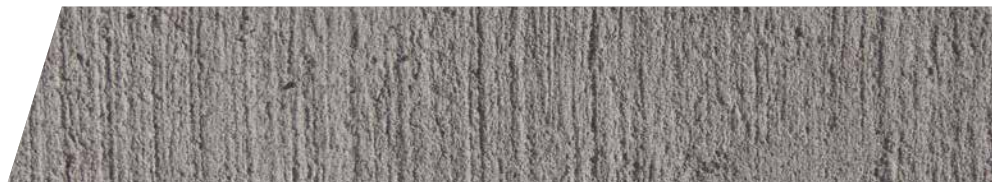


**CeMBeton**  
az építés alapja



# CEMBETON ÚTMUTATÓ *2017*





# CEMBETON ÚTMUTATÓ

## IMPRESSZUM

Kiadó: Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség

Felelős kiadó: Szarkándi János

Szerkesztők: Pluzsik Tamás, Szegőné Kertész Éva, Urbán Ferenc, Zadravecz Zsófia

Lektorok: Dr. Erdélyi Attila, Dr. Gável Viktória

Nyomda: Pharma Press Nyomdaipari Kft.

ISBN 978-963-12-8133-0

# TARTALOMJEGYZÉK

## **Bevezető (Zadravecz Zsófia) / 7**

### **1. A BETON ALAPANYAGAI / 8**

#### **1.1. CEMENT (Sas László János) / 8**

##### **1.1.1. A cementek vizsgálata - MSZ EN 196 szabványsorozat / 8**

##### **1.1.2. Az általános felhasználású cementek követelményei az MSZ EN 197-1 szabvány alapján / 9**

##### **1.1.3. A cementek összetétele és jelölése / 12**

##### **1.1.4. Mechanikai követelmények / 14**

##### **1.1.5. Fizikai követelmények / 14**

##### **1.1.6. Kémiai követelmények / 15**

##### **1.1.7. Tartóssági követelmények / 15**

##### **1.1.8. Szabványos megnevezés / 16**

##### **1.1.9. Megfelelőségi feltételek / 16**

##### **1.1.10. Egyéb jellemző (nem szabványos) cementtulajdonságok / 19**

##### **1.1.11. Különleges tulajdonságú cementek / 21**

##### **1.1.12. A tárolás hatása / 27**

##### **1.1.13. A cement egészségügyi vonatkozásai (Miskolci Balázs) / 27**

##### **1.1.14. A különböző cementtípusok ajánlott felhasználási területei (Sas László János) / 29**

#### **1.2. BETON-ADALÉKANYAGOK (Boros Sándor) / 34**

##### **1.2.1. Homok, kavics, homokos kavics frakciók / 34**

##### **1.2.2. Zúzottkő, újrahasznosított, valamint visszanyert tört adalékanyag frakciók / 36**

##### **1.2.3. Betonok készítéséhez használható adalékanyag keverékek szemmegoszlása, határgörbék / 38**

##### **1.2.4. Testsűrűség és halmazsűrűség / 40**

##### **1.2.5. Legnagyobb szemmagyság és szemmegoszlás / 41**

##### **1.2.6. A homokrész agyag-iszap tartalma / 42**

##### **1.2.7. Finomszem-tartalom / 42**

##### **1.2.8. Szemalak / 43**

##### **1.2.9. Fagyállóság, illetve fagy- és olvasztósó-állóság / 43**

##### **1.2.10. Kőzetfizikai tulajdonságok / 44**

##### **1.2.11. Vegyi szennyeződések / 45**

##### **1.2.12. Újrahasznosított betonadalékanyagok, bontott építési törmelékből / 47**

##### **1.2.13. Egyéb adalékanyagok (könnyű és nehéz adalékanyagok) / 48**

#### **1.3. KEVERŐVÍZ – az újrahasznosított víz és a mosóvíz is (Boros Sándor) / 49**

##### **1.3.1. Mi használható keverővízként? / 49**

##### **1.3.2. Vizsgálatok és követelmények / 50**

##### **1.3.3. A betongyártási, betontechnológiai folyamatból visszanyert, újrahasznosított víz, mosóvíz követelményei / 51**

#### **1.4. A BETONTECHNOLÓGIA VEGYI ANYAGAI (Asztalos István) / 53**

##### **1.4.1. Betonadalékszerek / 53**

##### **1.4.2. Formaleválasztók / 59**

##### **1.4.3. Utókezelőszerek / 62**

##### **1.4.4. Felületi kötőanyagok / 65**

##### **1.4.5. Felületi impregnáló szerek / 65**

#### **1.5. BETONKIEGÉSZÍTŐANYAGOK (Dr. Borosnyói Adorján) / 67**

##### **1.5.1. Az I. típusú kiegészítőanyagok / 67**

##### **1.5.2. A II. típusú kiegészítőanyagok / 68**

## **2. A BETON / 75**

- 2.1. A beton története röviden (Pluzsik Tamás) / **75**
- 2.2. A beton felhasználási területei (Pluzsik Tamás) / **76**
- 2.3. A betonok osztályozása az MSZ 4798:2016 szabvány szerint (Szabó Krisztián) / **79**
- 2.4. Általános betontulajdonságok (Boros Sándor) / **87**
  - 2.4.1. Vízigény / **87**
  - 2.4.2. Víz/cement tényező és szilárdság / **89**
  - 2.4.3. A frissbeton levegőtartalma / **90**
  - 2.4.4. A frissbeton testsűrűsége / **92**
  - 2.4.5. A szilárd beton testsűrűsége / **93**
  - 2.4.6. Nyomószilárdsági osztály / **93**
- 2.5. A beton jele, jelölése az MSZ 4798:2016 szerint (Szegőné Kertész Éva) / **100**

## **3. BETONTERVEZÉS (Kovács József) / 102**

- 3.1. A tervezés módszerei / **102**
- 3.2. Adalékanyag, szemmegoszlás / **102**
- 3.3. I. módszer: Dr. Ujhelyi János (1925-2011) / **105**
- 3.4. II. módszer: Dr. Palotás László (1905-1993) / **109**
- 3.5. Matematikai számítás elvégzése mai eszközök segítségével / **112**
- 3.6. A betonkeverékek tervezése Dr. Zsigovics István (1949-2015) szerint / **114**

## **4. TRANSPORTBETON KÉSZÍTÉS / 118**

- 4.1. A transzportbeton készítés technológiája (Czirják János) / **118**
  - 4.1.1. A betonösszetétel tervezésének szempontjai / **118**
  - 4.1.2. Az alapanyagok kiválasztása / **120**
  - 4.1.3. A konzisztencia kiválasztása / **121**
- 4.2. A transzportbeton keverése, szállítása, bedolgozása és utókezelése (Czirják János) / **122**
  - 4.2.1. Keverés / **122**
  - 4.2.2. Bedolgozás / **125**
  - 4.2.3. Bedolgozás / **126**
  - 4.2.4. Tömörítés / **128**
  - 4.2.5. Munkahézag / **130**
  - 4.2.6. Utókezelés / **131**
  - 4.2.7. Kizsaluzás / **132**
- 4.3. A transzportbeton egészségügyi vonatkozásai (Czirják János) / **134**
- 4.4. Betontechnológiai utasítás (Czirják János) / **135**
- 4.5. A transzportbeton átadásának-átvételének feltételei (Czirják János) / **136**
- 4.6. Különleges tulajdonságú betonok, a betontechnológia fejlődési irányai / **137**
  - 4.6.1. Beton pályaburkolatok (Dr. Liptay András) / **137**
  - 4.6.2. Hídépítési betonok (Török Zsuzsanna) / **145**
  - 4.6.3. Fagy- és olvasztósóálló betonok (Dr. Borosnyói Adorján) / **153**
  - 4.6.4. Szálerősítésű betonok (Dr. Borosnyói Adorján) / **158**
  - 4.6.5. Kopásálló betonok (Sulyok Tamás) / **173**
  - 4.6.6. Víz záró betonok (Sulyok Tamás) / **176**
  - 4.6.7. Szulfátálló betonok (Pluzsik Tamás) / **179**
  - 4.6.8. Nagytömegű betonok (Czirják János, Pluzsik Tamás) / **184**
  - 4.6.9. Savkorrózióknak fokozottan ellenálló betonok (Gál Attila) / **189**
  - 4.6.10. Nagyszilárdságú, és nagy teljesítőképességű betonok (Dr. Salem Georges Nehme) / **203**
  - 4.6.11. Alkáli-szilika és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok (Dr. Révay Miklós) / **210**

- 4.6.12. Könnyűbetonok (Migály Béla) / **215**
- 4.6.13. Nehézbetonok, sugárvédő betonok (Dr. Salem Georges Nehme) / **219**
- 4.6.14. Gyorsan vagy lassan szilárduló betonok (Szegőné Kertész Éva) / **222**
- 4.6.15. Kis zsugorodású és csekély kúszású betonok, ipari padlók (Dr. Zsigovics István munkássága és írásai alapján: Kovács József) / **225**
- 4.6.16. Öntömörödő betonok (Dr. Borosnyói Adorján) / **231**
- 4.6.17. Látszóbetonok, látványbetonok (Kapu László, Sulyok Tamás) / **240**
- 4.6.18. Hő- és tűzálló betonok (Dr. Majorosné dr. Lublós Éva Eszter, Dr. Balázs L. György) / **245**
- 5. FRISS- ÉS MEGSZILÁRDULT BETON VIZSGÁLATOK (Szegőné Kertész Éva) / 249**
- 5.1. Konzisztencia / **249**
- 5.1.1. Roskadás vizsgálata / **249**
- 5.1.2. Tömörödési tényező meghatározása / **250**
- 5.1.3. Terülés vizsgálata / **251**
- 5.1.4. Roskadási terület vizsgálata / **252**
- 5.1.5. Tölcséres kifolyás (V-tölcsér) vizsgálata / **252**
- 5.2. A frissbeton levegőtartalmának meghatározása (nyomásmódszer) / **253**
- 5.3. A frissbeton testsűrűségének meghatározása / **253**
- 5.4. A frissbeton cementtartalmának meghatározása / **254**
- 5.5. A beton szilárdságának becslése Schmidt-kalapáccsal / **254**
- 5.6. A nyomószilárdság meghatározása az MSZ EN 12390-3 szabvány szerint / **255**
- 5.7. A hajlító-húzó szilárdság meghatározása az MSZ EN 12390-5 szabvány szerint / **256**
- 5.8. A hasító-húzó szilárdság meghatározása az MSZ EN 12390-6 szabvány szerint / **257**
- 5.9. A vízzáróság vizsgálata / **258**
- 5.10. A beton fagy- és olvasztósó-állóságának vizsgálata / **259**
- 5.11. A betonösszetétel utólagos meghatározása / **262**
- 6. BETONKÁROK OKAI ÉS MEGELŐZÉSE (Pluzsik Tamás, Czirják János, Óvári Albert) / 263**
- 6.1. Szétosztályozódás (Óvári Albert) / **263**
- 6.2. Repedésképződés és zsugorodás (Pluzsik Tamás) / **264**
- 6.3. Betonfedés, karbonátosodás, betonacél korrózió (Czirják János) / **269**
- 6.4. Kivirágzások (Pluzsik Tamás) / **270**
- 6.5. Fagy és olvasztósó hatása (Czirják János) / **272**
- 6.6. Szulfátok hatása (Pluzsik Tamás) / **274**
- 6.7. Vegyi anyagok hatása (Óvári Albert) / **275**
- 7. FORGALMAZÁS – ÜZEMI GYÁRTÁS ELLENŐRZÉS TANÚSÍTÁSA ÉS A BETON MEGFELELŐSÉGEK ÉRTÉKELÉSE (Dr. Karsainé Lukács Katalin, Urbán Ferenc) / 281**
- 7.1. Az építési termékek jogszerű forgalmazásának háttere / **281**
- 7.2. TÁÉE (AVCP) rendszerek / **284**
- 7.3. Szállítás, forgalomba hozatal, beépítés / **285**
- 7.3.1. Szállítólevél / **285**
- 7.3.2. Teljesítménynyilatkozat / **285**
- 7.3.3. CE jel / **286**
- 7.4. Akkreditálás, kijelölés, bejelentés / **287**
- 7.4.1. Akkreditálás / **287**
- 7.4.2. Kijelölés, bejelentés / **289**
- 7.5. A transzportbeton megfelelőségének ellenőrzése, a megfelelőség igazolása / **290**
- 7.5.1. A tervezett beton megfelelőségének ellenőrzése és értékelése / **290**
- 7.5.2. A nyomószilárdság megfelelőségének ellenőrzése / **293**

- 7.5.3. A hasító/hajlító-húzó szilárdság megfelelőségének ellenőrzése és értékelése / **299**
- 7.5.4. Egyéb tulajdonságok megfelelőségének ellenőrzése / **300**
- 7.5.5. Az előírt összetételű és előírt szabványos beton megfelelőségének ellenőrzése / **304**
- 7.5.6. Intézkedések nemmegfelelőség esetén / **304**
- 7.5.7. Gyártásközi ellenőrzés / **304**
- 7.6. A megfelelőség értékelése - A gyártásközi ellenőrzés értékelése, felügyelete és tanúsítása / **310**
- 7.7. A beépített betonok megfelelősége / **310**
- 7.7.1. A szabvány alkalmazási területe / **311**
- 7.7.2. Fogalmak / **311**
- 7.7.3. Szerkezeti betonszilárdsági osztályok / **312**
- 7.7.4. A szerkezeti betonszilárdság meghatározása kifűrt hengerekkel / **313**
- 7.7.5. A kivitelezésre vonatkozó megfelelőségi feltételek / **314**
- 7.8. Az MSZ EN 206, valamint a tervezésre és a kivitelezésre, illetve az alkotóanyagokra és a vizsgálati módszerekre vonatkozó szabványok közötti kapcsolat / **314**

## **SZABVÁNYJEGYZÉK / 316**

Ez a szakmai ismertető a betonnal foglalkozó kezdő vagy már tapasztalattal rendelkező építőipari szakembereknek készült. Útmutatást és különböző technikai ismereteket ad, így kiválóan alkalmazható a mindennapi munka során.

A Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség új célt tűzött ki maga elé. Ezzel szélesebb körben szeretné biztosítani az iparág fennmaradását és továbbfejlődését. Ennek szellemében a kézben tartott kézikönyv hasábjain az eddig összegyűjtött tudást újrastrukturálta és meg kíván felelni az új kor kihívásainak is.

Az útmutató legnagyobb érdeme, hogy az egyes oldalak tartalma magyar elméleti és gyakorlati szakemberek tollából származik és azzal a gondoskodással és alázattal készült, amely a beton, mint építőanyag és az ember kapcsolatát jellemzi már a római kor óta.

A beton modern világunk egyik legelterjedtebb építőanyaga, amely az elmúlt években reneszánszát éli. Megdöbbentő, hogy a világ népességének 70%-a valamilyen betonstruktúrában éli mindennapjait. Hiszek abban, hogy minden szakember, aki betonból alkot pont ezért felelősséggel tartozik az iránt, hogy ebből az anyagból mit tervez, mit alkot, vagy éppen mit ellenőriz a már létrehozott struktúrában.

A kézikönyv három nagy részből áll. Az első rész a beton alapanyagait és azokkal szemben támasztott követelményeket tartalmazza. Ezt követően a beton és betontervezés ismérveivel ismerkedhet meg az olvasó. Az utolsó részben pedig a beton egyes felhasználási területeit boncolgatják a szerzők, ide sorolva a betonkárok okait és azok megelőzési lehetőségeit.

Fontosnak tartom kiemelni, hogy sokan járultak hozzá ennek a szakkönyvnek a létrejöttéhez és őszinte köszönet jár mindazoknak, akik teljes szakértelmüket latba vetve időt és energiát nem kímélve át kívánják adni tudásukat. Ugyancsak köszönet jár azon olvasóknak, akik visszajelzéseikkel rámutatnak az esetleges hibákra és javaslatot tesznek a jövőbeni továbbfejlesztésre.

Kívánom minden olvasónak, hogy fedezze fel az útmutató egyes lapjain a betonban rejlő lehetőségeket és sajátítsa el azokat a technikákat, amellyel ebből az anyagból egyedi és látványos struktúrákat hozhat létre.

