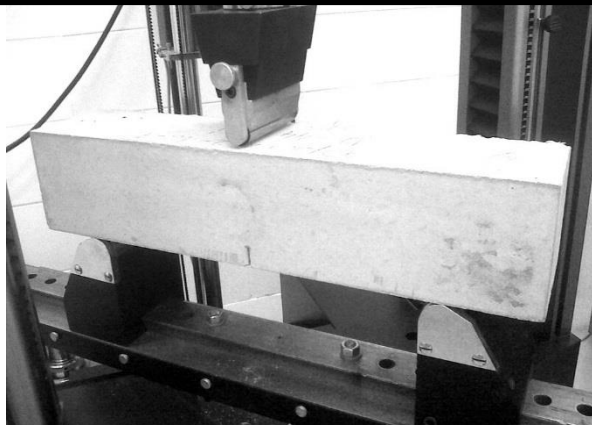


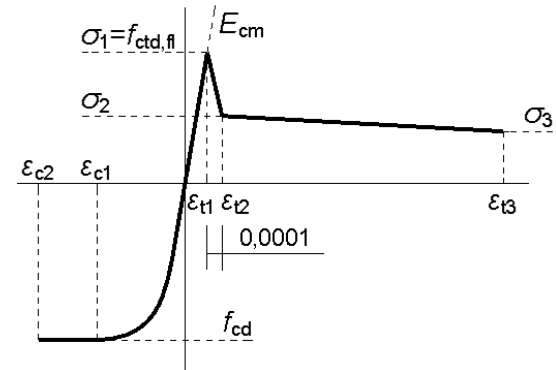
Juhász Károly Péter

Betontechnológia

01 - alkotóanyagok



RILEM TC162-TDF



szakmérnöki előadás
BME

Beton alkotói

Beton:

- mesterséges építőanyag
- amely áll:
 - kötőanyagból (cement)
 - vízből
 - adalékanyagokból
 - (adalékszer és egyéb kiegészítő anyagok)

Beton, mint többfázisú anyag:

- szilárd alkotók
- pórusok
- víz

Beton, mint kétfázisú anyag:

- adalékanyag
- cementhabarcs

Makroszint – alkotó anyagok szintje

Mezoszint – cementhabarcs szintje (légbuborékok, mikrorepedések)

Mikroszint – cementkő fáziosszetétélei, rácshibák, gélpórusok

Cement – hazánkban csak portlandcementet gyártanak

Homogén portlandcement:

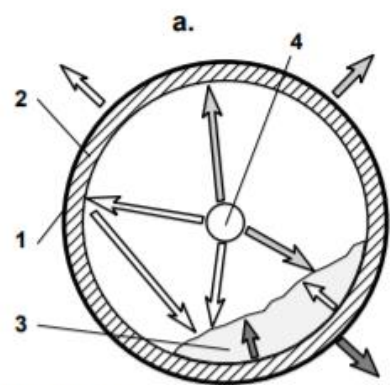
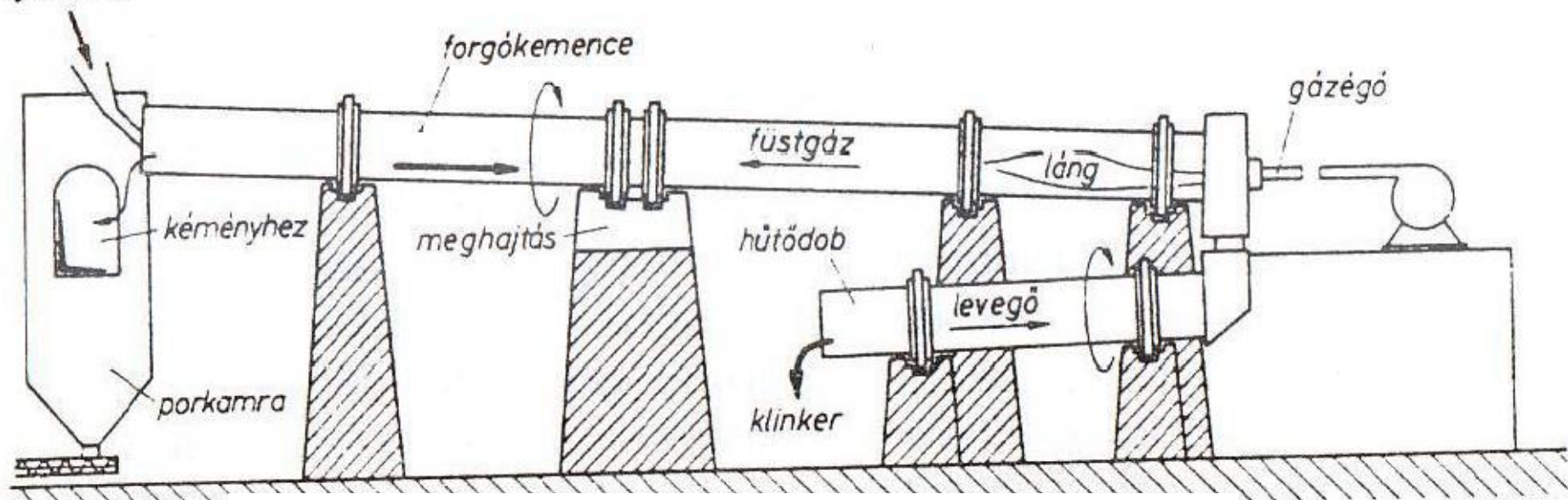
- Portlandcement klinker (mészkő és agyag zsugorodásig égetve)
- Gipszkő (kötésszabályozás céljából)

Heterogén portlandcement:

+ hidraulikus kiegészítő anyag legalább 5 m%-ban

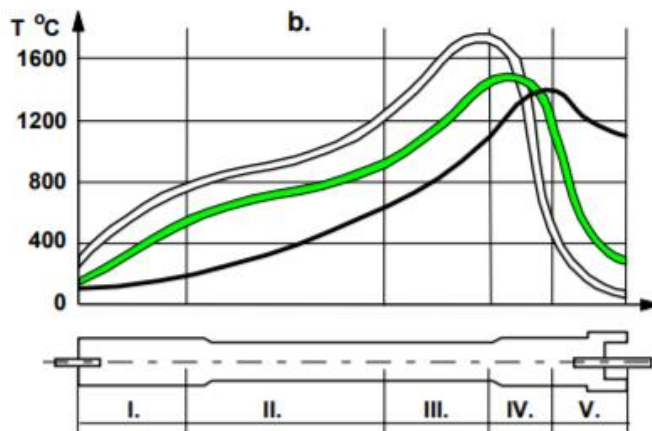
Aluminátcement – bauxitcement, bauxitbeton: jelentős kezdőszilárdság, de később ez a szilárdság leépül.

Cement



JELÖLÉS:

- sugárzás
- konvekció
- hővezetés



- füstgáz
- belső falazat
- nyersliszt töltet

2.18. ábra. Nedvesörlésű forgókemence hőátadási folyamata

a./ hőátadási módok, b./ a hőmérséklet változása az anyagáramlás irányában
 1. hőszigetelő külső burkolat, 2. tűzálló falazat, 3. töltet (klinker alapanyagai), 4. égőfej.

Cement

Cement – hazánkban csak portlandcementet gyártanak

Klinkerek – 4 fő fázis: klinekrásványok

- **Alit** – trikálcium szilikát, nagy kezdőszilárdságért felel, nagy kötési hő, 37-60 m%
- **Belit** – dikalcium szilikát, kezdeti húzószilárdságot kedvezően befolyásolja, kis hidratációs hő, lassú szilárdulás, nagy utószilárdulás, 15-37 m%
- **Felit** – trikálcium-aluminát – leggyorsabban köt, kis szilárdság, legtöbb hőt fejleszt, őrölt gipszkővel szabályozzák, 7-15 m%
- **Celit** – lassan köt, szulfátellenállása kedvező



bekeveréskor



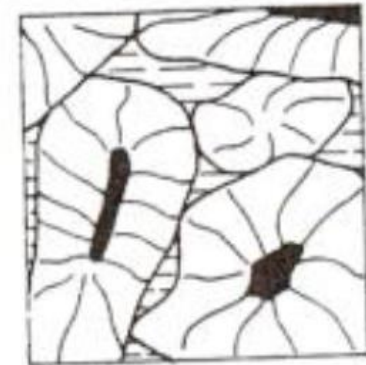
hidratálatlan cement



kb. 7 napos korban



hadrátburok

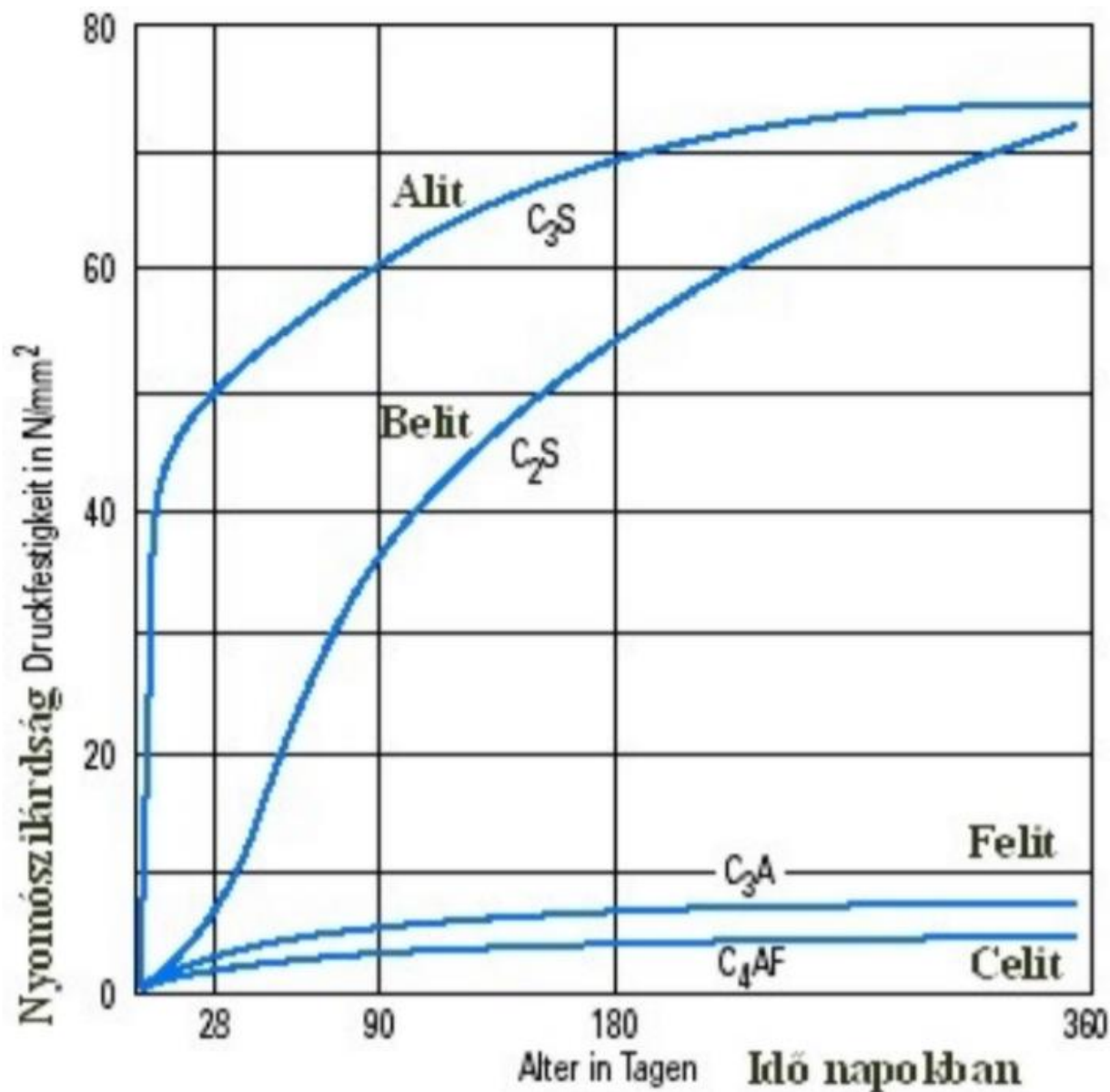


kb. 1 éves korban



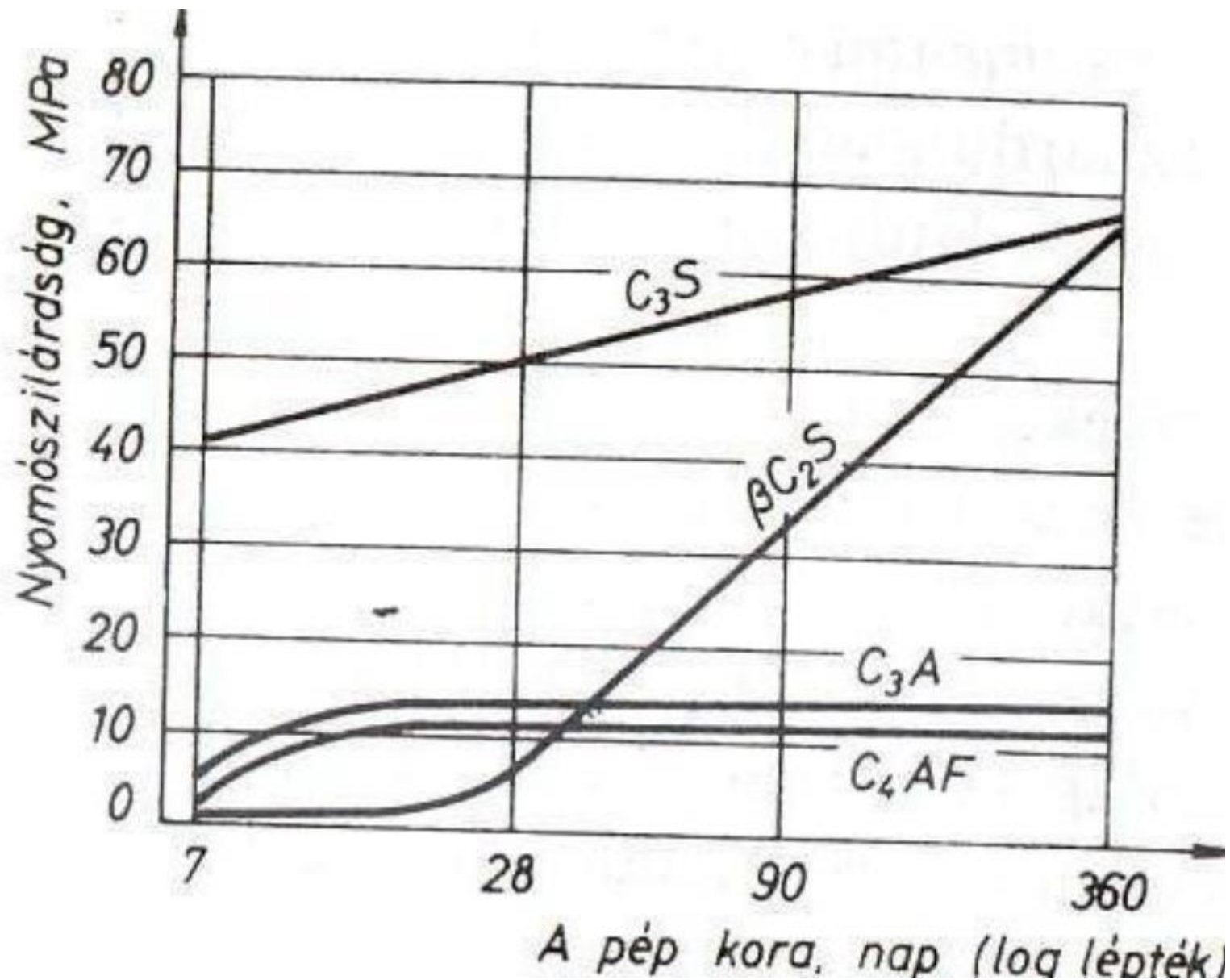
víz (víz + levegő)

Cement



2. ábra: Klinker fázisok hidratációs termékének szilárdulási folyamata. A hidratációs termékek (hidrátok) szilárdsága az idő függvényében. (Bogue, R. H. és Lerch, W. után)

Cement



Cement

Cement + víz = cementpép

víz/cement tényező

Sok víz → könnyen keverhető, de a felesleges víz helyén kapilláris pórusok keletkeznek

