tömegű szemcsehalmazt vízzel kell felönteni, majd hagyni kell ülepedni, végül megmérni a tömegnövekedést). Szélső értéket kapunk, amely az önthető (öntömörödő) keveréknek megfelelő konzisztenciára jellemző.
- ▶ Ha az ennek megfelelő vízretartalmú keveréket fokozatosan hosszabb ideig vibráljuk, akkor fokozatosan nő az elfolyó víz mennyisége, tehát fokozatosan csökken a szemcséken maradó víz. A különböző tömörítési időhöz tartozó vízmennyiségek mérhetők.

A betonvizsgálat eszköze lyukasztott henger. Az adott víztartalmú beton betöltése olyan, mint a tömörítési osztály vizsgálata esetén. A lesimított betont addig kell vibrálni, amíg a lyukakon a vízkiválás meg nem kezdődik. Az ehhez szükséges vibrálási idő a konzisztencia mérőszáma.

Osztály	Víztartó képesség, s	Tájékoztató megnevezés
T1	≥ 51	Alig földnedves
T2	25 – 50	Földnedves
T3	24 – 10	Kissé képlékeny
T4	9 – 4	Képlékeny
T5	2 – 3	Folyós
T6	< 2	Önthető



A víztartóképesség vizsgálatához folyós-önthető konzisztencia esetén folyamatos szemeloszlású szemcsés anyagra van szükség. Ezért a tiszta cementpép, vagy az egyszemcsés adalékanyag konzisztenciájának vizsgálata csak T1-T3 osztályban reális (esetleg T4 esetén 7-9 s-ig).

Konzisztencia osztályok MSZ 4714-3

A vizsgálati módszer	A mérőszám jele és dimenziója	A konzisztencia-osztály jele és megnevezése			
		FN földnedves	KK kissé képlékeny	K képlékeny	F folyós
		Tájékoztató mérőszámok			
Roskadás mérése	k_r mm	---	20-40	41-100	> 100
Terülés megállapítása	k_t cm	£ 35	36-42	43-50	> 50
Átformálási ütésszám	$k_{\dot{u}}$ db	---	100-51	50-16	15-8
Tömörödési tényező	k_{CF}	0,70-0,75	0,76-0,85	0,86-0,92	0,93-0,97
Vibrációs idő (VEBE)	k_v s	50-21	20-8	7-3	---
Víztartó-képesség mérése	k_s s	20-30	8-19	1-7	0,2-0,9

Konzisztencia osztályok EN 206

Konzisztencia osztályok az EN 206 szerint

Roskadási osztályok (MSZ EN 12350-2:2000)		Vebe osztályok (MSZ EN 12350-3:2000)		Tömörítési osztályok (MSZ EN 12350-4:2000)		Területi osztályok (MSZ EN 12350-5:2000)	
Osztály	Roskadás (mm)	Osztály	Vebe, (s)	Osztály	Tömöríthetőségi fok (-)	Osztály	Terület Ø, (mm)
S1*	10-40	V0*	≥31	C0	≥1,46	F1*	≤340
S2	50-90	V1	30-21	C1	1,45-1,26	F2	350-410
S3	100-150	V2	20-11	C2	1,25-1,11	F3	420-480
S4*	160-210	V3	10-6	C3*	1,10-1,04	F4	490-550
S5*	≥220	V4	5-3			F5	560-620
						F6	≥630

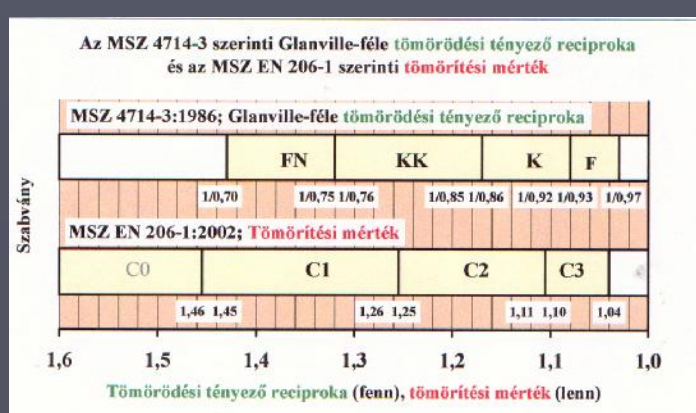
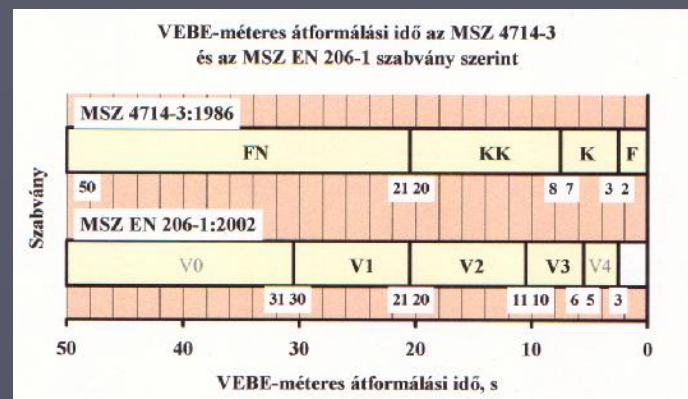
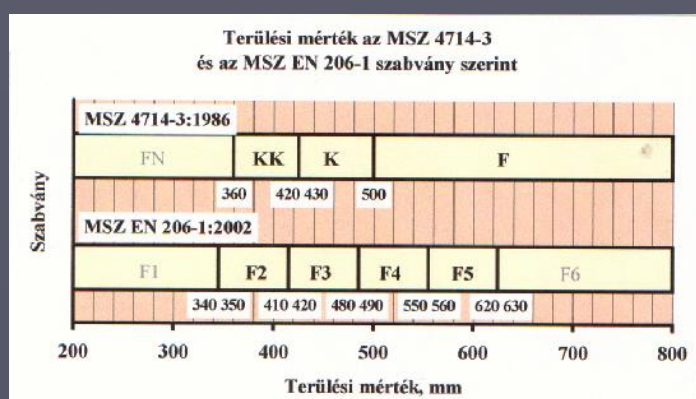
* e tartományban kevésbé alkalmas (a megadott prEN számok vizsgálati előírások)

Konzisztencia osztályok javasolt alkalmazási területei- az ÖNORM 4200 – 10 szerint

ÖNORM jel	Megnevezés és osztályhatárok	Jelleg	Tömörítési mód	Alkalmazási terület
K 1	„száraz beton” C = 1,45 – 1,26	peregve esik, ömlik (szemcsénként)	erős vibrátor	nagyméretű betontestek, <i>ritka</i> vasalással
K 2	„kevésbé képlékeny” C = 1,25 – 1,16	görrögökbe összeállva esik	vibrátor	nagyobb, nem sűrű vasalású szerkezetek
K 3	„képlékeny” F = 38 - 43 cm	összeállva esik, ömlik	vibrátor	vasbeton, feszített beton, szivattyúzott és látszóbeton
K 4	„lágú” F = 44 – 50 cm	enyhén folyik	óvatos vibrálás, szurkálás	sűrűn vasalt és karcsú szerkezetek
K 5	„igen lágú” F = 51 – 60 cm	folyékony	szurkálás és óvatos vibrálás	<ul style="list-style-type: none"> folyós beton^{*)} víz alatti beton

*) Folyósbeton készítésére külön osztrák Betonszövetségi Irányelv van.

Konzisztencia mérések összehasonlítása- Kausay szerint



Fogalmak I.

Víztartókéesség

- § A betonkeveréknek az a képessége, hogy a vele való műveletek során a vizét megtartja.
- § A víztartókéesség hiánya vagy csökkentett képessége az úgynevezett kivérzés, amikor a betonkeverékből a víz egy része elfolyik.

- A vizsgálat szemrevételezéssel történhet.

Fogalmak II.

Eltarthatóság

§ Az az idő, amíg a betonkeverék a zsaluzatba károsodás nélkül bedolgozható.

§ Az eltarthatóság adalékszerekkel befolyásolható.

§ A friss betonkeverék eltarthatóságán a keveréstől (a víz hozzáadásától) számított azt az időtartamot kell érteni, amelynek elteltével a beton még megfelelő konzisztenciájú ahhoz, hogy kellő tömörségűre legyen bedolgozható.

- ▶ PI. Az eltarthatóság időtartama annál rövidebb,

§ minél rövidebb a cement kötési ideje,

§ minél nagyobb a beton cementtartalma,

§ minél szárazabb (kisebb víz-cement tényezőjű) a betonkeverék,

§ minél magasabb a beton, illetve a környezet hőmérséklete

§ és minél több fordulattal keverik a betont (ennek korlátozására mixer kocsiiban szállított betonra legfeljebb 300 dobfordulat van megengedve).

Az eltarthatóság időtartamát átlagos transzportbetonokra az *MI-04.562 Műszaki Irányelv* részletezi.

Fogalmak III.

Tömörség

- ▶ A tömörség az 1 m³ friss beton szilárd alkotóanyagai tömör térfogatának és a víz térfogatának az összege, viszonyítva a friss beton térfogatához.

Másképp kifejezve a bedolgozott friss betonban lévő levegő nélküli beton térfogat %-a. Például 3 % levegőt tartalmazó friss beton tömörsége 0,97 vagy 97 %.

A friss beton tömörségére követelményt a tervező vagy a betontechnológus támaszthat.

§ Vizsgálata levegőtartalom méréssel vagy a tényleges testsűrűség ismeretében a betonösszetételből számítható.

Fogalmak IV.

Levegőtartalom

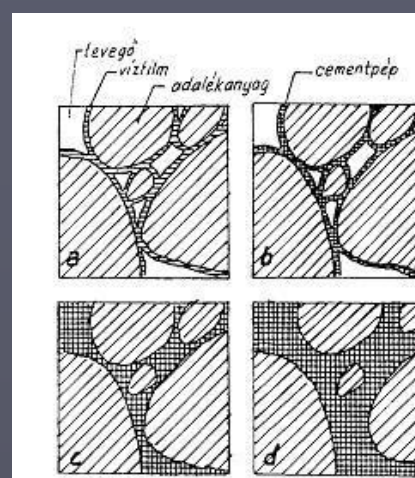
- ▶ 1 m³ friss betonban lévő elpárologtatható víz és levegő térfogata. Például, ha egy 1 m³ friss beton 150 dm³ elpárologtatható vizet és 3 dm³ levegőt tartalmaz, pórustartalma 153 dm³ vagy 15,3 %.
- § A pórusstruktúra a pórustartalommal (a pórusok összes térfogatával), a pórusok méretével, a pórusméretek eloszlásával és a pórusok összekapcsoltságával (átjárhatóságával) jellemezhető.
- § A beton pórustartalma a beton összetételétől és a tömörítés mértékétől (hatékonyságától) függ.
- § Pórustartalomra való követelményt a tervező vagy a betontechnológus támaszthat.
- § Vizsgálata az MSZ 4714/2 szerint levegő és víztartalom méréssel történik (lásd hidrotechnikai tulajdonságok).

Fogalmak V.

Telítettség

- ▶ Telített a friss beton, ha az adalékváz hézagait a cementpép (cement, víz és levegő keveréke) maradéktalanul kitölti.
- ▶ Telítetlen, ha ennél kevesebb,
- ▶ túltelített, ha több.
- ▶ Legelőnyösebb telített betont készíteni.

Követelményt a tervező vagy a betontechnológus szokott meghatározni.

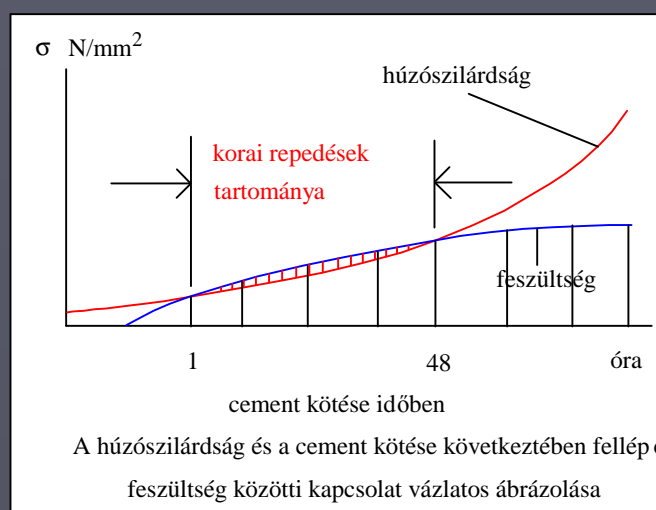


Növelve a cementpép mennyiségét, a levegő helyét fokozatosan a pép foglalja el. Azt az állapotot, amely mellett az adalékanyag-váz elhelyezkedése még nem változik (megfelel az "a" és "b" ábrákon láthatónak), de a pép teljesen kitölti a hézagokat, telítettnek nevezzük ("c" ábra). Fokozatosan tovább növelve a péptartalmat, a pép már nemcsak a levegőt, hanem az adalékanyagot is fokozatosan kiszorítja a tömörített betonból, a szemcsék fokozatosan távolabb kerülnek egymástól, a beton cementpéppel túltelítetté válik. Ez szemléltethető a "d" ábrán.

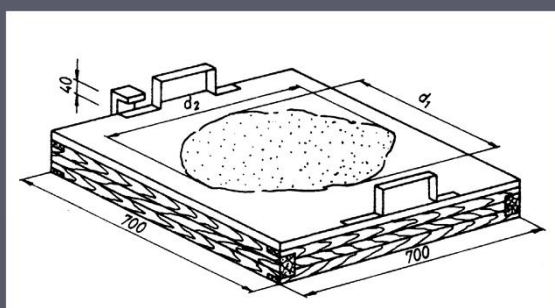
Fogalmak VI.

Zöldszilárdság

- ▶ A friss beton belső súrlódáson és kohéziós erőkön alapuló összetartóképessége a zöldszilárdság.
- ▶ A korai kiszaluzásnál és egyes speciális betontechnológiáknál van a zöldszilárdságnak szerepe.
- ▶ Követelményt az adott betontechnológia határozza meg.



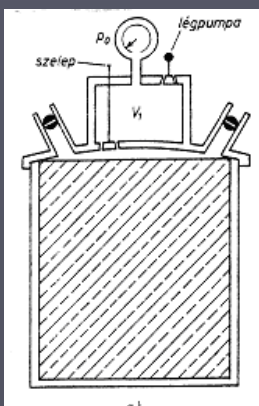
Frissbeton helyszíni vizsgálatai



Az eltarthatóságot a betömörített friss beton testsűrűségének, a betonkeverék konzisztenciájának, továbbá a keverékekből készített próbatestek nyomószilárdságának a vizsgálatával lehet megállapítani.

Frissbeton tulajdonságait szabványos vizsgálatokkal ellenőriztük

- Konzisztencia (Terület mérés)
- Testsűrűség mérése
- Légtartalom mérése
- Víztartalom meghatározása
- Betonösszetétel ellenőrzése



Testsűrűség meghatározása



Levegőtartalom meghatározása



Próbatestek készítése



- ▶ Kockák (15×15×15 cm) nyomószilárdság és fagyállóság vizsgálathoz
- ▶ Vízzáró próbatestek (12×20×20 cm)

Hasábok lehajlási vizsgálathoz (15×15×51 cm)

Kiegészítő anyagok

Hidraulitok

- ▶ A hidraulitok olyan hidraulikus póttanyagok, melyek lisztfinomságúak vagy lisztfinomságúra őrölve és vízzel keverve önmagukban nem, vagy csak kismértékben kötőképesek, de bizonyos gerjesztőkkel, aktivizátorokkal (pl.: mésszel) kötni és szilárdulni tudnak.

A hidraulitok lehetnek

§ mészben dúsak, bázikusak: nagyolvasztó salakok, és egyes pernyék,

§ lehetnek kovasavban dús savanyú hidraulitok: traszok, puccolánok, pernyék nagy része.

A hidraulitok a beton szilárdságát is növelik, ha a cementtartalom és konzisztencia változatlan marad. Ilyen esetben cement megtakarításra is lehetőség van.

Kiegészítő anyagok

- ▶ **Kohósalak granulátum** (nyersvas előállításakor keletkező szilikátolvadék salakot hirtelen lehűtve kapják a granulált salakot)
- ▶ **Természetes hidralitok traszok, puccolánok** (természetes eredetűek, vulkanikus kitörésekkor lehullott hamuból keletkező tufák)
- ▶ **Pernyék** (hazai erőművek pernyéi)
- ▶ **Kovasavliszt** (nevezik még *szilikapornak*, mikroszilikátnak, sőt néha szilikafüstnek is. A kovasavliszt a szilícium és a ferroszilícium ötvözet elektromos kemencékben történő előállításának mellékterméke. A távozó gázokból elszívott por nagyon kisméretű és gömb alakú szemcséi nagyrészt amorf SiO₂-ből állnak)
- ▶ **Metakaolin** (amorf alumínium-szilikát)
- ▶ **Kóliszt** (mész-kóliszt)

Kiegészítő anyagok

- ▶ A *szilikapor* a cementes keverékben résztvesz a kötésben, a Ca(OH)₂, az alkáliák és a Ca⁺⁺ ionok hatására kalcium szilikát hidrátok keletkeznek, melyek valamelyest különböznek a cement hidratálása során kialakuló hidrátoktól, sűrűségük kisebb, és az áteresztő képességük nagyon kicsi.
- ▶ **Nagy szilárdságú betonok** készíthetők kovasavliszt adagolással, csökkentett víz-kötőanyag tényező mellett folyósító adalékszer használatával.
- ▶ A nagy szilárdság mellett az ilyen beton előnye, hogy nagy tömörségű és kis áteresztőképességű lesz.

Megnevezés	Fajlagos felület m ² /kg
<i>Kovasavliszt</i>	20.000
<i>Pernye</i>	400 – 700
<i>Granulált kohósalak</i>	350 – 600
<i>Normál portlandcement</i>	300 - 400

ALAPÖSSZEFÜGGÉSEK

1) Cementtartalom	: m_c kg/m ³	$V_c = m_c : \rho_c$	liter/m ³	$\rho_c \approx 3,1$ g/cm ³
2) Víz tartalom	: m_w kg/m ³	$V_w = m_w : \rho_w$	liter/m ³	$\rho_w = 1,0$ g/cm ³
3) Adalékanyag tartalom	: m_a kg/m ³	$V_a = m_a : \rho_a$	liter/m ³	$\rho_a = 2,64$ g/cm ³

Például: $m_c = 310$ kg/m³ $m_w = 186$ kg/m³ $m_a = 1885$ kg/m³

$V_c = 100$ l/m³ $V_w = 186$ l/m³ $V_a = 714$ l/m³

Készítési testsűrűség : $m_c + m_w + m_a = 2381$ kg/m³

Tömör térfogat : $V_c + V_w + V_a = 1000$ l/m³ (légtart. zérus)

Cementpép térfogat : $V_p = V_c + V_w = 286$ l/m³

Kevertési arány MSZ 4714/1 szerint

Az tömeg szerinti kevertési arány megadja a friss betonkeverék alkotóanyagainak a tömegét az egységnyi tömegű **kötőanyag (cement) tömegéhez** viszonyítva, azaz ,

$$c : w : a : k_a$$

ahol c = a cement tömegaránya (=1), w = a víz tömegaránya, a = az adalékanyag tömegaránya és k_a = a kiegészítő anyag tömegaránya.

Megjegyzendő, hogy az adalékanyag tömegaránya száraz (nedvességtartalom = 0 %) állapotra értendő.

1. Példa: **1 : 0,5 : 5,0 : 0,2** kevertési arány azt jelenti, hogy

- ▶ 1 tömegrész cementhez
- ▶ 0,5 tömegrész vizet
- ▶ 5,0 tömegrész adalékanyagot és
- ▶ 0,2 tömegrész kiegészítő anyagot kell hozzáadni.

§ Az adalékszer – kis mennyisége miatt – általában a cement tömegszázalékában fejezzük ki, tehát pl. **0,2 tömeg %** légbuborék képző adalékszer előírása azt jelenti, hogy a cement tömegéhez viszonyítva 0,002 részt kell adagolni (tehát elenyésző mennyiséget).

Keverési arány MSZ 4714/1 szerint

A *tömeg szerinti keverési arányból* a beton *térfogat szerinti keverési arányát* az alkotóanyagok *sűrűségének* (általános jelölése : ρ) az ismeretében lehet kiszámítani.

A hazai alapanyagok sűrűségei a következők :

- § cement sűrűsége : $\rho_c \approx 3,1 \text{ g/cm}^3$
- § víz sűrűsége : $\rho_w = 1,0 \text{ g/cm}^3$
- § homokos kavics sűrűsége : $\rho_a = 2,645 \text{ g/cm}^3$

- ▶ A kiegészítő anyagok sűrűsége változó, első közelítésben (durva becslésre) $\rho_{ka} = 2,3 \text{ g/cm}^3$ felvehető.

Térfogat szerinti keverési arány általános kifejezése a következő:

$$c/r_c : w/\rho_w : a/\rho_a : ka/\rho_{ka} = c/3,1 : w/1,0 : a/2,64 : ka/2,0$$

2.példa :Az 1.példában megadott tömeg szerinti keverési arányból a térfogat szerinti keverési arány a következő:

$$1/3,1 : 0,5/1,0 : 5,0/2,64 : 0,2/2 = 0,32258 : 0,5 : 1,89394 : 0,1$$

Betonösszetétel

Legyen a tömeg szerinti keverési arány az 1.példának megfelelően:

$$1 : 0,5 : 5 : 0,2.$$

A térfogat szerinti keverési arány tömör betonra :

- ▶ (1000 liter/m³ tömör térfogatra),
- ▶ Ismert: $\rho_c = 3,1 \text{ g/cm}^3$; $\rho_w = 1 \text{ g/cm}^3$; $\rho_a = 2,64 \text{ g/cm}^3$ és $\rho_{ka} = 2,0 \text{ g/cm}^3$
- ▶ $V = 1/3,1 + 0,5/1 + 5,0/2,64 + 0,2/2 = 2,81652,$
- ▶ következők :

§ cement térfogata :	$V_c = (1000 : 2,81652) \times 1/3,1 = 114,5 \text{ liter/m}^3$
§ a víz térfogata :	$V_w = (1000 : 2,81652) \times 0,5/1 = 177,5 \text{ liter/m}^3$
§ az adalékanyag térfogata :	$V_a = (1000 : 2,81652) \times 5/2,64 = 672,5 \text{ liter/m}^3$
§ a kiegészítő anyag térfogata:	$V_{ka} = (1000 : 2,81652) \times 0,2/2 = 35,5 \text{ liter/m}^3$
- ▶ összesen : 1000 liter/m³

folytatás ->

Betonösszetétel

Ennek a térfogat szerinti összetételű betonnak a **tömeg szerinti összetételét** a térfogat adatoknak a sűrűséggel való szorzása révén kapjuk meg, azaz:

- ▶ a cementtartalom : $m_c = 114,5 \times 3,1 = 355 \text{ kg/m}^3$
- ▶ a víztartalom : $m_w = 177,5 \times 1 = 177,5 \text{ kg/m}^3$
- ▶ az adalékanyag tartalom : $m_a = 672,5 \times 2,64 = 1775,2 \text{ kg/m}^3$
- ▶ a kiegészítő anyag tartalom: $m_{ka} = 35,5 \times 2 = \underline{71 \text{ kg/m}^3}$
- ▶ összesen : $2378,7 \text{ kg/m}^3$

ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK



Dr. Salem Georges NEHME

**BME, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék
Laborvezető**

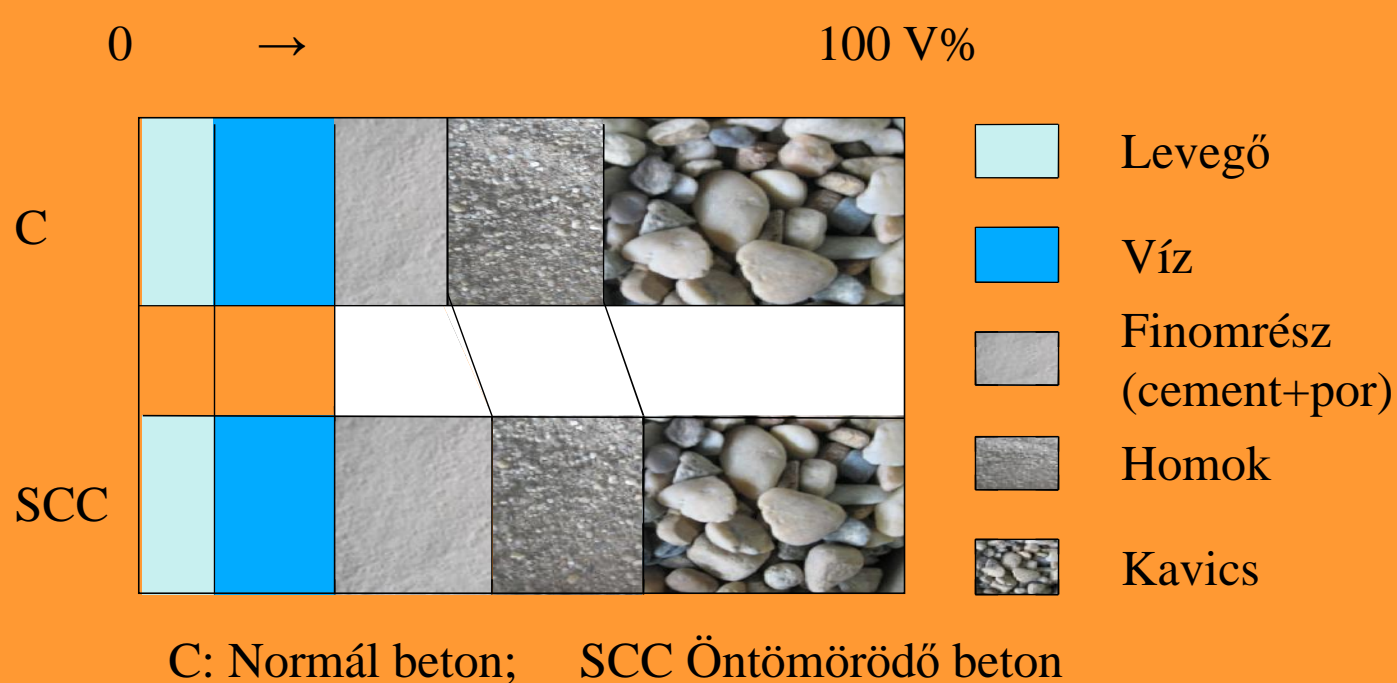
Az SCC definíciója

- Az öntömörödő beton olyan nagy teljesítőképességű friss beton, amely kiegészítő tömörítési energia nélkül, saját súlyánál fogva a komponensek szétosztályozódásától mentesen, közel szintkiegyenlítésig lassan folyik, légtelenedés közben tömörödik, miközben a vasalás köztes tereit, és a zsaluzatot teljes egészében kitölti, és megtartja a homogenitását

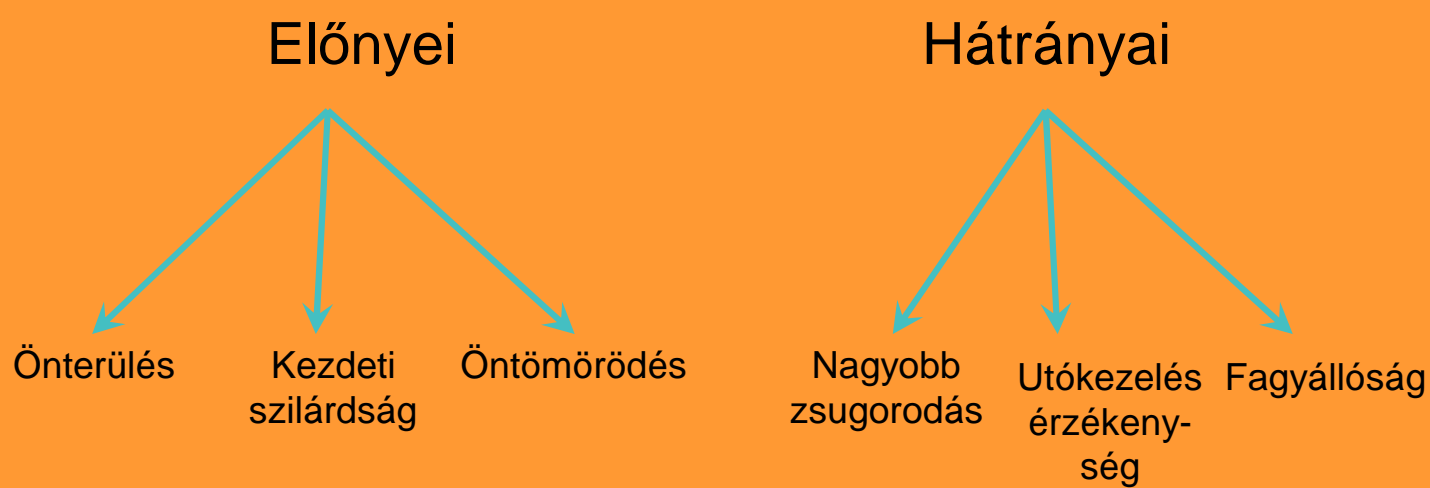
Öntömörödő beton 3 alapelve

- Megfelelő finomrész tartalom és a $v/(c+f)$ térfogataránya 0,9 és 1 között (TARTALOM VAGY FAJLAGOS FELÜLET?)
Kiegészítő anyagok (mészkeőliszt, bazaltliszt, perlitiszt...)
- Jól kiválasztott adalékszer
- Megfelelő konzisztencia (Elegendő-e a terület mérés vagy kifolyási idő és terület mérés)

Összehasonlítás



Öntömörödő betonok



Dr. Salem G. NEHME

Öntömörödő betonok tervezése

Előnyei

Az öntömörödő betonok előnyei a következők:

- Nem szükséges tömöríteni,
- Nem keletkeznek hibahelyek (fészkesség),
- Kifogástalan, egyenletes betonfelület,
- Nincs vibrátorok okozta zaj,
- Egyenletes betonminőség.

Dr. Salem G. NEHME

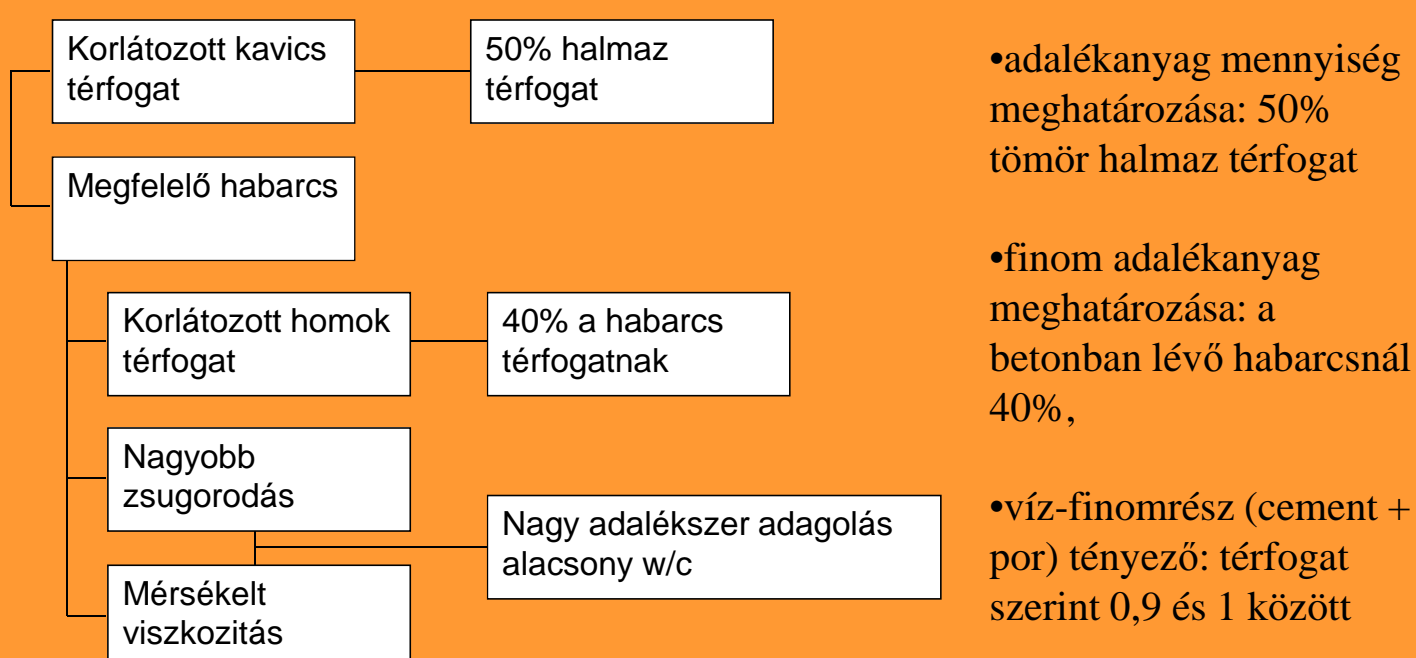
Öntömörödő betonok tervezése

Hátrányok

Az öntömörödő betonok hátrányai a következők:

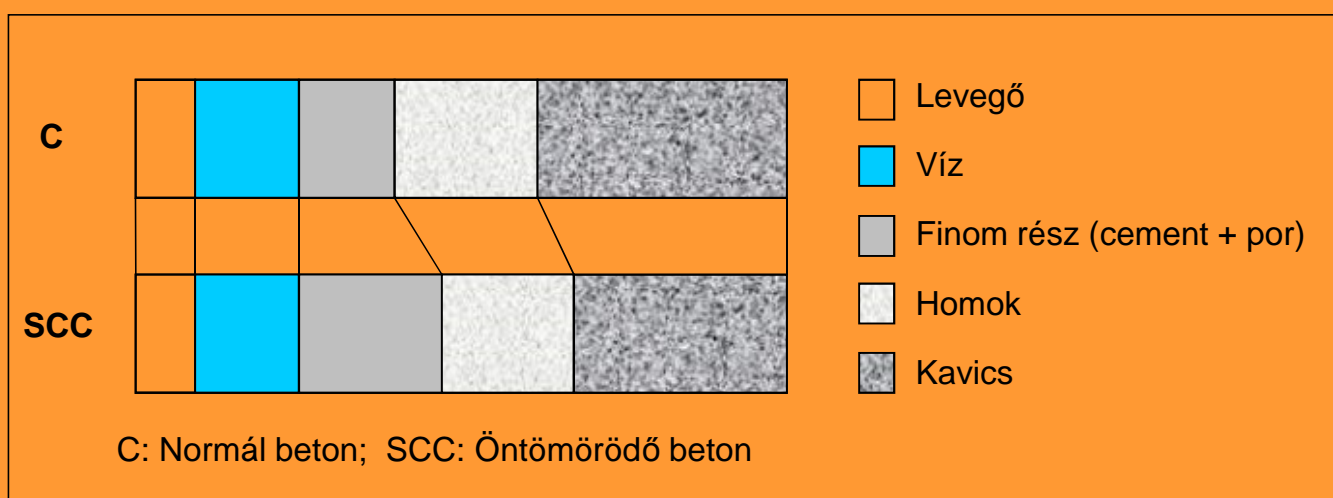
- Repedésérzékenysége nagyobb, mint a szokványos betoné,
- Zsugorodása nagyobb, mint a szokványos betoné,
- Fagyállósága rosszabb, mint a szokványos betoné,
- Utókezelési igény nagyobb, mint a szokványos betoné,
- Konzisztencia függő (terület: 65 ± 5 cm).
- Fagyállósága rosszabb.