Zadavec Zsófia



# 1. A BETON ALAPANYAGAI

## 1.1. CEMENT (SAS LÁSZLÓ JÁNOS)

A kötőanyagok olyan porrá őrölt termékek, melyeket vízzel összekeverve jól formázható pépszerű anyag képződik, és az később kőszerűen megszilárdul. Ha ez a megszilárdult anyag vízben oldódik, akkor nem hidraulikus kötőanyag (pl. gipsz), ha pedig nem oldódik, akkor hidraulikus kötőanyag (pl. cement). A megkötött cement szilárdságát adó hidratációs termékek vízben oldhatatlanok.

A portlandcement a hidraulikus kötőanyagok családjának legismertebb tagja, nevét az angliai Portland tengerparti köveinek – amelyet Anglia szerte kiváló építőköként használtak a XIX. században – színéhez való hasonlósága miatt kapta. Szilárdságát a kalcium-szilikát ásványok (alit, belit) hidrátvegyületei biztosítják, melyek időállóságát, tartósságát, stabilitását kétezer éves római kori építmények bizonyítják.

A portlandcementklinkert a pontosan beállított kémiai összetételű, finomra megőrölt nyersliszt forgókamencében 1400 °C feletti hőmérsékleten zsugorodásig (klinkerizáció) történő égetésével állítják elő. Az égetés célja, hogy kialakuljanak a cement majdani szilárdságának biztosításában legfontosabb szerepet játszó klinkerásványok: az alit és a belit. A cementőrlés célja egyrészt a reakcióképes felület növelése a klinkerszemcsék méretének csökkentése által, másrészt a cement egyes alkotóinak (klinker, kötőanyag, esetleg kiegészítő-anyagok) homogenizálása.

A portlandcement színe elsősorban a klinker vas-oxid vegyületeinek mennyiségétől és állapotától függ, de hatással van rá a gyártáshoz felhasznált nyersanyagok minősége, a gyártási technológia és a cement összetétele is. Például a fehér cement vas-oxid mentes nyersanyagokból készült portlandcement.

A portlandcement színéből a cement tulajdonságaira visszakövetkeztetni nem lehet!

Az alumínát- vagy bauxitcementekben – a portlandcementektől teljesen eltérően – kalcium-alumínát ásványok hidratációja megy végbe. A megszilárdult alumínát- vagy bauxitcement kitűnő tűzállósággal rendelkezik, azonban szilárdságát normál körülmények között is elveszitheti, ezért szerkezetépítésben nem használható.

### 1.1.1. A CEMENTEK VIZSGÁLATA - MSZ EN 196 SZABVÁNYSOROZAT

A cementek mechanikai, fizikai, kémiai és egyéb tulajdonságainak vizsgálatát az MSZ EN 196 szabvány-sorozat szerint kell elvégezni. A vizsgálati eredményeknek az MSZ EN 197-1 termékszabványban előírt követelményeknek kell megfelelniük. A vonatkozó szabványok esetleges későbbi változásait figyelembe kell venni!

**Az MSZ EN 196 vizsgálati szabványsorozat a következő részekből áll:**

- **MSZ EN 196-1:2016**  
Cementvizsgálati módszerek. 1. rész: A szilárdság meghatározása
- **MSZ EN 196-2:2013**  
Cementvizsgálati módszerek. 2. rész: A cement kémiai elemzése
- **MSZ EN 196-3:2005+A1:2009**  
Cementvizsgálati módszerek. 3. rész: A kötési idő és a térfogat-állandóság meghatározása
- **MSZ EN 196-5:2011**  
Cementvizsgálati módszerek. 5. rész: A puccoláncementek puccolánosságának meghatározása
- **MSZ EN 196-6:2010**  
Cementvizsgálati módszerek. 6. rész: Az őrlési finomság meghatározása
- **MSZ EN 196-7:2008**  
Cementvizsgálati módszerek. 7. rész: A cement mintavételi és minta-előkészítési eljárásai

- **MSZ EN 196-8:2010**  
Cementvizsgálati módszerek. 8. rész: Hidratációs hő. Oldásos módszer
- **MSZ EN 196-9:2010**  
Cementvizsgálati módszerek. 9. rész: Hidratációs hő. Féladiabatikus módszer
- **MSZ EN 196-10:2016**  
Cementvizsgálati módszerek. 10. rész: A cement vízzoldható króm(VI)tartalmának meghatározása

### 1.1.2. AZ ÁLTALÁNOS FELHASZNÁLÁSÚ CEMENTEK KÖVETELMÉNYEI AZ MSZ EN 197-1 SZABVÁNY ALAPJÁN

Az MSZ EN 197-1:2011 szabvány alapján a cement alkotórészeire vonatkozó legfontosabb követelmények a következők:

A CEM cement hidraulikus szilárdulását elsősorban a kalcium-szilikátok hidratációja okozza, de a szilárdulási folyamatban egyéb kémiai vegyületeknek, pl. az alumínátoknak is szerepük lehet. A CEM cementben a reakcióképes kalcium-oxid (CaO) és a reakcióképes szilícium-dioxid (SiO<sub>2</sub>) mennyiségének összege legalább 50 m/m% legyen, ha ezek arányát az MSZ EN 196-2 szerint határozzuk meg.

#### Portlandcementklinker (K)

A portlandcementklinkert pontosan meghatározott összetételű nyersanyagkeverék (nyersliszt, pép vagy nyersiszap) – amely oxidokban kifejezett alkotórészeket: CaO-ot, SiO<sub>2</sub>-ot, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ot, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-ot, valamint kis mennyiségben egyéb anyagot tartalmaz – zsugorodásig való égetésével állítják elő. A nyerslisztet, a pépet vagy a nyersiszapot egyenletesen kell elosztatni, alaposan keverni, hogy homogén legyen.

A portlandcementklinker olyan hidraulikus anyag, amelynek legalább kétharmad tömegrészben kalcium-szilikátokat kell tartalmaznia (3CaO·SiO<sub>2</sub> és 2CaO·SiO<sub>2</sub>), a fennmaradó rész pedig alumínium-oxidot és vas-oxidot tartalmazó klinkerfázisból és egyéb vegyületekből áll. A CaO/SiO<sub>2</sub> tömegaránya legalább 2,0 legyen. A magnézium-oxid (MgO)-tartalom legfeljebb 5,0 m/m% legyen.

#### Granulált kohósalak (S)

A granulált kohósalakot megfelelő összetételű salakolvadék gyors hűtésével állítják elő. Az olvadék a nagyolvasztóban képződik a vas-oxid megolvasztása során, és tömegének legalább kétharmad része üveges állapotú salak, amely megfelelően aktiválva hidraulikus tulajdonságú.

A kalcium-oxid (CaO), a magnézium-oxid (MgO) és a szilícium-dioxid (SiO<sub>2</sub>) összesített mennyisége a kohósalak tömegének legalább kétharmad része legyen. A fennmaradó rész alumínium-oxidból (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) és más, kis mennyiségű vegyületekből áll. A (CaO+MgO)/(SiO<sub>2</sub>) tömegarány 1,0-nél nagyobb legyen.

#### Puccolános anyagok (P, Q)

A puccolános anyagok természetes eredetű anyagok, amelyek szilikátokból vagy alumínát-szilikátokból, illetve ezek változataiból állnak. Az eröművi pernye és a szilikapor is puccolános tulajdonságú, ezeket azonban a szabvány külön szakaszokban tárgyalja.

A puccolános anyagok önmagukban vízzel keverve nem kötőképesek, de finomra őrölve és víz jelenlétében, szokásos környezeti hőmérsékleten az oldott kalcium-hidroxiddal (Ca(OH)<sub>2</sub>) reagálnak és szilárd kalcium-szilikát- és kalcium-alumínát-vegyületeket hoznak létre. Ezek a vegyületek hasonlóak azokhoz, amelyek a hidraulikus anyagok szilárdulása során keletkeznek. A puccolános főként reakcióképes szilícium-dioxidot (SiO<sub>2</sub>) és alumínium-oxidot (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) tartalmaznak. A fennmaradó részt vas-oxid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) és egyéb vegyületek alkotják. A reakcióképes kalcium-oxid mennyisége a szilárdulás szempontjából elhanyagolható. A reakcióképes szilícium-dioxid-tartalom legalább 25,0 m/m% legyen.

## **Természetes puccolánok (P)**

A természetes puccolánok rendszerint vulkanikus eredetű anyagok vagy üledékes kőzetek megfelelő kémiai és ásványi összetételű termékei, amelyek megfelelnek „Puccolános anyagok” szakasz előírásainak.

## **Természetes kalcinált puccolánok (Q)**

A természetes kalcinált puccolánok olyan hőkezeléssel aktivált vulkanikus eredetű anyagok, agyagok és palák vagy üledékes kőzetek, amelyek megfelelnek a „Puccolános anyagok” szakasz előírásainak.

## **Pernye (V, W)**

A pernyét a szénportüzelésű kazánok füstgázaiból a porszerű részecskék elektrosztatikus vagy mechanikus leválasztásával nyerik.

Más módon nyert pernyét nem szabad alkalmazni az MSZ EN 197-1 szerinti cementben.

A pernyék savas vagy bázikus jellegűek lehetnek. Az előbbieket puccolános tulajdonságúak, az utóbbiak ezen kívül még hidraulikus tulajdonságokkal is rendelkezhetnek. A pernye izzítási vesztesége a következő határértékek között legyen az MSZ EN 196-2 szerint meghatározva úgy, hogy az izzítás időtartama 1 óra:

- 0-5,0 m/m%
- 2,0-7,0 m/m%
- 4,0-9,0 m/m%

Ha a pernyét főalkotórészként használják fel a cement gyártása során, akkor a pernye izzítási veszteségének a felső határát fel kell tüntetni a csomagoláson és/vagy a szállítási dokumentumon.

## **Savas jellegű pernye (V)**

A savas jellegű pernye puccolános tulajdonságú, főként gömbölyű, üveges részecskékből álló finom por. Alapvetően reakcióképes szilícium-dioxidból ( $\text{SiO}_2$ ) és alumínium-oxidból ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) áll. A fennmaradó rész vas-oxidot ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) és más vegyületeket tartalmaz.

A reakcióképes kalcium-oxid aránya legfeljebb 10,0 m/m%, a szabad kalcium-oxid-tartalom, az MSZ EN 451-1-ben leírt módszerrel meghatározva, legfeljebb 1,0 m/m% legyen. Az 1,0 m/m%-nál több, de 2,5 m/m%-nál kevesebb szabad kalcium-oxidot tartalmazó pernye szintén alkalmazható, ha a duzzadása (térfogat-állandóság) az MSZ EN 196-3 szerint, 30 m/m% savas jellegű pernyéből és 70 m/m% az MSZ EN 197-1 szabványnak megfelelő CEM I cementből álló keveréken meghatározva, legfeljebb 10 mm.

Az reakcióképes szilícium-dioxid-tartalom legalább 25,0 m/m% legyen.

## **Bázikus jellegű pernye (W)**

A bázikus jellegű pernye hidraulikus és/vagy puccolános tulajdonságú finom por. Főként reakcióképes kalcium-oxidot ( $\text{CaO}$ ), szilícium-dioxidot ( $\text{SiO}_2$ ), valamint alumínium-oxidot ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) tartalmaz. A fennmaradó részben vas-oxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) és más vegyületek találhatóak. A reakcióképes kalcium-oxid aránya legalább 10,0 m/m% legyen. Az olyan bázikus pernyének, amelynek reakcióképes kalcium-oxid-tartalma 10,0 és 15,0 m/m% között van, legalább 25,0 m/m% reakcióképes szilícium-dioxidot kell tartalmaznia.

A több mint 15,0 m/m% reakcióképes kalcium-oxidot tartalmazó, finomra őrölt bázikus jellegű pernye nyomószilárdsága 28 napos korban az MSZ EN 196-1 szerint vizsgálva legalább 10,0 MPa legyen. Vizsgálat előtt a pernyét olyan finomságúra kell őrölni, hogy szitamaradéka nedves szitálással a 40  $\mu\text{m}$ -es szitán 10 és 30 m/m% között legyen. A vizsgálathoz olyan habarcsot kell készíteni, amely cement helyett csak őrölt bázikus pernyét tartalmaz. A habarcspróbatesteket a készítéstől számított 48 óra után kell kizsaluzni, és a vizsgálat kezdetéig legalább 90% relatív nedvességtartalmú térben kell tárolni.

A bázikus pernye duzzadása (térfogat-állandóság) az MSZ EN 196-3 szerint, 30 m/m% a már említett őrölt pernyéből és 70 m/m% az MSZ EN 197-1-nek megfelelő CEM I cementből álló keveréken meghatározva, legfeljebb 10 mm.

## Égetett pala (T)

Az égetett pala speciálisan égetett olajpala, amelyet kb. 800 °C hőmérsékleten állítanak elő különleges kemencében. Az égetett pala a természetes kiindulási anyag összetétele és a gyártási eljárás miatt klinkerásványokat, főként dikalcium-szilikátot és monokalcium-aluminátot tartalmaz. Kis mennyiségű szabad kalcium-oxid és kalcium-szulfát mellett nagyobb mennyiségű puccolánosan aktív oxidokat, főként szilícium-dioxidot is tartalmaz. Ennek megfelelően a finomra őrölt, égetett pala határozott, a portland-cementhez hasonló hidraulikus tulajdonságokat és emellett még puccolános tulajdonságokat is mutat. A megfelelően őrölt, égetett pala nyomószilárdsága 28 napos korban az MSZ EN 196-1 szerint meghatározva legalább 25,0 MPa legyen. A vizsgálathoz olyan habarcsot kell készíteni, amely cement helyett finomra őrölt, égetett palát tartalmaz. A habarcspróbatesteket a készítéstől számított 48 óra után kell kizsaluzni, és a vizsgálat megkezdéséig legalább 90% relatív nedvességtartalmú térben kell tárolni.

Az égetett pala duzzadása (térfogat-állandóság) az MSZ EN 196-3 szerint, 30 m/m% őrölt, égetett palából és 70 m/m% az MSZ EN 197-1-nek megfelelő CEM I cementből álló keveréken meghatározva, legfeljebb 10 mm.

## Mészkö (L, LL)

A mészkö a következő követelményeknek feleljen meg:

- A kalcium-oxid-tartalomtól számított kalcium-karbonát ( $\text{CaCO}_3$ ) mennyisége legalább 75 m/m% legyen.
- Az MSZ EN 933-9 szerinti metilénkékpróbbával meghatározott agyagtartalom legfeljebb 1,20 g/100 g legyen. A vizsgálathoz a mészkövet kb. 5000  $\text{cm}^2/\text{g}$  fajlagos felületre kell őrölni, amelyet az MSZ EN 196-6 szerint kell meghatározni.
- Az összes szervesszén-tartalom (TOC), a MSZ EN 13639 szerint meghatározva, feleljen meg a következő feltételek egyikének:  
LL: legfeljebb 0,20 m/m%;  
L: legfeljebb 0,50 m/m%.

## Szilikapor (D)

A szilikapor a szilícium- és a ferro-szilícium-ötözetek előállításánál során elektromos ívkemencékben keletkezik nagy tisztaságú kvarcnak szénrel való redukciója révén, és nagyon finom gömbszerű részecskékből áll, amelyek legalább 85 m/m% amorf szilícium-dioxidot tartalmaznak. Az elemi szilícium (Si) mennyisége nem lehet több 0,4 m/m%-nál az ISO 9286 szerint meghatározva.

A szilikapor feleljen meg a következő követelményeknek:

- izzítási veszteség az MSZ EN 196-2 szerint meghatározva, de 1 órás időtartamot alkalmazva, legfeljebb 4,0 m/m% legyen,
- a kezeletlen szilikapor fajlagos felülete (BET) az ISO 9277 szerint meghatározva legalább 15,0  $\text{m}^2/\text{g}$  legyen. (A BET-elmélet (Brunauer-Emmett-Teller) a felület beborításához szükséges gázmennyiségből (pl.  $\text{N}_2$ , He) következtet a fajlagos felületre, ahol a nyílt pórusok belső felülete is meghatározásra kerül).

## Mellékalkotók

A mellékalkotórészek különlegesen válogatott, szervesetlen, természetes ásványi anyagok, a klinkergyártásból származó szervesetlen ásványi anyagok, vagy az előzőekben tárgyalt alkotórészek, amennyiben nem főalkotórészek a cementben.

