

ADALÉKANYAG HATÁSA A BETON TULAJDONSÁGAIRA

Dr. Salem Georges Nehme

Egyetemi docens

BME, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék



```
graph TD; A["Beton szilárdsága, Tartóssága"] --- B["Cementkő szilárdsága"]; A --- C["Cementkő és adalékanyag közötti tapadás"]; A --- D["Adalékanyag szemcseszilárdsága, aránya, szemeloszlása, stb"]; B --- E["Cement szabvány-szilárdsága"]; B --- F["Cementkő pórustartalma"]; F --- G["v/c tényező"]; F --- H["Tömörítés mértéke"]; F --- I["Hidratáció mértéke"]; F --- J["Egyéb tényező"]
```

Beton szilárdsága,
Tartóssága

Cementkő
szilárdsága

**Cementkő és adalék-
anyag közötti tapadás**

**Adalékanyag
szemcseszilárdsága, aránya,
szemeloszlása, stb**

Cement szabvány-
szilárdsága

Cementkő
pórustartalma

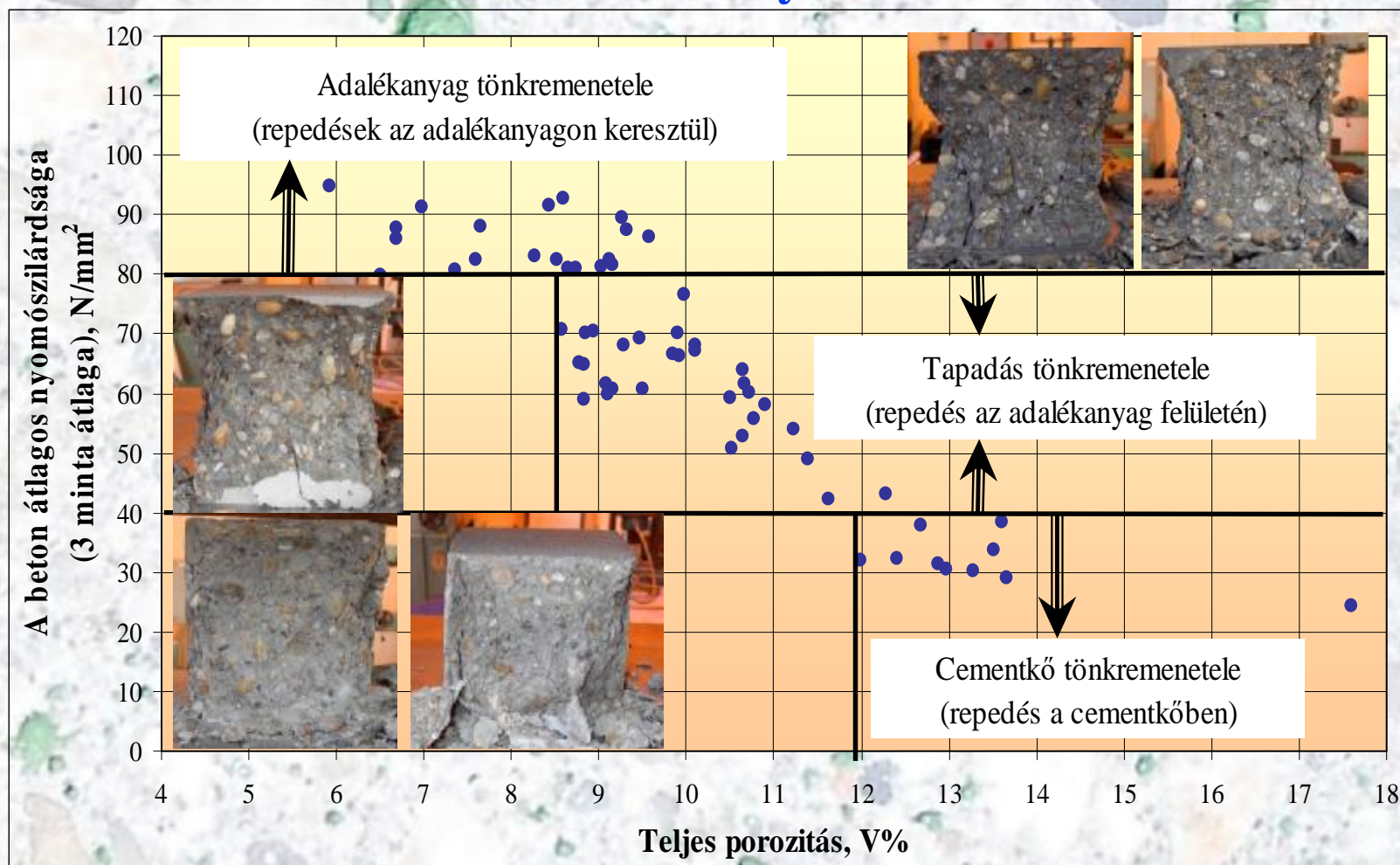
v/c tényező

Tömörítés mértéke

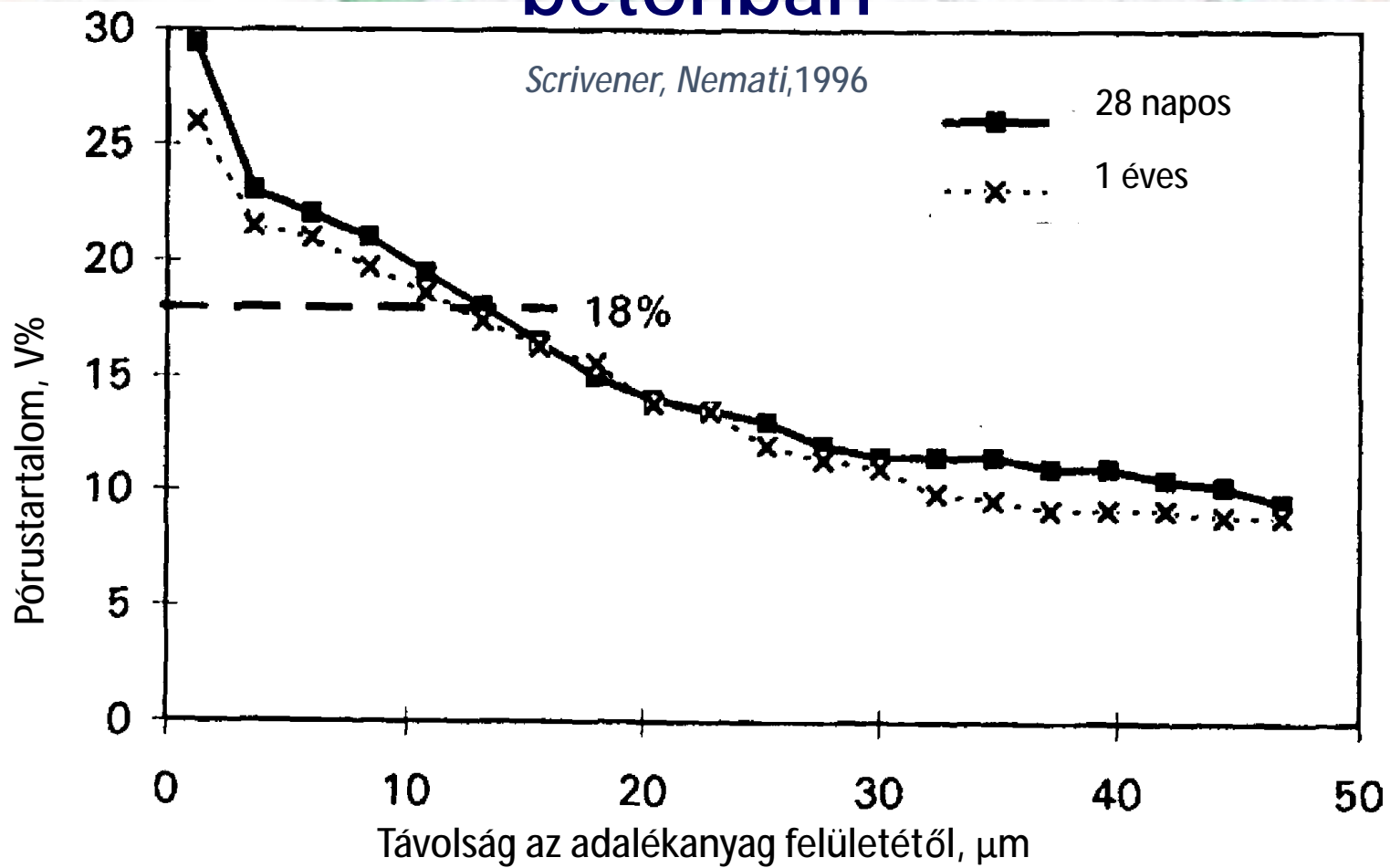
Hidratáció
mértéke

Egyéb tényező

Nyomószilárdság és teljes porozitás összefüggése öntömörödő és szokványos betonok esetén



Pórustartalom eloszlása a betonban



Adalékanyag tisztaság



- A homok agyag és iszap tartalma,
- Rög nem lehet benne!
- Finomszemcsés anyag: ha nem duzzadó kis mennyiségben jót 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

Szennyezettség

Homokegyenértékkal vizsgáljuk.

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



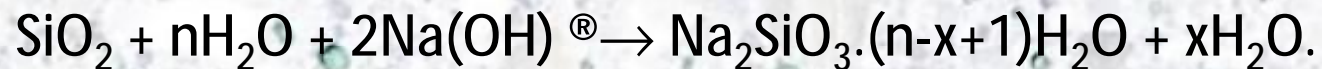
Alkáli reakció érzékenység

Alkáli → lúgos

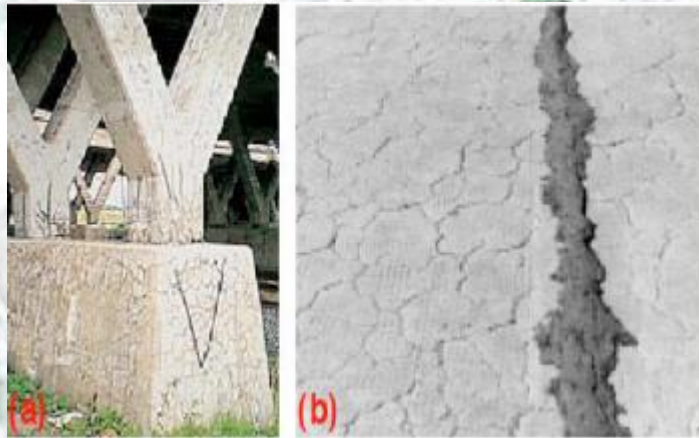
- Ahhoz, hogy a beton pH-ja több legyen mint 9 és ezáltal a betonacél korrózióvédelmét biztosítsa a cementben van NaOH, MgOH, KOH, ami a magas pH-t biztosítja. Ezek az erős lúgok azonban az adalékanyag egyes ásványi anyagaival reakcióba lépve duzzadást okozhatnak, aminek következtében az adalékanyag 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!

ELLENÁLLÁS ALKÁLI-KOVASAV SZEMBEN

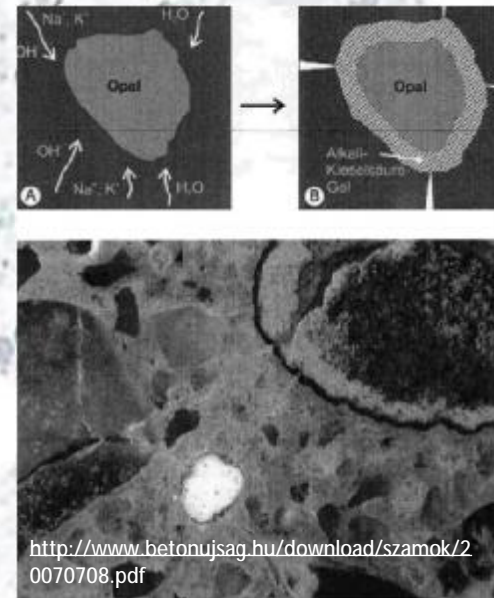
- Alkáli-kovasav reakció: a cementből (és esetleg más forrásból) származó alkáliakkal (Na_2O és K_2O) társult hidroxil (OH^-) és hidrogén (H^+) ionoknak, valamint az adalékanyag kovasavas alkotóelemeinek a kölcsönhatásából *alkáli-szilícium-dioxid* keletkezik. Ez korlátlanul duzzad. Az adalékanyag szétesik és kovasavgél képződése kíséretében teljesen elpépesedik. A kovasav-gél a repedésekből kitüremkedik sötétszínű, gyantaszerű cseppek formájában.



Alkáli érzékenység

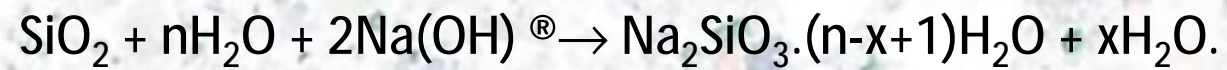
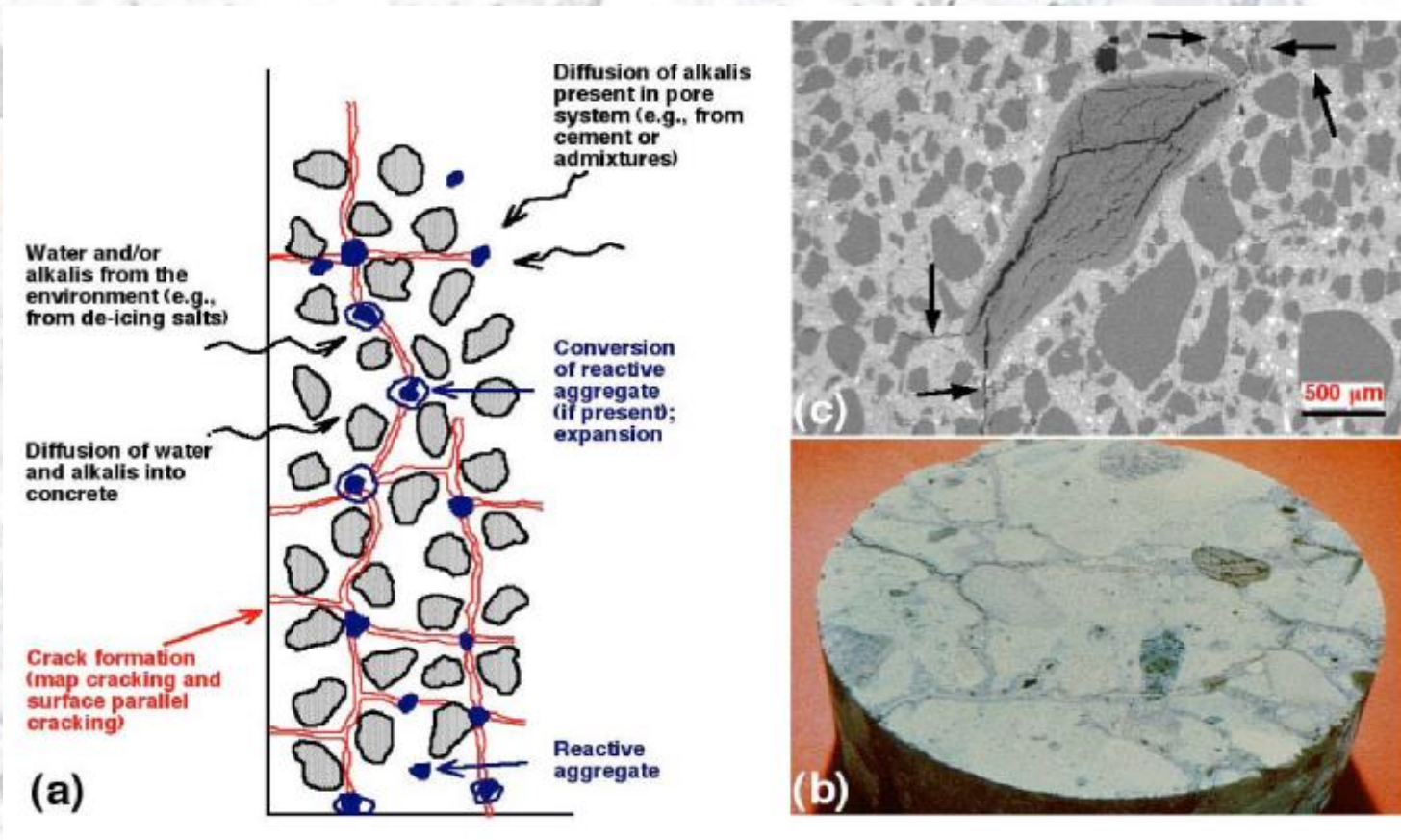


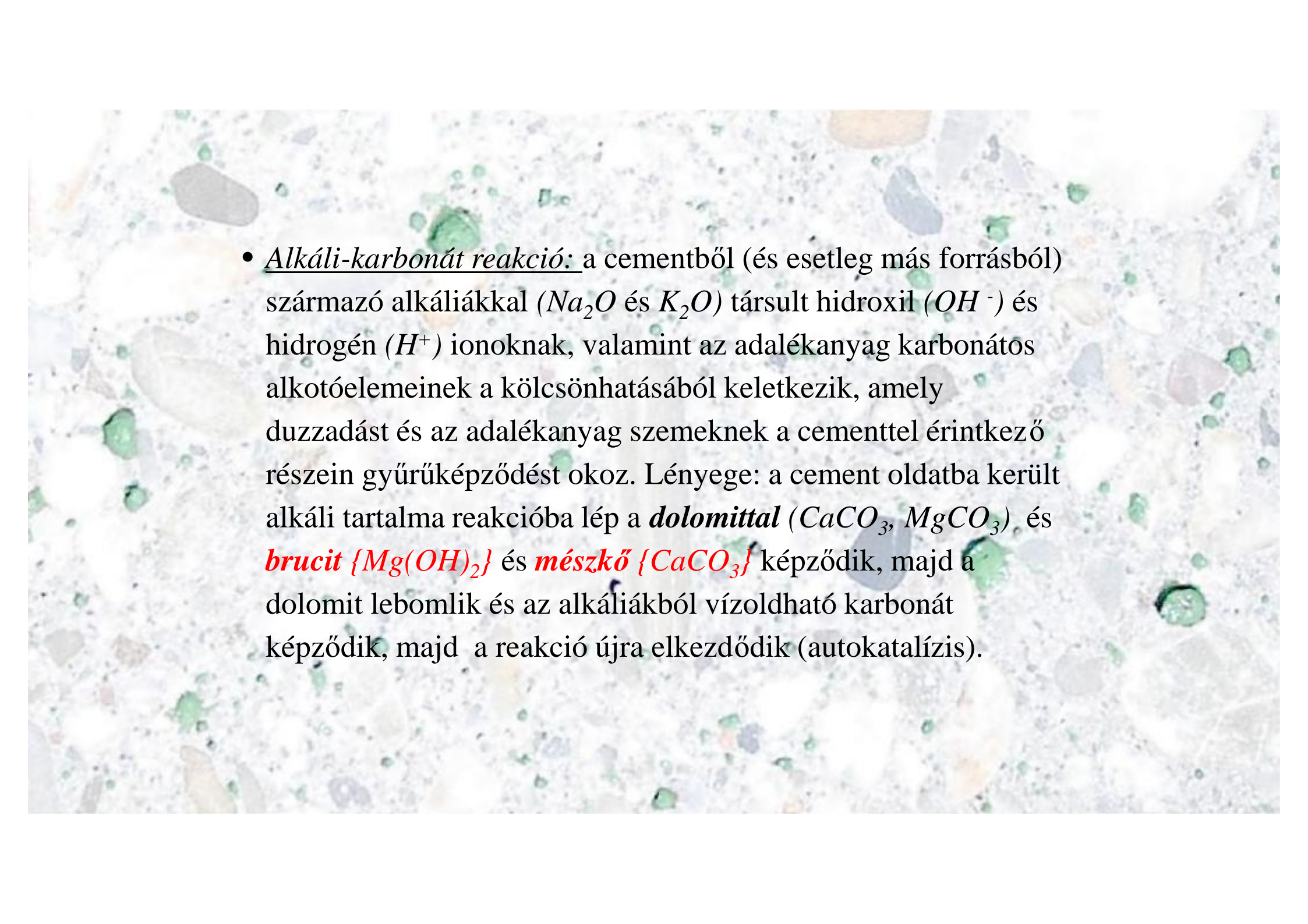
MSZ 4798-1
MSZ EN 12620
MSZ EN 13055-1
MSZ CR 1901

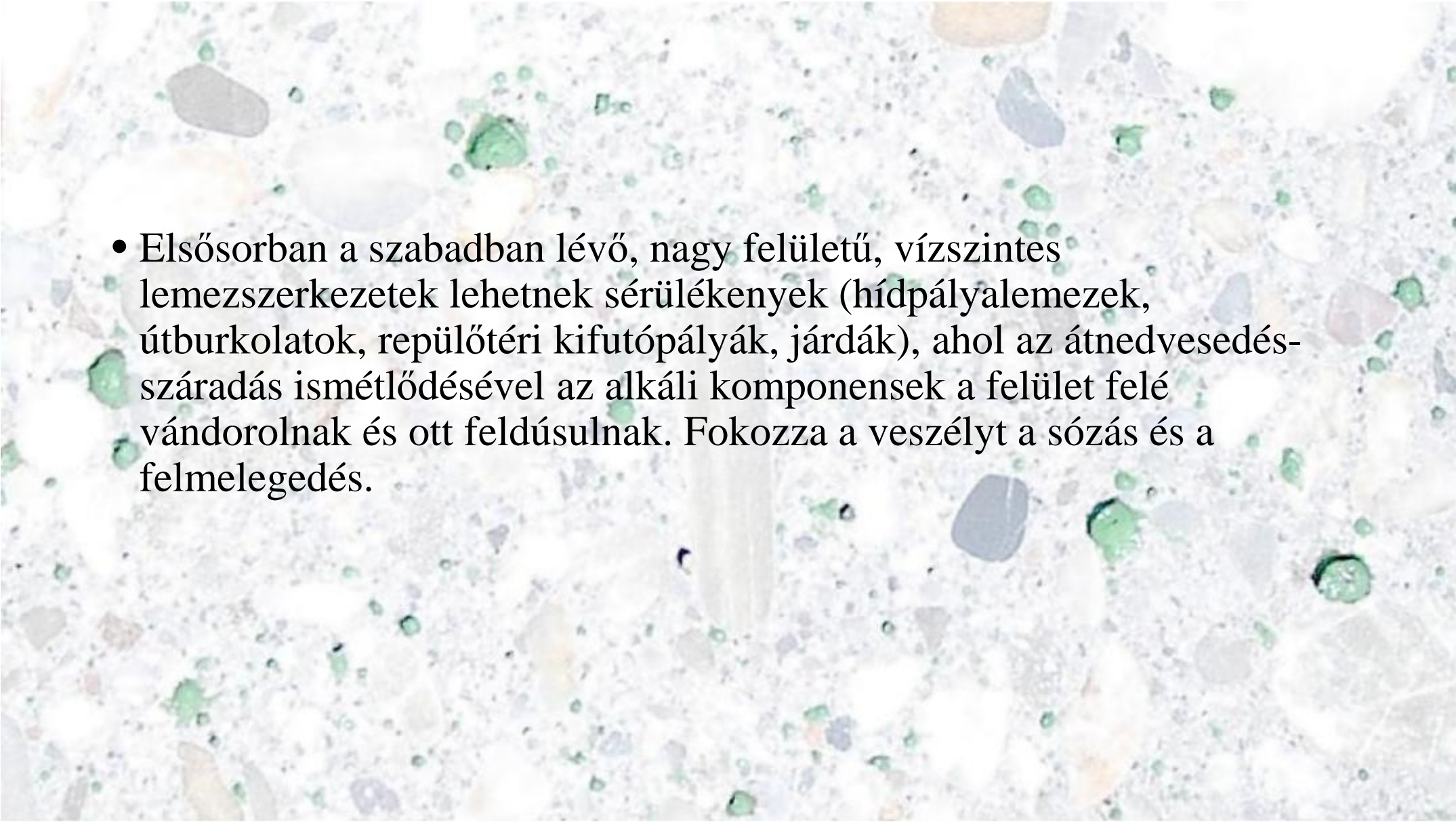


Az alkáli-kovavas reakció okozta betonkorrozó

- 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.



- 
- Alkáli-karbonát reakció: a cementből (és esetleg más forrásból) származó alkáliákkal (Na_2O és K_2O) társult hidroxil (OH^-) és hidrogén (H^+) ionoknak, valamint az adalékanyag karbonátos alkotóelemeinek a kölcsönhatásából keletkezik, amely duzzadást és az adalékanyag szemeknek a cementtel érintkező részein gyűrűképződést okoz. Lényege: a cement oldatba került alkáli tartalma reakcióba lép a *dolomittal* ($CaCO_3$, $MgCO_3$), és *brucit* $\{Mg(OH)_2\}$ és *mészkö* $\{CaCO_3\}$ képződik, majd a dolomit lebomlik és az alkáliákból vízoldható karbonát képződik, majd a reakció újra elkezdődik (autokatalízis).

- 
- A microscopic image of a concrete aggregate. The background is a light-colored, granular matrix. Scattered throughout are various colored aggregates: grey, tan, and blue-grey. Several green, circular or irregularly shaped spots are visible, which are characteristic of alkali-silica reaction products (ASR) or microsilica. These spots are often surrounded by a lighter, more crystalline material, indicating the formation of a gel or crystals that can cause expansion and cracking in concrete.
- Elsősorban a szabadban lévő, nagy felületű, vízszintes lemezszerkezetek lehetnek sérülékenyek (hídpályalemezek, útburkolatok, repülőtéri kifutópályák, járdák), ahol az átnedvesedés-száradás ismétlődésével az alkáli komponensek a felület felé vándorolnak és ott feldúsulnak. Fokozza a veszélyt a sózás és a felmelegedés.

A cementek alkáli-tartalma a *nátrium-oxid-ekvivalens* értékkel kifejezve

$$Na_2O_{ekv} = Na_2O + 0,66 \times K_2O$$

az alábbi legyen:

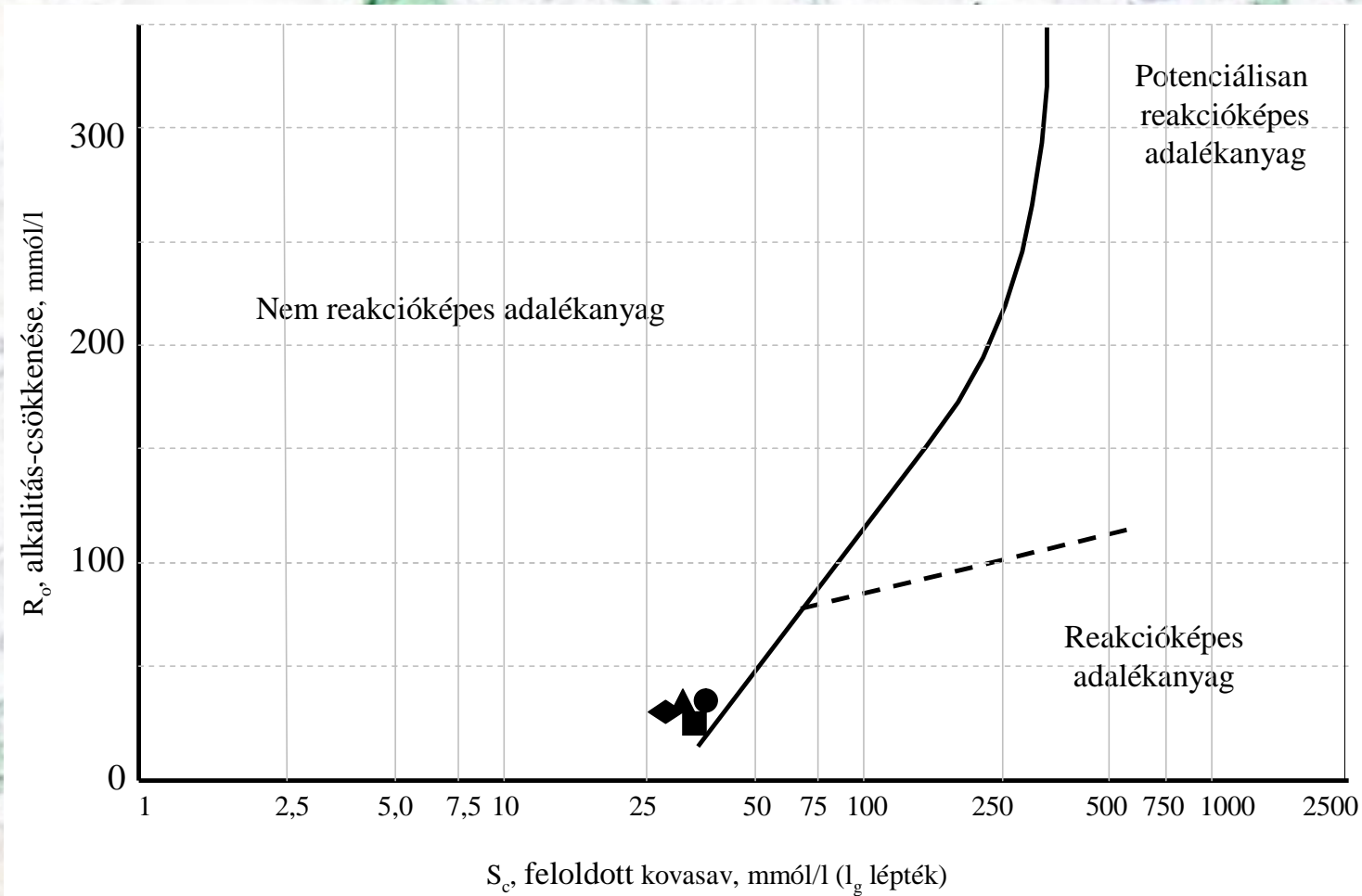
- pc, ppc és 10-30 % kohósalaktartalmú kspc: legfeljebb 0,6 %;
- 5-10 % puccolántartalmú traszpc: legfeljebb 0,8 %;
- 35-65 % kohósalaktartalmú kspc: legfeljebb 1,2 %;
- 15-20 % puccolántartalmú traszpc: legfeljebb 1,5 %;
- 66-80 % kohósalaktartalmú kspc: legfeljebb 2,0 %.