Öntömörödő betonok tervezése



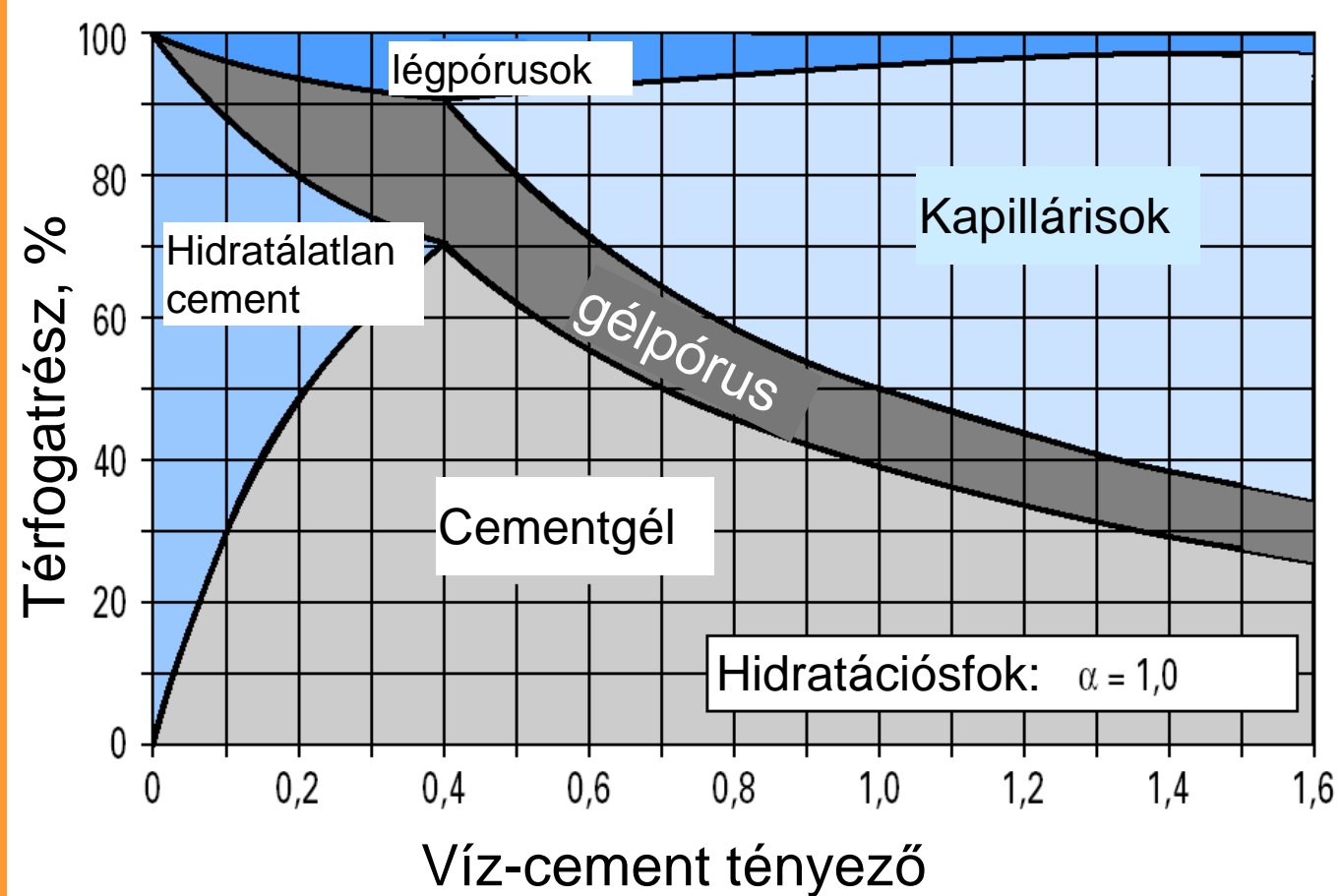
Az öntömörödő beton összetételének tervezési lépései *Okamura és Ozawa* szerint
Tokio University – Development of Self Compacting Concrete

Öntömörödő beton



Okamura és Ozawa (1995) az öntömörödő beton alapjait megvalósították az alábbiak szerint:

- adalékanyag mennyiség meghatározása: 50% tömör halmaz térfogat,
- finom adalékanyag meghatározása: a betonban lévő habarcsnál 40%,
- víz-finomrész (cement + por) tényező: térfogat szerint 0,9 és 1 között ,
- öntömörödő hatású adalékszer használata.



ÖNTÖMÖRÖDŐ BETON ÉS ALKALMAZÁSA

Az öntömörödő beton a betöltő fedélzetek környezetének felső kb. 20 cm vastag részének kitöltéséhez használjuk

Követelmények:

- Frissbeton testsűrűsége min. 2350 kg/m³,
- 28 napos korban, légszáraz állapotban a névleges testsűrűsége min. 2100 kg/m³,
- szivattyúzhatóság,
- konzisztencia F6 jelű legyen (70 ± 5 cm),
- Szilárdsági jele: C30/37

vizsgálatok célja

Öntömörödési vizsgálatokat három célból végeznek, melyek gyakorlati okokra vezethetők vissza:

1. vizsgálat: annak ellenőrzése, hogy a beton öntömörödő-e egy adott szerkezetre nézve
2. vizsgálat: a receptúra módosításának céljából, amennyiben az öntömörödés nem megfelelő
3. vizsgálat: az anyagok jellemzésére.

Vizsgálatok

- **Terület mérés (A folyósság meghatározása), J-gyűrű (A zárványképződési hajlam meghatározása)**
- **Kifolyási tölcsér (A viszkozitás meghatározása)**
- **U-doboz (Az önkiegyenlítő képesség és zárványképződési hajlam meghatározása)**
- **Kajima-doboz vizsgálat [A töltési fok (légtelenedési képesség) meghatározása]**
- **L-Box (L-doboz) vizsgálat, Az önkiegyenlítő hatás és a zárványképződési hajlam meghatározása**

Dr Salem G. NEHME

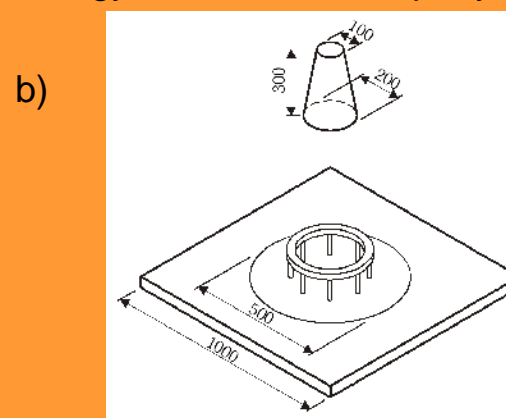
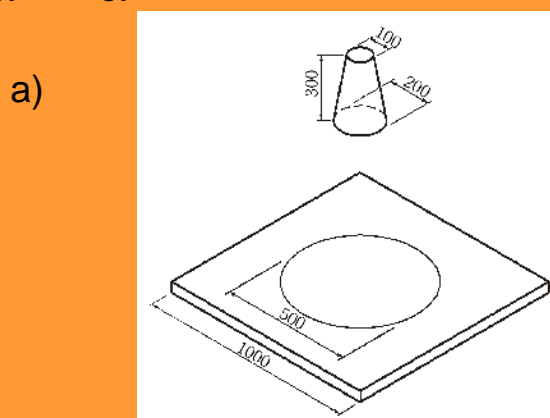
Öntömörödő betonok tervezése

Terület

A területi és kifolyási tölcsér vizsgálatok alkalmazása ajánlott az öntömörödő beton alkotórészeinek jellemzésére, mint pl. finomrész, homok, és folyósítószer.

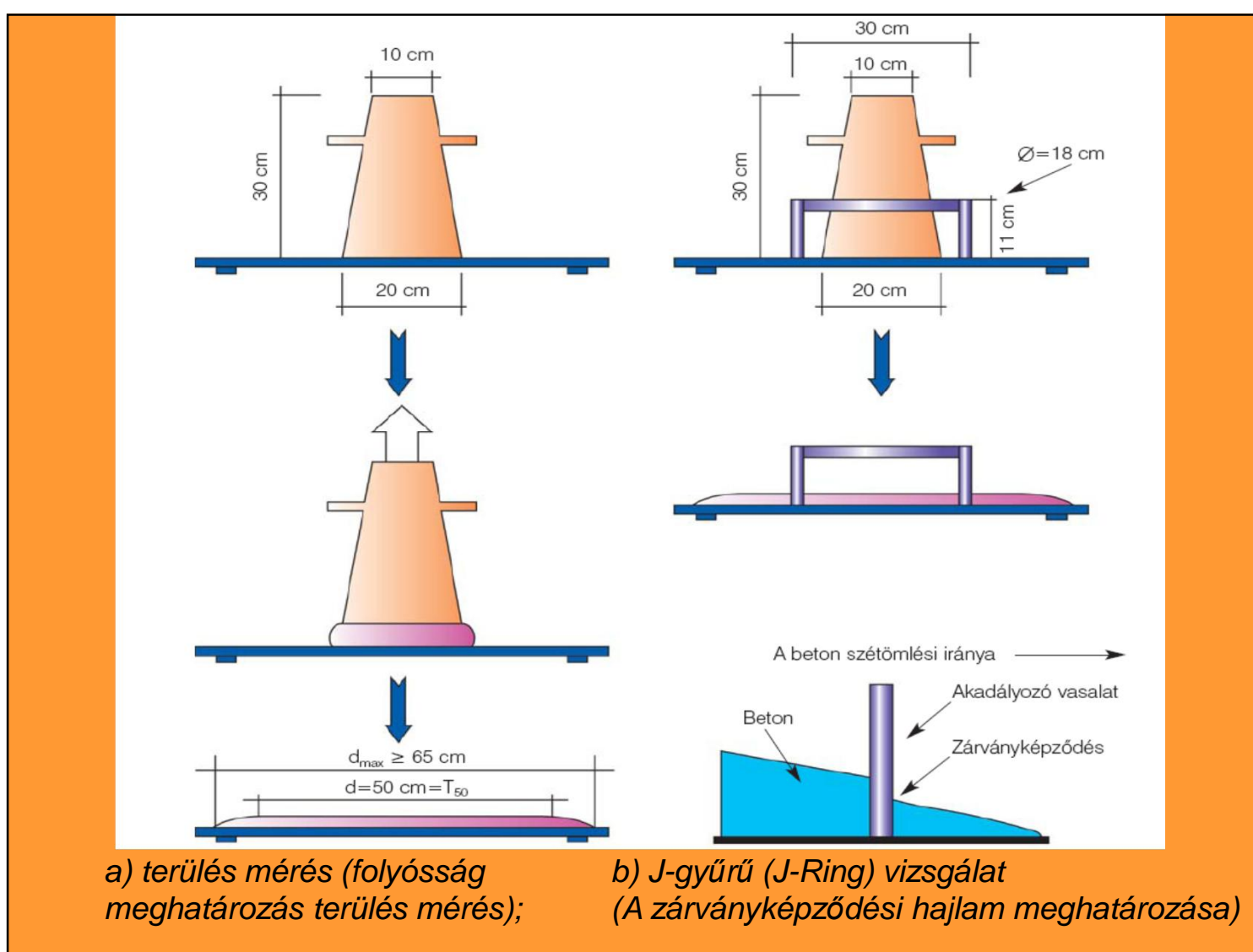
A területismérésnél meg kell határozni a T50 időt (az 50 cm átmérőre területéhez szükséges időt). A célzott érték: 3-6 másodperc legyen.

- J-gyűrű vizsgálatnál meg kell mérni a betonterület maximális átmérőjét. A célzott méret: $d_{\max} \geq 65 \text{ cm}$
- Szemrevételezéssel el kell bírálni a homogenitást és a szétosztályozódási hajlamot, legyen egyenletes a durva szemcsék eloszlása és ne legyen vízkiválás a lepény szélén.



Dr Salem G. NEHME

Öntömörödő betonok tervezése



PÉP alakváltozási képessége

A pép alakváltozási képessége és viszkozitása ugyanilyen módon becsülhető, mértékük Γ_m és R_m értékekkel számszerűsíthető (Γ_m : relatív terület, R_m : relatív kifolyási idő).

A magas Γ_m érték nagy alakváltozási képességet, míg az alacsony R_m érték magas viszkozitást mutat. Az anyagok jellemző leírására Γ_m és R_m mérőszámok ajánlottak.

Amennyiben az 1. vizsgálat kimutatja, hogy a beton nem teljesíti az öntömörödés feltételeit, az okok kvantitatív vizsgálatára van szükség, így a receptúra megfelelően módosítható. Az alakváltozási képesség és a viszkozitás vizsgálatára a területmérés, ill. a tölcsér-vizsgálat ajánlott, melyeknek mérőszámai Γ_c és R_c .

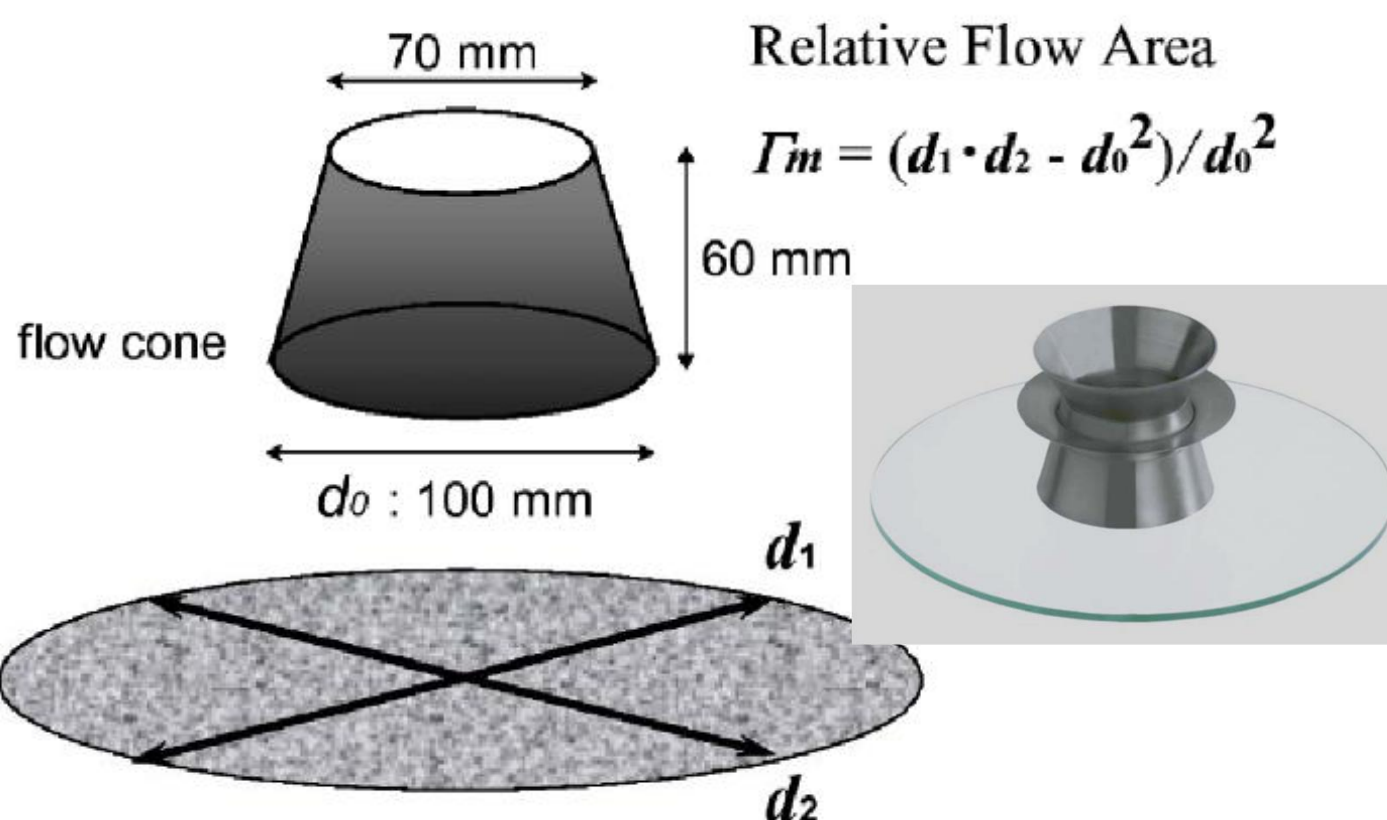
$$\Gamma_c = \left(\frac{d_1 \times d_2 - d_0^2}{d_0^2} \right)$$

Ahol d_1 és d_2 a terület átmérője két irányban és d_0 a kúp alsó átmérője.

$$R_c = \frac{10}{t}$$

Ahol t : idő sec.

Habarcs



Roskadási terület osztályai

Osztály	A roskadási terület ^{a)} az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva, mm
SF1	550 – 650
SF2	660 – 750
SF3	760 – 850

a) Az osztályba sorolás nem alkalmazható olyan betonra, amelynél a D_{max} nagyobb 40 mm-nél.

Viszkozitási (roskadási területéhez kapcsolódó) t_{500} osztályok

Osztály	t_{500} ^{a)} az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva s
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0

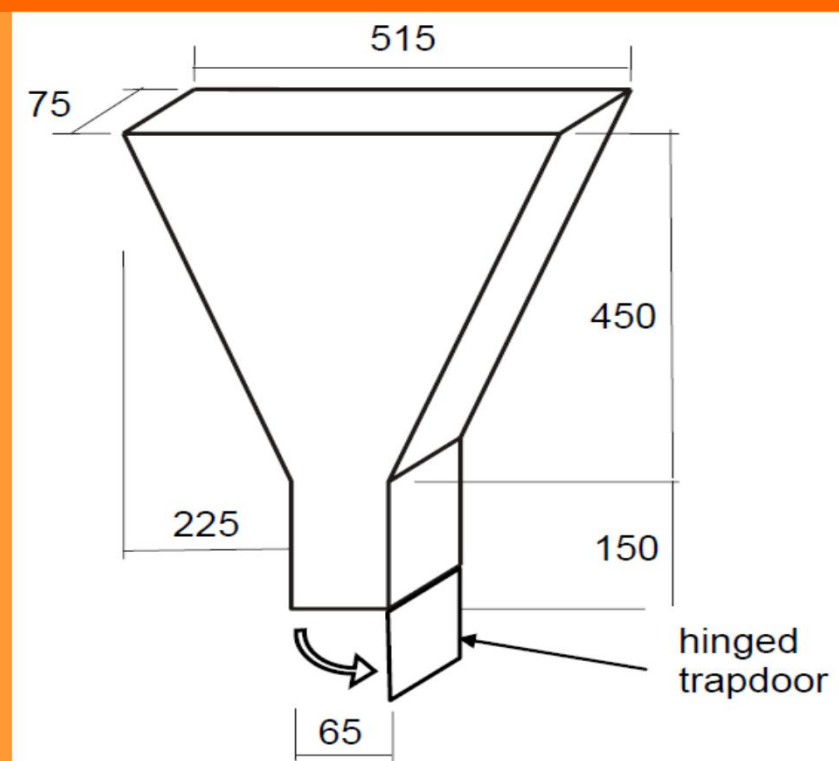
a) Az osztályba sorolás nem alkalmazható olyan betonra, amelynél a D_{max} nagyobb 40 mm-nél.

Átfolyási képesség osztályai fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) vizsgálat szerint

Osztály	Fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) érték ^{a)} az MSZ EN 12350-12 szerint vizsgálva mm
PJ1	≤ 10 (12 db fékező acélrúd alkalmazásával)
PJ2	≤ 10 (16 db fékező acélrúd alkalmazásával)

a) Az osztályba sorolás nem alkalmazható olyan betonra, amelynél az adalékanyag legnagyobb mérete 40 mm-nél nagyobb.

Kifolyási idő

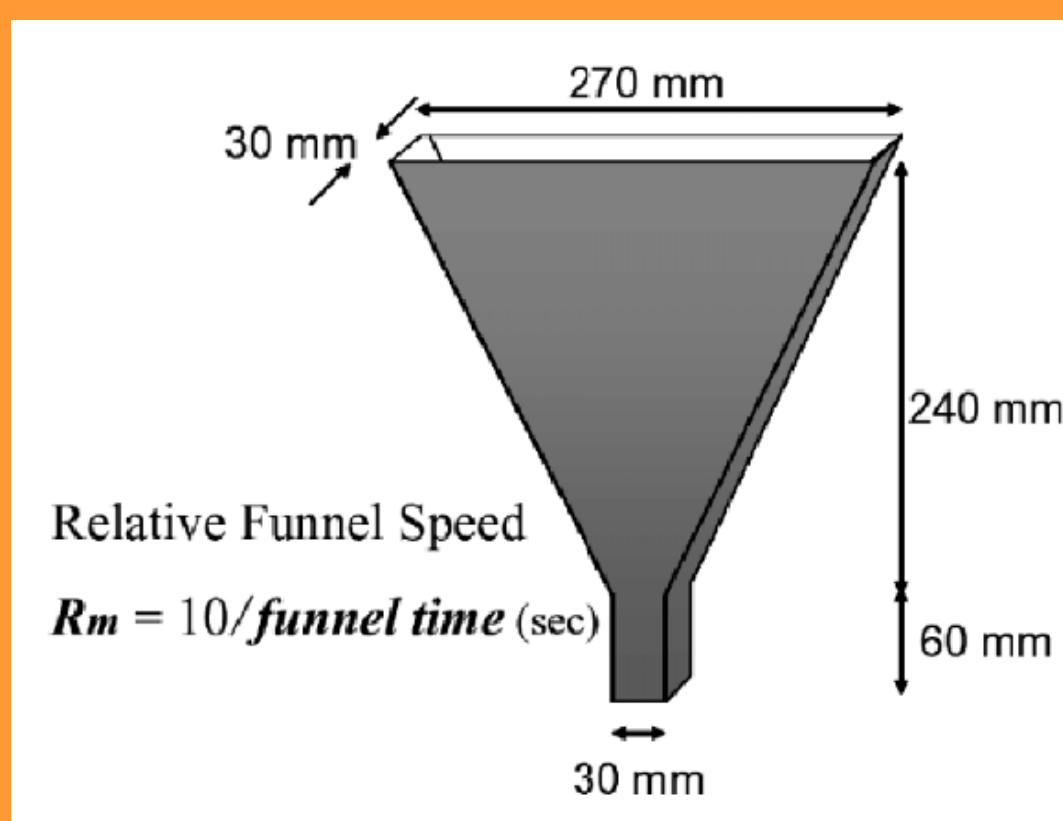


A kifolyási idő vizsgálatnál meg kell határozni a kifolyási időt,
A célzott érték: $t = 5-15$ másodperc.

Dr. Salem G. NEHME

Öntömörödő betonok tervezése

Habarcshoz

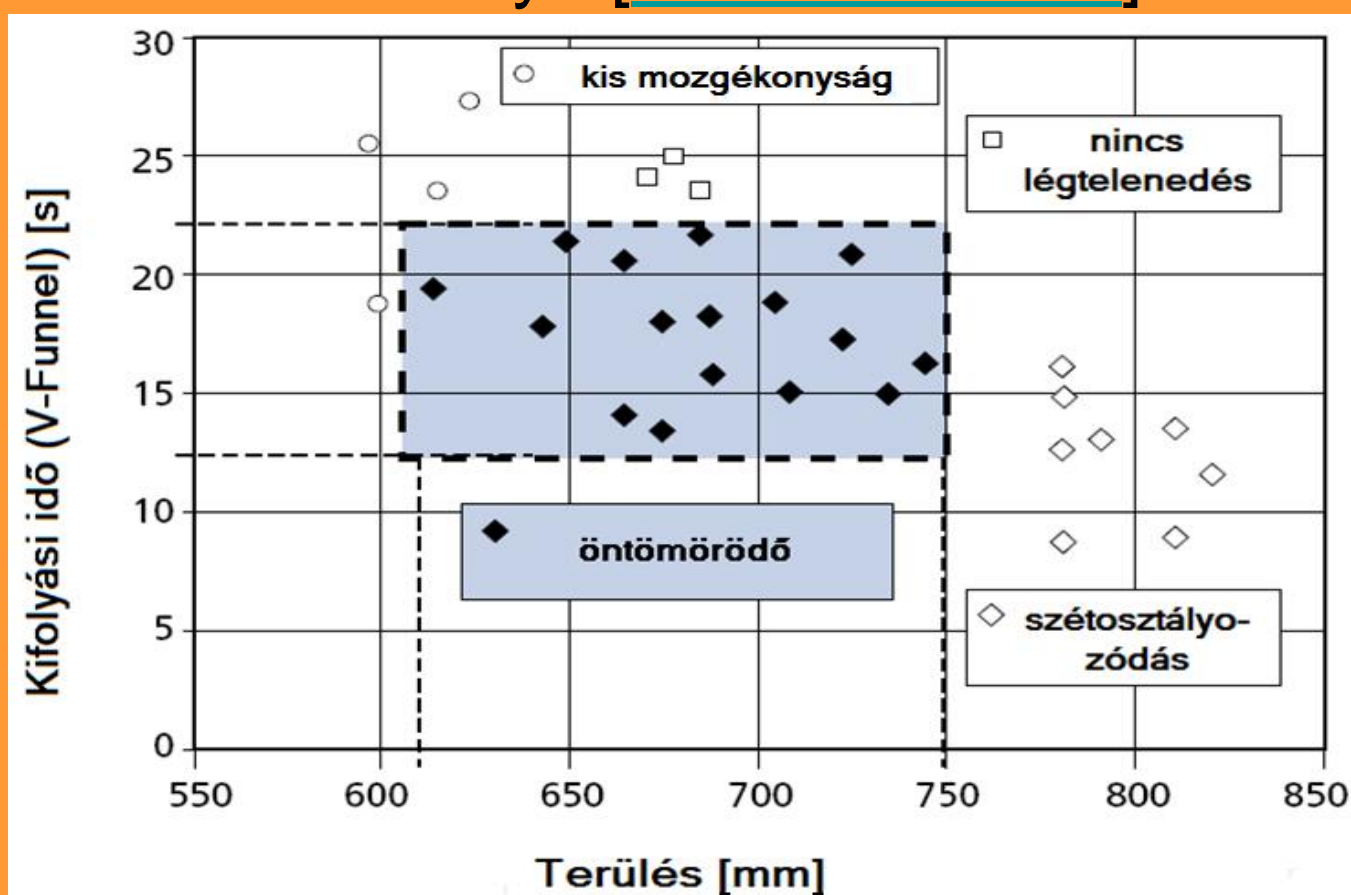


Kifolyási idő

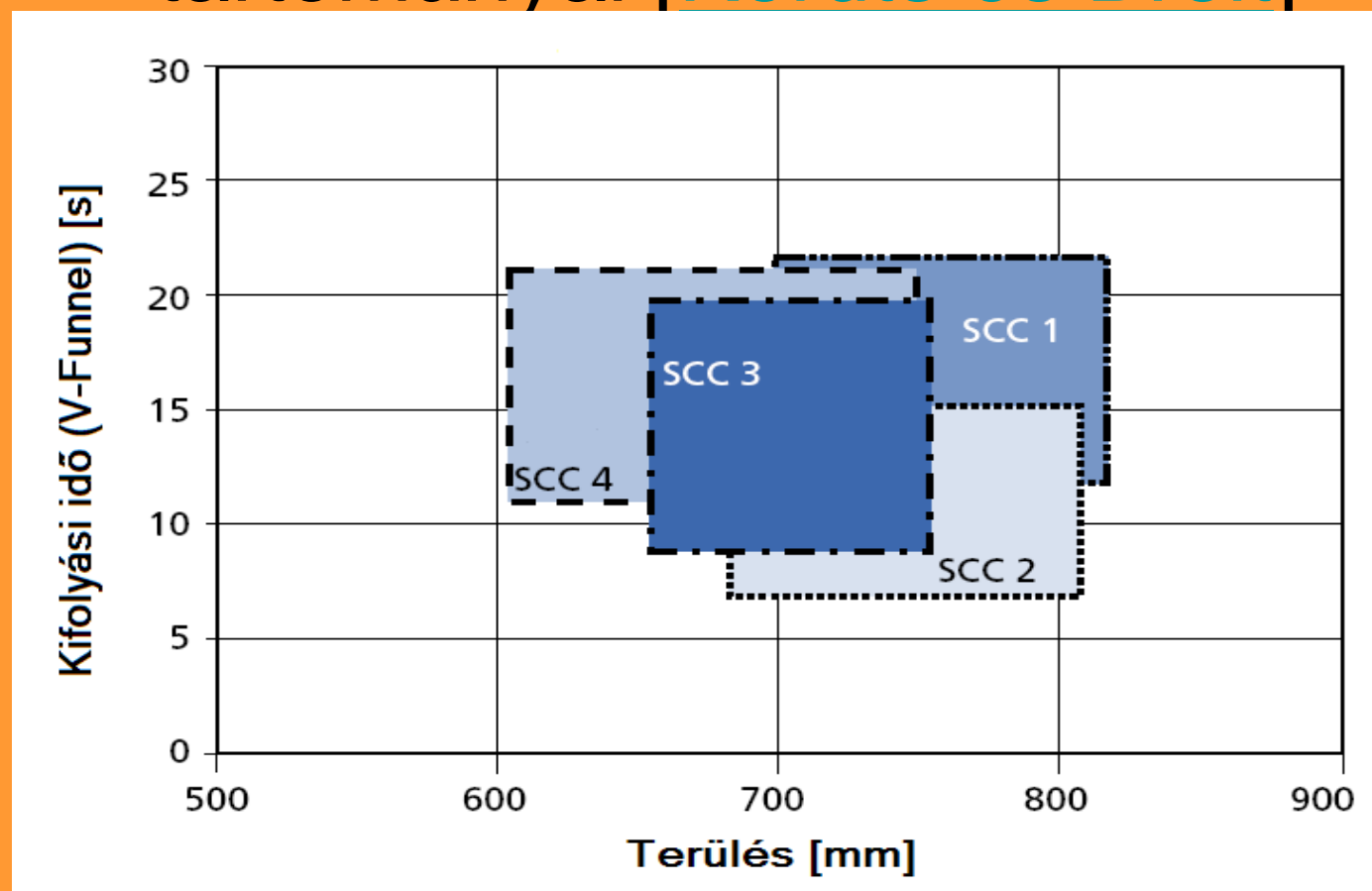
Osztály	t_v^a az MSZ EN 12350-9 szerint vizsgálva s
VF1	< 9,0
VF2	9,0 – 25,0

a) Az osztályba sorolás nem alkalmazható olyan betonra, amelynél a D_{max} nagyobb 22,4 mm-nél.