A mellékalkotórészek megfelelő előkészítés után és szemcseméret-eloszlásuk következtében javítják a cement fizikai tulajdonságait (pl. a bedolgozhatóságot vagy a vízmegtartó képességet). Lehetnek inert, gyengén hidraulikus, rejtett hidraulikus vagy puccolános tulajdonságú anyagok. Erre vonatkozóan azonban követelmény nincs előírva.

## Kalcium-szulfát

A kalcium-szulfátot a kötés szabályozása céljából a gyártás során kell a cement többi alkotóihoz adni. A kalcium-szulfát lehet gipszkő (kalcium-szulfát-dihidrát  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), félhidrát ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ), anhidrit (vízmentes kalcium-szulfát,  $\text{CaSO}_4$ ) vagy ezek keveréke. A gipszkő és az anhidrit természetes anyagok. A kalcium-szulfát bizonyos ipari folyamatok melléktermékeként is keletkezhet. Ilyen például a füstgáz-kéntelenítésből származó ún. REA-gipsz, ami nagy tisztaságú (> 95 m/m%) kalcium-szulfát-dihidrát.

## Adalékok

Az MSZ EN 197-1 céljára alkalmazott adalékok olyan alkotórészek, amelyeket a korábban leírt szakaszok nem tartalmaznak, és azért adagolják, hogy javítsák a gyártási eljárást vagy a cement tulajdonságait.

Az adalékok összes mennyisége legfeljebb a cement 1,0 m/m%-a legyen (kivéve a színezőanyagokat). A szerves adalékok mennyisége száraz állapotban legfeljebb a cement 0,2 m/m%-a legyen. Nagyobb mennyiség is adagolható a cementekhez, ebben az esetben a legnagyobb mennyiséget, %-ban, fel kell tüntetni a csomagoláson és/vagy a szállítási dokumentumon.

Ha a cement az MSZ EN 934 szabványsorozat szerinti, a betonhoz, habarcszhoz vagy injektált habarcszhoz használt adalékszer tartalmaz, akkor az adalékszer szabványos megnevezését fel kell tüntetni a cement csomagolásán vagy a szállítási dokumentáción.

1

### 1.1.3. A CEMENTEK ÖSSZETÉTELE ÉS JELÖLÉSE

Az MSZ EN 197-1 szabványnak megfelelő általános felhasználású cementek öt fő cementfajtába csoportosíthatók, amelyek az alábbiak:

- CEM I – Portlandcement
- CEM II – Összetett portlandcement
- CEM III – Kohósalakcement
- CEM IV – Puccoláncement
- CEM V – Kompozitcement

A szabványnak megfelelő általános felhasználású cementek 27 terméket tartalmazó csoportját és elnevezéseit az **1.1.1.1.** táblázat tartalmazza.



### 1.1.1. táblázat: Az általános felhasználású cementek családjának 27 terméke

Fő cementfajták	A 27 termék jelölése (az általános felhasználású cementek fajtái)		Mennviségek m/m%-ban <sup>a)</sup>										Mellékalkotórészek	
			Főalkotórészek											
			Klinker	Granulált kohósalak	Szilikapor	Puccolán		Pernye		Égettpala	Mészke			
K	S	D <sup>b)</sup>	természetes P	kalci-nált Q	savanyú V	bázi-kus W	T	L	LL					
CEM I	Portland-cement		95–100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM II	Kohósalak-portland-cement	A-S	80–94	6–20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		B-S	65–79	21–35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Szilikapor-portland-cement	A-D	90–94	-	6–10	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
	Puccolán-portland-cement	A-P	80–94	-	-	6–20	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		B-P	65–79	-	-	21–35	-	-	-	-	-	-	-	0-5
A-Q		80–94	-	-	-	6–20	-	-	-	-	-	-	0-5	
B-Q		65–79	-	-	-	21–35	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II	Pernye-portland-cement	A-V	80–94	-	-	-	-	6–20	-	-	-	-	-	0-5
		B-V	65–79	-	-	-	-	21–35	-	-	-	-	-	0-5
		A-W	80–94	-	-	-	-	-	6–20	-	-	-	-	0-5
		B-W	65–79	-	-	-	-	-	21–35	-	-	-	-	0-5
	Égettpala-portland-cement	A-T	80–94	-	-	-	-	-	-	6–20	-	-	-	0-5
		B-T	65–79	-	-	-	-	-	-	21–35	-	-	-	0-5
	Mészke-portland-cement	A-L	80–94	-	-	-	-	-	-	-	6–20	-	-	0-5
		B-L	65–79	-	-	-	-	-	-	-	21–35	-	-	0-5
		A-LL	80–94	-	-	-	-	-	-	-	-	6–20	-	0-5
		B-LL	65–79	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21–35	0-5
CEM III	Kompozit-portland-cement <sup>c)</sup>	A-M	80-94	< -----6-20----- >								0-5		
		B-M	65-79	< -----21-35----- >								0-5		
CEM III	Kohósalak-cement	A	35–64	36–65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		B	20–34	66–80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
		C	5–19	81–95	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5
CEM IV	Puccolán-cement <sup>c)</sup>	A	65–89	-	< -----11-35----- >					-	-	-	0-5	
		B	45–64	-	< -----36-55----- >					-	-	-	0-5	
CEM V	Kompozit-cement <sup>c)</sup>	A	40–64	18-30	-	< -----18-30----- >			-	-	-	-	0-5	
		B	20-38	31-49	-	< -----31-49----- >			-	-	-	-	0-5	

a A táblázat értékei a fő- és mellékalkotórészek összegét tartalmazzák.

b A szilikapor aránya legfeljebb 10% legyen.

c A CEM II/A-M és a CEM II/B-M összetett portlandcementek, a CEM IV/A és CEM IV/B puccoláncementek, valamint a CEM V/A és CEM V/B kompozitcementek esetében meg kell adni a jelölésben a klinker mellett található főalkotórészeket.

## 1.1.4. MECHANIKAI KÖVETELMÉNYEK

### Szabványos szilárdság

A cement szabványos szilárdsága az MSZ EN 196-1 szabvány szerint meghatározott 28 napos nyomószilárdság, amely feleljen meg a **1.1.2.** táblázat szerinti követelményeknek.

A cementeknek három szabványos szilárdsági osztálya van: a 32,5; a 42,5 és az 52,5 osztály (28 napos nyomószilárdság alapján).

### Kezdőszilárdság

A cement kezdőszilárdsága az MSZ EN 196-1 szerint meghatározott 2 vagy 7 napos nyomószilárdság, amely feleljen meg az 1.1.2. táblázat szerinti követelményeknek.

A kezdőszilárdság alapján mindegyik szabványos szilárdsági osztályon belül három további osztályt különböztetünk meg, egy normál, jele N, egy nagy kezdőszilárdságú, jele R, és egy kis kezdőszilárdságú osztályt, jele L, (**1.1.2.** táblázat). **Az L jelű, kis kezdőszilárdságú osztály csak a CEM III kohósalakcementek esetén alkalmazható.**

## 1.1.5. FIZIKAI KÖVETELMÉNYEK

### A kötési idő kezdete

A cement kötéseideje azért fontos, mert a feldolgozáshoz és a beton bedolgozásához elegendő időnek kell rendelkezésre állni. A cementek kötése tulajdonképpen a szilárdulás első lépcsőfoka.

A kötési idő nagymértékben függ a cement klinker tartalmától, annak ásványi összetételétől, őrlési finomságától és a hőmérséklettől.

A nagy klinkertartalom, a klinker nagy alit és trikálcium-aluminát tartalma, a nagy őrlési finomság gyorsítja mind a kötés kezdetét, mind a kötés végét. A szabványos kötési idő vizsgálatokat mindig 20°C-on kell elvégezni, így azok összehasonlíthatók. A cement kötési reakciói azonban, mint a kémiai reakciók többsége, a hőmérséklet növekedésével gyorsulnak.

Az MSZ EN 196-3 szerint meghatározott kötési idő kezdete feleljen meg a **1.1.2.** táblázat szerinti követelményeknek.

### **1.1.2. táblázat: Mechanikai és fizikai követelmények előírt jellemző értékei**

Szilárdsági osztály	Nyomószilárdság MPa			Kötési idő kezdete perc	Térfogat-állandóság (tágulás) mm
	Kezdőszilárdság		Szabványos szilárdság		
	2 napos	7 napos	28 napos		
32,5 L <sup>a</sup>	-	≥ 12,0	≥ 32,5	≤ 52,5	≥ 75
32,5 N	-	≥ 16,0			
32,5 R	≥ 10,0	-			
42,5 L <sup>a</sup>	-	≥ 16,0	≥ 42,5	≤ 62,5	≥ 60
42,5 N	≥ 10,0	-			
42,5 R	≥ 20,0	-			
52,5 L <sup>a</sup>	≥ 10,0	-	≥ 52,5	-	≥ 45
52,5 N	≥ 20,0	-			
52,5 R	≥ 30,0	-			

<sup>a</sup> Ez a szilárdsági osztály csak a CEM III cementekre vonatkozóan előírás.

### Térfogat-állandóság

A klinkerégetés során a klinkerben visszamaradhat el nem reagált szabad CaO, amely túlégetettsége miatt késleltetve, a cementkő szilárdságának kezdeti állapotában reagál a keverővízzel. Ez a Ca(OH)<sub>2</sub> képződési reakció térfogat-növekedéssel jár, ami káros lehet az éppen meginduló szilárdulási folyamatokra. Ezért van korlátozva a cement szabad CaO tartalma.

Az MSZ EN 196-3 szerint meghatározott tágulás feleljen meg az **1.1.2.** táblázat szerinti követelményeknek.

### 1.1.6. KÉMIAI KÖVETELMÉNYEK

Az 1.1.3. táblázat 3. és 4. oszlopában megadott fajtájú és szilárdsági osztályú cementek, a 2. oszlopban jelzett szabványok szerint vizsgálva, feleljenek meg az 5. oszlop követelményeinek.

#### 1.1.3. táblázat: Kémiai követelmények előírt jellemző értékei

1	2	3	4	5
Tulajdonság	Vizsgálati módszer	Cementfajta	Szilárdsági osztály	Követelmények <sup>a</sup>
Izzitási veszteség	EN 196-2	CEM I CEM III	Valamennyi	≤ 5,0%
Oldhatatlan maradék	EN 196-2 <sup>b</sup>	CEM I CEM III	Valamennyi	≤ 5,0%
Szulfáttartalom (SO <sub>3</sub> -ként)	EN 196-2	CEM I CEM II <sup>c</sup> CEM IV CEM V	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,5%
		CEM III <sup>d</sup>	42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 4,0%
Kloridtartalom	EN 196-2	Valamennyi <sup>e</sup>	Valamennyi	≤ 0,10% <sup>f</sup>
Puccolánosság	EN 196-5	CEM IV	Valamennyi	Feleljen meg a vizsgálati módszereknek

<sup>a</sup> A követelmények a kész cement m/m%-ában vannak megadva.

<sup>b</sup> Az oldhatatlan maradék meghatározása sósavban és nátrium-karbonátban.

<sup>c</sup> T>20% tartalom esetén CEM II/B-T és a CEM II/B-M cementfajták szulfáttartalma (SO<sub>3</sub>-ként) valamennyi szilárdsági osztályban legfeljebb 4,5% legyen.

<sup>d</sup> A CEM III/C cementfajta szulfáttartalma legfeljebb 4,5% legyen.

<sup>e</sup> A CEM III/C cementfajta esetében megengedett a 0,10%-nál nagyobb kloridtartalom, ebben az esetben a tényleges kloridtartalmat fel kell tüntetni a cement csomagolásán és/vagy a szállítási jegyen.

<sup>f</sup> Előfeszített beton készítéséhez a cement szigorúbb követelményérték szerint is gyártható. Ebben az esetben a 0,10%-ot helyettesíteni kell a kisebb értékkel, amit fel kell tüntetni a szállítási jegyen.

### 1.1.7. TARTÓSSÁGI KÖVETELMÉNYEK

Sok alkalmazási területen, különösen szigorú környezeti feltételek mellett, a cement kiválasztása befolyásolja a beton, a habarcs és az injektált habarcs tartósságát, például a fagyállóságot, a vasbetét kémiai ellenálló képességét és annak védelmét. A cementből vagy a beton alkotórészeiből származó alkáliák kémiai reakcióba léphetnek bizonyos adalékanyagokkal. A megfelelő követelményeket az MSZ EN 206 és az MSZ 4798 szabvány írja elő.

Az e szabványok szerinti cementfajta kiválasztásakor, különösen a különböző alkalmazásokhoz és a környezeti igénybevételekhez szükséges fajták és szilárdsági osztályok esetén, követnie kell az alkalmazás helyszínén érvényes, a betonra vagy a habarcsra vonatkozó szabványokat és/vagy előírásokat.

A kis kezdőszilárdságú általános felhasználású cementnek lehet kisebb kezdőszilárdsága, mint az ugyanolyan szilárdsági osztályú általános felhasználású cementnek és további óvintézkedésekre lehet szükség a felhasználás során, mint a forma gözölési idejének növelése és védelem a kedvezőtlen időjárás esetén. Minden más tekintetben teljesítményük és alkalmazhatóságuk azonos a jelen szabványnak megfelelő, ugyanolyan fajtájú és szilárdsági osztályú más általános felhasználású cementekével.



### 1.1.8. SZABVÁNYOS MEGNEVEZÉS

A CEM cementek megnevezésének tartalmaznia kell legalább a cementfajta **1.1.1.** táblázat szerinti rövidített jelölését és a szilárdsági osztályra utaló 32,5, 42,5 vagy 52,5 számokat. A kezdőszilárdság osztályának jelöléséhez pedig értelemszerűen az N, R vagy az L betűjelet kell hozzátenni.

Ha a gyártó ugyanabban a gyárban különböző cementeket állít elő ugyanolyan szabványos megnevezéssel, akkor ezeket a cementeket kiegészítő jelzéssel kell ellátni zárójelben egy szám vagy két nyomtatott kisbetű formájában a többi cementtől való megkülönböztetés céljából. A számozási rendszerben az 1-es számot kaphatja a második tanúsított cement, a 2-est a következő és így tovább. Ha betűket alkalmazunk, akkor azokat úgy kell kiválasztani, hogy bármilyen zavart elkerüljünk a jelölésben.

A szulfátálló cementet SR, míg a kis hőfejlesztésű általános felhasználású cementet LH kiegészítő jelöléssel kell ellátni. (Részletesebb magyarázat a „Különleges tulajdonságú cementek” fejezetben az adott típusoknál található.)

#### *1. példa:*

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, nagy kezdőszilárdságú, 42,5 szilárdsági osztályú, legalább 95 m/m% klinkert tartalmazó portlandcement szabványos megnevezése a következő:

**Portlandcement EN 197-1 – CEM I 42,5 R**

#### *2. példa:*

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, szokásos kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú, 6–20 m/m% közötti, legfeljebb 0,50 m/m% TOC-tartalmú mészkövet (L) tartalmazó mészkő-portlandcement szabványos megnevezése a következő:

**Mészkő-portlandcement EN 197-1 – CEM II/A-L 32,5 N**

#### *3. példa:*

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, nagy kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú és összesen 6–20 m/m% granulált kohósalakot (S), savanyú jellegű pernyét (V) és mészkövet (L) tartalmazó kompozit-portlandcement szabványos megnevezése a következő:

**Kompozit-portlandcement EN 197-1 – CEM II/A-M (S-V-L) 32,5 R**

#### *4. példa:*

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, szokásos kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú, 18–30 m/m% közötti granulált kohósalakot (S) és 18–30 m/m% közötti savas jellegű pernyét (V) tartalmazó kompozitcement szabványos megnevezése a következő:

**Kompozitcement EN 197-1 – CEM V/A (S-V) 32,5 N**

#### *5. példa:*

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, nagy kezdőszilárdságú, 42,5 szilárdsági osztályú portlandcement jelölése a következő, ha a gyárban ugyanazzal a szabványos megnevezéssel több különböző portlandcementet is előállítanak:

**Portlandcement EN 197-1 – CEM I 42,5 R (1)**

### 1.1.9. MEGFELELŐSÉGI FELTÉTELEK

Az MSZ EN 197-1 szabvány szerinti termékek megfelelőségét folyamatosan értékelni kell a szűrőpróba vizsgálatok alapján. A tulajdonságokat, a vizsgálati módszereket és a gyártó által végzett önellenőrző vizsgálatok legkisebb gyakoriságát a szabvány szigorúan előírja.