Ezzel szemben a hazai cementek nátrium-oxid-ekvivalens tartalma:

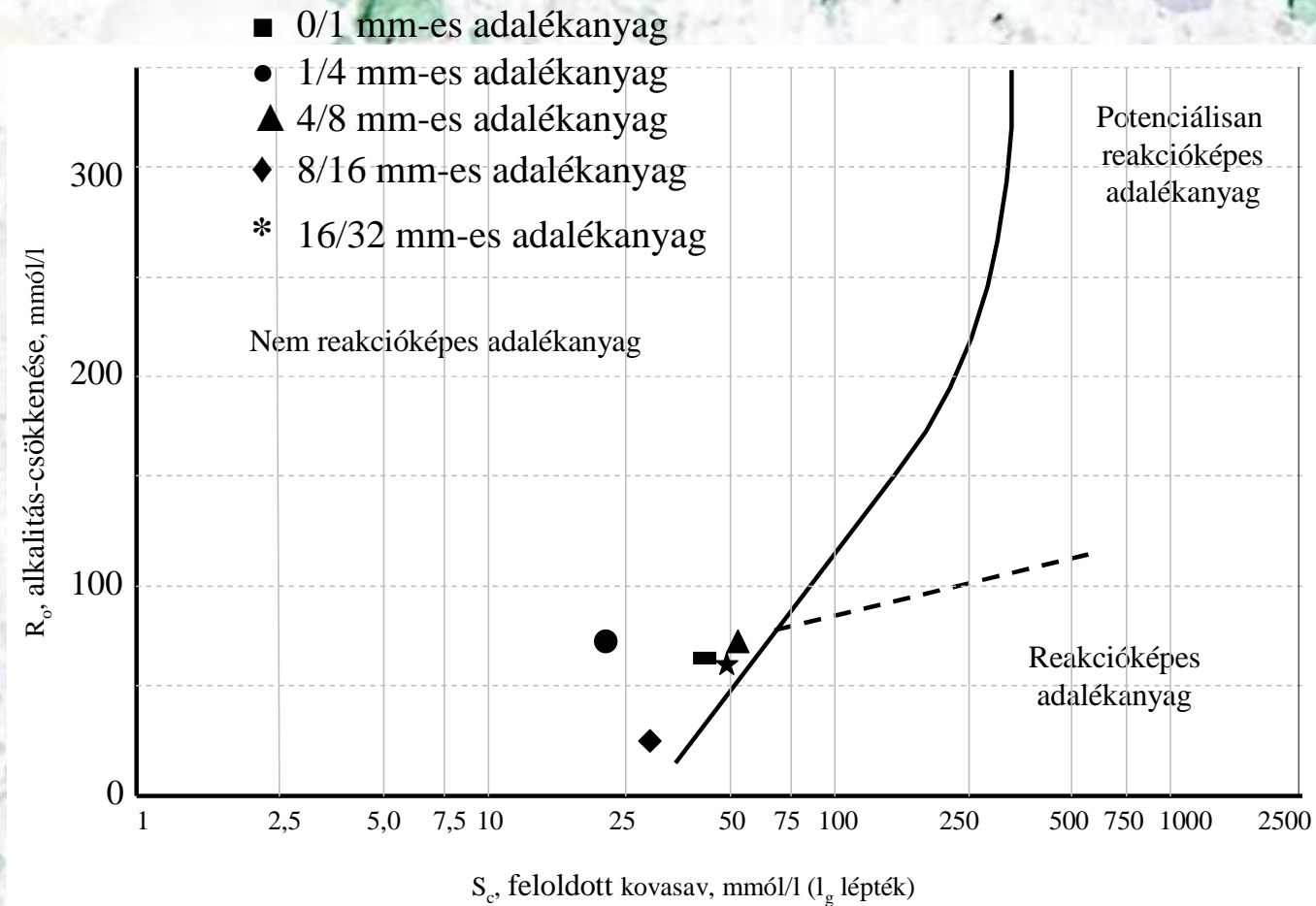
- portlandcement 0,6 – 0,8 %
- pernye-portlandcement 0,78 – 1,02 %
- kohósalak-portlandcement 0,57 – 0,79 %
- trasz-portlandcement 1,5 – 1,78 %

Nem elégítik ki az „alkáliszegény cementekre” vonatkozó követelményeket
CEM I 32,5 RS és CEM II/A-S 32,5

Adalékanyagok alkáli érzékenységeinek értékelő diagramja



Alkáli reakció érzékenység

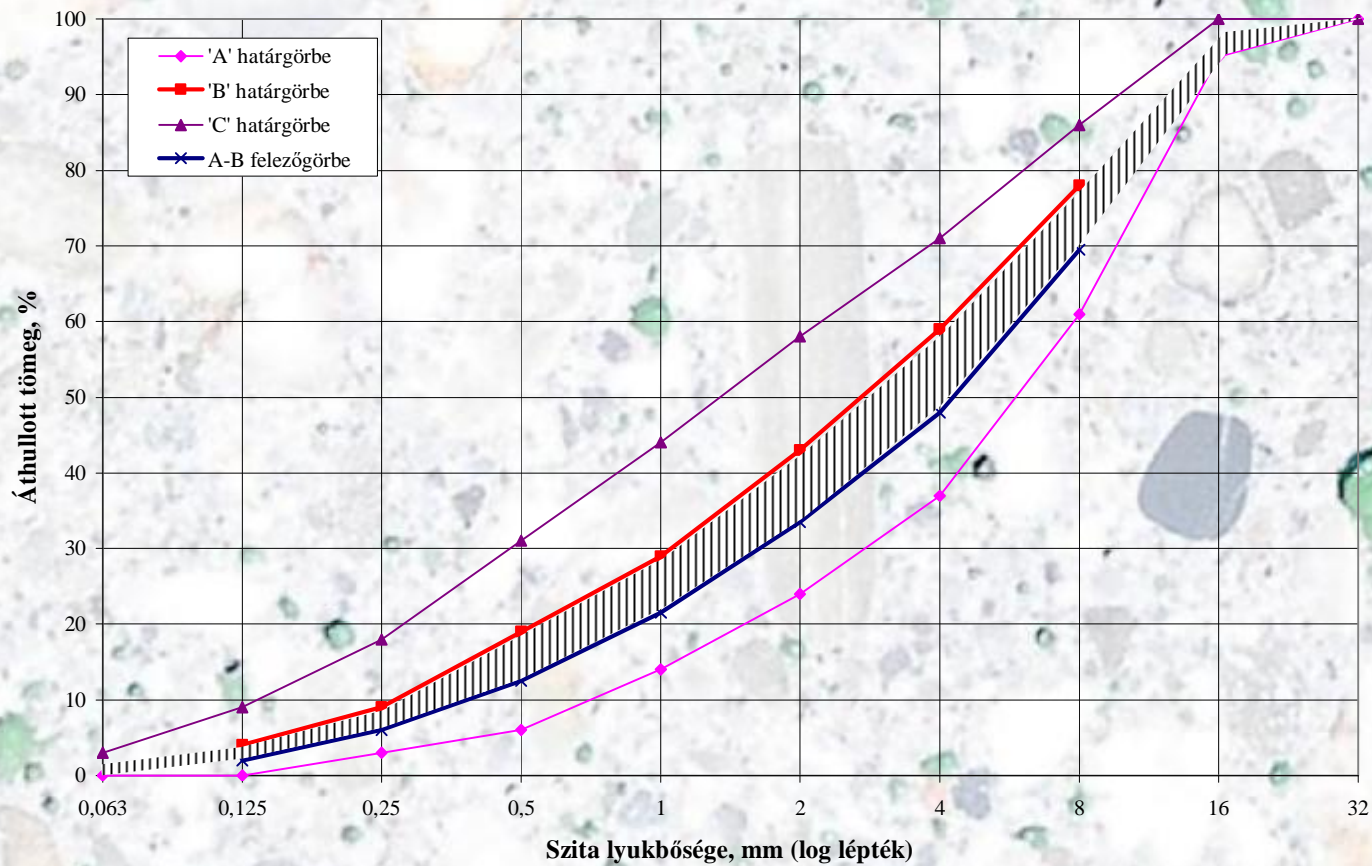


SZIVATTYÚZHATÓ BETON TECHNOLÓGIÁJA

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

Szivattyúzhatóság

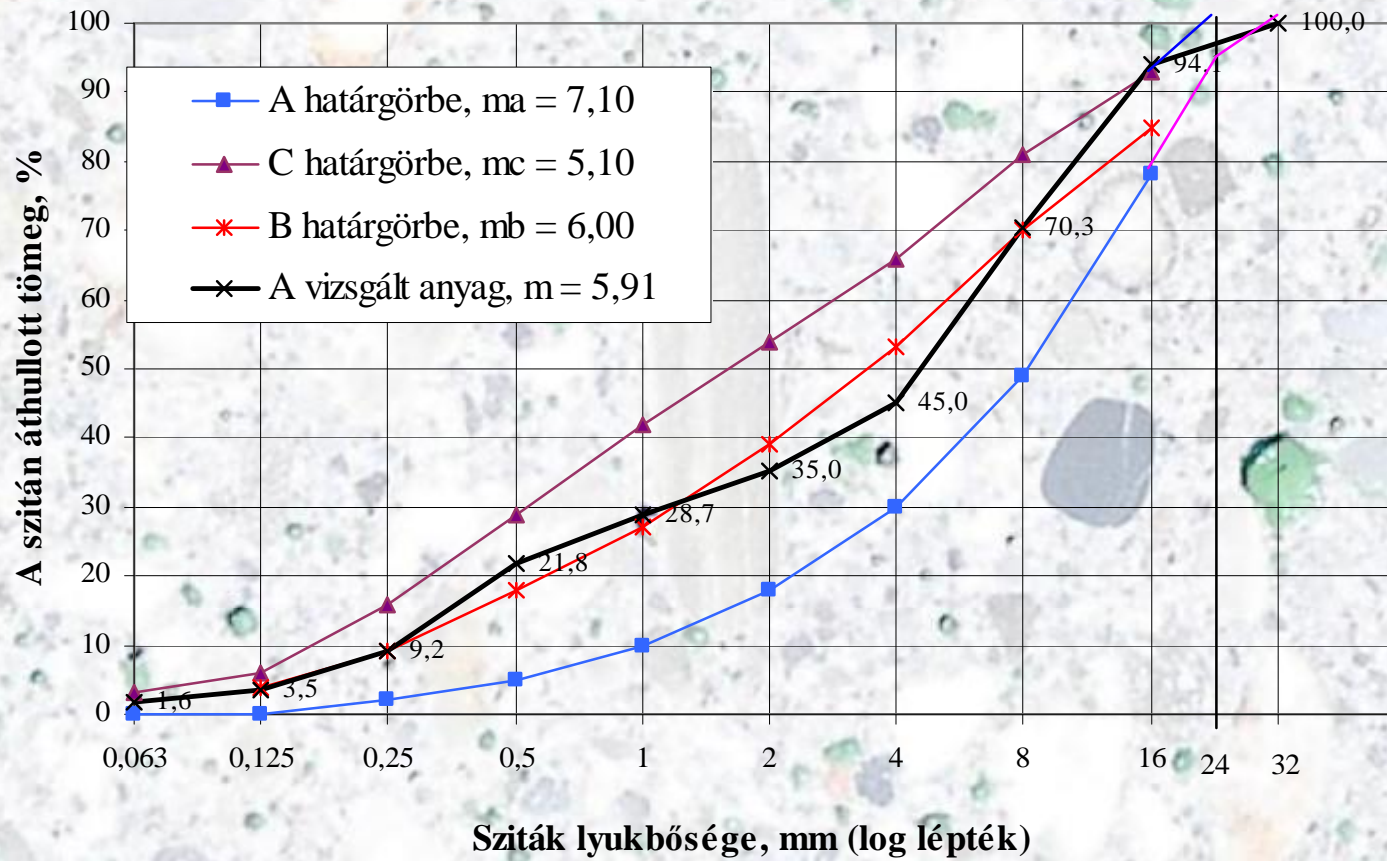
0-16 szemmegoszlás határgörbei



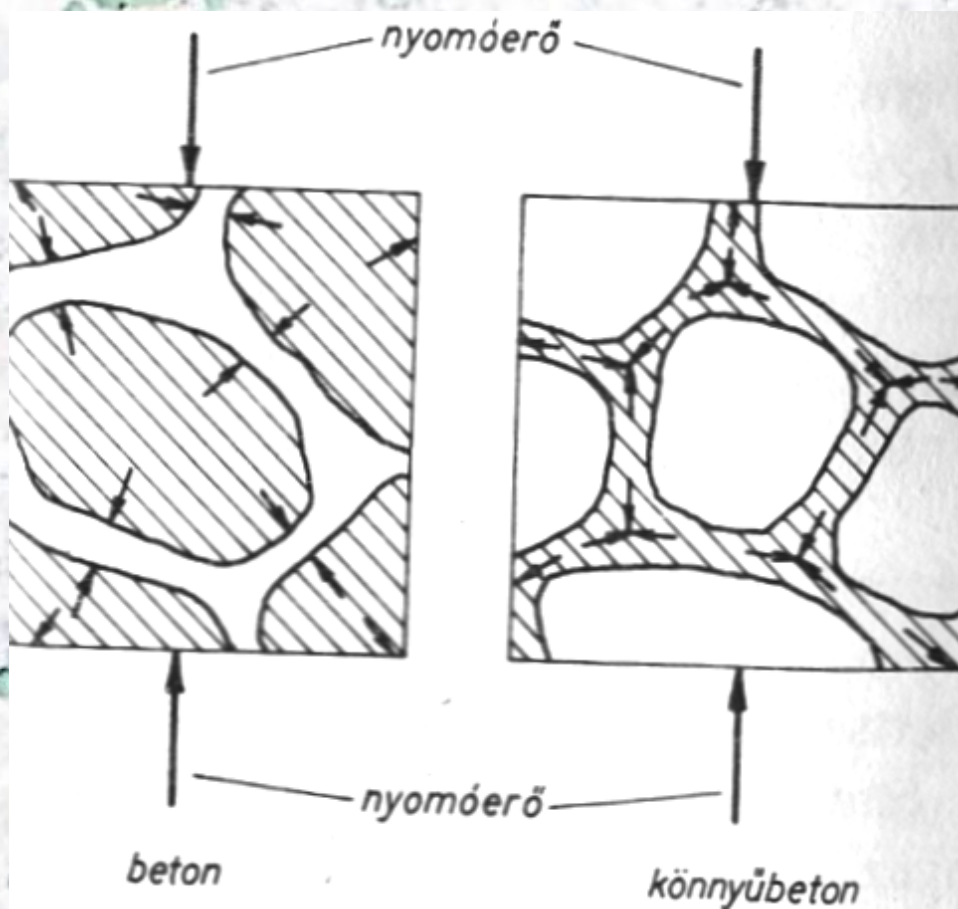
SZEMMEGOSZLÁSI GÖRBE

$d_{max}=24$ mm

Adalékanyag szemmegoszlási diagramja



Erőátadódás

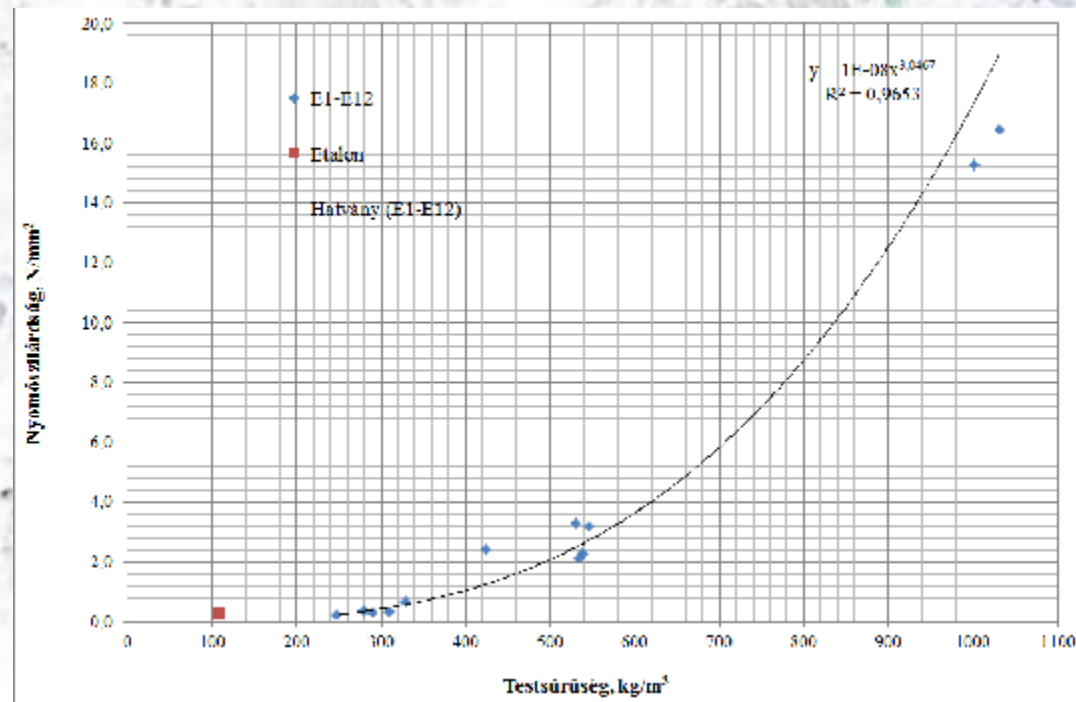


Adalékanyagok szilárdsága, repedezettsége

Nagy szilárdságú betonok: D_{\max} csökkenteni kell

Pl. Megyeri hídnál: 5 mm

Könnyű betonok



Megyeri híd, diafragmák megerősítése



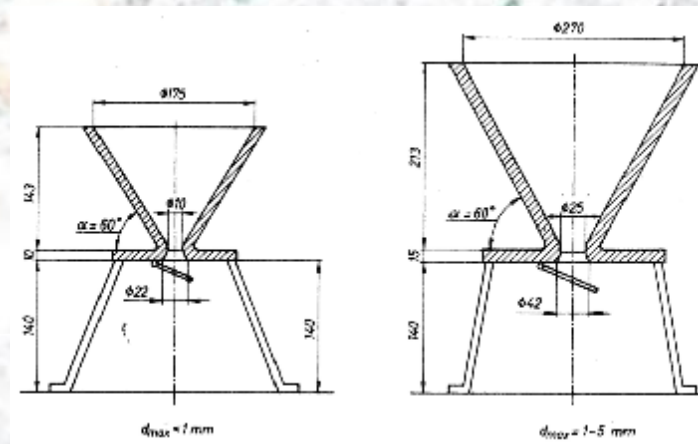
Megerősítés



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

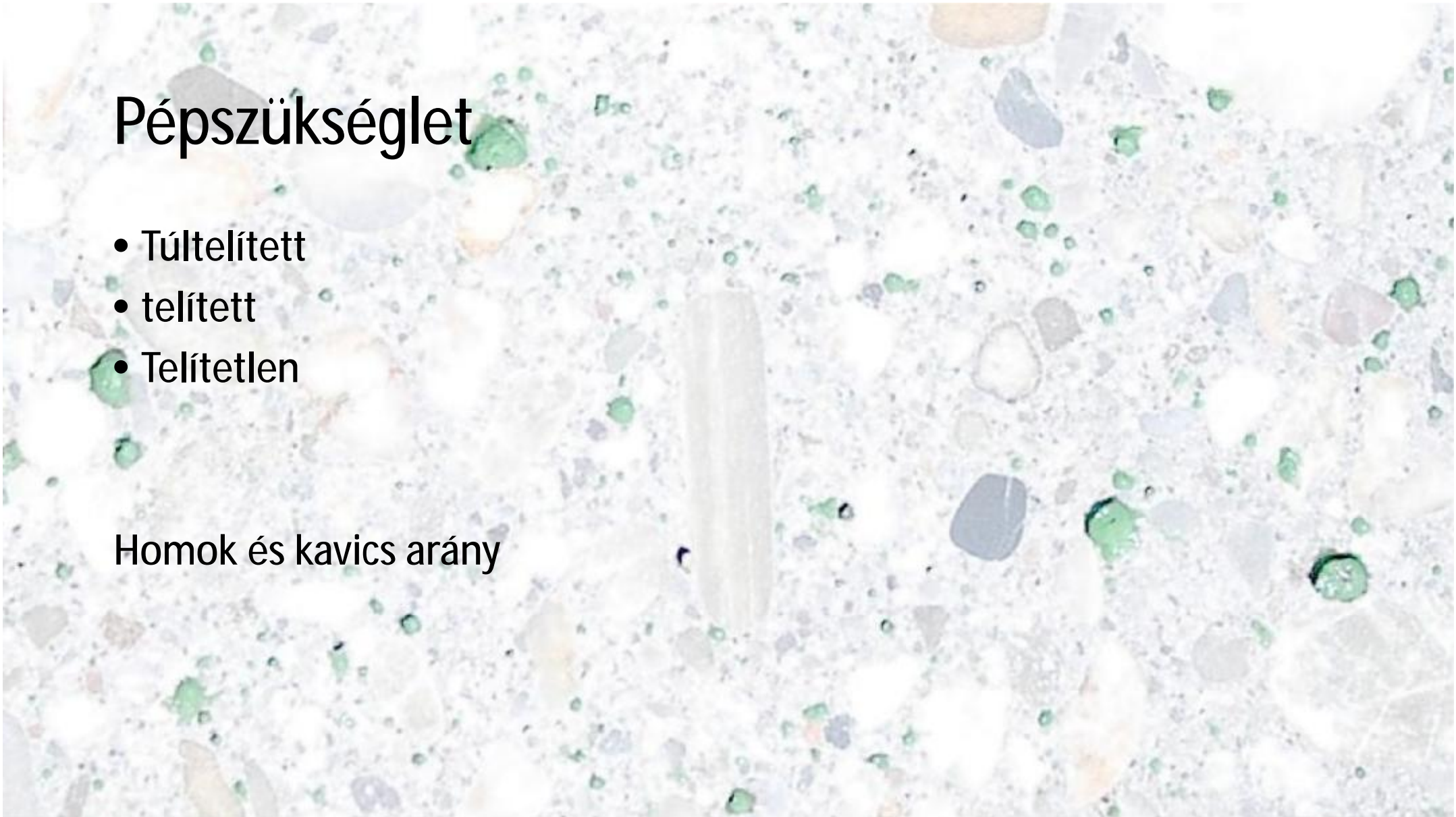
Vízfelvétel, fagyállóság

- homokos kavicsnak nincs vízfelvétele bazaltnak van
- ha van az adalékanyagok vízfelvétele, akkor az belső utókezelési lehetőséget jelent, de kültéri szerkezeten nem ajánlott
- maximális vízfelvétel, ami felett már nem fagyálló a beton: 5-6%

Pépszükséglet

- Túltelített
- telített
- Telítetlen

Homok és kavics arány

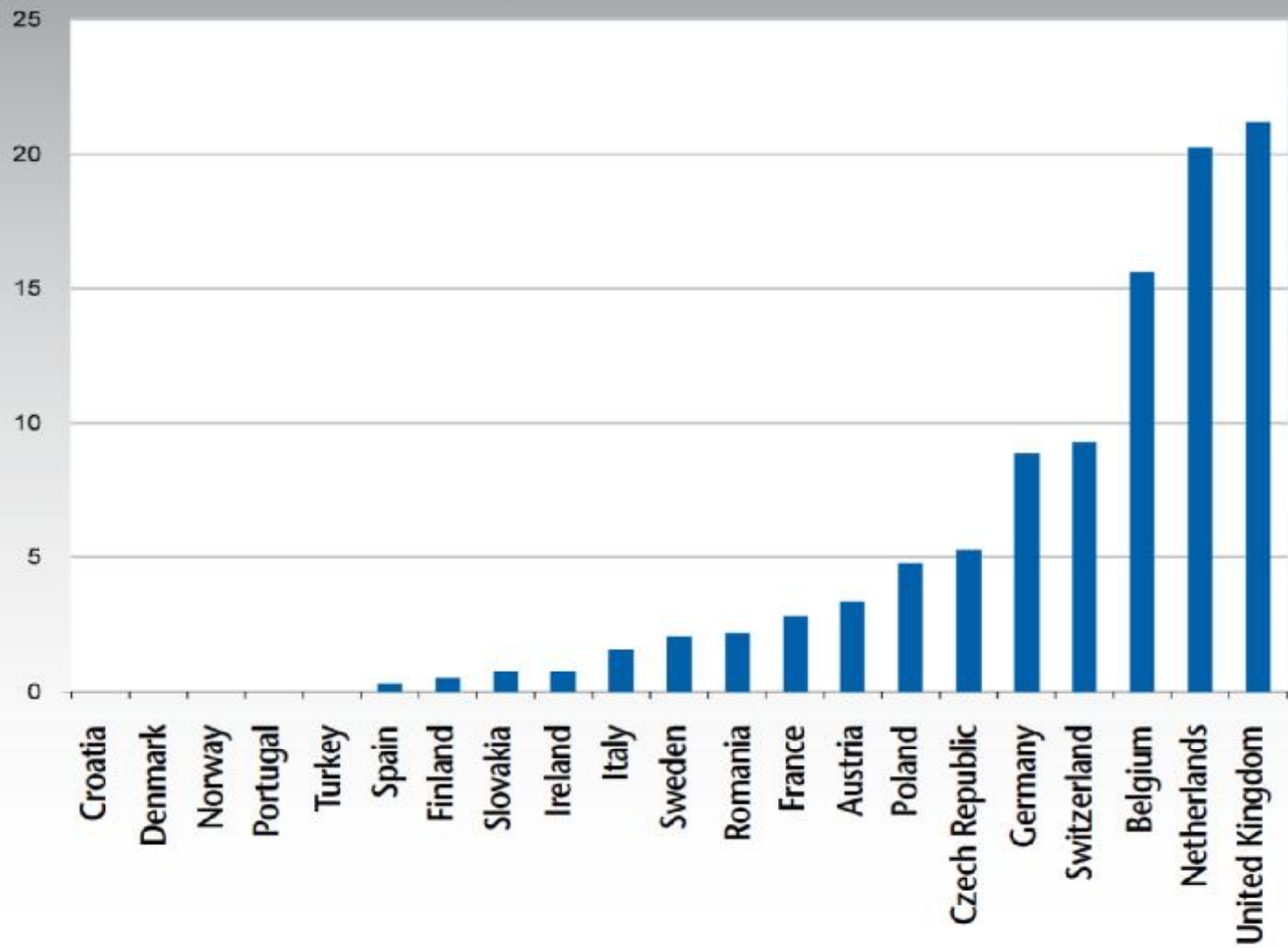


Hézagterfogat meghatározása

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.

% Recycled Aggregate of Total Aggregate Use



Source: UEPG 2005 and 2006 statistics published 2008

KEVERŐVÍZ

Ha a felhasznált visszanyert víz ivóvíz eredetű víz



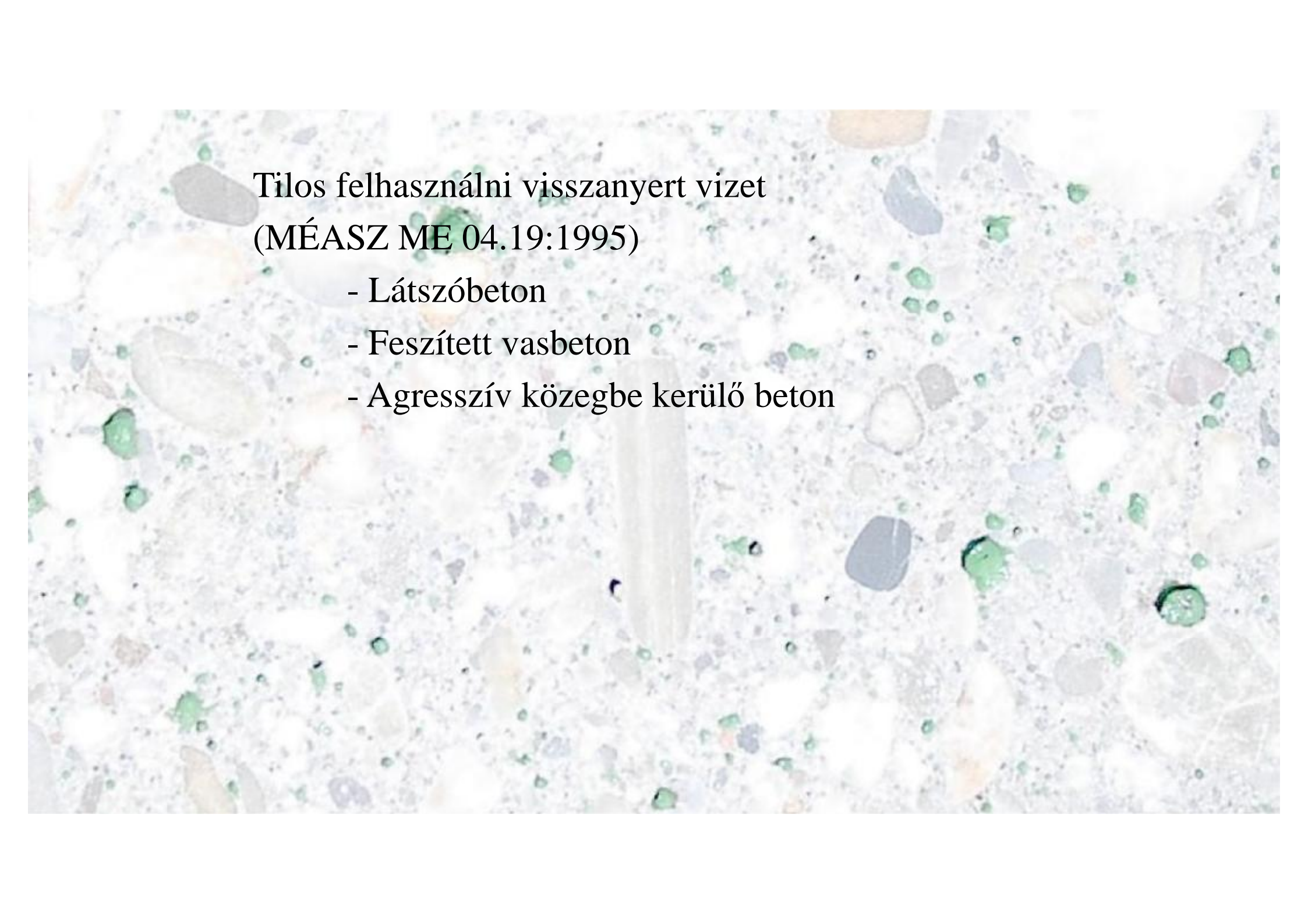
Szilárdtest
Olaj és zsír
Tisztítószer
Lebegőanyag
Humusztartalom
Szag
Kémhatás
Cementpép kötéseideje

Ha a felhasznált visszanyert víz ivóvíz és egyéb eredetű víz



← Ezeken kívül még:

Klorid
Szulfát
Alkáli
Cukor
Foszfát
Nitrát
Ólom
Cink

A microscopic image of a concrete cross-section. The matrix is light grey and porous. Numerous small, bright green, circular and irregular spots are scattered throughout, representing corrosion products. A vertical, translucent, cylindrical object is visible in the center, likely a steel reinforcement bar. The overall appearance is that of a concrete specimen that has been subjected to a corrosive environment.


Tilos felhasználni visszanyert vizet
(MÉASZ ME 04.19:1995)

- Látszóbeton
- Feszített vasbeton
- Agresszív közegbe kerülő beton

Bontott Beton vizsgálatai

- Karbonátosodás
- Kloridion tartalom
- Aprózódási vizsgálat (LOS ANGELES)
- Fagyállósági
- Vízfelvétel



A microscopic image showing a complex biological structure. The background is a light, granular matrix. Scattered throughout are numerous small, dark green, circular or oval structures. Larger, more prominent structures in shades of grey, blue, and brown are also visible. A single, elongated, light-colored structure is positioned vertically in the center of the frame. The overall appearance suggests a cross-section of a biological tissue or a specific cellular component.

Köszönöm a figyelmet

Speciális adalékszerek, tömítőanyagok hatása a beton tulajdonságaira

Dr. Salem Georges Nehme

Egyetemi docens

Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Zsugorodás típusai

- *Plasztikus zsugorodása:* a beton korai állapotában következik be, ahogy a megnevezése is elárulja, addig lehet számítani a megjelenésére, amíg a beton még plasztikusnak mondható.
- *Kémiai zsugorodás:* a kötési folyamat lejátszódása során következik be, tehát a plasztikus szakaszban. Oka, hogy a hidráttermék térfogata kisebb, mint a kiindulási anyagé. Csökkentése betontechnológiai feladat.
- *Száradási zsugorodás:* kb. a beton 1 napos korától kezdődik és időben elnyúlik- általában mondható, hogy a száradási zsugorodásból bekövetkező hosszváltozás túlnyomó része 1 éves korig lejátszódik.

Zsugorodás

Anyag:

- Cement fajta és tartalom (fajlagos felület, CEM III)
- Adalékanyag fajta
- Homoktartalom (szemeloszlás)
- v/c tényező
- Pép tartalom

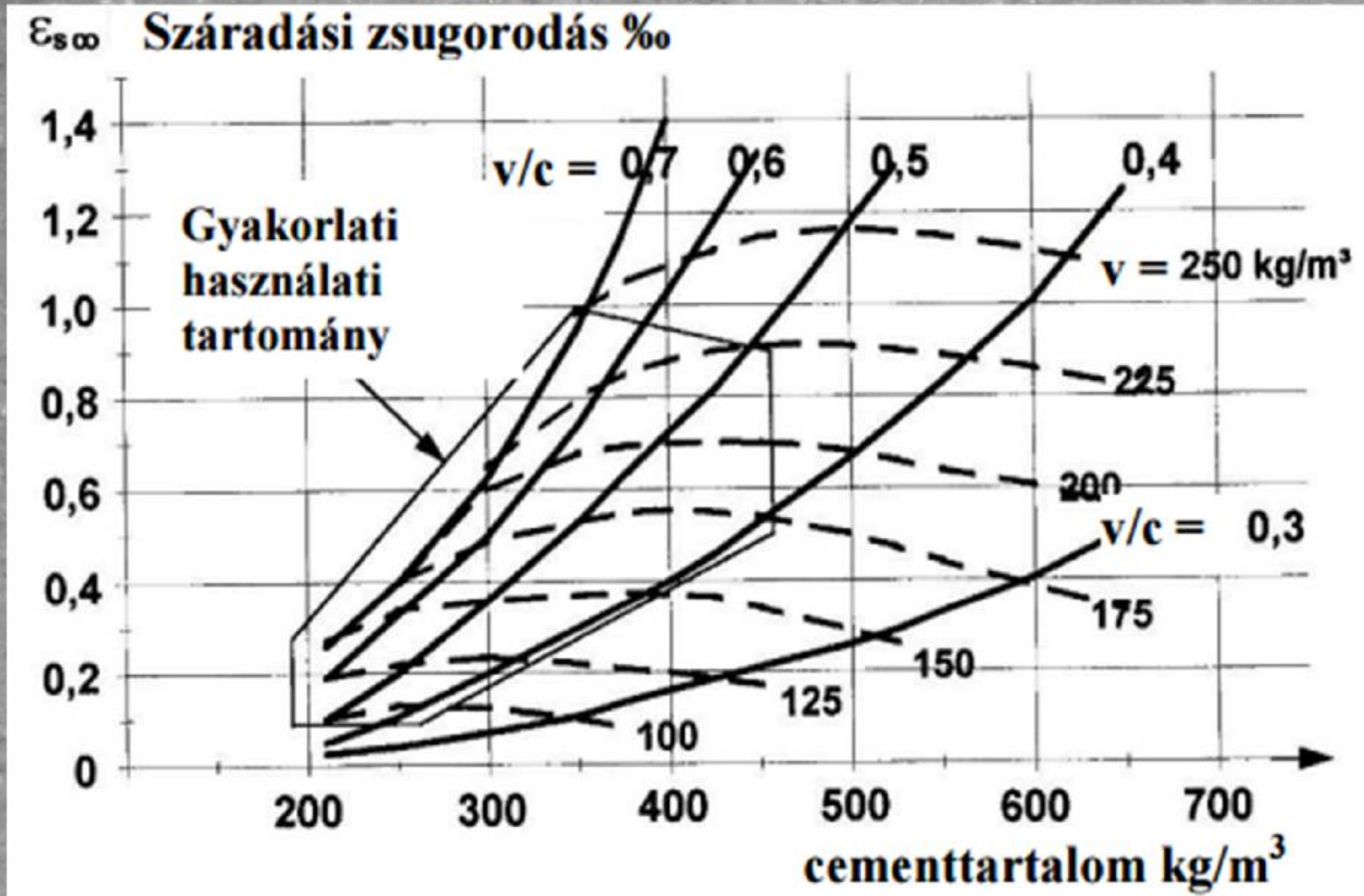


Utókezelés:

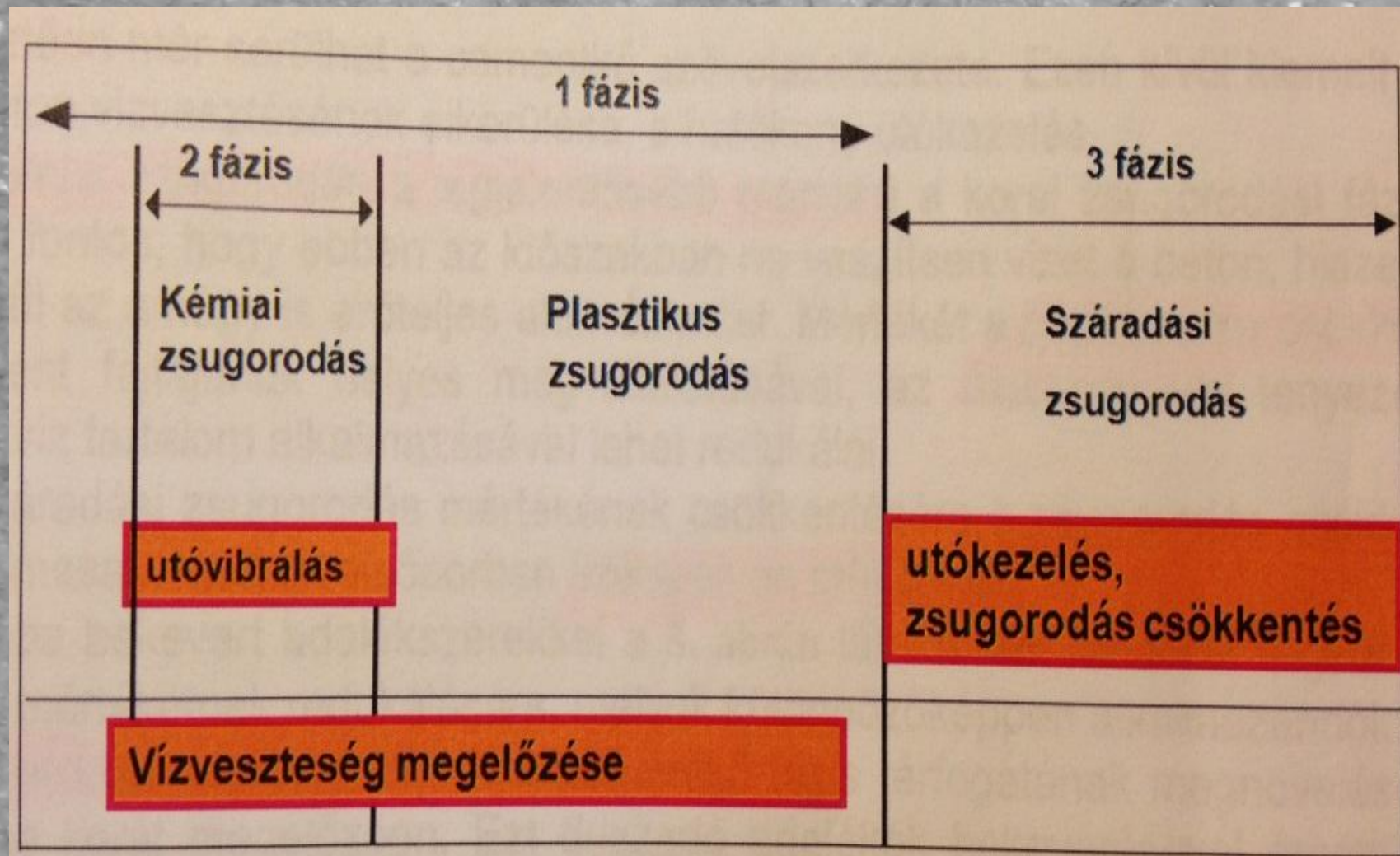
- Gyors száradás
- Tárolás módja

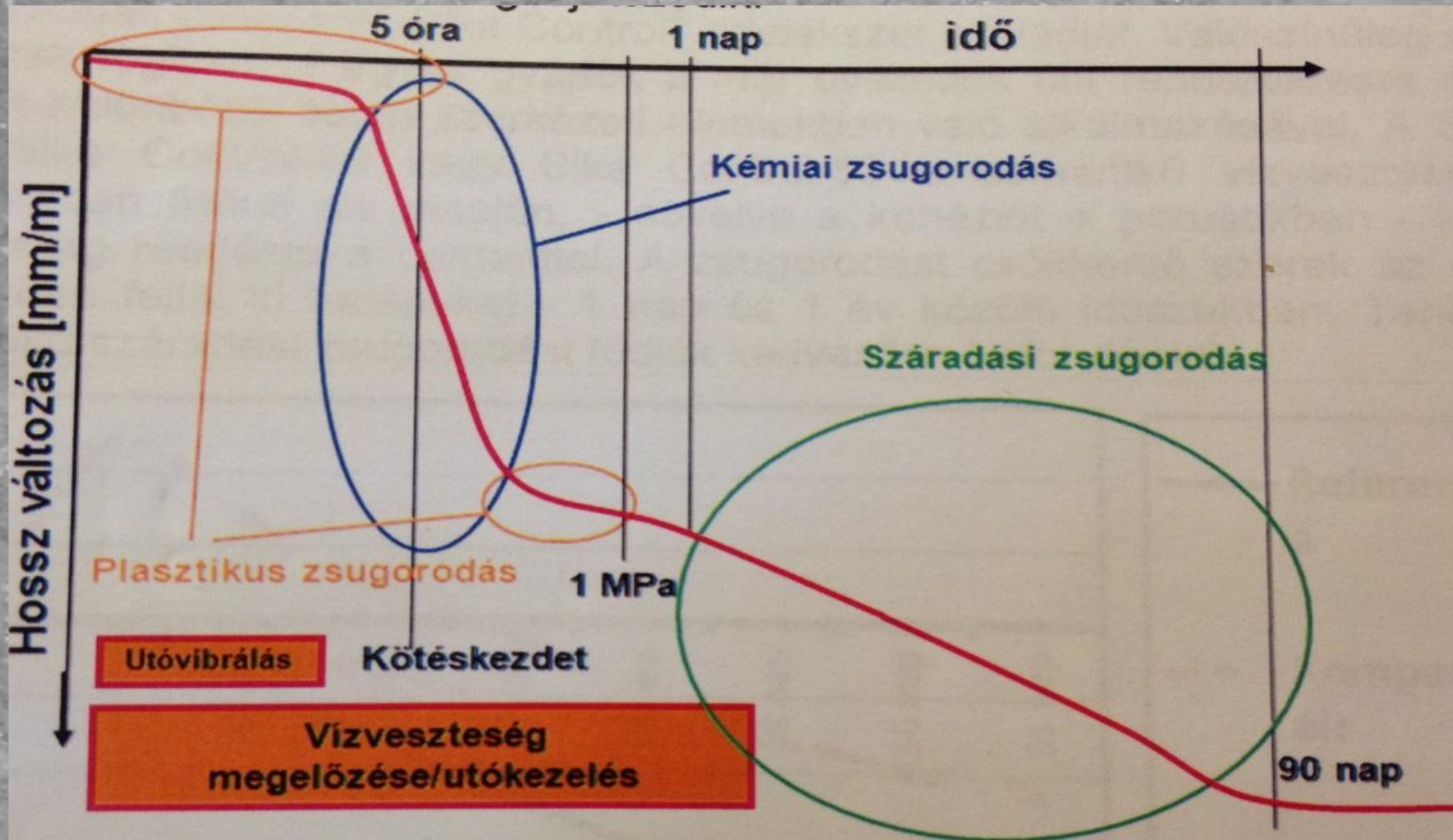
Hidratáció

Zsugorodás



Zsugorodás fázisai





Zsugorodás

Anyag:

- Cement fajta és tartalom (fajlagos felület, CEM III)
- Adalékanyag fajta
- Homoktartalom (szemeloszlás)
- v/c tényező
- Pép tartalom

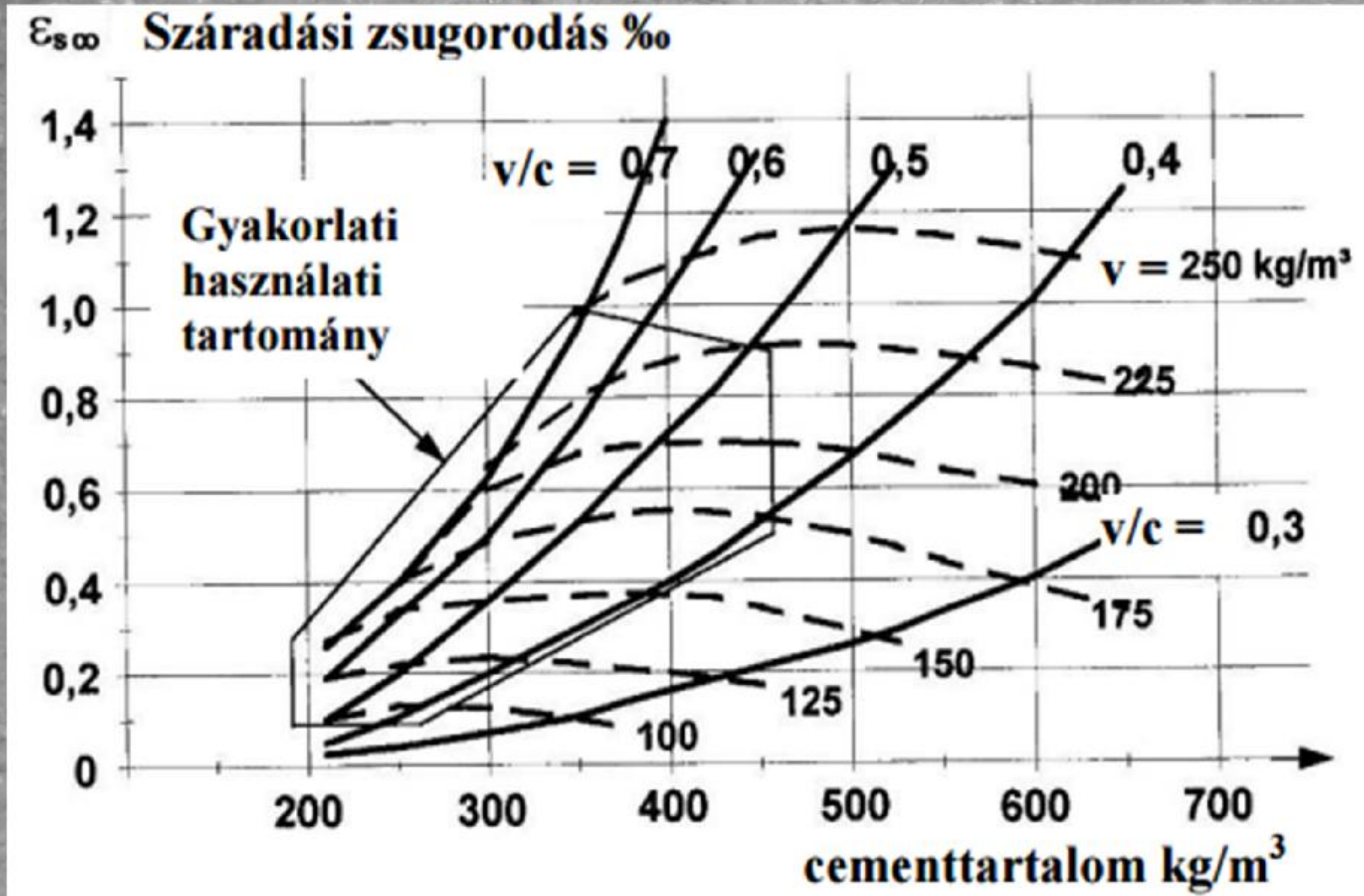


Utókezelés:

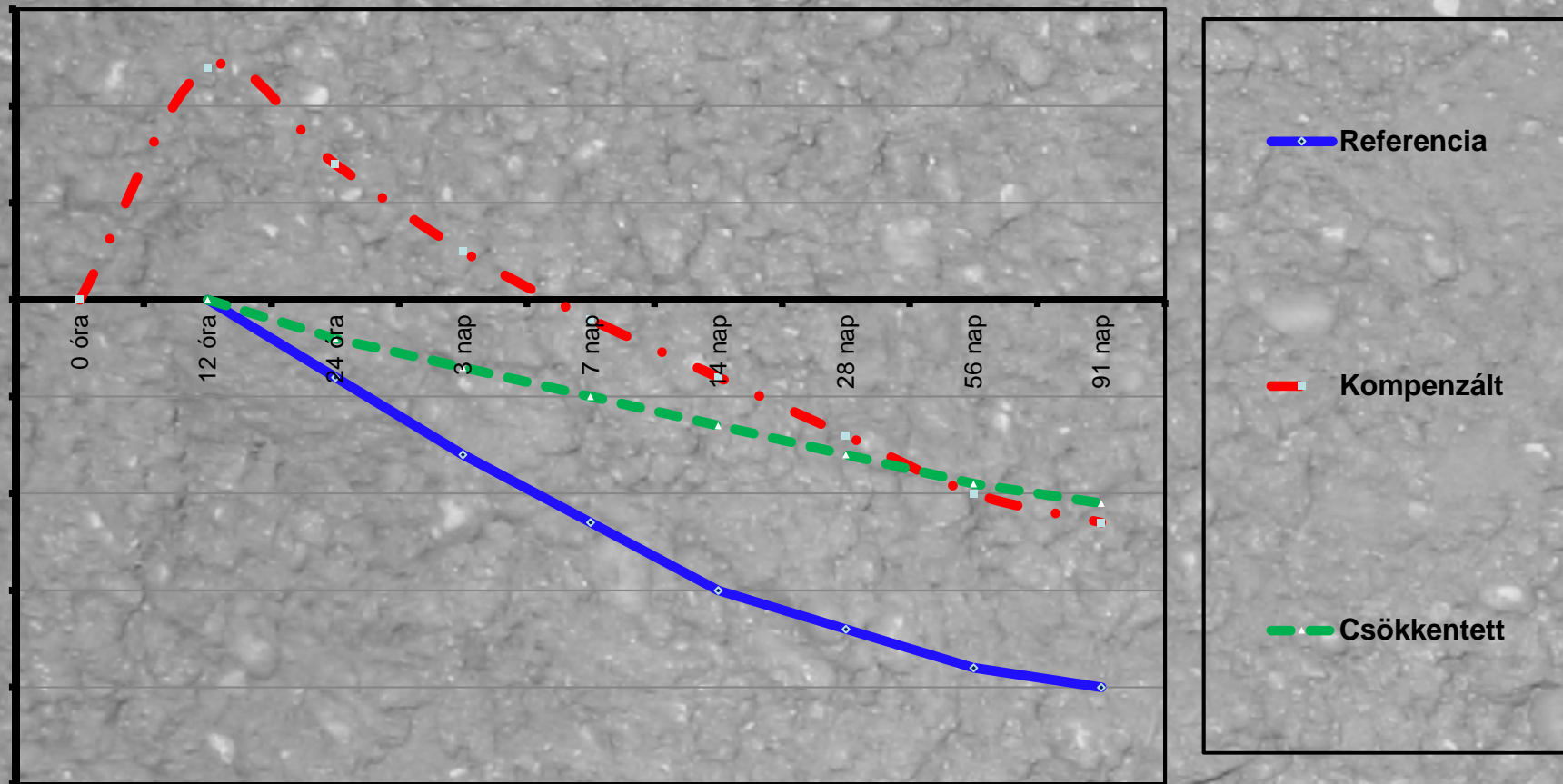
- Gyors száradás
- Tárolás módja

Hidratáció

Zsugorodás



Zsugorodás csökkentő és kompenzáló időbeni hatása



Tömítőanyagok

A kristályos tömítő adalékszerek előnyei a hidrofób pórustömítőkkel szemben:

- lehetővé teszi a beton légzését és a pára kiáramlását a szerkezetből,
- nagy teljesítményű vízzáró termék, amely akár 16 bar hidrosztatikai nyomásnak is ellenáll,
- nem befolyásolja (inkább csak javítja) a beton hőállóságát,
- nincs káros hatással a beton hidratációs folyamatára,
- növeli a beton öngyógyító képességét,
- növeli a beton nyomószilárdságát,
- nem befolyásolja a szükséges betonacél mennyiségét,
- megfelelő mennyiségben alkalmazva nem befolyásolja a beton kötésejét,
- védelmet biztosít a vegyszerekkel, a karbonizációval, a kloridokkal, stb. szemben,
- nincs káros hatással a munkahézagok minőségére,
- kis mennyiségben adagolva is hatásos,
- gazdaságos megoldás,
- kis szilárdságú betonon is nagyon hatékony,
- a beton teljes élettartama során meggyógyítja a 0,40 mm-es vagy nagyobb repedéseket,
- akár évekkel később is képes reakcióba lépni, és eltömíteni az új repedéseket.



Köszönöm a figyelmet

Kiegészítőanyagok

Dr. Salem Georges Nehme

Egyetemi docens

Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

I. típusú: Inert anyagok

Közömbös anyagoknak nevezzük, amelyek, az adott feltételek között a betont **alkotóanyagaival** nem lépnek kémiai reakcióba, csupán töltőanyagként működnek. Ide tartozik például a kvarcliszt, a mészkőliszt vagy a pigmentek. Természetesen nem nanotechnológiával gyártott anyagokról van szó.

II. típusú: Puccolános tulajdonságú anyagok

A puccolános anyagokat eredetük szerint két nagy csoportba oszthatjuk: természetes puccolánok, és gyártási melléktermékek. A puccolános anyagok aktív komponensei eltérőek.

A puccolános (pl. trasz) vagy látens hidraulikus (pl. pernye, szilikapor, kohósalak, metakaolin), amelyek különböző mértékben reakcióba is léphetnek

Puccolánok és aktív komponenseik

Kategória	Tipikus anyagok	Aktív komponens
Természetes anyagok	vulkáni hamu	alumínium-szilikát
	horzsakő	alumínium-szilikát
	kovaföld	amorf hidratált szilika
Melléktermékek	pernye	alumínium-szilikát kalcium- alumínium-szilikát
	szilikapor	amorf szilika
	rizs hántolatlan hamu	amorf szilika
		amorf alumínium- szilikát

Puccolános reakció

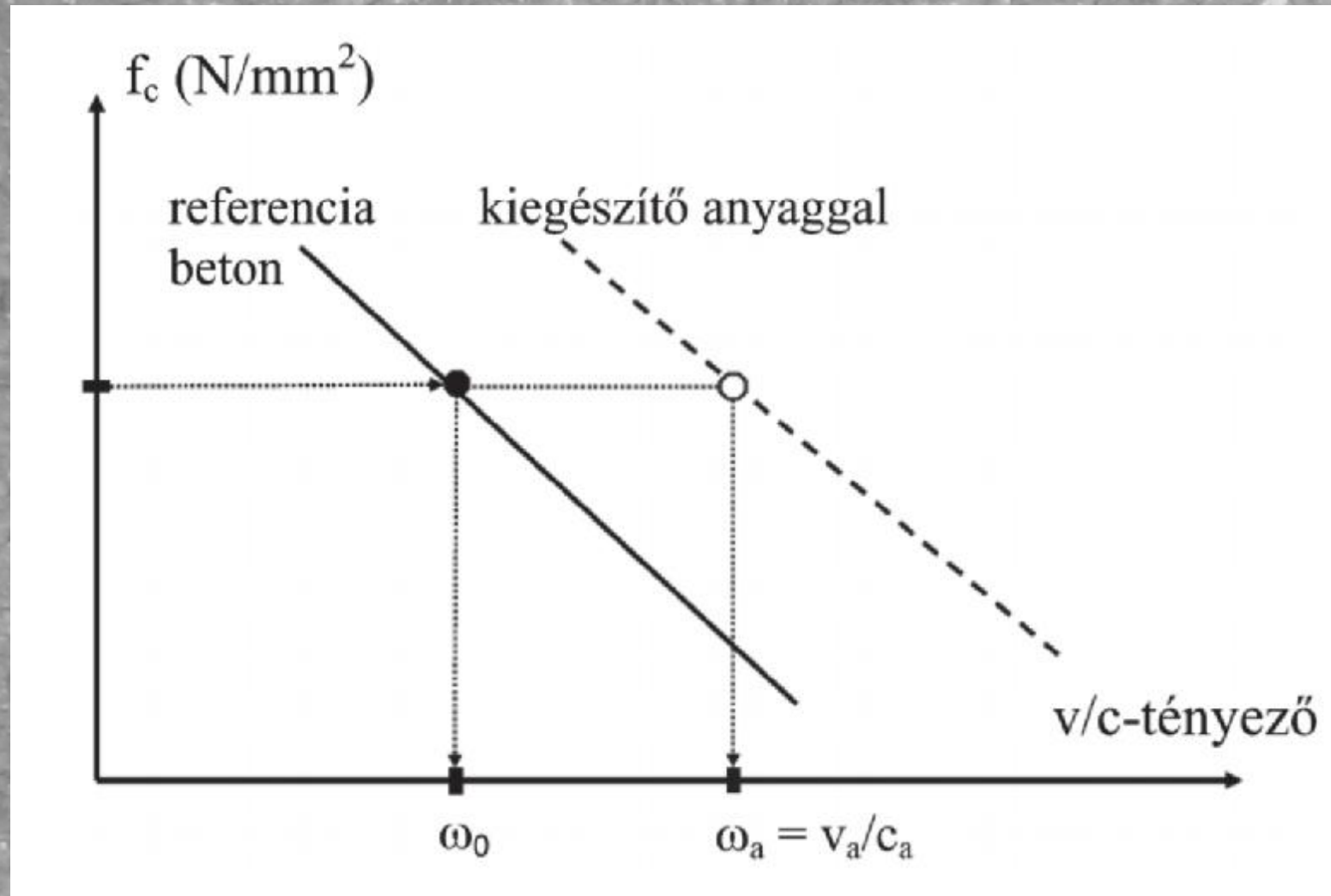
- A puccolános reakció során a kiegészítőanyagban található szilika kémiai reakcióba lép a kalcium-szilikátok hidratációja során létrejövő CH - dal. Ez a következő egyszerűsített egyenlettel írható le.



Tulajdonságok

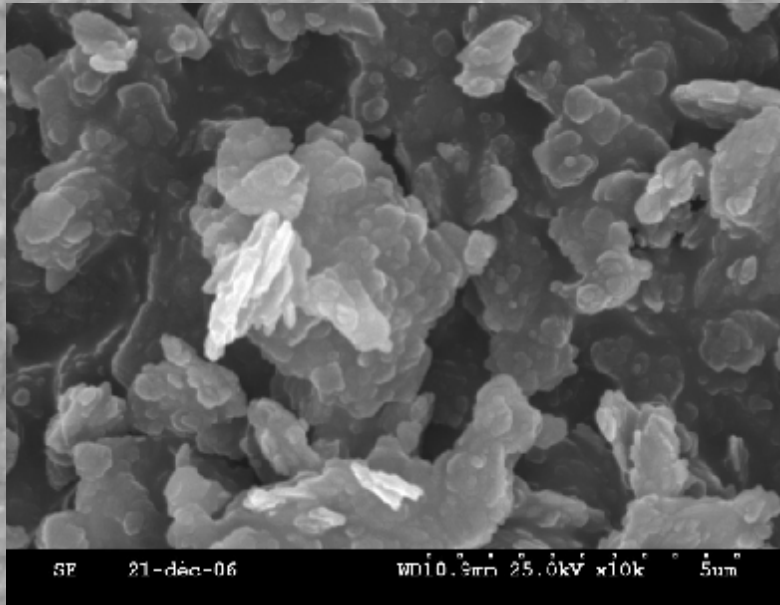
Puccolános tulajdonságú anyag	Elhasznált Ca(OH)_2 grammonként
	(mg)
Kohósalak	40
Szilikapor	400
Pernye	500 - 850
Metakaolin	1000

Kiegészítőanyagok hatása a beton nyomószilárdságra (séma)



Metakaolin

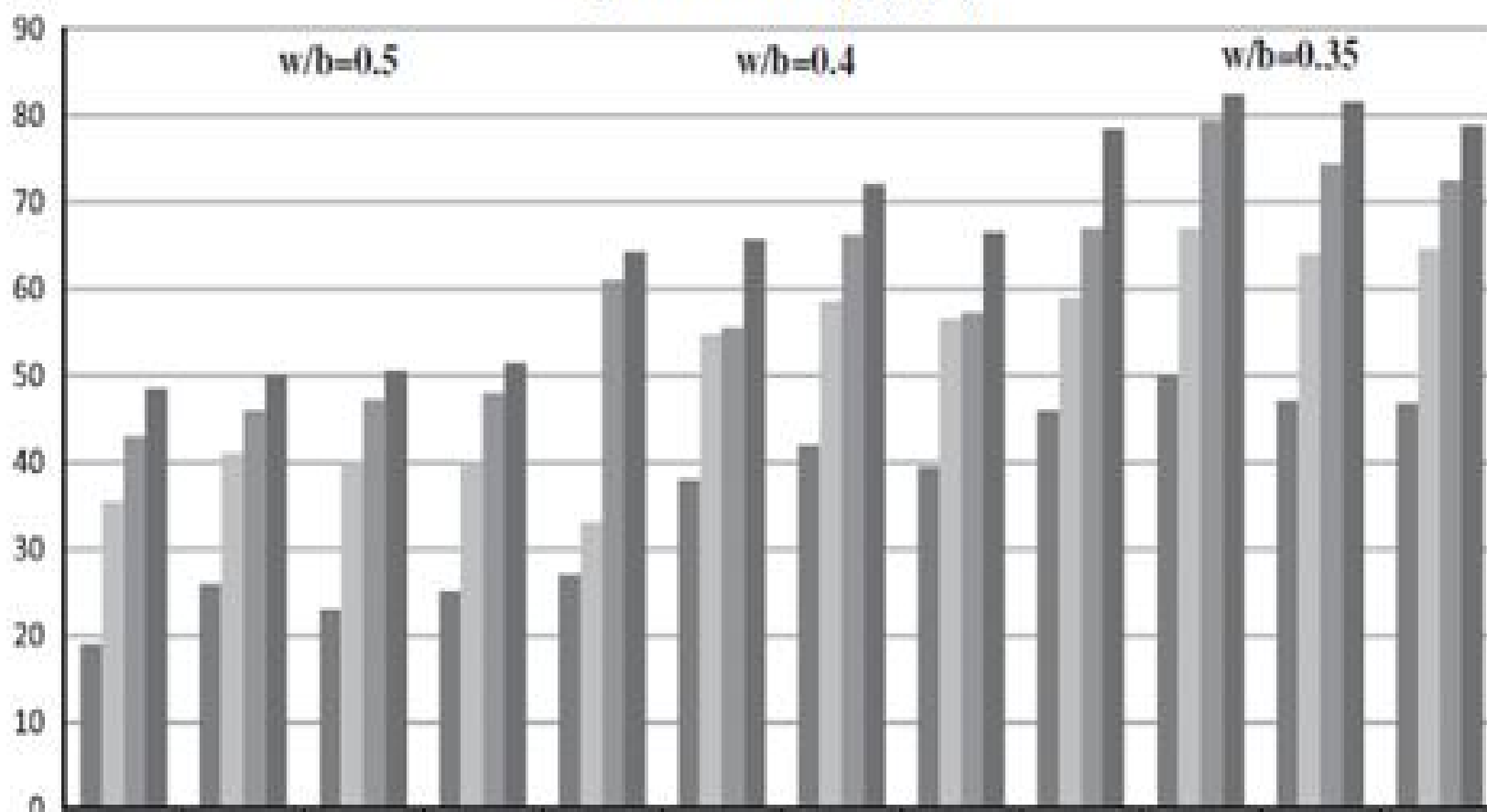
- A kaolin a kerámia és a tűzállóanyag-gyártás nyersanyaga. A metakaolin lehet gyártási melléktermék, például a téglagyártás során az elégtelen égetésből származó veszteség, de előállítható közvetlenül is.



A kinyerése 650-800 °C között történik kaolinit tartalmú agyag kalcinálásával. Fűtés során az agyagásványok viselkedése függ szerkezetüktől, kristályok méretétől és kristályossági fokuktól. 100 °C felett eltávozik az adszorbeált víz nagyrésze, míg 500 °C felett kaolinit bomlani kezd. Korábban úgy vélték, hogy az amorf alumínium és szilícium-dioxid keveréke, a vizsgálatok azonban mostanra kimutatták, hogy rendelkeznek néhány meghatározott struktúrával. Ennek megfelelően utal már a jelenlegi gyakorlat erre az anyagra metakaolinként.

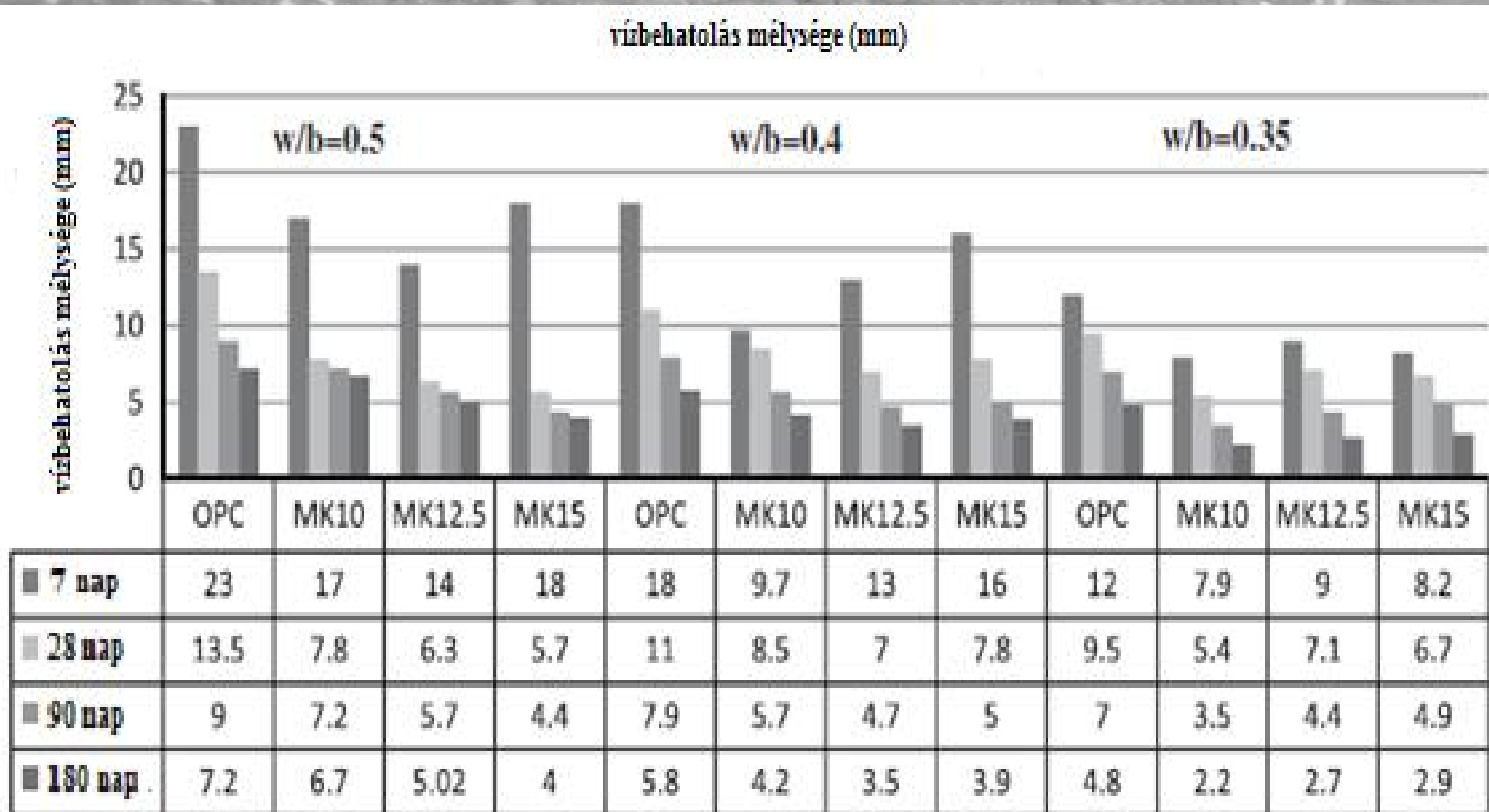
Túlfűtés esetén, ~ 900 °C-on, a reakció tovább folytatódik, míg a végtermék szabad szilícium-dioxid és mullit lesz

Nyomószilárdság (Mpa)



	w/b=0.5				w/b=0.4				w/b=0.35			
	OPC	MK10	MK12.5	MK15	OPC	MK10	MK12.5	MK15	OPC	MK10	MK12.5	MK15
■ 7 nap	19	26	23	25.1	27	38	42	39.5	46	50	47	46.8
■ 28 nap	35.5	41	40	40	33	54.8	58.5	56.5	59	67	64	64.6
■ 90 nap	43	46	47.2	48	61	55.5	66.3	57.3	67	79.5	74.5	72.5
■ 180 nap	48.5	50	50.5	51.5	64.3	65.8	72	66.5	78.5	82.5	81.6	78.9

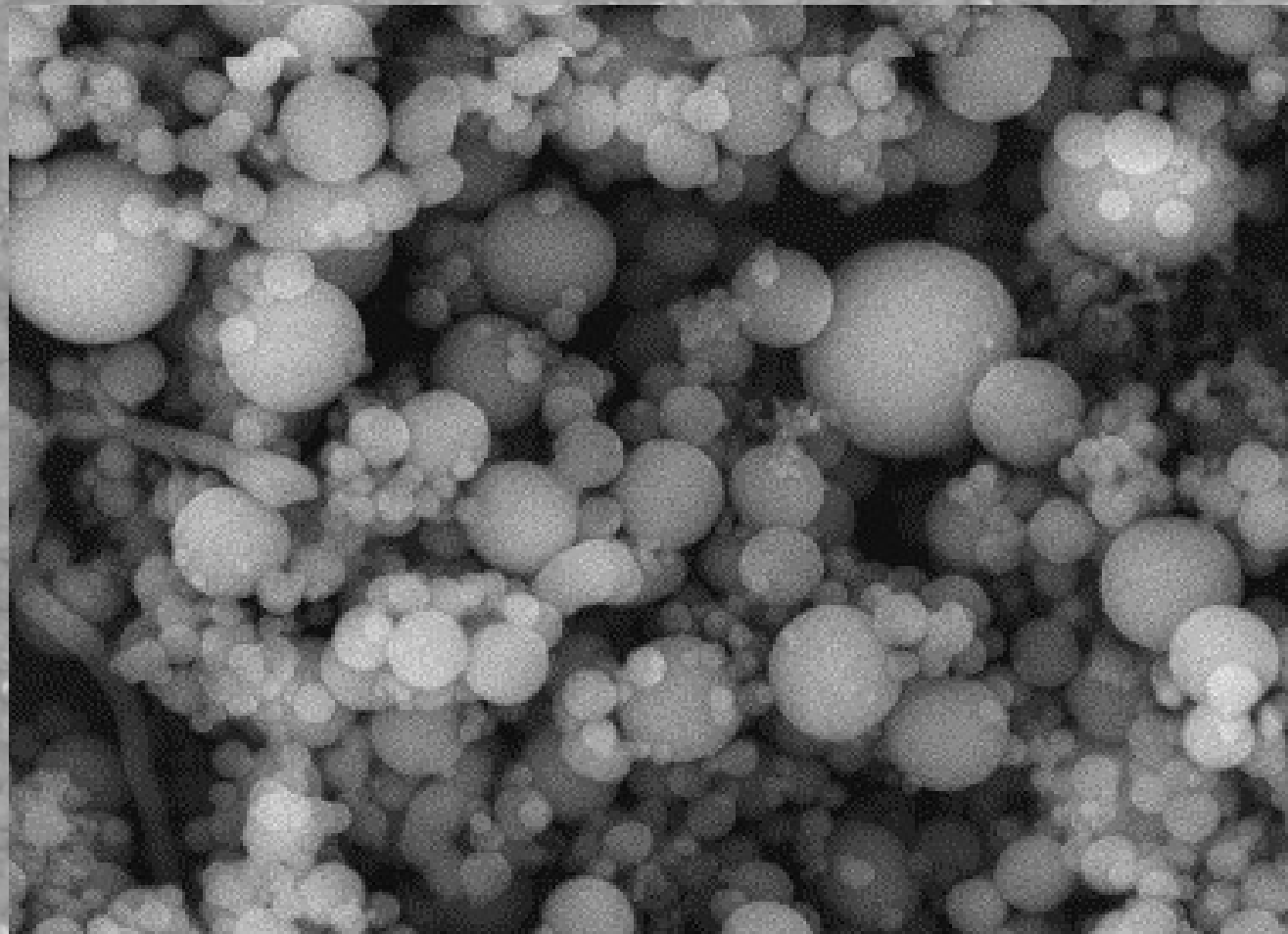
Vízbehatolás



Szilikapor

- Szilícium, ferroszilícium és egyéb fémötvözetek gyártása során keletkező melléktermék, melynek nagy a SiO_2 tartalma. A gyűjtését először 1947-ben kezdtél meg Norvégiában az egészségre káros hatásai miatt. Az első szilikaporral foglalkozó betonszabvány szintén Norvégiában került bevezetésre 1976-ban

- A különböző igényeknek megfelelő betonokhoz más és más, az általános a cement tömegére vonatkoztatva: normál betonokhoz 4-7 %, nagy teljesítőképességű betonokhoz 8-10 %, a magas kémiai ellenálló képesség eléréséhez 10-12 %, víz alatti betonozáshoz 10-15 % a javasolt.
- Fontos kiemelni azonban, hogy 10 % fölötti adagolása fagyállósági problémákat okozhat.