Kevés víz → nehezen keverhető, de szilárdsága nagyobb lesz

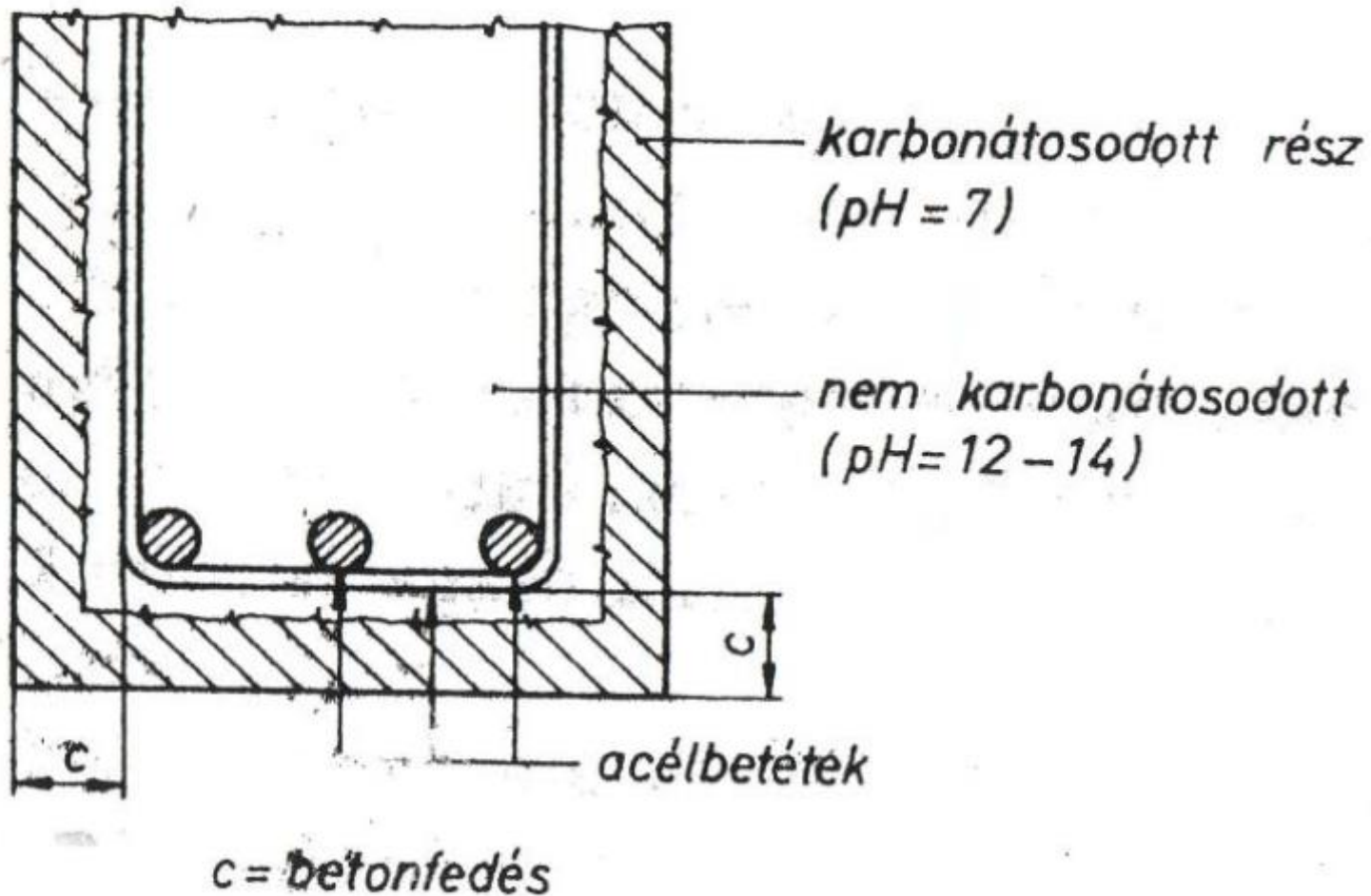
Cementpép képlékeny --- kötési folyamat --- szilárdulás (28 napos korig) --- utószilárdulás

Cementpép --- kötés --- **cementkő**

Kötési folyamat --- klinker ásványok megkötik a vizet: **hidratáció**

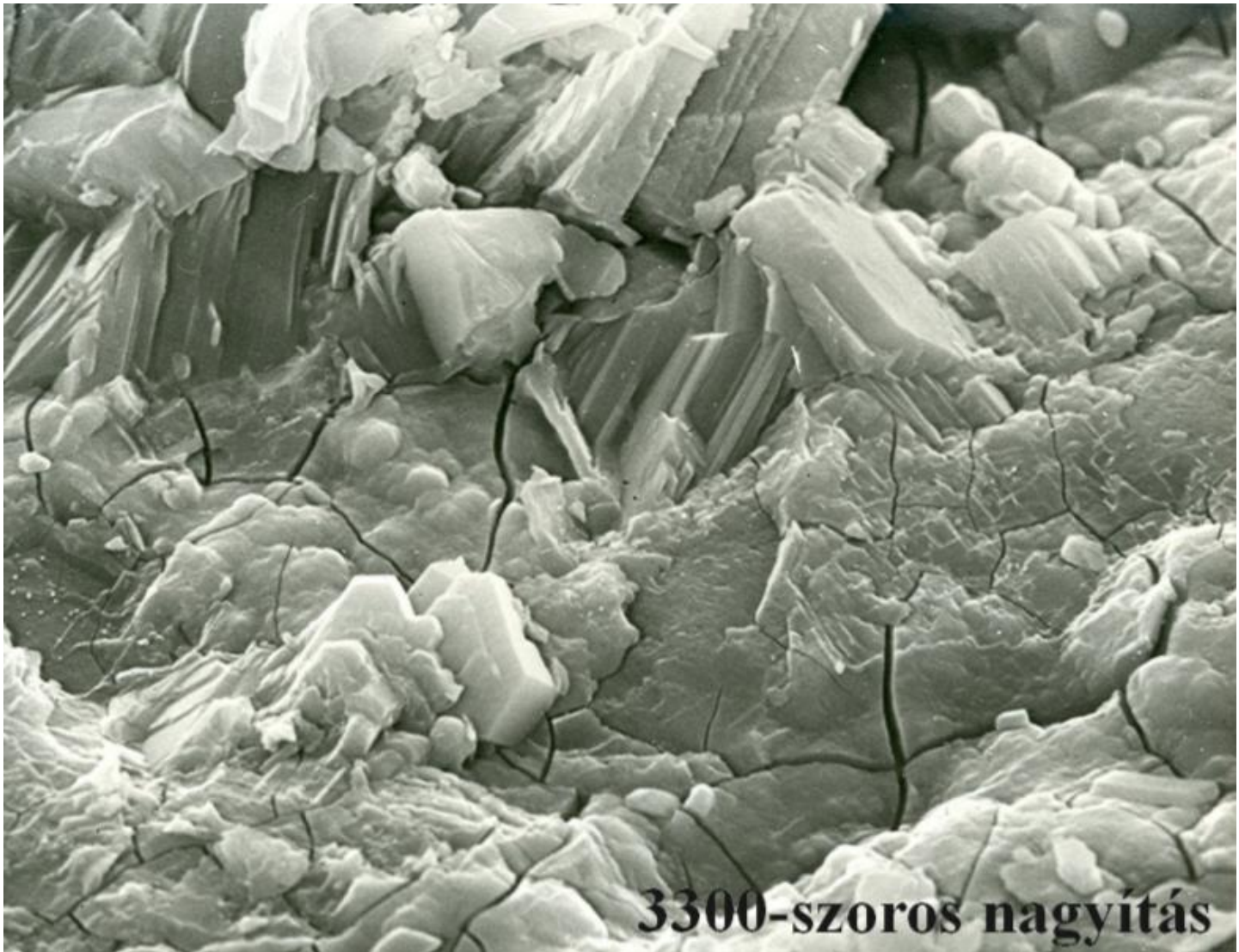
Cement

Szilárdulás folyamán keletkezik a 12-14 pH értékű **lúgos környezet** is (kalcium-hidroxid – $\text{Ca}(\text{OH})_2$), acélbetétek korrózió elleni védelme. A beton felületéhez közel azonban ez a lúgos környezet megszűnik, **karbonátosodás**, kalcium-hidroxid átalakul.



Cement

Cementpép --- kötés --- cementkő



3300-szoros nagyítás

Cement

Cementpép --- kötés --- **cementkő**

Cementszemcse felületének egy vékony rétege hidratálódik.

Kezdetben duzzad, majd a vízvesztés következtében zsugorodik. Utókezeléssel a vízvesztés pótolható, megakadályozható a repedés képződés.

Ha nincs elég víz, akkor csak egy része tud hidratálódni --- gátolt hidratáció – lásd később.

Cement

Hidraulikus kiegészítő anyagok (heterogén portlandcementhez)

Szilárduláshoz gerjesztő anyagra van szükség, azaz csak cementbe keverve szilárdulnak.

Kohósalak

Nyersvasgyártás mellékterméke

90%-a legyen üveges állapotú --- hirtelen lehűtéssel

CEM III – kohósalak cement

Trasz

Vulkáni tufákból

Maximum 20%, mert csökkenti a pH értéket

Pernye

Porszéntüzelésű erőművi kazánok hamuja

Legfeljebb 35% savanyú pernye

CEM II /AB-VW V: savas pernye W: bázikus pernye

Kovasavliszt – szilikapor

Vasötvözetgyártás mellékterméke

Legfeljebb 8-10% mert nagy a vízigénye

CEM II /A-D

A beton alkotói – cement

Hidraulikus kötőanyag

- finomra őrölt szervesetlen anyag + víz → cementpép
- levegőn és víz alatt is megköt
- kötés után szilárd és térfogatállandó

Cementtípusok

- CEM I – portlandcement
- CEM II – összetett portlandcement
- CEM III – kohósalakcement
- CEM IV – puccoláncement
- CEM V – kompozitcement

Kezdőszilárdság szerint

- N – normál
- R – rapid

Szilárdság

32,5 42,5 52,5

Őrlésfinomság, hidratációs hő, zsugorodás (más cementnél és betonnál)

Cement

A cementfajta jele	A cementfajta neve	Jelölés	Főalkotórészek					Mellékalkotórészek ²⁾
			Portlandcementklinker	Granulát kohósalak	Természetes puccolán (trassz)	Savas jellegű pernye	Mészke	
			K	S	P	V	L	
CEM I	Portlandcement	CEM I	95-100	-	-	-	-	0-5
CEM II	Kohósalak-portlandcement	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	0-5
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	0-5
	Trasszportlandcement	CEM II/A-P	80-94	-	6-20	-	-	0-5
		CEM II/B-P	65-79	-	21-35	-	-	0-5
	Pernye-portlandcement	CEM II/A-V	80-94	-	-	6-20	-	0-5
		CEM II/B-V	65-79	-	-	21-35	-	0-5
	Mészkeportlandcement	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	6-20	0-5
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	21-35	0-5
	Kompozit-portlandcement ³⁾	CEM II/A-M	80-94	6-20			-	0-5
		CEM II/B-M	65-79	21-35			-	0-5
CEM III	Kohósalakcement	CEM III/A	35-64	36-65	-	-	-	0-5
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-	-	0-5
CEM IV	Puccoláncement	CEM IV/A	65-89	-	11-35		-	0-5
		CEM IV/B	45-64	-	36-55		-	0-5
CEM V	Kompozitcement	CEM V/A	40-64	18-30	18-30		-	0-5
		CEM V/B	20-39	31-50	31-50		-	0-5

1) A táblázatban lévő értékek a kalcium-szulfát és az adalékok mennyiségét nem tartalmazzák.

2) A mellékalkotórészek lehetnek adalékok, vagy a főalkotórészekből egy vagy több. Ebben az esetben nem szabad főalkotórészként figyelembe venni.

3) Az egynél több kiegészítő anyagot tartalmazó cementek.

A tárolás hatása

Szilárdsági osztály	Tárolási idő	Szilárdság csökkenés	
		3 hónap után	6 hónap után
32,5 N	max. 2 hónap	10-20 %	20-30 %
32,5 R			
42,5 N			
42,5 R			
52,5 N	max. 1 hónap		
52,5 R			

Cementszilárdulás sebessége

Cementszemcse nagysága – azaz őrlési finomság

Finom őrlésnél gyorsabb a szilárdulás (Rapid cementek)

Cementszemcse felületén indul meg a hidratáció és lassan diffundál befelé.

30 nanométernél nagyobb szemcséknél a víz nem jut be a belsejébe, a cement magja kitöltő anyagként viselkedik

Érdekesség: nagyobb szemnagyságnál a repedés keletkezésekor a cement magja átreped, beindulhat a hidratáció, repedés összehegedhet.

Hőmérséklet – gőzöléssel lehet gyorsítani a szilárdulási folyamatot

De a 28 napos szilárdság kisebb lesz, mint a gőzölés nélküli betonnál.

Ennek kémiai és fizikai okai vannak.

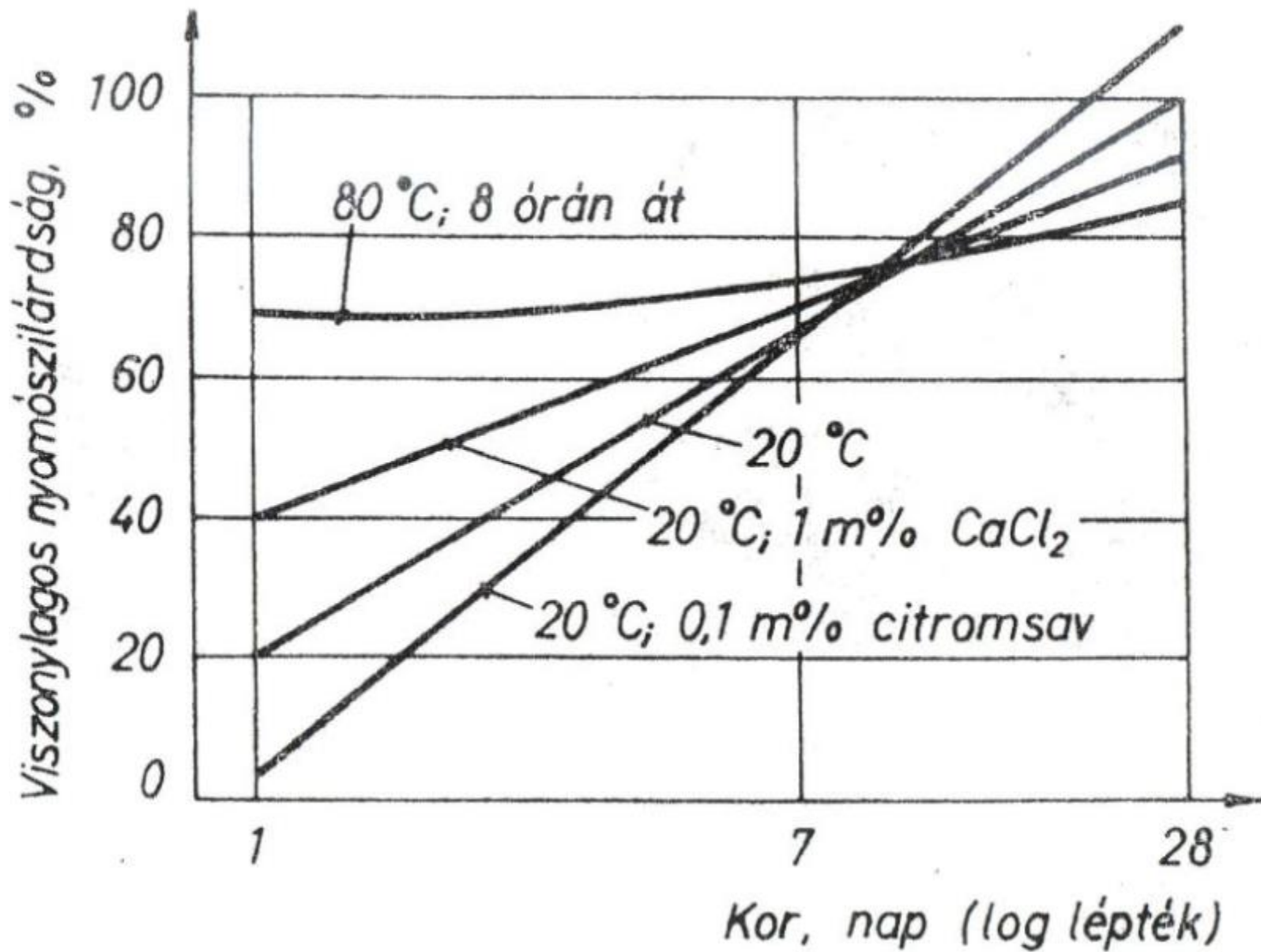
Kémiai: rövidebb rostú szövetszerkezet alakul ki.

Fizikai: hőtágulás miatt feltáskásodik, porózussá válik, mikrorepedések, maradó alakváltozások.

Kémiai adalékszerek

Hatása hasonló a hőmérsékletéhez: hamarabb lesz nagyobb szilárdság, de a végszilárdság kisebb.