Az általános felhasználású cementek a szabvány követelményeinek való megfelelését és a megadott adatok teljesítését (beleértve az osztályokat) az alábbiakkal kell bizonyítani:

- a típusvizsgálattal (a terméktípus meghatározásával),
- a gyártó üzemi gyártásellenőrzésével, beleértve a termékértékelést is.

A tanúsítás és forgalomba hozatal kérdéseivel külön fejezetben foglalkozunk.

Az előírt fizikai, mechanikai és kémiai tulajdonságú cement megfelelése akkor feltételezhető, ha kielégíti a méréses vagy minősítéses ellenőrzés során előírt megfeleléségi feltételeket. A megfelelés értékelésének egyrészt a kibocsátási helyeken vett szűrőpróbák folyamatos mintavételezési eljárásán, másrészt az ellenőrzési időszak alatt vett önellenőrzési minták vizsgálati eredményein kell alapulnia.

## Statistikai megfeleléségi feltételek

### Általános előírások

A megfelelés megállapításához a következő statisztikai feltételeket kell figyelembe venni:

- a mechanikai, a fizikai és a kémiai követelmények előírt jellemző értékeit, amelyek az 1.1.2., 1.1.3. táblázatokban vannak megadva;
- a  $P_k$  1.1.4. táblázat szerinti százalékos értékét, amelyen az előírt jellemző értékek alapulnak;
- CR megengedhető átvételi valószínűséget az 1.1.4. táblázat előírása szerint.

#### 1.1.4. táblázat: Az előírt $P_k$ - és CR-értékek

	Mechanikai követelmények		Fizikai és kémiai követelmények
	Kezdő- és szabványos szilárdság (alsó határ)	Szabványos szilárdság (felső határ)	
A $P_k$ százalékos értéke, amelyen a jellemző érték alapul	5%		10%
A megengedhető átvételi valószínűség, CR		5%	

Az előírt követelményeknek való megfelelést méréses vagy minősítéses ellenőrzéssel kell megállapítani az MSZ EN 197-1 szabvány 6. táblázatában rögzített vizsgálati és mintavételi terv alapján. Az ellenőrzési időszak 12 hónap.

### Méréses ellenőrzés

Az ellenőrzéshez feltételezzük, hogy a vizsgálati eredmények a normáeloszlást követik.

A megfelelés akkor igazolható, ha mindkét alábbi egyenlet teljesül

$$\bar{x} - k_A \cdot s \leq L$$

és

$$\bar{x} + k_A \cdot s \leq U$$

ahol

$\bar{x}$  az ellenőrzési időszak alatt vett minták önellenőrzéssel kapott összes vizsgálati eredményének számtani átlaga;

$s$  az ellenőrzési időszak alatt vett minták önellenőrzéssel kapott összes vizsgálati eredményének a szórása;

$k_A$  az átvételi állandó;

$L$  az előírt alsó határ, amely a kezdő és szabványos szilárdság alsó határára vonatkozóan az 1.1.2. táblázatban van megadva;

$U$  az előírt felső határ, amely a szabványos szilárdság felső és minden egyéb más előírásra vonatkozóan az 1.1.2. és az 1.1.3. táblázatban van megadva.

Az átvételi állandó,  $k_A$ , függ a  $P_k$  százalékos értékétől, amelyen a jellemző érték alapul, a CR megengedhető átvételi valószínűségtől és a vizsgálati eredmények számától,  $n$ . A  $k_A$  értékeit az 1.1.5. táblázat tartalmazza.

### 1.1.5. táblázat: Átvételi állandó, $k_A$

A vizsgálati eredmények száma $n$	$k_A^a$	
	$P_k = 5\%$ esetén	$P_k = 10\%$ esetén
	Kezdő és szabványos szilárdság (alsó határ)	Egyéb tulajdonságok
20–21	2,40	1,93
22–23	2,35	1,89
24–25	2,31	1,85
26–27	2,27	1,82
28–29	2,24	1,80
30–34	2,22	1,78
35–39	2,17	1,73
40–44	2,13	1,70
45–49	2,09	1,67
50–59	2,07	1,65
60–69	2,02	1,61
70–79	1,99	1,58
80–89	1,97	1,56
90–99	1,94	1,54
100–149	1,93	1,53
150–199	1,87	1,48
200–299	1,84	1,45
300–399	1,80	1,42
> 400	1,78	1,40

MEGJEGYZÉS: A táblázatban megadott értékek CR=5% esetén érvényesek.

<sup>a</sup> Az  $n$  közbelső értékeire számított  $k_A$  értékek is alkalmazhatók.

A cementgyártók a gyakorlatban szinte kizárólag a mérések ellenőrzést alkalmazzák.

### Minősítéses ellenőrzés

Meg kell állapítani a jellemző értéken kívül eső vizsgálati eredmények számát,  $c_D$ , és össze kell hasonlítani az átvételi számmal,  $c_A$ , amelyet az 1.1.6. táblázat szerinti önellenőrző vizsgálati eredmények  $n$  számából és a  $P_k$  százalékos értékéből számíthatunk ki.

A megfelelést igazoltnak tekintjük, ha az alábbi egyenlet teljesül:  $c_D \leq c_A$

A  $c_A$  értéke függ a  $P_k$  százalékos értékétől, amelyen a jellemző érték alapszik, a CR megengedhető átvételi valószínűsétől és a vizsgálati eredmények  $n$  számától. A  $c_A$ -értékeket az 1.1.6. táblázat tartalmazza.

### 1.1.6. táblázat: $c_A$ -értékek

A vizsgálati eredmények száma $n^a$	$c_A$ -értékek $P_k=10\%$ esetén
20–39	0
40–54	1
55–69	2
70–84	3
85–99	4
100–109	5
110–123	6
124–136	7

MEGJEGYZÉS: A táblázatban megadott értékek CR = 5% esetén érvényesek.

<sup>a</sup> Ha a vizsgálati eredmények száma  $n < 20$  ( $P_k=10\%$  esetén), akkor statisztikailag megalapozott megfeleléségi feltétel nem lehetséges. Ennek ellenére a  $c_A=0$  feltételt alkalmazni kell, ha  $n < 20$ . Ha a vizsgálati eredmények száma  $n > 136$ , akkor a  $c_A$  a következőképpen számítható:  $c_A = 0,075 (n-30)$ .

## Az egyedi eredmények megfeleléségi feltételei

A statisztikai megfeleléségi feltételek teljesítésén kívül az MSZ EN 197-1-ben előírt követelmények megfelelése megköveteli annak igazolását, hogy valamennyi vizsgálati eredmény megfelel az 1.1.7. táblázatban megadott egyedi eredményekre vonatkozó határértékeknek.

### 1.1.7. táblázat: Egyedi eredmények határértékei

Tulajdonság		Egyedi eredmények határértékei								
		Szilárdsági osztály								
		32,5 L	32,5 N	32,5 R	42,5 L	42,5 N	42,5 R	52,5 L	52,5 N	52,5 R
Kezdőszilárdság (MPa), alsó határérték	2 nap	-	-	8,0	-	8,0	18,0	8,0	18,0	28,0
	7 nap	10,0	14,0	-	14,0	-	-	-	-	-
Szabványos szilárdság (MPa), alsó határérték	28 nap	30,0			40,0			50,0		
Kötési idő kezdete (perc), alsó határérték		60			50			40		
Térfogat-állandóság (tágulás, mm), felső határérték		10								
Szulfáttartalom (%), (SO <sub>3</sub> -ban) felső határérték	CEM I CEM II <sup>a</sup> CEM IV CEM V	-	4,0	-	4,0	4,5	-	4,5		
	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 <sup>b</sup> CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	-	3,5	-	3,5	4,0	-	4,0		
	CEM III/A CEM III/B	4,5								
	CEM III/C	5,0								
	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	1 4 6 10 10								
	Kloridtartalom (%), felső határérték	0,10 <sup>d</sup>								
Puccolánosság	-	megfelel 15 napos korban			-	megfelel 15 napos korban		-	megfelel 15 napos korban	
Hidratációs hő (J/g), felső határérték	LH	300								

<sup>a</sup> A CEM II/B-T és CEM II/B-M cementfajták T>20% tartalommal valamennyi szilárdsági osztályban 5,0%-ig tartalmazhatnak SO<sub>3</sub>-at.

<sup>b</sup> Különleges alkalmazások esetén a CEM I-SR 5 gyártható magasabb szulfáttartalommal (lásd az 1.1.10. táblázatot). Ebben az esetben a felső határérték 0,5%-kal lehet magasabb a jelzett értéknél.

<sup>c</sup> A CEM III cementfajta kloridtartalma 0,10%-kal nagyobb lehet, de ebben az esetben a legnagyobb kloridtartalmat meg kell adni.

<sup>d</sup> Előfeszített beton készítéséhez a cement szigorúbb követelményérték szerint is gyártható. Ebben az esetben a 0,10%-ot helyettesíteni kell a kisebb értékkel, amelyet fel kell tüntetni a szállítási jegyen.

## 1.1.10. EGYÉB JELLEMZŐ (NEM SZABVÁNYOS) CEMENTTULAJDONSÁGOK

### Sűrűség és halmazsűrűség

A cementek sűrűségéről és halmazsűrűségéről az 1.1.8. táblázat ad tájékoztatást.

### 1.1.8. táblázat: A cementek sűrűsége és halmazsűrűsége

Cementfajta	Sűrűség [kg/dm <sup>3</sup> ]	Halmazsűrűség [kg/dm <sup>3</sup> ]	
		Lazán ömlesztett	Berázott
Portlandcement-SR	~ 3,25	0,9...1,2	1,6...1,9
Portlandcement	~ 3,10		
Kohósalak-portlandcement	~ 3,05		
Kohósalakcement	~ 3,00		
Kompozit-portlandcement	~ 2,95		

#### Örlésfinomság

Az MSZ EN 197-1 szabvány a cement örlésfinomságára nem ír elő követelményértéket.

Az MSZ EN 196-6 szabvány (Az örlésfinomság meghatározása) előszavában nyomatékosan utal arra, hogy az örlésfinomság meghatározása elsősorban a cementgyártás (megfelelő szilárdság) szabályozására és ellenőrzésére alkalmas. A betontechnológusok számára azonban fontos paraméter, mert a beton számos tulajdonságát befolyásolja (pl. várható szilárdulási sebesség, hőfejlődés, zsugorodási hajlam).

Az örlésfinomság meghatározására a cementgyárakban több módszert használnak:

- **Szítavizsgálat:** 200 µm, 90 µm, 45 µm, 32 µm lyukméretű szítakon főként légsugár-szitagepek alkalmazásával. A vizsgálat jelentősége csökken, mert a korszerű szélosztályozó berendezésekkel felszerelt cementmalmokban finomra őrölt cementek szinte nem tartalmaznak > 200 µm, illetve > 90 µm méretű szemcséket. A 45 µm és 32 µm-es szítamaradékok pedig csak egy-egy pontot jelölnek ki a teljes szemcseméret-eloszlásból.
- **Blaine-féle fajlagos felület** (cm<sup>2</sup>/g): A módszer a 0,5 porozítású cementréteg légáteresztő-képességének mérésén alapszik. Minél finomabb, nagyobb felületűre őrölt a cement, a szemcsék között áthaladó levegő annál nagyobb felületen sűrűdik és annál lassabban halad át a cementrétegen. A mérés gyorsan elvégezhető és a Blaine-szám 2000-6000 cm<sup>2</sup>/g tartományban használható. Ezen tartományon kívül használata bizonytalan! A cementek kiegészítőanyag tartalmának növekedésével (különösen a peme, trassz, mészkő, szilikapor esetén) a Blaine-szám csak korlátozottan alkalmas a cement alkalmazástechnikai tulajdonságainak becslésére.
- **Lézer-granulométeres szemcseméret-eloszlás vizsgálat és értékelése az RRSB(Rosin-Rammer-Sperling-Bennett)-egyenlet** alapján: a cement szemcséken a lézersugár szóródik, amelynek mértékéből következtetni lehet a szemcse méretére. A mért szemcseméret-eloszlást az RRSB-egyenlet alapján értékelve meghatározható a jellemző (leggyakoribb) szemcseméret, a „finomsági mérőszám” ( $x'$ , µm) és a szemcseméret-eloszlás „szórását” jellemző „egyenletességi tényező” ( $n$ , -). A mérés gyors, pontos, de drága készülék igénye miatt a betonipari gyakorlatban nem terjedt el.

A különböző lézergranulométerek által mért eredmények összehasonlítása esetén mindig tisztázni kell a minta diszpergálásának módját (nedves (vízben vagy alkoholban) vagy száraz (légsugárral történő)), valamint a készülékek típusát, mert e tényezők nagymértékben befolyásolhatják a mérési eredményeket.

#### Zsugorodás

A beton zsugorodása összetett folyamatok eredménye, amelyekben többféle zsugorodást is megkülönböztethetünk (pl. korai vagy kapilláris; száradási; karbonátosodási; kémiai; autogén). Ezeket főként betontechnológiai paraméterek (pl. v/c tényező, finomrész tartalom, péptelítés, az utókezelés időtartama, hidratáció mértéke, környezet hőmérséklete és páratartalma) befolyásolják. A kémiai és autogén zsugorodás visszavezethető a cementek tulajdonságaira.

A kémiai zsugorodás lényege, hogy a hidratáció során kialakuló cementkő kisebb térfogatú, mint a friss cementpép. A kémiai reakciók során az éppen megszilárdult cementpép keverővizének egy része beépül a hidratátvegyületekbe, egy másik része pórusvízként marad vissza, míg egy további része elpárolog. Az autogén

zsugorodás a kémiai zsugorodás egy speciális esete, amikor igen kevés keverővíz ( $v/c$  tényező  $< 0,4$ ), de nagy finomrész (pl. szilikapor) tartalom van a cementpépben. Ekkor a cement hidratációja a pórusszerkezetből vonja el a vizet és belső „kiszáradás”, gyors tömegállandósági állapot kialakulás mellett megy végbe a zsugorodás. A cementek zsugorodási hajlamára elsősorban az őrlési finomság és a klinkertartalom van hatással. Ezek a paraméterek minél nagyobbak, annál inkább zsugorodás érzékenyek a cementek. A cementkiegészítő anyagok közül a granulált kohósalak csökkenti leginkább a zsugorodási hajlamot.

A zsugorodás vizsgálatát az MSZ EN 197-1 szabvány nem írja elő, mert a szabványos habarcszon mért zsugorodás a beton zsugorodásának megítélésére nem alkalmas.

Az építés helyszínén mind szilárdságvizsgálatra, mind zsugorodás (vagy duzzadás) meghatározására érdemes az adott betonból próbatesteket készíteni. A nyomószilárdsági próbatest (kocka) mérete  $15 \times 15 \times 15$  cm, a zsugorodásvizsgálati hasáb mérete pedig  $10 \times 10 \times 50$  cm vagy  $12 \times 12 \times 50$  cm. (A beton zsugorodásának vizsgálatára alkalmazható készülék vízszintes elrendezésű, míg a cement hosszváltozásának mérésére szolgáló készülék általában függőleges elrendezésű és az MSZ 4737-1 szabvány szerinti  $1 \times 4 \times 16$  cm méretű próbatestekhez használható).

### Cementhőmérséklet hatása a betonra

A frissbeton hőmérsékletére a cement hőmérséklete csak mérsékelt hatást gyakorol. Kb.  $10^\circ\text{C}$  cementhőmérséklet-emelkedés a frissbetonban kb.  $1^\circ\text{C}$  hőmérséklet-növekedést okoz. A frissbeton hőmérsékletét legnagyobb mértékben a legnagyobb fajhőjű (hőkapacitású) alkotó a keverővíz, valamint a legnagyobb mennyiségű alkotó az adalékanyag hőmérséklete befolyásolja. Így tehát meleg időben a beton hőmérsékletét elsősorban az adalékanyag hőmérsékletének csökkentésével (pl. takarás a napsugárzástól, hideg vizes locsolás) lehet befolyásolni, a cement hőmérsékletének csökkentésével csak kisebb mértékben.