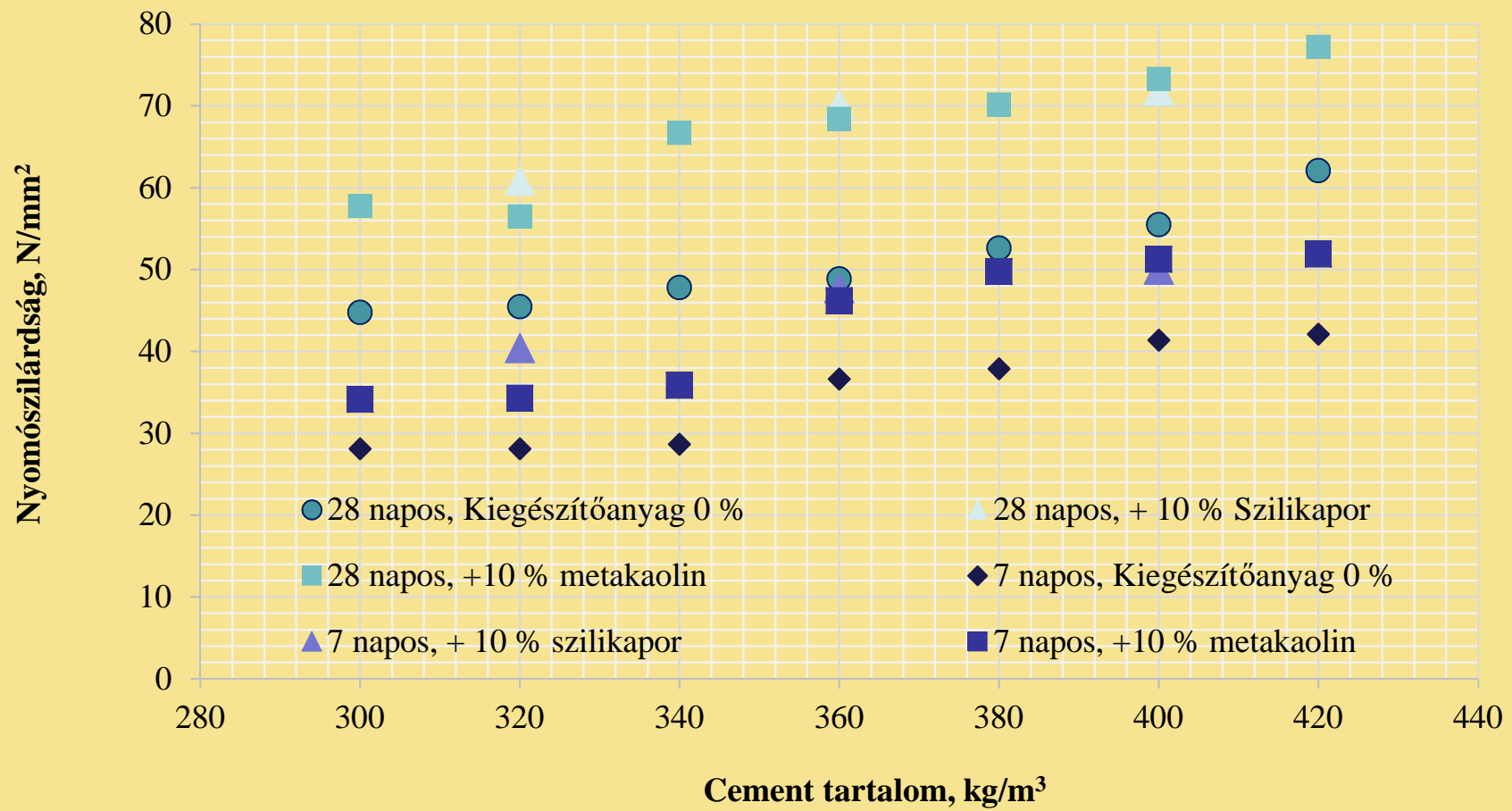


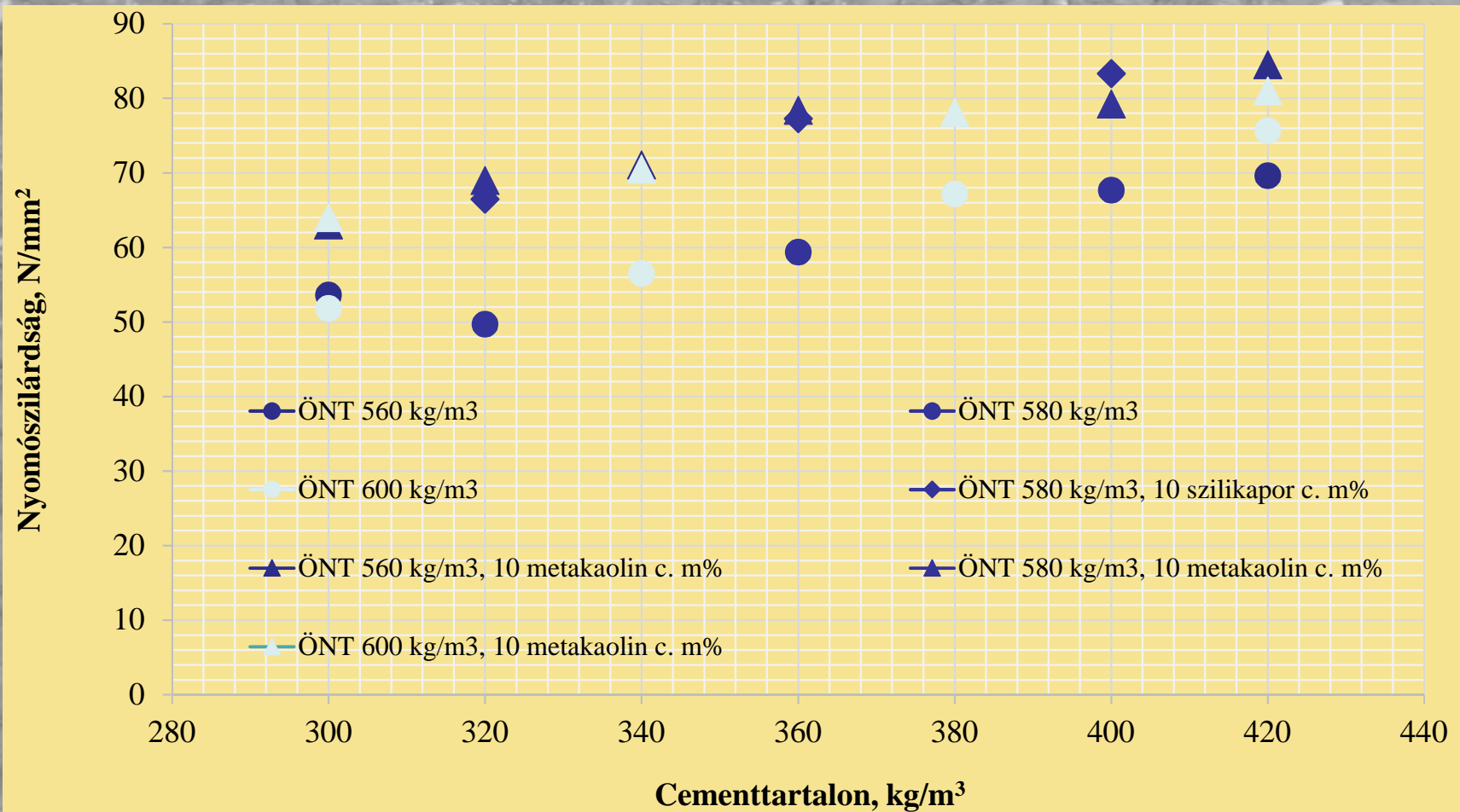
a KICET SEI 10.0kV X50,000 100nm WD 3.0mm

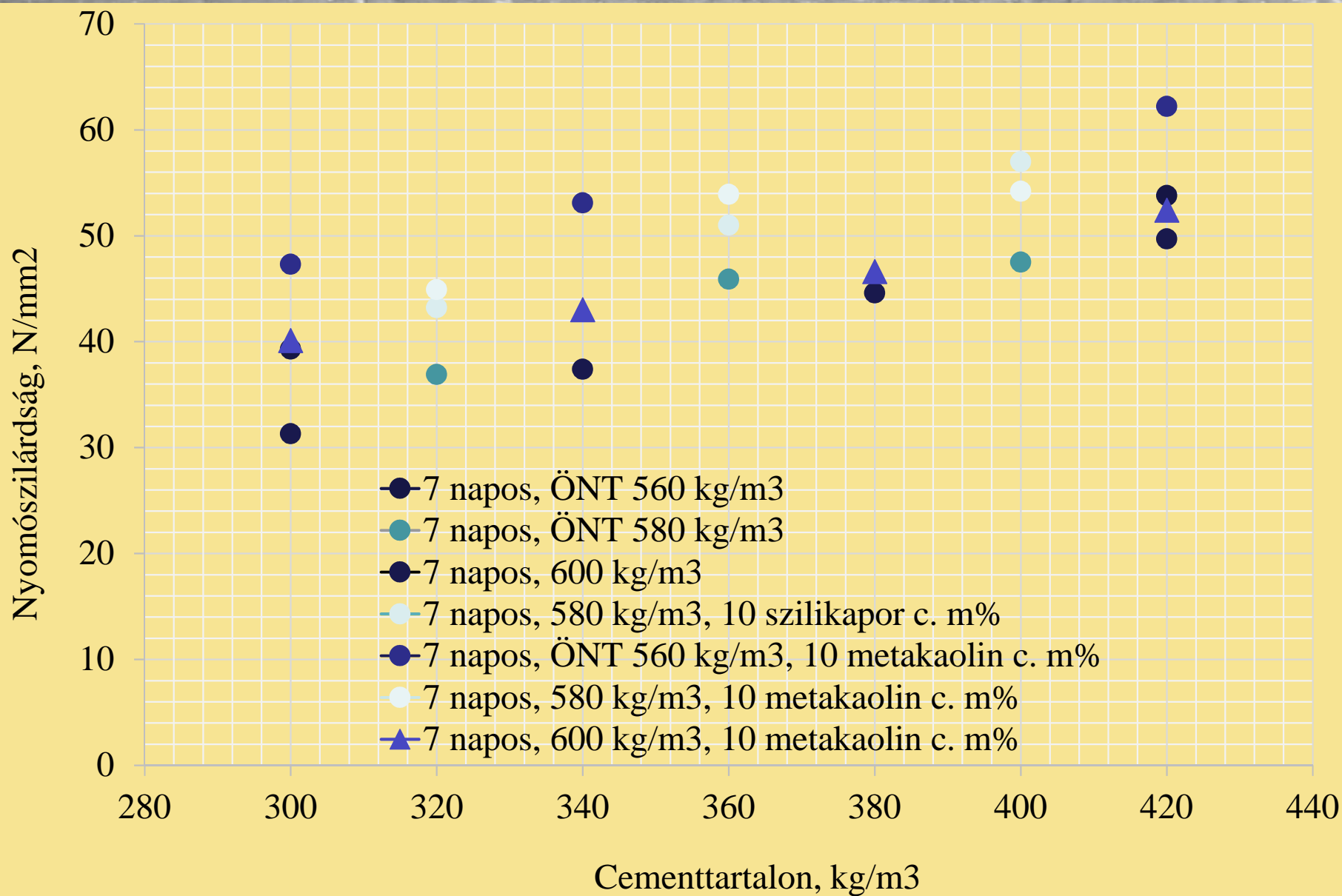
Mészköliszt

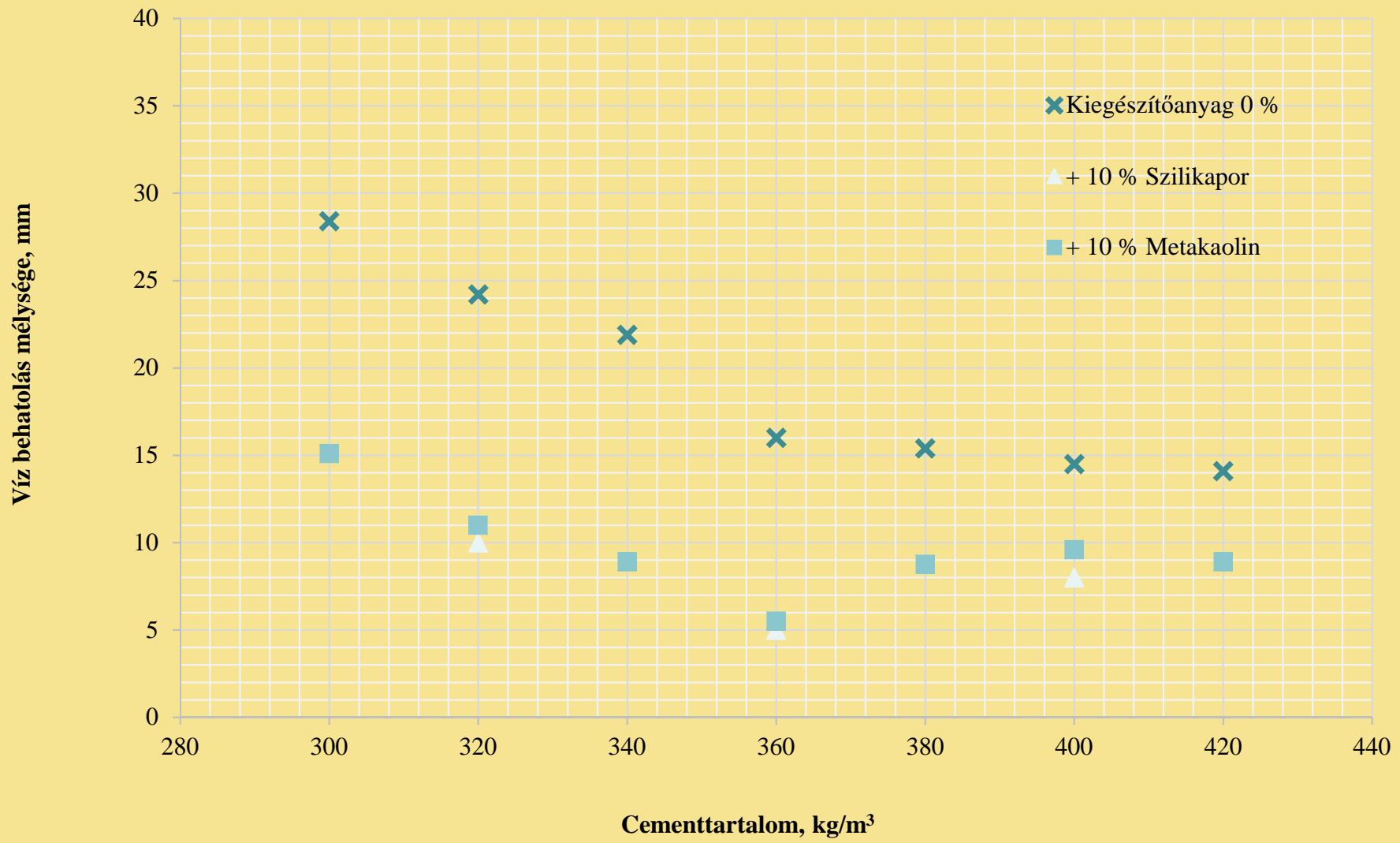
Mészköliszt tulajdonságai

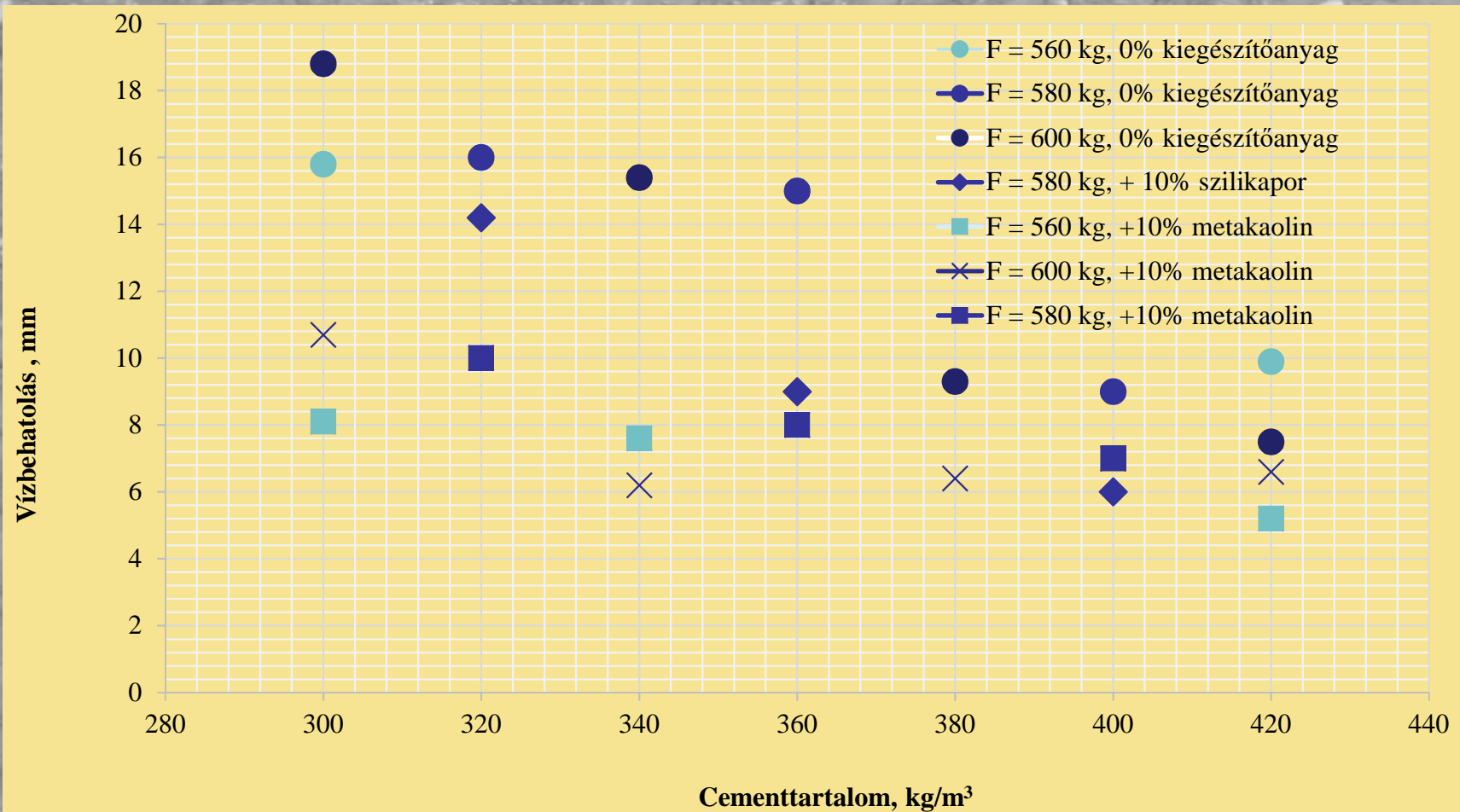
Sűrűség	Fajlagos felület
g/cm^3	m^2/kg
2.7455	658







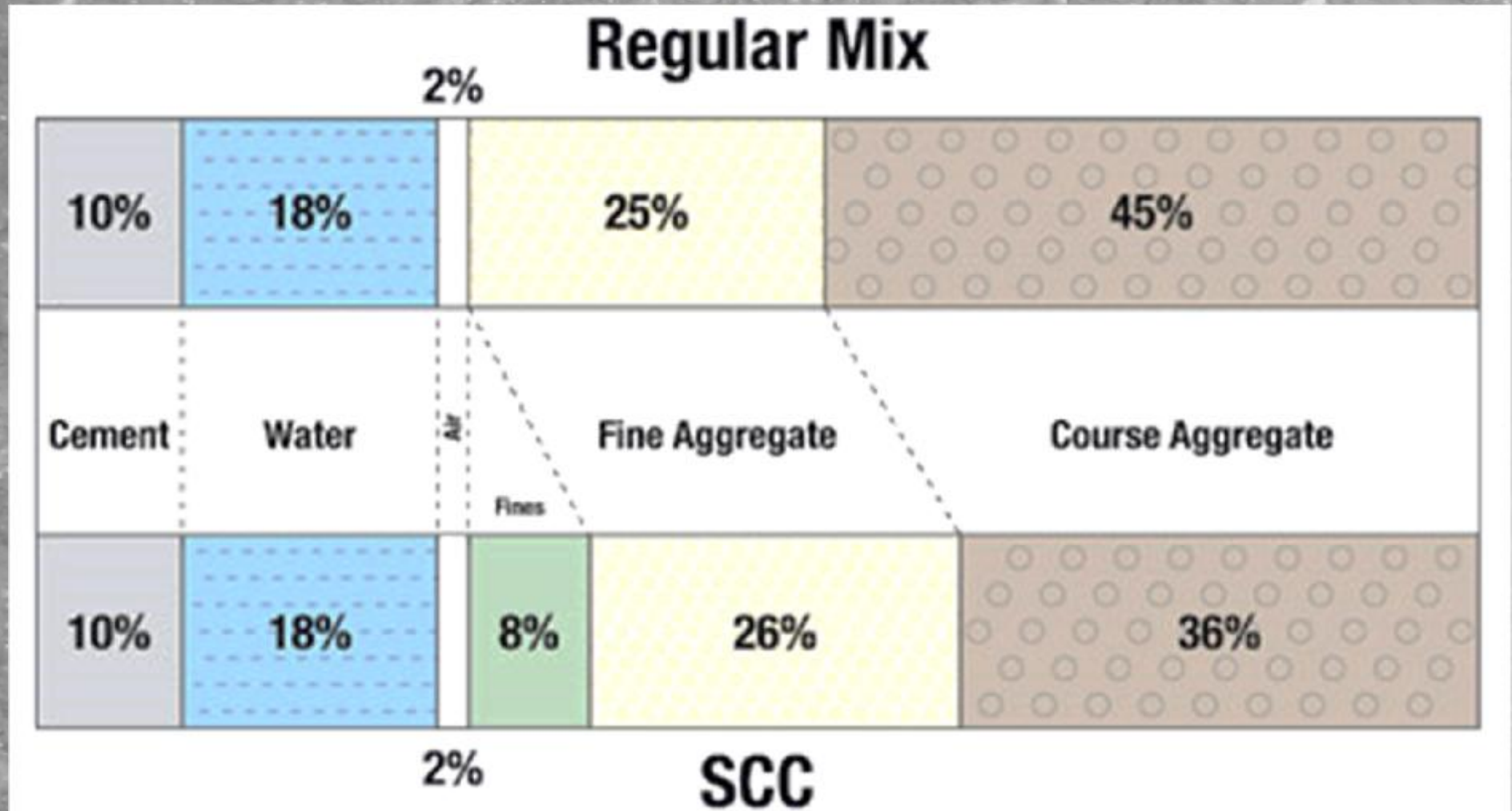




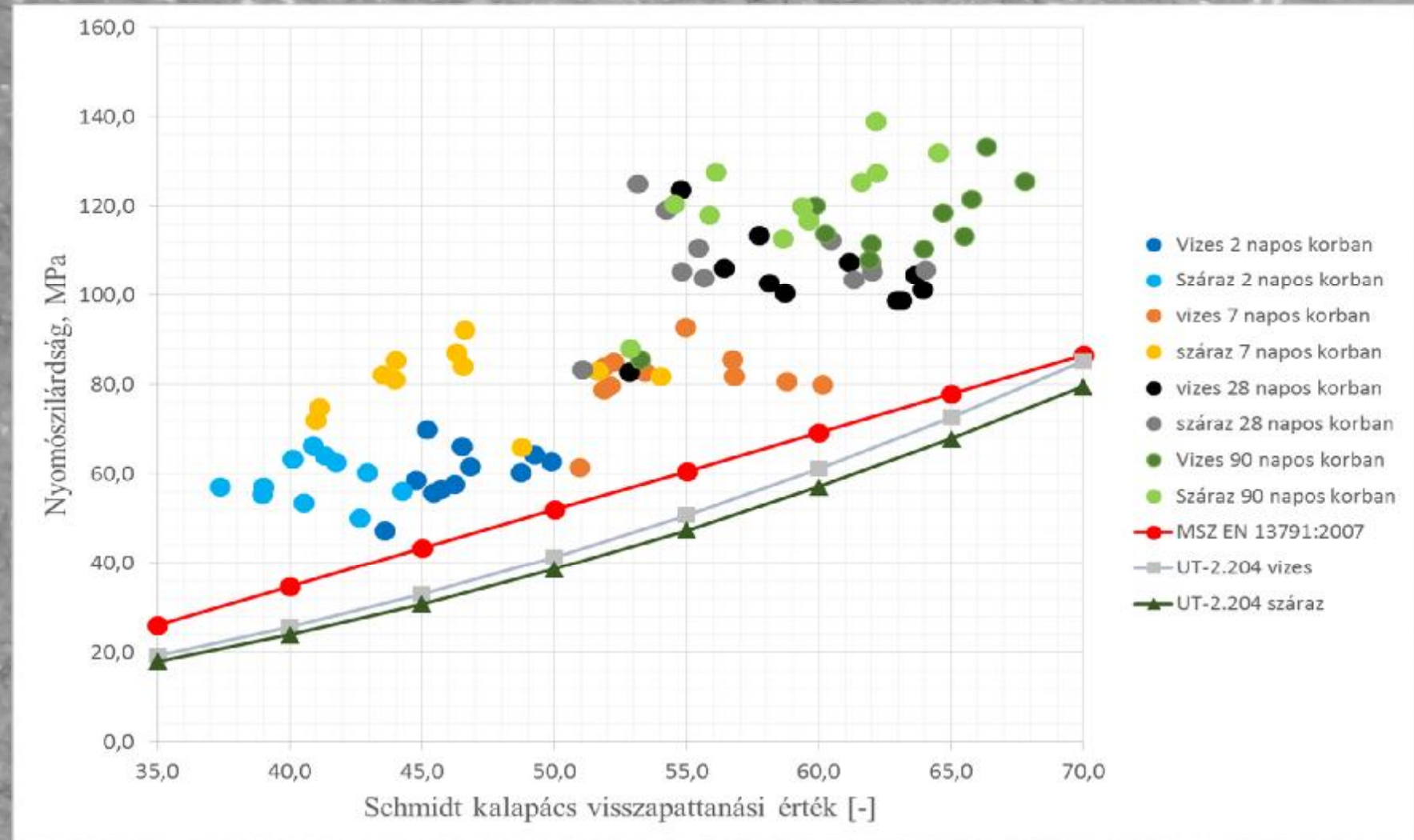
Kiegészítőanyagok

- Öntömörödő betonok
- Nagyszilárdságú betonok
- Ultra nagyszilárdságú betonok
- Lövellt betonok
- Nagyon vékony szerkezetek betonja (Kenu)
- Megerősítés anyagai

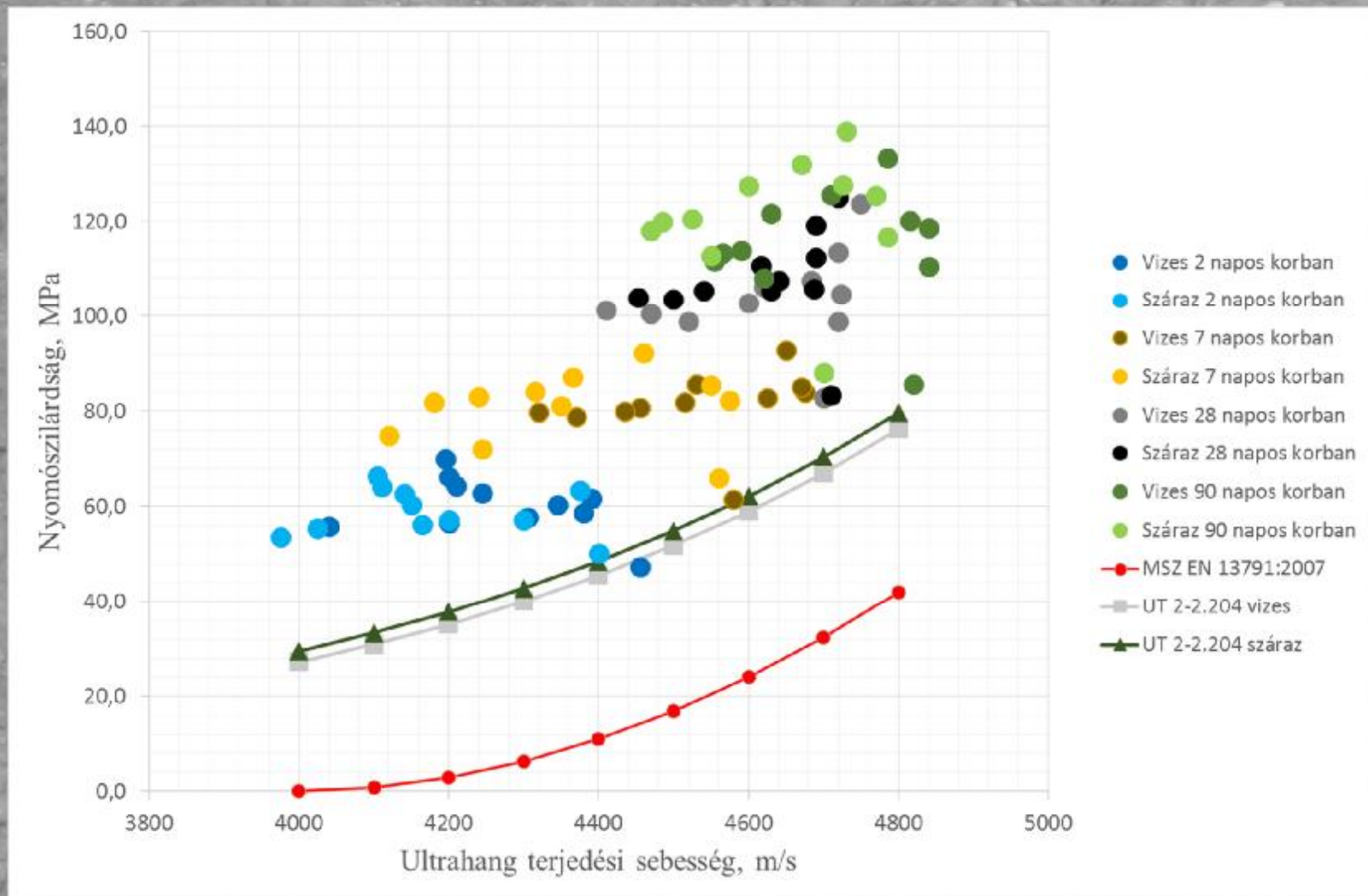
Öntömörödő betonok



Schmidt kalapács visszapattanási értékek-nyomószilárdság kapcsolata



Ultrahang terjedési sebesség-nyomószilárdság kapcsolata



Kiegészítőanyag és 3 D nyomtatás

The futuristic office building was built in just 17 days, using 3D printing technology. PHOTO: DUBAI MEDIA OFFICE



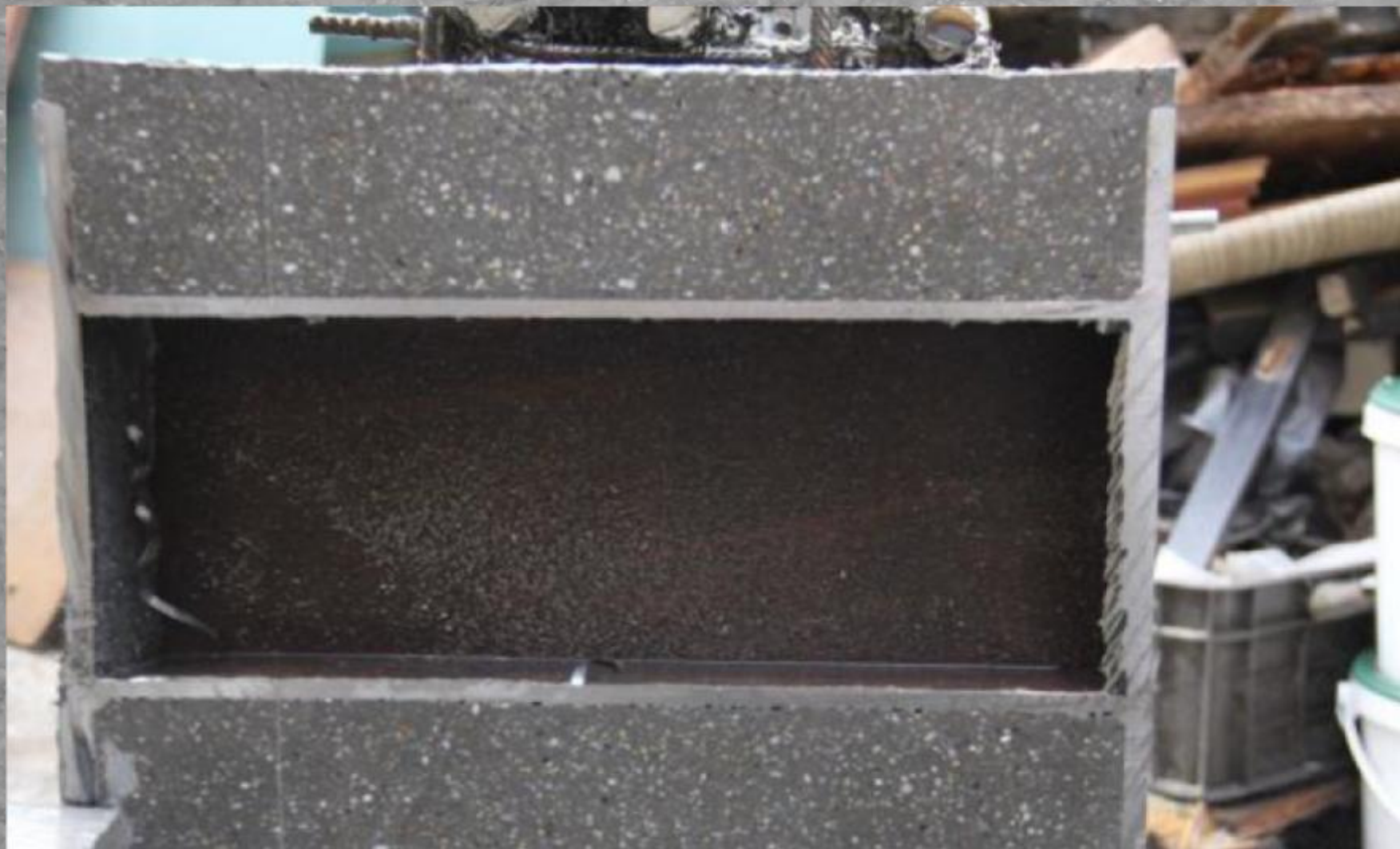




Híd diafragma megerősítés



Próbaelem betonozása



Helyszíni betonozás





Köszönöm a figyelmet

Szálerősítésű betonok

Dr. Salem Georges Nehme

Egyetemi docens

Építőanyagok és Magasépítés Tanszék

Rövidítések

A szálerősítésű beton angol nyelvű rövidítése FRC (fiber reinforced concrete), az acélszál erősítésű beton (SFRC, steel fiber reinforced concrete), ugyanis a szál anyagát mindig előtte tüntetjük fel.

Definíció

Az ágyazóanyag a szál befogadó anyaga, melyet angolul mátrixnak hívunk. Jelen esetünkben az ágyazóanyag a beton.

Régi új anyag!

A fáraó még aznap megparancsolta a nép hajcsárjainak és előljáróinak:

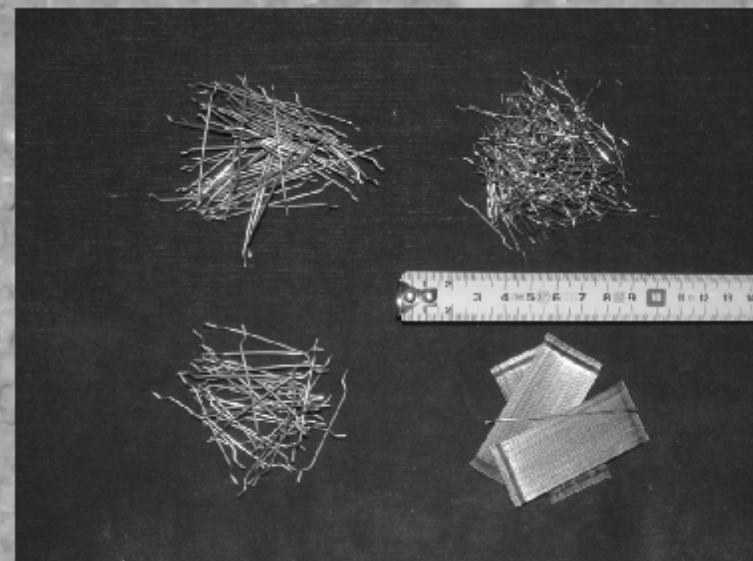
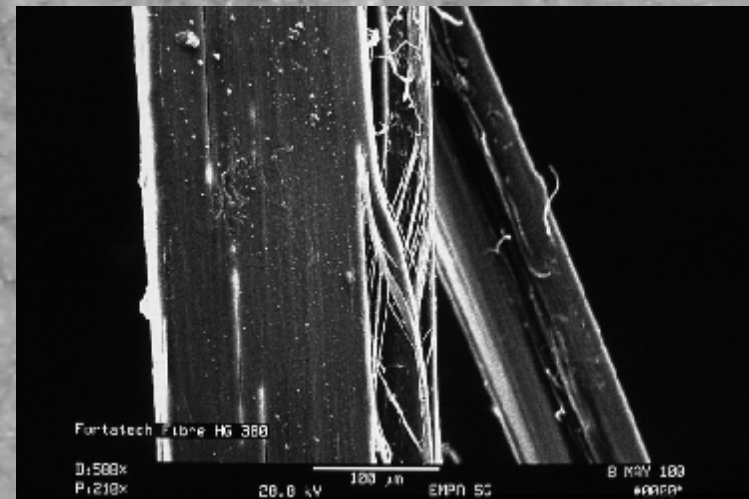
„Ne gyűjtsetek a népnek szalmát a téglavetéshez, mint korábban.