Öntömörödő betonok bedolgozhatósági tartománya [[Kordts és Breit](#)]



A bedolgozhatóság megfelelőségi tartományai [Kordts és Breit]

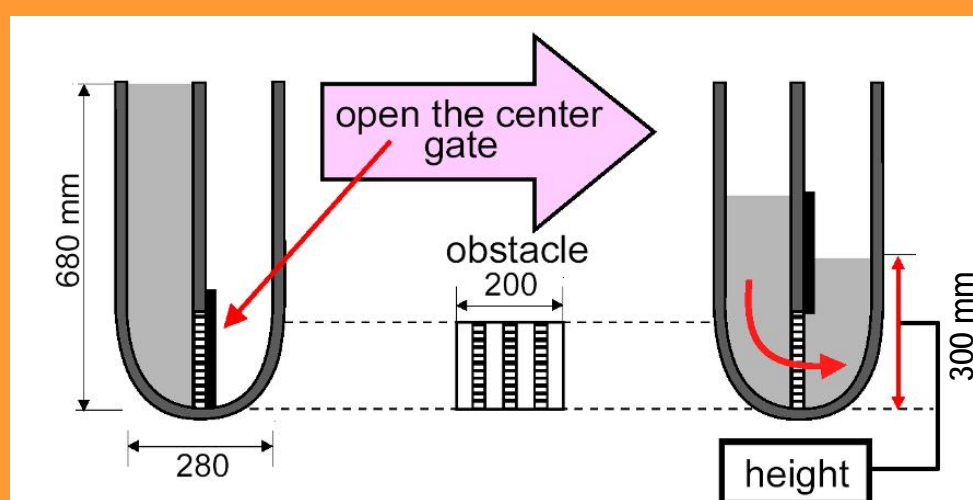


*Blokkoló rács vizsgálat U alakú edényben (U-Box)
Az önkiegyenlítő képesség és zárványképződési
hajlam meghatározása*

U doboz

Az U-átfolyás vizsgálata a Taisei Group által lett kifejlesztve (Hayakawa, 1993). A vizsgálat során az öntömörödés mértékét egy U alakú cső alján lévő akadályon való átfolyás utáni betonmagasság mutatja. Öntömörödőnek tekinthető a beton, amennyiben az átfolyt beton magassága legalább 300 mm. Amennyiben fennáll a pép és a durva szemcsék szétosztályozódásának veszélye, a doboz vizsgálat ajánlott.

Blokkoló rács vizsgálat U alakú edényben (U-Box) Az önkiegyenlítő képesség és zárványképződési hajlam meghatározása (Okamura, Ouchi, 2003)



Dr Salem G. NEHME

Öntömörödő betonok tervezése

Kajima-doboz

A töltési fok (légtelenedési képesség) meghatározása

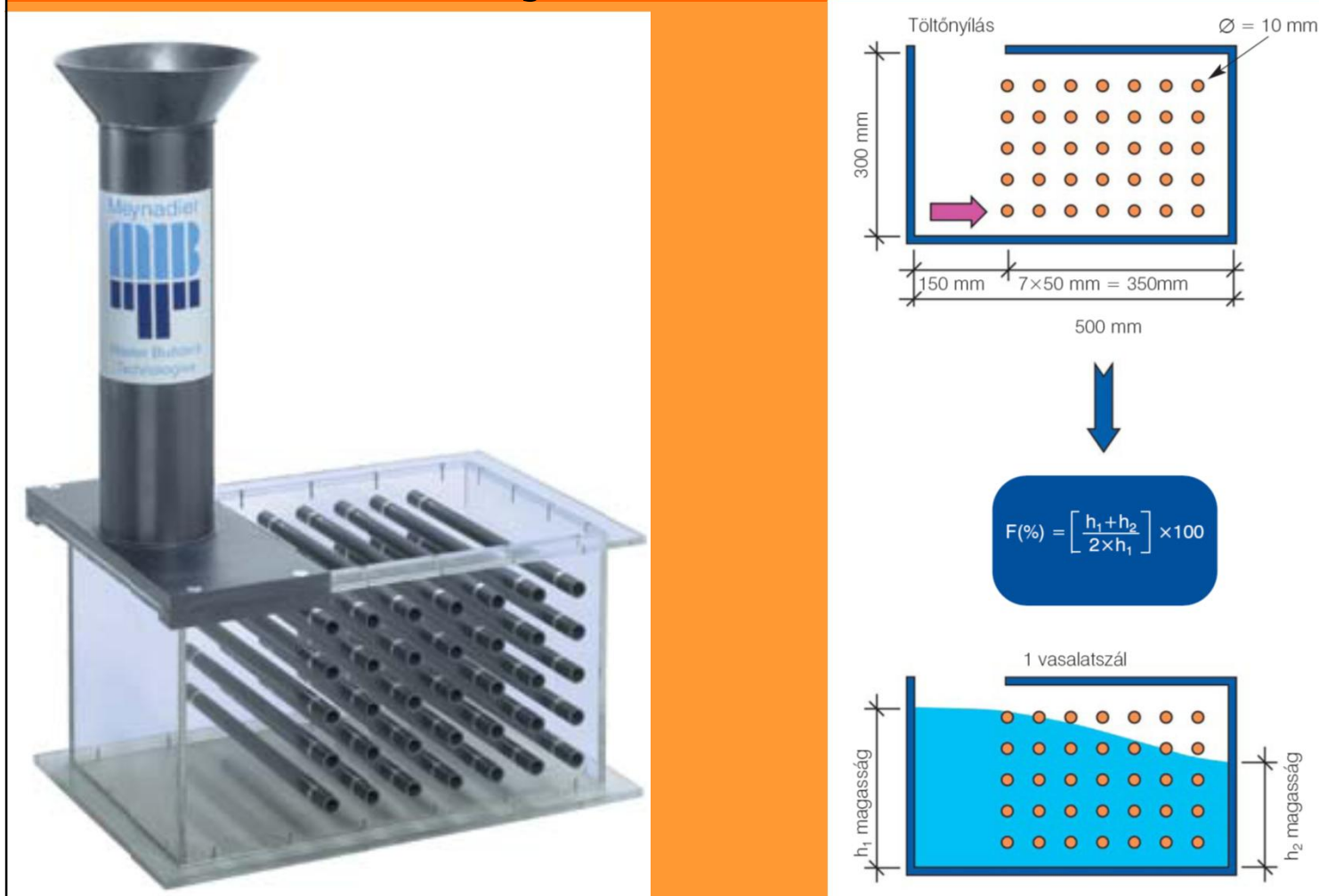
Egy akadályozó betonacél betétekkel beépített plexi műanyagtartály töltőnyílásán át addig töltenek be frissbetont, amíg a töltési szint a legfelső vasalatsor első betétjét eléri.

- Meg kell határozni a h_1 magasságot
- Ki kell számítani a töltési fokot ($F\%$). Ha $F \geq 90\%$, akkor megfelel
- Szemrevételezéssel értékelni kell, hogy a frissbeton mennyire töltötte ki a vasalatbetétek közti hézagokat. Az értékelési szempont: üregképződés nem észlelhető.

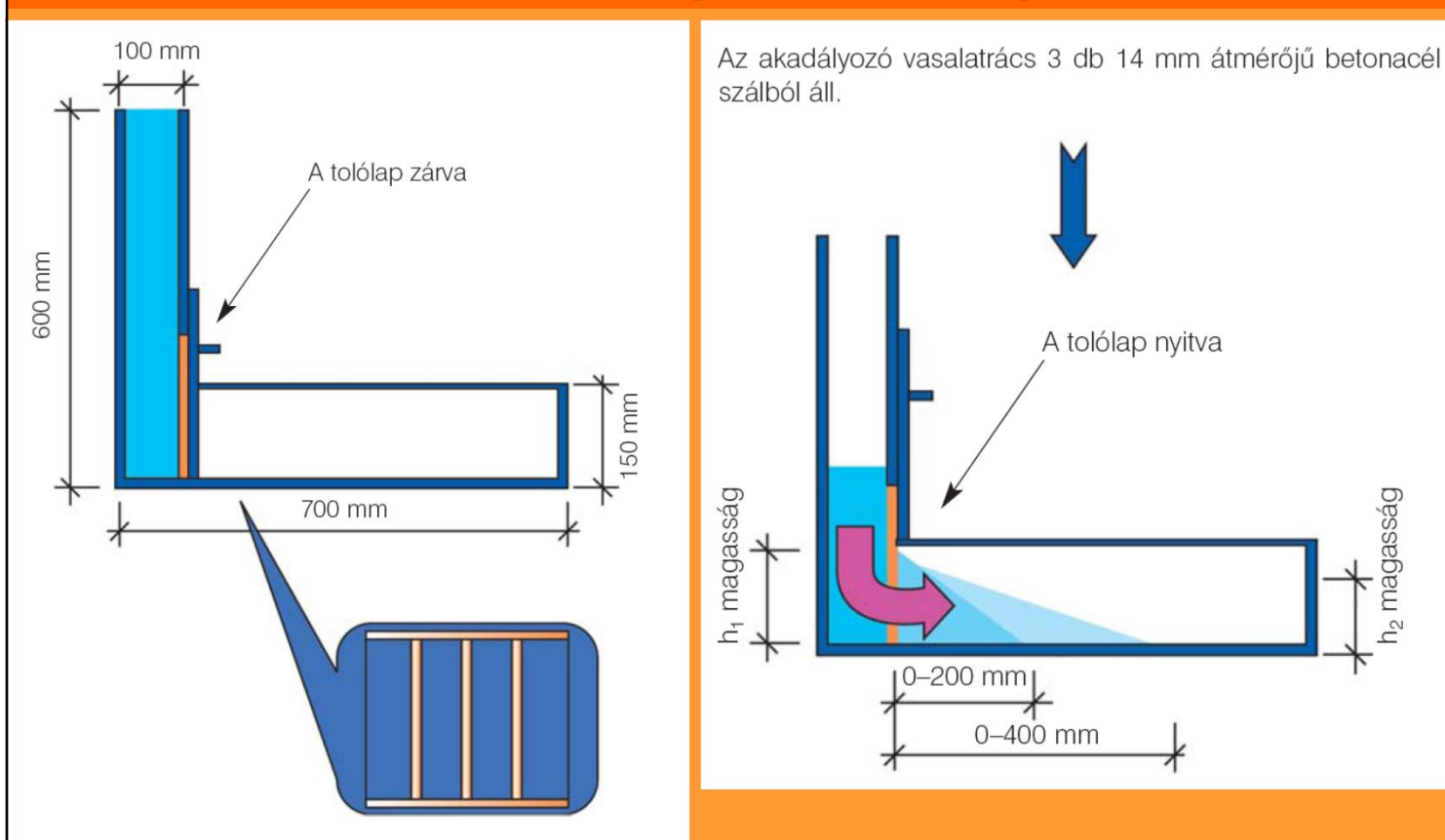
Dr Salem G. NEHME

Öntömörödő betonok tervezése

Kajima-doboz



L-Box (L-doboz)



L-Boksz (L-doboz) vizsgálat

Az önkiegyenlítő hatás és a zárványképződési hajlam meghatározása.

Az L-Box két (álló és fekvő) kamrából álló tartály, melyeket egy vasalatbetétekkel ellátott nyílás köt össze. Az 1. sz. (álló) kamrát a frissbeton betöltése előtt ennél a nyílásnál egy tolólappal lezárják. Ezután az 1. sz. kamrát feltöltik betonnal, majd a tolólapot felnyitják. Ekkor a beton a nyíláson át tud folyni a 2. sz. (fekvő) kamrába.

L-Box (L-doboz)

Meg kell határozni a beton 2. sz. (fekvő) kamrában $l_1 = 20$ cm és $l_2 = 40$ cm távolságra elfolyásának idejét, a célzott értékek: $t_1 = \text{kb. } 2$ másodperc, $t_2 = \text{kb. } 5$ másodperc

- Meg kell határozni a h_1 és h_2 magasságokat,
- Meg kell határozni az önkiegyenlítő határt, a célzott érték: $h_2/h_1 \geq 80\%$,
- Szemrevételezéssel értékelni kell a zárványképződési hajlamot, nem lehet durva adalékanyag felhalmozódás.

Átfolyási képesség osztályai L-szekrényes (L-dobozos) vizsgálat szerint

Osztály	L-szekrényes (L-dobozos) átfolyási képesség aránya az MSZ EN 12350-10 szerint vizsgálva
PL1	$\geq 0,80$ (2 db fékező acélrúd alkalmazásával)
PL2	$\geq 0,80$ (3 db fékező acélrúd alkalmazásával)

Szétosztályozódási ellenállás osztályai szitán mérve

Osztály	Szétosztályozódott hányad ^{a)} az MSZ EN 12350-11 szerint vizsgálva tömeg%
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

a) Az osztályba sorolás nem alkalmazható olyan betonra, amelynél a D_{max} nagyobb 40 mm-nél.

ÖNTÖMÖRÖDŐ BETON ÉS ALKALMAZÁSA

Anyag	Fajta vagy frakció		Tömeg, kg/m ³	Térfogat l/m ³
Adalékanyag	0/4 mm frakció	55%	921	349
	4/8 mm frakció	10%	167	63
	8/16 mm frakció	35%	586	222
	Összesen	100%	1674	634
Cement	CEM I 32,5 RS		350	113
Mészkelet			220	81
Víz	$m_v/m_c =$	43,0%	151	151
Adalékszer cem. m%	Sika VISCOCRETE 5 NEU	1,7%	5,95	5,95
	Retarder	0,5%	1,75	1,75
Levegő			--	15
Összesen			2402	1000





Friss beton szabványok

- *MSZ EN 12350-1* A friss beton vizsgálata. 1. rész: Mintavétel
- MSZ EN 12350-2* A friss beton vizsgálata. 2. rész: Roskadás vizsgálat
- MSZ EN 12350-4* A friss beton vizsgálata. 4. rész: Tömörödési tényező
- MSZ EN 12350-5* A friss beton vizsgálata. 5. rész: Terülmérés
- MSZ EN 12350-6* A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség
- MSZ EN 12350-7* A friss beton vizsgálata. 7. rész: Levegőtartalom.
Nyomásmódszerek
- MSZ EN 12350-8* A friss beton vizsgálata. 8. rész: Öntömördő beton. A roskadási terület vizsgálata
- MSZ EN 12350-9* A friss beton vizsgálata. 9. rész: Öntömördő beton. Tölcséres kifolyási vizsgálat
- MSZ EN 12350-10* A friss beton vizsgálata. 10. rész: Öntömördő beton. L szekrényes vizsgálat
- MSZ EN 12350-11* A friss beton vizsgálata. 11. rész: Öntömördő beton. A szétosztályozódási ellenállás szítás vizsgálata
- MSZ EN 12350-12* A friss beton vizsgálata. 12. rész: Öntömördő beton. Fékezőgyűrűs vizsgálat

A BETONÖSSZETÉTEL TERVEZÉSE

DR. SALEM GEORGES NEHME

BME, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

BETON ÖSSZETÉTELE

- ò megfelelő alapanyagok
- ò megfelelő adagolási arány
- ò megfelelő keverési idő
- ò megfelelő szállítóeszközök
- ò megfelelő juttatás a helyszínre (elhelyezés)
- ò megfelelő bedolgozás
- ò megfelelő utókezelés

KÖVETELMÉNYEK

Az összetételt befolyásoló követelmények

- ò követelmény az *alapanyagokra*
- ò követelmény a *friss betonra* (pl. *konzisztenciára*)
- ò követelmény a *nyomószilárdságra*
- ò Követelmény (ek) a *tartósságra*

ÖSSZETÉTELT BEFOLYÁSOLÓ KÖVETELMÉNYEK

EN 206-1:2000 (CEN szabvány) ⇒ MSZ EN 206:2014

MSZ 4798-1:2004 ⇒ MSZ 4798:2016

(Nemzeti Alalmazási Dokumentummal kiegészítve,
NAD)

EN 206-1:2000, MSZ EN 206-1:2002, MSZ EN 206:2014,
MSZ 4798-1:2004, MSZ 4798:2016

Teljesítőképeség az elsődleges követelmény:

- adott, egyedi *használati feltételek* és
- adott *környezet* mellett
- meghatározott *időtartamon* át

a **TARTÓSSÁG** megőrzése

ÉLETTARTAM

A műtárgy becsült élettartama		Az építési termék becsült élettartama, év ha a termék		
osztály	év	javítható vagy könnyen cserélhető	kevésbé könnyen javítható vagy cserélhető	nem javítható vagy nem cserélhető
Rövid	10	10*	10	10
Közepes	25	10*	25	25
Szokásos	50	10*	25	50
Hosszú	100	10*	25	100

* kivételesen vagy igazolt esetben 3-6 év is felvehető

HASZNÁLATI ÉLETTARTAMOT BEFOLYÁSOLÓ LEGFONTOSABB TÉNYEZŐK

- ò Környezeti osztályok (kitéti osztályok, exposure classes)
- ò Alapanyagok fajtája és minősége
- ò Betonösszetétel
- ò Nyomószilárdság
- ò Konzisztencia, eltarthatóság
- ò Utókezelés

KITÉTI, KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK

Hatások:

- ò kedvezőtlen hatású (*külső*) reakciók
- ò kedvezőtlen hatású (*belső*) reakciók
- ò kedvezőtlen *fizikai* hatások
- ò kedvezőtlen *mechanikai* hatások

Figyelembe vétele, az **előíró** (tervező) által.

KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK

1. Nincs korróziós kockázat

X0	vasalatlan beton és/vagy száraz környezet
XN(H)	<i>Környezeti hatásoknak nem ellenálló, szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton</i>
X0b(H)	<i>Vasalás vagy beágyazott fém nélküli beton esetén</i>
X0v(H)	<i>Vasbeton vagy beágyazott fémet tartalmazó beton esetén, száraz helyen</i>

KITÉTI OSZTÁLYOK: 2. KARBONÁTOSODÁS OKOZTA KORRÓZIÓ

XC1	Száraz vagy tartósan nedves	Kis relatív páratartalmú épületben levő beton; Állandóan víz alatt levő beton
XC2	Nedves, ritkán száraz	Hosszú időn át vízzel érintkező betonfelületek; A legtöbb alapozás
XC3	Mérsékelt nedvesség	Mérsékelt vagy nagy relatív páratartalmú épületekben levő beton. Esőtől védett, szabadban lévő beton
XC4	Váltakozva nedves és száraz	Vízzel érintkező betonfelületek, amelyek nem tartoznak az XC2 osztályba.

KITÉTI OSZTÁLYOK

A nem a tengervízből származó kloridok által okozott korrózió

XD1	Mérsékelt nedvesség	Levegő által szállított kloriddal (sópárával) érintkező beton.
XD2	Nedves, ritkán száraz	Úszómedencék. Kloridot tartalmazó talaj- és ipari vizekkel érintkező beton.
XD3	Váltakozva nedves és száraz	Kloridtartalmú vízpermettel érintkező hídelemek. Járdák és útburkolatok. Autóparkolók födémei.

Megjegyzés: E szabvány szerint azokat a betonokat, amelyeket a nem tengervízből származó sók hatásán kívül fagy is éri, az XD1 – XD3 környezeti osztályok helyett az XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe kell sorolni.

KITÉTI OSZTÁLYOK

4. Tengervízből származó klorid által okozott korrózió

- XS1 Sós levegőnek kitéve, de nincs közvetlen érintkezés a tengervízzel
- XS2 Állandóan tengervízbe merülve
- XS3 Árapállal, felcsapódással vagy permettel érintkező zónák

KITÉTI OSZTÁLYOK

5. Fagyási/olvadási korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül (4798-1:2004)

- XF1 Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül (függőleges felületek)
- XF2 Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal (függőleges felületek)
- XF3 Nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül (vízszintes felületek)
- XF4 Nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel (vízszintes felületek)

MSZ 4798:2016

XF1	Mérsékelt víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül	Függőleges vagy 5%-nál meredekebb betonfelületek, melyeket csapadék és fagy ér.
XF2	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Útépitési szerkezetek függőleges betonfelületei, amelyeket fagy és jégolvasztó só permete ér. E szabvány szerint légbuborékképző adalékszerrel készített, függőleges vagy 5%-nál meredekebb közlekedési és egyéb betonfelületek, amelyeket fagy és sós víz permete ér.
XF2(H)	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal	E szabvány szerint légbuborékképző adalékszer nélkül készített, függőleges vagy 5%-nál meredekebb felületű előre gyártott elemek, valamint hidak 5%-nál meredekebb felületű monolit és előre gyártott szerkezetei, amelyeket fagy és sós víz permete ér.

XF3	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül	Vízszintes betonfelületek, amelyeket eső és fagyhatás ér. E szabvány szerint légbuborékképző adalékszerrel készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket fagy és csapadék vagy víz közvetlenül ér; Olyan, a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő víz vagy a közlekedési felületről származó víz permete ér;
XF3(H)	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül	E szabvány szerint légbuborékképző adalékszer nélkül készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű előre gyártott elemek, valamint hidak vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű monolit és előre gyártott szerkezetei, amelyeket fagy és csapadék vagy víz közvetlenül ér.
XF4	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel	Út és hídpálya lemezek, amelyeket jégolvasztó só ér; Olyan betonfelületek, amelyeket közvetlenül ér jégolvasztó só permete és fagy. Fagynak kitett tengeri szerkezetek felcsapódási zónája. E szabvány szerint légbuborékképző adalékszerrel készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű útburkolatok, valamint egyéb közlekedési és más felületek, továbbá hídpálya-lemezek és hídszegélygerendák, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok érnek; Olyan, a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő sós víz vagy a közlekedési felületről származó sós víz permete ér.
XF4(H)	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel	E szabvány szerint légbuborékképző adalékszer nélkül készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű előre gyártott elemek, valamint hidak vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű monolit és előre gyártott szerkezetei, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok közvetlenül érnek.

KITÉTI OSZTÁLYOK

6. Kémiai korrózió

XA1 Enyhén agresszív kémiai környezet

XA2 Mérsékelten agresszív kémiai környezet

XA3 Nagymértékben agresszív kémiai környezet

Az új MSZ 4798:2016 szabványban lesz XA4 (H), XA5 (H), és XA6(H).

A következő táblázat szerint (csak XA3-ig).

A következőkben osztályozott agresszív kémiai igénybevételek 5 °C és 25 °C közötti hőmérsékletű természetes talajokra, talajvizekre vonatkoznak, amikor a nyugalmi körülményeket megközelítő, elegendően lassú a vízáramlás. Minden egyes kémiai jellemzőre a legveszélyesebb érték határozza meg az osztályt. Ha két vagy több agresszív jellemző ugyanahhoz az osztályhoz vezet, akkor a környezeti hatást a következő magasabb osztályba kell sorolni, hacsak az adott esetre vonatkozó egyedi vizsgálat nem bizonyítja ezt szükségtelennek.

Kémiai jellemző	Referencia vizsgálati módszer	XA1	XA2	XA3
Talajvíz				
SO ₄ ²⁻ , mg/l	MSZ EN 196-2	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 3000	> 3000 és ≤ 6000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 és ≥ 5,5	< 5,5 és ≥ 4,5	< 4,5 és ≥ 4,0
agresszív CO ₂ mg/l	prEN 13577:1999	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100 telítésig
NH ₄ ⁺ , mg/l	ISO 7150-1 vagy ISO 7150-2	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60 és ≤ 100
Mg ²⁺ , mg/l	ISO 7980	≥ 300 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 3000	> 3000 telítésig
Talaj				
SO ₄ ²⁻ , mg/l	MSZ EN 196-2 ^{b)}	≥ 2000 és ≤ 3000 c)	> 3000 ^{c)} és ≤ 12000	> 12000 és ≤ 24000
Savasság, ml/kg	DIN 4030-2	> 200, Baumann Gully	A gyakorlatban nem fordul elő	

^{a)} A 10⁻⁵ m/s átteresztőképesség alatti agyagtalajokat alacsonyabb osztályba szabad sorolni.

^{b)} A vizsgálati módszer az SO₄²⁻ sósavval való kivonását írja elő, alternatívaként vízzel való kivonás is használható, ha a beton alkalmazásának a helyén van erre tapasztalat.

^{c)} A 3000 mg/kg határértéket 2000 mg/kg értékre kell mérsékelni, ha fennáll a szulfátionok felhalmozódásának a kockázata a betonban a száradás és a nedvesedés ciklikus változása vagy a kapillárisfelszívás következtében.

XA4(H)	Csapadékvíz, kommunális szennyvíz, illetve ezek gőze vagy permete éri a mérsékelt korrózió- és saválló betont	Esővíz tároló műtárgyak, kommunális csatornázási elemek, trágyalé tároló medencék a NAD 4.1. táblázat szerint
XA5(H)	Ipari és mezőgazdasági szennyvíz és egyéb agresszív folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a közepesen korrózió- és saválló betont	Csatornázási elemek, szennyvíz ülepítő medencék, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók a NAD 4.1. táblázat szerint
XA6(H)	Nagyon agresszív ipari szennyvíz vagy folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a fokozottan korrózióálló betont	Tisztítatlan szennyvizekkel és kemikáliákkal érintkező betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel, állattető vályúk és mezőgazdasági erjesztő silók, a NAD 4.1. táblázat szerint

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Környezeti osztály		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
pH érték Oldódásos korrózió Kénsav-korrózió esetén járulékos duzzadásos korrózió is	MSZ EN ISO 10523 *) MSZ EN 15933 MSZ 260-4 MSZ 1484-22	< 6,5 és ≥ 5,0	< 5,0 és ≥ 4,0	< 4,0 és ≥ 3,5
Vízkeménység Oldódásos korrózió	MSZ 448-21	3 – 7 nk° 0,54 – 1,25 (mmol/liter) lágú víz	0 – 3 nk° 0 – 0,54 (mmol/liter) nagyon lágú víz	
Biokémiai oxigénigény 5 napos, BOI ₅ , mg/l ^{a)} Oldódásos korrózió	MSZ EN 1899-1 MSZ EN 1899-2	4 – 40	40 – 120	>120
Dikromátos kémiai oxigénigény, KOI _k , mg/l ^{a)} Oldódásos korrózió	MSZ ISO 6060 *) MSZ 12750-21	6 – 70	70 – 200	>200
Vízben oldott (szabad) agresszív széndioxid (CO ₂) mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN 13577 *) MSZ 448-23	15 – 40	40 – 100	>100
Magnéziumion (Mg ²⁺), mg/l Oldódásos korrózió	MSZ EN ISO 7980 *) MSZ 260-52 MSZ EN ISO 14911 MSZ 1484-3	< 100	100 – 1000	>1000
Ammóniumion (NH ₄ ⁺) ^{b)} , mg/l Oldódásos korrózió	MSZ ISO 7150-1 *) MSZ 260-9 MSZ EN ISO 14911	< 30	30 – 60	>60
SO ₄ ²⁻ tartalom (SO ₃ -ban kifejezve), mg/l Duzzadásos korrózió ^{c)}	MSZ EN 196-2*) MSZ EN ISO 10304-1	< 600	600 – 1500	>1500

^{a)} Az 5 napos biokémiai oxigénigényt (BOI₅) csak abban az esetben kell meghatározni, ha a dikromátos kémiai oxigénigény (KOI_k) vizsgálati eredményének megbízhatóságával kapcsolatban kétségek merülnek fel. Ebben az esetben a biokémiai oxigénigény vizsgálat eredménye a mértékadó.

^{b)} Trágyalé esetén a betont az ammónium-ion-tartalomtól (NH₄⁺) függetlenül az XA4(H) kémiai korróziós környezeti osztályba szabad sorolni.

^{c)} Oldódásos korróziót okozó oldatokban előforduló szulfát ionokra vonatkozik. A vizsgálati módszer az SO₄²⁻ sósavval való kivonását írja elő. Alternatívaként alkalmazható szennyvíziszapra vízzel való kivonás is, ha a beton felhasználásának helyén van erre tapasztalat.

^{d)} A NAD 4.1. táblázat akkor vonatkozik a csapadékvizekre, ha azok a betonnal tartósan érintkeznek.

*) Referencia módszer

KITÉTI OSZTÁLYOK

7. Koptatóhatás okozta károsodás

XK1(H) Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele;
Gyalogos forgalom, puha abroncsú kerekek
koptató igénybevétele

XK2(H) Gördülő igénybevétel okozta koptatóhatás nehéz
terhek alatt

XK3(H) Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató
hatás igen nehéz terhek alatt

XK4(H) Csúszó-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás
igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és
pormentesség igénye esetén

KITÉTI OSZTÁLYOK

8. Igénybevétel víznyomás hatására

XV1(H) *Kis üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, amelynek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,4 liter/m² víz szivárog át.*

XV2(H) *Kis üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, vagy nagy üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, amelyek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,2 liter/m² víz szivárog át.*

XV3(H) *Nagy üzemi víznyomásnak kitett, legalább 300 mm vastag beton, amelynek felületén 24 óra alatt legfeljebb 0,1 liter/m² víz szivárog át.*

MSZ 4798:2016 ALAPJÁN

XV1(H)	2 m-nél kisebb vízoszlop nyomása	Pincefalak, csapadékelvezetők, víztároló medencék, átereszek, csapadécsatornák, záportározók, esővízgyűjtő aknák.
XV2(H)	2 m és 10 m közötti vízoszlop nyomása	Vízépítési szerkezetek, csatornák, gátak, partfalak, földalatti garázsok és aluljárók külső határoló szerkezetei, víztároló medencék.
XV3(H)	10 m-nél nagyobb vízoszlop nyomása	Mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei, vízépítési műtárgyak.