## 1.1.11. KÜLÖNLEGES TULAJDONSÁGÚ CEMENTEK

### Kis hőfejlesztésű általános felhasználású cementek (LH)

E cementfajta alkalmazását elsősorban a nagy tömegű betonokhoz javasolják, ugyanis ezek belsejében olyan mennyiségű hő halmozódhat fel, ami belső feszültségek, repedések képződéséhez vezethet. Ilyen betonozás tipikus példái a vízepítési létesítmények, például a vízerőművek gátjai.

A cementszilárdulást eredményező hidratáció, mint a kémiai reakciók nagy része, hőfejlődéssel jár. Minél nagyobb a cement őrlési finomsága, annál nagyobb felületen, intenzívebben tudnak megindulni a kémiai reakciók, annál gyorsabb és nagyobb mértékű a hőfejlődés. A klinkerásványok hőfejlesztése is különböző: legnagyobb hőfejlesztése a trikálcium-aluminát ( $C_3A$ ) és a trikálcium-szilikát ( $C_3S$ ) hidratációjának van.

Ebből következik, hogy a cementek hőfejlesztése csökkenthető

- az őrlési finomság csökkentésével;
- mérsékelt vagy kicsi  $C_3A$  és  $C_3S$  tartalmú klinker felhasználásával;
- a cement klinker tartalmának mérséklésével, tehát cementkiegészítő anyagot tartalmazó cementek alkalmazásával.

A hőfejlesztés mérésére egy közvetett és egy közvetlen szabványos eljárás alkalmazandó.

A közvetett vagy **indirekt módszer (MSZ EN 196-8)** az oldásos módszer. A hidratált cement savkeverékben történő oldódásakor felszabaduló hő, az „oldáshő”, annyival lesz kisebb, mint a hidratálatlan cementnél mért érték, amennyi hő fejlődött addig a szilárdulás folyamán. Így ha lemérjük az eredeti és a 7 napos korú hidratált cement oldáshőjét, a kettő különbségként a felszabaduló „hidratációs hőt” kapjuk.

Az **indirekt módszer** esetén az oldáshoz nagyon erős sav (tömény hidrogén-fluorid + salétromsav elegye) szükséges, ami balesetveszélyes, körülményes. Ezért egyre gyakoribb a **direkt módszer (MSZ EN 196-9)** használata, amelynél egy jól záró termosztátban szabványos habarcskeveréken közvetlen mérik és regisztrálják a hőfejlesztést.

A két módszerre vonatkozóan megállapították a 7 napos korban mért oldáshő (**MSZ EN 196-8**) és a 41 óras korrig mért hőfejlődés (**MSZ EN 196-9**) egyezőségét.

Az európai cement szabványok szerint megkülönböztetünk

- **kis hőfejlesztésű általános felhasználású cementet (MSZ EN 197-1)**, amelynek maximális szabványos hőfejlesztése **270 J/g**,
- **nagyon kis hőfejlesztésű különleges cementet (MSZ EN 14216)**, amelynek maximális szabványos hőfejlesztése **220 J/g**.

Az **MSZ EN 197-1** szabvány szerint bármely összetételű és szilárdsági osztályú cement lehet kis hőfejlesztésű, amelynek megfelelő a hidratációs hője ( $\leq 270$  J/g).

Ebben az esetben a cement szabványos jelölését **LH** (Low Heat of Hydration) jelzéssel kell kiegészíteni

*Példa:*

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, kis kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú, 36-65 m/m% granulált kohósalakot tartalmazó kis hidratációs hőjű kohósalakcement szabványos megnevezése a következő:

**Kohósalakcement EN 197-1 – CEM III/A 32,5 L - LH**

Az **MSZ EN 14216** szabvány a cementkiegészítő anyag mennyiségének növelésével, az őrlési finomság csökkentésével és igen kicsi szilárdsági osztály (22,5) bevezetésével garantálja a nagyon kis hőfejlesztést (ezért nem tartozik az MSZ EN 197-1 szerinti általános felhasználású cementek közé). A cementek összetételük szerint a következők lehetnek: Kohósalakcement CEM III/B és C; Puccoláncement IV/A és B; Kompozitcement V/A és B. A cementek 28 napos nyomószilárdságának jellemző értékei 22,5 és 42,5 MPa között kell legyenek.

Ebben az esetben a nagyon kis hőfejlesztésű ( $\leq 220$  J/g) különleges cement szabványos jele **VLH** (Very Low Heat of Hydration):

*Példa:* Az MSZ EN 14216 szabványnak megfelelő, 22,5 szilárdsági osztályú, 81-95 m/m% granulált kohósalakot tartalmazó nagyon kis hidratációs hőjű kohósalakcement szabványos megnevezése a következő:

**Nagyon kis hőfejlesztésű különleges kohósalakcement EN 14216 – VLH III/C 22,5**

### Szulfátálló cementek (SR)

Hazánkban a különleges tulajdonságú cementek közül a szulfátálló cement gyártásának és felhasználásának van a legrégebbi hagyománya.

Ferrari, a neves olasz cementkémikus megfigyelte, hogy a beton annál kevésbé szulfátálló, minél több a cement trikálcium-aluminát tartalma ( $C_3A$ ).

A portlandcementekben kötésszabályozó-anyag (pl. REA-gipsz) jelenlétében a  $C_3A$  hidratációja különböző reakcióutakon mehet végbe. A kalcium-szulfát mennyiségétől függően a  $C_3A$  más-más négyes hidrátokat képez a friss cementpépben. Kevés kalcium-szulfát jelenléte esetén ún. monoszulfát ( $C_4ASH_{12}$ ), míg sok kalcium-szulfát esetén ettringit ( $C_6AS_3H_{32}$ ) képződik. Az ettringit képződési reakció igen gyors, így a monoszulfát képződés is gyakran az ettringit képződésén keresztül, annak visszaalakulásával valósul meg. Az ettringit és a monoszulfát a cementkő megszilárdulása után is képes, akár többször is, ciklikusan, átalakulni egymásba a külső körülmények megváltozása esetén (pl. a talajvíz  $SO_4^{2-}$  tartalmának eltűnése és újbóli megjelenése). A problémát a két hidrát-vegyület

térfogata közötti jelentős különbség okozza (az 1 molekula  $Al_2O_3$  (A) mellett megjelenő  $CaO$  (C),  $SO_3$  (S) és  $H_2O$  (H) mennyisége).

A portlandcementben a  $C_3A$  és a  $CaSO_4$  molaránya 1 körüli, tehát a friss cementpépben, cementkőben az ettringit képződés és elbomlás útján döntően monoszulfát (kis térfogatú forma) lesz jelen. Ha a megszilárdult cementkő a környezetéből (pl. talajvíz, kémiai terhelés), vagy magából a cementkőből (pl. klinkerből bekerülő túlégetett, lassan oldódó  $CaSO_4$ -ok, vagy nagy feleslegben lévő, túladagolt  $CaSO_4$ ) folyamatosan  $SO_4^{2-}$ -terhelést kap, megindul a monoszulfátból az ettringit (nagy térfogatú forma) képződés, ami térfogat-növekedéssel járó folyamat. A képződő ettringit először kitölti a cementkő, ill. a beton pórusait, repedéseit (ekkor még úgy is érezhetjük, hogy nő a beton szilárdsága), azonban, ha a belső duzzadási, repesztő erők elérik, meghaladják a cementkő kötéserejét, szilárdságát, akkor az a beton tönkremenetelét okozza.

Az ettringit természetes komponense a cementkőnek, jelenlététől nem kell félni, azonban a beton meghatározott környezeti osztályainak (XA1-XA6 – duzzadási kémiai korróziós osztályok) a cementtípusra és a beton összetételére vonatkozó előírásait szigorúan be kell tartani!

A  $C_3A$  tartalom csökkenthető, ha a cement nyersanyagához annyi vasoxidot adagolnak, hogy a klinker égetésekor az alumínium-oxidból ne trikalcium-aluminát, hanem a vas-oxid tartalmú tetrakalcium-aluminát-ferrit ( $C_4AF$ ) keletkezzen. Ez akkor teljesül, ha a cementben a két oxid mennyiségének hányadosa, azaz az aluminát modulus ( $AM = Al_2O_3/Fe_2O_3$ ) kisebb 0,64 értéknél.

A  $C_3A$  tartalom a cement klinkertartamának csökkentésével, azaz cementkiegészítő anyag(ok) adagolásával is csökkenthető. Erre a célra kiválóan alkalmas a granulált kohósalak, nemcsak a  $C_3A$  koncentráció csökkentése miatt, hanem a kohósalak szilárdulása során a káros szulfát-reakcióknak ellenálló szilárdsághordozó hidrát-fázisok kialakulása miatt is. A CEM III/B és C típusú cementek szulfátállónak tekinthetők, mivel a szabvány szerint klinker tartalmuk maximum 34% lehet, így, ha a klinker  $C_3A$  tartalma 9%, a cement  $C_3A$  tartalma biztosan 3% alatt van.

A cementösszetételének és kémiai paramétereinek szigorú előírása mellett néhány országban korábban gyakorlat volt a cementek szulfátduzzadásának méréssel történő minősítése is, azonban az MSZ EN 197-1 szabvány nem írja elő a szulfátduzzadás vizsgálatát.

Az MSZ EN 197-1 szabvány a következő követelményeket írja elő az általános felhasználású szulfátálló cementekre:

### **Portlandcementklinker**

A szulfátálló portlandcementben (CEM I) és a szulfátálló puccoláncementekben (CEM IV) a portlandcement-klinkernek ki kell elégítenie - a portlandcementklinker esetén már leírt előírások mellett - a trikalcium-aluminát tartalomra ( $C_3A$ ) vonatkozó kiegészítő követelményt is. A klinker trikalcium-aluminát tartalmát a következő egyenlettel kell kiszámítani:

$$C_3A = 2,65A - 1,69F$$

ahol

**A** az MSZ EN 196-2 szerint meghatározott alumínium-oxid ( $Al_2O_3$ ) mennyisége a klinkerben m/m%-ban;

**F** az MSZ EN 196-2 szerint meghatározott vas(III)-oxid ( $Fe_2O_3$ ) mennyisége a klinkerben m/m%-ban.

Előfordulhat, hogy a számítás során a  $C_3A$  értéke negatívnak adódik, ekkor az értéket 0%-nak kell tekinteni.

A  $C_3A$  tartalmat közvetlenül a klinkerből kell meghatározni. A CEM I esetében még szabad a klinker  $C_3A$  tartalmát a cement kémiai elemzéséből számítani, de egyéb cementtípusok esetén nem!

A szulfátálló portlandcementek és a szulfátálló puccoláncementek olyan portlandcement-klinkerrel készülnek, amelynek  $C_3A$  tartalma nem lépi túl:

CEM I esetében  
a 0%-ot, a 3%-ot vagy az 5%-ot,  
CEM IV/A és CEM IV/B esetében  
a 9%-ot.



## A szulfátálló cementek összetétele

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő szulfátálló, általános felhasználású cementek hét terméket tartalmazó családját az 1.1.9. táblázat tartalmazza.

Ezek a következő három fő cementfajtába csoportosíthatók:

### Szulfátálló portlandcement:

- CEM I-SR0 Szulfátálló portlandcement (a klinker  $C_3A$  tartalma = 0%)
- CEM I-SR3 Szulfátálló portlandcement (a klinker  $C_3A$  tartalma  $\leq 3\%$ )
- CEM I-SR5 Szulfátálló portlandcement (a klinker  $C_3A$  tartalma  $\leq 5\%$ )

### Szulfátálló kohósalakcement:

- CEM III/B-SR Szulfátálló kohósalakcement (a klinker  $C_3A$  tartalmára nincs követelmény)
- CEM III/C-SR Szulfátálló kohósalakcement (a klinker  $C_3A$  tartalmára nincs követelmény)

### Szulfátálló puccoláncement:

- CEM IV/A-SR Szulfátálló puccoláncement (a klinker  $C_3A$  tartalma  $\leq 9\%$ )
- CEM IV/B-SR Szulfátálló puccoláncement (a klinker  $C_3A$  tartalma  $\leq 9\%$ )

A szulfátálló, általános felhasználású cementek családjának hét terméke az összetétele alapján feleljen meg a 1.1.9. táblázat előírásainak. A cementfajták jelölése feleljen meg a szabvány követelményeinek úgy, hogy a CEM I jelű cementek esetében az SR0, az SR3, az SR5, a CEM III jelű és CEM IV jelű cementek esetében pedig csak az „SR” kiegészítő jelöléseket kell hozzáfűzni.

### 1.1.9. táblázat: A szulfátálló általános felhasználású cementek családjának hét terméke

Fő cementfajták	A hét termék jelölése (az általános felhasználású cementek fajtái)		Összetétel (m/m%-ban <sup>a</sup> )				
			Főalkotórészek				Mellékal- kötő- részek
			Klinker K	Kohósa- lak S	Természe- tes pucco- lán P	Savas jellegű pernye V	
CEM I	Szulfátálló port- landcement	CEM I-SR 0	95-100	-	-	-	0-5
		CEM I-SR 3					
		CEM I-SR 5					
CEM III	Szulfátálló kohó- salakcement	CEM III/B-SR	20-34	66-80	-	-	0-5
		CEM III/C-SR	5-19	81-95	-	-	0-5
CEM IV	Szulfátálló <sup>b</sup> puc- coláncement	CEM IV/A-SR	65-79	-	21-35		0-5
		CEM IV/B-SR	45-64	-	36-55		0-5

<sup>a</sup> A táblázat értékei a fő- és mellékal-kötőrészek összegét tartalmazzák.

<sup>b</sup> A CEM IV/A-SR és a CEM IV/B-SR szulfátálló puccoláncementfajták esetében meg kell adni a jelölésben a klinker mellett található más főalkotórészeket.

## A szulfátálló cementek fizikai-mechanikai és kémiai előírásai

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő szulfátálló, általános felhasználású cementeknek teljesíteniük kell az **1.1.2.** táblázatban előírt fizikai-mechanikai és az **1.1.3.** táblázatban előírt kémiai követelmények mellett az **1.1.10.** táblázatban előírt kiegészítő követelményeket is.

### 1.1.10. táblázat: A szulfátálló általános felhasználású cementek kiegészítő követelményeinek előírt jellemző értékei

1	2	3	4	5
Tulajdonság	Vizsgálati módszer	Cementfajta	Szilárdsági osztály	Követelmények <sup>a</sup>
Szulfáttartalom (SO <sub>3</sub> -ként)	EN 196-2	CEM I-SR 0 CEM I-SR 3 CEM I-SR 5 <sup>b</sup>	32,5 N 32,5 R 42,5 N	≤ 3,0%
		CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	42,5 R 52,5 N 52,5 R	≤ 3,5%
C <sub>3</sub> A a klinkerben <sup>c</sup>	EN 196-2	CEM I-SR 0	valamennyi	= 0 %
		CEM I-SR 3		≤ 3 %
		CEM I-SR 5		≤ 5 %
	-	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	≤ 9 %	
Puccolánosság	EN 196-5	CEM IV/A-SR CEM IV/B-SR	valamennyi	Megfelel a vizsgálati módszernek

<sup>a</sup> A követelmények a táblázat meghatározása szerint a kész cement vagy a klinker m/m%-ában vannak megadva.

<sup>b</sup> Különleges alkalmazások esetén a CEM I-SR 5 cement előállítható nagyobb szulfáttartalommal. Ez esetben a tényleges szulfáttartalom értékét a szállítási dokumentumon fel kell tüntetni.

Példák a szabványos jelölésre

#### 1. példa:

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, szokásos kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú, 66–80 m/m% granulált kohósalakot (S) tartalmazó kis hidratációs hőfejesztésű és szulfátálló kohósalakcement szabványos megnevezése a következő:

**Kohósalakcement EN 197-1 – CEM III/B 32,5 N – LH/SR**

#### 2. példa:

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, nagy kezdőszilárdságú, 52,5 szilárdsági osztályú, 0,0 m/m% C<sub>3</sub>A-tartalmú klinkert tartalmazó szulfátálló portlandcement szabványos megnevezése a következő:

**Portlandcement EN 197-1 – CEM I 52,5 R – SR 0**

#### 3. példa:

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, szokásos kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú, a puccolánosság követelménynek megfelelő 21-35 m/m% természetes puccolánt és < 9 m/m% C<sub>3</sub>A-tartalmú klinkert tartalmazó szulfátálló puccoláncement szabványos megnevezése a következő:

**Puccoláncement EN 197-1 – CEM IV/A (P) 32,5 N – SR**

#### 4. példa:

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő, kis kezdőszilárdságú, 32,5 szilárdsági osztályú, 81-95 m/m% granulált kohósalakot tartalmazó kis hidratációs hőjű és szulfátálló kohósalakcement szabványos megnevezése a következő:

**Kohósalakcement EN 197-1 – CEM III/C 32,5 L – LH/SR**

#### Mérsékelt szulfátálló cementek (MSR)

A hazai MSZ 4737-1:2013 szabvány 16 fajta összetételű cementet sorol a mérsékelt szulfátálló cementek közé.