Hadd menjenek ők maguk, és szedjenek maguknak szalmát!”

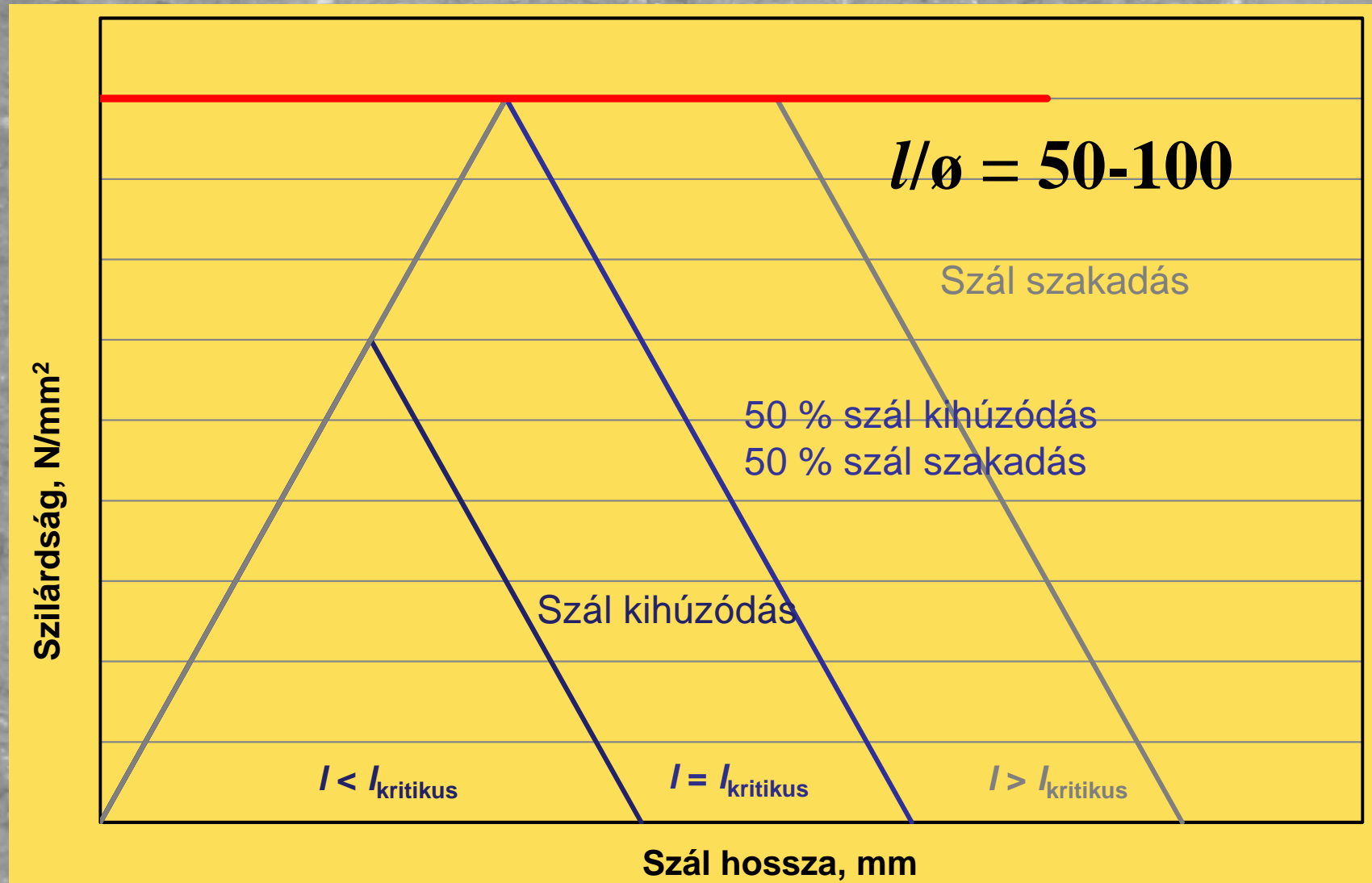
/ Mózes 2. könyve 5. fejj. 6-7. vers/

Szálfajta		Szál típusa		Szál adagolása
Acél		Huzal		0,1-2 V%
Üveg		Göbös huzal		
Műanyag		„Iratkapocs” huzal		
Azbeszt		Hullámos huzal		
Szilíciumkarbid		Golyónyomott lemezszál		
Szénszál		Forgácsolt lemez		
Cellulóz		Öntött szál		
Bazalt				

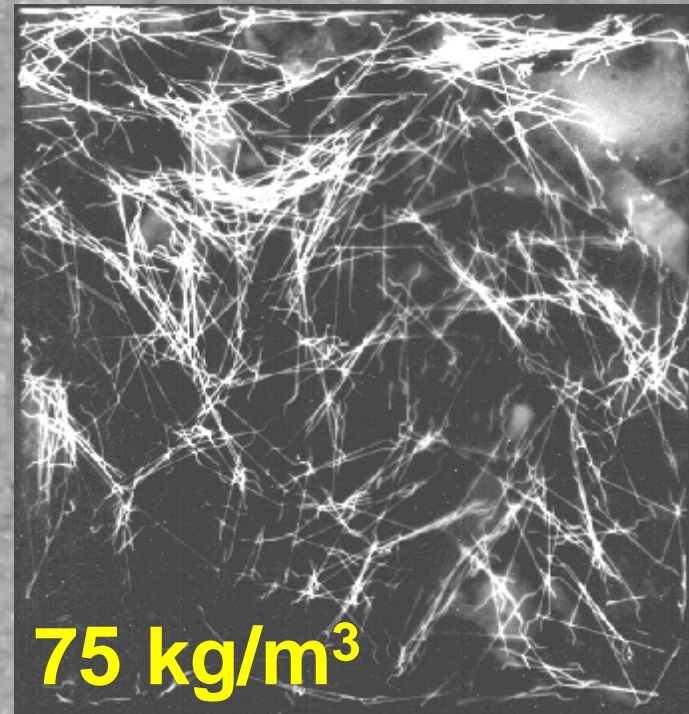
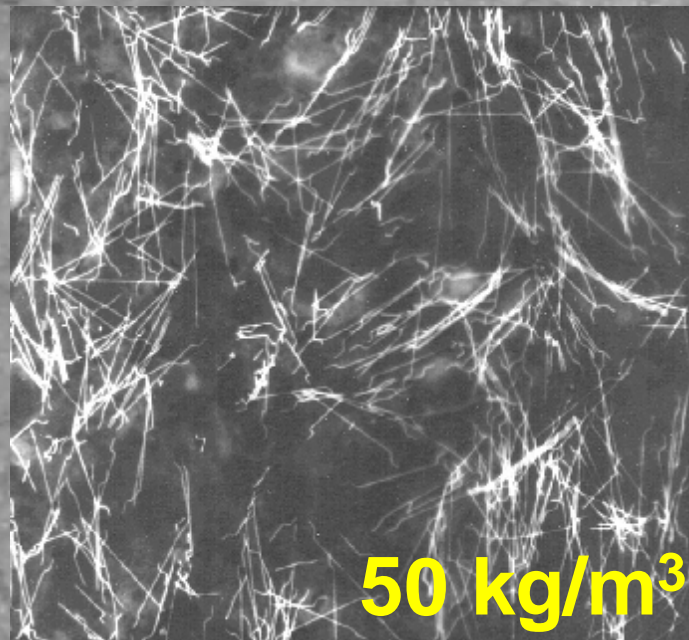
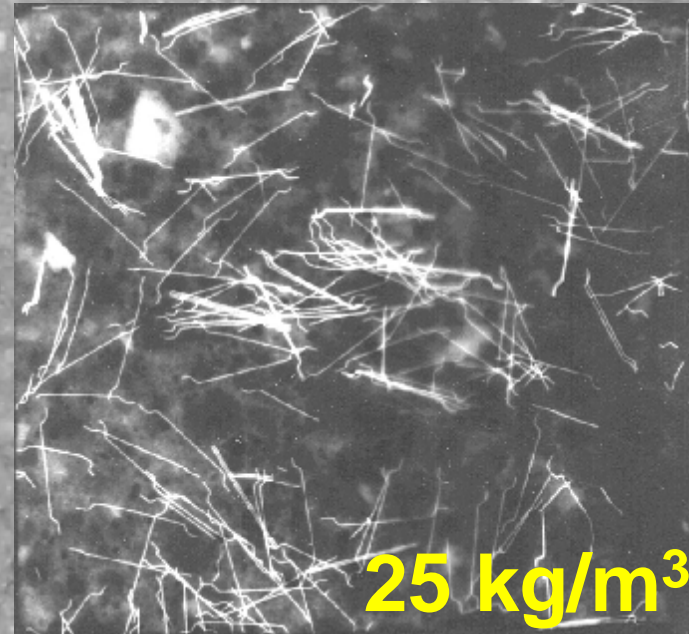
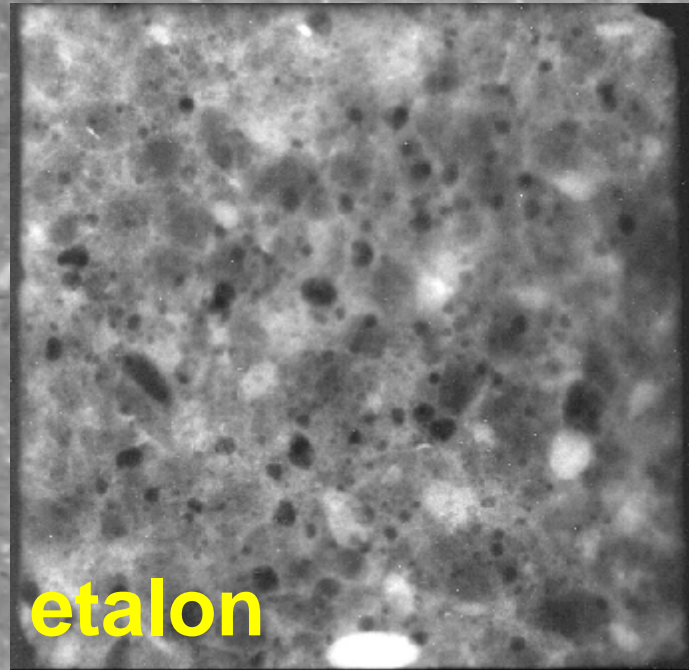
Szál fajták



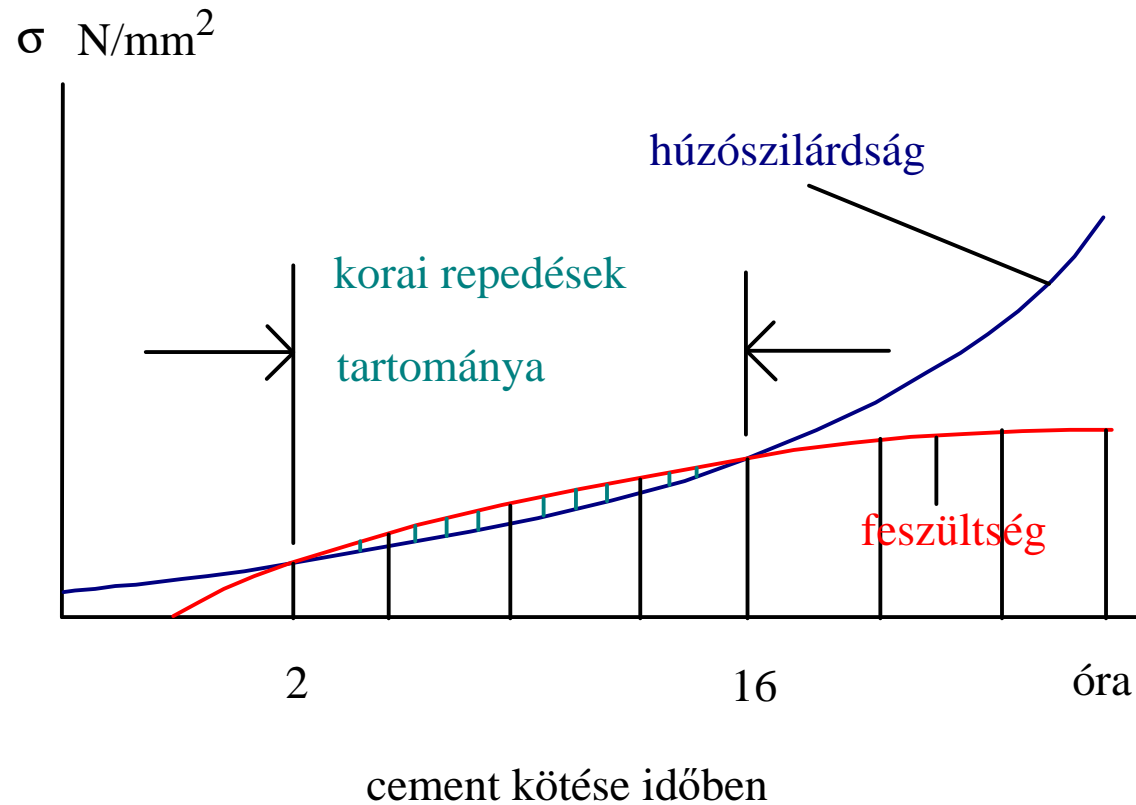
Szál karcsúság







Korai repedések kialakulása



A húzószilárdság és a cement kötése következtében fellépő

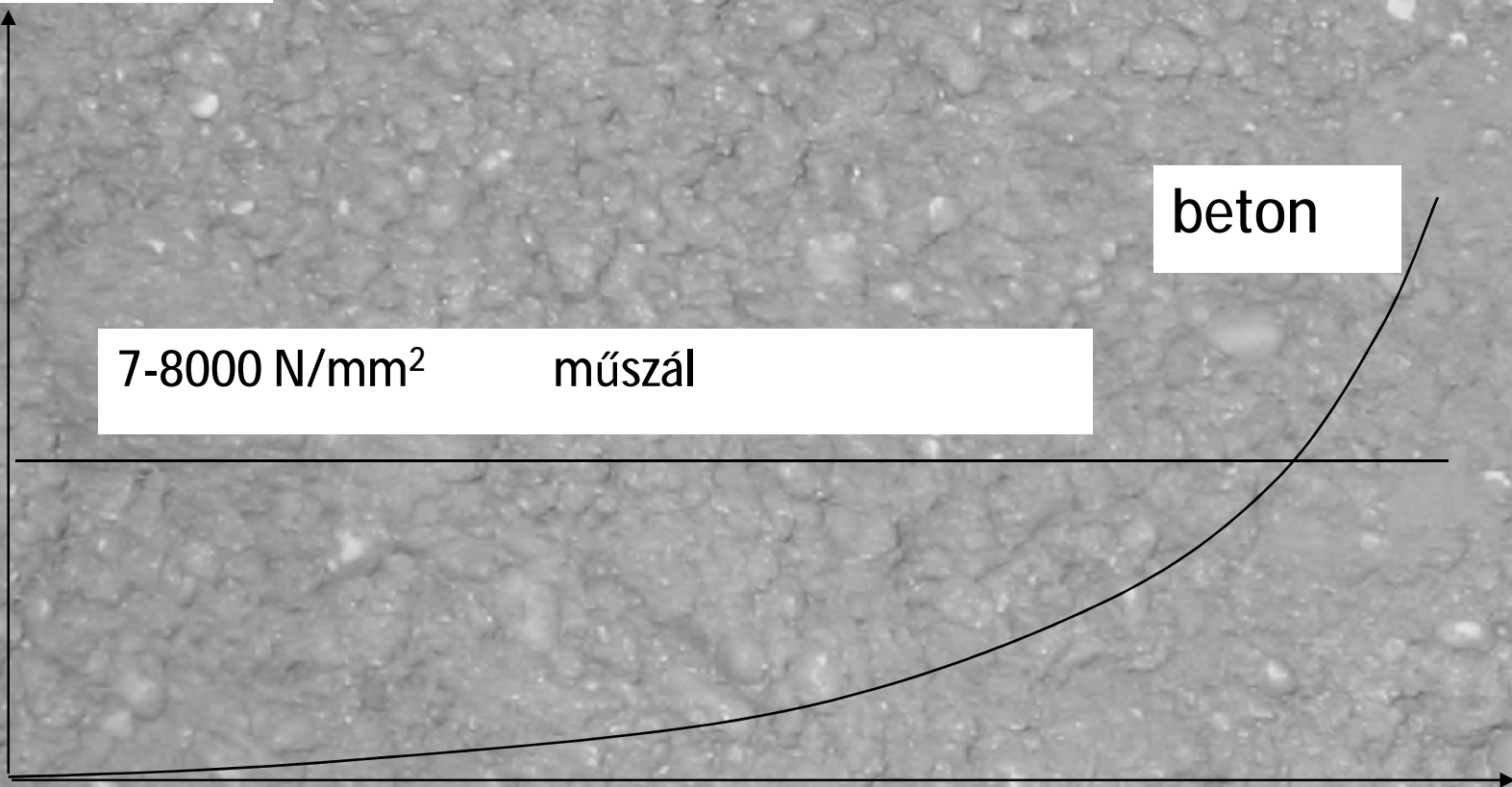
feszültség közötti kapcsolat vázlatos ábrázolása [1]

E-modulus

7-8000 N/mm² műszál

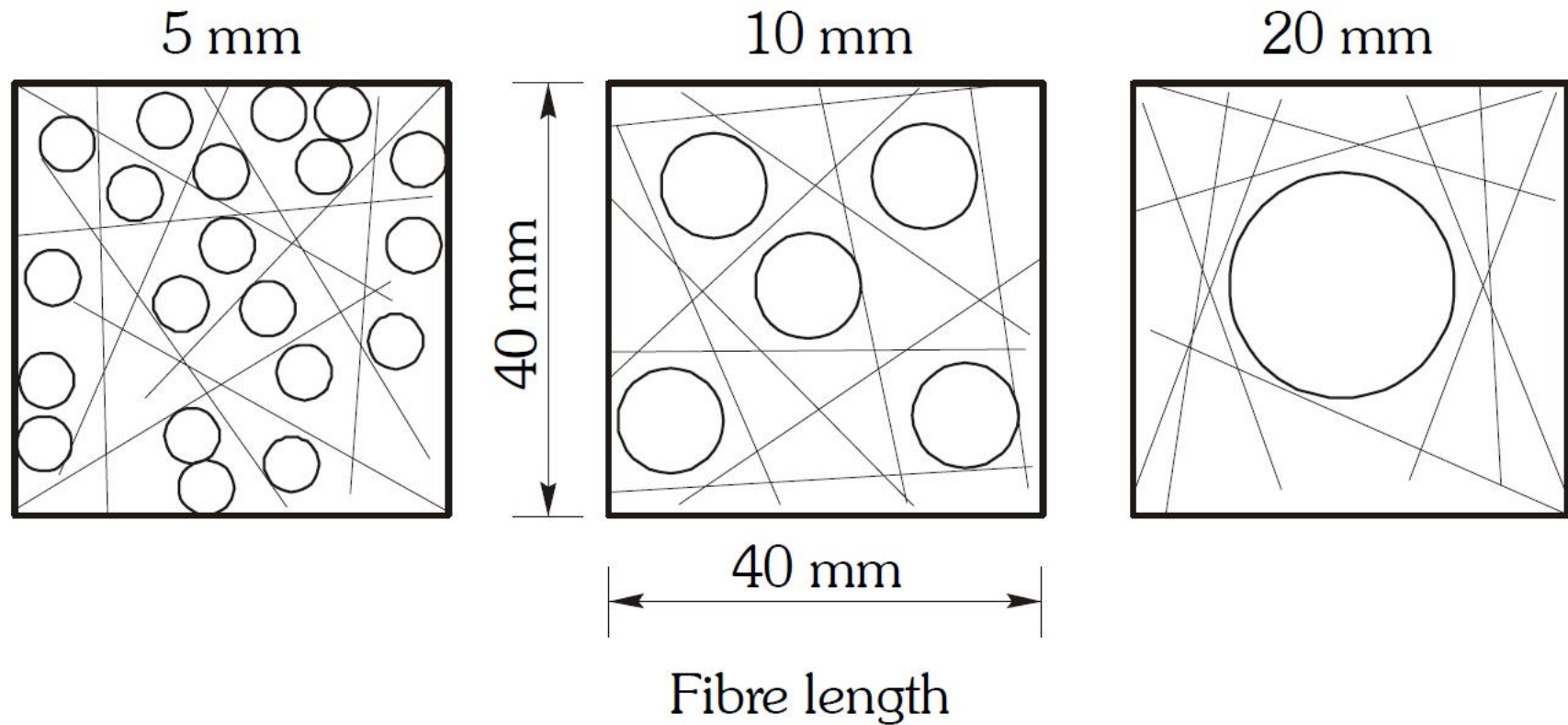
beton

idő

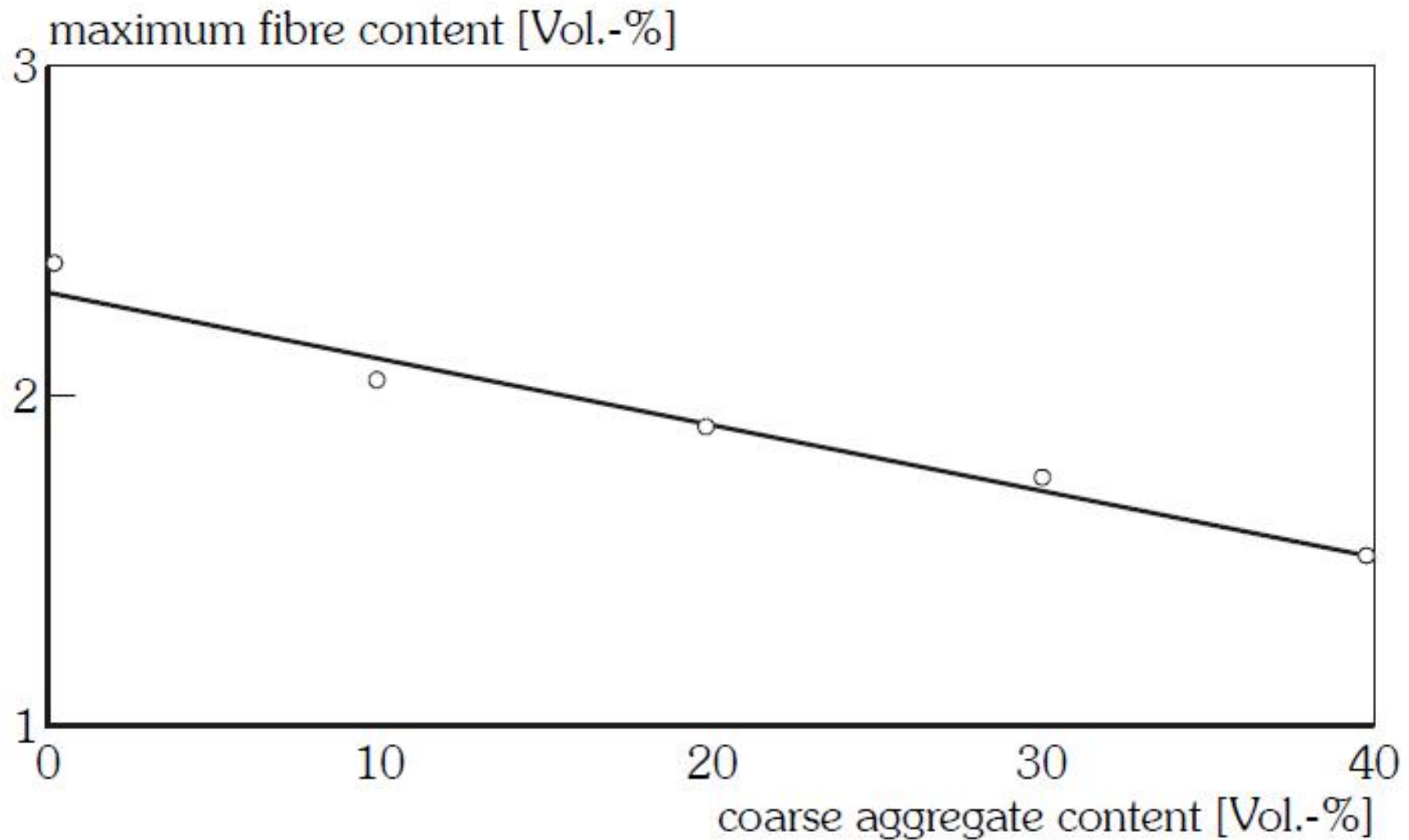


Az adalékanyag hatása a szálerősítésű betonokra

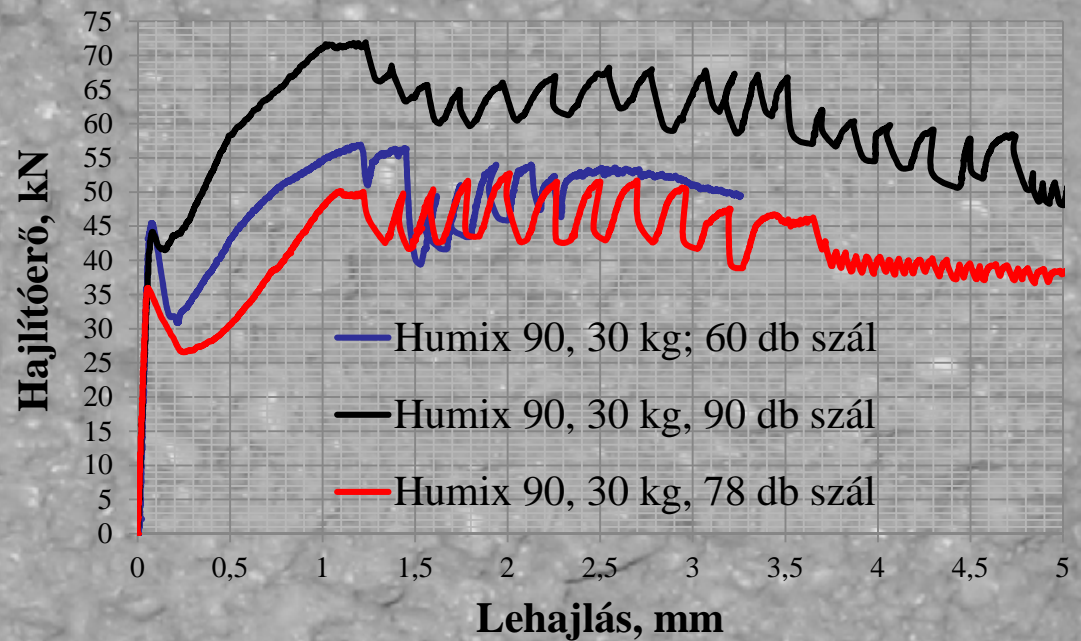
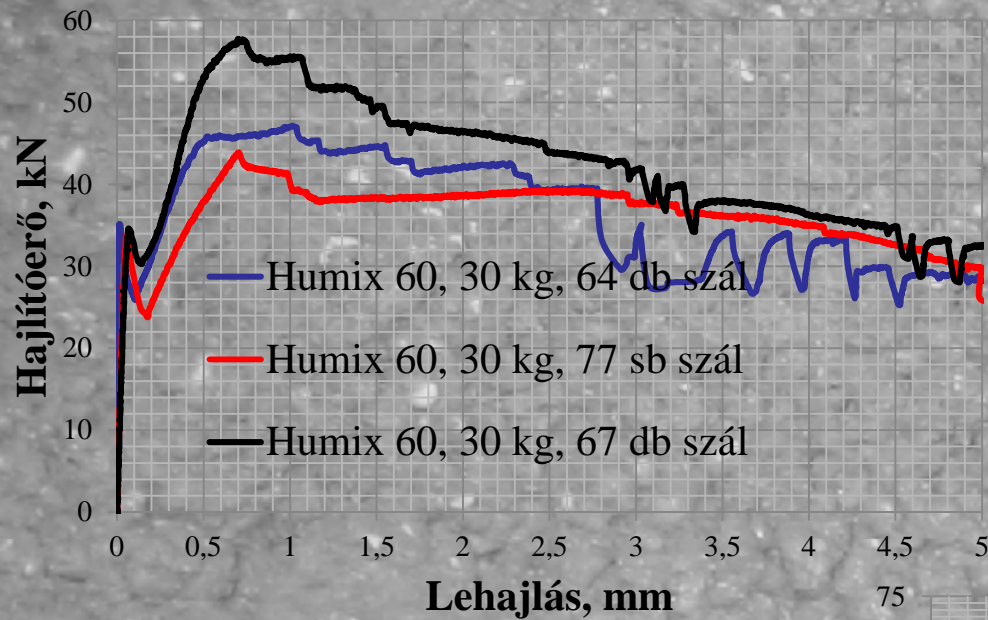
Maximum grain size $d_{g,max}$



Kavics tartalom és maximális száladagolás

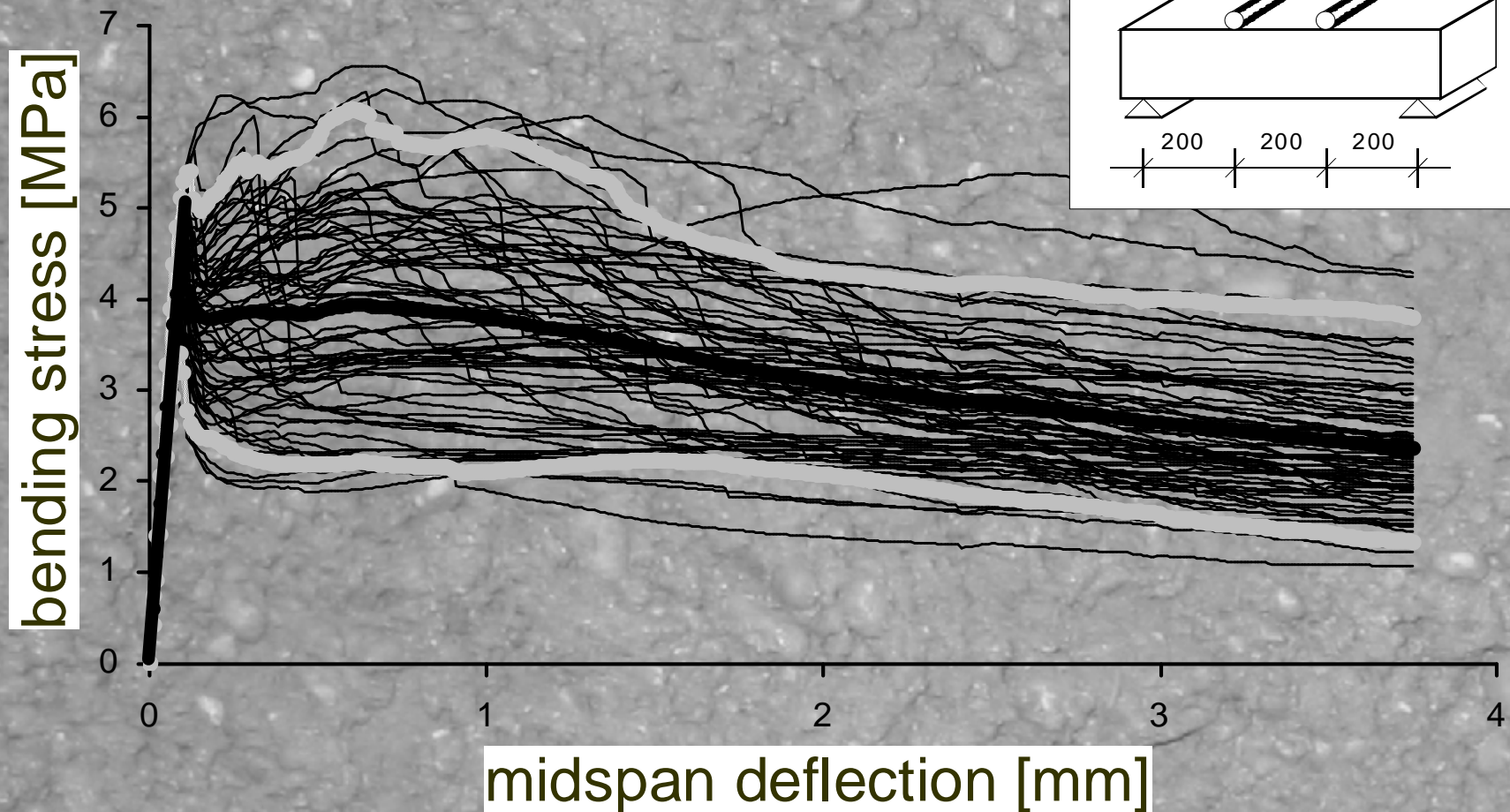
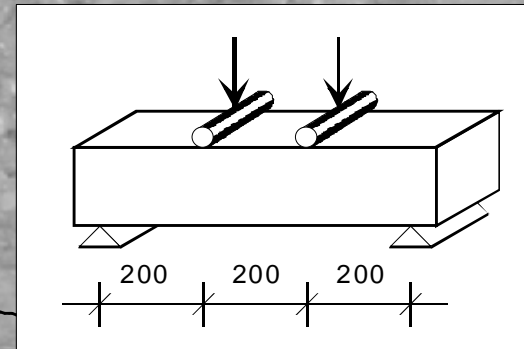