ALAPANYAGOK

szabványi korlátozások:

- ò kémiai korrózió mértékétől függően a cement és az adalékanyag fajtája (pl. XA2 és XA3 → CEM I 32,5 RS, CEM I 42,5 N-S vagy CEM III A-S 32,5 N-S)
- ò koptató igénybevétel esetén adalékanyagra és cementre
- ò vízzárósági követelménytől függően finomrésztartalom ($\leq 0,125\text{mm}$ méretű szemcsék összes mennyisége kb 450 kg/m^3)

KONZISZTENCIA

Konzisztencia osztályok deffiniálása

- ò területés (flow) F1-F6
- ò roskadás (slump): S1-S5
- ò Vebe-idő: V0-V4
- ò Walz féle tömöríthetőség mértéke (compactibility) C0-C3

A BETON NYOMÓSZILÁRDSÁGA

Matematikai statisztikai alapon

- ò tétel, minta, becslés
- ò eloszlás, szórás, kvantilis

Próbatestek:

- ò Ø150 × 300 mm henger
- ò 150 mm élhosszúságú kocka

NYOMÓSZILÁRDSÁG SZÁMÍTÁSA

$$f_{ck} = f_{cm} - \xi \cdot s$$

$$f_{ck} \geq f_{cm} - 1,645 \cdot s \quad \begin{array}{l} 5\% \text{ alulmaradási} \\ 70\% \text{ átadás-átvételi} \end{array}$$

$$f_{ck} \geq f_{cm} - 1,46 \cdot s \quad \begin{array}{l} 5\% \text{ alulmaradási} \\ 50\% \text{ átvételi} \end{array}$$

VIZSGÁLATI ÁLLANDÓK

EN (vizes tárolás)

ò 28 napos korban vizsgálva

ò végig víz alatt tárolva

ò előírt sebességgel terhelve $\left(\frac{\Delta\sigma}{\Delta t} = \text{const.} \right)$

MSZ

- *vegyes tárolás is megengedett*

A BETON SZILÁRDSÁGI OSZTÁLYAI

Nyomószilárdsági osztály	$f_{ck,cube}$ N/mm ²	$f_{ck,cube,H}$ N/mm ²
C8/10	10	11
C12/15	15	16
C16/20	20	22
C20/25	25	
C25/30	30	
C30/37	37	
C35/45	45	
C40/50	50	54
C45/55	55	60
C50/60	60	65
C55/67	67	71
C60/75	75	79
C70/85	85	89
C80/95	95	100
C90/105	105	111
C100/115	115	121

$$\frac{f_{ck,cube}}{f_{ck,cube,H}} = 0,92$$

Kitéti (környezeti) osztály jele	Kitéti (környezeti) osztályok																	
	A korrózióknak vagy a rozsdásodásnak nincs kockázata	Karbonátosodás okozta korrózió				Klorid okozta korrózió						Fagyás-olvadás okozta korrózió				Agresszív kémiai hatás (Csak természetes talaj és talajvíz környezetében)		
						Tengervíz (Magyarországon csak különleges esetekben használatos)			Nem tengervízből származó klorid									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3
A legnagyobb v/c	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
A legkisebb szilárdsági osztály ^{c)}	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C30/37	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
A legkisebb cementtartalom, kg/m ³	-	260	280	280	300	300	320	340	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360
A legkisebb (képzett) levegőtartalom, térfogat-százalék	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	4,0 ^{a)}	-	-	-
A friss beton megkövetelt testsűrűsége, kg/m ³	-	2350	2350	2380	2390	2390	2400	2390	2360	2360	2400	2360	Legnagyobb megengedett testsűrűség			2360	2380	2380
													2260	2270	2280			
A kiszáritott szilárd beton megkövetelt testsűrűsége, kg/m ³	-	2260	2270	2310	2330	2330	2350	2340	2290	2290	2350	2290	2180	2200	2230	2290	2320	2330
Egyéb követelmények	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Az MSZ EN 12620:2003 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyag				CEM II fajtájú kohósalakpc ^{b)}	Szulfátálló cement ^{b)}	

Környezeti osztály jele	Környezeti osztályok																	
	A korrózióknak vagy a rozsdásodásnak nincs kockázata	Karbonátosodás okozta korrózió				Klorid okozta korrózió						Fagyás-olvadás okozta korrózió ¹⁾				Agresszív kémiai hatás (Csak természetes talaj és talajvíz környezetében) ²⁾		
						Tengervíz (Magyarországon csak különleges esetekben használatos)			Nem tengervízből származó klorid ³⁾									
	X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3	XF1 ⁴⁾	XF2 ⁵⁾	XF3 ⁵⁾	XF4 ⁵⁾	XA1	XA2	XA3
Legnagyobb v/c ^{a) b)}	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,50	0,45	0,45	0,55	0,50	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45
Legkisebb nyomószilárdsági osztály ^{c)}	C12/15	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C35/45	C35/45	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45
Legkisebb cementtartalom ^{b)} , kg/m ³	-	260	280	280	300	300	320	340	300	320	320	300	300	320	340	300	320	360
Friss beton levegőtartalma, térfogat%	Friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázat szerinti érték legyen ^{d) e)}											A friss beton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborék) a NAD F3. táblázat szerinti határértékek közé essek			Friss beton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázat szerinti érték legyen ^{d) e)}			
Egyéb követelmények	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	MSZ EN 12620 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú adalékanyag (lásd a NAD E1. és NAD 2. táblázatot)				Lásd az i) lábjegyzetet		

	Kitéti osztályok					
	Fagyás/olvadás okozta korrózió					
	Légbuborék képző adalékszer nélkül			Légbuborék képző adalékszerrel		
	XF2(H)	XF3(H)	XF4(H)	XF2	XF3	XF4
Legnagyobb $v/c^c)$	0,50	0,45	0,40	0,55	0,50	0,45
Legkisebb szilárdsági osztály	C35/45	C40/50	C40/50	C25/30	C30/37	C30/37
Legkisebb cementtartalom ^{c)} (kg/m^3)	320	340	360	300	320	340
Legkisebb (képzett) levegőtartalom, % ^{d)}	–	–	–	(angolban: 4,0 ^{a)} a legkisebb levegőtartalomra)		
Uj Friss beton előírt átlagos levegőtartalma, % ^{d)}	max. 2,0 %	max. 2,0 %	max. 2,0 %	A légbuborékképző adalékszerrel készített friss beton átlagos, összes levegő-tartalmának (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) értéke az adalékanyag legnagyobb szemnagyságának a függvényében a NAD 5.1. táblázat szerinti határértékek közé essék. ^{a)}		
Egyéb követelmények	Az MSZ EN 12620 szerinti kielégítő fagyás/olvadás állóságú, F_i osztályú adalékanyag					

	Kitéti osztályok					
	Agresszív kémiai hatás					
	„Szulfát duzzadásos korrózió”			Uj „Oldódásos kémiai korrózió”		
	XA1	XA2	XA3	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Legnagyobb $v/c^c)$	0,55	0,50	0,45	0,45	0,42	0,38
Legkisebb szilárdsági osztály	C30/37	C30/37	C35/45	C35/45	C35/45	C40/50
Legkisebb cementtartalom ^{c)} (kg/m^3)	300	320	360	330	330	330
Legkisebb (képzett) levegőtartalom, % ^{d)}	–	–	–	–	–	–
Uj Friss beton előírt átlagos levegőtartalma, % ^{d)}	max. 2,0 %	max. 2,0 %	max. 2,0 %	max. 1,75 %	max. 1,5 %	max. 1,25 %
Egyéb követelmények	CEM II jelű kohósalak portlandcement vagy mérsékelten szulfátálló cement ^{b)}	Mérsékelten szulfátálló vagy szulfátálló cement ^{b)}	Szulfátálló cement ^{b)}	CEM II jelű kohósalak portlandcementek, vagy CEM III jelű kohósalak-cementek + korrózióállóságot fokozó speciális kiegészítő-anyagok (pl.: az MSZ EN 13263-1 szerinti szilikapor, metakaolin) ^{d)}		

KÖRNYEZETI OSZTÁLYOKHOZ KÖTÖTT ÉRTÉKEK

példa

Kitéti (környezeti) osztály jele	XD2
A legnagyobb v/c	0,55
A legkisebb szilárdsági osztály	C30/37
A legkisebb cementtartalom, kg/m ³	300
A legkisebb (képzett)levegőtartalom, térfogat-százalék	-
A friss beton megkövetelt testsűrűsége, kg/m ³	2360
A kiszáritott szilárd beton megkövetelt testsűrűsége, kg/m ³	2290
Egyéb követelmények	-

	Környezeti osztályok									
	A betonkorroziónak és/vagy a rozsdásodásnak nincs kockázata			Igénybevétel koptatás hatására				Igénybevétel víznyomás hatására		
Környezeti osztály jele	XN(H)	XOb(H)	XOv(H)	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H)	XV2(H)	XV3(H)
A legnagyobb v/c	-	-	-	0,50	0,45	0,40	0,35	0,60	0,55	0,50
A legkisebb szilárdsági osztály ^{a)}	C8/10	C12/15	C16/20	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C25/30	C30/37	C30/37
A legkisebb cementtartalom, kg/m ³	-	-	-	310	330	350	370	300	300	300
A friss beton megkövetelt testsűrűsége, kg/m ³	-	-	-	Kavicsbeton				2360	2390	2410
				2370	2390	2380	2400			
				Zúzottkőbeton						
				2440	2450	2450	2470			
A kiszáritott szilárd beton megkövetelt testsűrűsége, kg/m ³	-	-	-	Kavicsbeton				2270	2310	2350
				2310	2340	2330	2360			
				Zúzottkőbeton						
				2370	2400	2390	2430			
Egyéb követelmények				A homokos kavicsot, vagy a zúzottkővet vagy a különleges adalékanyagot az 5.5.7. szakasz szerint kell kiválasztani.				A homokos kavics szemmegoszlása (M melléklet) az 5.5.3. szakasz szerinti legyen.		

^{a)} A legkisebb szilárdsági osztály tájékoztató adat.

BETON TERVEZÉSÉNEK MENETE

1. Kitéti osztályok meghatározása
2. max v/c és c_{min} meghatározása
3. d_{max} meghatározása (Telített beton)
 - ò Az adalékanyag hézagterfogatának meghatározása:
 - ò Méréssel
 - ò Számítással, képletek alapján.
 - ò Grafikus függvényről való leolvasással a d_{max} és a finomsági modulus függvényében.

BETON TERVEZÉSÉNEK MENETE

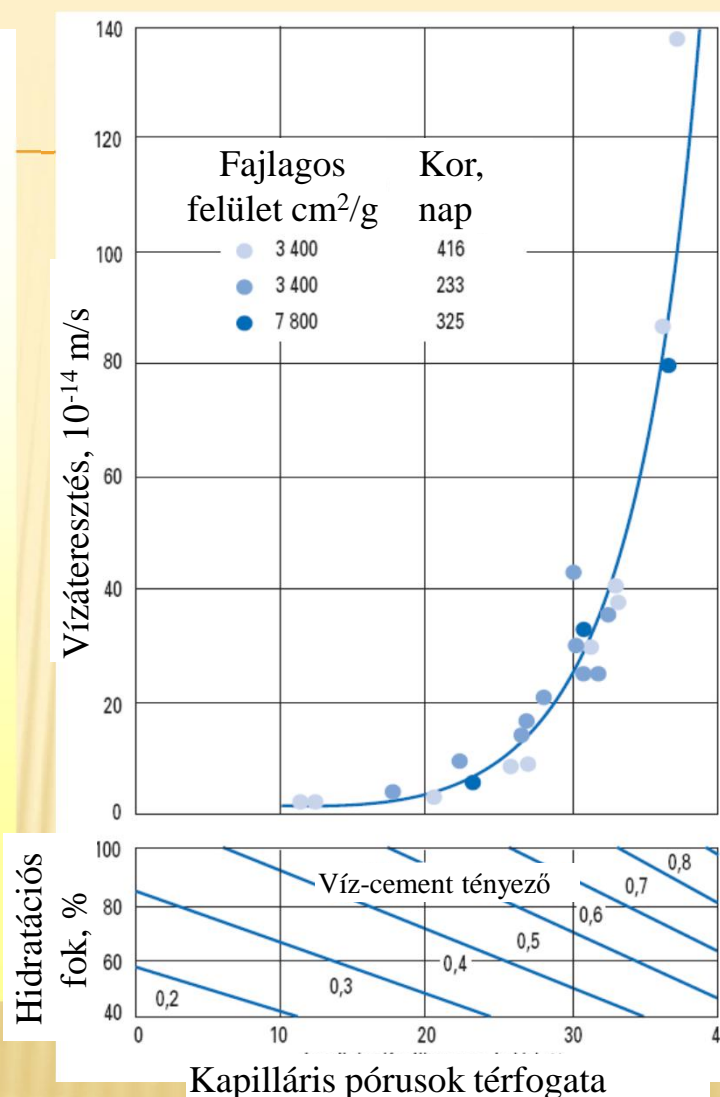
4. vízigény számítása
5. cementmennyiség számítása
6. szilárdság becslése
7. összetétel és testsűrűség meghatározása
8. próbakeverés

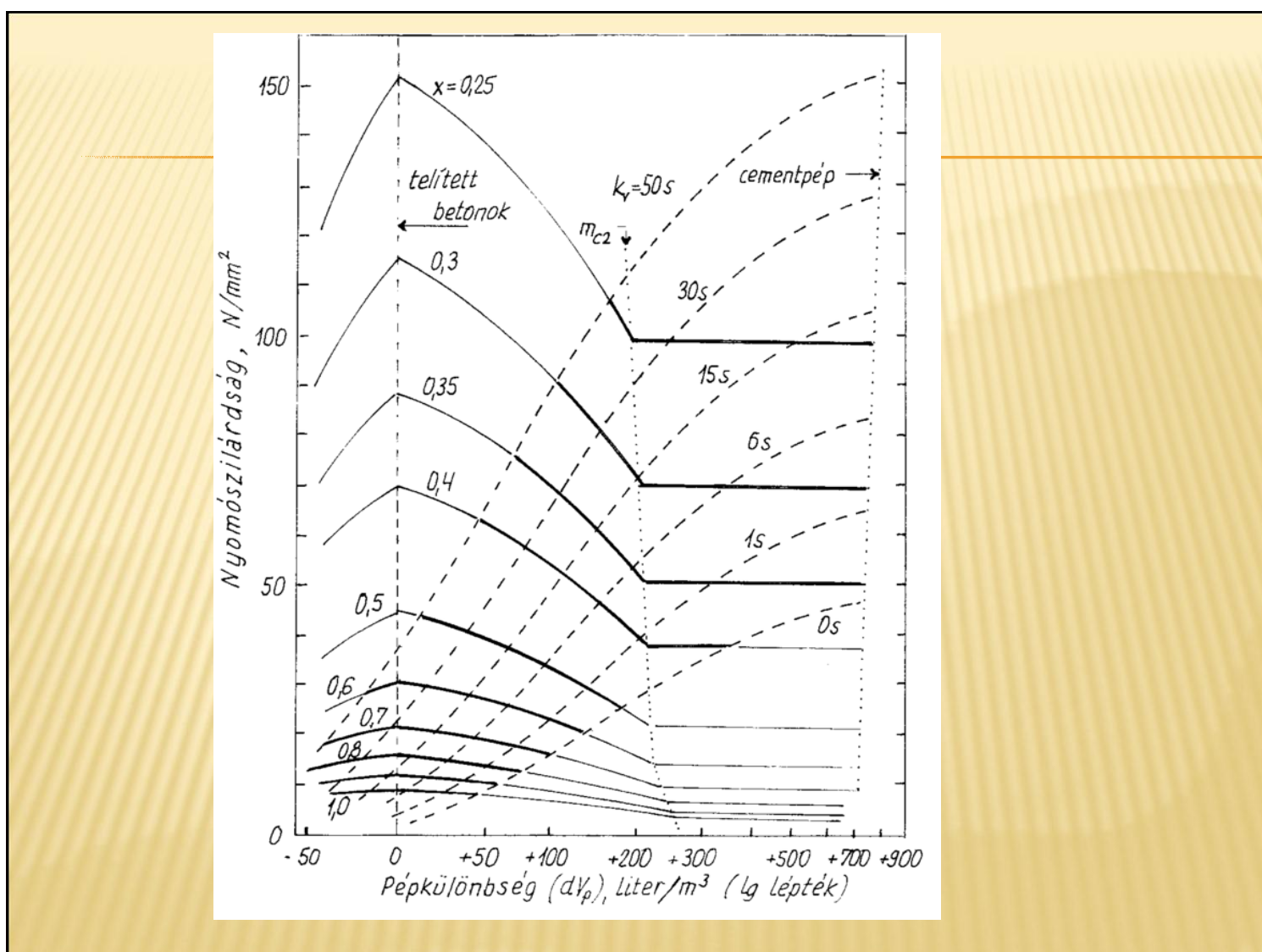
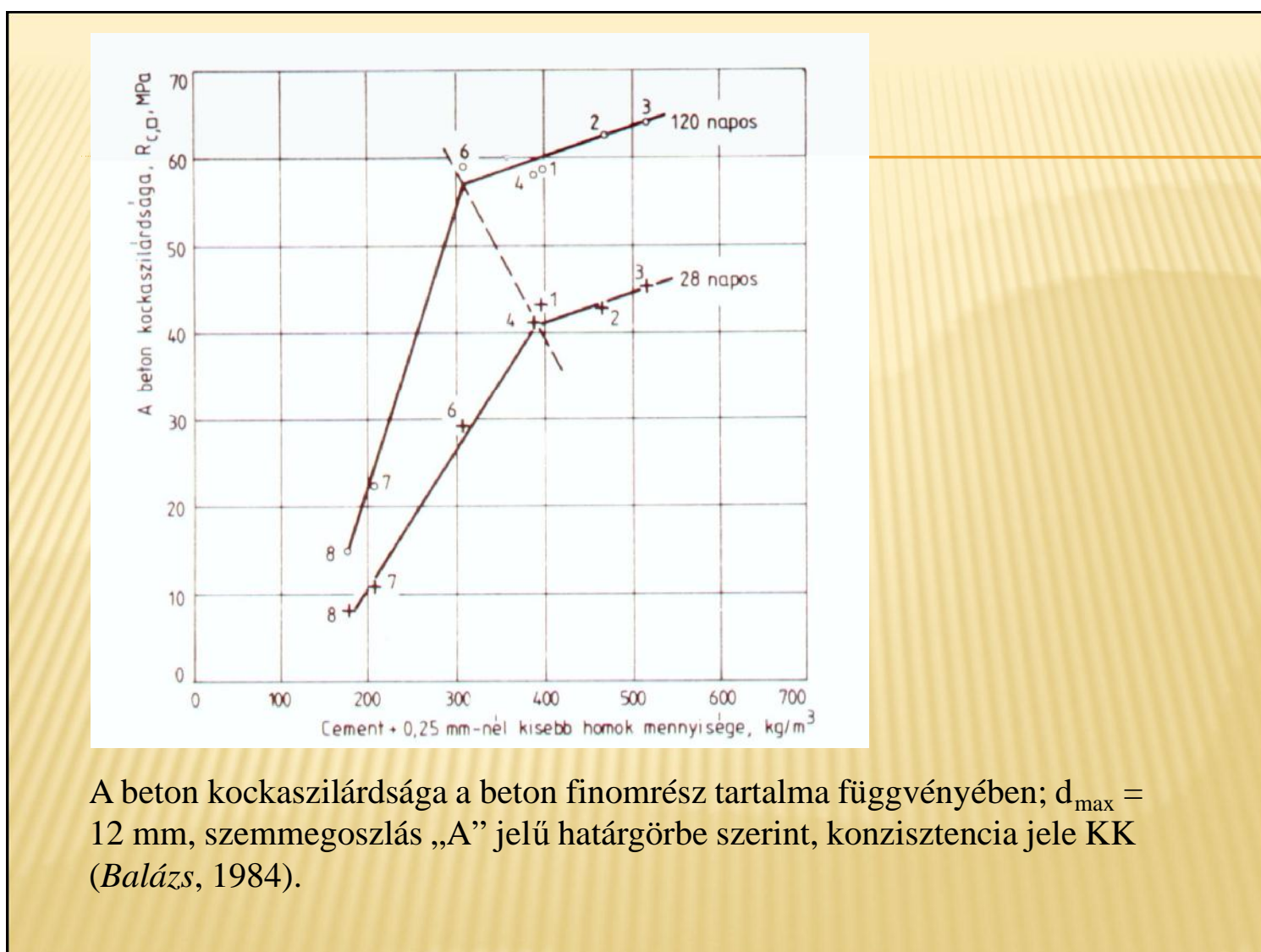
TECHNOLÓGIAI LEÍRÁST MEGELŐZŐ LÉPÉSEK

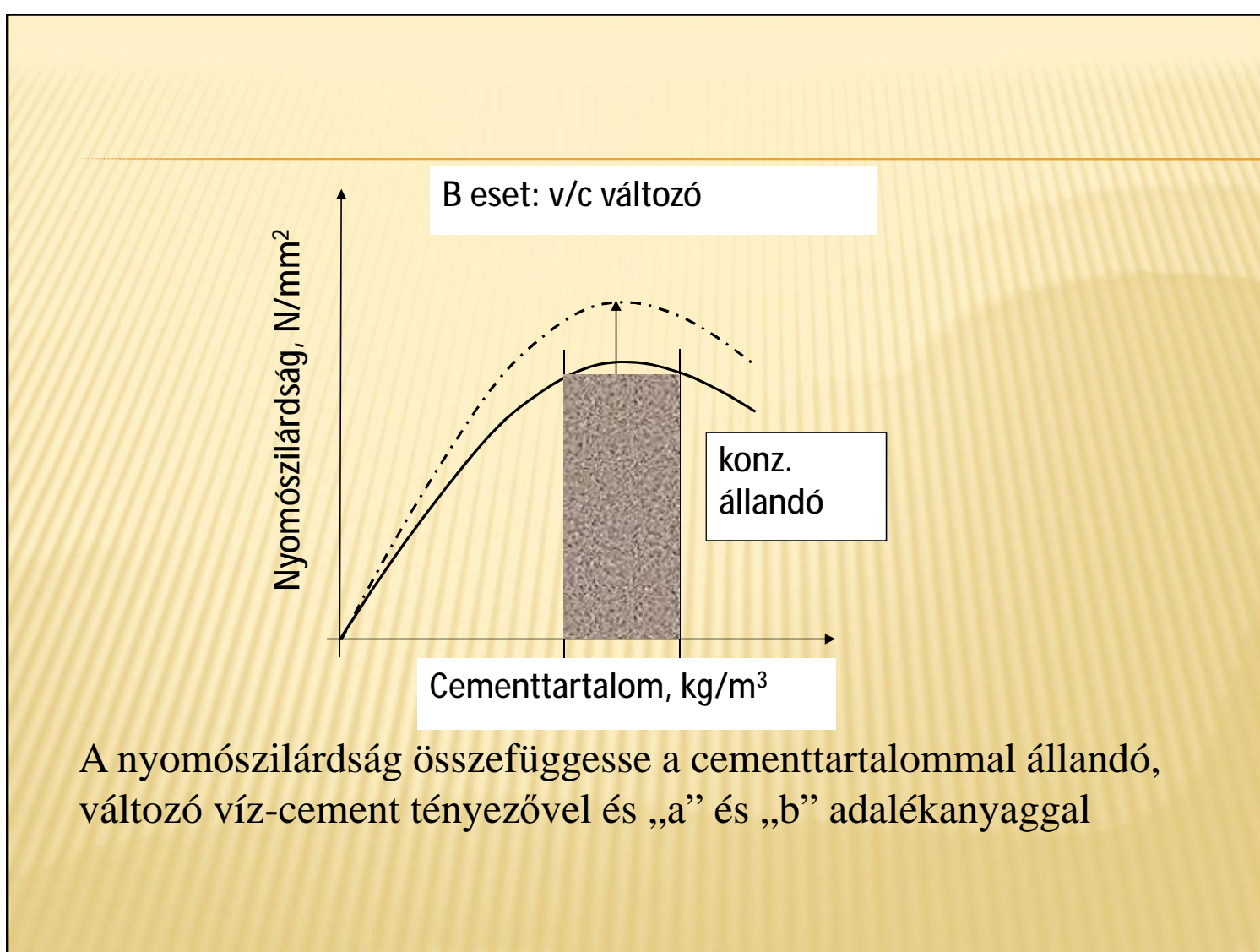
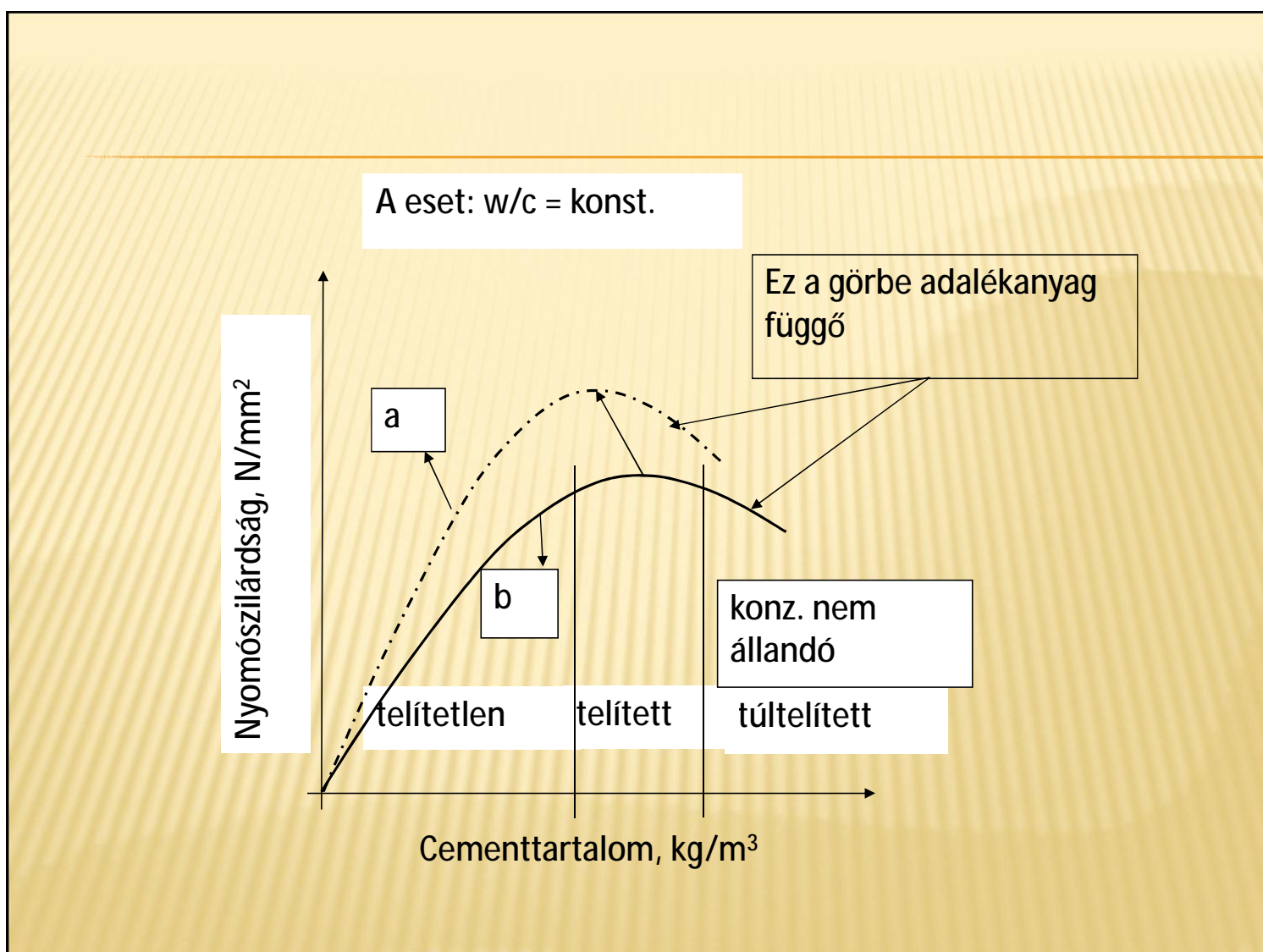
Tervező által előírt betonjelet:

- ◊ C20/25- XD2 (sózás)-F4-16 (hibás)
- ◊ C30/37-XV2(H)-XF3-F3-16 (szabványos hiba)
- ◊ C30/37-XK2(H)-XF3-F2-16 (szabványos hiba)

AZ X MEGHATÁROZÓ JELENTŐSÉGŰ AZ ÁTERESZTŐ KÉPESSÉGRE. (NEM SZABAD, HOGY $> 0,6$ LEGYEN). AZ UTÓKEZELÉS IS FONTOS, HA EGYSZER ABBAHAGYTUK, NEM SOKAT ÉR ÚJRA KEZDENI (6 HETES ELÁRASZTÁS)

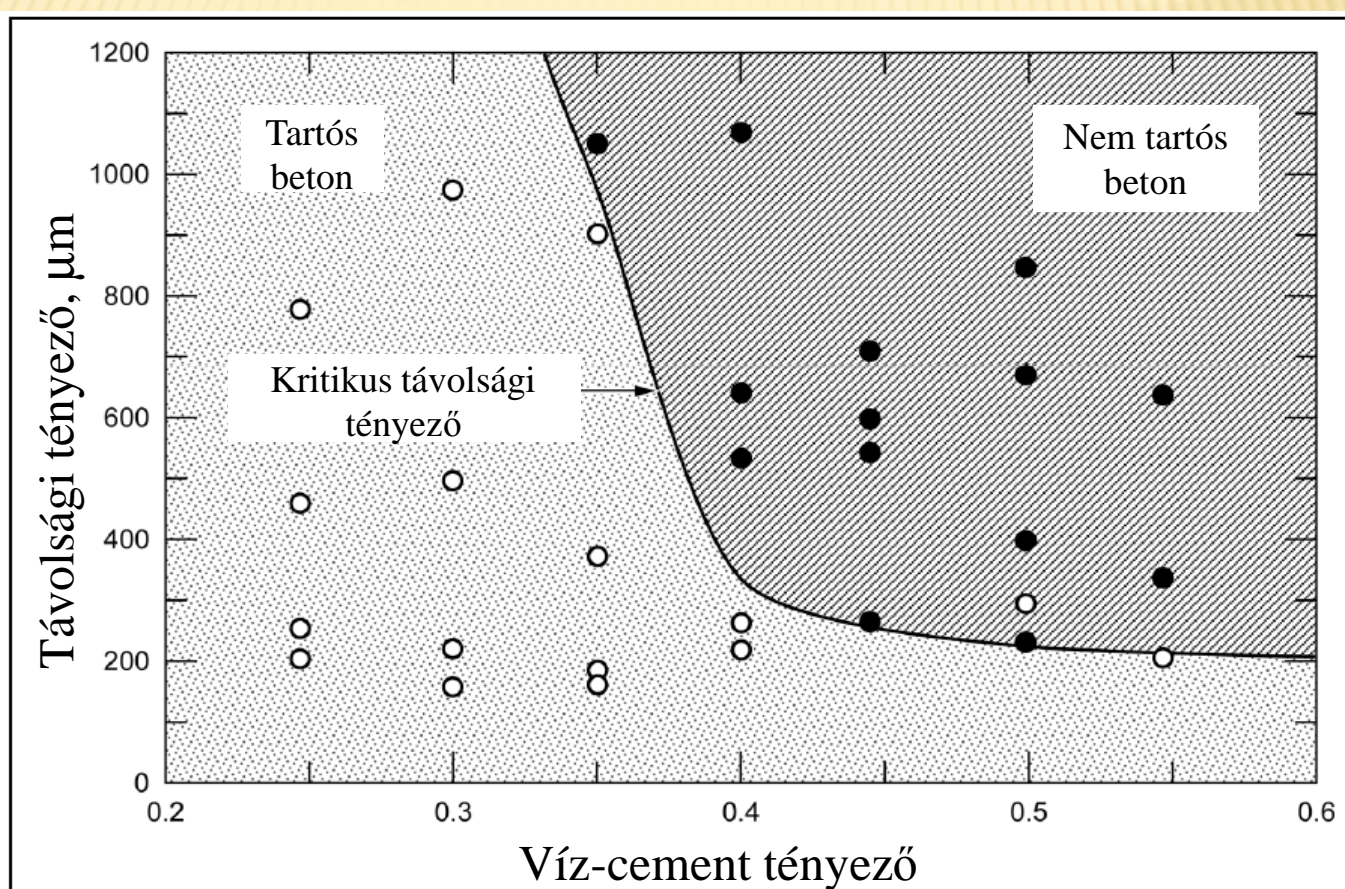






A távolsági tényező hatással van a beton fagyállóságára víz-cement tényezőn keresztül