Ezek a szabványban megjelölt CEM II típusú összetett portlandcementek és a CEM III/A típusú kohósalakcement.

A CEM II cementek azonban csak akkor tekinthetők mérsékelt szulfátállónak, ha azok klinkerének alumínát-modulusa (AM = Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) legfeljebb 1,0. A klinker ezen tulajdonságát a tanúsítási eljárás során a szabvány által előírt gyakorisággal vizsgálni és igazolni kell! (A CEM III/A kohósalakcement klinkerére nem vonatkozik ezen előírás.)

Az MSZ 4737-1:2013 szabvány, a korábbi hazai hagyományoknak megfelelően, előírja a szulfátduzzadási vizsgálatok szükségességét. Mérsékelt szulfátállóknak tehát azt a cementet nevezhetjük, amely a fenti összetétel, kémiai előírások mellett megfelel a vizsgálata során mért 28 napos szulfátduzzadási határértéknek is. **A 28 napos korban mért szulfátduzzadás nem lehet nagyobb, mint 1,00 mm/m.** A szulfátduzzadás vizsgálati módszerét, a vizsgálatok gyakoriságát szintén a szabvány tartalmazza.

A szulfátállóság, a szulfátduzzadás a cement meghatározó tulajdonsága és azt nem szabad összekeverni a beton korrózióállóságával.

A betonban kialakuló korróziós hatásokat, illetve azok mértékét a cement szulfátállósági tulajdonságán kívül számos tényező befolyásolja (pl. v/c tényező, tömörítés, adalékanyag típusa, fajtája, annak morfológiája, a cementkő pórusstruktúrája, repedezettsége, a cement zsugorodása, hőfejlésztése). Ezen tényezők, melyek közül a cement szulfátállósága csak az egyik paraméter, együttes hatását betonkorróziós vizsgálatokkal kell meghatározni.

A cement szulfátállóságának mérésénél olyan vizsgálati előírásokat alkalmazunk, hogy a cement szulfátállóságát a beton struktúrája vagy a korróziós közeg behatolási sebessége a lehető legkisebb mértékben befolyásolja.

Ezért a szulfátduzzadás vizsgálata során fontos, hogy a vizsgálati habarcs minél jobban átjárható legyen (a szabványhomokból a 0,5 mm-nél kisebb méretű homokszemcsék eltávolításával) a korróziós közeg ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  4,4 m/m%-os vizes oldata) által. Így lecsökken a próbatest struktúrájának hatása, a cementkőben gyorsabban lejátszódnak a károsító folyamatok (másodlagos ettringit képződés).

E cementeket a mérsékelt szulfátállóságra való utalásként **MSR** (Moderate Sulphate-Resisting) jelöléssel kell ellátni.

Példák a szabványos jelölésre

### 1. példa

Az MSZ 4737-1 szerint mérsékelt szulfátálló, az MSZ EN 197-1 szerinti CEM III/A cementfajta követelményeit kielégítő, szokásos kezdőszilárdságú (N), 32,5 szilárdsági osztályú, 36 - 65 m/m% granulált kohósalakot (S) tartalmazó kohósalakcement megnevezése:

**Mérsékelt szulfátálló kohósalakcement MSZ 4737-1 – CEM III/A 32,5 N-MSR**

### 2. példa

Az MSZ 4737-1 szerint mérsékelt szulfátálló, az MSZ EN 197-1 szerinti CEM II cementfajta követelményeit kielégítő, kisebb, mint 1,00 alumínát-modulusú klinkerből készült, nagy kezdőszilárdságú (R), 42,5 szilárdsági osztályú, 6 - 20 m/m% savas pernyét (V) tartalmazó pernye-portlandcement megnevezése:

**Mérsékelt szulfátálló pernye-portlandcement MSZ 4737-1 – CEM II/A-V 42,5 R-MSR**

### Kis alkálitartalmú cementek (na)

Egyes beton-adalékanyagok (pl. flintes kavicsok) alkáliérzékenysége miatt - ami a beton tönkremeneteléhez vezethet - csak kis alkáli( $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ )tartalmú cementek alkalmazhatók. A beton-adalékanyagok alkáliérzékenységét felhasználás előtt az alkáli-oldható kovavas tartalom meghatározásával lehet megbecsülni. A cement granulált kohósalak tartalmának növekedésével nagyobb  $\text{Na}_2\text{O}_{\text{ekv}}$  határértékeket enged meg a szabvány. Ennek oka, hogy az alkáliák a kohósalakban ugyan nagyobb mennyiségben vannak jelen, de azok főként az üveg-fázisba dermedve, lekötve, nem aktív állapotban találhatóak!

A kis alkálitartalmú cementekre vonatkozó követelményeket, vizsgálati rendet, gyakoriságot, megfelelőségeket a DIN 1164-10 szabvány szabályozza.

A  $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens a cement kémiai összetételből számítandó a következő képlettel (az adatok m/m%-ban értendők):

$\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens =  $\text{Na}_2\text{O} + 0,658 \times \text{K}_2\text{O}$

A cementek megengedhető alkálitartalma  $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalensben kifejezve az **1.1.11. táblázatban** látható.

### **1.1.11. táblázat: Kis alkálitartalmú cementek kiegészítő követelményei, jellemző értékei a DIN 1164-10:2013-03 szerint**

Cementfajta	Követelmény <sup>a</sup>
CEM I – CEM V	$\leq 0,60$ m/m% $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens <sup>b</sup>
CEM II/B-S	$\geq 21$ m/m% granulált kohósalak-tartalom esetén $\leq 0,70$ m/m% $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens
CEM III/A	$\leq 49$ m/m% granulált kohósalak-tartalom esetén $\leq 0,95$ m/m% $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens
	$\geq 50$ m/m% granulált kohósalak-tartalom esetén $\leq 1,10$ m/m% $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens
CEM III/B	$65-80$ m/m% granulált kohósalak-tartalom esetén $\leq 2,00$ m/m% $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens
CEM III/C	$81-95$ m/m% granulált kohósalak-tartalom esetén $\leq 2,00$ m/m% $\text{Na}_2\text{O}$ -ekvivalens

### **Öntisztuló cementek, jele: TiO-Cem/TX Active**

A TiO-Cem/TX Active vagy  $\text{TiO}_2$  (titan-dioxid) tartalmú cement egy fotokatalitikusan aktív, építőiparban használt cementkötésű termék. Ez egy különleges cement, amely portlandcement klinkert, kohósalakot és speciális kristályszerkezetű, fotokatalitikus  $\text{TiO}_2$ -t tartalmaz. TiO-Cementből készült betonfelületek felszínén az atmoszferikus fény hatására (UV sugárzás) az oxigén aktiválódik. Az aktiválódott oxigén képes a különböző nitrogén-oxidokat vízben oldható ártalmatlan nitráttá alakítani.

A cementben a  $\text{TiO}_2$  az Anatas nevű kristály formájában van jelen.

Ezt az anyagot sok mindennapos termékben használják, pl. kozmetikai termékekben, festékekben. A cement laboratóriumi vizsgálatát az olasz UNI 11259 számú szabvány szerint végzik. Mint végterméket pedig a szintén az olasz UNI 11247 szabvány szerint vizsgálják. Ez a szabvány az alapja az európai szabványosítási eljárásnak is.

### **1.1.12. A TÁROLÁS HATÁSA**

A cementek - természetüknél fogva - nedvességre érzékenyek. Mivel a nedvesség teljes kizárása a tárolás során gyakorlatilag lehetetlen, így a gyártók a cementek csomagolásán, fuvarokmányain feltüntetik az adott cementtípusra vonatkozó felhasználhatósági időt. Ezen időtartamon belül a cementek kielégítik mind a szabványos (fizikai-mechanikai, kémiai), mind pedig a vízzeloldható króm(VI)-tartalomra vonatkozó előírásokat.

A CEM I típusú, nagy klinkertartalmú, általában nagy őrlésfinomságú cementek érzékenyebbek a tárolásra, ezért e típusok felhasználhatósági ideje rövidebb, mint a nagy cementkiegészítőanyag tartalmú cementeké.

A felhasználhatósági idő meghosszabbítható speciális, műanyag fóliát is tartalmazó papírzsákok alkalmazásával. Száraz tárolásnál a cement nem fagyérzékeny.

### **1.1.13. A CEMENT EGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI (MISKOLCI BALÁZS)**

Felhasználáskor a vízzel reagáló cementek erősen bázikus kémhatásúak. A cementpép vagy a frissbeton szemmel való érintkezés hatására súlyosan károsíthatja a látórendszert, adott esetben visszafordíthatatlan károkat okozhat. Ha mégis a szembe jut, nem szabad dörzsölni, mert a mechanikus nyomás következtében szaruhártya-sérülés fordulhat elő. A kontaktlencsét el kell távolítani, majd a szemet azonnal és alaposan ki kell öblíteni bő, tiszta vízzel, legalább 20 percen át, hogy az összes részecske eltávozzon. Kerülni kell a részecskék beöblítését a sérülést nem szenvedett szembe.

Bőrrel való érintkezés esetén a cement vagy cementpép irritációt okozhat. A bőrrel való érintkezés továbbá érzékenységet, illetve allergiás bőrreakciót is kiválthat. Ezért a bőrre kerülést, valamint a belélegzést kerülni kell. Száraz cement esetén a cementet el kell távolítani a bőrről, majd a bőrfelületet bő vízzel le kell öblíteni. Nedves cement esetén a bőrt le kell mosni bő vízzel. Hosszantartó (izzadás vagy nedvesség miatt), illetve ismételt érintkezés esetén kontakt bőrgyulladást, illetve égési sérülés jellegű bőrpirosodást okozhat.

A cement a légzőrendszer nyálkahártyáját is irritálhatja. A cementpor hosszú időn keresztül ismételt belélegzése megnöveli a tüdőbetegségek kialakulásának kockázatát.

Bőrön át történő felszívódástól, illetve bioakkumulációtól a cement esetében nem kell tartani. A cement kárt tehet az alumíniumból vagy más, nem nemesfémekből készült termékekben.

A sérülések és egészségkárosodások elkerülésére por elleni álarcot és védőszemüveget kell viselni. A bőrrel való érintkezés elkerülésére megfelelő védőruházatot és védőkesztyűt kell viselni. Ha valamilyen károsodás mégis jelentkezik, orvoshoz kell fordulni.

Mindezek alapján a cement veszélyes keverék, biztonsági adattalppal rendelkezik, a 1272/2008/EK rendelet szerint (CLP/GHS) a következő jelöléssel kell ellátni:

**Veszély:**



### A biztonságos tárolás feltételei

A cementet nem szabad élelmiszer, ital vagy dohányáru közelében tárolni.

Az ömlesztett cementet ezért vízálló száraz silóban tárolják. A betemetődés vagy a fulladás megelőzése érdekében megfelelő biztonsági intézkedések megtétele nélkül nem szabad olyan zárt térbe lépni, mint például siló, ömlesztett cementet szállító tehergépkocsi, vagy egyéb tároló edény, amely cementet tartalmaz. A cement a zárt tér falán lerakódhat vagy megtapadhat, ahonnan váratlanul elengedhet, beomolhat vagy leeshet.

A csomagolt termékeket felnyitatlan, földtől tisztán tartott zsákokban, hűvös, száraz körülmények között, erős huzattól védve kell tárolni, hogy a termék minősége ne romoljon. A zsákokat stabilan kell halomba rakni.

### A krómtartalom szabályozása

A nyersanyag krómtartalmából származtatható, cementben is megjelenő vízdoldható kromát ( $\text{CrO}_4^{2-}$ ) mennyiségét korlátozni szükséges, mivel irritáló hatása van és a vele való huzamosabb érintkezés bőrcékmát okozhat. A cementek vízdoldható króm(VI)tartalmát a cementgyártáshoz felhasznált nyersanyagok megválasztásával, illetve a kész cementhez hozzáadott redukálószerrel (pl.: vas(II)-szulfát-hidrátok) lehet csökkenteni a kívánt mértékre. A króm(VI)ot redukáló szerrel kezelt cementek esetében a redukálószer hatásossága csökken az idő múlásával. A felhasználhatósági időn belül a gyártók garantálják az 1907/2006/EK rendelet a vegyi anyagok regisztrálásáról, értékeléséről, engedélyezéséről és korlátozásáról (továbbiakban REACH rendelet) által előírt 0,0002% alatti vízdoldható króm(VI)tartalmat.

Annak értékelésére, hogy a cement vízdoldható hat vegyértékű króm tartalma megfelel a REACH rendeletben előírt határértéknek, az MSZ EN 196-10 szabvány fogalmaz meg eljárási módot. Az értékelés – külső fél által igazolt – önellenőrzésen alapszik. A szabvány műszaki szabályokat ad meg az üzemi gyártásellenőrzéshez, valamint az üzemi gyártásellenőrzés külső fél általi igazolásához. Ugyancsak szabályozza a megteendő intézkedéseket arra az esetre, amikor a gyártó által bevezetett eljárásrenddel nem teljesülnek a megfelelőségi feltételek, vagy amikor túllépik a vízdoldható hat vegyértékű krómra vonatkozó határértékeket. Esetleges túllépés-

kor a gyártó haladéktalanul köteles megállapítani a határérték túllépés okait vagy okait, megtenni a szükséges helyesbítő intézkedéseket és felülvizsgálni az összes üzemi gyártásellenőrzési módszert. Minden megállapítást és intézkedést megfelelő módon dokumentálni kell.

A cementmintában a megengedett tárolási időszak végén a vízdoldható króm(VI)tartalom különböző tényezőktől függ, például a cement összetevőinek króm-tartalmától, a redukálószer fajtájától és mennyiségétől, az őrlés során elért hőmérséklettől, a mintavétel, mintatárolás és minta előkészítés körülményeitől. Emiatt statisztikai megfelelőségi kritérium nem alkalmas a megfelelőség értékelésére, ugyanis az önellenőrzés során a vizsgálati eredményeknél nem feltételezhető a normális eloszlás. Csak az egyetlen eredmény megfelelőségi kritériuma a releváns, azaz egyetlen vizsgálati eredményt kell úgy tekinteni, mint amelyik igazolja a megfelelőséget, ha nem lépi túl a megengedett határértéket. Természetesen a gyártók az eljárás megfelelőségét nem csak egy vizsgálati mintára alapozzák, a rendszer hatékonyságát folyamatos kontrollal biztosítják.

Amennyiben az ömlesztett kiserelésű cement vagy cementtartalmú termék felhasználója a felhasználás és a kezelés során ellenőrzött, zárt és teljesen automatizált eljárást, technológiát, gépeket alkalmaz, akkor a REACH rendelet XVII. mellékletében foglaltaknak megfelelően nem áll fenn a bőrrel való érintkezés veszélye. Ha erről a tényről a cementterméket felhasználó külön nyilatkozik, abban az esetben (külön kérésre) nem szükséges a krómtalanítás, a redukálószer adagolása. A gyártók a felhasználási időt a zsákokon vagy a fuvarokmányokon feltüntetik.

### 1.1.14. A KÜLÖNBÖZŐ CEMENTTÍPUSOK AJÁNLOTT FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI (SAS LÁSZLÓ JÁNOS)

A hazai gyártású cementtípusok az **1.1.12.** táblázatban láthatók.