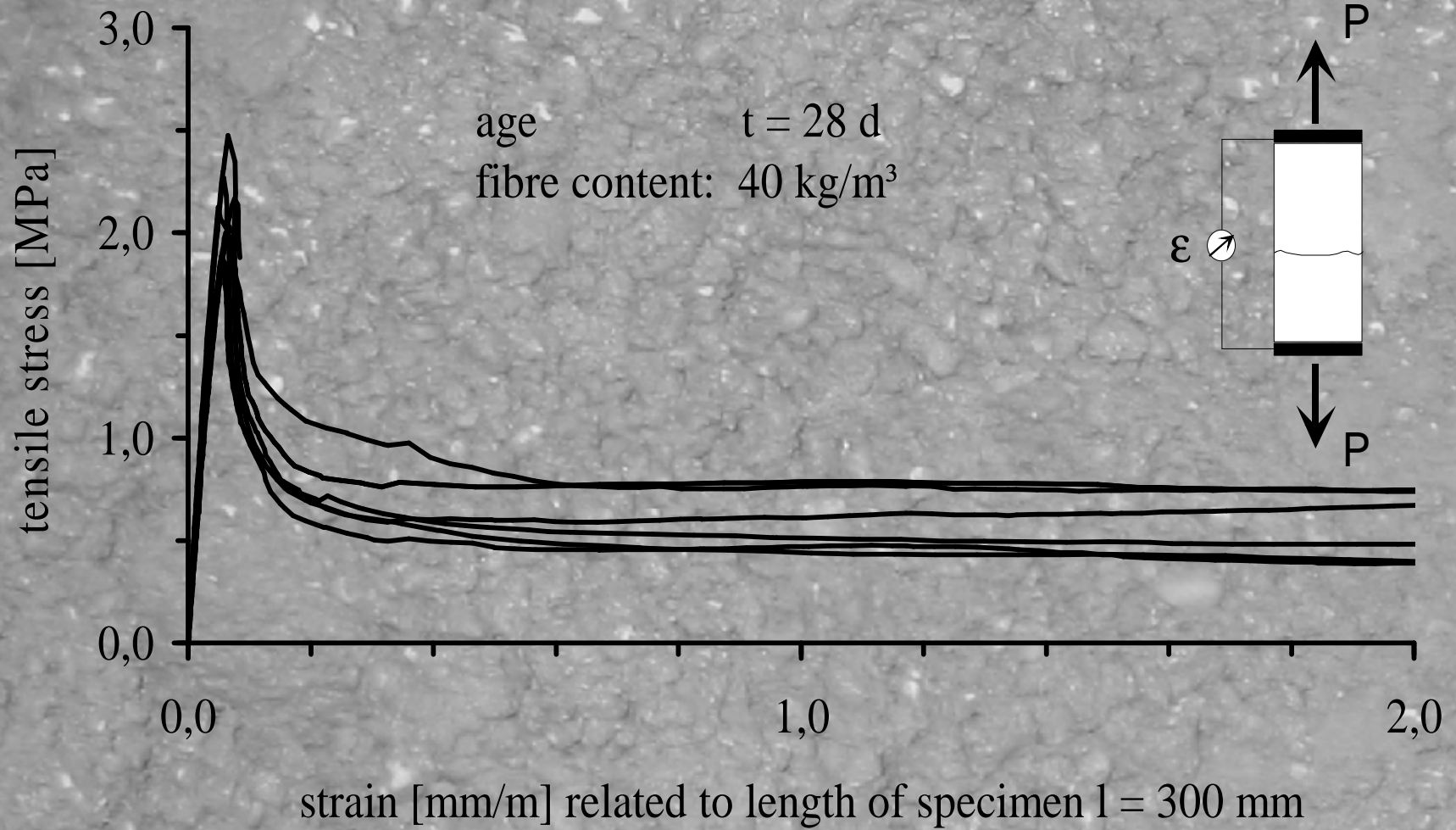
Kísérleti eredmények

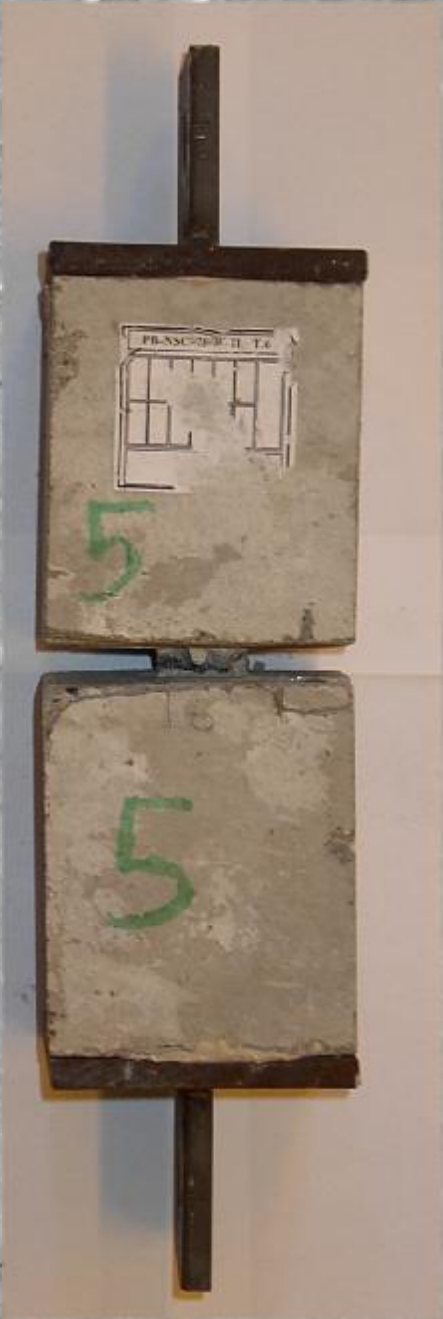


Hajlító-húzószilárdság_lehajlás

C 30/37 40 kg/m³ DRAMIX







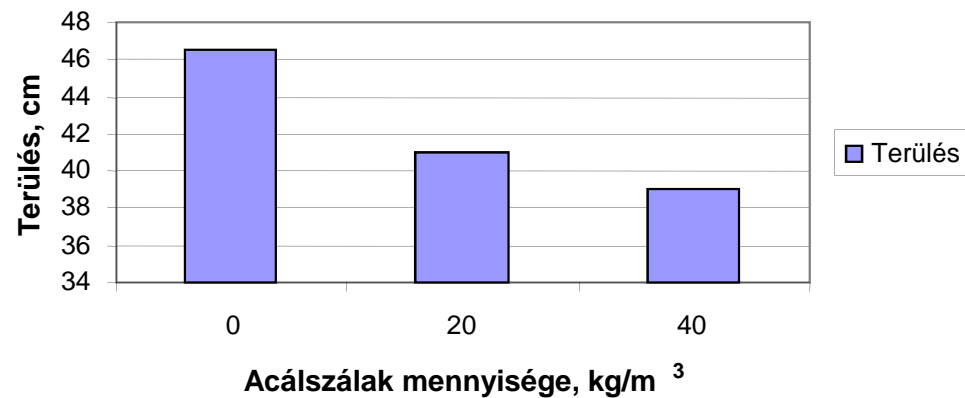
Tulajdonságok	Szálerősítésű beton		Hagyományos beton	
	Előny	Hátrány	Előny	Hátrány
	Azonos tömegarányú összetétel			
Konzisztencia		Kisebb	Nagyobb	
Bedolgozás (tömörítés, pumpálhatóság)		Nehezebb	Könnyebb	
Kivérzés	Kisebb			Nagyobb
Repedések száma	Csökken			Nő
Repedéstágasság	Kisebb			Nagyobb
Porozitás		Nagyobb	Kisebb	
Minőségegyenletesség		Rosszabb	Jobb	
Szilárdság (nyomó, hajlító-húzó)	Csekély nő			Kisebb
Fáradási szilárdság és nyírási teherbírás	Nagyobb			Kisebb
Szívósság	Nagyobb			Kisebb
Fagyállóság	Jobb			Rosszabb
Vízzáróság		Rosszabb	Jobb	
Tűzállóság**	Jobb			Rosszabb
Korrózió		---	---	

Tulajdonságok	Szálerősítésű beton		Hagyományos beton	
	Előny	Hátrány	Előny	Hátrány
	Azonos bedolgozású beton			
Péptartalom		Nő	Csökken	
Szemnagyság		Csökken	Nő	
Víztartalom		Nő	Csökken	
	Gazdaságosság			
Vasszerelés		Csökken	Nő	
Idő		Csökken	Nő	
Globális ár	Alacsonyabb			Magasabb

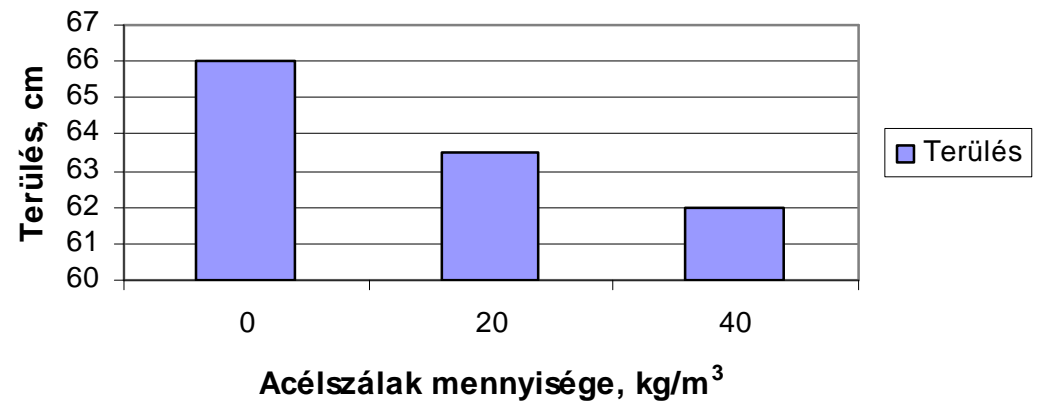
Frissbeton vizsgálata

Terülmérés

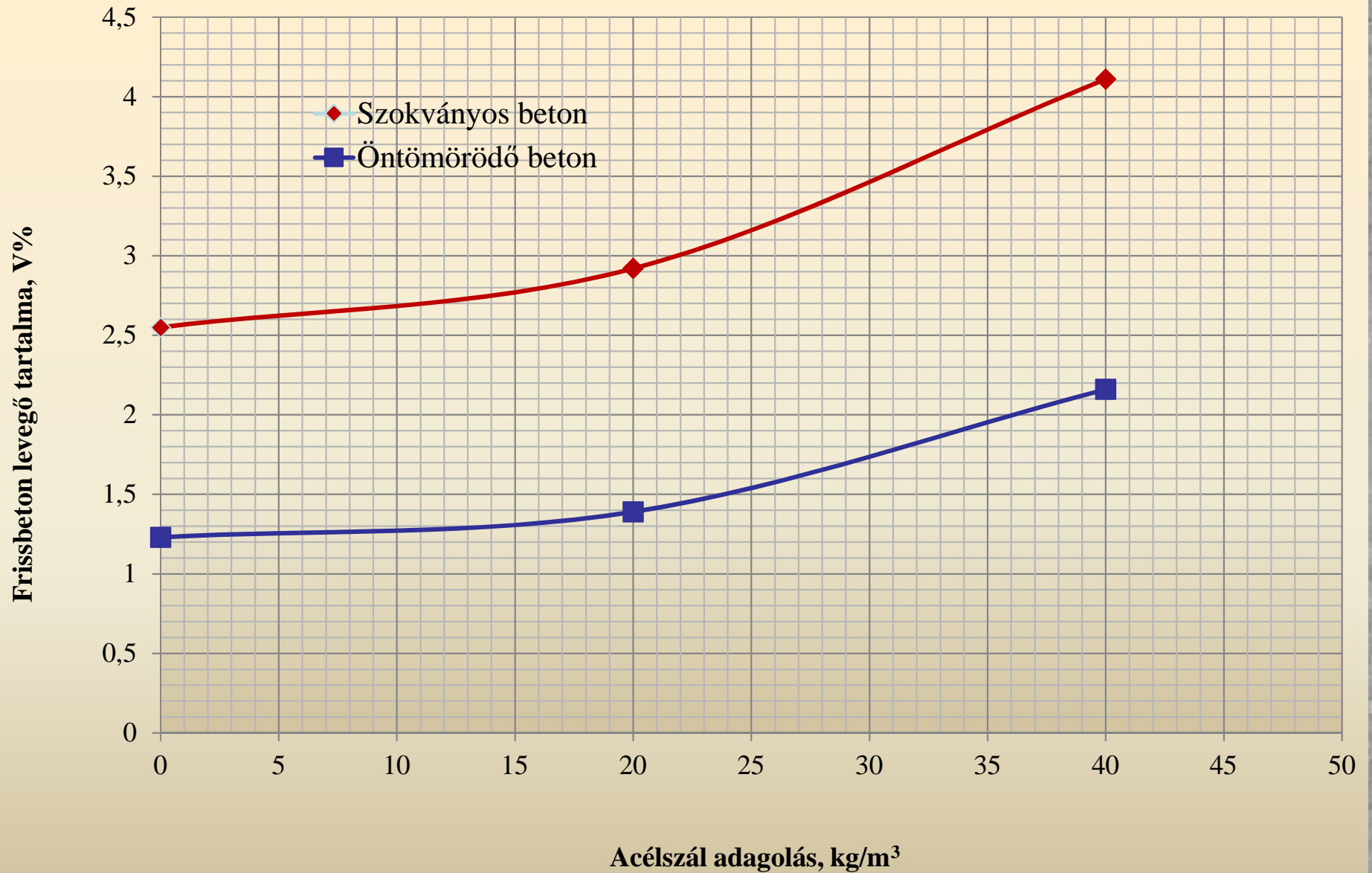
Nagyteljesítő képességű beton terülmere a száltartalom függvényében



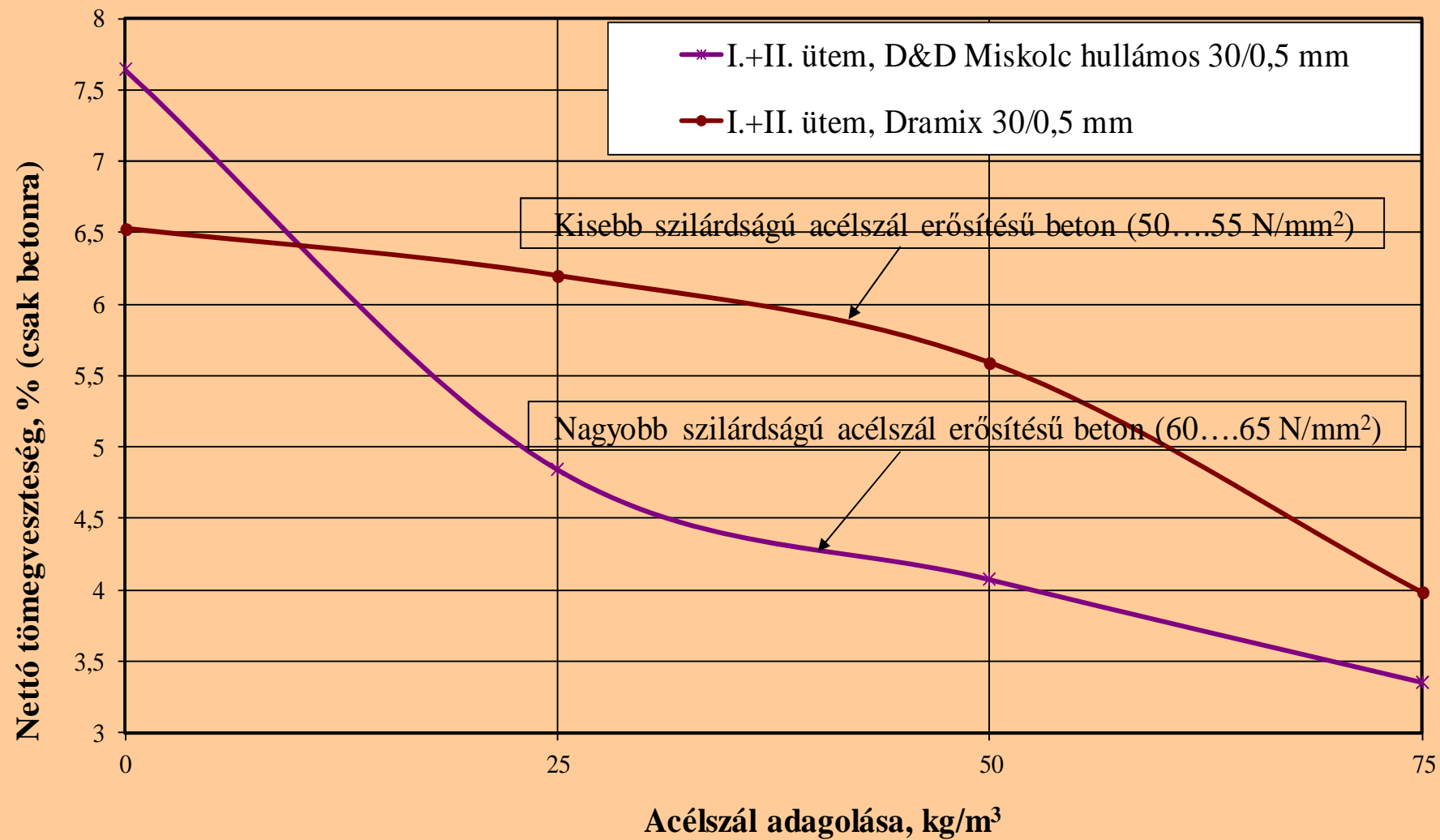
Ömörödő beton terülmere a száltartalom függvényében



Levegő tartalom



Fagyasztás-olvasztás okozta tömegveszteségek



Osztrák szálerősítésű betonjel (példa):

C25/30/XC3/XF1/FaB/T3/BB1/GK32/F45

ahol

GK=d_{max} (32 mm)

F45 a konzisztencia: 45±3 cm terület

FaB= szálerősítésű beton (Faserbeton)

BB1= tűzállóság TŰ-1 osztály

T3= szálerősítésű beton szilárdsági osztály

Néhány követelmény a szálakkal szemben

- jó húzószilárdság
- jó tapadás
- inert (semleges)
- ellenálló
(adalékanyaggal, adalékszerrel, cementtel...szemben)
- jó eloszlás
- könnyű bedolgozás
- gazdaságosság....

Betonvasak *adott irányban* fejtik ki hatásukat

<-> szálak: *térbeli eloszlás*

CÉL:- szívósabb anyagtulajdonság,
– repedésképződés megelőzése

Adagolások, kg/m³

Szálrost, fajta	Szokásos betonozási eljárások	Lőttbeton, kiinduló keveréke	Legkisebb megengedett adagolás
Acélszál	25 – 50	30 – 60	20
PP szál	0,9 – 1,5	0,9 – 2,5	0,9
AE* üvegszál (AR)	0,9 – 10	>0,9	

* alkáli ellenálló (ném., ang.: AR alkaliresistant)

Szálak tulajdonságai – összehasonlítás a betonnal és a cementkővel

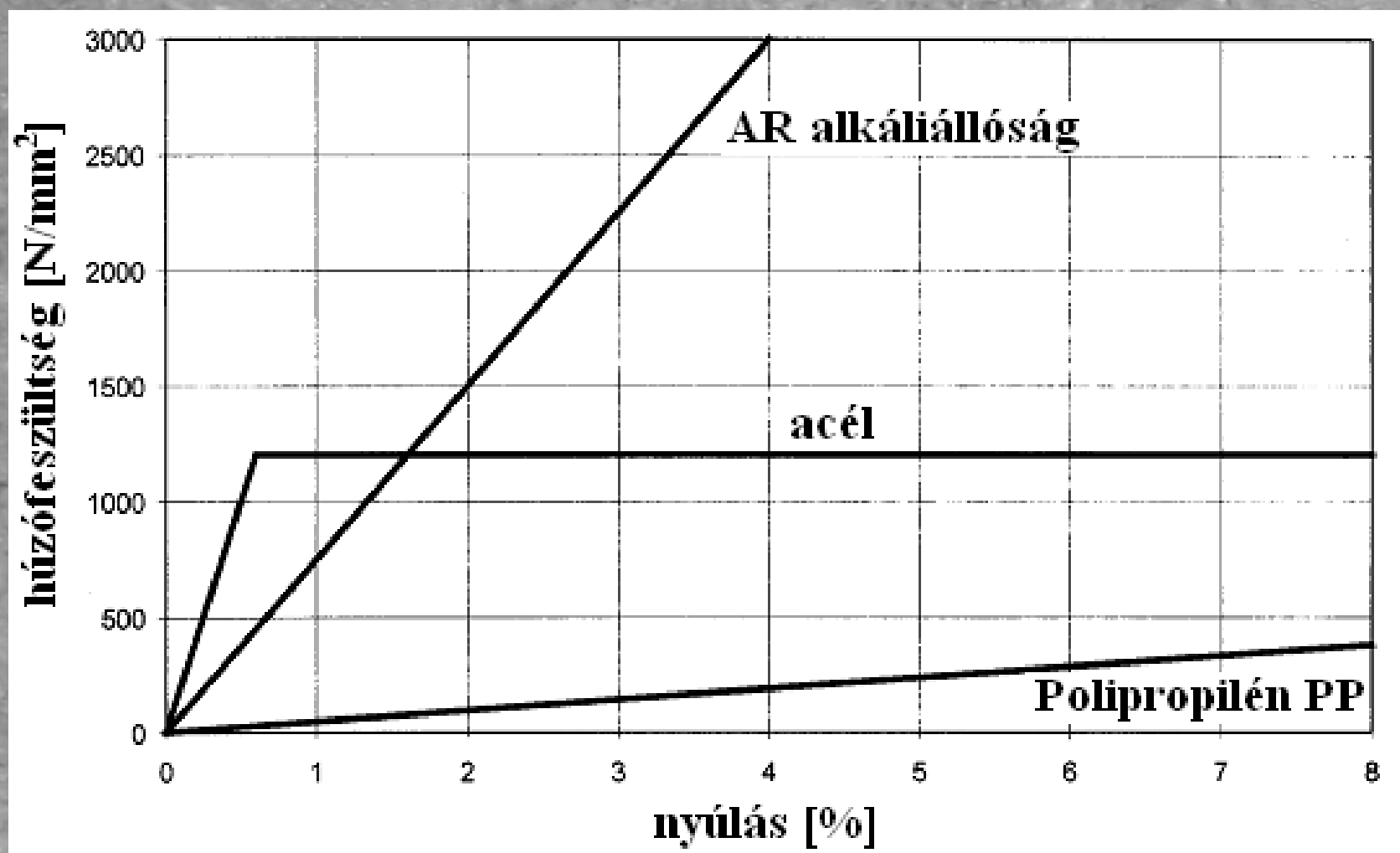
Anyag fajta	Átmérő μm	Hossz mm	Sűrűség g/cm ³	E-modulus kN/mm ²
acél	100–1200	10–100	7,85	210
rozsdamentes acél	100–1200	10–60	7,9	185–200
AE(AR) üveg	10–30	10–40	2,7	70–80
E-üveg	8–15		2,6	70–80
polipropilén	10–300	6–36	0,9	3–12
poliakrilnitril	10–100		1,2	15–20
nejlon	>4	5–50	1,14	4
szén	10–15		1,6	30–35
„HF”szénszál	10–20		1,9	230
cellulóz	15–60		1,2–1,5	5–40
szizál	10–50		1,8	10–25
Összehasonlításul				
cementkő beton			2,0–2,2	10–25
			2,2–2,4	30–40

Szálak tulajdonságai – összehasonlítás a betonnal és a cementkővel

Anyag fajta	Húzószilárdság N/mm ²	Szakadó nyúlás %	Alkáli állóság	Olvadáspont °C
acél	270–2500	3,5	igen jó	1500
rozsdamentes acél	1000–1500	3,0	igen jó	1400–1600
AE(AR) üveg	1500–4000	2–3,5	jó	1200
E-üveg	2000–4000	4,5	csekély	1200
polipropilén	300–700	15	igen jó	150
poliakrilonitril	600–900	6–9	igen jó	400
nejlon	900	13,5	igen jó	200
szén	500–800	2	igen jó	400
„HF”szénszál	1500–3000	1	igen jó	500
cellulóz	200–500	3	csekély	
szizál	250–500	3–5	csekély	
Összehasonlításul				
cementkő beton	3–6 1–4	0,01–0,05 0,02		

Száltípus	Anyag	Átmérő [μm]	Hossz [mm]	Térfogat súly [kN/m ³]	Young modulus [GN/mm ²]	Poisson szám	Húzó szilárdság [N/mm ²]	Határ nyúlás [%]	Jellemző száltartalo m [%]
nagy húzószilárdságú rozsdamentes	acél	100...600	10...60	78.6	200	0.28	700...2000	3.5	0.5...2
	acél	10...330	10...60	78.6	160	0.28	2100	3	0.5...2
nagy rugalmasságú nagy szilárdságú	karbon	8	10	19	380	0.35	1800	0.5	2...12
	karbon	9	10	19	230	0.35	2600	1	2...12
A-üveg E-üveg NEG AR-üvveg	üveg	-	-	24.6	64.8	-	3103	4.7	-
	üveg	8...10	10...50	25.4	72	0.25	3500	4.8	2...8
	üveg	-	-	27.4	78.6	-	2448	2.5	-
akril aramid I aramid II	polimer	13...104	-	11.7	14.6...19.6	-	207...1000	7.5...5	-
	polimer	12	-	14.4	62	-	3620	4.4	-
	polimer	10	-	14.4	117	-	3620	2.5	-
kókusz kender bambusz cellulóz	természetes	0.1...0.4	50...350	11.2...11.5	19...26	-	120...200	10...25	-
	természetes	-	-	-	13...26	-	280...568	3...5	-
	természetes	0.05...0.4	-	15	33...40	-	350...500	-	-
	természetes	-	-	12	10	-	300...500	-	10...20

Jellegzetes feszültség-nyúlás diagramok



Acélszálerősítésű beton

Előnyei

Hátrányai

Repedés-
érzékenység
csökkenés

Zsugorodás
érzékenység

Szívóság

Bedolgozhatóság

csomósodás



TEHÁT HOL ALKALMAZZUK?

A) Önállóan:

ipari padlóba

út- és repülőtér-burkolatokba

alaplemezekbe

alagút bélésekhez, a tűzállóság fokozására

rábetonozásoknál

együttdolgozós szerkezetekbe

betonfalakba (pl. nyírási merevítő fal)

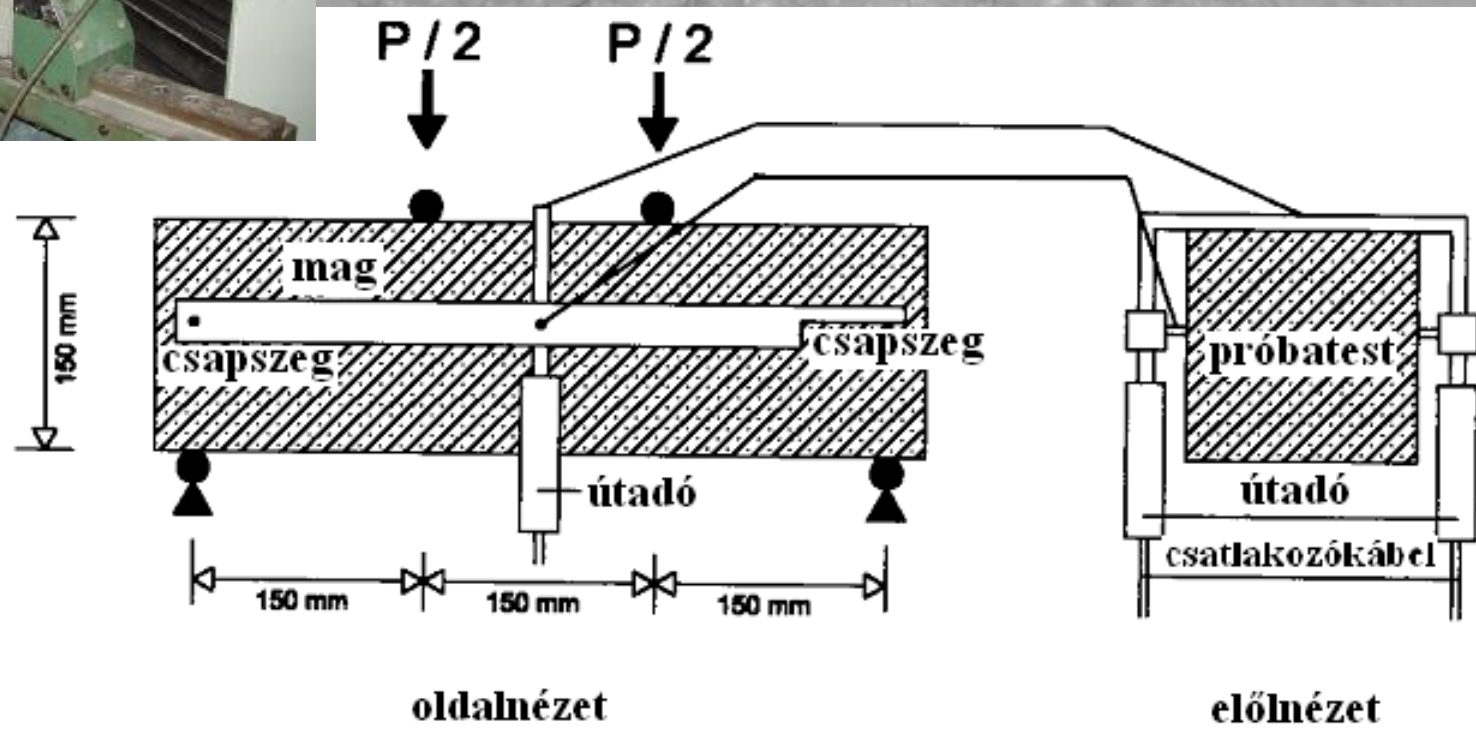
B) Hagyományos vasalással együtt:

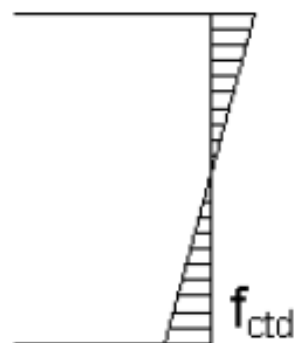
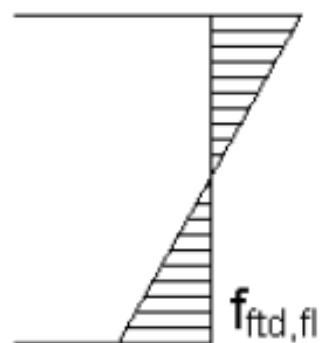
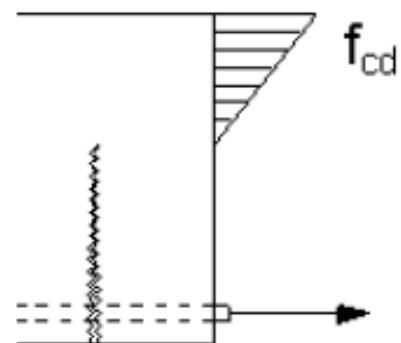
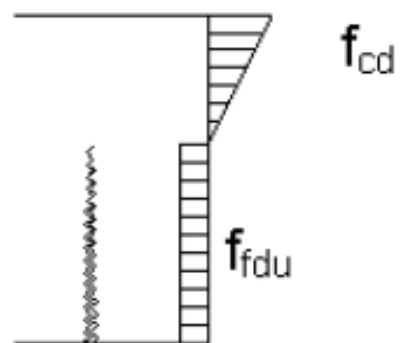
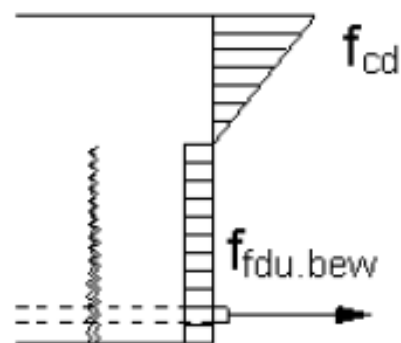
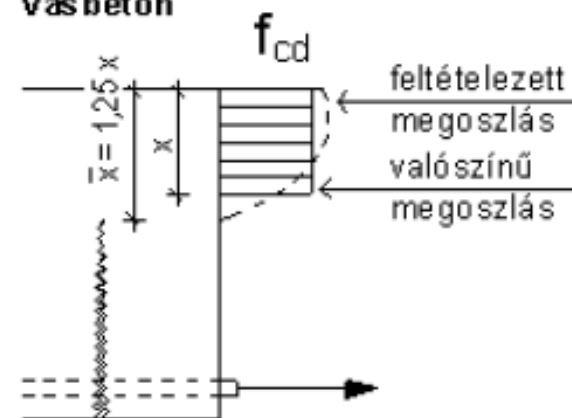
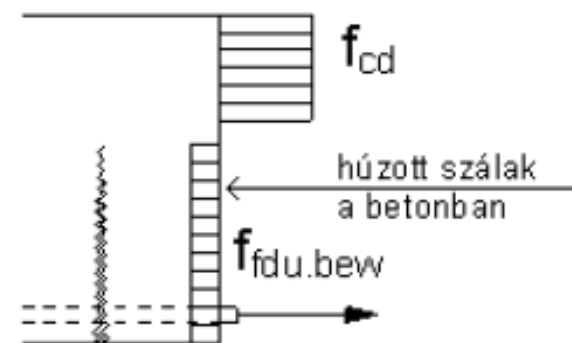
önmagában vízzáró beton teknőszigetelés

(„fehér kádak”)

mélygarázsok stb.