Cement



Cement

Cementkő porozitása

Kapilláris pórusrendszer (Setzer 1987)

Mikropórusok	$<10^{-9}$ nm	-160	
Mezopórusok	10^{-7} 10^{-9} um	-15 – 43	vízzáró
Mikrokapillárisok	<1 um	0 -3	vízzáró
Kapillárisok	1-30 um	0 -3	gyengén vízzáró
Makrokapillárisok	300-1 um	0 -3	vízáteresztő
Durva pórusok	> 1 mm)	0 -3	vízáteresztő

Cement

Cementkő porozitása

Gélpórus

Átmérője 1-10 nm

Cementgélben lévő terek, hidratáció során keletkezik

Kapilláris pórus

Átmérőjük 20 nm – 10 μ m

0,4 v/c tényező alatt ezek feltöltődnek a hidratáció során

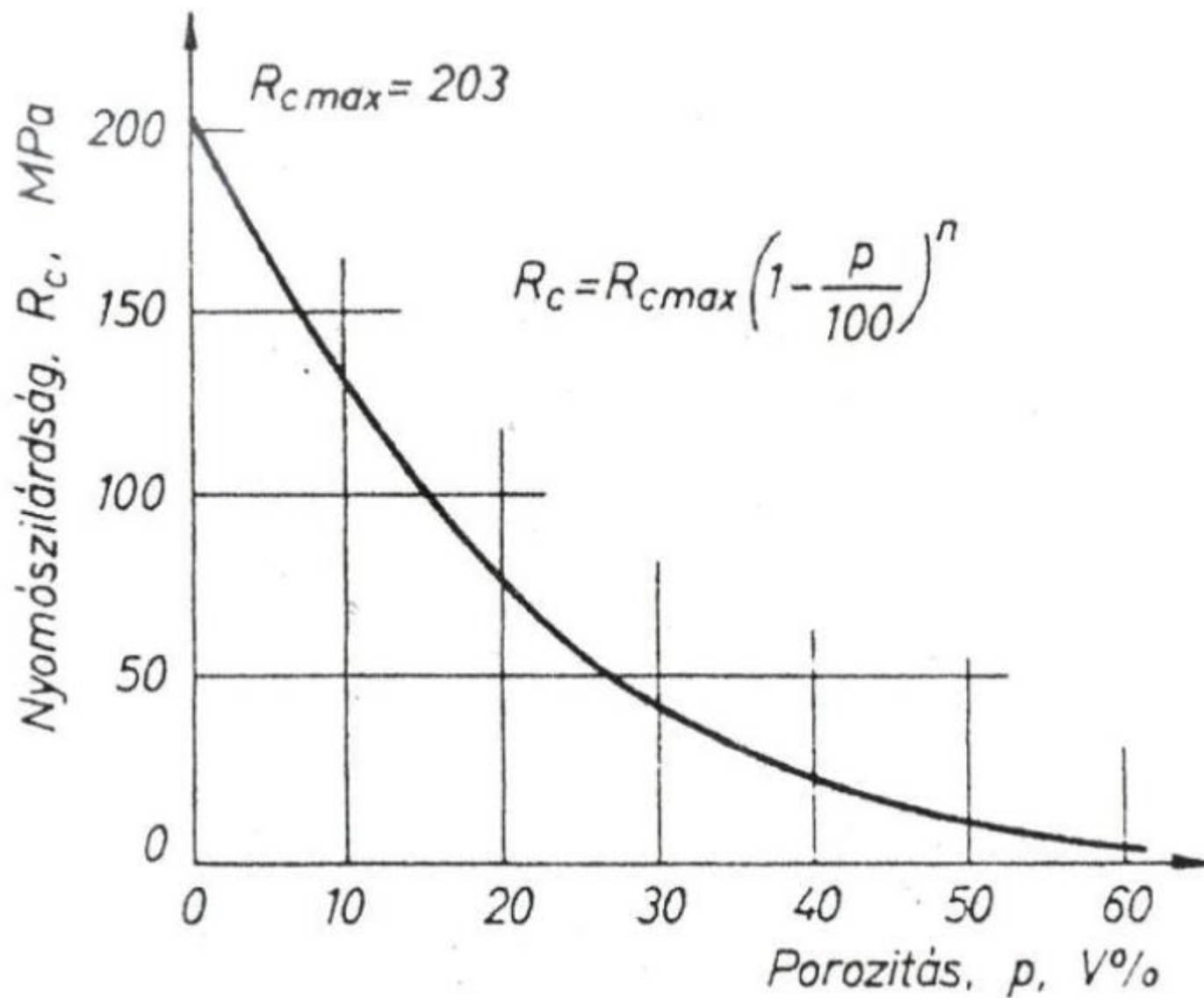
Légpórusok

Péptelítetlenség, hiányos tömörítés miatt, vagy légbuborékképző miatt

Ezeken a pórusokon keresztül jut víz a betonba – ezzel együtt korróziót okozó anyagok.

Cementkő porozitásától függ a cementkő minden tulajdonsága. Minden porozitást csökkentő tényező (képlékenyítő és tömítőszer, tömörítés) növeli a cementkő szilárdságát.

Cement



Cement

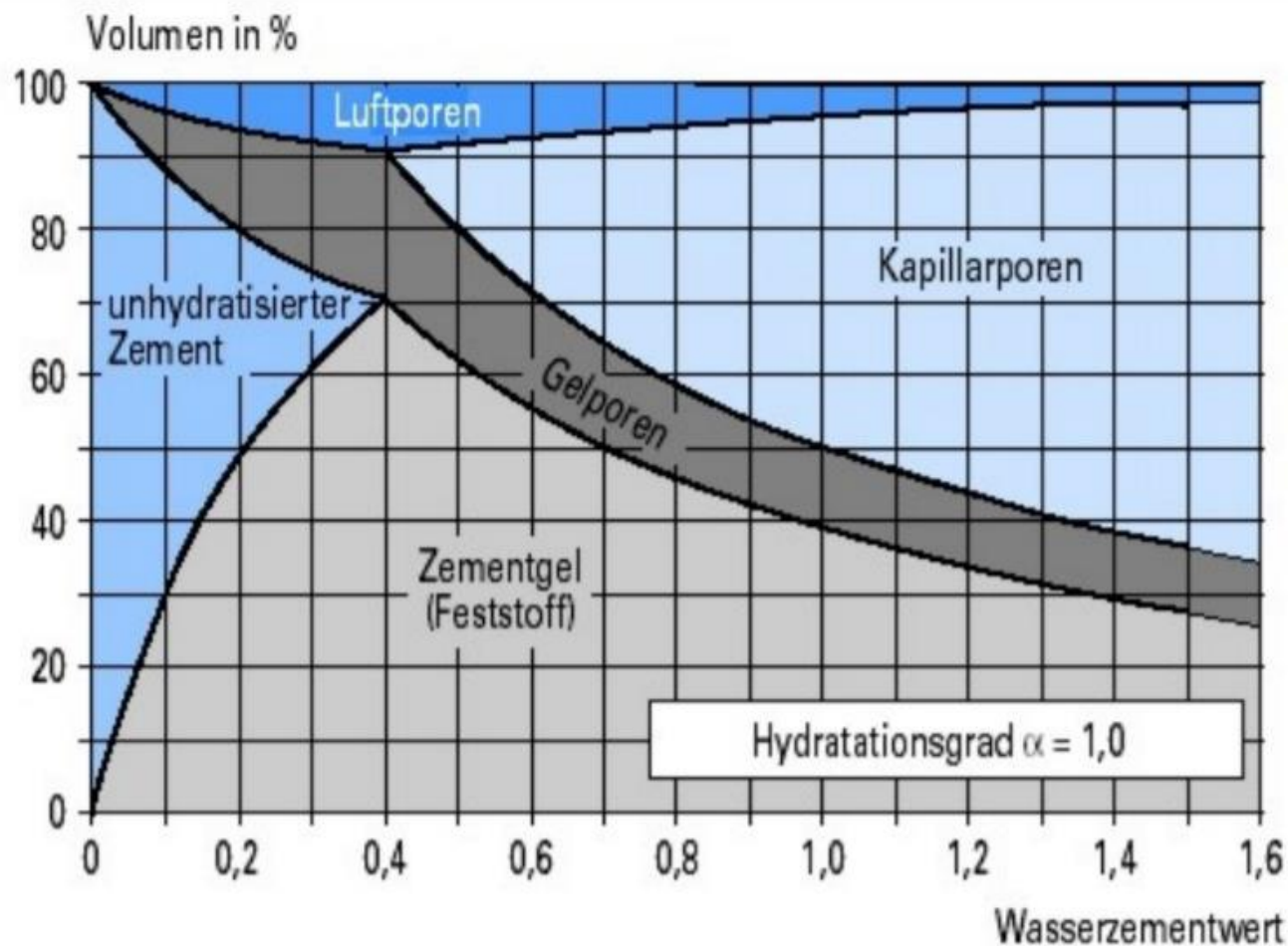
Cementkő vízzárósága

Víz-cement tényezőt 0,4 alá kell vinni – képlékenyítő szerek használata

Ebben az esetben a kapilláris pórusokat a hidráttermékek idővel kitöltik.

Cementkő fagyállósága

Kapilláris pórusokat kerüljük --- vagy légbuborékok bevitele.



5. ábra: Teljesen hidratált cementkő pórusarányai a hidratációhoz rendelkezésre álló víz-cement tényező függvényében, ha a próbatest a vízforgalomtól el van zárva

Wasserzementwert = Víz-cement tényező

Volumen in % = Térfogatarány

Luftporen = Légpórusok

Kapillarporen = Kapilláris pórusok

Gelporen = Porozus gél

Zementgel (Feststoff) = Szilárd, tömör hidratációs termékek

Unhydratisierter Zement = Hidratálatlan cement szemek

Hydratationsgrad = Hidratációs fok

Beton zsugorodásának és kúszásának betontechnológiai háttere

Beton zsugorodása:

kapillárisokat víz tölti ki – a beton felületén elpárolog a víz a kapillárisokból – a kapillárisokban konkáv felület alakul ki – húzófeszültségek – cementkő összenyomódik

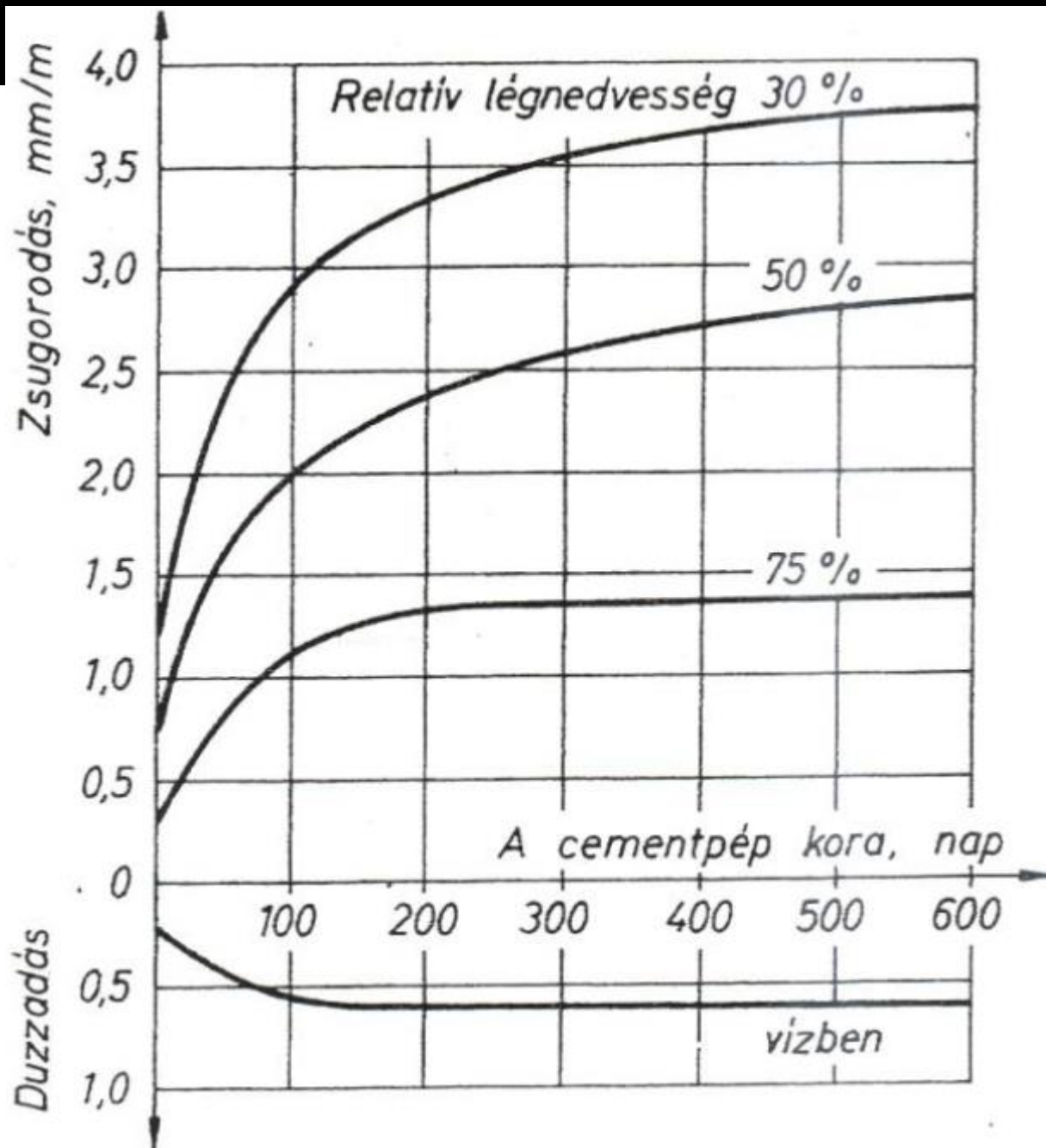
Megoldás: nem szabad hagyni, hogy a kapillárisból a víz elpárologjon, amíg a beton kötése tart – vízzel való elárasztás, locsolás

Beton kúszása:

Beton terhelése alatt a kapillárisokból a víz távozik, cementkő veszi át a feszültséget, alakváltozik.

Beton kúszása miatt ideális rugalmassági modulussal számolunk.

Cement



Cement

Hidratációhő

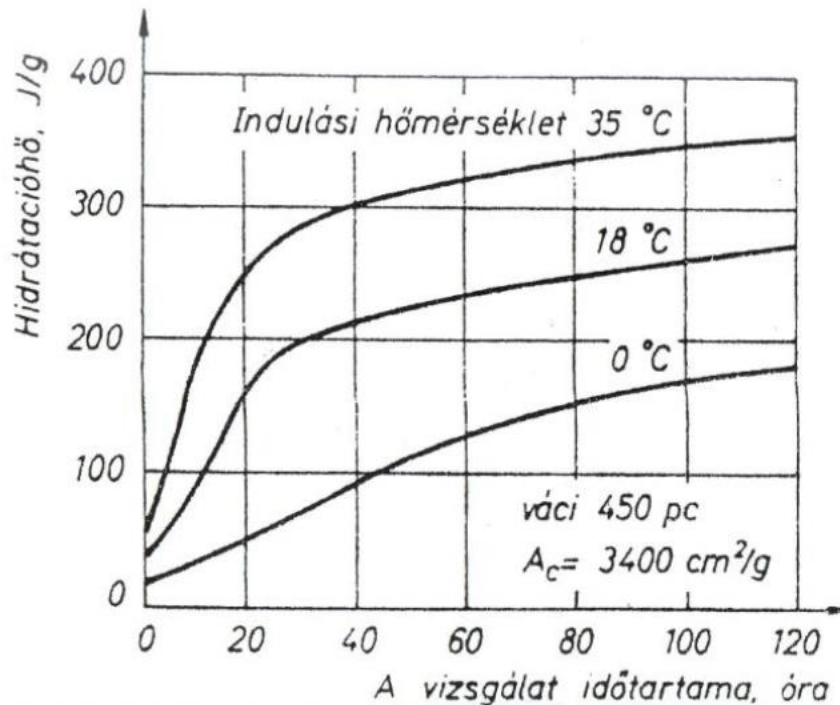
Cement + víz --- hidratáció

Hidratáció során felszabaduló hő pedig a hidratációhő

Hasznos: téli betonozás

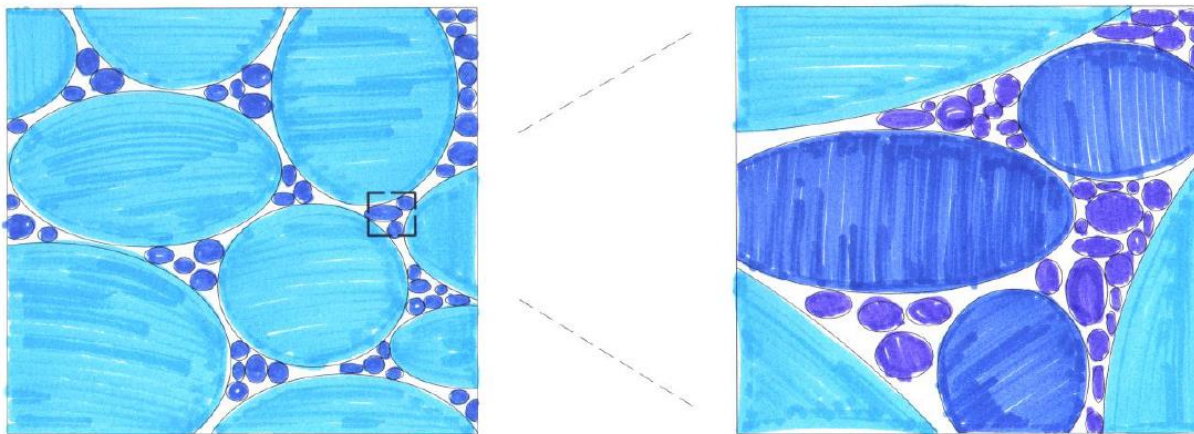
Káros: egyenlőtlen hőmérséklet (alakváltozás, repedés)