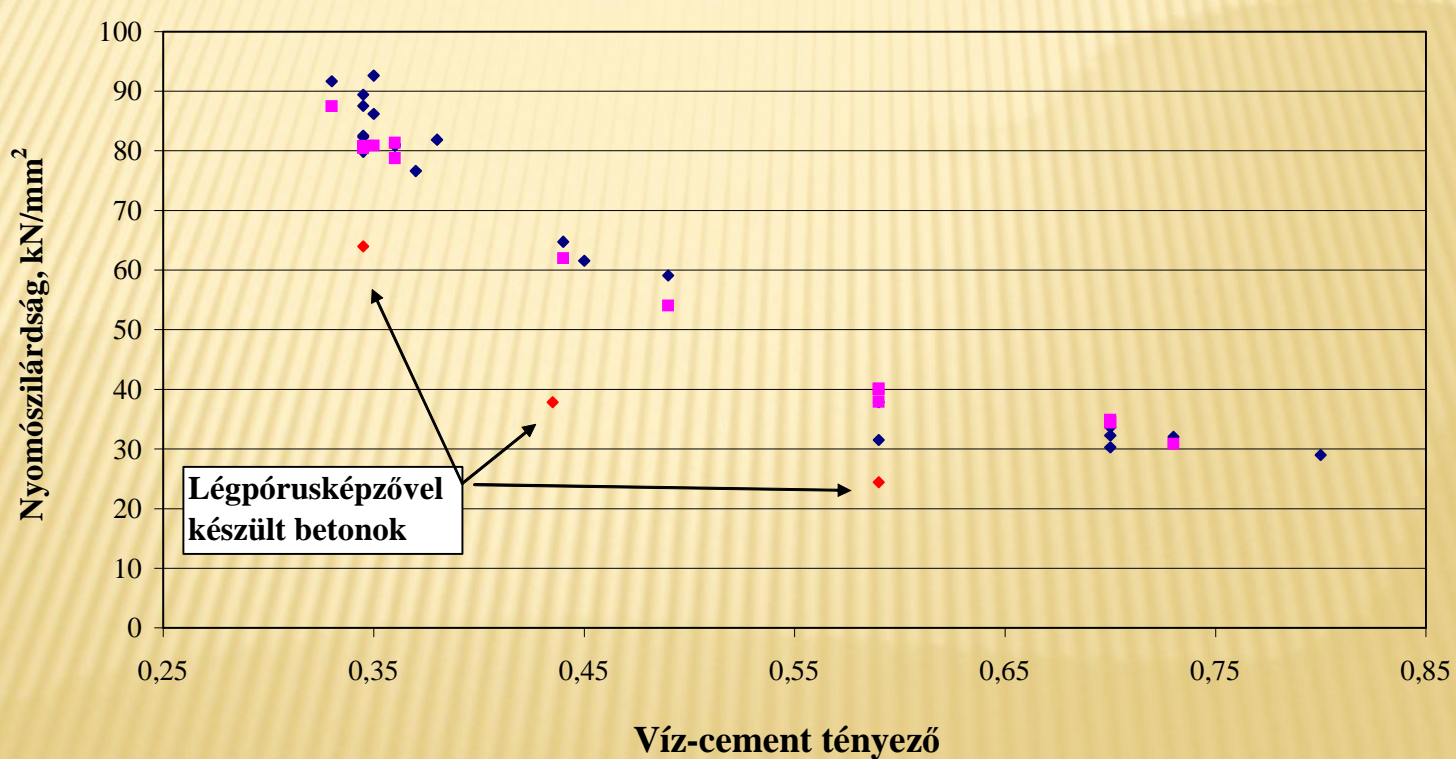
Okada et al. 1981



43

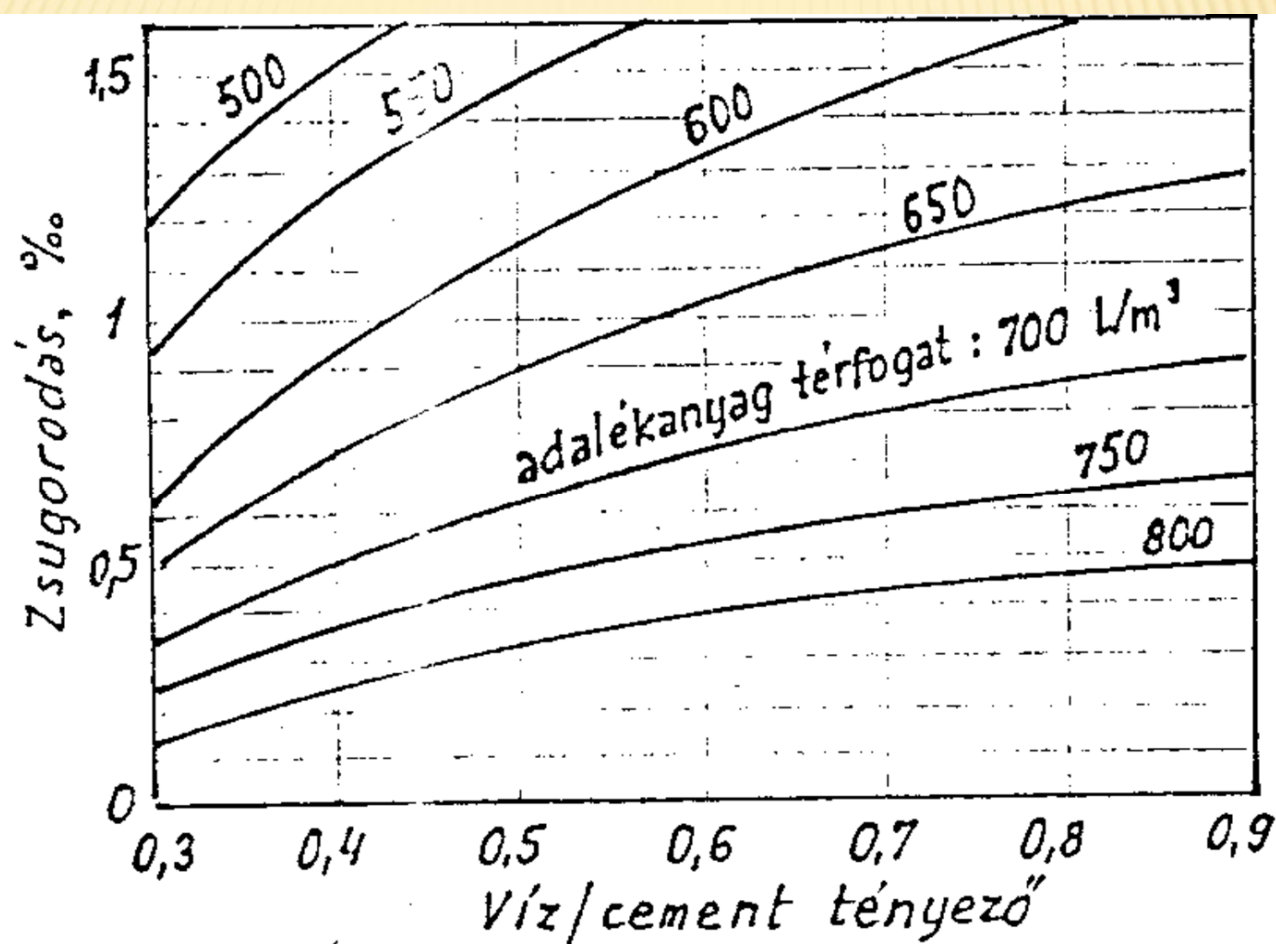
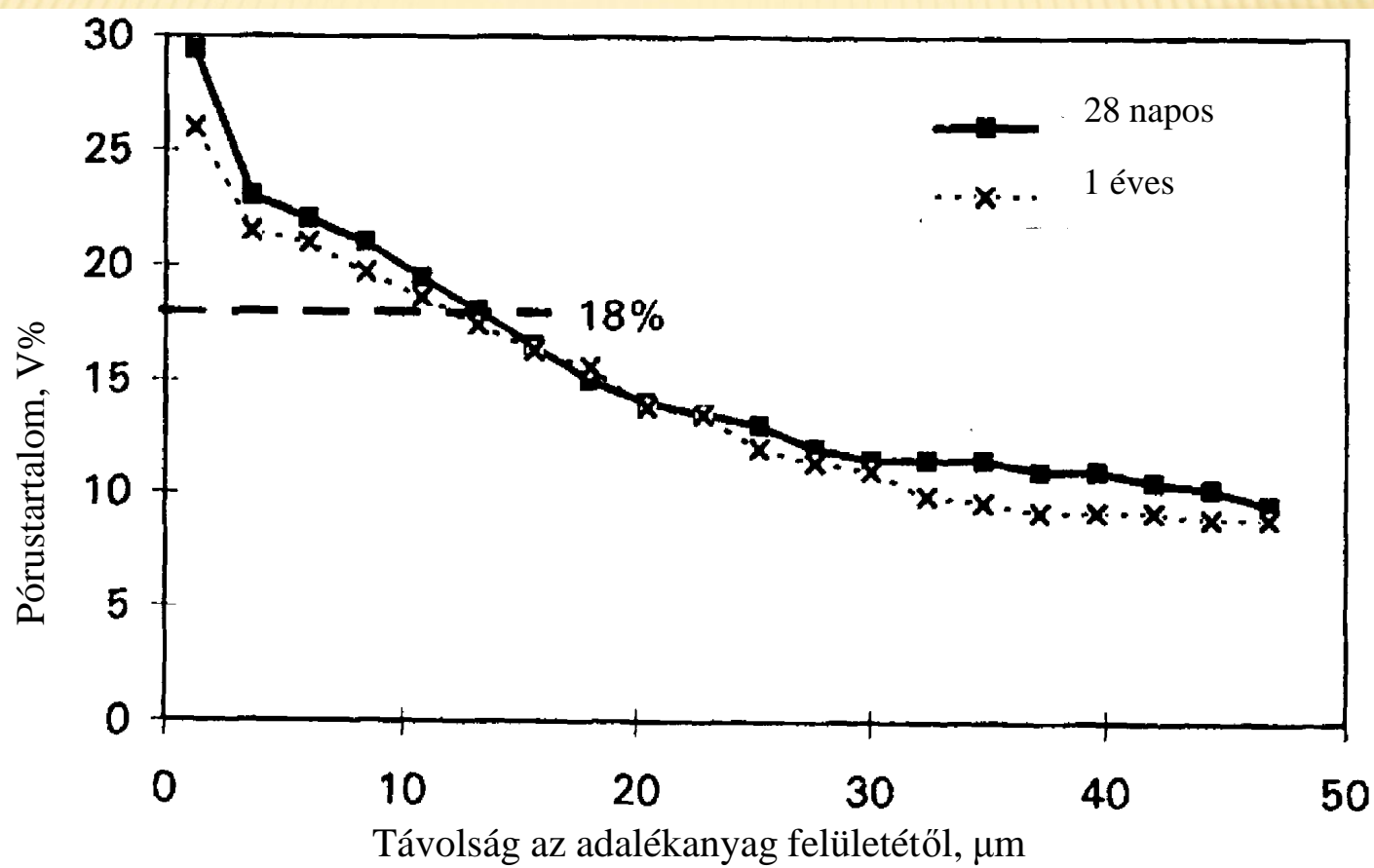
Légpórusképző adalékszerek hatása a betonszilárdságra

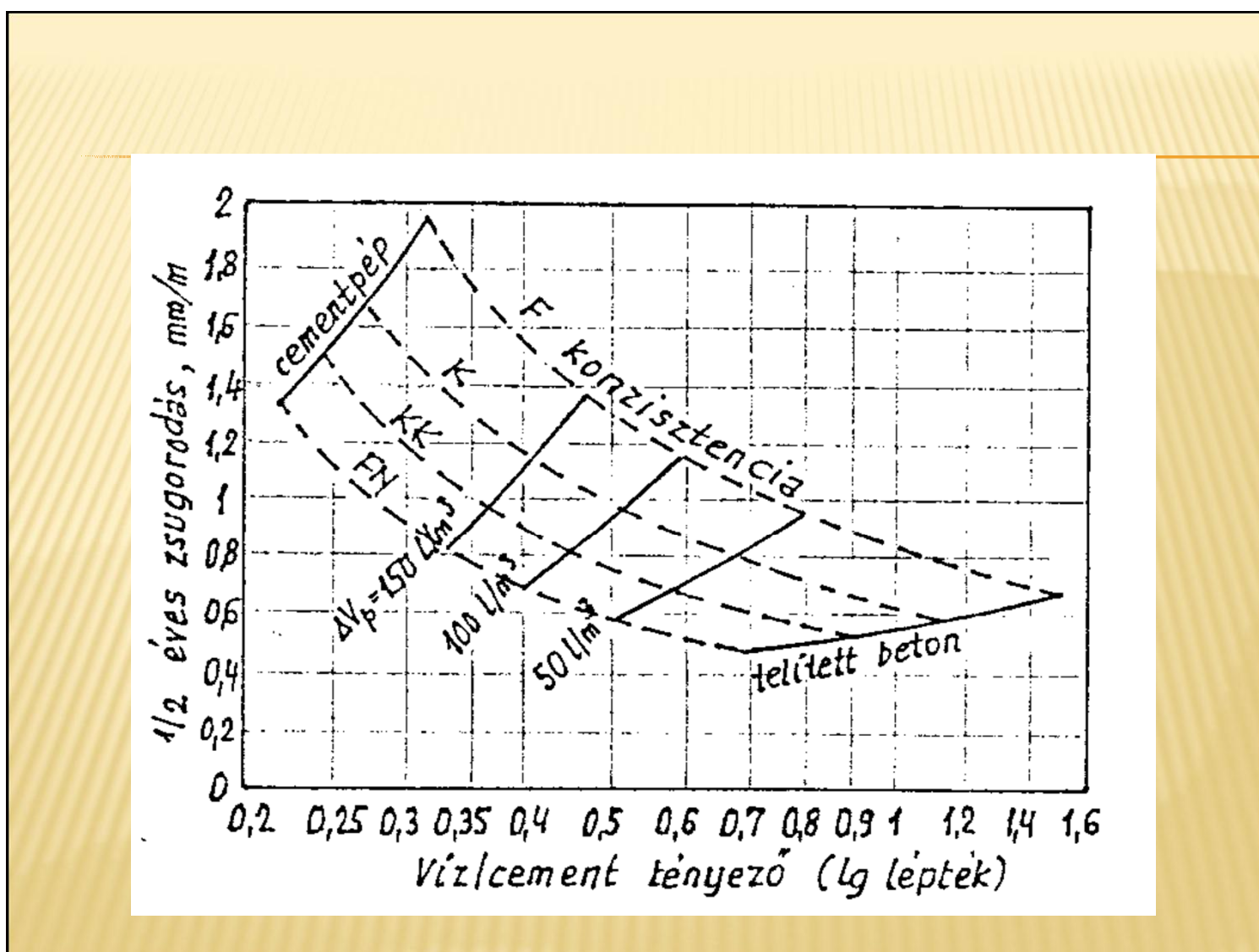
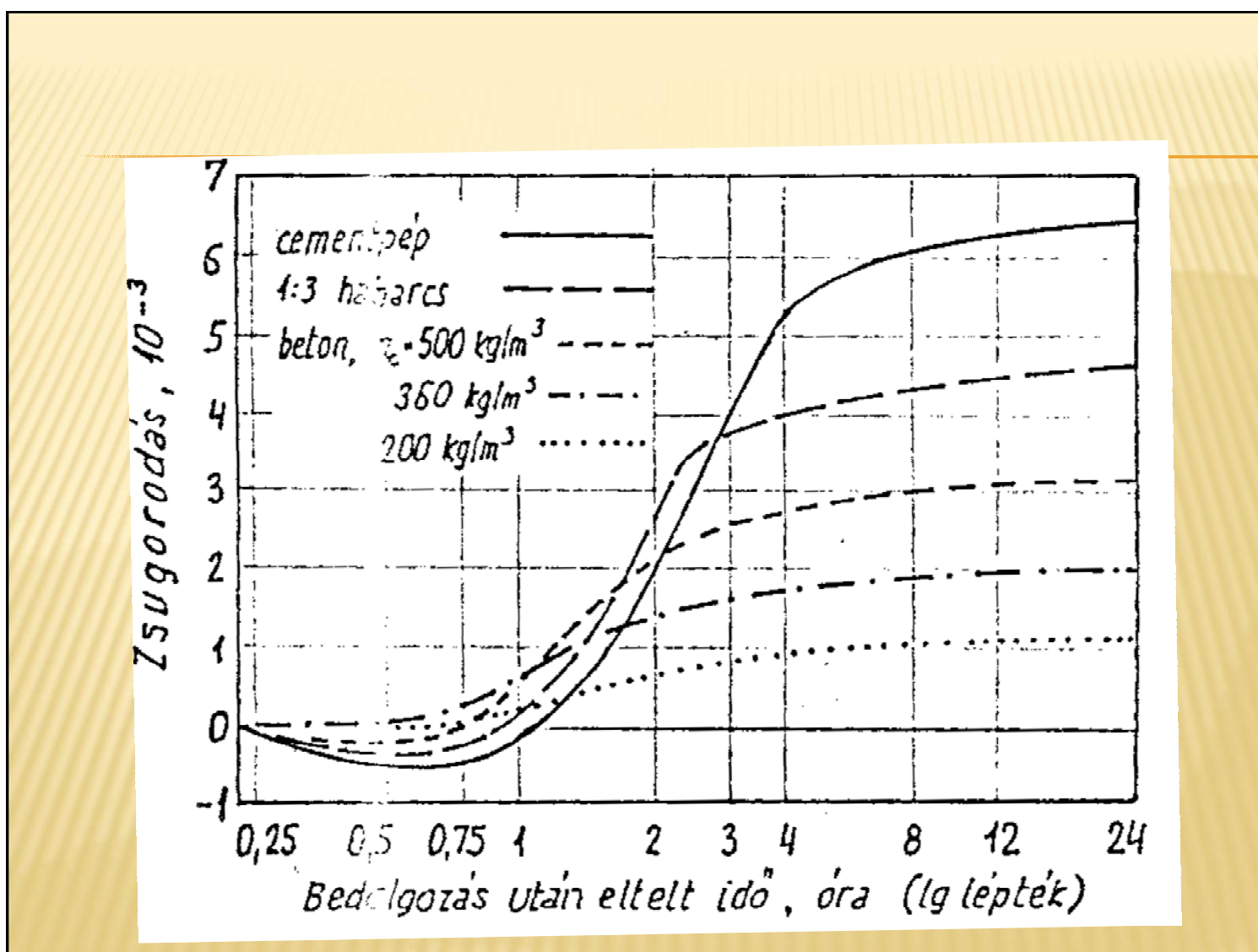
A próbatetek nyomószilárdságának és víz-cement tényezőjének az összefüggése



Pórustartalom eloszlása a betonban

Scrivener, Nemat, 1996





- ò Tömörség nagyon lényeges: minden 1 térfogat % légtartalom-többlet a zsugorodást 0,06 mm/m-rel növelheti

TECHNOLÓGIAI UTASÍTÁS FELÉPÍTÉSE

- ò 1. Hatály
- ò 2. Általános műszaki követelmények
- ò 3. A betonnal szemben támasztott követelmények
- ò 4. A beton anyagaival szemben támasztott követelmények
- ò 5. A beton összetétele
- ò 6. A betonozás
- ò 7. Hideg vagy meleg időben való betonozás
- ò 8. Utókezelés
- ò 9. Munka és dilatációs hézagok
- ò 10. Betonozási hibák javítása
- ò 11. Mérettűrések

TECHNOLÓGIAI UTASÍTÁS FELÉPÍTÉSE

Műszaki Követelményrendszer

- ò A Műszaki Követelményrendszer Minőség-biztosítási Terv formájában is megjelenhet.
- ò Tartalmazhat munka és tűzvédelmi előírásokat

SZIVATTYÚZHATÓ BETON TECHNOLÓGIÁJA

- ò A beton konzisztenciája legalább kissé képlékeny, $k_t \geq 380$ mm.
- ò d_{\max} 16 mm-ig 100mm átmérőjű cső is elég, d_{\max} 24 és 32 esetén legalább 125 mm átmérőjű cső szükséges.
- ò Min. finomrésztartalom a d_{\max} függvényében.
 - ò A finomrésztartalom: cement + 0,25 mm alatti rész az adalékanyagból.
 - ò A hiányzó finomrésztartalom dupla nullás mészkőliszttel pótolható.

SZIVATTYÚ

- ò Indítókeveréssel kell kezdeni
- ò Indításkor ne kerüljön bele a szétosztályozódott beton (kavicsos beton)
- ò Szivattyú rácson nem megy le a beton (mi a teendő)
- ò Ügyelni kell a csövezetésre, csőszűkítéseket nem szabad alkalmazni.
- ò Csőfalak vastagságát ellenőrizni kell.

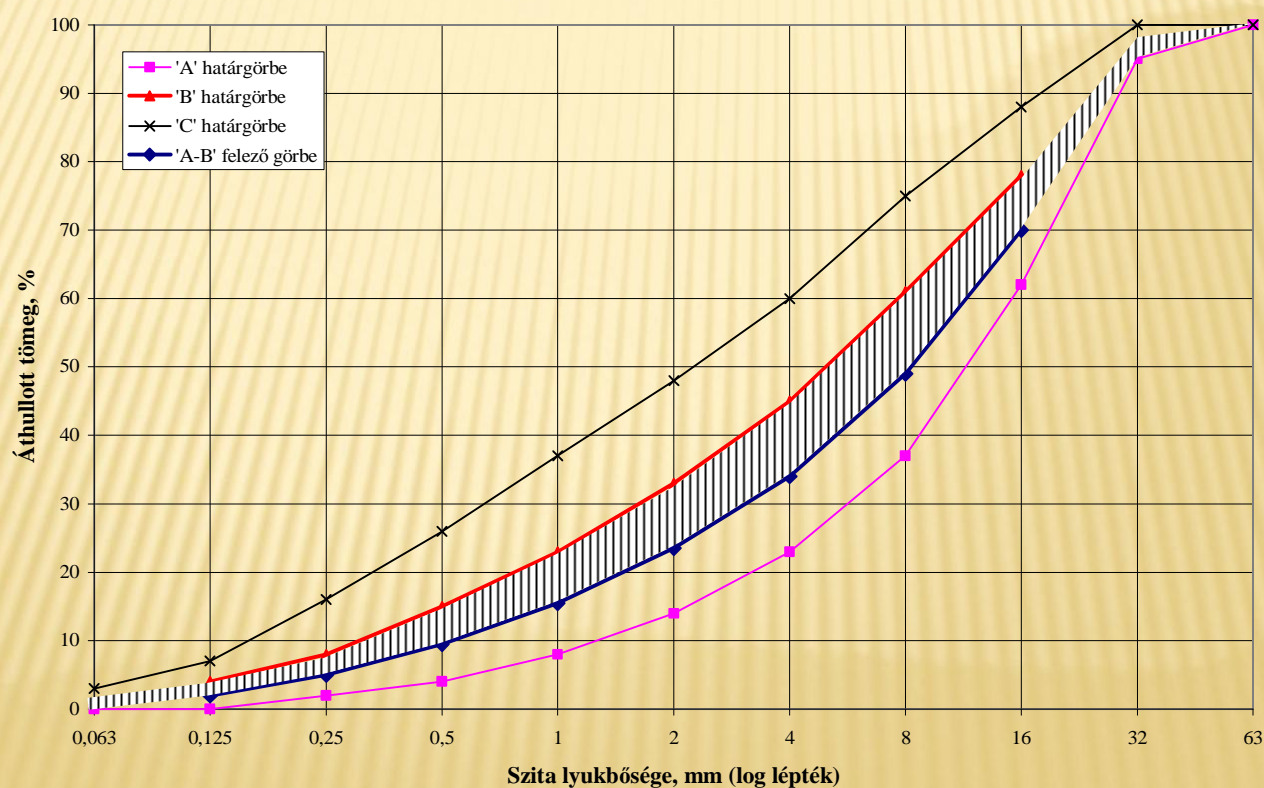
Gátolni
kell a
szabad
esés





SZEMMEGOSZLÁSI GÖRBE

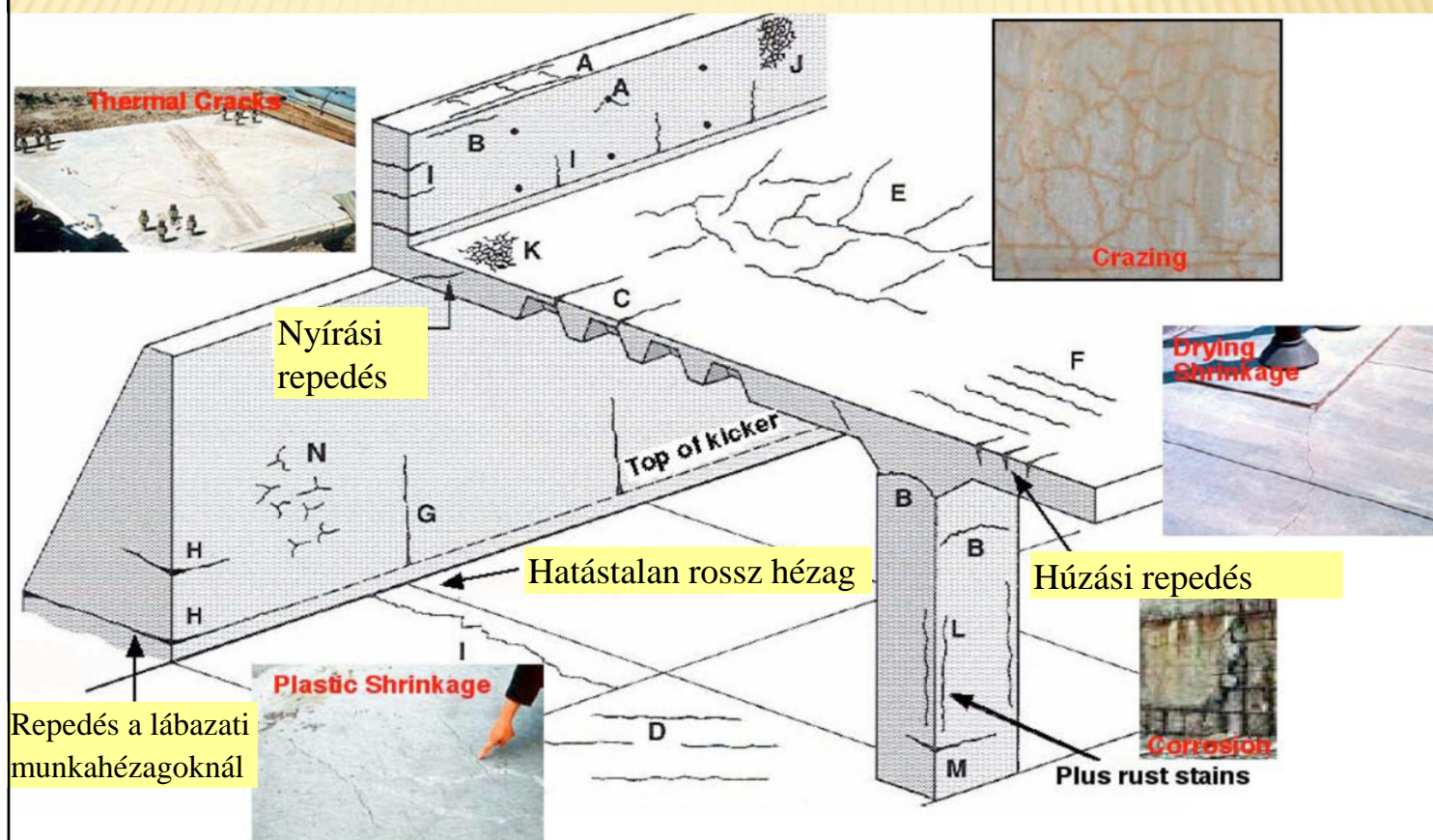
0-32 szemmegoszlás határgörbe



REPEDÉSMENTES BETON TECHNOLÓGIÁJA

- ò *A betonban a repedéseket gátolt alakváltozások okozzák*
- ò *Egyenlőtlen hőmérséklet*
 - ò Súrlódásból
 - ò Egyenlőtlen hőmérsékletből
 - ò Merev acélbetéttől
 - ò Negatív sarok miatt
 - ò Egyenlőtlen zsugorodásból
 - ò Merev szerkezet jelenlétéből

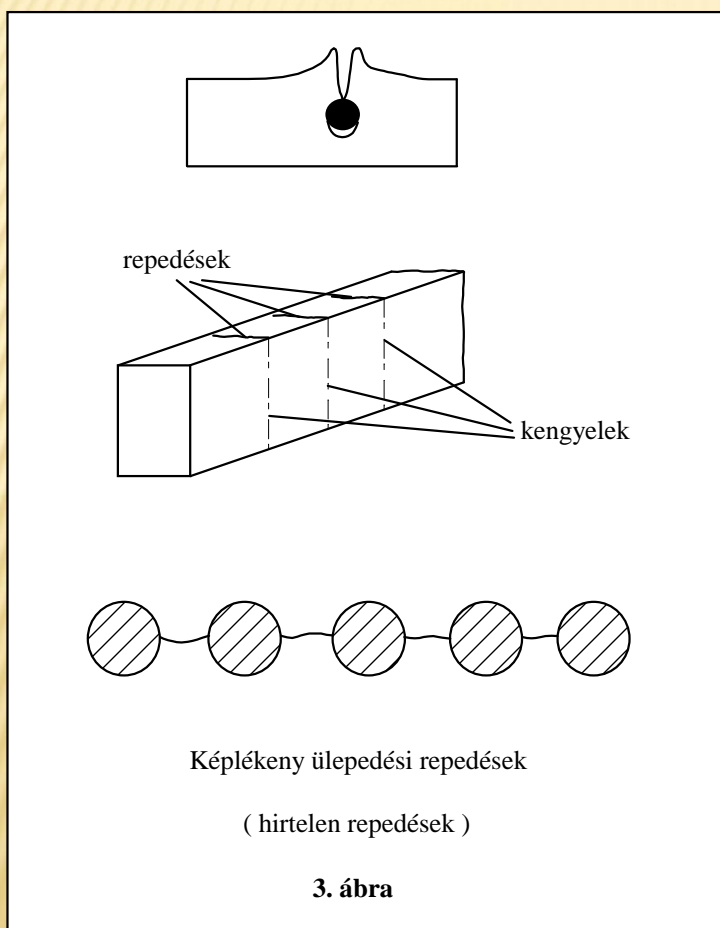
Képlékeny ülepedés (roskadás) okozta repedések A, B és C; Képlékeny zsugorodás D, E és F; Fizikai (hálós repedés) K és J; Száradás okozta zsugorodási repedések; Korrózió okozta repedések M, L I



Repedés fajta	Jel 87. ábra	Alosztály	Leggyakoribb hely	Elsőrendű ok	Másodrendű ok	Orvoslás *	A megjelenés ideje
Plasztikus ülepedés	A	acélbetét fölött	alacsony részeken	túlzott vérzés	gyors kiszáradás	vérzés csökkentés (légpórusképzés, újra vibrálás)	10 perctől 3 óráig
	B	boltív	oszlopfej				
Plasztikus zsugorodás	D	átlós	utak és lemezek	gyors korai kiszáradás	a vérzés kis sebessége	utókezelés javítása korai időpontban	10 perctől 6 óráig
	E	véletlenszerű	vasbeton lemezek				
	F	vasalás fölött					
Hő okozta korai zsugorodás	G	külső gátoltság	vastag falak	túlzott hőfejlődés	gyors hűtés	Hőmérséklet csökkentés és/vagy szigetelés	1 naptól 2-3 hétig
	H	belső gátoltság	vastag lemezek	túlzott hőfoklépcső			
Hosszú idejű száradási zsugorodás	I	-	vékony lemezek, falak	nem megfelelő kapcsolatok	túlzott zsugorodás, rossz utókezelés	vízteralom csökkentés és utókezelés javítás	több hét vagy hónap
Hálós repedezés	J	zsaluzatnál	világos felületek	víz záró zsaluzat	kövér keverék, gyenge utókezelés	utókezelés és simítás javítása	1-7 nap, néha sokkal később
	K	úsztatott beton	lemez	túlzott simítás			
Acélkorrózió	L	természetes	oszlopok, gerendák	betontakarás hiánya	gyenge betonminőség	a felsorolt okok kiküszöbölése	több, mint 2 év
	M	klorid	előregyártott beton				
Alkáli-kovasav reakció	N	-	párás helyen	reaktív adalékanyag + nagy alkálitartalmú cement alkalmazása			több, mint 5 év

* feltételezve, hogy az áttervezés nem lehetséges, a felsoroltakon kívül minden esetben meg kell szüntetni a gátoltságot

KÉPLÉKENY ÜLEPEDÉS OKOZTA REPEDÉSEK



NEGATÍV SAROK OKOZTA REPEDÉS

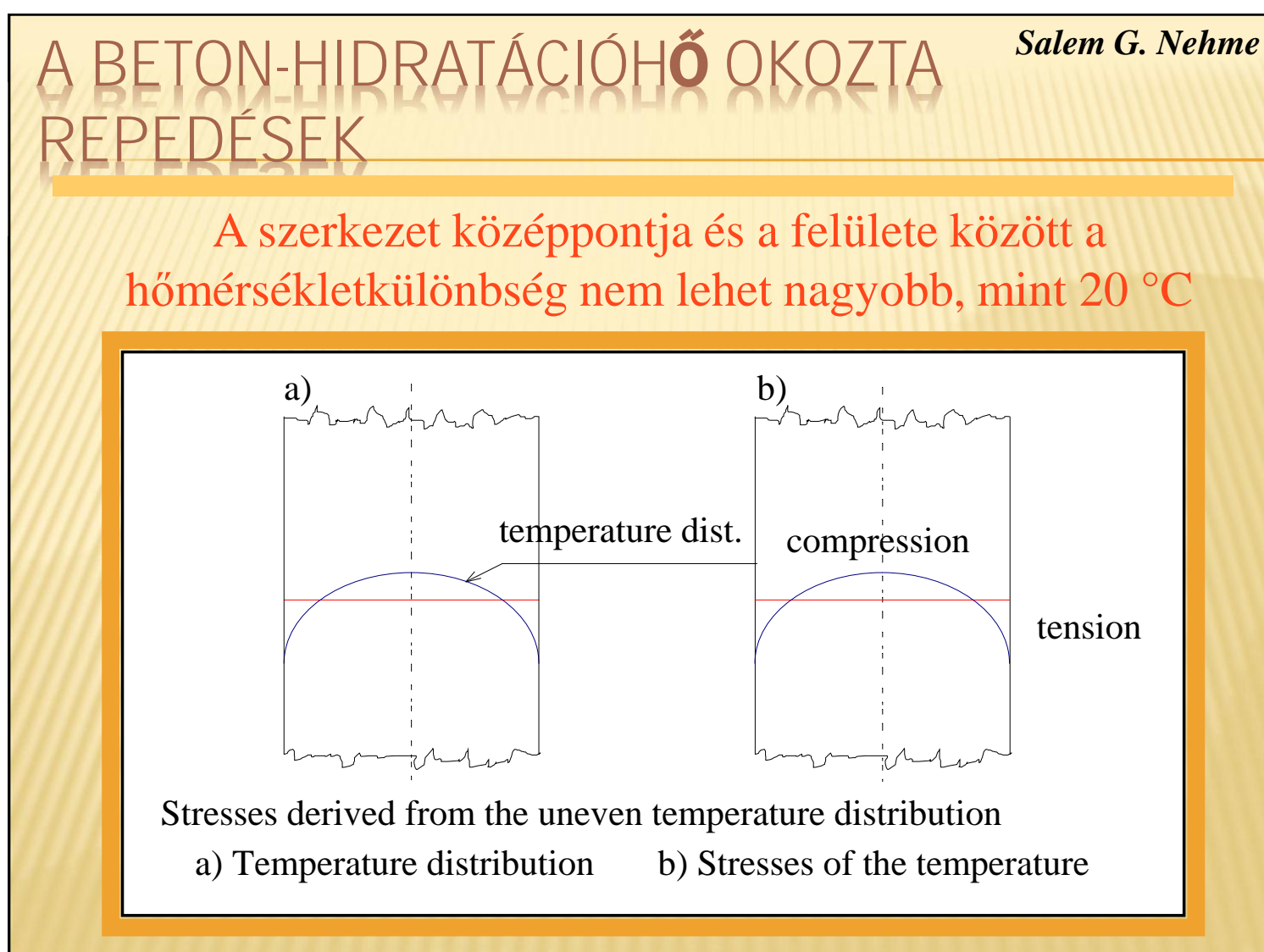
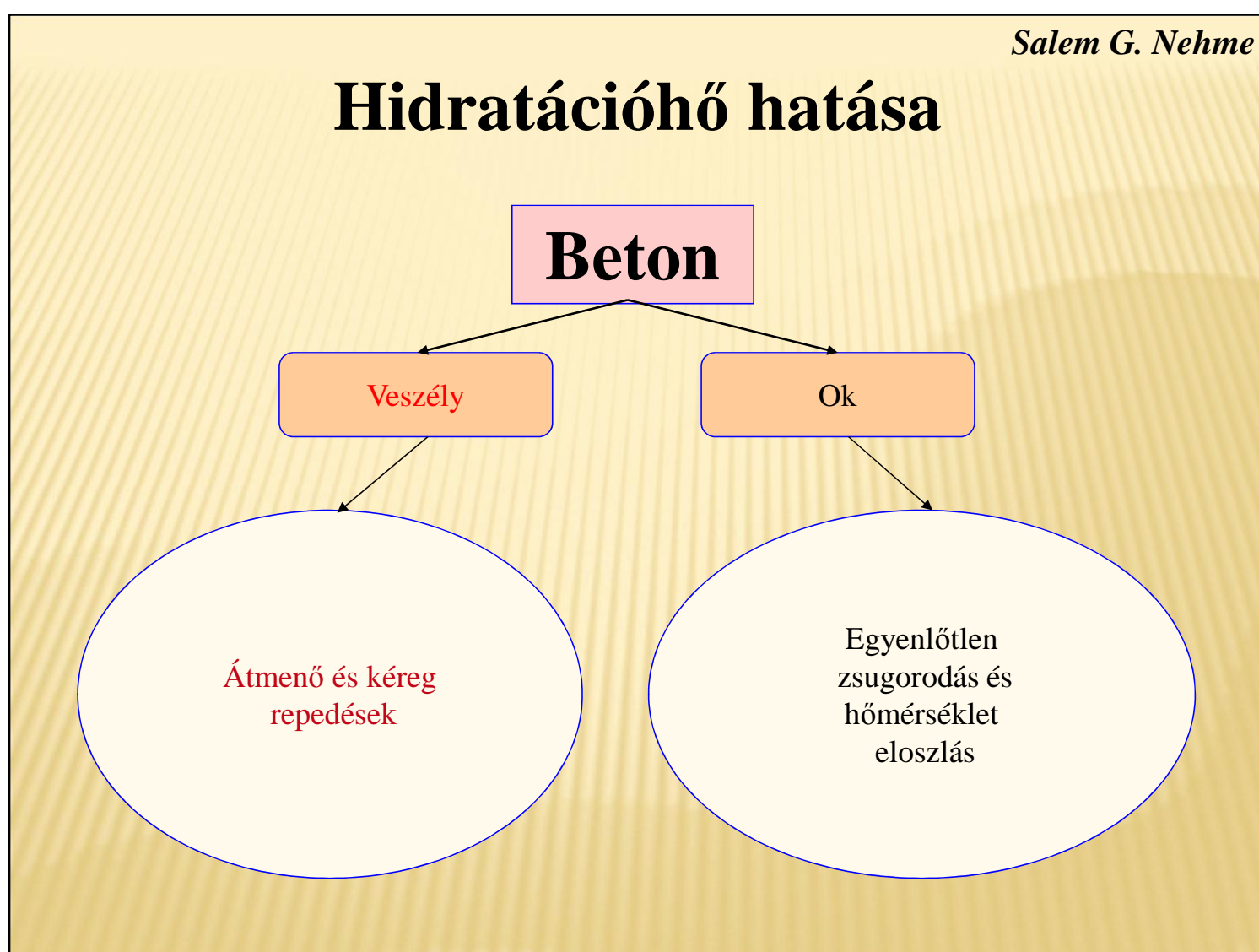