Erő-lehajlás diagram felvételéhez és hajlítószilárdságához próbatest elemzés



I.**Beton****Szálerősítésű beton****II.****Vasbeton****Szálerősítésű beton****Szálerősítésű vasbeton****III.****Vasbeton****Szálerősítésű vasbeton**

f_{ftmfl}	a hajlítószilárdság <i>középértéke</i>
f_{ftkfl}	a hajlítószilárdság <i>karakterisztikus</i> (küszöb) értéke
f_{ftdfl}	a hajlítószilárdság <i>tervezési</i> (számítási) értéke
f_{eqms}	az egyenértékű (ekvivalens) hajlítószilárdság középértéke a <i>használati állapotra</i> való ellenőrzéskor
f_{eqmu}	az egyenértékű hajlítószilárdság a <i>teherbírás</i> ellenőrzésekor
f_{fms}	a megrepedés utáni átlagos húzószilárdság a <i>használati állapotra</i> való ellenőrzéskor
f_{fmu}	a megrepedés utáni átlagos húzószilárdság a <i>teherbírás</i> ellenőrzésekor
f_{fks}	a megrepedés utáni húzószilárdság karakterisztikus (küszöb) értéke a <i>használati állapotra</i> való ellenőrzéskor

f_{fku}	a megrepedés utáni húzószilárdság karakterisztikus (küszöb) értéke a <i>teherbírás</i> ellenőrzésekor
f_{fds}	a megrepedés utáni húzószilárdság tervezési (számítási) értéke <i>használati állapotra</i> való ellenőrzéskor
f_{fdu}	a megrepedés utáni húzószilárdság tervezési (számítási) értéke a <i>teherbírás</i> ellenőrzésekor

$f\ell$ = hajlítás (flexion)

d = tervezési (design),

k = karakterisztikus (küszöb),

s = használati állapot (service)

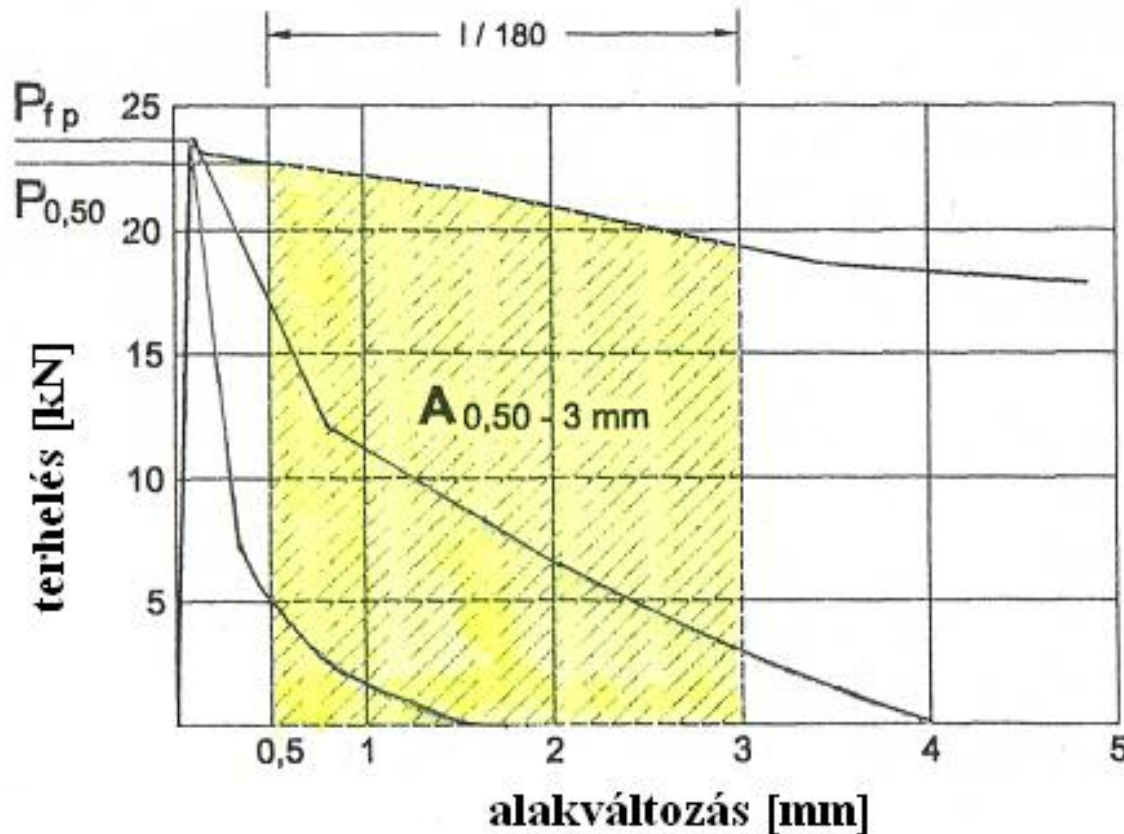
eq = egyenértékű,

m = középérték,

u = törési határállapot (ultimate)

Hajlítószilárdság kísérleti megállapítása

Dr. Erdélyi Attila



Használati határállapotban:

$$f_{eqms} = \frac{P_{0,50} \cdot l}{bh^2} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

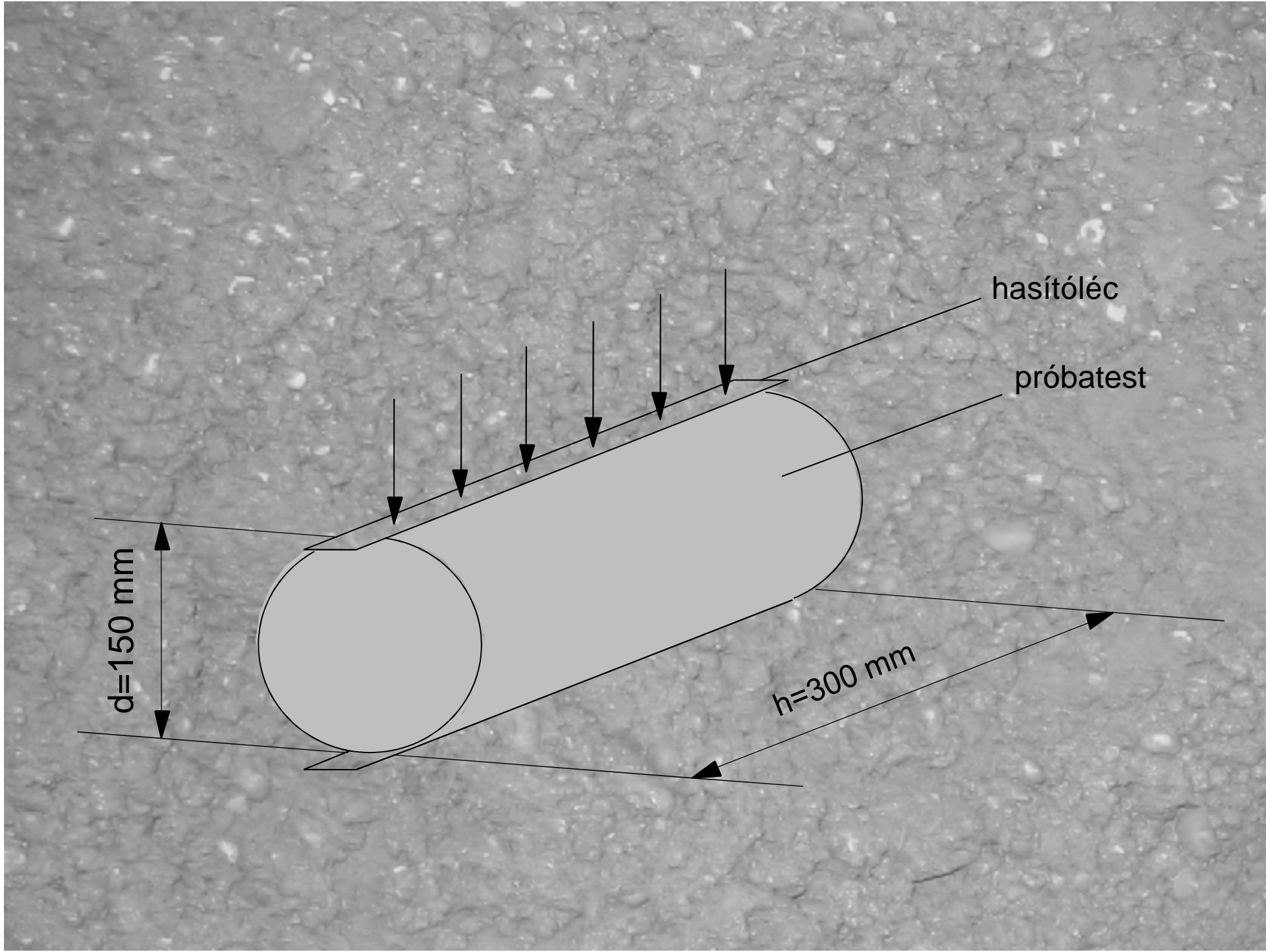
Teherbírási határállapotban:

$$f_{eqmu} = \frac{P_{0,50-3} \cdot l}{bh^2} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$$

Ahol:

$$P_{0,50-3} = \frac{A_{0,50-3}}{2,5\text{ mm}}$$

$$f_{eqks} = 0,51 f_{eqms} \quad \text{és} \quad f_{eqku} = 0,51 f_{eqmu}$$



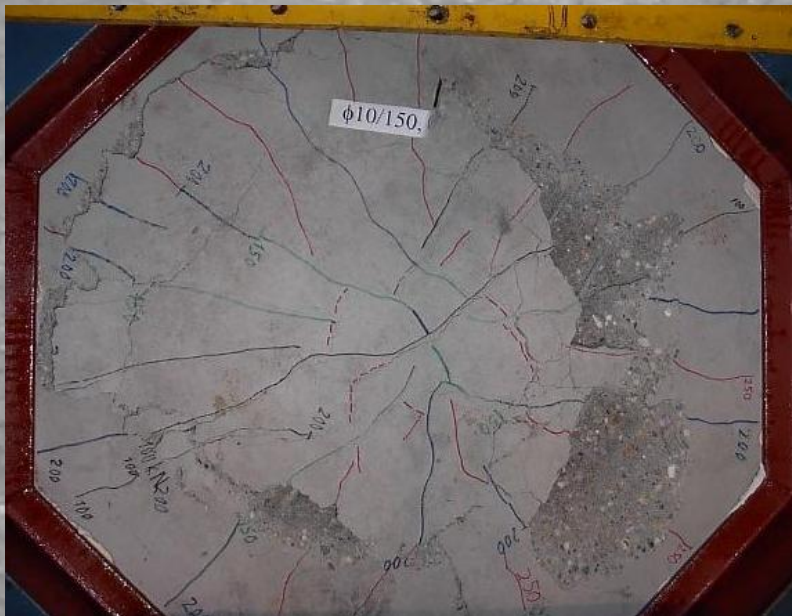
d=150 mm

h=300 mm

hasítóléc

próbatest

Kísérleti eredmények



	Acélszál adagolás (DRAMIX RC-80/60- BN-ragasztott szálak	Hálós lemezvasalás B 60.50	Kísérleti állandók	Próbate stek száma
Kísérleti paraméter	0 V%	Nincs	Próbatestek geometriája, Betonösszetétel, Terhelési mód	3
		ø10/150 alsó + felsőháló		3
	0,5 V%	Nincs		3
		ø10/150 alsó + felsőháló		3
	1,0 V%	Nincs		3
		ø10/150 alsó + felsőháló		3
Próbatestek száma: 18 db				

„TÜ” Tűzállósági osztályok (BB=Brandbeständigkeit)

RLF 6/3 tábl.

A TÜ (BB) osztályok tűzállósági követelményei a tűzállósági próba során lepattogzott betontömeg alapján

TÜ (BB) osztály	lepattogzás %-ban	
	Etalonbeton szál nélkül	Szálas beton
TÜ-1 (BB1)	100 %	< 30 %
TÜ-2 (BB2)	100 %	< 20 %

*Vizsgálat az RLF 10.8 pontja szerint a holland RWS „t(perc) – T(°C) idő–hőmérséklet” görbe szerint, 60x50x30 cm-es C25/30 szivattyúzott vagy C25/35 vízzáró alagútbeton próbatesteken, 120 percig. T =1350 °C (t=60 perc múlva),
Vizsgálati idő: t=120 perc.*

MÉRETEZÉS

RLF 7.

7.1 Alapelvek

Kétféle **határállapotra** (akár vasalatlan, vasalt vagy feszített rostbeton) méretezünk:

teherbírásra (T) és használati állapotra (TG)
azzal a különbséggel, hogy a szálas beton *megrepedés utáni húzószilárdságát* figyelembe vesszük.

7.2 A teherbírési határállapot ellenőrzése

7.2.1 Anyagjellemzők a teherbírési határállapotra

7.2.1.1 Repedés utáni húzószilárdság

A T1-T5 és TS osztályba sorolás után (vizsgálat 10.5 pont) adott az f_{eqmu} (RLF 6/2 tábl.) és ebből

$$f_{fmu} = f_{eqmu} \times 0,37 \quad (1)$$

(ha $x=0,1 \times h$ és a kar $0,5 \times h$)

Előírt legkisebb egyenértékű hajlítószilárdsági értékek a megrepedt szálas betonban a teherbírás T, ill. a használati állapot TG ellenőrzésekor T-höz f_{eqmu} : TG-höz f_{eqms} tartozik

T jelű*) szálas betonosztályok			
	az egyenértékű (eq) hajlítószilárdság középértékének (m) előírt legkisebb értéke		Ha csak a TG-t ellenőrzik
	teherbírásra f_{eqmu}	használati állapotra f_{eqms}	
Különleges osztály	5,00	5,00	Különleges TG osztály
T5	3,50	3,75	TG5
T4	2,75	3,10	TG4
T3	2,00	2,40	TG3
T2	1,25	1,70	TG2
T1	0,50	0,75	TG1
		TG-jelű rostbeton osztályok**	

*) Ez esetben T-re és TG-re is ellenőrizni kell.

***) Ez esetben a rostbeton csak a TG-osztálynak felel meg.

**Rostbeton „T” osztályok és az f_{fdu} [N/mm²]
 méretezési (számítási, tervezési, határ-)
 húzófeszültségek a megrepedés után a teherbírás
 ellenőrzéskor**

RLF 7/1 tábl.

Szálerősítésű beton osztály	az egyenértékű hajlítószilárdság középértéke f_{eqmu} [N/mm ²]	a megrepedés utáni húzószilárdság méretezési (számítási) értéke f_{fdu} [N/mm ²]	
		nem lemezszerű $b \leq 10 h^{**}$	lemezszerű építmény $b > 10 h$
Különleges T osztály	5,00	0,86	0,96
T5	3,50	0,60	0,67
T4	2,75	0,48	0,53
T3	2,00	0,35	0,38
T2	1,25	0,22	0,24
T1	0,50	0,09	0,10

Rostbeton „TG” osztályok és az f_{fds} [N/mm²] méretezési (számítási, tervezési, határ-) húzófeszültségek a megrepedés után a használati állapotra való ellenőrzéskor

RLF 7/2 tábl.

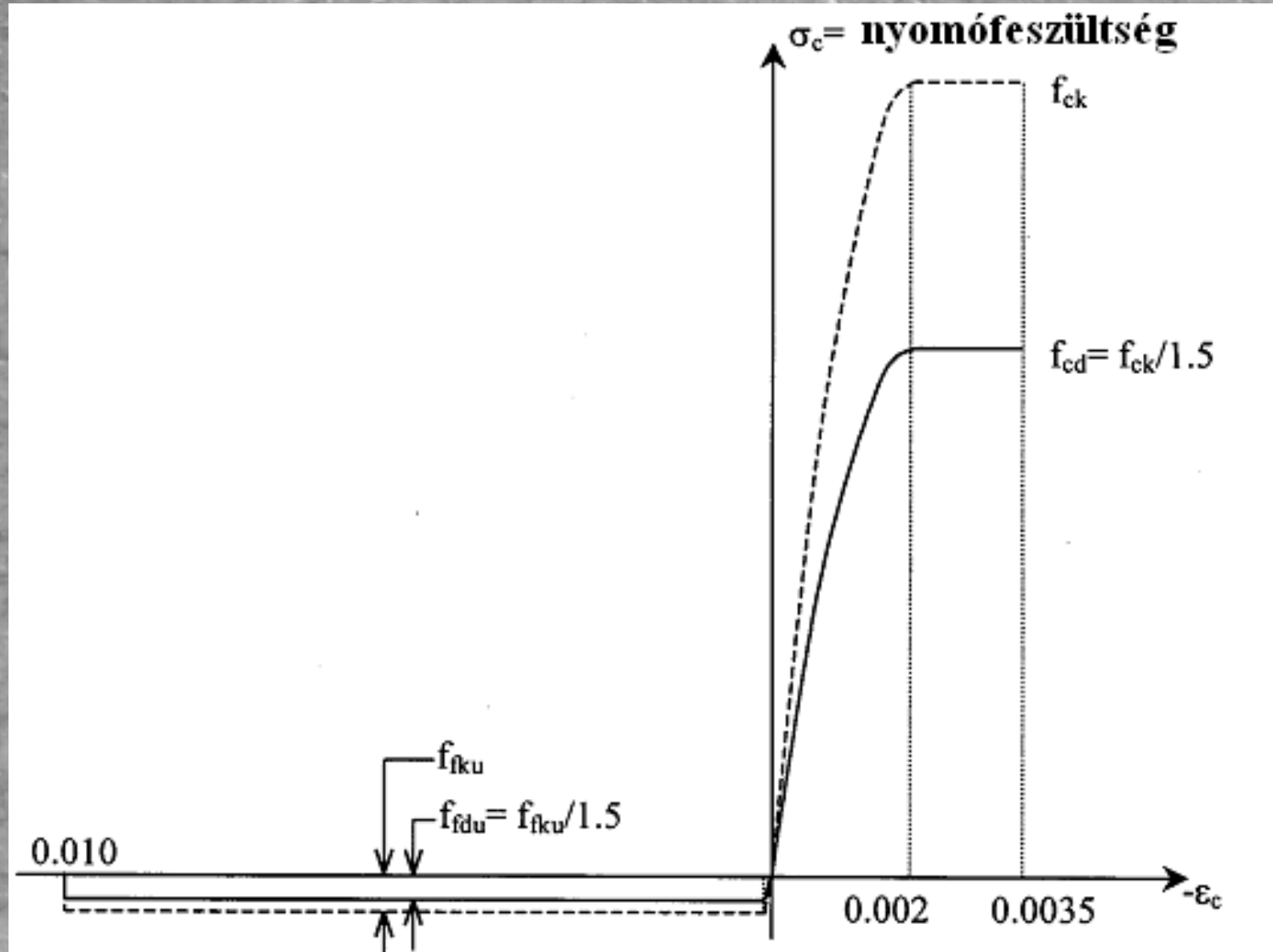
„TG”* rostbeton osztály	az egyenértékű hajlítószilárdság középértéke f_{eqms} [N/mm ²]	a megrepedés utáni húzószilárdság méretezési (számítási) értéke f_{fds} [N/mm ²]	
		nem lemezszerű $b \leq 10 h^{**}$	lemezszerű építmény $b > 10 h$
Különleges osztályok jele	5,00	1,05	1,17
TG5	3,75	0,79	0,88
TG4	3,10	0,65	0,73
TG3	2,40	0,50	0,56
TG2	1,70	0,36	0,40
TG1	0,75	0,16	0,18

*) A kérdéses „T” osztályok magukban foglalják a „TG” jelű osztályokat is (pl. T3 a TG3-at)

***) „b” az építményrész szélessége, „h” a magassága (vastagsága)

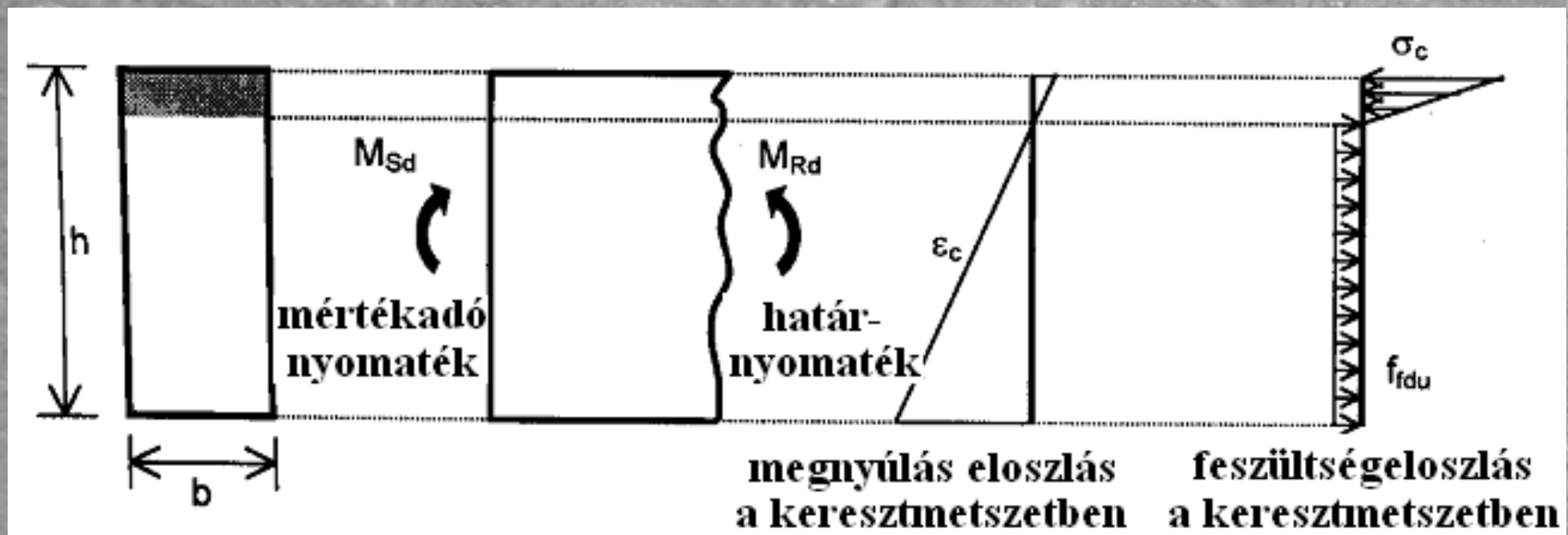
A számítás alapjául szolgáló feszültség-nyúlás diagram a teherbírás ellenőrzésekor

RLF 7/2 ábra.



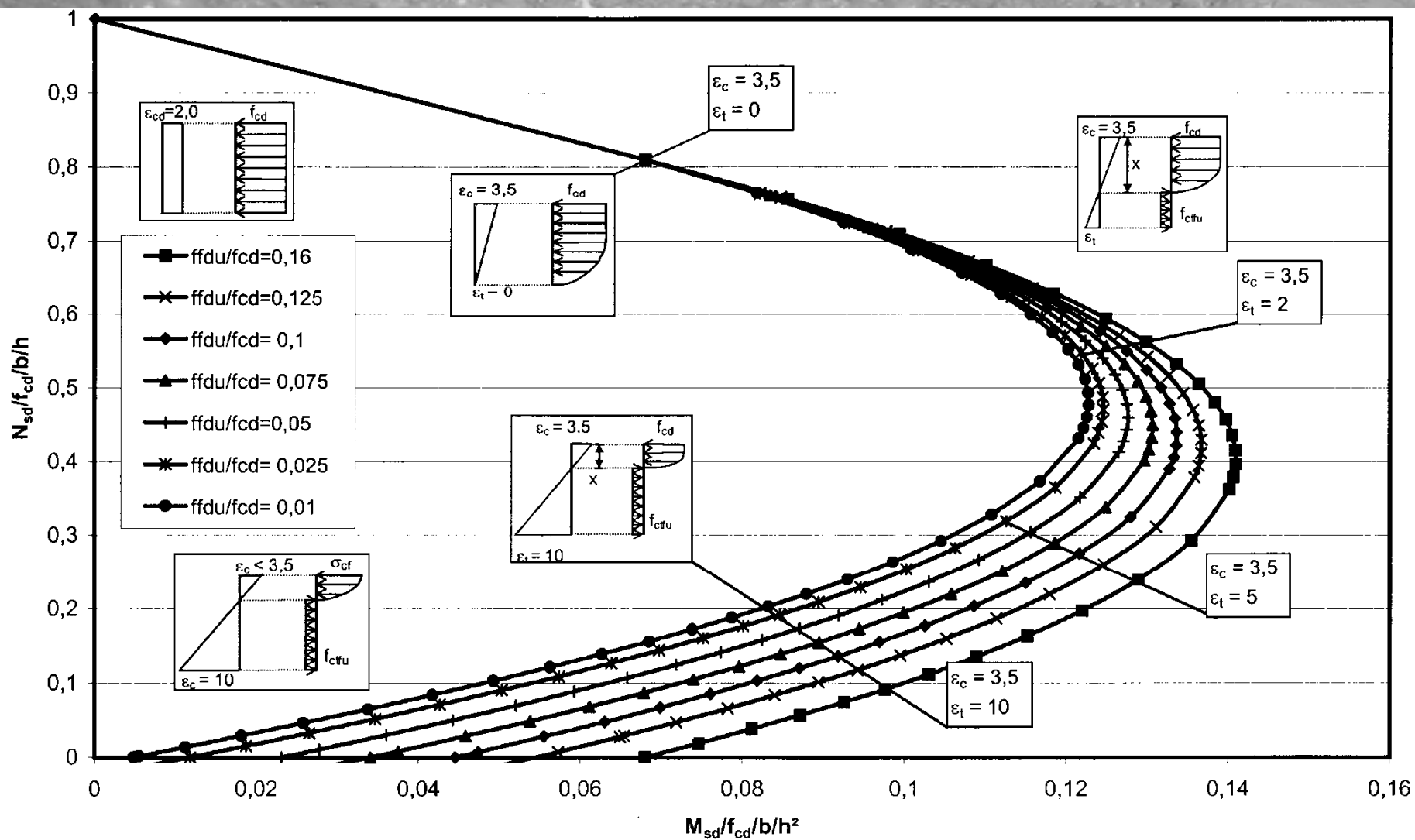
Erőjáték belső egyensúly nyúlás- és feszültségeloszlás hajlító derékszög szálerősítésű beton keresztmetszetben

RLF 7/2 ábra.



Acélerősítésű beton teherbírasi „M-N” diagramja, négyszögkeresztmetszetre

RLF 5. függ.



MÉRETEZÉS

RLF 7.

A karakterisztikus f_{fku} érték ebből ($v=15\%$ relatív szórás és 5%-os küszöbérték alapján)

$$f_{fku} = f_{fmu} \times 0,71 \quad (2)$$

Lemezszerű szerkezetekre az (szélesség $> 10 \times$ magasság) 5%-os helyett 105-ös küszöbérték vehető, és ilyenkor a

$$f_{fku} = f_{fmu} \times 0,78 \quad (3)$$

képlet, ill. az RLF 7/1 tábl. értékei alkalmazandók.

A számítási (d=design) érték mindebből

$$f_{fdu} = f_{fku} / \gamma_c = f_{fku} / 1,5 \quad (4)$$

MÉRETEZÉS

RLF 7.

A használati állapotra való ellenőrzés

Anyagjellemzők

A használati terhekre való ellenőrzéskor az RLF 7/2. tábl. értékeiből kiindulva adódnak az f_{fds} értékek:

$$f_{fms} = f_{eqms} \times 0,45$$

$s_{rel}=15\%$ és 5% -os küszöbértékek esetén:

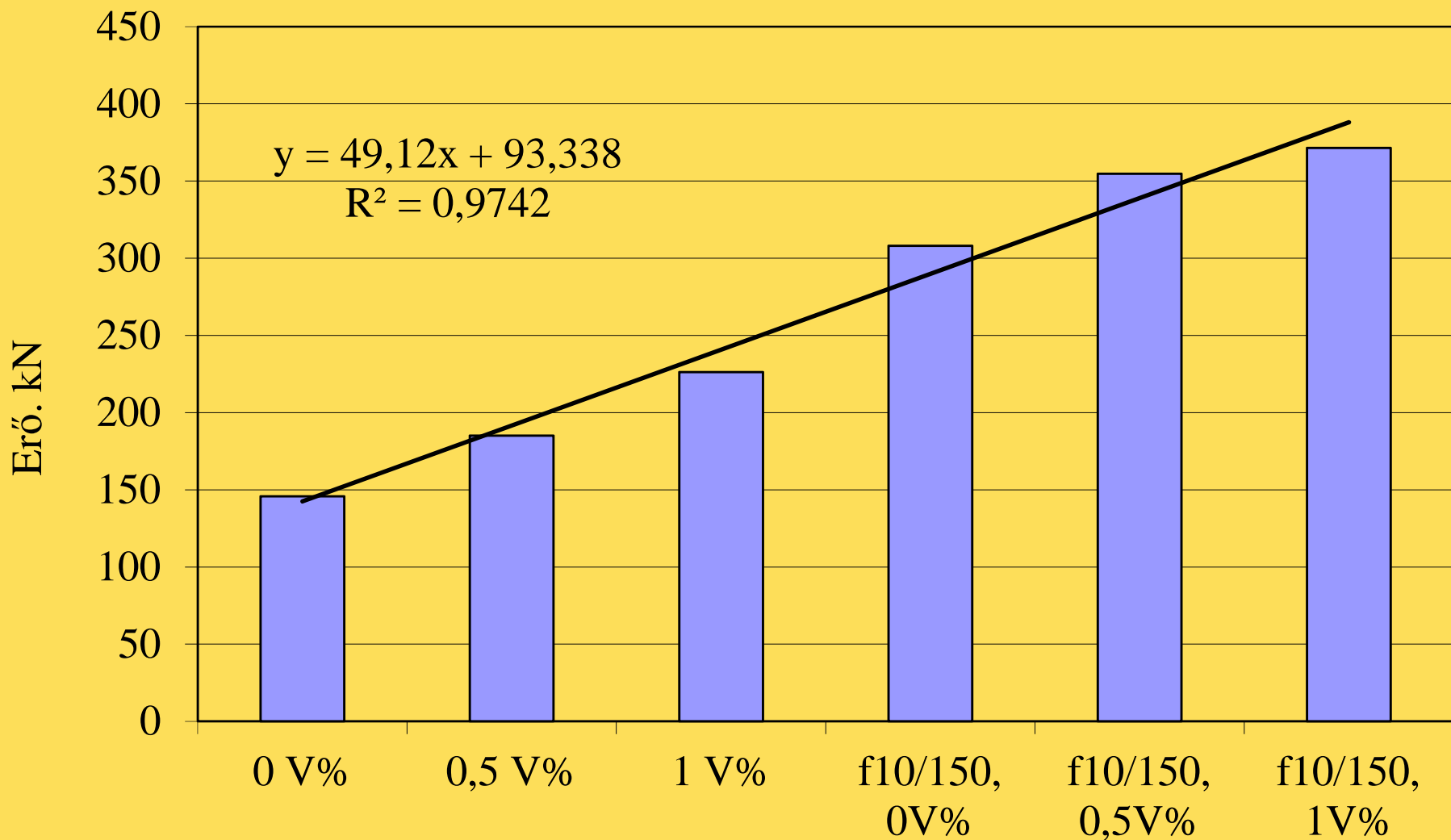
$$f_{fks} = f_{fms} \times 0,71 \quad (8)$$

lemezszerű szerkezetek esetén 10% -os küszöbértékekkel:

$$f_{fks} = f_{fms} \times 0,78 \quad (9)$$

A méretezési (tervezési) feszültség ezután:

$$f_{fds} = f_{fks} / g_c = f_{fks} / 1,5 \quad (10)$$

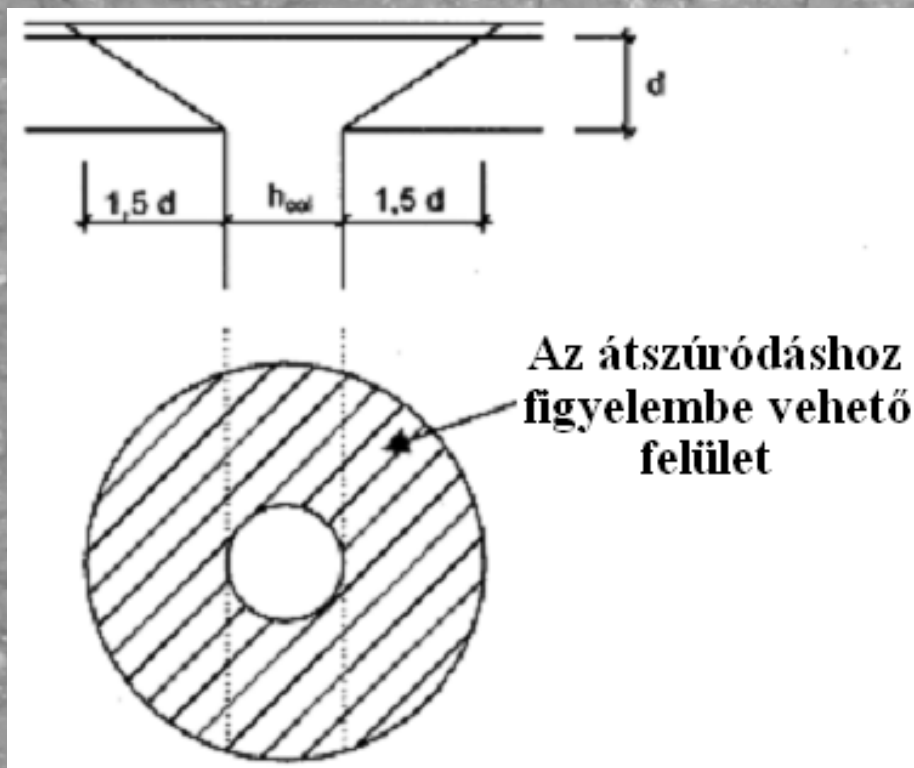


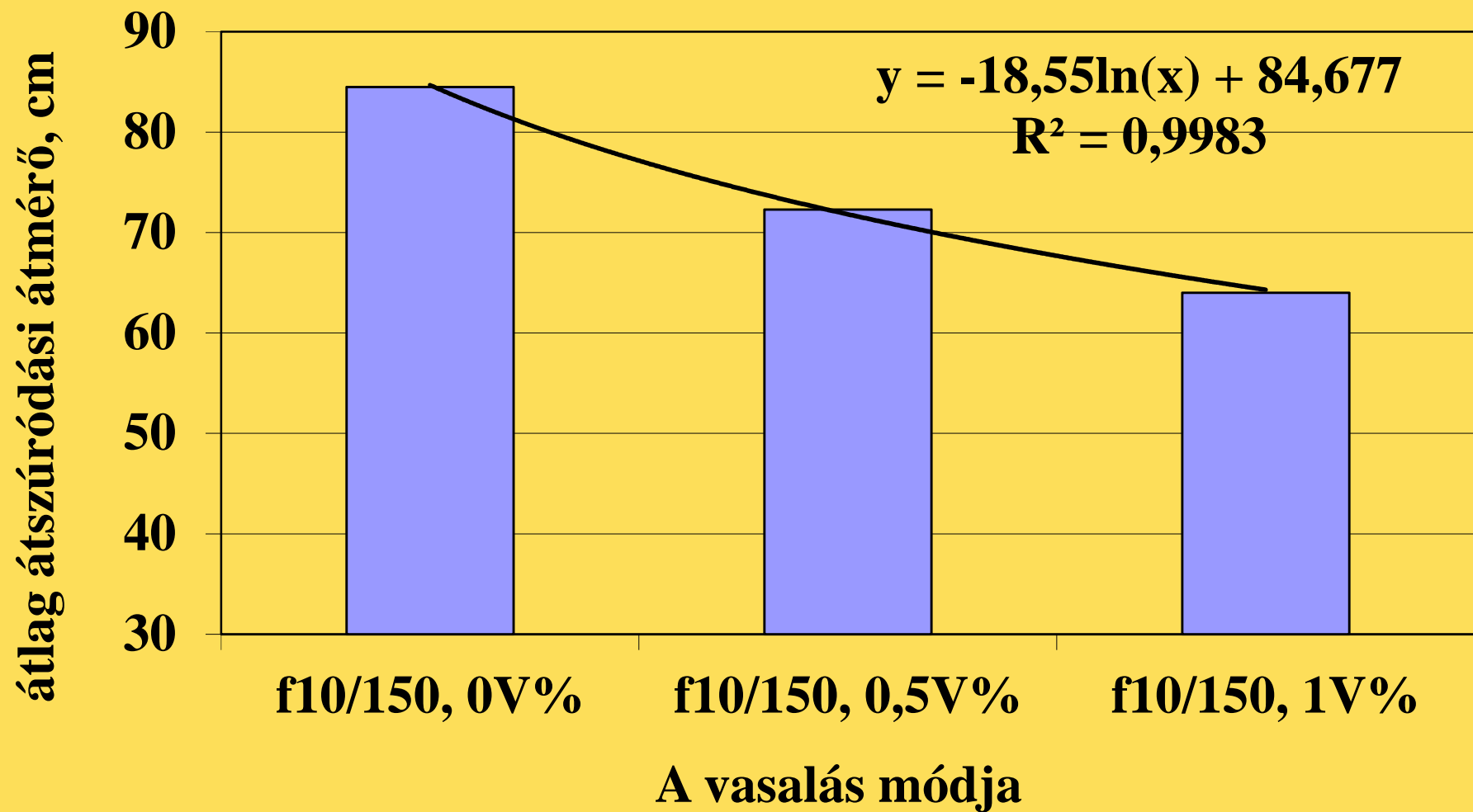
Átszűrődás

RLF 7/5 ábra

$$V_{Rds} = V_{Rdc} + \kappa_s \cdot A_{sv} \cdot f_{yd} \sin\alpha + 0,5 \cdot A_{fv} \cdot f_{yd} \leq 1,4 V_{Rdc}$$

$$A_{sv} + 0,5 \cdot A_{fv} \geq 0,15 \cdot \frac{f_{ctm} \cdot u \cdot d}{f_{yd} \cdot \sin\alpha}$$





KÍSÉRLETI TERV

[Paraméterek]