A hidratációhő időbeli alakulása

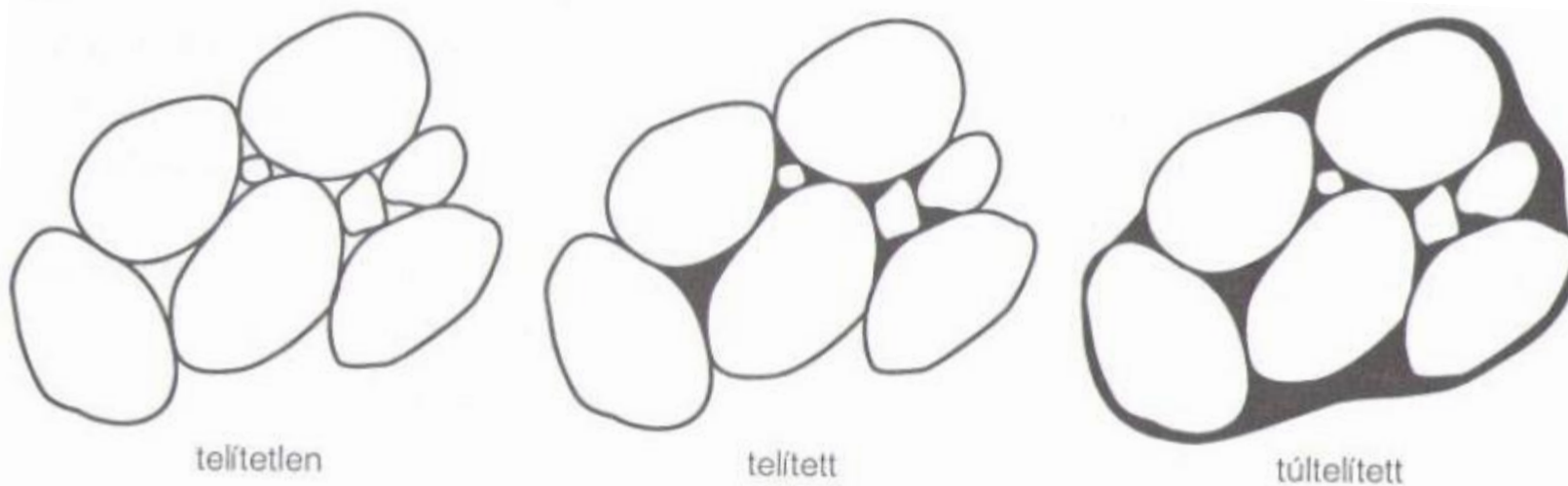


Adalékanyag

Adalékanyag elhelyezkedése – szemmegoszlási görbe, finomsági modulus



Adalékanyag – kötőanyag aránya



3.1. ábra. A péptelítettség szemléltetése

Adalékanyag

Anyaguk szerint

- természetes
 - természetesen aprózódott
 - zúzott
- mesterséges
 - pl. ipari hulladék (kazánsalak), ipari melléktermék (granulált kohósalak), speciális (polisztirolgyöngy, habüveg)

Testsűrűség szerint

- nehézbetonhoz
 - vashulladék, acélsörét, barit, magnetit, bauxit
- beton
 - folyókból és bányákból kitermelt homokoskavics
- könnyűbeton
 - természetes (vulkáni tufa, habkő, lávasalak)
 - mesterséges (téglazúzalék, pernyekavics, habkavics)

Geometriai méret szerint

- | | | |
|----------|---|----------|
| - Homok | H | 0-4 mm |
| - Kavics | K | 4-125 mm |

Az adalékanyag legfontosabb jellemzői

- Testsűrűség és halmazsűrűség
- Szem nagyság, D , d
- Szemmegoszlás, m
- Agyag-iszap tartalom

3.2. táblázat: Adalékanyag vizsgálatok

Tulajdonság	Vizsgálati szabvány	Homok	Kavics	Zúzottkő	Könnyű kőanyag halmaz
		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 $d > 4\text{mm}$	MSZ EN 933-3 MSZ EN 933-4			XX	XX
Szemalak, ha $D \leq 4\text{mm}$	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-iszap tartalom	MSZ 18288-2	XX			
Vízoldható kloridion tartalom	MSZ EN 1744-1 7. fejezet	XX	XX		
Vízoldható szulfácion 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 szemnagyság

D - névleges legnagyobb szemnagyság

XX - termékminősítő vizsgálat, melyre van követelmény

X - általában elvégzendő vizsgálat, amelyre nincs követelményérték

Y - gyanús esetben elvégzendő vizsgálat

Az adalékanyagok legfontosabb vizsgálandó tulajdonságai

Homok

- Szemmegoszlás
- Agyag-iszap tartalom
- Vízoldható kloridion és szulfácion tartalom
- Nincs követelményérték: vízfelvétel, szerves szennyeződés

Kavics

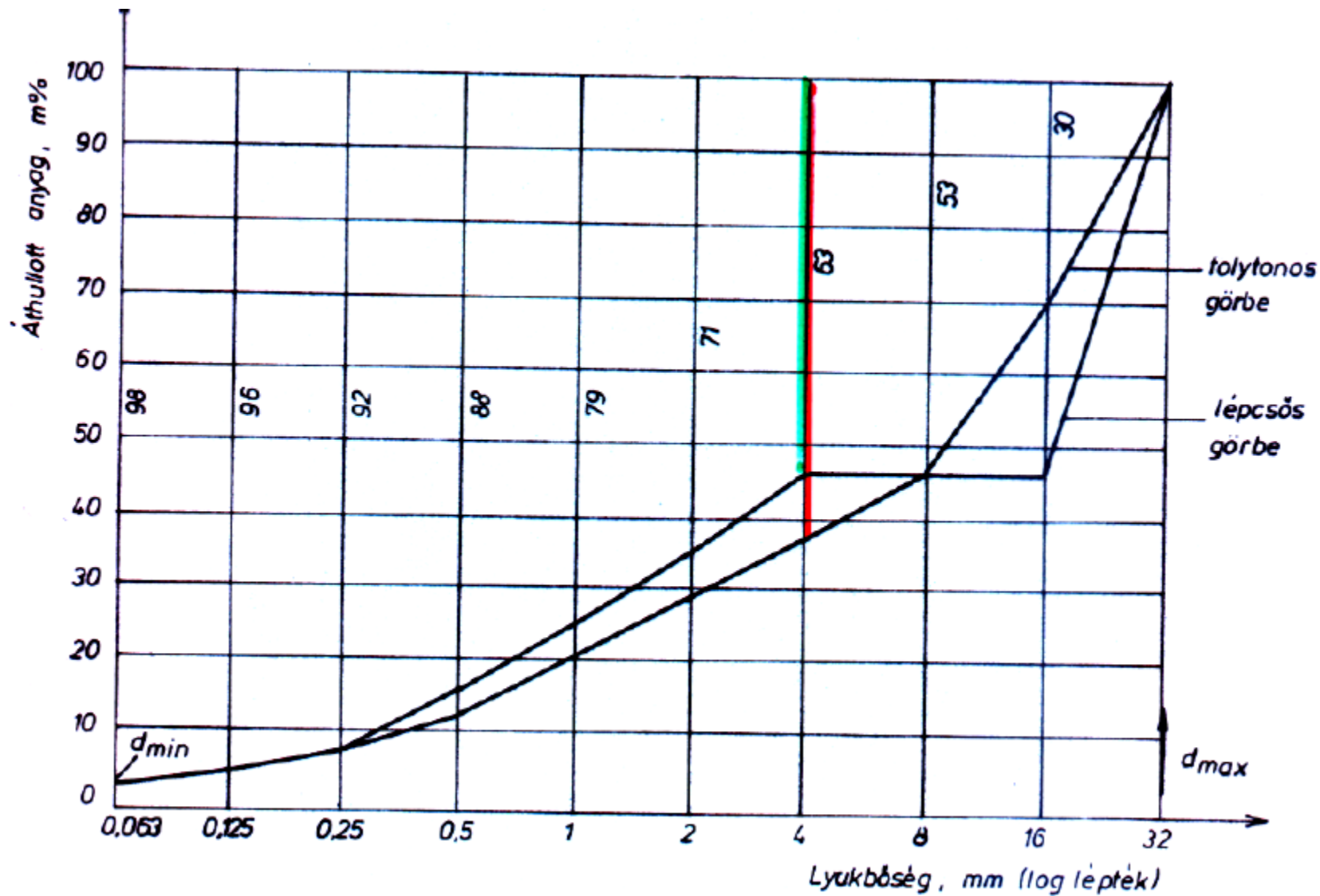
- Szemmegoszlás
- Vízoldható kloridion és szulfácion tartalom
- Nincs követelményérték: szerves szennyeződés

Zúzottkő

- Testsűrűség
- Szemmegoszlás
- Ha $d > 4$ mm szemalak
- Szemcsezilárdság aprózódással
- Nincs követelményérték: vízfelvétel, ha $d \leq 4$ mm szemalak, szerves szennyeződés

- **Osztályozatlan adalékanyag**
 - csak max. C12/15 nyomószilárdsági osztályú betonhoz
- **Visszanyert adalékanyag** (mosóvízből és a friss betonból), a teljes adalékanyag:
 - max. 5 %-a, osztályozatlanul
 - > 5 %-a, ha.....
- **Adalékanyag bontott építési törmelékből**
Beton készítésére alkalmassá kell tenni

Adalékanyag



A beton alkotói - víz

ivóvíz

OK

újrahasznosított víz

vizsgálni kell, de légbuborékképzős betonba,
nagyszilárdságú betonba vagy könnyűbetonba
tilos!

talajvíz

vizsgálni kell

szennyvíz

TILOS

olaj- és zsírtartalom csak nyomokban fordulhat elő
tisztítószeres alacsony koncentrációban

Kloridtartalom

Kéntartalom

Alkáli tartalom

vizsgálni kell

Lebegő szemcsék korlátozása

A beton alkotói - adalékszerek

Betonadalékszer:

- folyékony vagy porszerű vegyi anyag
- frissbetonba adagolnak
- cement tömegére számítva legfeljebb 5%
- célja megváltoztatni a frissbeton/megszilárdult beton tulajdonságait

Főhatás (ami miatt használjuk) és mellékhatás (kedvező vagy kedvezőtlen, velejáró hatás)

Képlékenyítő

Folyósító

Stabilizáló

Légbuborékképző

Kötésgyorsító

Szilárdulásgyorsító

Kötéskésleltető

Tömítő

Fagyásgátló

Sorrend: kötéskésleltető → képlékenyítő/folyósító → légpórusképző /egyéb

A beton alkotói – kiegészítő anyagok

I. közelítőleg inaktív anyagok

II. puccolános vagy látens hidraulikus tulajdonságokkal rendelkeznek

I.: **mészköliszt**, kőliszt

- javítja a bedolgozhatóságot, szivattyúzhatóságot
- ha kevés a finom szemcse
- cement is megtakarítható, nőhet a vízzáróság
- öntömörödő beton

pigmentek – színezőanyagok

II.: szénpernyék

- szivattyúzhatóság
- lőttbetonnál visszahullást csökkentik
- utószilárdulás, szulfátellenállás

kovasavliszt (szilikapor, **mikroszilika**)

- nagy teljesítőképességű betonoknál
- tömít, utóhidratáció folyamán → nő a vízzáróság
- lőttbeton visszahullását csökkentik
- max 10% cement mennyiségben alkalmazható, beszámítható cementbe

Betontervezés

Milyen szerkezethez kell a beton?

alapozás

födém

kültéri ipari padló

kültéri lábazat

nagyszilárdságú feszített beton

...

Mi kell ehhez a szerkezethez?

→ **beton szilárdság meghatározása**

→ **kitéti osztály meghatározása**

keverés/bedolgozás/szállítás (kivitelezés) módja?

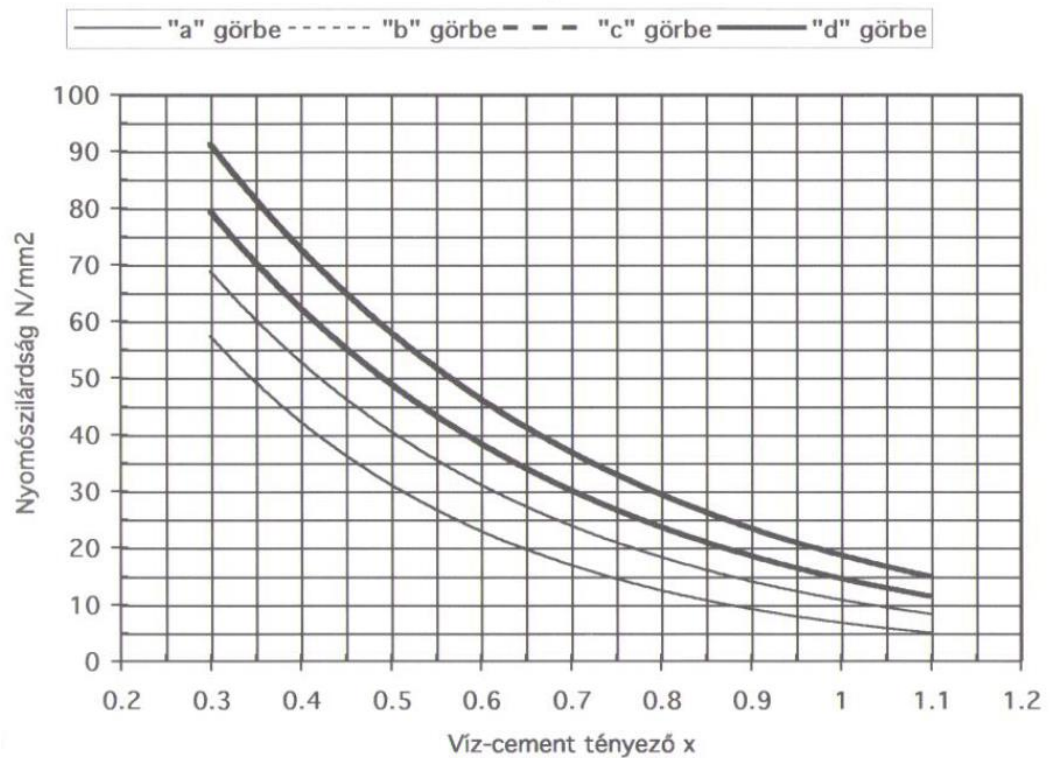
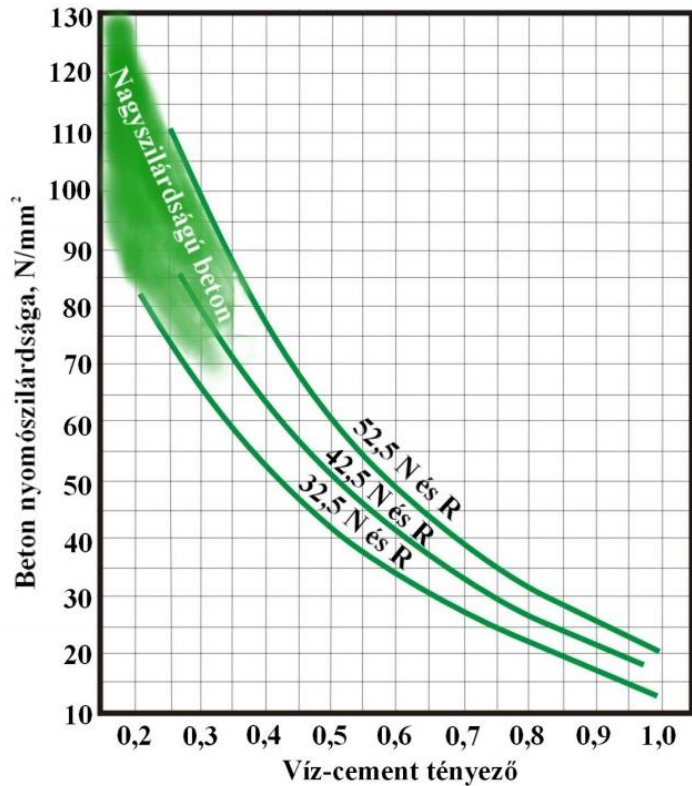
→ **konzisztencia osztály**

C30/37-X0-24-F3

szilárdság – kitéti osztály – maximális szemnagyság – konzisztencia osztály

Betontervezés – betonszilárdság – víz/cement tényező

Legfontosabb kiindulás a beton víz/cement tényezője!