#### **1.1.12. táblázat: Hazai gyártású cementtípusok (2015)**

Cementtípusok	DDC Beremend	DDC Vác	LAFARGE Királyegyháza
CEM I 52,5 N - SR 0/NA		•	
CEM I 52,5 N	•	•	
CEM I 42,5 R			•
CEM I 42,5 N	•	•	•
CEM I 32,5 N - LH	•		
CEM II/A-S 42,5 R			•
CEM II/A-S 42,5 N		•	
CEM II/B-S 42,5 N		•	•
CEM II/A-M (V-LL) 42,5 N	•		
CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R	•	•	
CEM II/B-M (V-LL) 32,5 N	•		
CEM II/B-M (S-LL) 32,5 N			•
CEM III/A 32,5 R-MSR			•
CEM III/A 32,5 N-MSR		•	
CEM III/B 32,5 N - LH/SR		•	•

A különböző típusú cementek ajánlott felhasználási területei a következők:

#### **Portlandcement - CEM I 52,5 N - SR 0 / NA**

A CEM I 52,5 N-SR 0/NA portlandcement nagy kezdő- és végszilárdságú, nagy fajlagos felületű, jelentős hőfejlesztésű cement. Nagy kezdőszilárdsága és hőfejlesztése miatt alkalmazása elsősorban az előregyártásban javasolt a sablonforduló meggyorsítására, valamint gőzöléses érlelésnél a gőzölési energia csökkentésére. A cement felhasználásával készített betonszerkezet nagymértékben agresszív szulfátion terhelésnek is képes ellenállni. Alkalmazása kifejezetten javasolt alapozási munkák mellett minden olyan betonszerkezet esetén, ahol a beton közvetlenül érintkezik szulfát-ionnal szennyezett környezettel, amennyiben a  $SO_4^{2-}$ -ion mennyisége nem haladja meg talajvízben a 6 000 mg/l-t, talajban a 24 000 mg/

kg-ot (XA1, XA2, XA3). Kis alkáli tartalma révén alkalmas alkáli-szilika és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok és betonszerkezetek készítésére. Színe közepszürke.

Előnyösen alkalmazható C 30/37 - C 60/75 szilárdsági jelű beton és vasbeton, elő- és utófesztített betonszerkezetek gyártásához, ahol a szulfáthatás jelen van. Téli időszakban, alacsony környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett történő felhasználás esetén, a beton fagyással szembeni ellenálláshoz szükséges kritikus szilárdság elérése gyorsabb, ezáltal a téliesítés költsége csökkenthető.

Alkalmas fagyálló beton (XF1 – XF4), kopásálló beton (XK1 – XK4) és vízzáró beton (XV1 – XV3) gyártásához.

### **Portlandcement CEM I 52,5 N**

A CEM I 52,5 N portlandcement nagy kezdő- és végszilárdságú, nagy fajlagos felületű, jelentős hőfejllesztésű cement. Nagy kezdőszilárdsága és hőfejllesztése miatt alkalmazása elsősorban az előregyártásban javasolt a sablonforduló meggyorsítására, valamint gőzöléses érlelésnél a gőzölési energia csökkentésére. Színe közepszürke.

Előnyösen alkalmazható C30/37 - C60/75 szilárdsági jelű beton és vasbeton, elő- és utófesztített betonszerkezetek, nagy igénybevételnek kitett ipari padlóburkolatok, térburkolatok készítésénél, betoncserép, műkö és térkő gyártásához. Téli időszakban, alacsony környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett történő felhasználás esetén, a beton fagyással szembeni ellenálláshoz szükséges kritikus szilárdság elérése gyorsabb, ezáltal a téliesítés költsége csökkenthető.

Alkalmas fagyálló beton (XF1 – XF4), kopásálló beton (XK1 – XK4) és vízzáró beton (XV1 – XV3) gyártásához.

### **Portlandcement CEM I 42,5 R**

A CEM I 42,5 R portlandcement nagy kezdő- és végszilárdságú, jelentős hőfejllesztésű cement. Nagy kezdőszilárdsága és hőfejllesztése miatt alkalmazása elsősorban gyors kizsárolási igény, továbbá alacsony környezeti hőmérséklet esetén javasolt. Színe közepszürke.

Előnyösen alkalmazható C 25/30 - C 55/67 szilárdsági jelű beton és vasbeton, elő- és utófesztített betonszerkezetek, nagy igénybevételnek kitett ipari padlóburkolatok, térburkolatok készítésénél, műkö és térkő gyártásához. Téli időszakban, alacsony környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett történő felhasználás esetén, a beton fagyással szembeni ellenálláshoz szükséges kritikus szilárdság elérése gyorsabb, ezáltal a téliesítés költsége csökkenthető.

Alkalmas fagyálló beton (XF1 – XF4), kopásálló beton (XK1 – XK4) és vízzáró beton (XV1 – XV3) gyártásához.

### **Portlandcement CEM I 42,5 N**

A CEM I 42,5 N portlandcement nagy kezdő- és végszilárdságú, jelentős hőfejllesztésű cement. Nagy kezdőszilárdsága és hőfejllesztése miatt alkalmazása elsősorban gyors kizsárolási igény, továbbá alacsony környezeti hőmérséklet esetén javasolt. Színe közepszürke.

Előnyösen alkalmazható C 25/30 - C 55/67 szilárdsági jelű beton és vasbeton, elő- és utófesztített betonszerkezetek, nagy igénybevételnek kitett ipari padlóburkolatok, térburkolatok készítésénél, műkö és térkő gyártásához. Téli időszakban, alacsony környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett történő felhasználás esetén, a beton fagyással szembeni ellenálláshoz szükséges kritikus szilárdság elérése gyorsabb, ezáltal a téliesítés költsége csökkenthető.

Alkalmas fagyálló beton (XF1 – XF4), kopásálló beton (XK1 – XK4) és vízzáró beton (XV1 – XV3) gyártásához.

### **Portlandcement CEM I 32,5 N - LH**

A CEM I 32,5 N-LH kis hőfejllesztésű portlandcement egy speciális cement. Szokványos kezdő- és végszilárdsága, kis hőfejllesztése következtében széleskörűen felhasználható cement. A kis hőfejllesztés miatt alkalmazásával csökken a betonban fellépő, hőmérsékletkülönbség okozta repedések kockázata, ezért felhasználása kifejezetten javasolt nyári melegben és/vagy nagy tömegű betonozás esetén. Színe közepszürke.

Előnyösen alkalmazható C 8/10 – C 40/50 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, továbbá kis hőfej-

lesztésnek köszönhetően nyári melegben nagy tömegű betonszerkezetek készítéséhez. Alkalmas megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1, XF4), kopásálló beton (XK1 – XK4), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton gyártásához.

### **Kohósalak-portlandcement - CEM II/A-S 42,5 R**

A CEM II/A-S 42,5 R kohósalak-portlandcementben lévő granulált kohósalak kiegészítőanyag aktívan részt vesz a cement szilárdulásában. A klinker és víz reakciójából keletkező hidratációs termékkel reagálva szilárdsághordozó anyaggá alakul, így a képződő cementkő szilárdságát megfelelően növeli. Jelentős kezdőszilárdság, nagy végszilárdság, közepes mértékű hőfejlesztés jellemzi. Színe középszürke; világosabb árnyalatú a portlandcementek színénél.

Előnyösen alkalmazható C 16/20 – C 50/60 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Téli időszakban, alacsony környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett is eredményesen használható. Felhasználása kifejezetten javasolt térkő gyártásához, a termékek felületén keletkező fátyolos mészkivirágzás csökkentése érdekében.

Alkalmas fagyálló beton (XF1 – XF4), kopásálló beton (XK1 – XK4), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton, valamint enyhén agresszív kémiai hatásnak ellenálló beton (XA1) gyártásához, téli és nyári időszakban egyaránt.

### **Kohósalak-portlandcement - CEM II/A-S 42,5 N**

A CEM II/A-S 42,5 N kohósalak-portlandcementben lévő granulált kohósalak kiegészítőanyag aktívan részt vesz a cement szilárdulásában. A klinker és víz reakciójából keletkező hidratációs termékkel reagálva szilárdsághordozó anyaggá alakul, így a képződő cementkő szilárdságát megfelelően növeli. Jelentős kezdőszilárdság, nagy végszilárdság, közepes mértékű hőfejlesztés jellemzi. Színe középszürke; világosabb árnyalatú a portlandcementek színénél.

Előnyösen alkalmazható C 16/20 – C 50/60 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Téli időszakban, alacsony környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett is eredményesen használható. Felhasználása kifejezetten javasolt térkő gyártásához, a termékek felületén keletkező fátyolos mészkivirágzás csökkentése érdekében.

Alkalmas fagyálló beton (XF1 – XF4), kopásálló beton (XK1 – XK4), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton, valamint enyhén agresszív kémiai hatásnak ellenálló beton (XA1) gyártásához, téli és nyári időszakban egyaránt.

### **Kohósalak-portlandcement CEM II/B-S 42,5 N**

A CEM II/B-S 42,5 N kohósalak-portlandcementben lévő granulált kohósalak kiegészítőanyag aktívan részt vesz a cement szilárdulásában. A klinker és víz reakciójából keletkező hidratációs termékkel reagálva szilárdsághordozó anyaggá alakul, így a képződő cementkő szilárdságát megfelelően növeli. Kedvező kezdőszilárdság, nagy végszilárdság, közepes mértékű hőfejlesztés jellemzi. Színe középszürke; világosabb árnyalatú a portlandcementek színénél.

Előnyösen alkalmazható C 16/20 – C 50/60 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Kedvező kezdőszilárdsága és hőfejlesztése miatt alkalmazása elsősorban gyors kizsaluzási igény esetén javasolt téli és nyári időszakban egyaránt.

Alkalmas fagyálló beton (XF1 – XF4), megfelelő minőségű kopásálló beton (XK1 – XK3), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton, valamint enyhén agresszív kémiai környezetnek ellenálló beton (XA1) gyártásához.

### **Kompozit-portlandcement CEM II/A-M (V-LL) 42,5 N**

A CEM II/A-M (V-LL) 42,5 N kompozit-portlandcement pernye és mészkő kiegészítőanyagot tartalmaz. A pernye a cement kedvező utószilárdulását, a mészkő a jobb szemcseméret-eloszlást, valamint a hatékonyabb vízmegtartó képességet biztosítja. Jelentős kezdőszilárdság, nagy végszilárdság, közepes mértékű hőfejlesztés jellemzi. Színe középszürke; sötétebb árnyalatú a portlandcementek színénél.



Előnyösen alkalmazható C 16/20 – C 45/55 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Téli időszakban, alacsony környezeti hőmérsékleti viszonyok mellett is eredményesen használható. Alkalmos megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1, XF3), kopásálló beton (XK1, XK2) vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton gyártásához, téli és nyári időszakban egyaránt.

### **Kompozit-portlandcement CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R**

A CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R kompozit-portlandcement pernye és mészkő kiegészítőanyagot tartalmaz. A pernye a cement kedvező utószilárdulását, a mészkő a jobb szemcseméret-eloszlást, valamint a hatékonyabb vízmegtartó képességet biztosítja. Kedvező kezdőszilárdsága, szokványos végszilárdsága, mérsékelt hőfejlesztése következtében széleskörűen felhasználható cement. Színe sötétszürke; sötétebb árnyalatú a portlandcementek színénél. Előnyösen alkalmazható C 8/10 – C 40/50 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Kedvező kezdőszilárdsága és hőfejlesztése miatt alkalmazása elsősorban gyors kiszaluzási igény esetén javasolt az átmeneti, illetve nyári időszakban.

Alkalmos megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1, XF3), kopásálló beton (XK1), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton gyártásához.

### **Kompozit-portlandcement CEM II/B-M (V-LL) 32,5 N**

A CEM II/B-M (V-LL) 32,5 N kompozit-portlandcement pernye és mészkő kiegészítőanyagot tartalmaz. A pernye a cement kedvező utószilárdulását, a mészkő a jobb szemcseméret-eloszlást, valamint a hatékonyabb vízmegtartó képességet biztosítja. Szokványos kezdő- és végszilárdsága, mérsékelt hőfejlesztése következtében széleskörűen felhasználható cement. Színe sötétszürke; sötétebb árnyalatú a portlandcementek színénél.

Előnyösen alkalmazható C 8/10 – C 40/50 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, továbbá a mérsékelt hőfejlesztésnek köszönhetően nyári melegben nagy tömegű betonszerkezetek készítéséhez.

Alkalmos megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1, XF3), kopásálló beton (XK1), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton gyártásához.

### **Kompozit-portlandcement CEM II/B-M (S-LL) 32,5 N**

A CEM II/B-M (S-LL) 32,5 N kompozit-portlandcement granulált-kohósalak és mészkő kiegészítőanyagot tartalmaz. A granulált-kohósalak a cement kedvező utószilárdulását, a mészkő a jobb szemcseméret-eloszlást, valamint a hatékonyabb vízmegtartó képességet biztosítja. Szokványos kezdő- és végszilárdsága, mérsékelt hőfejlesztése következtében széleskörűen felhasználható cement. Színe közészürke; világosabb árnyalatú a portlandcementek színénél.

Előnyösen alkalmazható C 8/10 – C 40/50 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek, továbbá a mérsékelt hőfejlesztésnek köszönhetően nyári melegben nagy tömegű betonszerkezetek készítéséhez.

Alkalmos megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1, XF3), kopásálló beton (XK1), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton gyártásához.

### **Kohósalakcement CEM III/A 32,5 R-MSR**

A CEM III/A 32,5 R-MSR mérsékelt szulfátálló kohósalakcement egy speciális cement. Kedvező kezdőszilárdság és jelentős utószilárdulás mellett kis hőfejlesztés jellemzi. A cement nagy mennyiségű granulált kohósalak kiegészítőanyagot tartalmaz, amely tömörebb struktúrát, valamint jelentős kémiai és fizikai ellenálló képességet biztosít a cementkőnek. A cement felhasználásával készített betonszerkezet mérsékelt agresszív környezetnek is képes ellenállni, egyéb betonkorrozíót okozó hatásokon túl. Alkalmazása kifejezetten javasolt alapozási munkák mellett minden olyan betonszerkezet esetén, ahol a beton közvetlenül érintkezik szulfát-ionnal szennyezett környezettel, amennyiben a  $\text{SO}_4^{2-}$ -ion mennyisége nem haladja meg talajvízben a 3 000 mg/l-t, talajban a 12 000 mg/kg-ot (XA1, XA2). A kis hőfejlesztés miatt alkalmazásával csökken a betonban fellépő, hőmérsékletkülönbség okozta repedések kockázata, ezért felhasználása kifejezetten javasolt nyári melegben,

nagy tömegű betonozás esetén.

Előnyösen alkalmazható C 8/10 – C 40/50 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Világos színének köszönhetően felhasználásával esztétikus felületek, „látszó-, ill. látványbeton” minőségű betonszerkezetek készíthetőek.

Alkalmas megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1 – XF3), kopásálló beton (XK1), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton, tömegbeton gyártásához.

### **Kohósalakciment CEM III/A 32,5 N-MSR**

A CEM III/A 32,5 N-MSR mérsékelt szulfátálló kohósalakciment egy speciális cement. Mérsékelt kezdőszilárdság és jelentős utószilárdulás mellett kis hőfejlés jellemzi. A cement nagy mennyiségű granulált kohósalak kiegészítőanyagot tartalmaz, amely tömörebb struktúrát, valamint jelentős kémiai és fizikai ellenálló képességet biztosít a cementkőnek. A cement felhasználásával készített betonszerkezet mérsékelt agresszív környezetnek is képes ellenállni, egyéb betonkorróziót okozó hatásokon túl. Alkalmazása kifejezetten javasolt alapozási munkák mellett minden olyan betonszerkezet esetén, ahol a beton közvetlenül érintkezik szulfát-ionnal szennyezett környezettel, amennyiben a  $SO_4^{2-}$ -ion mennyisége nem haladja meg talajvízben a 3 000 mg/l-t, talajban a 12 000 mg/kg-ot (XA1, XA2). A kis hőfejlés miatt alkalmazásával csökken a betonban fellépő, hőmérsékletkülönbség okozta repedések kockázata, ezért felhasználása kifejezetten javasolt nyári melegben, nagy tömegű betonozás esetén. Előnyösen alkalmazható C 8/10 – C 40/50 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Világos színének köszönhetően felhasználásával esztétikus felületek, „látszó-, ill. látványbeton” minőségű betonszerkezetek készíthetőek.

Alkalmas megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1 – XF3), kopásálló beton (XK1), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton, tömegbeton gyártásához.