NEGATÍV SAROK OKOZTA REPEDÉS



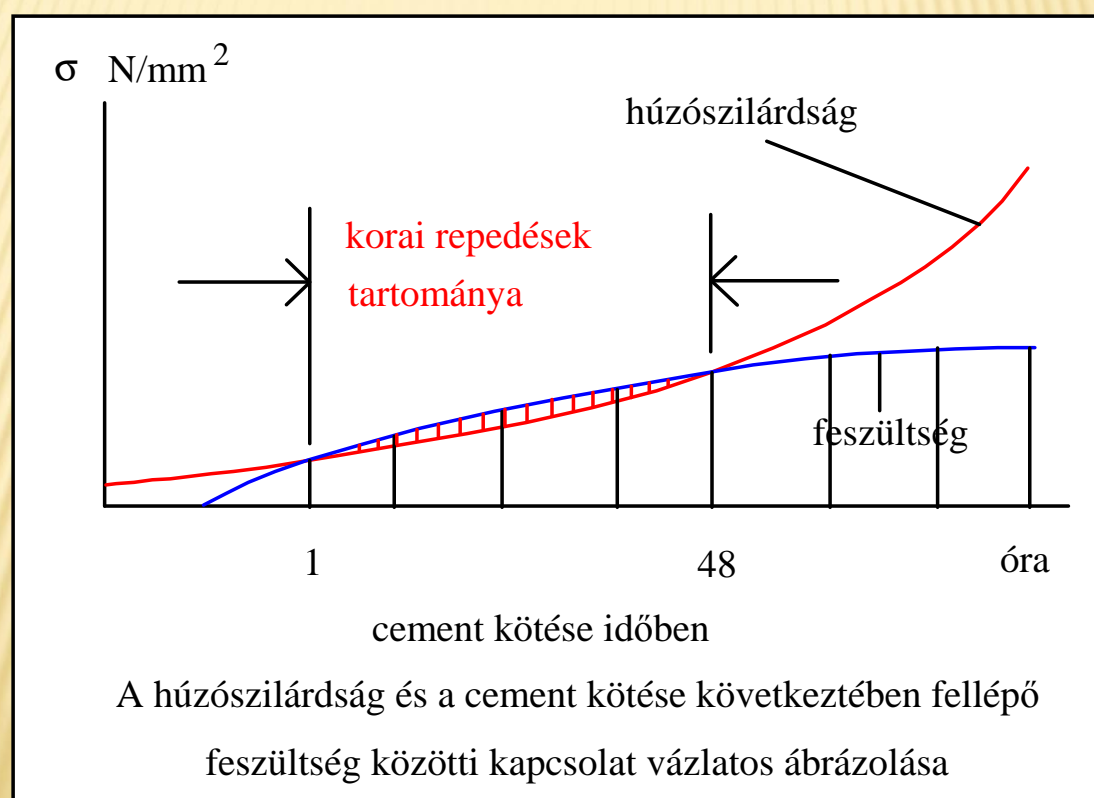
ZSUGORODÁSI REPEDÉSEK, NEM MEGFELELŐ DILATÁCIÓ





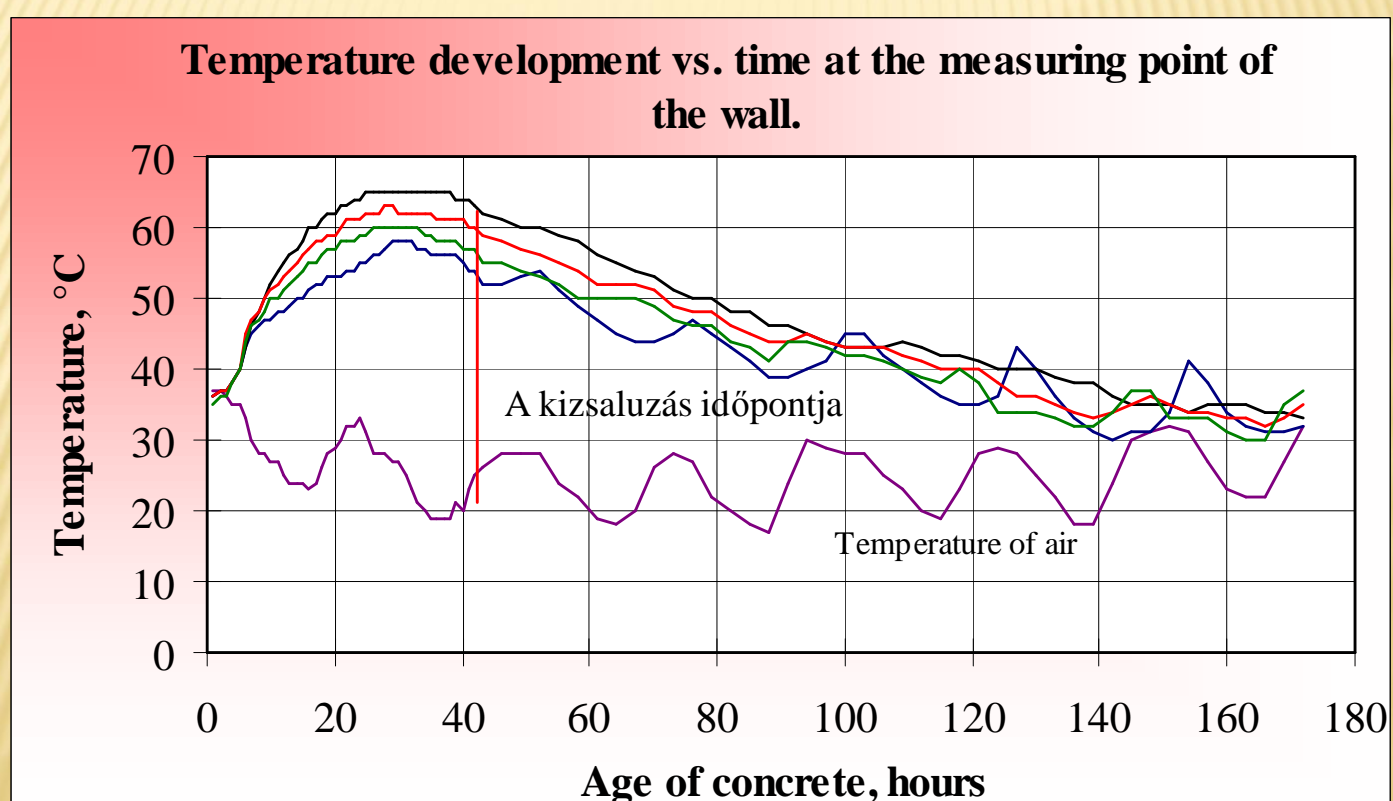
Salem G. Nehme

A BETON-HIDRATÁCIÓHŐ OKOZTA REPEDÉSEK



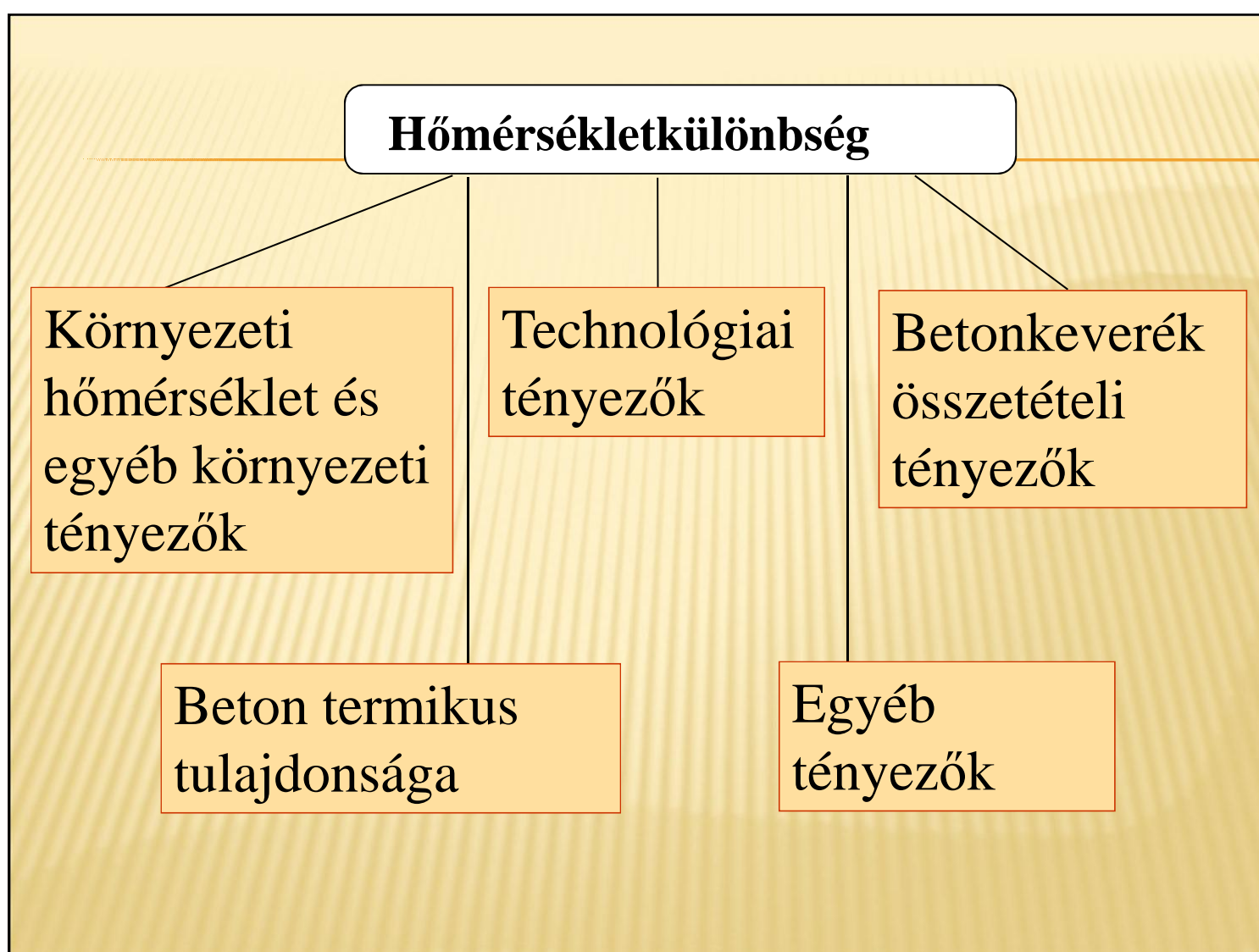
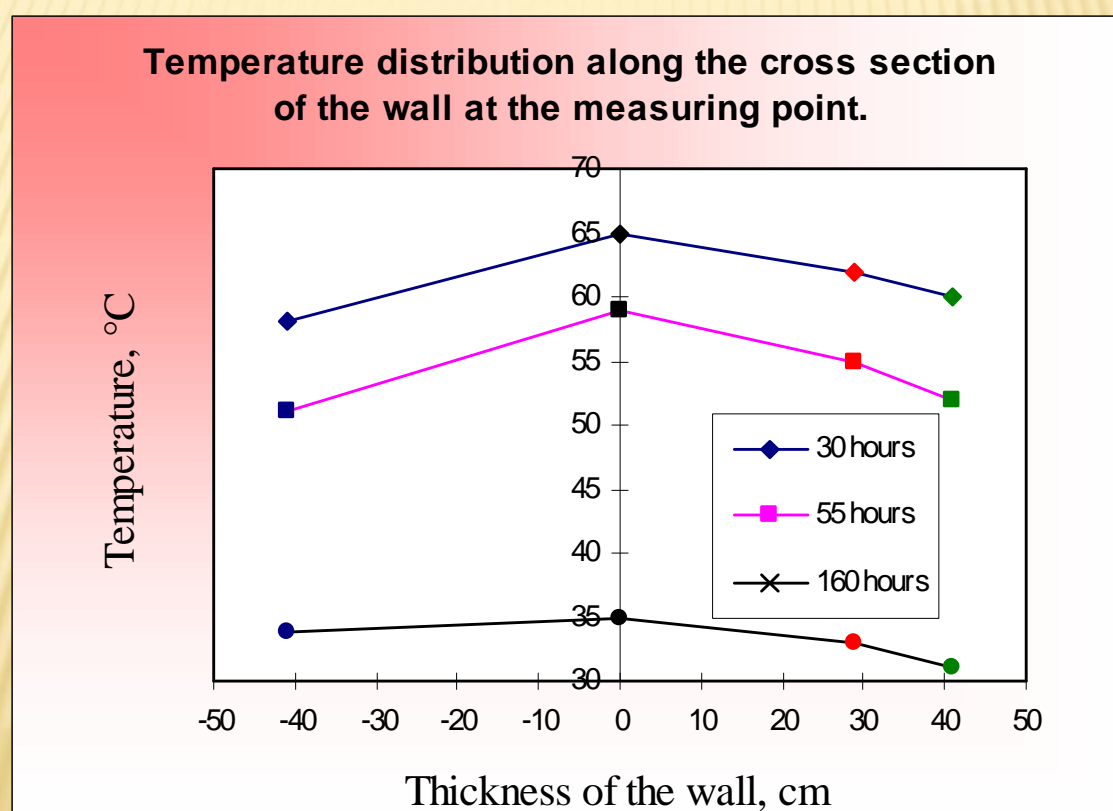
Salem G. Nehme

A HŐMÉRSÉKLET IDŐBENI ALAKULÁSA A FALBAN



Salem G. Nehme

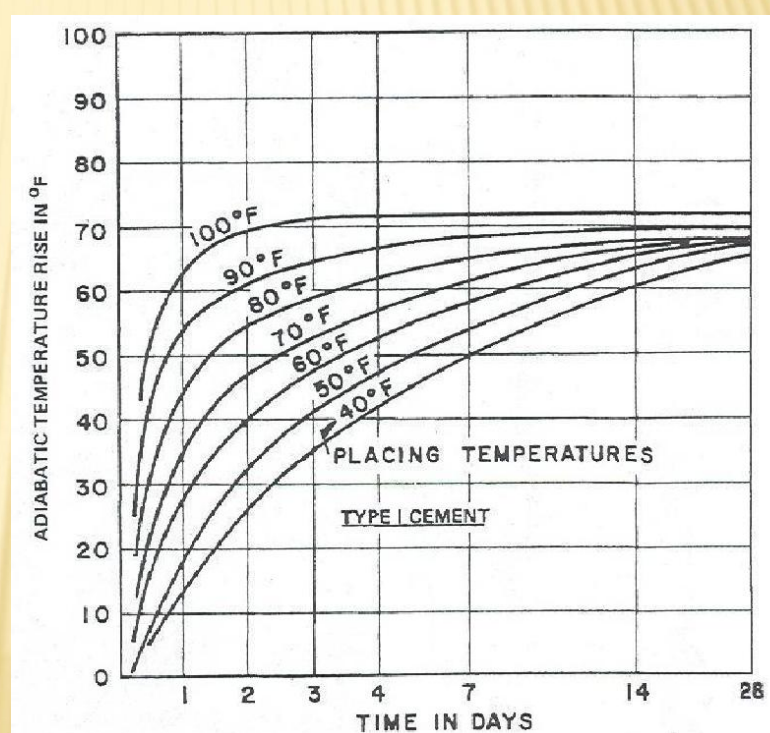
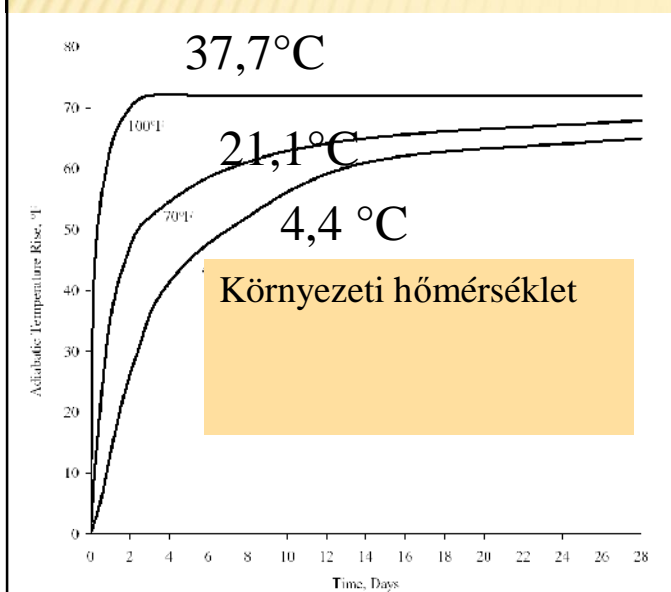
A HŐMÉRSÉKLET ELOSZLÁSA A FALBAN

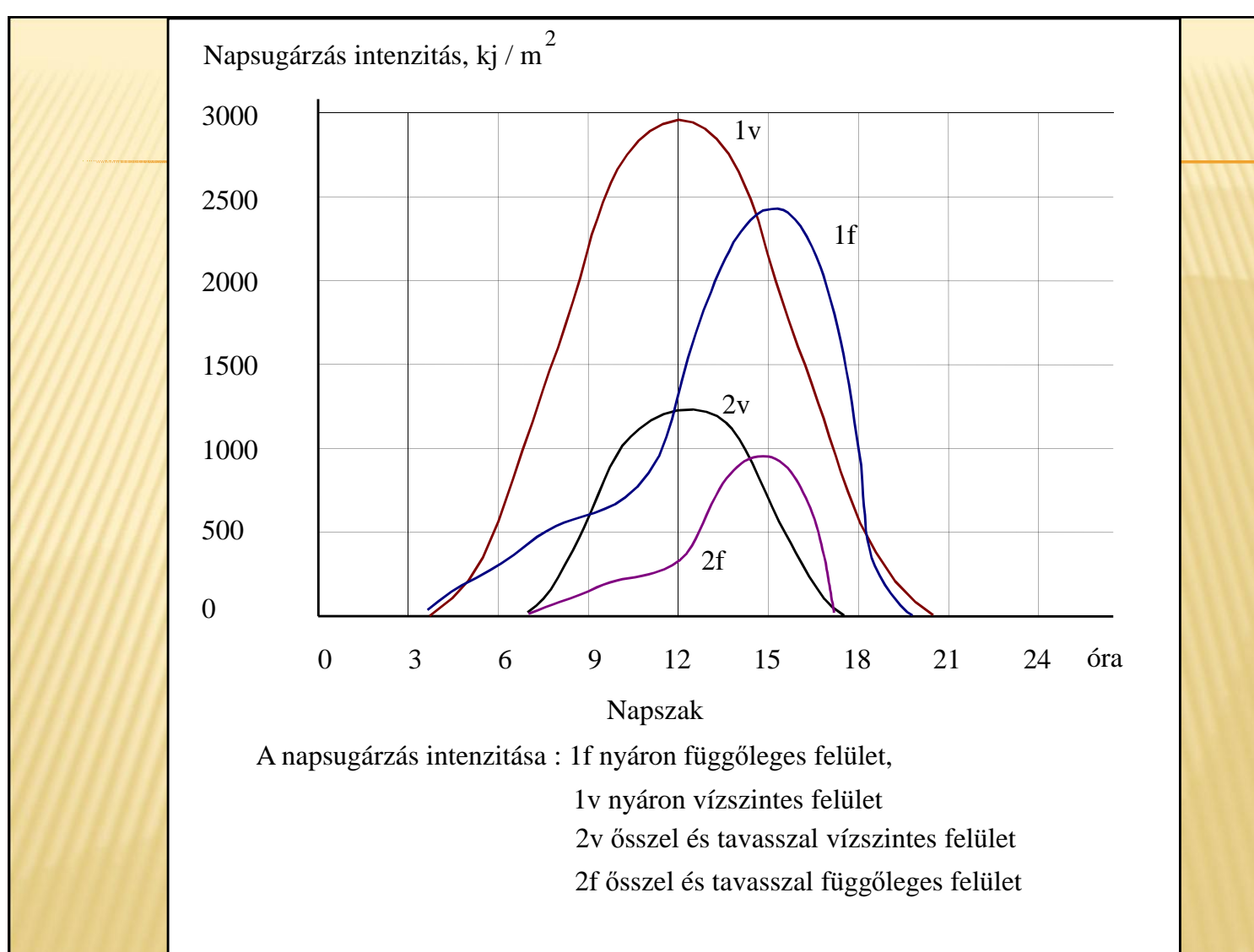


KÖRNYEZETI HŐMÉRSÉKLET ÉS EGYÉB KÖRNYEZETI TÉNYEZŐK

- ò a szél intenzitása,
- ò a léghőmérséklet és a levegő nedvesség tartalma,
- ò a napsugárzás intenzitása,
- ò a párolgás mértéke,
- ò a betonszerkezet elhelyezkedése.

A KÖRNYEZETI HŐMÉRSÉKLET HATÁSA A TÖMEGBETON HŐMÉRSÉKLET FEJLŐDÉSÉRE AZ ACI 207 SZERINT





A PÁROLGÁS HATÁSA

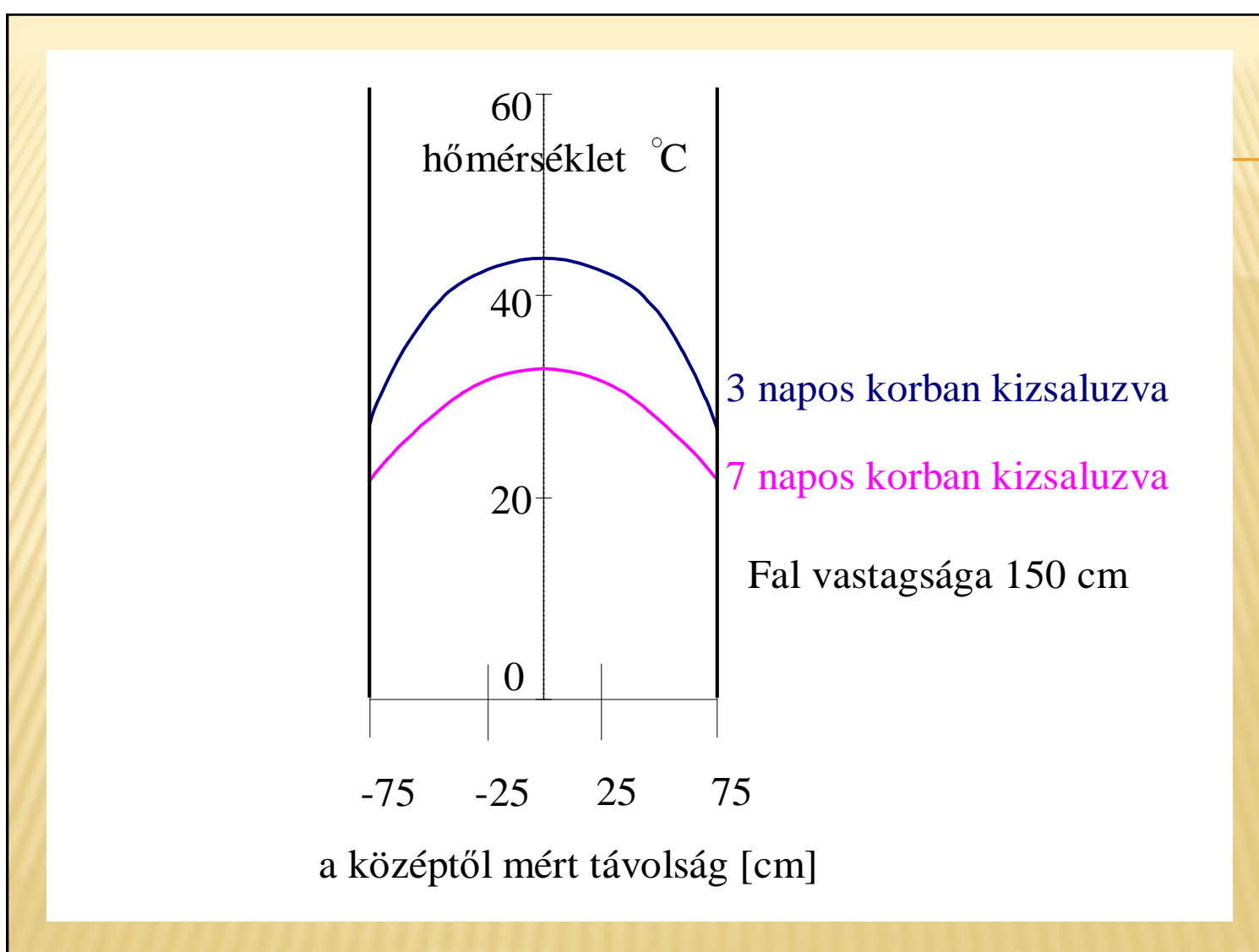
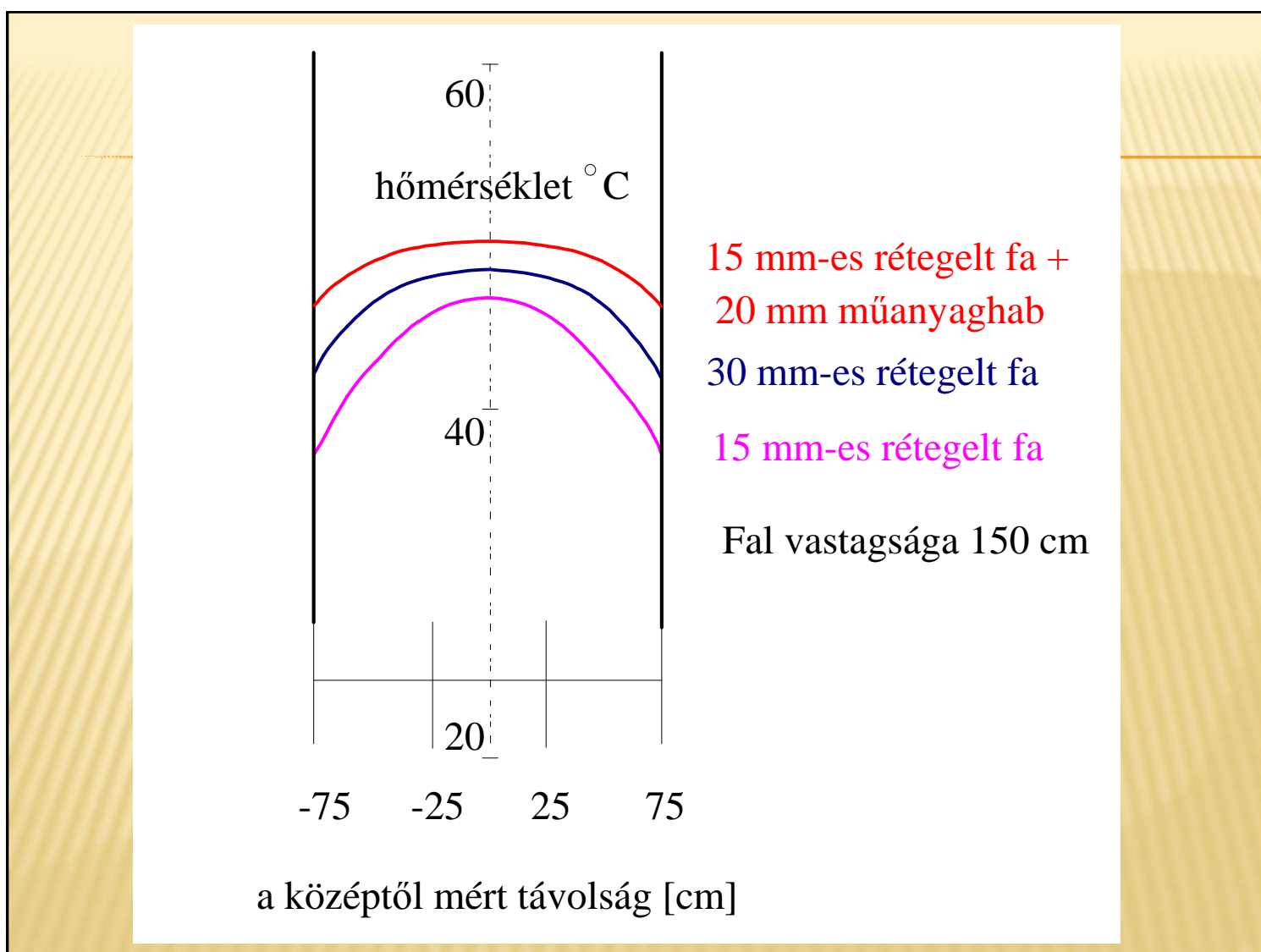
- ò *a beton felülete feletti áramlási viszonyok* (minél nagyobb a szél sebessége és hőmérséklete, ennél könnyebben alakulhatnak ki a repedések),
- ò *a levegő páratartalma* (minél szárazabb a levegő, annál gyorsabb párolgás következik be a beton felületén, és így repedések alakulhatnak ki),
- ò *a felület hőmérséklete* (minél nagyobb a felület hőmérséklete, annál gyorsabban kiszárad és így alakulhatnak a repedések).