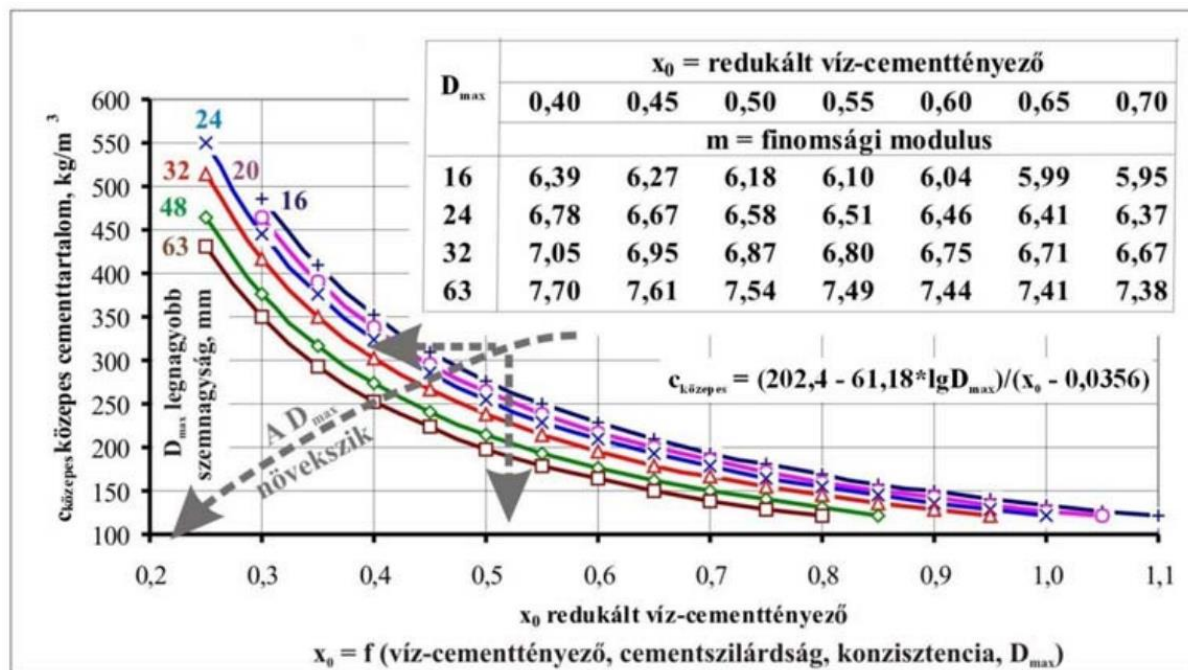
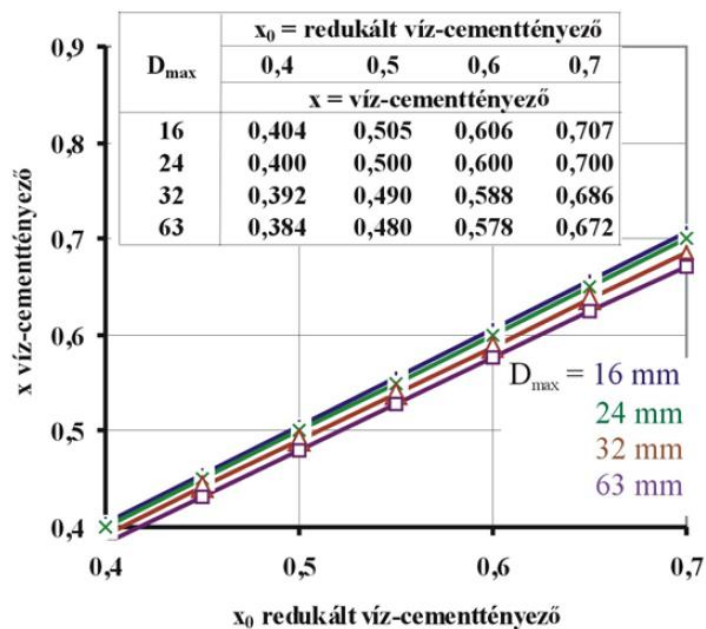


Betontervezés – betonszilárdság – legnagyobb szemmagyság

D_{max} nő + víz változatlan → jobban bedolgozható beton

D_{max} nő + bedolgozhatóság változatlan → csökken a vízigény

D_{max} nő + bedolgozhatóság + nyomószilárdság változatlan → csökken a szükséges cementadagolás



Betontervezés – betonszilárdság – levegőmennyiség

Víz/cement tényezőtől számolt szilárdság akkor igaz, ha a levegő a frissbetonban kevesebb, mint 20 liter/m³.

Tömörítés hiányából adódó szilárdságcsökkenés számítható:

$$f_c = f_{c0} \times e^{-\left(0,035 \pm \times (0,1 \times V_l)^{1,3}\right)}$$

ahol:

f_{c0} : teljesen tömör beton nyomószilárdsága

V_l : levegőtartalom, liter/m³

f_c : hiányosan tömörített beton nyomószilárdsága

Levegő mennyisége a frissbeton testsűrűségéből számítható.

Betontervezés lépései - előkészületek

adalékanyag → legnagyobb szemnagyság
szemmegoszlási görbe
finomsági modulus

E1) szitálás

Az adalékanyag szemmegoszlását vagy az ún. "A" szitasoron (MSZ 18293, homokos kavics) vagy az ún. "B" szitasoron (MSZ 18291, zúzott kövek) mért maradékok alapján vizsgáljuk.

Az 'A' szitasor: *0,063-0,125-0,25-0,5-1-2-4-8-16-32-63-125 mm-es* négyzetlyukú szitákból áll. Szűkebb frakciók készítése érdekében a gyártáskor is, a vizsgálatkor is még az alábbi ún. **felező szitákat** alkalmazzák: **12-24-48-96 mm**

A 'B' szitasor: *0,1-1-3-5-8-12-16-35-55-80 mm-es* négyzetlyukú szitákból áll.

$$a = \frac{m_1}{m} \cdot 100\%$$

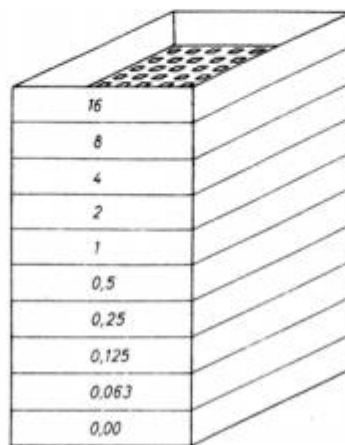
$$b = \frac{m_2}{m} \cdot 100\%$$

ahol:

m – a minta teljes tömege [g]

m_1 – az áthullott tömeg [g]

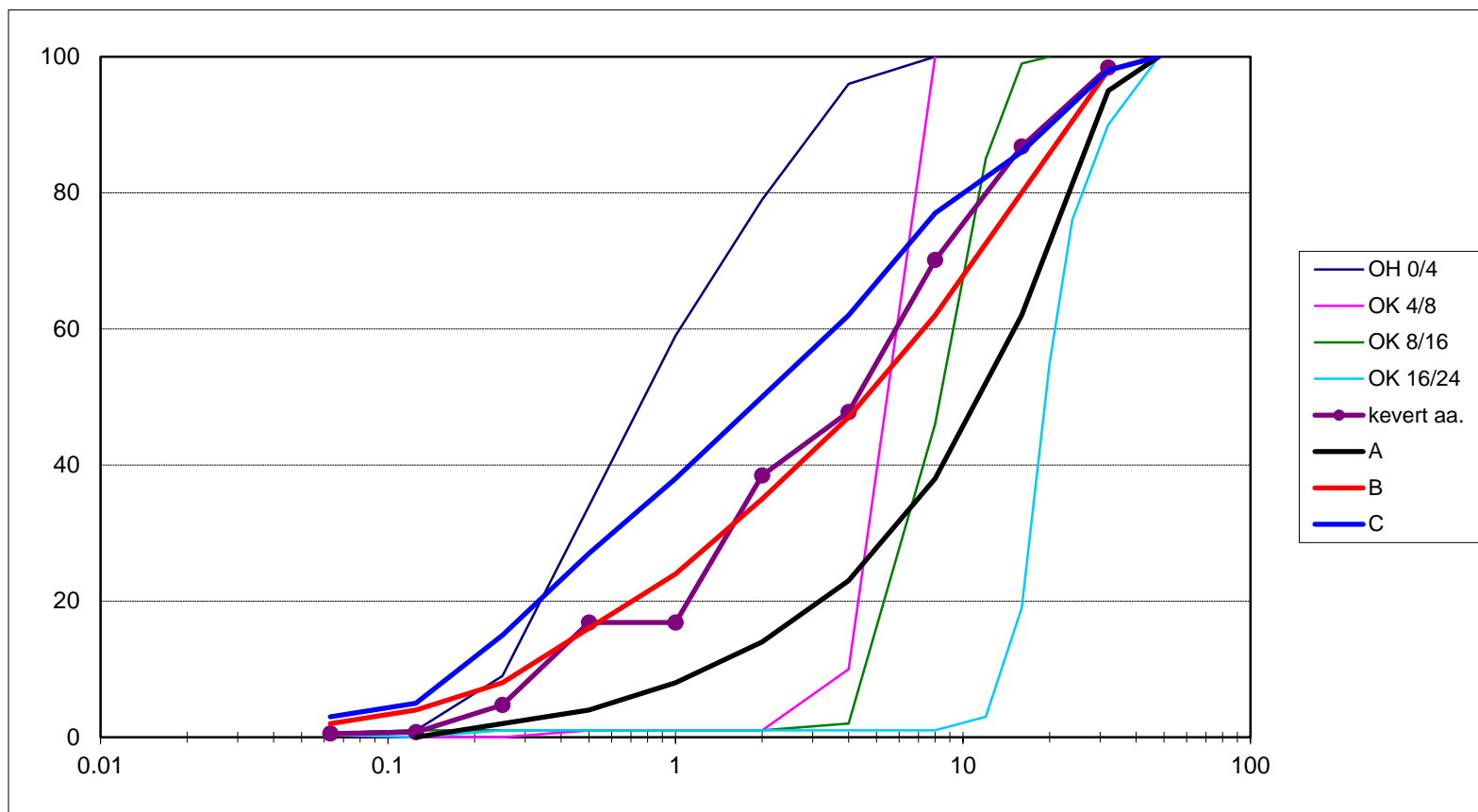
m_2 – a fentmaradt tömeg [g]



Betontervezés lépései - előkészületek

E2) frakciók szemmegoszlásának meghatározása

E3) adalékanyag tervezése frakciók keverésével



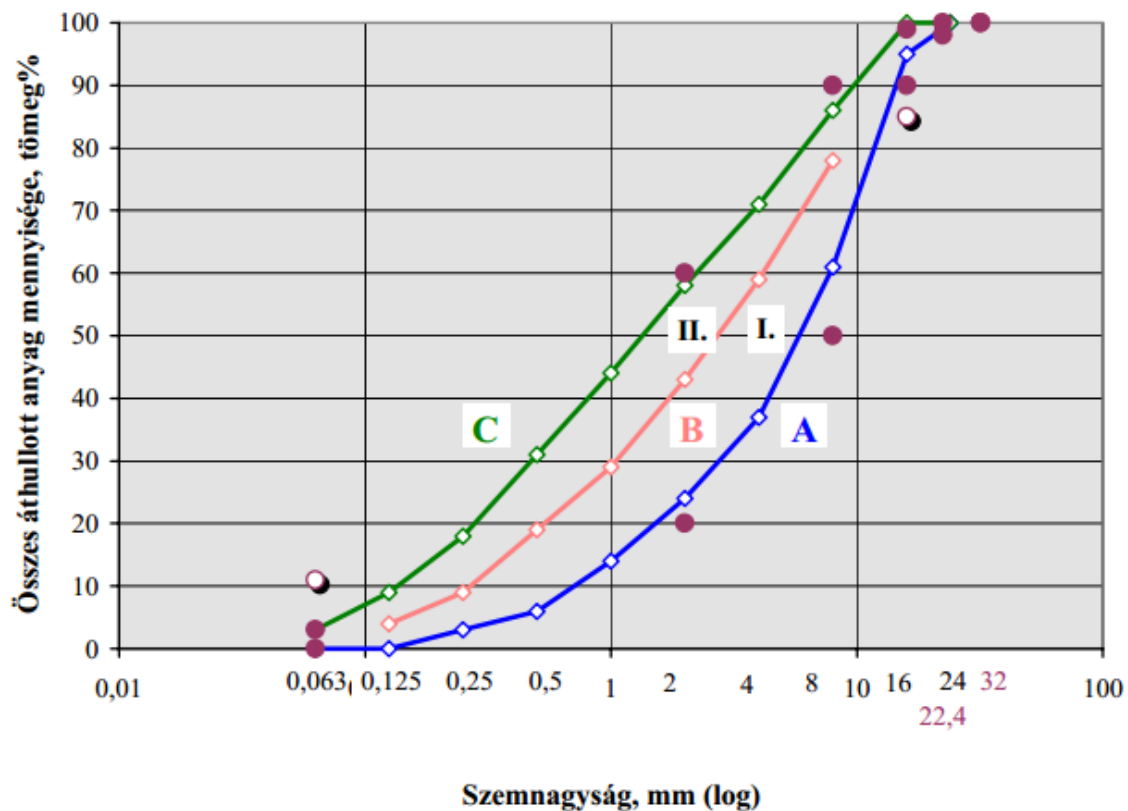
Betontervezés lépései - előkészületek

A-B-C határgörbék közé kerüljön

A-B közé: első osztályú

B-C közé eső: másod osztályú

Beton adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbái
Legnagyobb szemnagyság: 16 mm



E4) finomsági modulus kiszámítása

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

m : finomsági modulus

b.i : fentmaradt anyagmennyiség az egyes szitákon [m%]

d.max : legnagyobb szemnagyság

Betontervezés lépései - előkészületek

E5) adalékanyag halmaz hézagosságának megmérése

$$h = 1000 \left(1 - \frac{\rho_{h,a}}{\rho_{t,a}} \right) (\%)$$
$$h \text{ (l/m}^3\text{)} = 10 h \text{ (\%)}$$

ahol:

$\rho_{h,a}$: adalékanyag halmazsűrűsége [kg/m³]

$\rho_{t,a}$: adalékanyag testsűrűsége [kg/m³]

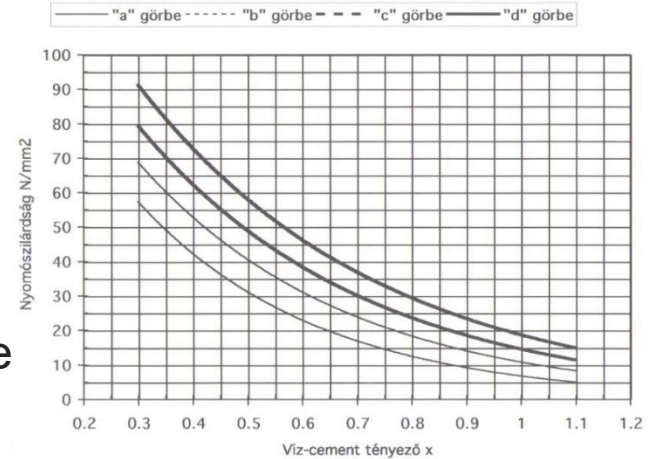
Ez pedig a péptartalma:

$$V_p = V_c + V_w + V_l = \frac{m_c}{\rho_c} + \frac{w}{1.0} + V_l$$

Péptartalom ha kevesebb, mint a hézagosság, akkor telítetlen, ha több, akkor túltelített, ha pedig ~egyenlő, akkor telített.