ÁLLANDÓ PARAMÉTEREK

- q Betonminőség (C 40/50-16/KK),
- q Cementminőség,
- q v/c tényező
- q Kiegészítő anyag (mészkőliszt)
- q Receptúra aránya

- q Lemez geometriája (500x500x50 mm)
- q Betonacél jellemzői (f5,5 mm; B 60.50)
- q Acélszál fajtája (DRAMIX RC65/35 BN 35)
- q Terhelés módja

VÁLTOZÓ PARAMÉTEREK

- q Acélszál adagolása
 - Ø 0 kg/m³ (0,00 V%)
 - Ø30 kg/m³ (1,25 V%)
 - Ø60 kg/m³ (2,50 V%)
 - Ø90 kg/m³ (3,75 V%)

- q Betonacél kiosztás
 - Ø Nincs vasalás
 - Ø f5,5/70/70 mm
 - Ø f5,5/35/35 mm

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány
Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék
Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

SZÁLERŐSÍTÉSŰ-ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK ÁTSZÚRÓDÁSA

Diplomamunka 2011

KÍSÉRLETI TERV

[Betonkeverékek]

Etalon betonkeverék összetevői

Anyag	Fajta vagy Frakció		Tömeg [kg/m ³]	Térfogat [liter/m ³]	Anyag mennyiség
					46 literhez [kg]
Adalékanyagok	0/4 mm frakció	45%	673	255	31,0
	4/8 mm frakció	25%	374	142	17,2
	8/16 mm frakció	30%	449	170	20,6
	Összesen	100%	1496	567	
Cement	CEM I 42,5 N		350	113	16,1
Kiegészítő anyagok	Mészkelet		280	122	12,9
Víz	mw/mc=		180	180	8,3
Adalékszer cem. m%	Glenium 51		3,5	3,5	0,161
Levegő			0	15	
Összesen			2310	1000	

Anyag	Fajta vagy Frakció		Tömeg [kg/m ³]	Térfogat [liter/m ³]	Anyag mennyiség
					46 literhez [kg]
Adalékanyagok	0/4 mm frakció	45%	671	254,0	30,9
	4/8 mm frakció	25%	373	141,1	17,2
	8/16 mm frakció	30%	447	169,4	20,6
	Összesen	100%	1491	564,5	
Cement	CEM I 42,5 N		349	112,6	16,1
Kiegészítő anyagok	Mészkelet		279	121,5	12,6
Víz	mw/mc=		179	179	8,2
Adalékszer cem. m%	Glenium 51		3,5	3,5	0,161
Acélszil			30	3,8	1,38
Levegő			0	15,1	
Összesen			2330	1008	

30 kg/m³

Anyag	Fajta vagy Frakció		Tömeg [kg/m ³]	Térfogat [liter/m ³]	Anyag mennyiség
					46 literhez [kg]
Adalékanyagok	0/4 mm frakció	45%	668	253,1	30,7
	4/8 mm frakció	28%	371	140,6	17,1
	8/16 mm frakció	30%	448	168,7	20,5
	Összesen	100%	1487	562,4	
Cement	CEM I 42,5 N		347	112,1	16,0
Kiegészítő anyagok	Mészkelet		278	121,0	12,8
Víz	mw/mc=		179	179	8,3
Adalékszer cem. m%	Glenium 51		3,5	3,5	0,161
Acélszil			30	3,8	1,38
Levegő			0	14,8	
Összesen			2356	1000	

60 kg/m³

Anyag	Fajta vagy Frakció		Tömeg [kg/m ³]	Térfogat [liter/m ³]	Anyag mennyiség
					46 literhez [kg]
Adalékanyagok	0/4 mm frakció	45%	666	252,1	30,6
	4/8 mm frakció	28%	370	140,1	17,0
	8/16 mm frakció	30%	444	168,1	20,4
	Összesen	100%	1479	560,3	
Cement	CEM I 42,5 N		346	111,7	15,9
Kiegészítő anyagok	Mészkelet		277	120,6	12,8
Víz	mw/mc=		178	177,9	8,2
Adalékszer cem. m%	Glenium 51		3,5	3,5	0,159
Acélszil			30	3,7	1,34
Levegő			0	14,8	
Összesen			2374	1000	

90 kg/m³

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

KÍSÉRLETI TERV

[Paraméterek kombinációi]

Azonosító jel	Száladagolás	Hálós vasalás	Próbatestek száma [db]		
	[kg/m ³]	[ϕ /mm/mm]	kocka	hasáb	Lemez
1.	0	nincs vasalás	3	1	2
2.	30	nincs vasalás	3	1	2
3.	60	nincs vasalás	3	1	2
4.	90	nincs vasalás	3	1	2
5.	0	5,5/70/70	3	1	2
6.	30	5,5/70/70	3	1	2
7.	60	5,5/70/70	3	1	2
8.	90	5,5/70/70	3	1	2
9.	0	5,5/35/35	3	1	2
10.	30	5,5/35/35	3	1	2
11.	60	5,5/35/35	3	1	2
12.	90	5,5/35/35	3	1	2
Összesen [db]:			36	12	24

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési SzakirányTanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék**Dr. BALÁZS L. György** egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai TanszékKülső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

A BETONKEVERÉKEK ELKÉSZÍTÉSE

[A betonkeverékek elkészítése]

Az alkotók kimérése



elhelyezése a keverőben



Mindegyik betonkeveréknél egyenletes eloszlás volt megfigyelhető, nem történt szétosztályozódás

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

FRISS BETON VIZSGÁLATOK

[Konzisztencia vizsgálat]

0 kg/m³ száladagolás



$k_{\text{átl.}} = 75,2 \text{ cm}$

90 kg/m³ száladagolás



$k_{\text{átl.}} = 55,1 \text{ cm}$

§A száladagolás növelésével a terület csökkent, de 60 kg/m³ száladagolásig folyósítószer hozzáadásával közel hasonló értékeket lehetett elérni,

§A 90 kg/m³ száladagolású betonkeverék területe már nem volt „javítható”, a keverék kivért.

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

FRISS BETON VIZSGÁLATOK

[J-Ring vizsgálat]

0 kg/m³ száladagolás



$k_{\text{átl.}} = 65,1 \text{ cm}$

90 kg/m³ száladagolás



$k_{\text{átl.}} = 48,0 \text{ cm}$

§A 90 kg/m³ száladagolású betonkeveréknél zárványosodás alakult ki.

A konzisztencia vizsgálatok során kiderült, hogy a 90 kg/m³ száladagolású betonkeverék elveszti öntömörödő jellegét. A kísérlet további menetében ezt a keveréket nem vizsgáltam!

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

FRISS BETON VIZSGÁLATOK

[Viszkozitás vizsgálat – V-Funnel]



A friss betonkeverék vizsgálatok utolsó eleme volt a kifolyásvizsgálat. Az itt felhasznált betonkeveréket egyenesen a lemez zsaluzatába engedtem.

A kiöntés során nem tapasztaltam szétosztályozódást.

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

LEMEZEK ELKÉSZÍTÉSE



**Acél armatúra elhelyezése a zsaluzatban
(előzetes zsaluolaj kikenés)**



**Próbatetek tárolása
(utókezelés - locsolással)**

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

MÉRÉSI MÓDOK

[Próbakocka]



Szál nélküli próbatest törésképe
- rideg jellegű tönkremenetel -



Száladagolású próbatest törésképe
- képlékeny jellegű tönkremenetel -

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

MÉRÉSI MÓDOK

[Lemezek]



INSTRON terhelő - berendezés

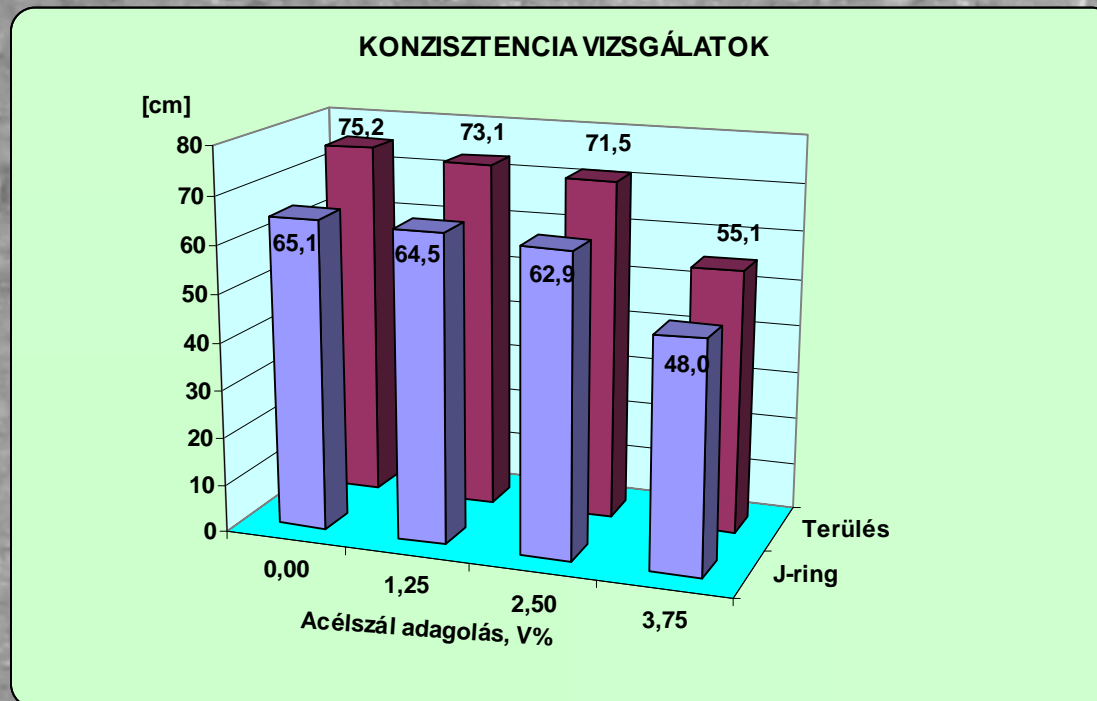


Útadó elhelyezése a próbatesten

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány
Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék
Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Friss betonkeverékek eredményei]



A 90 kg/m^3 száladagolású betonkeverék nem éri el az öntömörödő betonkeverékeknél elvárt 65 cm-es területi értéket.

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

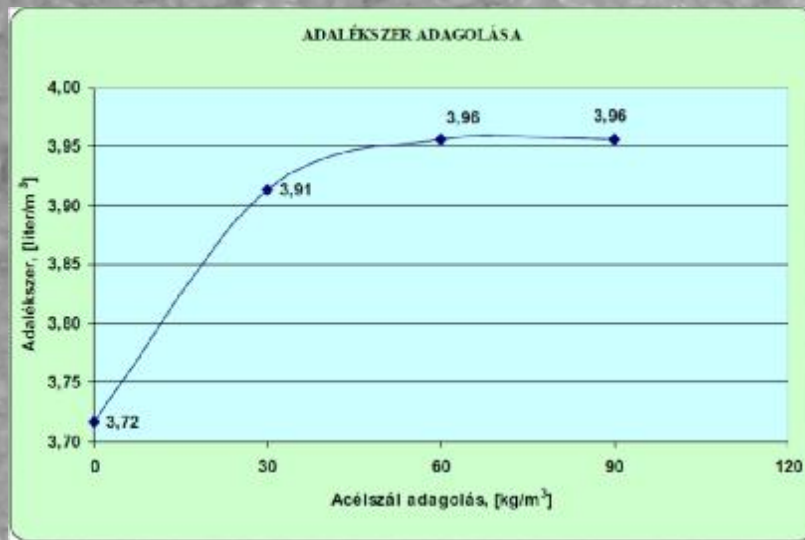
Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

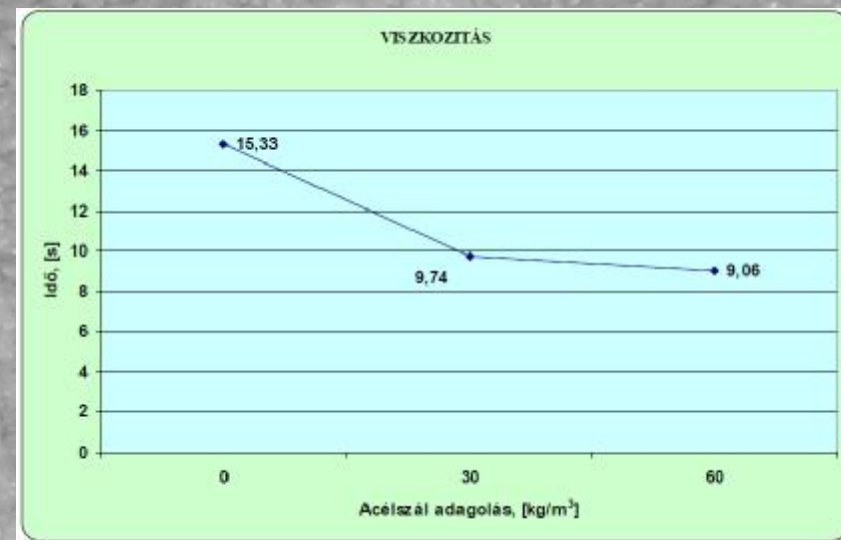
Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Friss betonkeverékek eredményei]



Adalékszer adagolása, közel azonos területi érték eléréséhez



Kifolyási idő változása a száladagolás függvényében (folyósítószer, mint befolyásoló tényező)

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

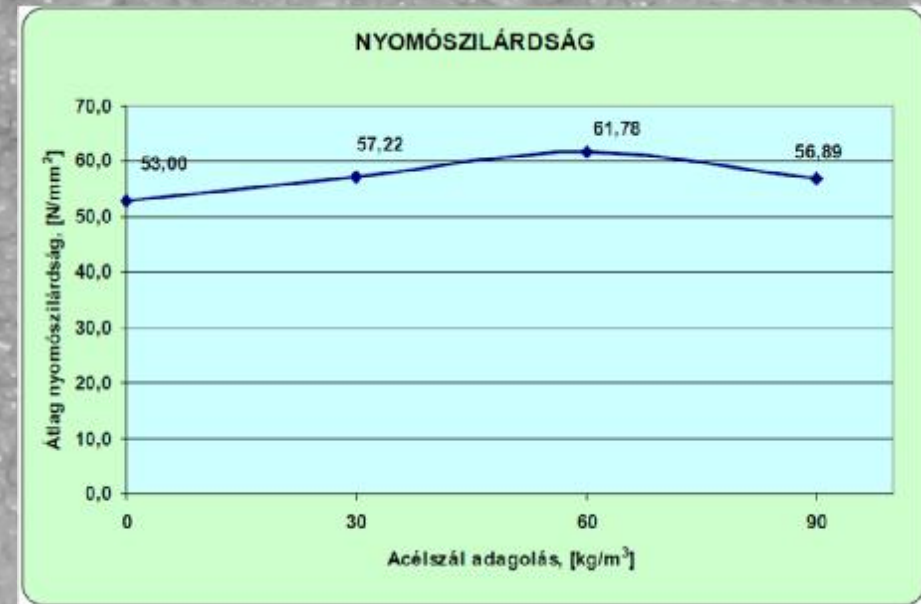
Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Próbakockák eredményei]

S.sz.	Próbakocka azonosító jel	Próbakocka méretei			Próbakocka tömege [g]	Próbakocka testsűr. [kg/m ³]	Átlag sűrűség [kg/m ³]	Törőerő [kN]	Nyomószilárdság [N/mm ²]	Hőmérsékleti átlaga [N/mm ²]	
		a [mm]	b [mm]	c [mm]							
1.	R 1	R 1/1	149,0	150,0	150,5	7870,0	2344,3	1244,5	55,09	52,89	
2.		R 1/2	150,6	150,7	150,0	7910,0	2323,5	2318,7	1145,3		50,46
3.		R 1/3	150,4	150,6	150,3	7890,0	2317,5	1989,5	52,52		
4.	R 2	R 2/1	150,0	148,3	150,5	8020,0	2395,5	1260,4	56,66	57,13	
5.		R 2/2	150,5	149,5	150,4	8010,0	2365,5	2377,6	1250,9		51,34
6.		R 2/3	150,3	149,7	150,3	8010,0	2371,8	1251,2	57,39		
7.	R 3	R 3/1	150,5	151,4	150,0	8180,0	2393,3	1399,6	61,42	62,57	
8.		R 3/2	148,3	149,5	150,4	8020,0	2405,2	2402,1	1410,2		63,61
9.		R 3/3	149,6	149,9	150,2	8110,0	2407,8	1405,3	62,67		
10.	R 4	R 4/1	150,1	150,6	150,4	7860,0	2317,8	1228,6	54,35	53,12	
11.		R 4/2	150,4	150,7	150,1	7890,0	2319,2	2327,7	1178,4		51,99
12.		R 4/3	149,9	150,4	150,3	7950,0	2346,2	1855,4	53,02		
13.	R 5	R 5/1	150,6	150,7	150,0	8020,0	2395,5	1270,4	55,98	57,06	
14.		R 5/2	150,5	149,5	150,4	8010,0	2365,5	2375,5	1255,2		57,53
15.		R 5/3	148,3	149,5	150,4	8020,0	2405,2	1278,6	57,67		
16.	R 6	R 6/1	150,4	150,6	150,3	8150,0	2394,3	1410,7	62,28	62,42	
17.		R 6/2	150,3	149,7	150,1	8140,0	2410,3	2400,7	1405,1		62,45
18.		R 6/3	150,5	149,5	150,4	8120,0	2397,3	1407,9	62,53		
19.	R 7	R 7/1	150,4	150,4	149,3	7940,0	2351,1	1958,2	52,92	53,18	
20.		R 7/2	150,0	150,5	152,5	7850,0	2280,2	2322,0	1264,3		53,35
21.		R 7/3	150,1	150,2	149,9	7890,0	2334,7	1959,6	53,21		
22.	R 8	R 8/1	152,5	150,5	148,5	7950,0	2344,3	1280,2	55,78	57,47	
23.		R 8/2	150,5	151,0	150,3	8020,0	2348,3	2356,7	1252,4		56,87
24.		R 8/3	149,9	150,2	150,0	8030,0	2377,7	1345,2	59,75		
25.	R 9	R 9/1	150,0	149,9	151,3	8120,0	2390,3	1374,5	61,13	60,35	
26.		R 9/2	150,4	150,0	151,0	8090,0	2374,3	2382,1	1384,5		61,37
27.		R 9/3	150,2	150,1	150,3	8070,0	2381,5	1320,3	58,56		
28.	R 10	R 10/1	149,9	151,0	150,0	8220,0	2426,1	1311,0	57,69	56,89	
29.		R 10/2	149,8	153,0	151,0	8250,0	2383,8	2409,4	1296,5		56,57
30.		R 10/3	150,3	153,0	150,0	8300,0	2466,2	1297,4	56,42		

A próbakockák eredményeinek összegzése

Nyomószilárdságok kiértékelése
(60 kg/m³-ig lineáris növekedés, majd visszaesés)Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési SzakirányTanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék**Dr. BALÁZS L. György** egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai TanszékKülső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Lemezek vizsgálata]



Vasalás nélküli lemez tönkremenetele



Vasalt lemezek tönkremenetele

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

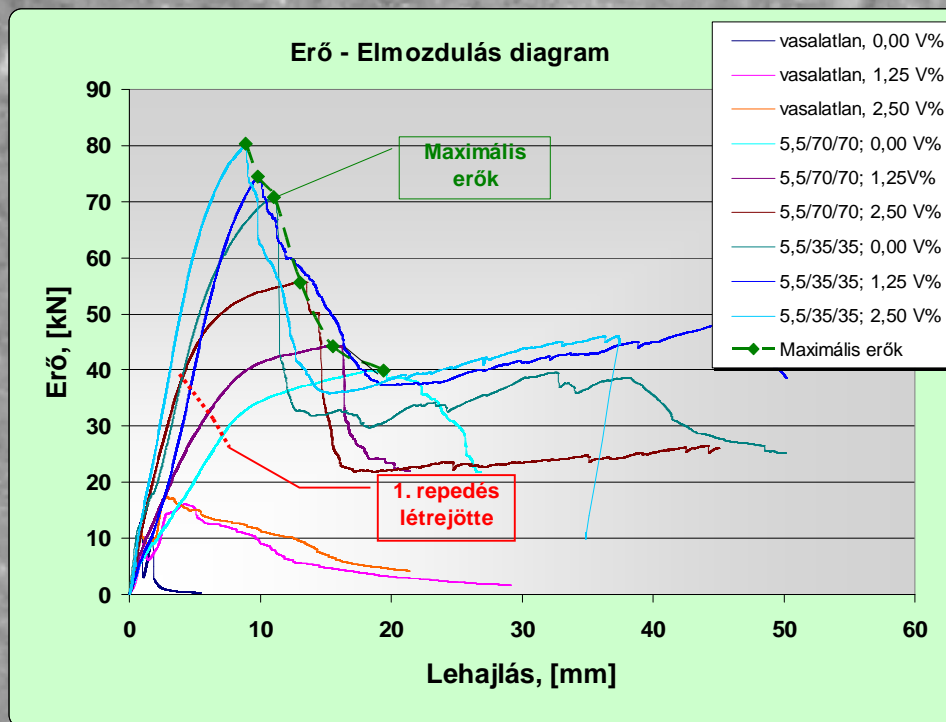
Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Lemezek vizsgálata]

**INSTON TERHELŐ –BERENDEZÉS ÉRTÉKEI***Jellemző pontok:*

§ Erő értéke a lehajlás függvényében,

§ Maximális erőhöz tartozó értékek,

§ 1. repedés létrejöttéhez tartozó értékek

Készítette: LÁSZLÓ Roland szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: Dr. Salem Georges NEHME egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: Dr. KOVÁCS Imre főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

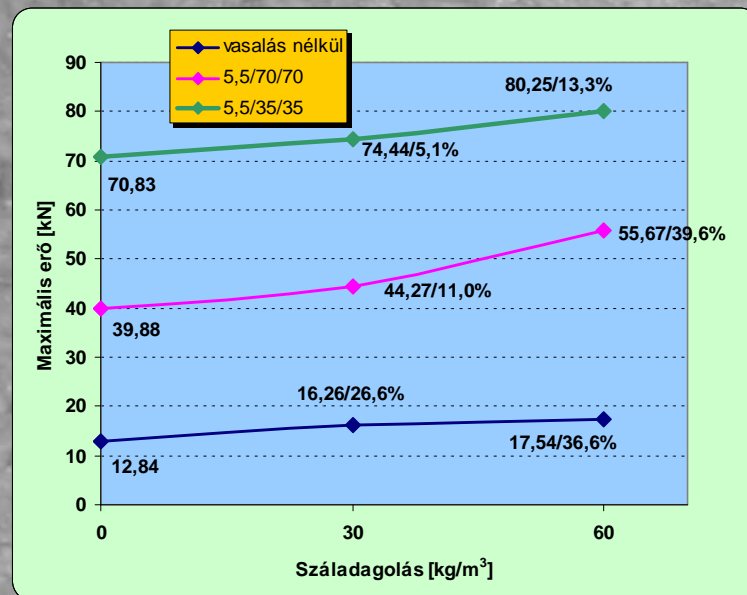
[Lemezek vizsgálatait]

S.sz.	Vasalás	Szál- adagolás	Maximális erő	Lehajás max.erőnél	Idő max.erőnél	Határ lehajlásnál	
	[ϕ /mm/mm]					[kg/m ³]	Erő
	[ϕ /mm/mm]	[kg/m ³]	[kN]	[mm]	[s]	[kN]	[s]
1.	0/0/0	0	12,84	0,80	53,96	9,18	73,32
2.	0/0/0	30	16,26	4,23	152,00	6,53	73,90
3.	0/0/0	60	17,54	2,79	108,20	9,28	67,10
4.	5,5/70/70	0	39,88	19,46	2404,40	8,76	410,10
5.	5,5/70/70	30	44,27	15,59	937,76	11,78	161,44
6.	5,5/70/70	60	55,67	13,05	781,60	18,51	146,40
7.	5,5/35/35	0	70,83	11,01	137,30	17,32	25,70
8.	5,5/35/35	30	74,44	9,80	614,70	9,82	130,80
9.	5,5/35/35	60	80,25	8,88	881,60	21,39	210,00

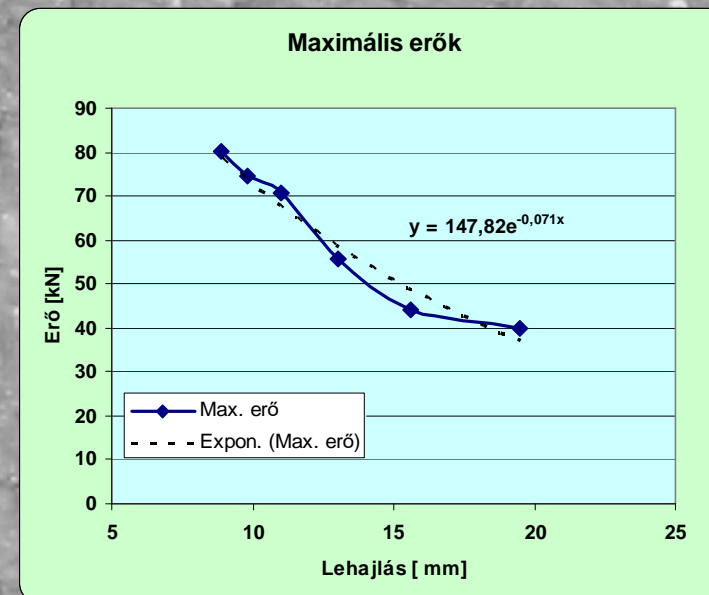
Lemezek terheléseinek jellemző
értékeiKészítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési SzakirányTanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék**Dr. BALÁZS L. György** egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai TanszékKülső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Lemezek vizsgálatai]



Hatékonyság a vasalás függvényében



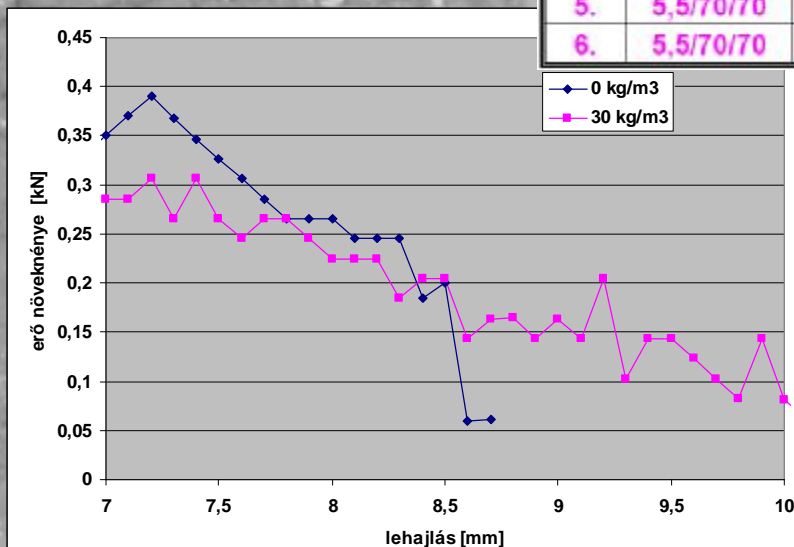
Maximális erők közötti összefüggés

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési SzakirányTanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék**Dr. BALÁZS L. György** egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai TanszékKülső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Lemezek vizsgálata]

S.sz.	Vasalás [ϕ /mm/mm]	Szál- adagolás [kg/m ³]	Maximális erő (F _m) [kN]	1. repedéshez tartozó értékek (F ₁)			
				Erő [kN]	Lehajlás [mm]	Idő [s]	F ₁ /F _m [%]
4.	5,5/70/70	0	39,88	29,15	7,33	1078,00	73,10
5.	5,5/70/70	30	44,27	38,85	8,30	551,00	87,76
6.	5,5/70/70	60	55,67	41,27	4,50	318,00	74,13



f5,5/70/70 mm vasalású lemezeknél, az
1. repedéshez tartozó értékek

Erőnövekmény csökkenésének meredeksége

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

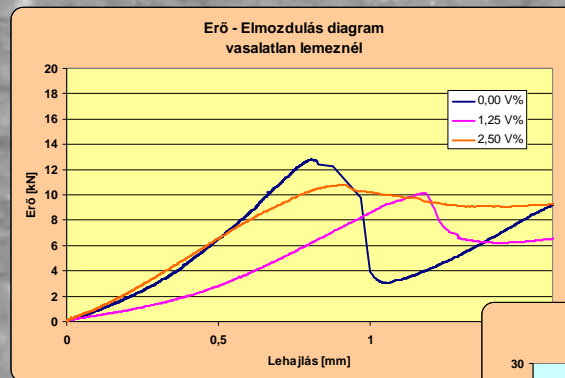
Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

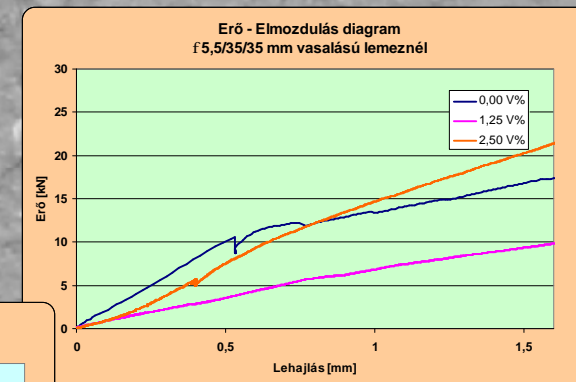
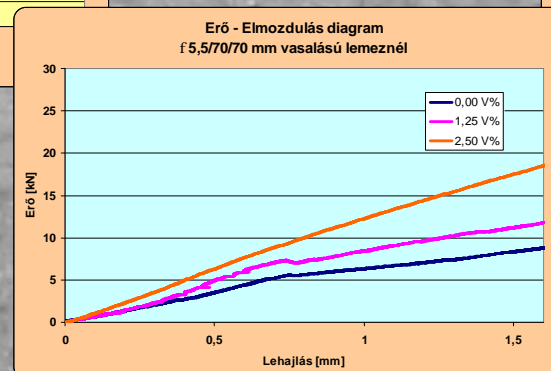
[Lemezek vizsgálata]

HATÁRLEHAJLÁS ELŐTTI ERŐK ALAKULÁSA A KÜLÖNBÖZŐ LEMEZEKNÉL



Vasalatlan lemez

f5,5/70/70 vasalás

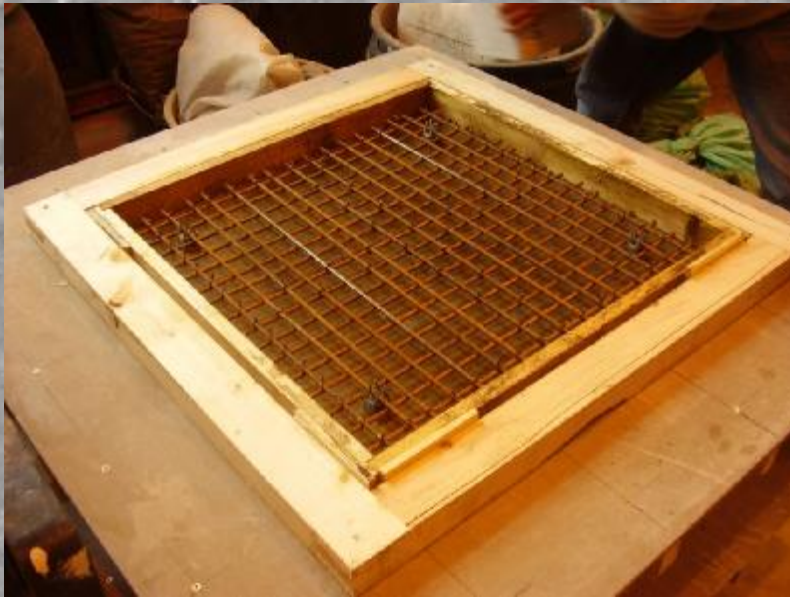


f5,5/35/35 vasalás

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány
 Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék
Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék
 Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Lemezek vizsgálatai]



Mivel a friss betonvizsgálatok során kiderült, hogy a 90 kg/m^3 száladagolású lemezeket nem tudom tovább vizsgálni, így a kimaradt két különböző kiosztású armatúráknak a visszahajlított részét levágtam, és a terhelési vizsgálatokat úgy végeztem el.

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

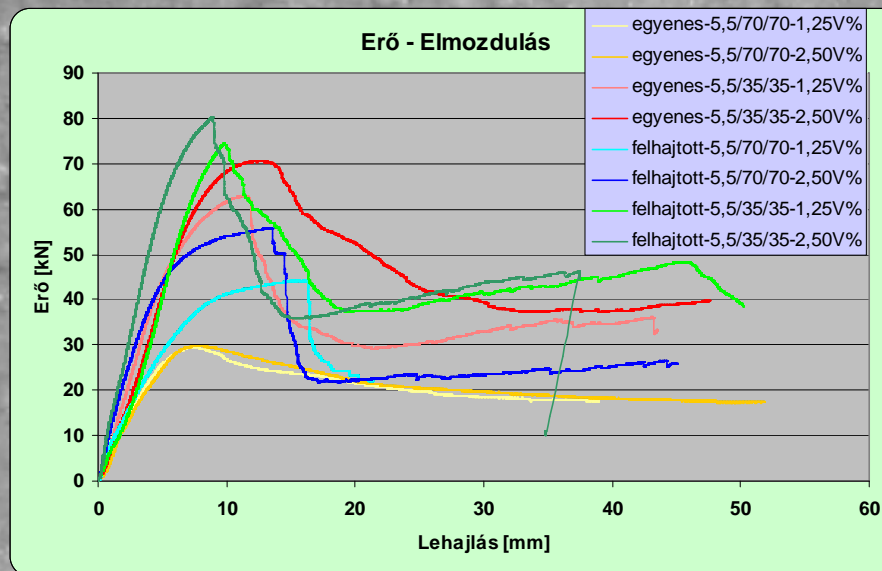
Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar

EREDMÉNYEK KIÉRTÉKELÉSE

[Lemezek vizsgálata]



Jellemzők		Maximális erő értéke		Eltérés
Vasalás kiosztása	Szál-adagolás	Lehorgonyzás nélküli	Lehorgonyzott	
$[\phi/\text{mm}/\text{mm}]$	$[\text{kg}/\text{m}^3]$	$[\text{kN}]$	$[\text{kN}]$	$[\%]$
5,5//70/70	30	29,47	43,61	47,98
5,5/70/70	60	29,7	54,81	84,55
5,5/35/35	30	62,9	73,16	16,31
5,5/35/35	60	70,69	79,56	12,55

§ A sűrűbb vasalású lehorgonyzás nélküli vasalású lemez maximális ereje nagyobb, mint a ritkább vasalású lehorgonyzott vasalású lemezé,

§ Az azonos vasalás-kiosztású lemezeknél a nagyobb száladagolással nem lehet kiváltani a lehorgonyzást!

A LEHORGONYZÁS ELHAGYÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Készítette: **LÁSZLÓ Roland** szigorló mérnök - Építőmérnöki Kar - Magasépítési Szakirány

Tanszéki Konzulens: **Dr. Salem Georges NEHME** egyetemi docens - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék

Dr. BALÁZS L. György egyetemi tanár - Építőmérnöki Kar - Építőanyagok és Mérnökgeológiai Tanszék

Külső Konzulens: **Dr. KOVÁCS Imre** főiskolai docens - Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar



Köszönöm a figyelmet