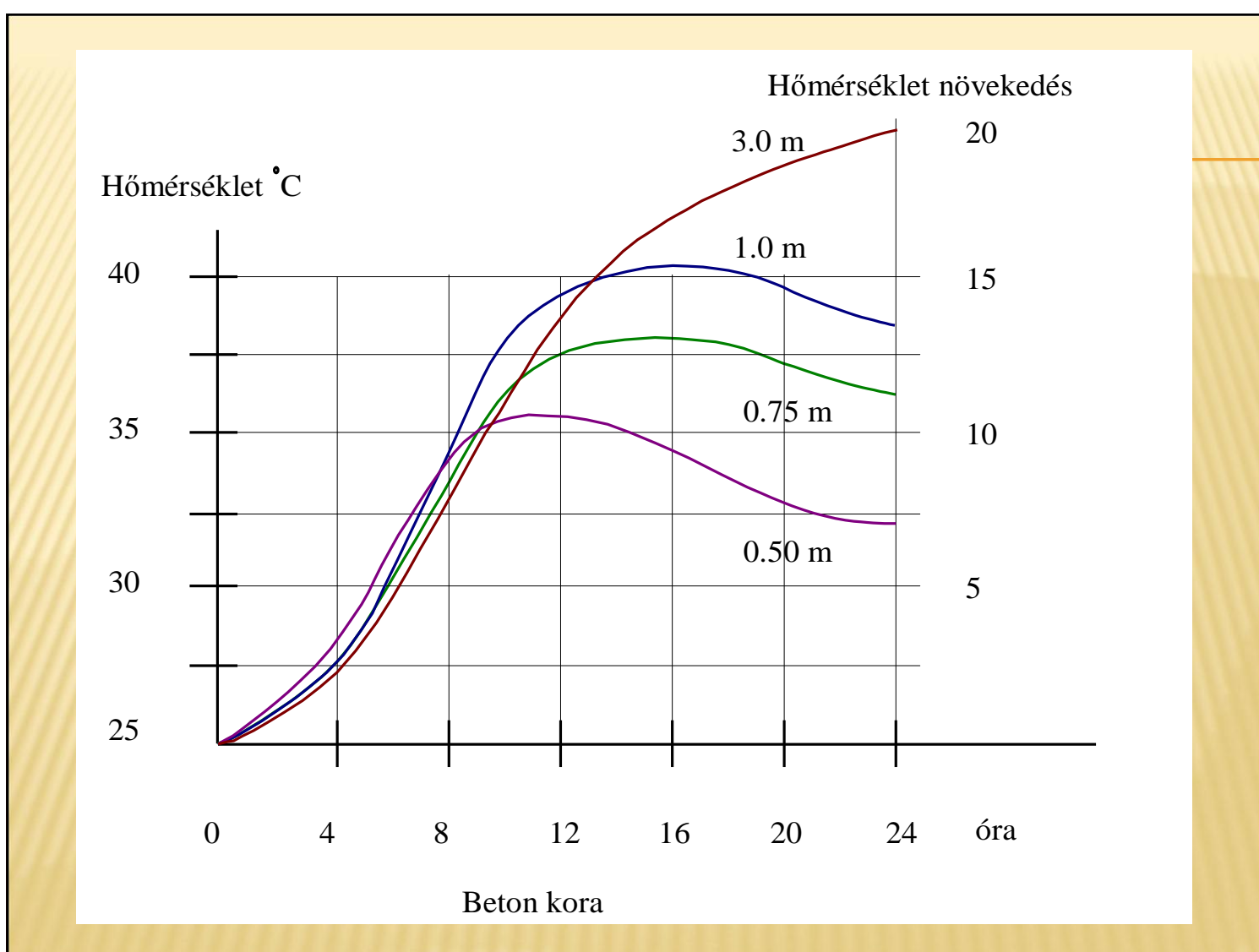
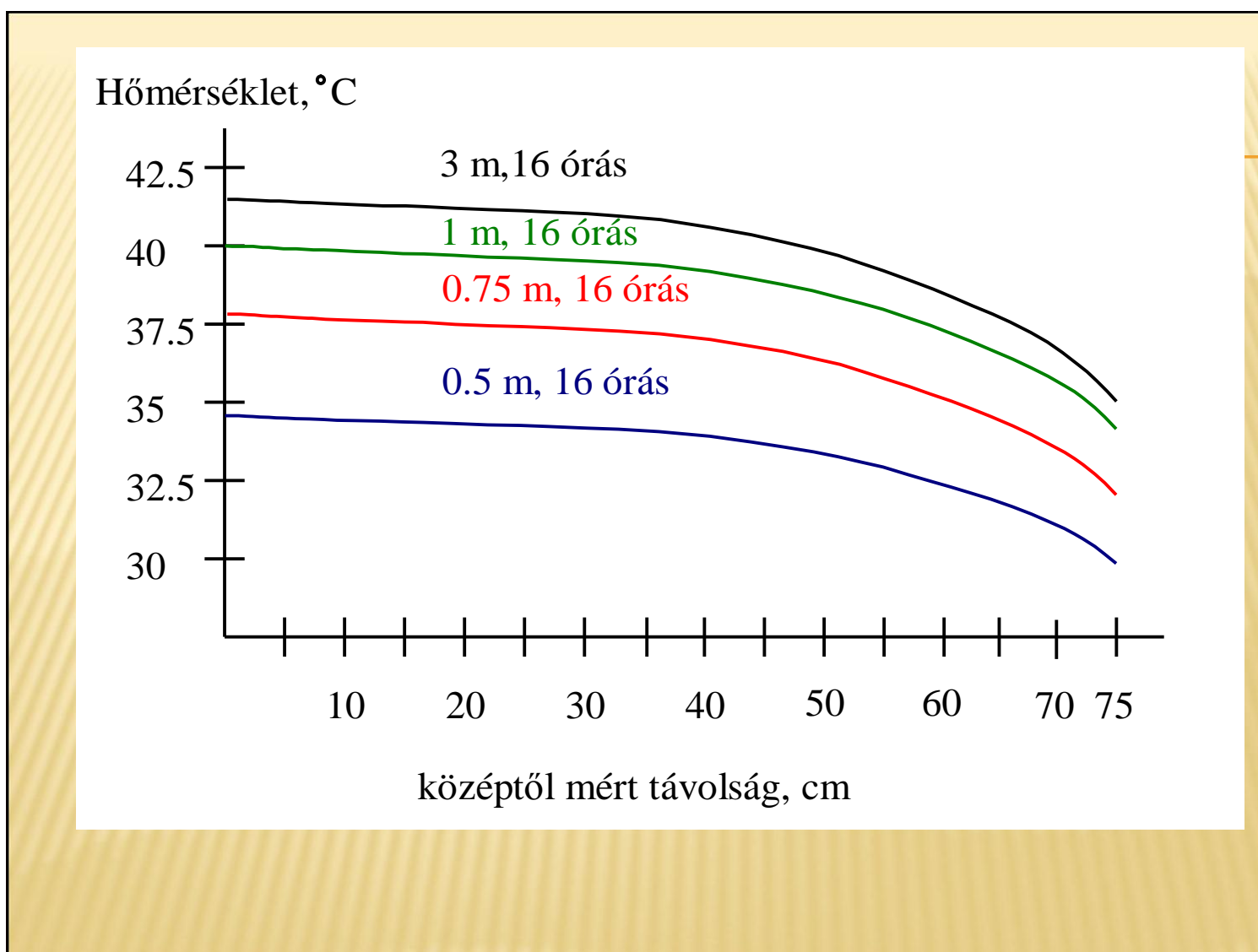
A BETONSZERKEZET ELHELYEZKEDÉS

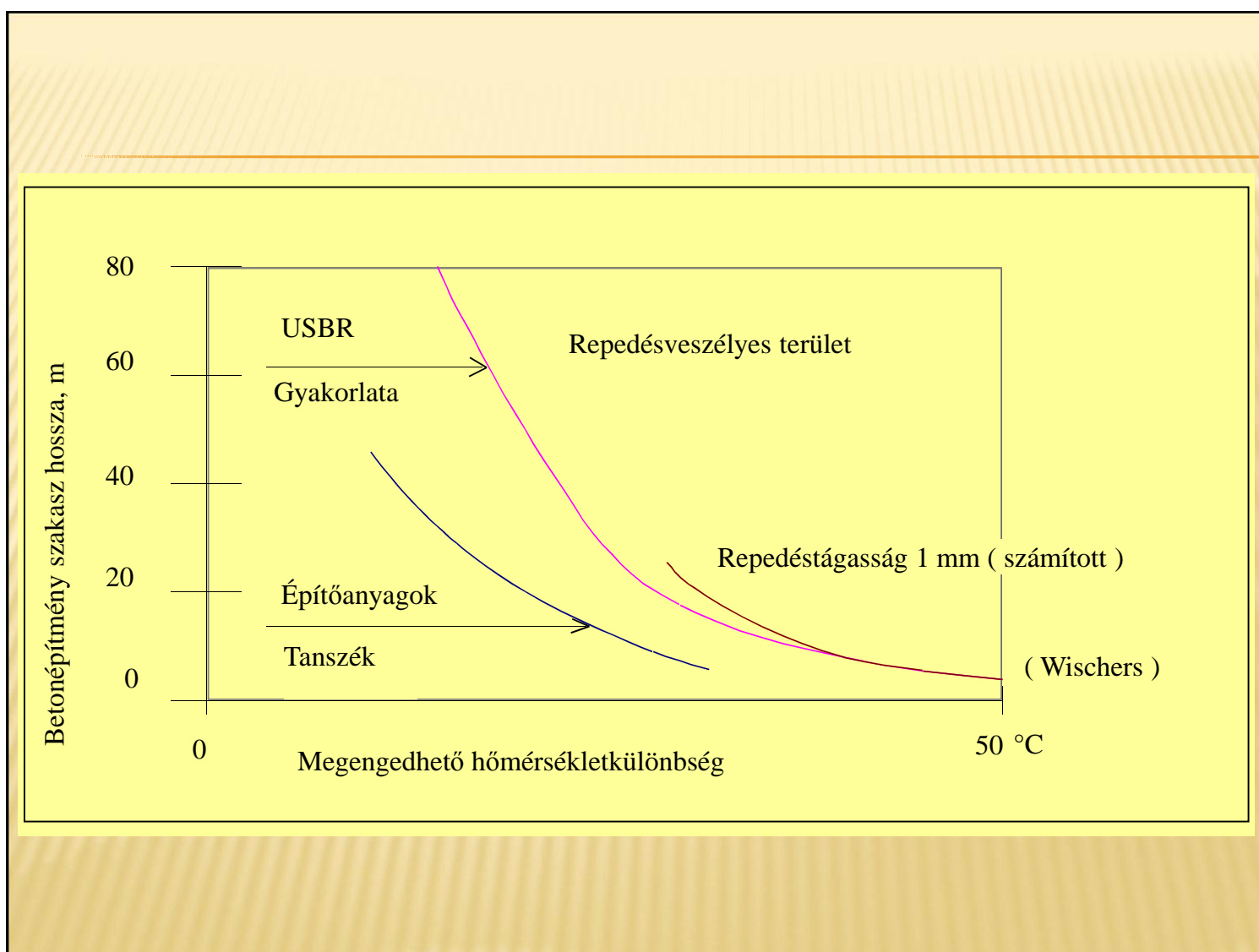
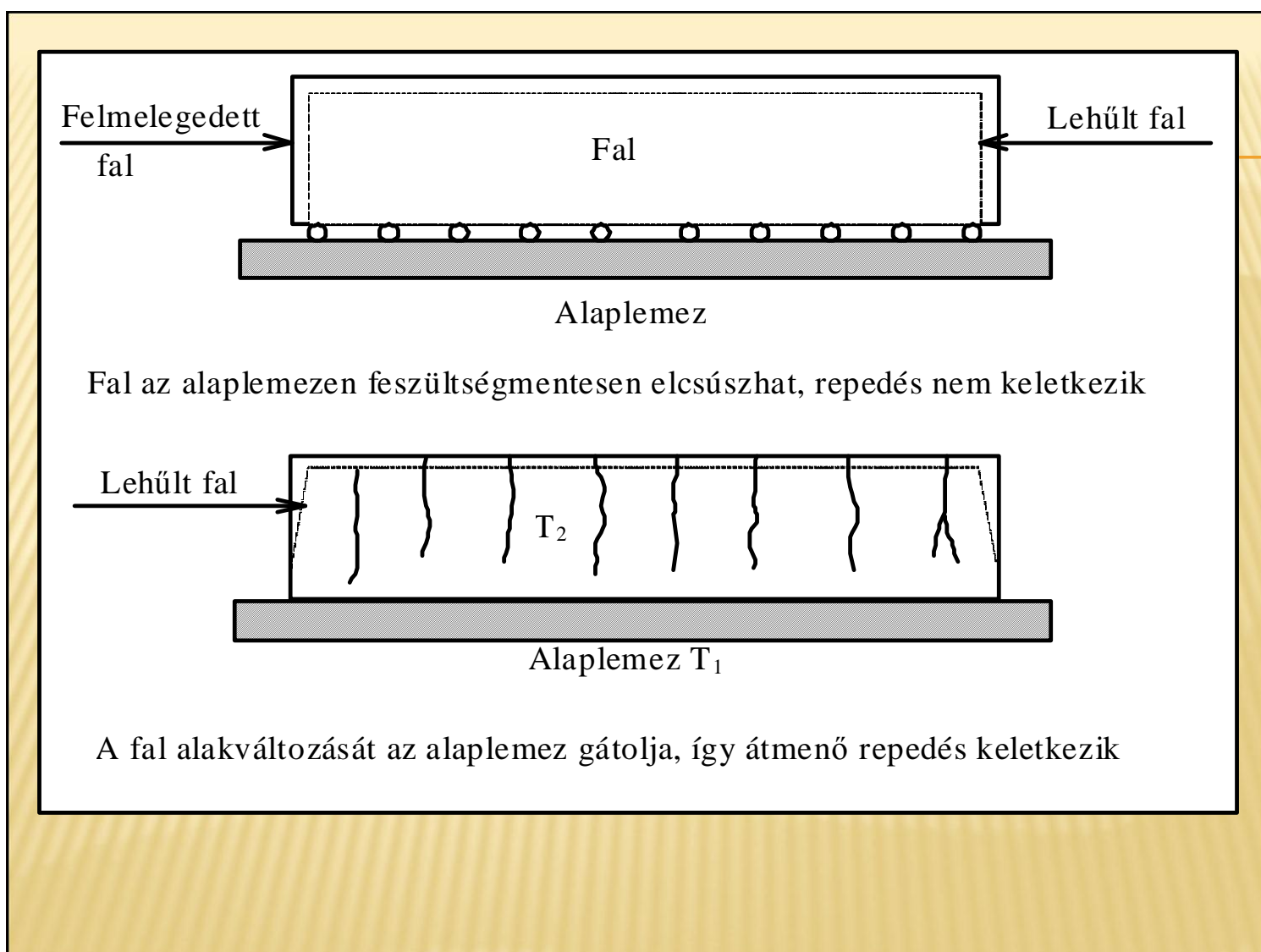
- ò A szerkezeti elemek elhelyezkedésének nagy szerepe van a hőmérséklet eloszlás kialakulásában, mert a szél és a napsugárzás iránya (milyen szögben érintkezik a felülettel) befolyásolja a felületen lévő víz gyors elpárolgását és emiatt plasztikus zsugorodást okozhat, amely kéregrepedésekhez vezethet.

TECHNOLÓGIAI TÉNYEZŐK

- ò a zsaluzat minősége,
- ò a kizsaluzás időpontja,
- ò a betonozás szakaszossága,
- ò a beton ill. vasbeton tömb (fal, lemez) méretei,
- ò az utókezelés (a védelem, takarás jellege és időtartama).







REPEDÉSVESZÉLY HA $\sigma_{II} \geq R_{II}$

$$\sigma_{t,t \max} = k(T_2 - T_1)\alpha \frac{E_{0,c}}{1 + \varphi} = k(\Delta t)\alpha \frac{E_{0,c}}{1 + \varphi}$$

Ahol:

- T_2 : a fal legnagyobb átlaghőmérséklete a felmelegedéskor
- T_1 : az alaptest átlaghőmérséklete a felmelegedéskor
- $E_{0,c}$: a beton húzási rugalmassági modulusa, melyet a nyomási rugalmassági modulussal vesszünk azonosnak, $0,5-5 \cdot 10^5$ kp/cm²
- α : a beton hőtágulási együttható, $1,12 \times 10^{-5}/^\circ\text{C}$
- φ : kúszási tényező, melyre megbízható adat nem áll rendelkezésünkre, az időtől függően 0-10
- k : tényező a fal és az alaptest közti elcsúszás lehetősége
nagyon vékony szerkezeteknél: $k = 0,5$
nagyon vastag szerkezeteknél: $k = 1,0$
- k : a keresztmetszet méreteit, illetve a hőmérséklet-eloszlási ábra alakját kifejező tényező.

A húzó- és nyomóerőknek egyensúlyban kell lenniük. A feszültségi ábrán, a hőmérséklet-eloszlás ismeretében területkiegénylítéssel határozhatjuk meg.

A k tényező azt mutatja meg, hogy a kiegyenlítés folytán a Δt hőmérséklet hányadrésze okoz húzófeszültséget a fal felületén.

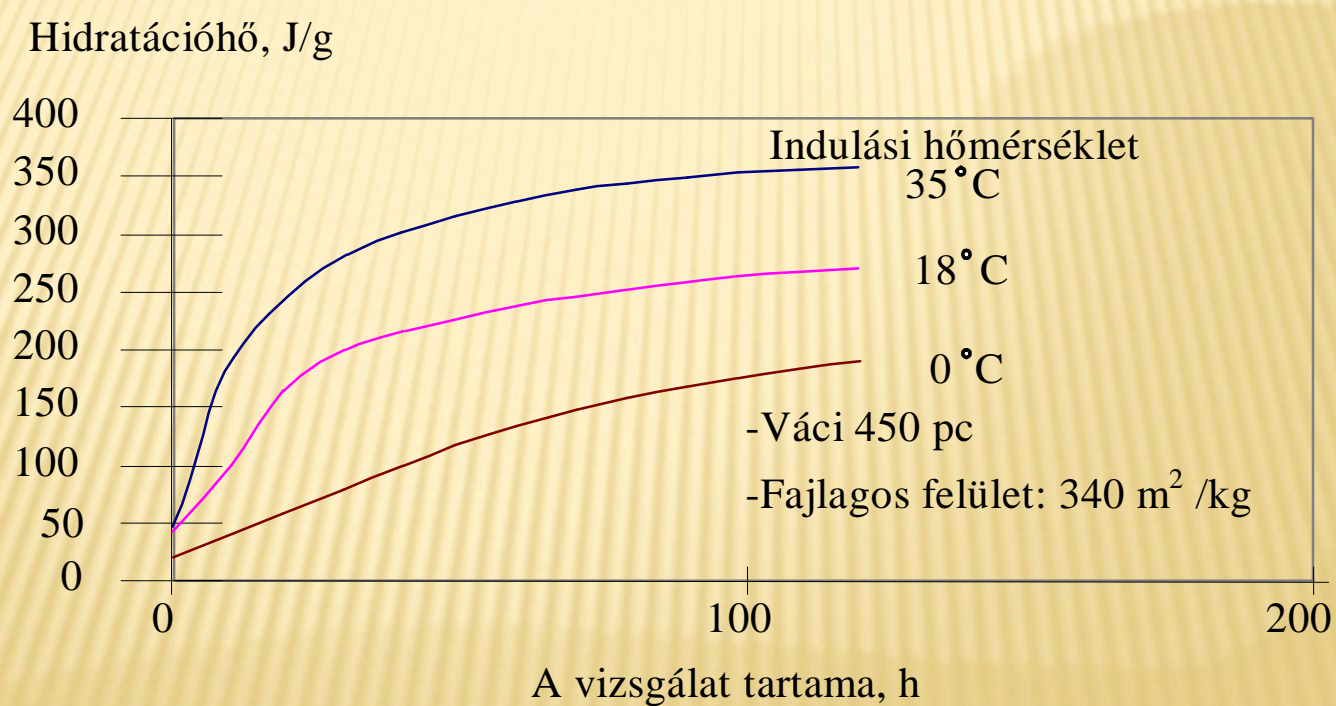
A UTÓKEZELÉS HATÁSA

- Az utókezelés az egyik legfontosabb tényező. A betont megfelelő ideig nedvesen kell tartani, hogy a párolgás (a betonban lévő kapilláris víz eltávozásának a meggátlása) okozta hirtelen száradástól megóvjuk, és a szilárdulás folyamatát lehetővé tegyük. A kapilláris víz a beton melegebb belsejéből a meleg egy részét is magával viszi és ezáltal hőmérsékletszabályozó szerepe van.

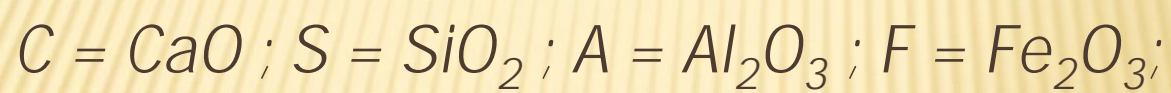
BETONKEVERÉK ÖSSZETÉTELI TÉNYEZŐK

- ò a beton hőmérséklete a betonozás időpontjában,
- ò a cementfajta és a cementtartalom,
- ò a vízcement tényező,
- ò a késleltető adalékszerek adagolása,
- ò a beton kúszási tényezője.

KEZDETI HŐMÉRSÉKLET

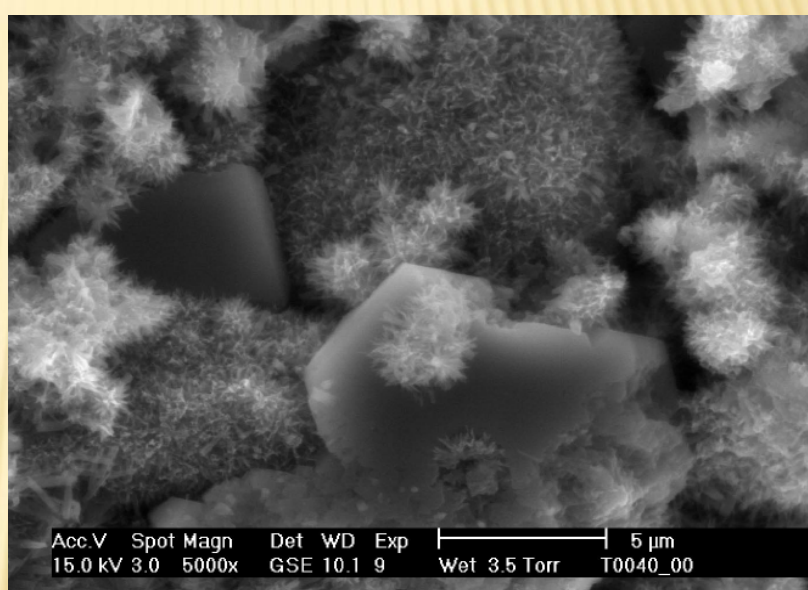


- ◊ A portlandcementklinker ásványi összetételét elektronmikroszkóppal lehet megvizsgálni. Az ásványokat alkotó oxidok szokásos rövidítései:



NÉGY FŐ KLINKERÁSVÁNY

- ◊ *alit* (C_3S): a klinkerben hatszögű kristályok alakjában előforduló, Al^{3+} és Mg^{2-} ionokkal szennyezett, trikálcium-szilikát ($C_3S = 3.CaO.SiO_2$). Legfontosabb klinkerásvány, ezzel lehet elérni a nagy kezdőszilárdságot. Részaránya a klinkerben 37-60 tömeg %.



24 órás hidratáció

NÉGY FŐ KLINKERÁSVÁNY

belit (C_2S): kerekded kristályoknak látszó
dikalcium-szilikát ($C_2S = 2.CaO.SiO_2$), kis
mennyiségben ugyancsak tartalmaz
ionokat. Négy módosulat van, közülük
legfontosabb a **b** (*béta*) módosulat.
Csekély a hidratációs hője, jó az
utószilárdulása és a húzószilárdsága.
Részaránya: 15-37 tömeg %.

NÉGY FŐ KLINKERÁSVÁNY

- *felit* (C_3A): trikalcium-aluminát ($C_3A = 3.CaO.Al_2O_3$). Nagyon gyorsan köt, nagy hőt fejleszt (kötését lassítják gipszkővel).
Részaránya: 7-15 tömeg %.
- *celit* (C_4AF): tetrakalcium-aluminát-ferrit ($C_4AF = 4.CaO.Al_2O_3.Fe_2O_3$). Lassan köt, kis szilárdságú, de jó a szulfátállósága.

MI ALAKUL KI?

É a kalcium-szilikátokból (C_2S és C_3S) *kalcium-szilikát-hidrát* (rövidített jele: *CSH*) és *kalcium-hidroxiid* (rövidített jele: *CH*),
 $mCaO \cdot SiO_2 \cdot nH_2O$ ($3CaO \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$)

C/S arány 1,2-2,3 között (átlag 1,75 körül) szilikapor
 használatával C/S arány csökken 1-1,2-re

É az aluminátokból és ferritekből (a kötésszabályozásra adagolt
 gipsszel – kalcium-szulfáttal – együtt) *ettringit* (rövidített jele:
Aft), valamint *monoszulfát* (rövidített jele: *AFm*).

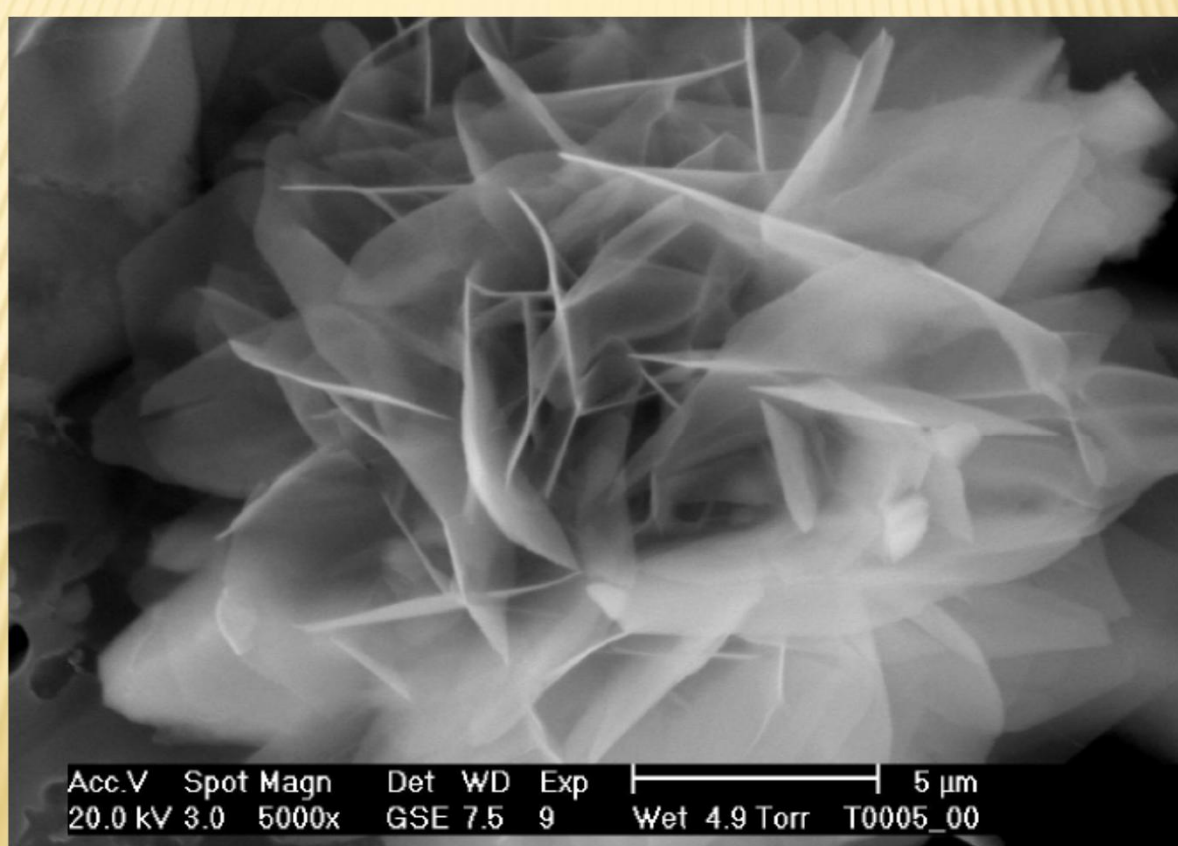
$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 19H_2O$ (C_4AH_{19} *Tetrakalcium-aluminát-hidrát*)

$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ (*Ettringit*)

$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot CaSO_4 \cdot 12H_2O$ (*Monoszulfát*).

TETRAKALCIUM-ALUMINÁT-HIDRÁT

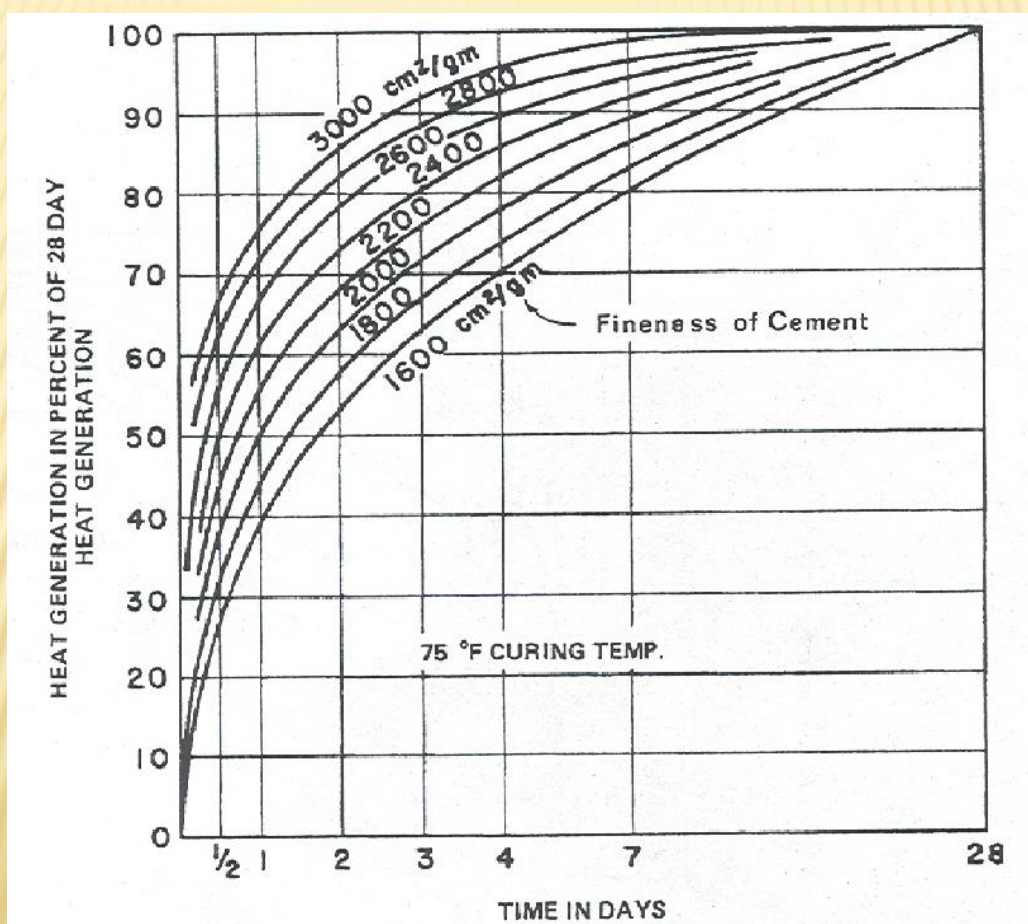
$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 19H_2O$ (C_4AH_{19})



ETTRINGIT

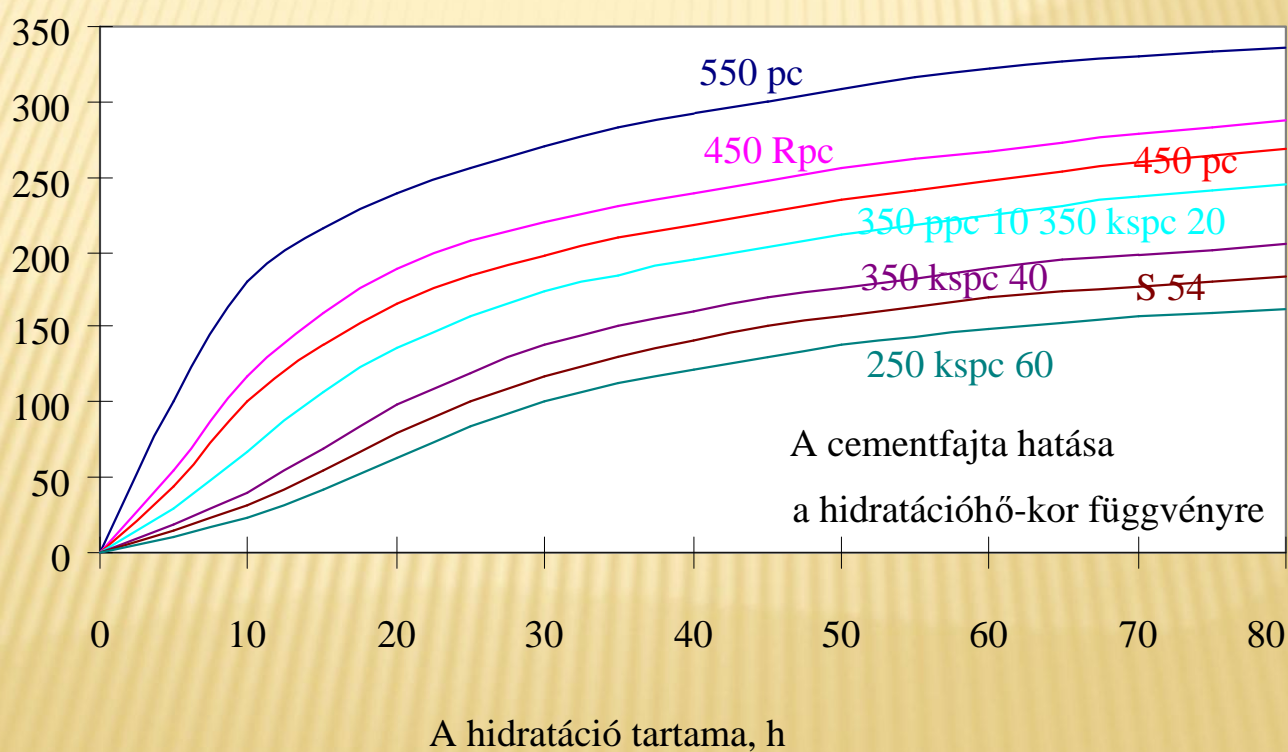


A CEMENT FAJLAGOS FELÜLETÉNEK ÉS A HŐFEJLŐDÉS SEBESSÉGÉNEK ÖSSZEFÜGGÉSE (ACI 207.2R-07, 2007)