Betontervezés lépései

1) víz/cement tényező [x] meghatározása a szilárdsági osztály és cementtípus függvényében (Bolomey-Palotás képlet is jó)



2) redukált víz/cement tényező [x₀], amely függvénye

- d_{max}
- cement vízigénye
- konzisztencia
- víz/cement tényező

$$x_0 = \frac{x}{h_c h_k h_d}$$

„Régi” konzisztencia jelölés	h _k értékek
FN	1,00
KK	1,15
K	1,25
F	1,35

Jel	h _c
CEM 52,5	0,98
CEM 42,5	1
CEM 32,5	1,04

d _{max} (mm)	h _d értékek
8	1,07
12	1,04
16	1,01
24	1,00
32	0,98
63	0,95

Betontervezés lépései

3) cementmennyiség és finomsági modulus kiszámítása

$$m = 11 - (x_0 - 0,1) \frac{c}{23}$$
$$m_{opt} = 2,66 \lg d_{max} + 2,2 + 0,0028 c$$

- m : finomsági modulus
m.opt : optimális finomsági modulus
x.0 : redukált víz/cement tényező
c : cementmennyiség [kg/m³]
d.max : maximális szemnagyság

$$0,89 m_{opt} < m < 1,07 m_{opt}$$

Betontervezés lépései

4) betonösszetétel meghatározása

Anyag	Sűrűség ill. Testsűrűség	Anyagok "száraz"		javítás*	javitott**		
	$\frac{g}{ml}$	$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{l}{m^3}$		$\frac{kg}{m^3}$		
cement	3,1	430 1	138,7 2		430		
víz ($x = 0,472$)	1,0	203	203	-13,8	189,2		
feltételezett adalékszer	1,0	2,2	2,2	7	2,2		
adalékanyag	0/4 (41%)	2,64	5	4	13,8	705,0	
	4/8 (24%)		1685,9		404,6	636,2	404,6
	8/16 (35%)		590,1				590,1
levegő	-	-	20 3		8		
összesen		2321 6	1000		2321		

* javítást a homok nedvességtartalmának figyelembevétele miatt

** a végleges összetétel

A táblázat előállításának menete:

1. Megadjuk az anyagok jellemző sűrűségét.
2. Az ismert cement-tartalom és v/c tényező segítségével kiszámítjuk a víztartalmat.
3. Kiszámítjuk a cement és a víz térfogatát.
4. Feltételezzük, vagy figyelembe vesszük az előírt a légtartalmat.
5. Az ismert térfogati értékek segítségével kiszámítjuk az adalékanyag térfogatát.
6. A sűrűség ismeretében kiszámítjuk az adalékanyag tömegét.
7. A frakciók ismert részaránya szerint kiszámítjuk az egyes frakciók egyedi tömegét.
8. Az $1 m^3$ -re vetített tömegadatokból kiszámítjuk a beton testsűrűségét.
9. A homok nedvességtartalma miatt a „száraz” homok tömeget növelni, míg a keverővíz mennyiségét azonos mértékkel csökkenteni kell.
10. A javítások figyelembevételével kiszámítjuk a beton végleges összetételét.

Betontervezés lépései

5) próbakeverés

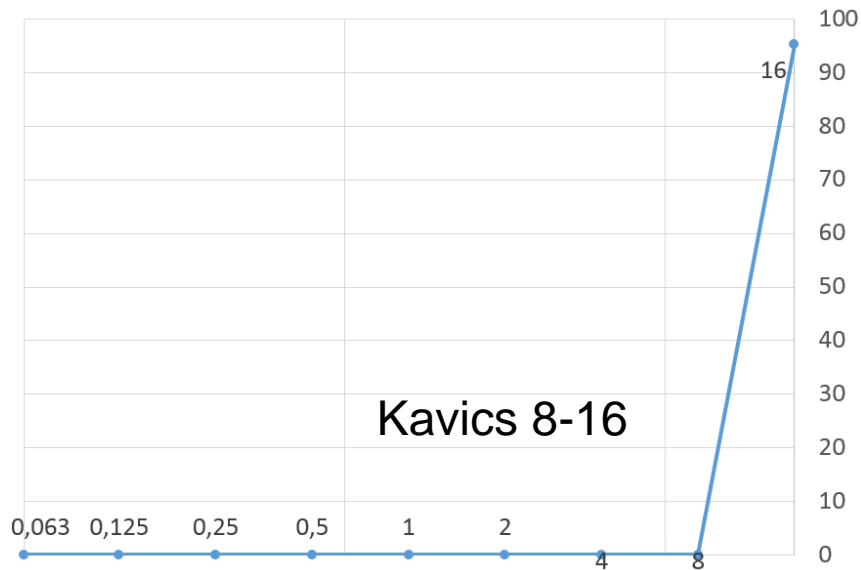
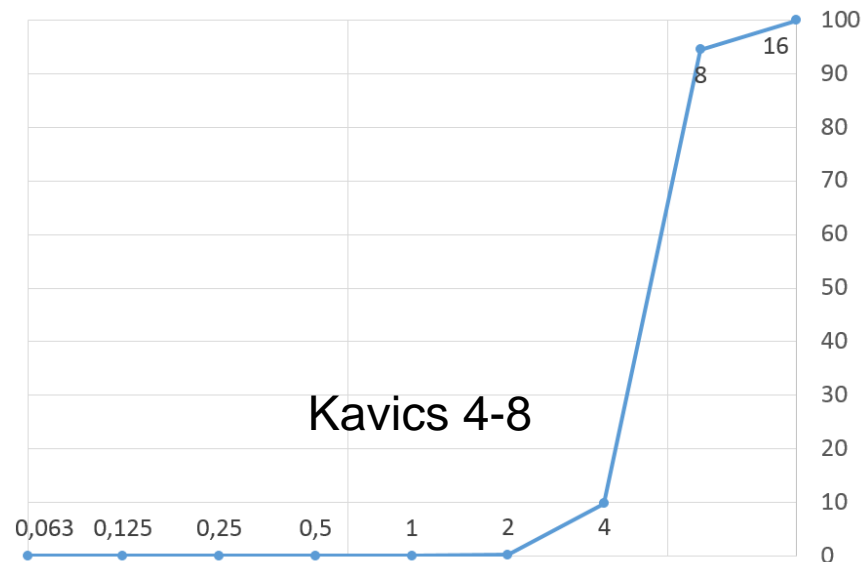
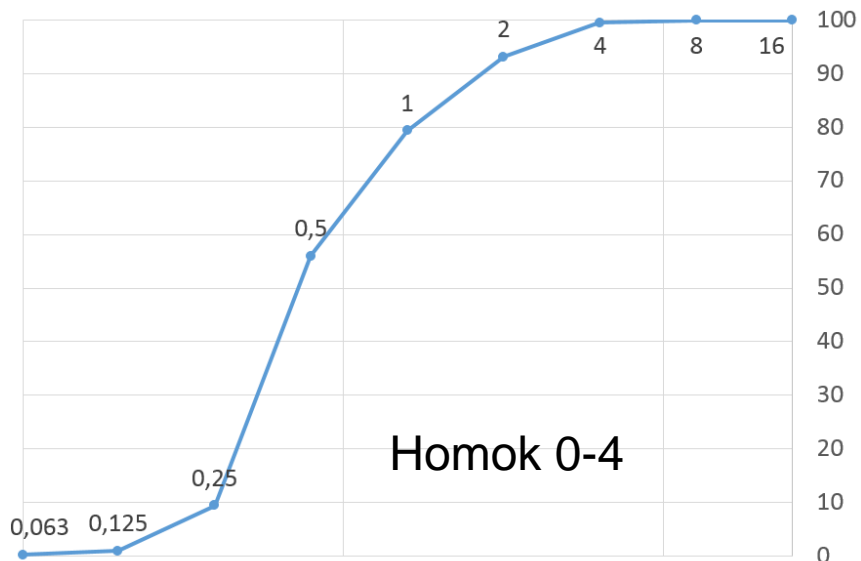
- ránézésre jó-e, elegendő-e a pépmennyiség, bevonja-e a kavicsszemeket ?
- konzisztencia megmérése
- szükséges-e folyósító adagolása
- tömeg megmérése
- légtartalom mérés

Ha minden megfelelő, akkor kocka és gerenda betonozása → 28 nap után törés

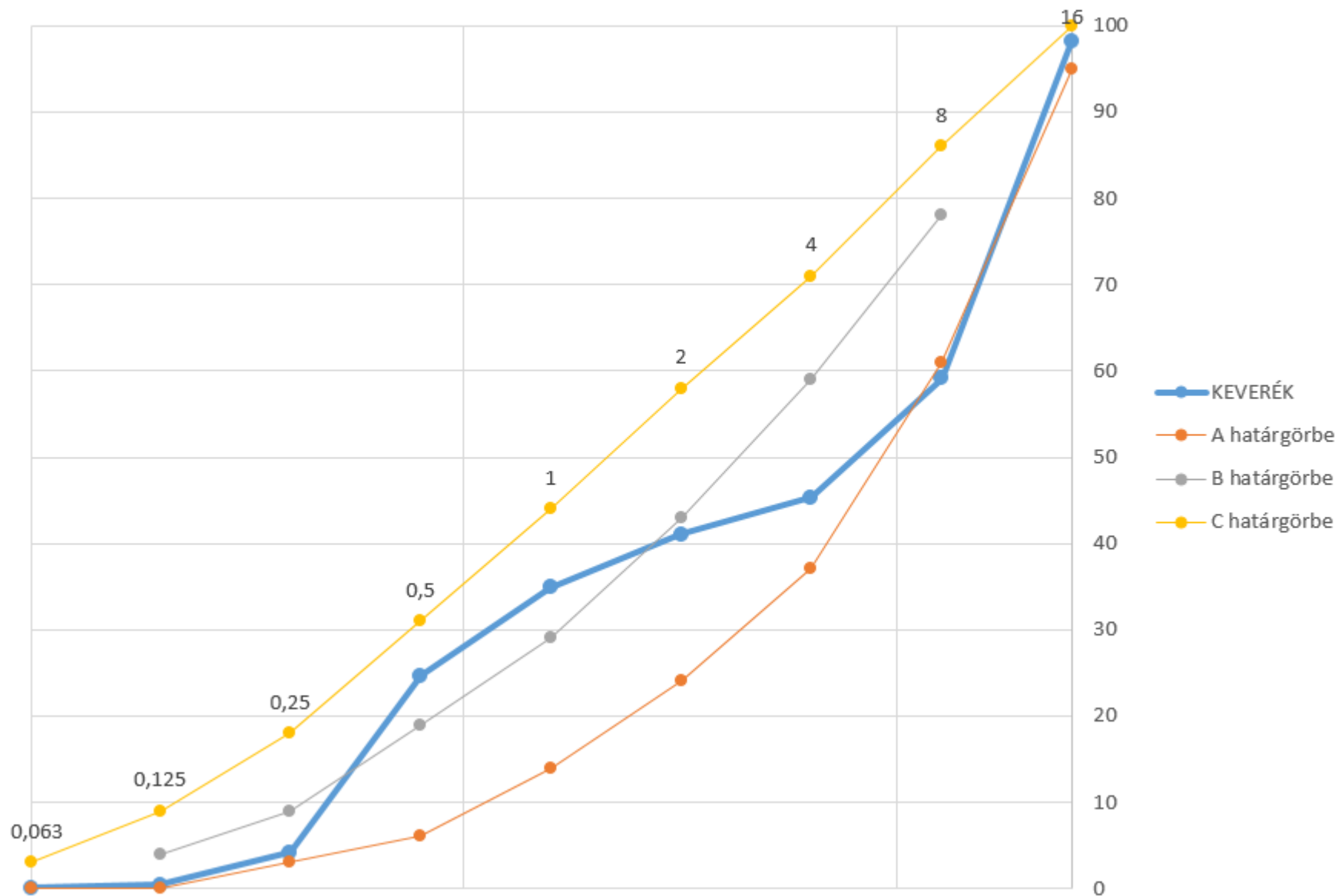
Ha nem megfelelő, akkor változtatások és új próbakeverés!

Betontervezés gyakorlati példa

Betontervezés – eredmények – szemmegoszlási görbék - frakciók



Betontervezés – eredmények – szemmegoszlási görbék - keverék



Betontervezés – erdmények – keverék halmaz és testsűrűsége

$$h = 1000 \left(1 - \frac{\rho_{h,a}}{\rho_{t,a}} \right) (\%)$$
$$h \text{ (l/m}^3\text{)} = 10 h \text{ (\%)}$$

ahol:

$\rho_{h,a}$: adalékanyag halmazsűrűsége [kg/m³]

$\rho_{t,a}$: adalékanyag testsűrűsége [kg/m³]

adalékanyag halmazsűrűsége	ro.h.a	1,93	g/ml	mért érték!
adalékanyag testsűrűsége	ro.t.a	2,64	g/ml	becsült érték!
adalékanyag hézagossága	h	268,94	l/m ³	szükséges pépmennyiség

268,94 l/m³ pépre van szükségünk – mérés szerint
hogy a beton péptelített legyen!

Betontervezés – erdmények – keverék halmaz és testsűrűsége

- 1) víz/cement tényező $x = 0,57$
- 2) Redukált víz/cement tényező $x.0 = 0,50$
- 3) Adalékanyag pépigénye – beton péptartalma

adalékanyag pépigénye (mérés)	268,94		beton péptartalma V.c+V.v+V.adsz+V.l	289,24
-------------------------------	--------	--	--------------------------------------	--------

- 4) Beton összetétel, frissbeton testsűrűsége: **2373 kg/m³**

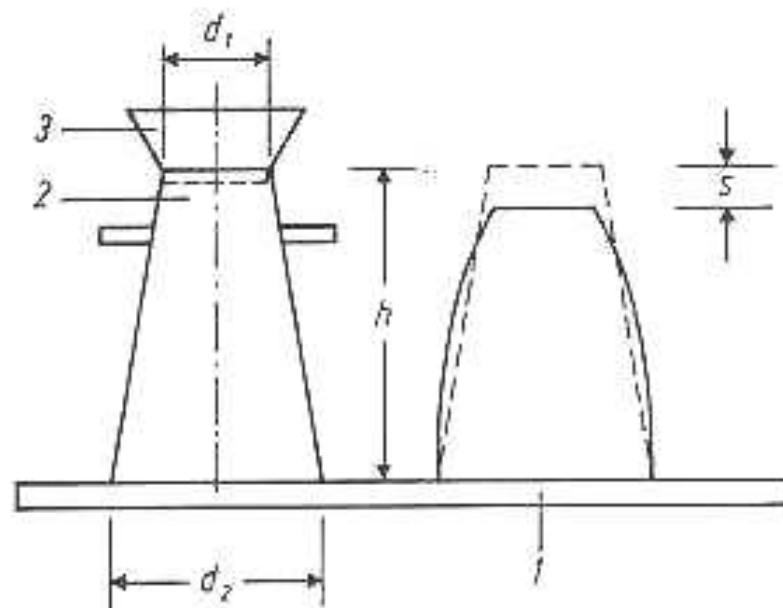
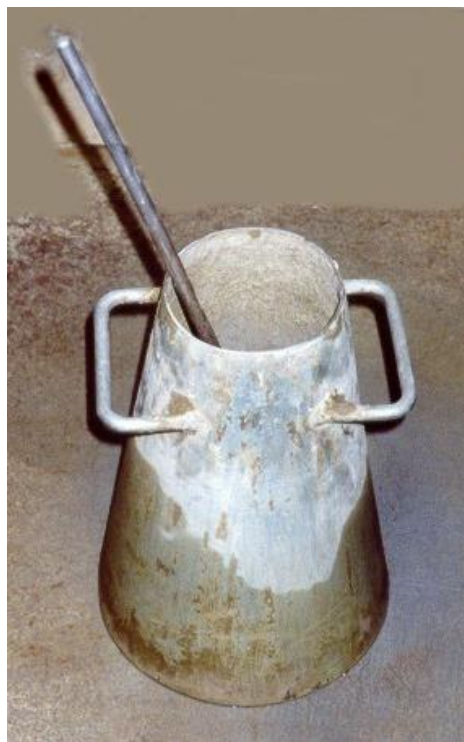
Anyag	Sűrűség	adagolás			javítás	javított kg/m ³		
	g/ml	kg/m ³	l/m ³	neve				
cement	3,10	305,00		98,39	V.c	305,0		
víz	1,00	173,85		173,85	V.v	173,9		
adalékszer	1,00	2,00		2,00	V.adsz	2,0		
adalék anyag	0/4	2,64	1876,41	825,62	710,76	V.a	0,00	825,6
	4/8			300,23				300,2
	8/16			750,57				750,6
levegő	-	-	-	15,00	V.l			
szumma		2357,26		1000,00	V.b		2357,3	

Frissbeton konzisztencia mérése

- 1) Roskadás S1 – S2 – S3 – S4 – S5
 2) Terülés F1 – F2 – F3 – F4 – F5 – F6
 3) VEBE osztályok V0 – V1 – V2 – V3 – V4
 4) Tömörítési osztályok C0 – C1 – C2 – C3

Konzisztencia jellege az MSZ 4714-3:1986 szabvány szerint	Konzisztencia osztályok az MSZ EN 206-1:2001 honosított európai szabvány szerint			
	Roskadási osztály	Területi osztály	VEBE osztály	Tömörítési osztály
(Alig földnedves)				C0*
Földnedves	S1	F1*	V0*	C1
			V1	
Kissé képlékeny		F2	V2	C2
			V3	
Képlékeny	S2	F3	V4*	C3
Folyós	S3	F4		
	S4	F5		
	S5*	F6*		

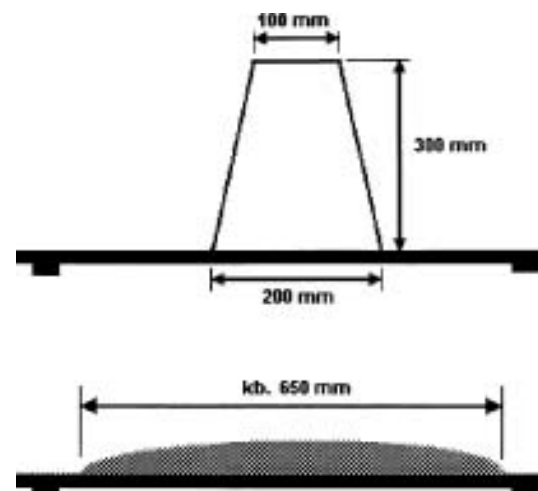
Frissbeton konzisztencia mérése - roskadás



Alsó átmérő: 200mm
Felső átmérő: 100mm
Magasság: 300mm

Roskadás: kúpforma teteje és az összeroskadt beton legfelső pontja közötti távolság 10mm pontossággal.

Frissbeton konzisztencia mérése - terület

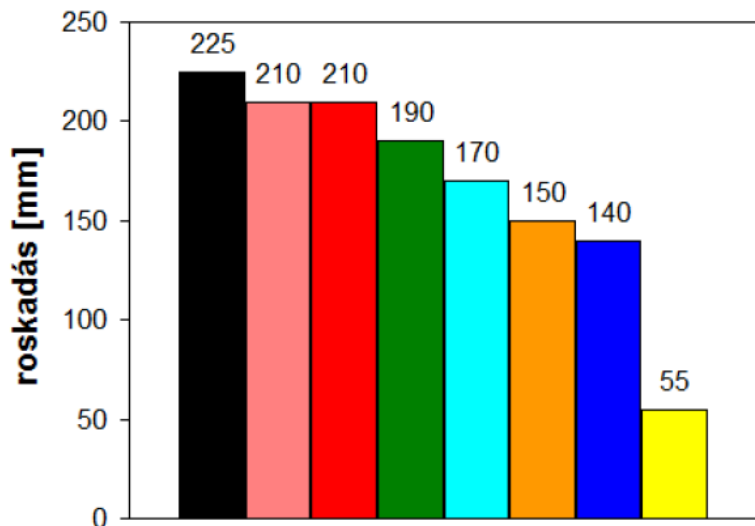


Alsó átmérő: 200mm
Felső átmérő: 130mm
Magasság: 200mm
Ejtőasztal: 700x700

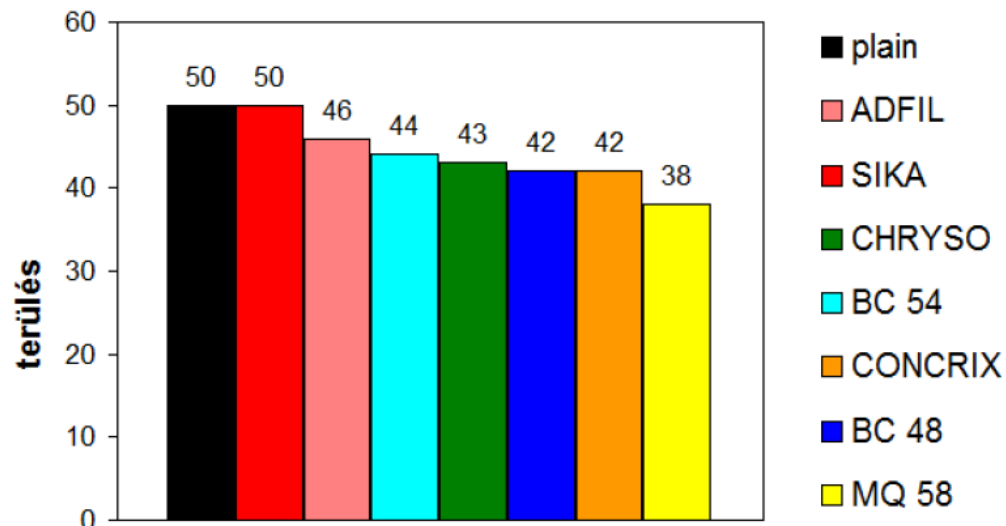
15-ször 40mm magasból leejteni. Szétterült beton két legnagyobb, merőleges átmérőjét 10mm pontossággal kell lemérni.

Frissbeton konzisztencia mérése – roskadás és terület FRC esetében

Roskadás



Terület

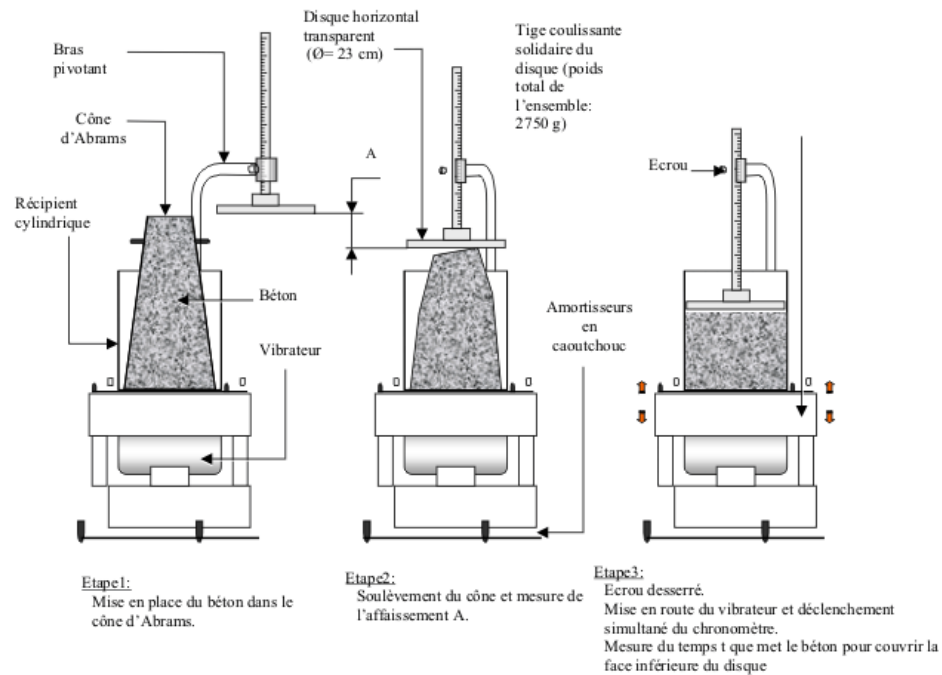


Beton: 225 mm – S5 roskadás
500 mm – F4 terület

MQ: 55 mm – S2 roskadás
380 mm – F2 terület

	Roskadási osztály	Területi osztály
(Alig földnedves)		
Földnedves	S1	F1*
Kissé képlékeny		F2
Képlékeny	S2	F3
Folyós	S3	F4
	S4	F5
	S5*	F6*

Frissbeton konzisztencia mérése - VEBE



Belső átmérő: 240mm

Magasság: 200mm

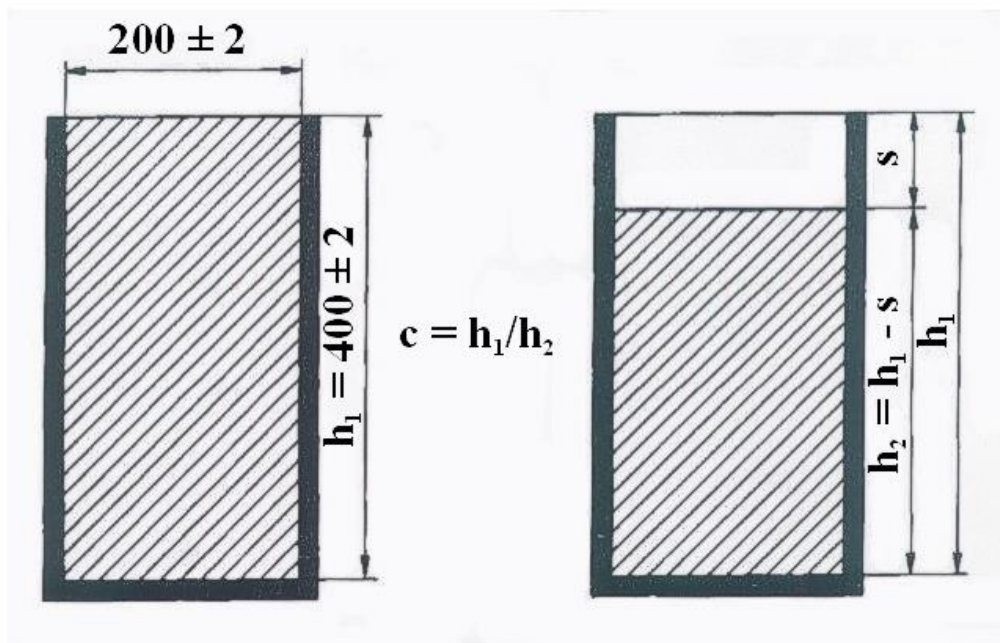
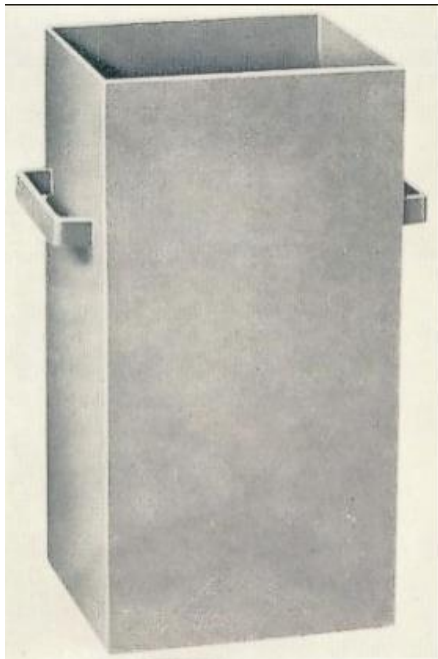
Alsó átmérő: 200mm

Felső átmérő: 100mm

Magasság: 300mm

Vibrálással átformáljuk a kúp alakú betont addig, amíg az átlátszó korong egész felületét cementhabarcs borítja.

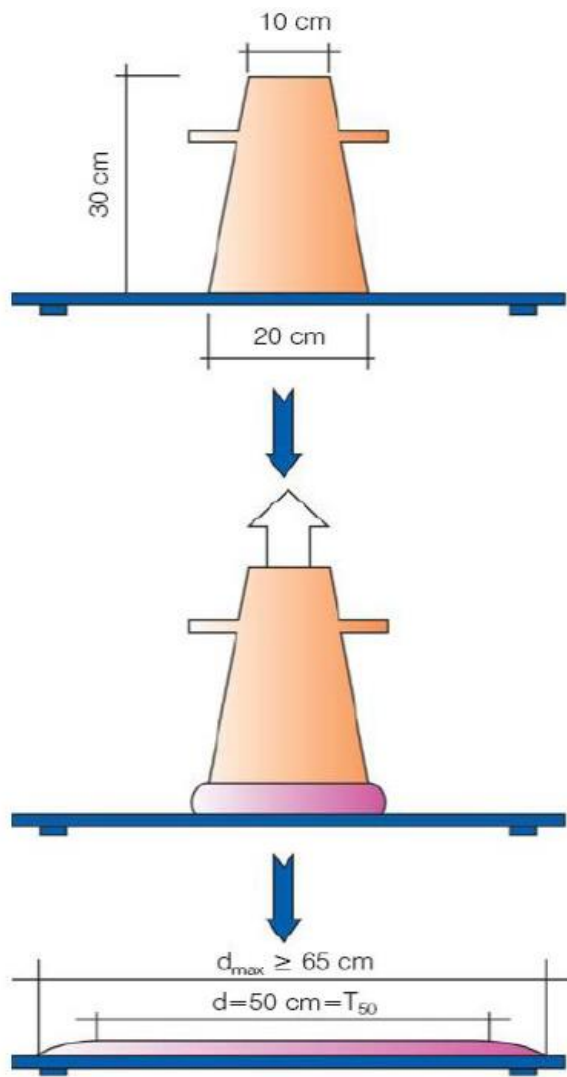
Frissbeton konzisztencia mérése – Tömörítési osztály



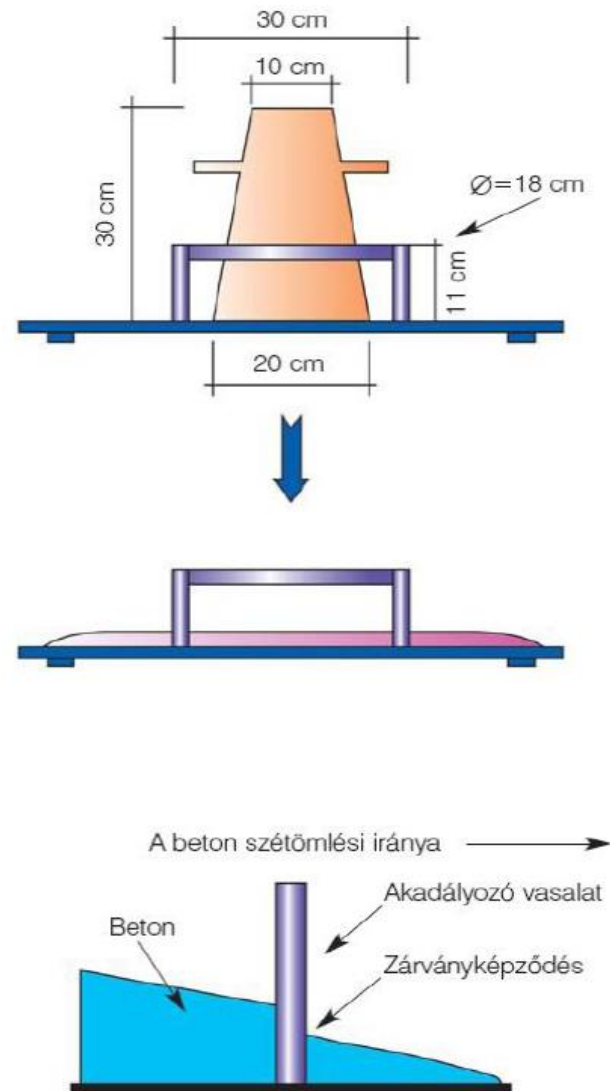
Alapterület: 200x200mm
Magasság: 400mm

Lazán megtölteni, majd tömöríteni
merülővibrátorral,
tömörödés mértéke $h_1/h_2 < 1$ szám.