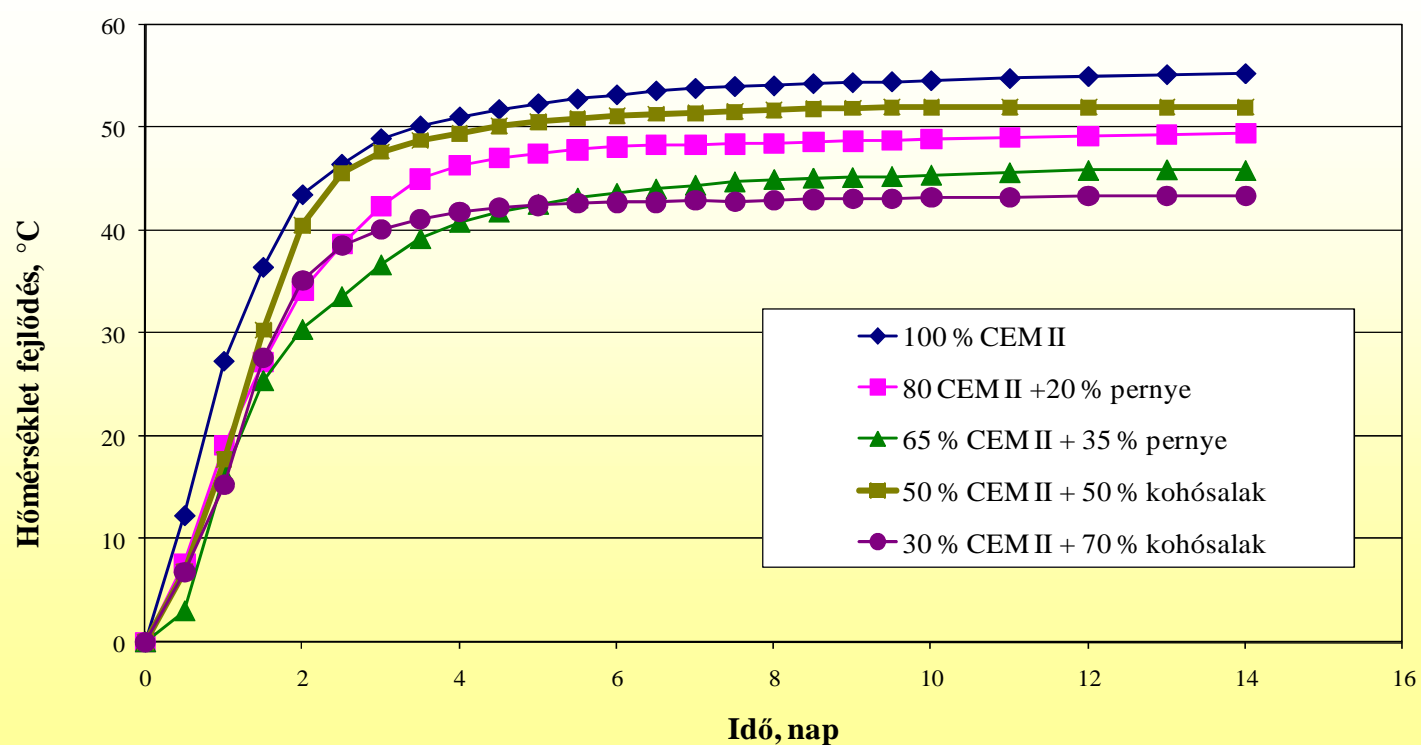


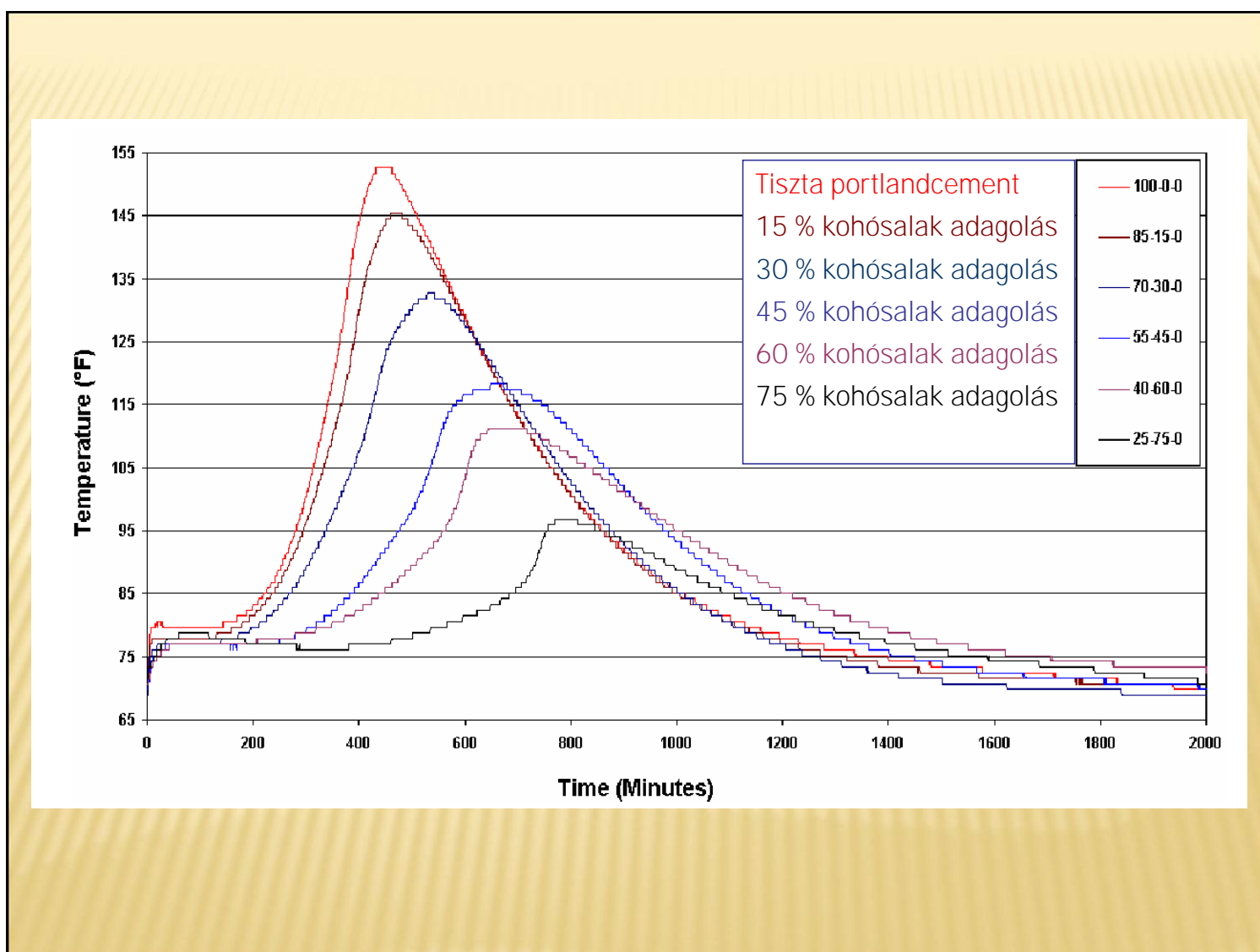
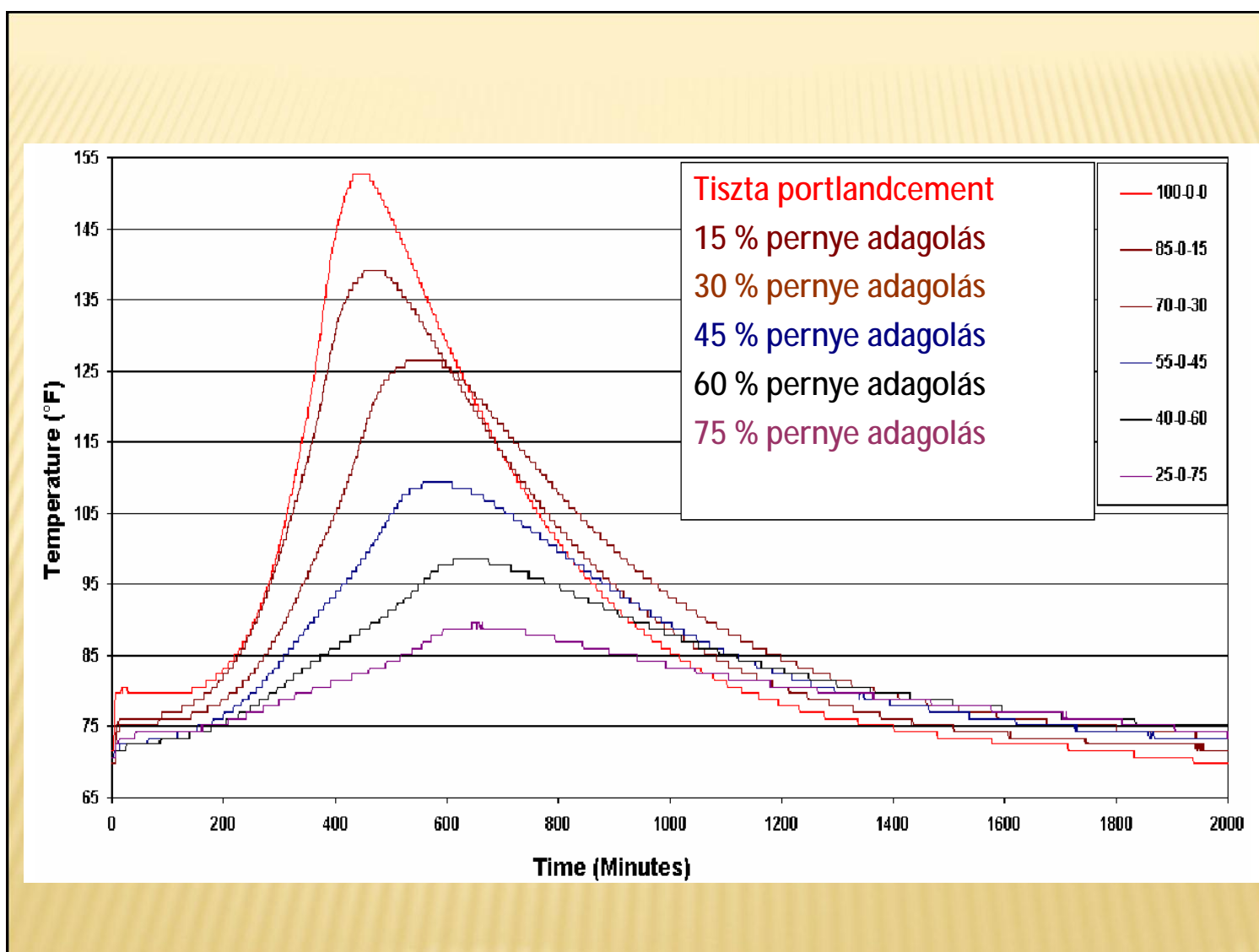
A KIS HIDRATÁCIÓS HŐFEJLŐDÉS SZEMPONTJÁBÓL LEGALKALMASABB HAZAI ÉS RÉGI GYÁRTÁSÚ CEMENTFAJTA AZ S54 350 PC (5.12. ÁBRA) VOLT, MERT KICSI A HŐFEJLESZTÉSE. AZ ÚJONNAN GYÁRTOTT KIS HŐFEJLESZTÉSŰ CEMENTEK A CEM III/B 32,5 NS, CEM III/A 32,5 NS ÉS CEM V 32,5. A KISEBB KÖTÉSHŐ KISEBB HŐFESZÜLTSEGET EREDMÉNYEZ.

Hidratációhő, J/g



környezeti hőmérséklet 22,8 °C, A jelű CEM II típusú cement





VÍZZÁRÓBETONOK

A vízzáró betontechnológiának két dolgot kell egyidejűleg biztosítani:

- ò A beton vízzáró legyen
- ò A szerkezet repedésmentes legyen
- ò munkahézag, tágulási hézag vízzáró

A repedéstágasság 0,1, 0,15 és maximum 0,2 mm lehet. Ezek a repedések a víz okozta duzzadás hatására záródnak, és nem engedik át a vizet a beton szerkezeten.

A BETON VÍZZÁRÓSÁGÁNAK BIZTOSÍTÁSA A KÖVETKEZŐ TECHNOLÓGIAI ESZKÖZÖKKEL LEHETSÉGES:

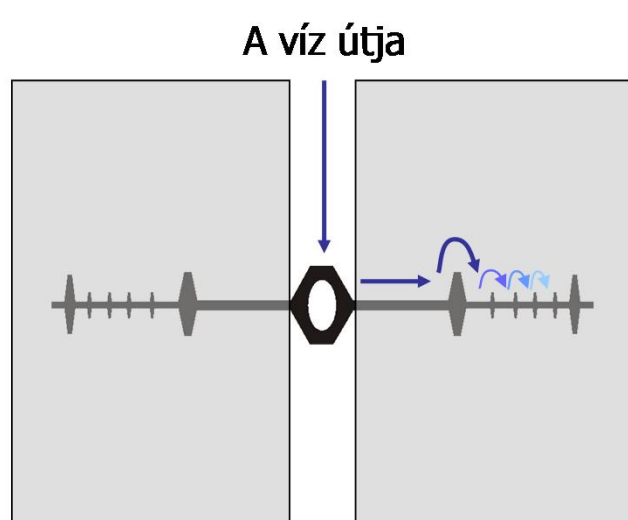
- ò $v/c < 0,6$ (víztartalom). 0,7-nél a beton már nem vízzáró!. A beton vízzárósága a tényleges víztartalomtól függ!
- ò d_{max} függvényében legyen meg a minimális finomrésztartalom.
- ò Minél nagyobb a cementtartalom, annál jobb a vízzáróság. Azonban 380 kg/m^3 fölé menni nem célszerű emelni a cementadagolást, mert nő a repedésveszély és nőnek a technológiai nehézségek is. Nehezebb a tömörítés, felúszik a pép a betonban.
- ò **Vízzáróságot fokozó, javító adalékszerek.**
- ò „B” görbe felé kell tervezni az adalékanyag szemeloszlást. Ez falak esetén csökkenti a beton szétosztályozódását. A túl sok homok azonban növeli a repedésveszélyt. A betonnak alapvetően finomrész tartalomra van szüksége és nem sok homokra.
- ò konzisztencia: min. 420 mm területtel mérve
- ò **Tömörítés: min. 20 másodperc, $V_L < 2\%$**
- ò **Utókezelés legalább 14 napig**

Sok cement, sok homok, sok víz, sok probléma!

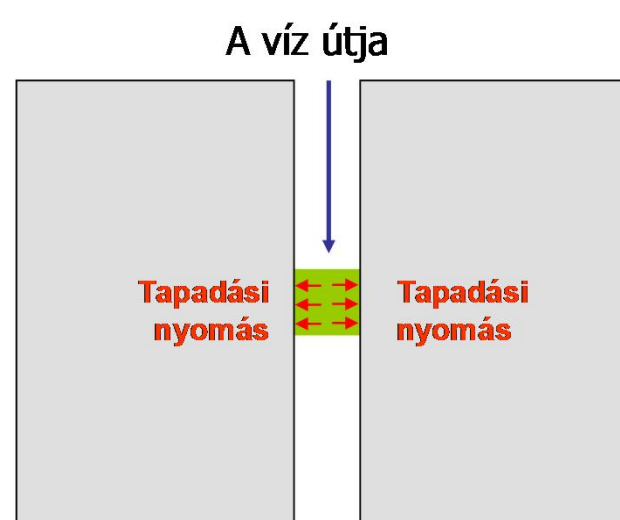
- ò A munkahézagokat vízzáró módon kell kialakítani.
- ò A vízzáró medencéket egy hétig fokozatosan kell feltölteni, hogy a beton duzzadása és a szerkezeti feszültségek együtt repedéshez ne vezessenek. Az első feltöltés során a vízbe bentonitot is célszerű adagolni, hogy a hajszálrepedéseket, vagy a megengedett repedéseket eltömítse.

Szigetelési módok

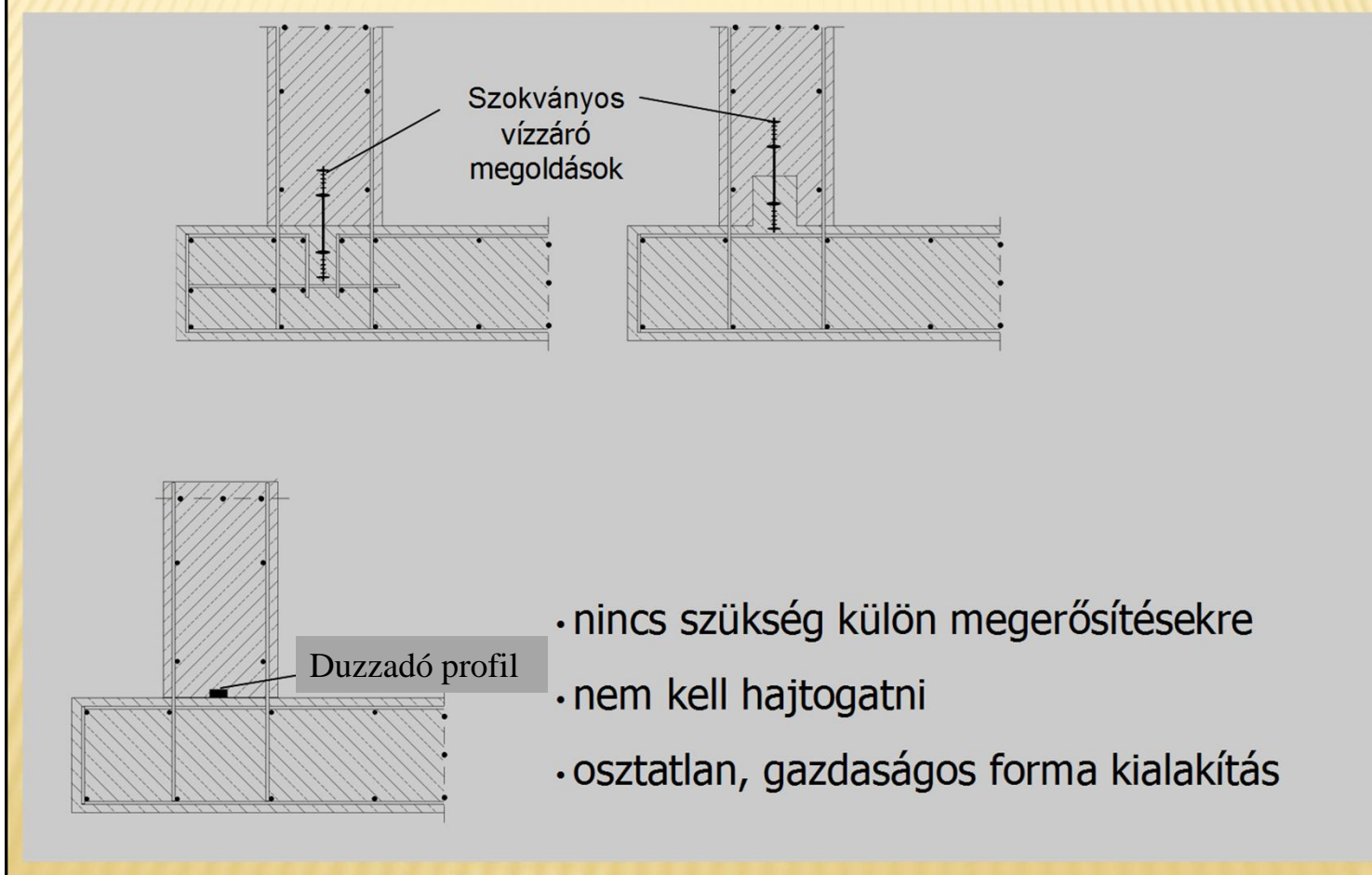
Hagyományos vízbetörés gátlás



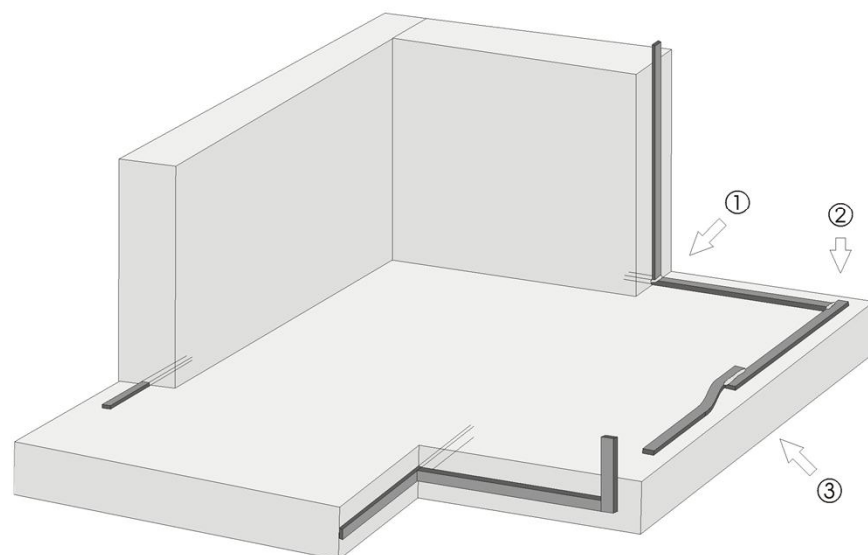
Duzzadó szalag



TULAJDONSÁGOK

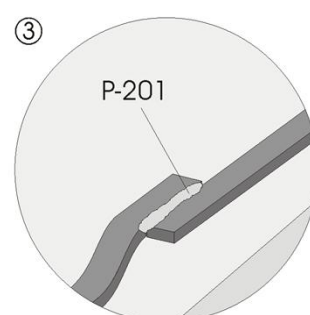
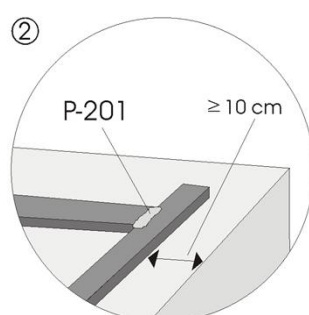
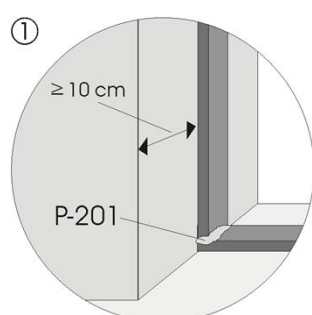


Szerkezeti fugák- a tömítő profil beépítése



Csatlakozás vagy átfedés vég a tömítő profillal.

A profil végét kb. 5 cm-rel oldalt fedésbe kell hozni.

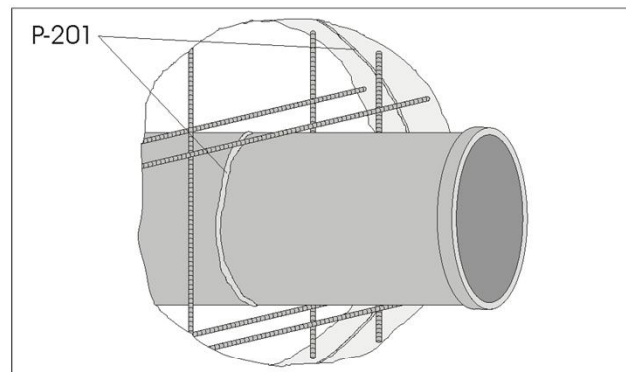


Alkalmazási példák P-201 duzzadó kitt használatához

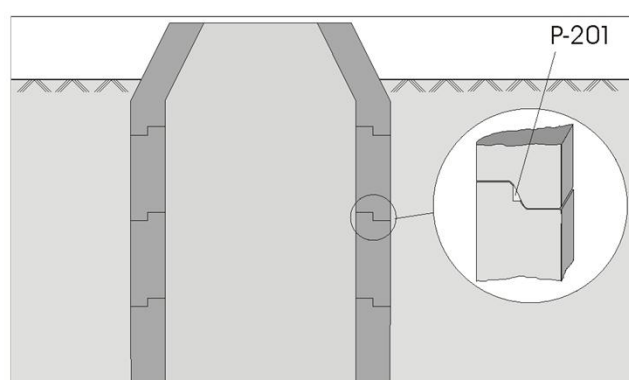
Szerkezeti fugák



Csőszerelés



Szerelőakna



Szerkezeti fugák



**Könnyen kezelhető,
mert:**

- kis méretű
- csekély tömegű

**Szokványos vízzáró
megoldások**



Szerkezeti fugák- a tömítő profil beépítése



Techno-Wato



Élettartam növelő megoldások a vasbeton műtárgyak felújításánál

10
8

Szerkezeti fugák- a tömítő profil beépítése



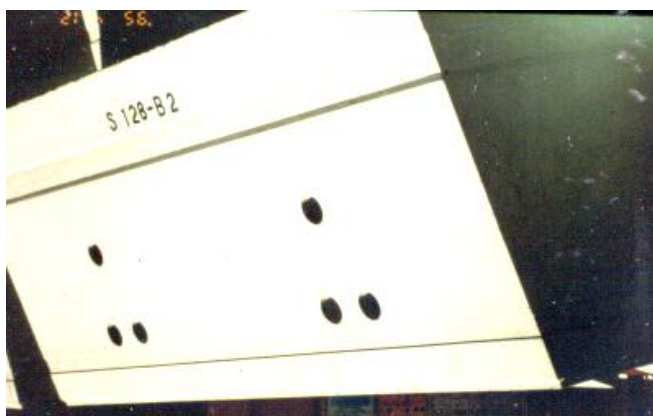
Szerkezeti fugák - beépítési példa



Szerkezeti fugák - beépítési példa

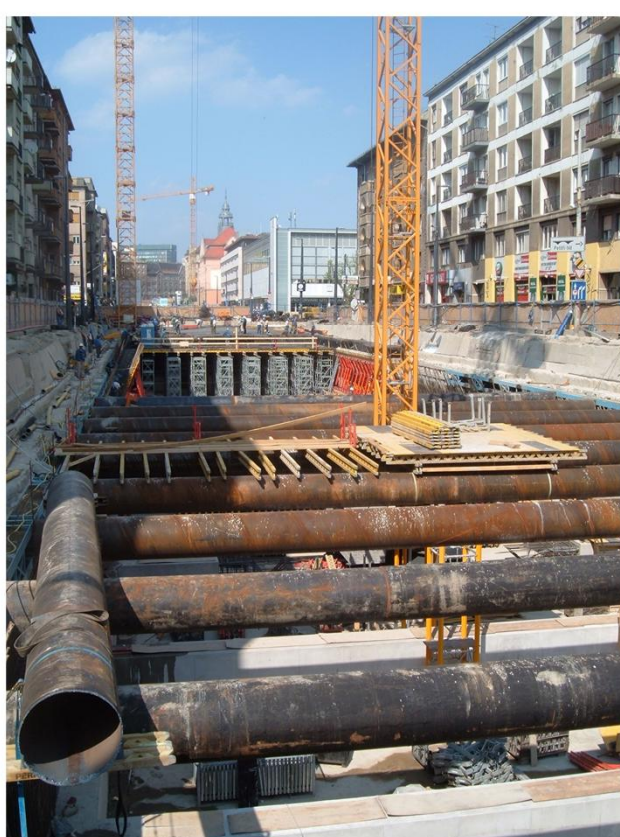


ADEKA termékekkel szigetelt alagút-tübingek





4-es Metró – Bocskai úti állomás





BEDOLGOZÁS

- Kézi tömörítés (csömöszölés, döngölés)
 - É Földnedves betonok, max. kissé képlékeny betonok esetén

Alárendelt szerkezetek készítésénél pl. földnedves esztrich (vibrokerámia), házilagos kivitelezésben, esetleg ha döngölő gép meghibásodása

BEDOLGOZÁS

ò Gépi tömörítés:

É Lap vibrátor



É Gerenda (léc) vibrátor



ò Palló vibrátor



ò Zsalu vibrátor



ò Vibroasztal



ò Vibrosimítók, tárcsás simítás



ò döngölő



ò Vibroprézelés



ò Hengerlés



ò Finisher



ò Rúdvibrátor v. tűvibrátor

- É 200 Hz 12000 ford/perc frekvencia, habarcsot mozgat
- É 3500 ford/perc a kavicsot mozgatva tömörít
- É 50000 ford/perc a vizet mozgatva tömörít és javítja a beton hidratációját.

ò A változó frekvenciás vibrátor adja a legoptimálisabb tömörítést, így a beton a tömörítés során homogénebb lesz.

UTÓKEZELÉS

- ò Nedves juta vagy terfil szövet
- ò Nedves juta vagy terfil szövet + műanyag fólia
- ò Fólia + hőszigetelő réteg + fólia
- ò Zsaluban tartás
- ò Párazáró szer

Télen vízzel utókezelnéni nem lehet!

BETONÓZÁSI HIBÁK JAVÍTÁSA

- ò felületi hibák javítása
- ò kéregrepedések javítása
- ò átmenő repedések javítása
- ò vízzárósági hibák javítása

- ò Korrózióvédő, esztétikai javítás
- ò Korrózióvédő, *erőátadó*, esztétikai javítás

HIDEG IDŐBEN VALÓ BETONÓZÁS, KIZSALUZÁS

- ò CEM I 42,5 N v. R, CEM II 42,5 N v. R, CEM I 32,5 R
- ò -10°C levegő hőmérsékletig fagyásgátló adalékszerrel kell alkalmazni, és célszerű a cementtartalmat 20 kg/m^3 -rel növelni.
 +5 és -10°C levegő hőmérséklet között az adagolást a cementtartalomra vonatkoztatva az adalékszerre vonatkozó utasítás szerint kell elvégezni.
 Fagyásgátló adalékszer helyett kötésgyorsító adalékszer is használható előzetes próbakeverési eredmények alapján.
 Kezdeti szilárdságnövelő adalékszer is alkalmazható
- ò -10°C napi hőmérséklet alatt betonozni TILOS!
- ò A betont csak párazáróval vagy fóliával takarni TILOS!

Hideg- lépcsőfok	Átlagos hő- mérséklet	Min. hő- mérséklet	Legfontosabb teendők
I.	+ 15°C-tól - + 2°C - ig	-2 °C	<ul style="list-style-type: none"> - keverővíz hőmérséklete min. + 15 °C; - a betonkeverék a mixerkecsiba töltéskor olyan hőmérsékletű legyen, amellyel a bedolgozási hőmérséklet legalább + 14°C; - a bedolgozott frissbetont azonnal le kell takarni hőszigetelő anyaggal, majd a beton meghúzása után a takarást ideiglenesen le kell venni és min. + 15 °C-os vízzel kell locsolni a betont. Ezután ismét le kell takarni a felületet.
II.	+2°C-tól – 0°C-ig	-5°C	<ul style="list-style-type: none"> - keverővíz hőmérséklete + 25 °C; - a cement, adalékanyag, adalékszer ne fagyhasson meg; - bedolgozást a lehető legvastagabb rétegben, gyorsan végezzék, de ne legyen a rétegvastagság nagyobb, mint 50 cm. - hőszigetelés, utókezelés ugyanaz, mint az I. hideglépcsőfoknál.
III.	+0°C-tól - - 5°C -ig	- 10°C	<ul style="list-style-type: none"> - cement hőmérséklete legalább +2°C, adalékanyag +5°C, a keverővíz legalább +40°C legyen; - betonkeverék hőmérséklete bedolgozáskor 20°C - hőszigetelt zsaluzat szükséges; - utókezelés legalább +20°C-os vízzel

- ò Az éjszakai hirtelen lehűléstől a beton szerkezetet hőszigetelő takarással kell védeni. Különösen fontos ez 20 cm-nél vékonyabb szerkezetek esetében. A hőszigetelő takaró réteg, pl. célszerűen 3-5 cm vastagságú polifoam legyen. De más hőszigetelő anyag is alkalmazható.
- ò A betont a megfagyástól addig védeni kell, amíg el nem éri az 5 N/mm² –es szilárdságot. Ez egyben a kizsaluzási szilárdság is. Ennek ellenőrzése Schmidt-kalapáccsal lehetséges, és az előírt értékhez 20-as visszapattanási érték tartozik.
- ò A betonacél száraz legyen.

KIZSALUZÁS

- ò Nincs szabvány, hogy mikor lehet kizsaluzni.
- ò Előírások vannak: a saját tömegét kell tudnia bírni.
- ò A kizsaluzás ne legyen 3 napnál korábban, illetve a kizsaluzás után a betonban ne keletkezzék 20°C-nál nagyobb hőmérséklet-különbség.

BETON TERVEZÉS

- ò Állapítsa meg a feladat paramétereit,
- ò összesített tulajdonságait,
- ò adalékanyag maximális mérete,
- ò konzisztencia,
- ò w/c arány,
- ò adalékok,

MÉLYÉPÍTÉSI BETONOK