Frissbeton konzisztencia mérése – öntömörödő beton, terület

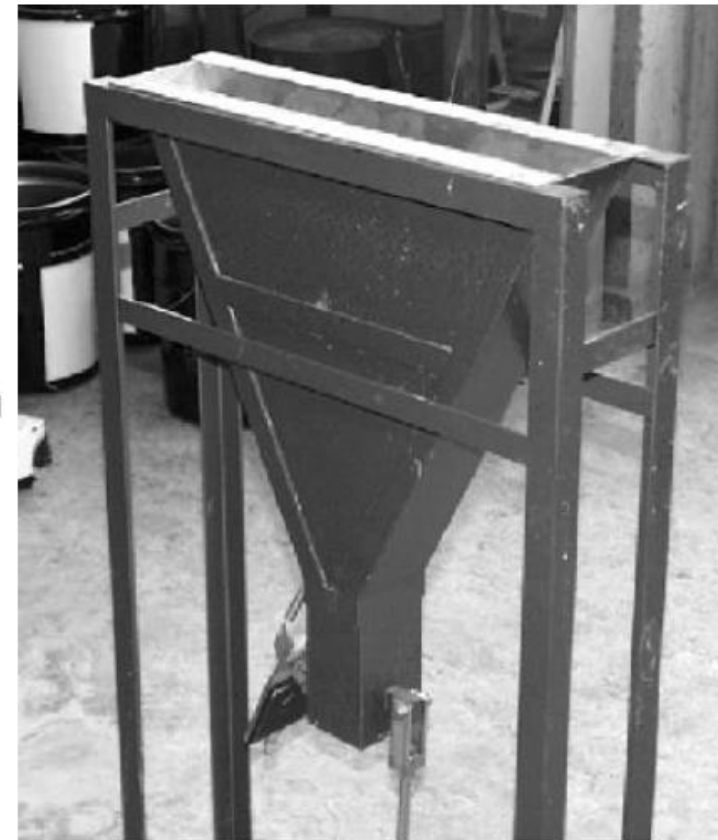
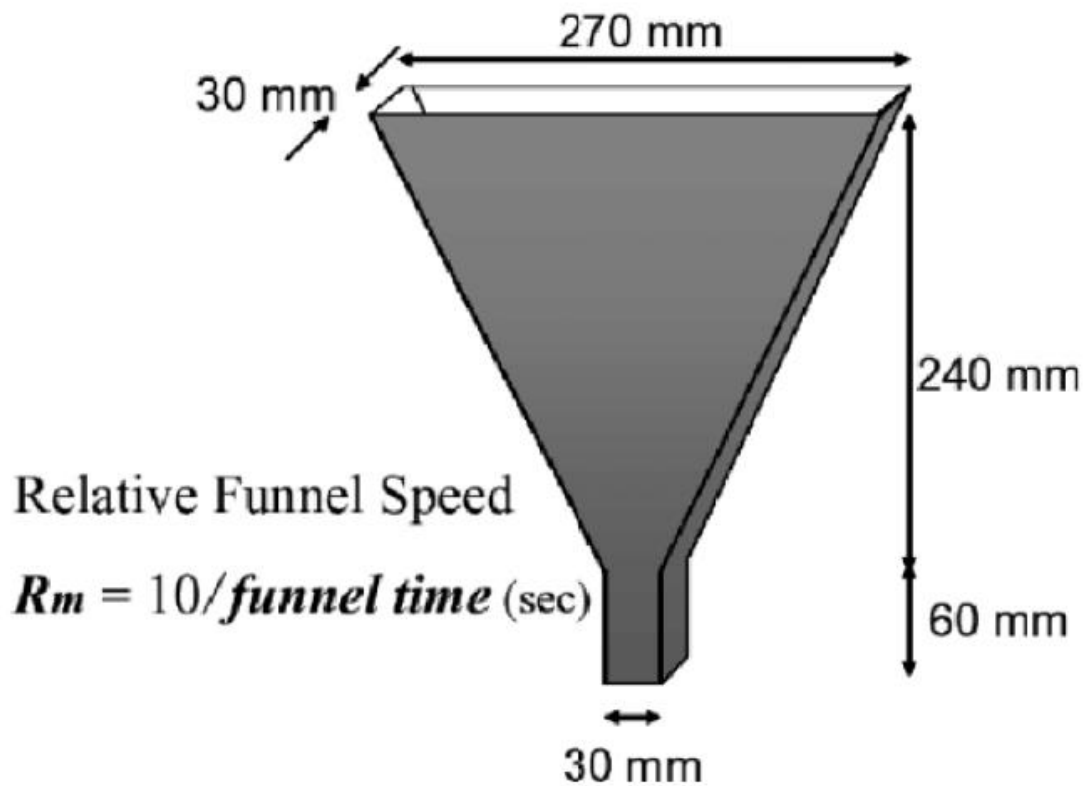


1) terület mérése



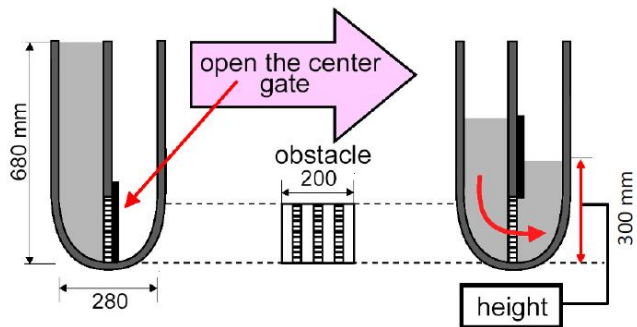
2) J-gyűrű vizsgálat

Frissbeton konzisztencia mérése – öntömörödő beton, kifolyási idő



5-15 másodperc legyen

Frissbeton konzisztencia mérése – öntömörödő beton, átfolyási idő

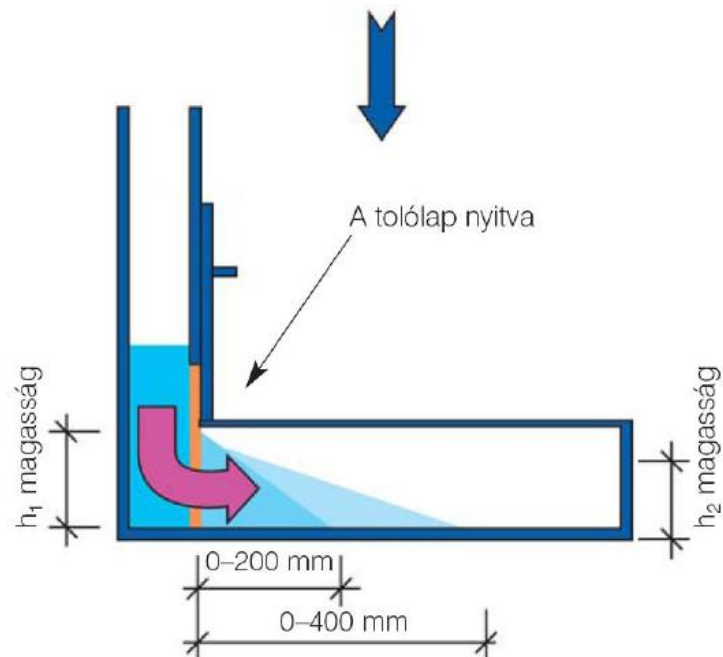


U doboz



Kajima doboz

L doboz



Speciális betonok

Előnyei

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

Hátrányai

- 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

Tervezés lépései

- 1) Max 0,5 m³ kavicsváz összeállítása kavics frakciókból
- 2) Habarcstervezés:
 - 1) 40% homok
 - 2) Finom szemcse és víz beállítása: 0,9-1 között térfogat szerint
 - 3) Adalékszer adagolás beállítása
- 3) Ellenőrzés, korrekciók

Öntömörödő beton

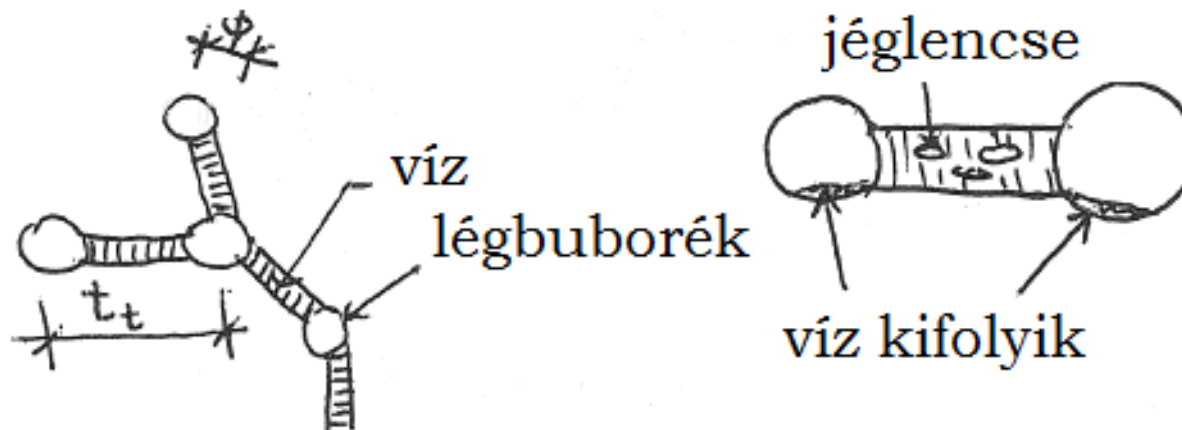


Fagyálló beton

Feltételei:

- 1) Fagyálló adalékanyagok
- 2) Megfelelő cement kiválasztása
- 3) Légbuborékképző adalékszer
- 4) Legkisebb cementtartalom, legnagyobb v/c és hosszabb keverési idő
- 5) Hosszan kell utókezeln

Fagyálló beton



Kapillárisokban levő víz fagyáskor a légbuborékokba folyik, így nem repeszi szét a betont.

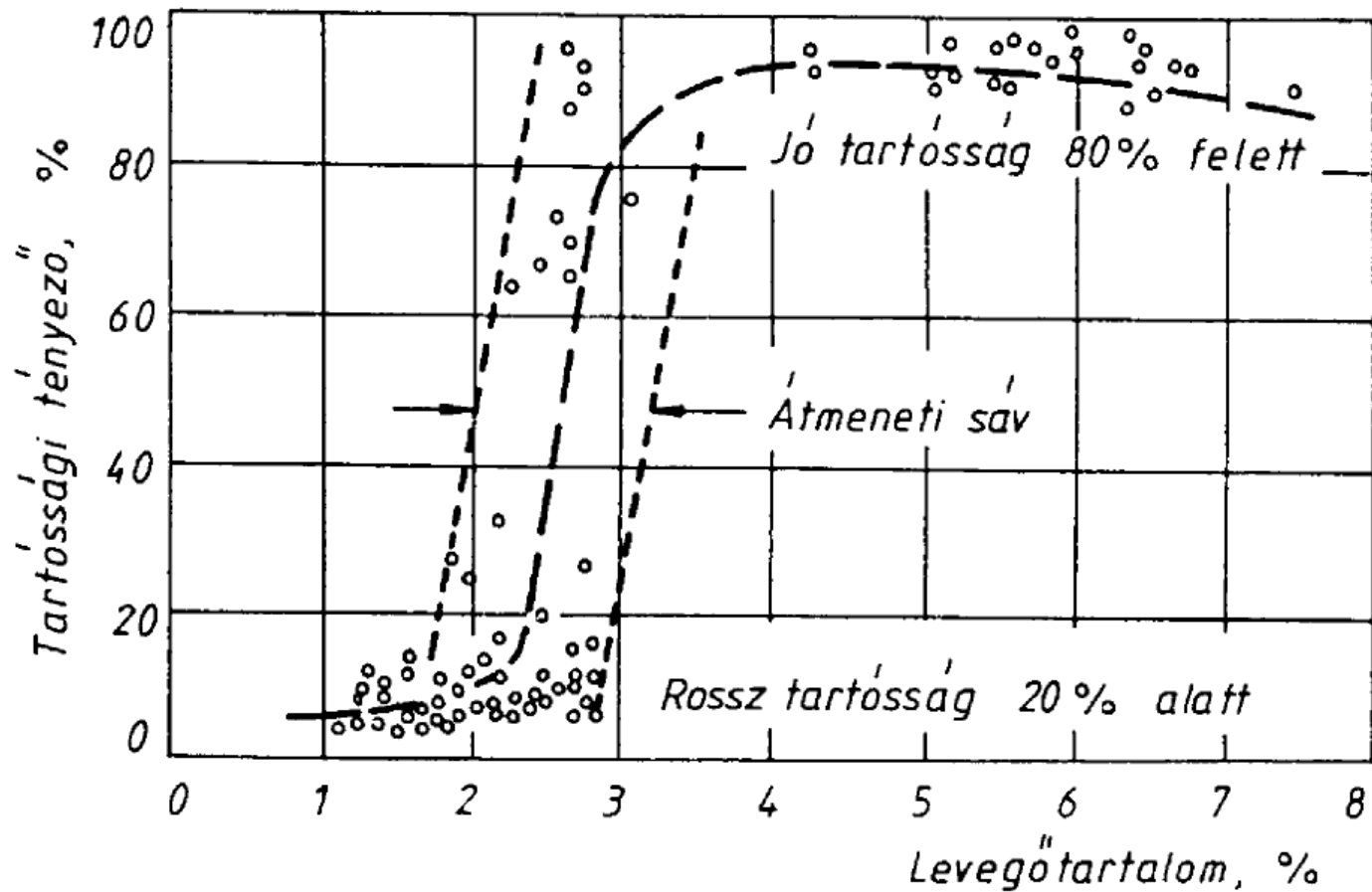
Hatékony légbuborékok mérete (fi): 20-300 mikrométer

Távolsági tényező (t.t): 0,18-0,22mm

Kb. 22 V% cementpépre vonatkozóan.

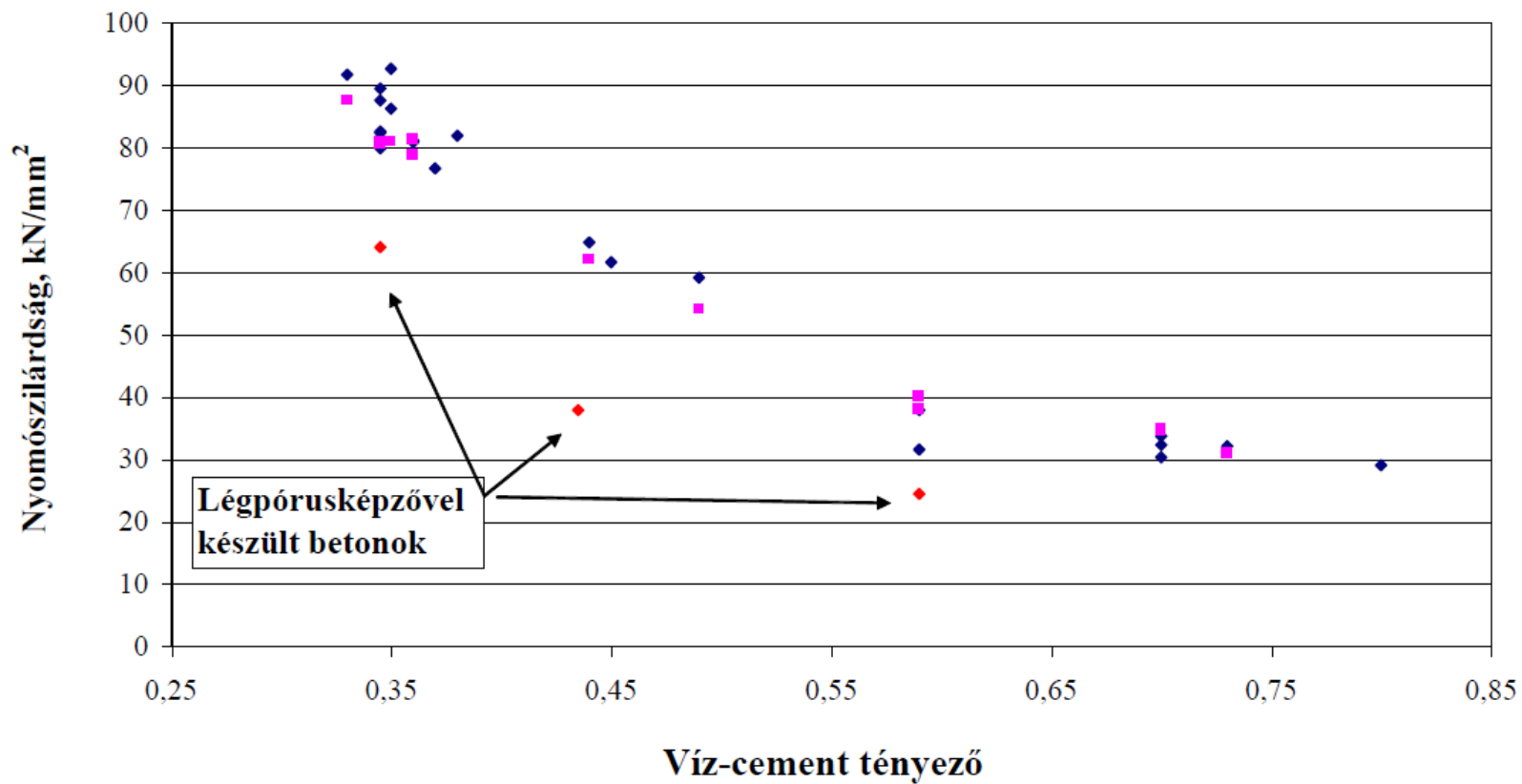
Frissbetonban: 5-7%, megszilárdult betonban 4-5% légtartalom.

Fagyálló beton



Légpórusok hatása a tartóssági tényezőre

Fagyálló beton



Természetesen a légpórusok csökkentik a nyomószilárdságot!

Vízzáró beton

2 fő feltétel:

- Beton vízzáró
- Szerkezet repedésmentes (max 0,2 mm repedéstágasság)



Előregyártott szádfal gerenda – partvédelem – nagy betonfedés a vasaláson
– szintetikus szálerősítéssel erősítve

Vízzáró beton

- $v/c < 0,6$ (víztartalom). 0,7-nél a beton már nem vízzáró!. A beton vízzárósága a tényleges víztartalomtól függ!
- d_{max} függvényében legyen meg a minimális finomrésztartalom
- Minél nagyobb a cementtartalom, annál jobb a vízzáróság. Azonban 380 kg/m³ 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.
- Vízzáróságot fokozó, javító adalékszerek.
- „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.
- konzisztencia: min. 420 mm területtel mérve
- **Tömörítés: min. 20 másodperc, VL<2%**
- Utókezelés legalább 14 napig

Vízzáró beton

Szerkezet vízzáró – tömítések