### **Szulfátálló kohósalakciment CEM III/B 32,5 N-LH/SR**

A CEM III/B 32,5 N-LH/SR szulfátálló kohósalakciment egy speciális cement. Mérsékelt kezdőszilárdság és jelentős utószilárdulás mellett kis hőfejlés jellemzi. A cement nagy mennyiségű granulált kohósalak kiegészítőanyagot tartalmaz, amely tömörebb struktúrát, valamint jelentős kémiai és fizikai ellenálló képességet biztosít a cementkőnek. A cement felhasználásával készített betonszerkezet nagymértékben agresszív környezetnek is képes ellenállni, egyéb betonkorróziót okozó hatásokon túl. Alkalmazása kifejezetten javasolt alapozási munkák mellett minden olyan betonszerkezet esetén, ahol a beton közvetlenül érintkezik szulfát-ionnal szennyezett környezettel, amennyiben a  $SO_4^{2-}$ -ion mennyisége nem haladja meg talajvízben a 6 000 mg/l-t, talajban a 24 000 mg/kg-ot (XA1, XA2, XA3). A kis hőfejlés (LH) miatt alkalmazásával csökken a betonban fellépő, hőmérsékletkülönbség okozta repedések kockázata, ezért felhasználása kifejezetten javasolt nyári melegben, nagy tömegű betonozás esetén.

Előnyösen alkalmazható C 8/10 – C 35/45 szilárdsági jelű beton, vasbeton szerkezetek készítéséhez. Világos színének köszönhetően felhasználásával esztétikus felületek, „látszó-, ill. látványbeton” minőségű betonszerkezetek készíthetőek.

Alkalmas megfelelő minőségű fagyálló beton (XF1 – XF3), kopásálló beton (XK1), vízzáró beton (XV1 – XV3), sugárvédő beton, tömegbeton gyártásához.



## 1.2. BETON-ADALÉKANYAGOK (BOROS SÁNDOR)

A beton „kővázat” adó természetes, mesterséges és újrahasznosított eredetű anyagok, a beton-adalékanyagok részletes szabályozását az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szabvány adja meg, felváltva a korábbi homok, kavics, homokos kavics, zúzottkő, kőpor és kőliszt szabványokat. Könnyű adalékanyagok esetében az MSZ EN 13055:2016 szabvány az irányadó.

A betonszabvány (MSZ 4798:2016) „E” melléklete foglalja össze az adalékanyagok felhasználására, a megfelelő adalékanyag kiválasztására vonatkozó ajánlásokat és előírásokat.

**Az „E melléklet” kötelező előírásai:**

- a NAD E1. táblázat: homok, kavics, homokos kavics adalékanyag és homokos kavics adalékanyagú betonból visszanyert mosott és osztályozott adalékanyag frakciókra vonatkozó követelmények, a beton környezeti osztályától függően;
- a NAD E2. táblázat: zúzottkő, zúzottkavics és újrahasznosított adalékanyag, valamint visszanyert tört adalékanyag, továbbá zúzottkőbetonból, zúzottkavicsbetonból visszanyert mosott és osztályozott adalékanyag frakciókra vonatkozó követelmények, a beton környezeti osztályától függően;
- az E5. fejezet: előírások a betonkeveréshez használható adalékanyag keverékek szemmegoszlására (melyet a szemmegoszlási görbével, a legnagyobb szemmagysággal, a finomsági modulussal és szűk ség esetén az egyenlőtlen ségi együtthatóval kell jellemezni).

### 1.2.1. HOMOK, KAVICS, HOMOKOS KAVICS FRAKCIÓK

A szabvány NAD E1. táblázata, a beton környezeti osztályától függően, kötelező erővel adja meg a homok, kavics, homokos kavics frakciókra, továbbá a homokos kavics adalékanyagú betonból visszanyert mosott és osztályozott adalékanyag frakciókra vonatkozó követelményeket, az alábbiak szerint. (A követelmény tulajdonság jelek, jelölések az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szerintiék.)

**A felhasználható,  $D \geq 4$  mm-es frakciók szemmegoszlása**

- a legenyhébb követelményeket támasztó XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályban  $D \leq 45$  mm és  $d = 0$  mm esetén  $G_A 90$  jelű legyen, illetve  $D = 8$  mm és  $d = 0$  mm esetén  $G_{NG} 90$  legyen,
- az összes többi környezeti osztályban  $D/d > 2$  mm és  $D > 11,2$  esetén  $G_c 90/15$ ,  $D/d \leq 2$  mm vagy  $D \leq 11,2$  mm esetén  $G_c 85/20$  legyen.

**A felhasználható,  $d = 0$  mm és  $D \leq 4$  mm-es frakciók szemmegoszlása**

- az összes környezeti osztályban  $G_f 85$  legyen.

**Finomszem-tartalom a durva adalékanyagban, egységesen**

- az összes környezeti osztályban  $f_{1,5}$  jelű legyen.

**Finomszem-tartalom a finom adalékanyagban**

- XN(H), X0b(H), X0v(H), XC1, XC2 környezeti osztályban legfeljebb  $f_{10}$  jelű legyen,
- XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H), XV1(H), XV2(H), XV3(H)  $f_3$  jelű legyen,
- az összes többi beton környezeti osztályban  $\leq 5$  tömegszázalék értékű legyen.

### Finomszem-tartalom a 0/8 jelű adalékanyag frakcióban

- XN(H), X0b(H), X0v(H), XC1, XC2 környezeti osztályban legfeljebb  $f_{10}$  jelű legyen,
- az összes többi, szigorúbb környezeti osztályú beton készítéséhez ilyen frakció nem használható.

### Finomszem-tartalom a „nyújtott frakciójú” adalékanyag esetén

- XN(H), X0b(H), X0v(H), XC1, XC2 környezeti osztályban legfeljebb  $f_{11}$  jelű legyen,
- az összes többi, szigorúbb környezeti osztályú beton készítéséhez ilyen frakció nem használható.

### Az agyag-iszap tartalom korlátozása a készítendő beton fajtájától és tervezett nyomószilárdsági osztályától függően került megadásra:

- legfeljebb C16/20 nyomószilárdsági osztályú beton adalékanyaga esetén legfeljebb 10 térfogat%,
- C20/25 és C45/50 közötti nyomószilárdsági osztályú beton és vasbeton (kivéve az útpályaszerkezeti betont) adalékanyaga esetén legfeljebb 6 térfogat%,
- feszített vasbeton és útpályaszerkezeti beton, valamint C50/60 vagy annál nagyobb nyomószilárdsági osztályú beton és vasbeton adalékanyaga esetén legfeljebb 3 térfogat% legyen, függetlenül attól, hogy a vizsgálat során elkülönülő szemek duzzadó agyagásványok-e vagy sem.

### Kagylóhéjtartalom

- az összes környezeti osztályban  $SC_{10}$  osztályú legyen.

### Los Angeles-aprózódási ellenállás

- az XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $LA_{25}$  jelű lehet,
- az összes többi környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $LA_{50}$  jelű lehet.

### Mikro-Deval-féle kopásállóság

- az XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $M_{DE15}$  jelű lehet,
- az összes többi környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $M_{DE35}$  jelű lehet.

### Fagyállóság szempontjából, 4 mm fölötti szemeken vizsgálva az adalékanyag

- az XF1, XF2, XF3, XF4, XF2(H), XF3(H), XF4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb F1 jelű legyen,
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag F értékére.

### Magnézium-szulfátos kristályosítás szempontjából, 4 mm fölötti szemeken vizsgálva az adalékanyag

- az XF1, XF2, XF3, XF4, XF2(H), XF3(H), XF4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $MS_{18}$  jelű legyen,
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag MS értékére.

### Vízfelvétel szempontjából, 4 mm fölötti szemeken vizsgálva azt az adalékanyagot

- amelyet XF1, XF2, XF2(H), XF3, XF3(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályú betonokhoz kívánunk felhasználni és a vízfelvétel értéke  $\leq 1,0$  tömeg% értékre adódik, akkor az megfelelő, sőt elhagyható az előző két alpont szerinti magnézium-szulfátos kristályosítás és fagyállóság vizsgálat is, a megfeleléséig kimondásához;
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag vízfelvétel értékére.

### Száradási zsugorodás szempontjából az adalékanyagra követelmény

- az összes beton környezeti osztály esetében, hogy az MSZ EN 1367-4 szerint vizsgálva  $\leq 0,075$  tömeg% értéket adjon. *Ha ismeretes, hogy az adalékanyag zsugorodásra nem hajlamos, akkor vizsgálat nélkül is megfelelőnek ítéltető.*

**Alkáli-szilika reakció szempontjából az adalékanyagra követelmény, hogy ne legyen alkáliérzékeny**

- egyik környezeti osztályú beton estében sem.

**Vízoldható kloridtartalom szempontjából**

- az összes környezeti osztályú betonhoz legfeljebb 0,01 tömeg% értékű adalékanyag használható.

**Savoldható szulfáttartalom szempontjából**

- XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H), XA6(H) környezeti osztályú betonokhoz legfeljebb AS<sub>0,2</sub> jelű, osztályú adalékanyag használható,
- az összes többi környezeti osztályú beton adalékanyagait nem kell vizsgálni ilyen szempontból.

**Összes kéntartalom szempontjából**

- bármely környezeti osztályú betonhoz legfeljebb 1,0 tömeg% értékű adalékanyag használható.

**Kötésre gyakorolt hatás szempontjából**

- bármely környezeti osztályú betonhoz csak olyan adalékanyag használható, mely megfelel az MSZ EN 12620 szabvány 6.4.1. szakasza előírásainak.

1

## 1.1.2.2. ZÚZOTTKŐ ÚJRAHASZNOSÍTOTT, VALAMINT VISSZANYERT TÖRT ADALÉKANYAG FRAKCIÓK

A szabvány NAD E2. táblázata, a beton környezeti osztályától függően, kötelező erővel adja meg a zúzottkő, zúzottkavics frakciókra, továbbá az újrahasznosított adalékanyag, valamint visszanyert tört adalékanyag, továbbá zúzottkőbetonból, zúzottkavicsbetonból visszanyert mosott és osztályozott adalékanyag frakciókra vonatkozó követelményeket, az alábbiak szerint. (A követelmény tulajdonság jelek, jelölések az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 szerintiek.)

**A felhasználható frakciók szemmegoszlása**

- a legenyhébb követelményeket támastó XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályban legalább G<sub>F</sub>85, G<sub>C</sub>80/20, G<sub>C</sub>90/15, G<sub>A</sub>85 jelű legyen,
- az összes többi környezeti osztályban pedig legalább G<sub>F</sub>85, G<sub>C</sub>85/20, G<sub>C</sub>90/15, G<sub>A</sub>90 jelű legyen.

**Szemalak (lemezességi szám) a 4 mm feletti szemek estében**

- a legenyhébb követelményeket támastó XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályban legfeljebb FI<sub>50</sub> lehet,
- az összes XC, az összes XD, az összes XS környezeti osztályban, az összes XF és XF... (H) környezeti osztályokban, az összes XA és XA... (H) osztályokban, az összes XV... (H) osztályokban és az XK1(H) környezeti osztályban legfeljebb FI<sub>35</sub> lehet,
- az XK2(H) és XK3(H) környezeti osztályban legfeljebb FI<sub>20</sub> lehet,
- az XK4(H) környezeti osztályban legfeljebb FI<sub>15</sub> lehet.

**Kagylóhéjtartalom a durva kőanyagalmazok (D ≥ 4 mm és d ≥ 2 mm) esetén**

- a legenyhébb követelményeket támastó XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályban nem korlátozott,
- az összes többi környezeti osztályban SC<sub>10</sub> osztályú lehet.

**Finomszem-tartalom a finom frakcióban (D ≤ 4 mm)**

- a legenyhébb követelményeket támastó XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályban legfeljebb f<sub>16</sub> jelű lehet,

- az összes XC, az összes XD, az összes XS környezeti osztályban legfeljebb  $f_{10}$  jelű lehet,
- az összes többi környezeti osztályban  $f_3$  jelű legyen.

#### Finomszem-tartalom a durva frakcióban ( $D/d > 2$ és $D > 4$ mm)

- a legenyhébb követelményeket támasztó XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályra nincs előírás,
- az összes XC, az összes XD, az összes XS környezeti osztályban legfeljebb  $f_4$  jelű lehet,
- az összes többi környezeti osztályban  $f_{1,5}$  jelű legyen.

#### Finomszem-tartalom a kevert adalékanyag frakcióban ( $D \leq 45$ mm és $d = 0$ )

- a legenyhébb követelményeket támasztó XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályra nincs előírás,
- az összes XC, az összes XD, az összes XS környezeti osztályban legfeljebb  $f_{11}$  jelű lehet,
- az összes többi környezeti osztályban  $f_3$  jelű legyen.

#### Los Angeles-aprózódási ellenállás

- az XN(H) környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $LA_{50}$  jelű lehet,
- az X0b(H) környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $LA_{40}$  jelű lehet,
- az X0v(H) környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $LA_{35}$  jelű lehet,
- az XC1 környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $LA_{30}$  jelű lehet,
- az XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3, XF1, XF2, XF3, XF4, XF2(H), XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H), XK1(H), XK2(H), XV1(H), XV2(H), XV3(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $LA_{25}$  jelű lehet,
- az XF3(H), XF4(H), XA6(H), XK3(H), XK4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $LA_{20}$  jelű lehet.

#### Mikro-Deval-féle kopásállóság

- az XN(H) és X0b(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $M_{DE,35}$  jelű lehet,
- az X0v(H) környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $M_{DE,30}$  jelű lehet,
- az XC1 környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $M_{DE,25}$  jelű lehet,
- az XC2, XC3, XC4, XD1, XD2, XD3, XS1, XS2, XS3, XF1, XF2, XF3, XF4, XF2(H), XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H), XK1(H), XK2(H), XV1(H), XV2(H), XV3(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $M_{DE,20}$  jelű lehet,
- az XF3(H), XF4(H), XA6(H), XK3(H), XK4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $M_{DE,15}$  jelű lehet.

#### Csiszolódási ellenállás szempontjából a zúzott, tört adalékanyag

- az XA4(H), XA5(H), XA6(H), XK1(H) környezeti osztályú betonok esetén legalább  $PSV_{44}$  jelű legyen,
- az XK2(H) és XK3(H) környezeti osztályú beton esetén legalább  $PSV_{50}$  jelű legyen,
- az XK4(H) környezeti osztályú beton esetén legalább  $PSV_{55}$  jelű legyen,
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag PSV értékére.

#### Kopási ellenállás (felületi kopási ellenállás) szempontjából a zúzott, tört adalékanyag

- az XA4(H), XA5(H), XA6(H), XK1(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $AAV_{20}$  jelű legyen,
- az XK2(H) és XK3(H) környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $AAV_{15}$  jelű legyen,
- az XK4(H) környezeti osztályú beton esetén  $AAV_{10}$  jelű legyen,
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag AAV értékére.

#### Magnézium-szulfátos kristályosítás szempontjából, 4 mm fölötti szemeken vizsgálva az adalékanyag

- az XD1, XS1, XF1, XF3, XF3(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $MS_{15}$ (H) jelű legyen,
- az XD2, XD3, XS2, XS3, XF2, XF2(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $MS_{10}$ (H) jelű legyen,
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag MS értékére.

### Fagyállóság szempontjából, 4 mm fölötti szemeken vizsgálva az adalékanyag

- az XF1 környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $F_{56/5,5}$  (H) jelű legyen, ahol az alsó indexben szereplő 56 a vizsgálati ciklusszám, az 5,5 pedig a megengedett tömegvesztés, tömeg%-ban,
- az XF2, XF2(H), XF3, XF3(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $F_{56/4,0}$  (H) jelű legyen,
- az XF4 és XF4(H) környezeti osztályú betonok esetén legfeljebb  $F_{56/2,5}$  (H) jelű legyen,
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag F értékére.

### Vízfelvétel szempontjából, 4 mm fölötti szemeken vizsgálva az adalékanyag

- XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H), XA6(H), XV1(H), XV2(H), XV3(H) környezeti osztályú betonok esetén  $\leq 1,0$  tömeg% értéket adjon,
- akkor, ha az XF1, XF2, XF2(H), XF3, XF3(H), XF4, XF4(H) környezeti osztályú betonokhoz kívánjuk felhasználni az adalékanyagokat, melyeknél a vízfelvétel értéke  $\leq 1,0$  tömeg%, elhagyható az előző két alpont szerinti magnézium-szulfátos és fagyállóság vizsgálat, azaz az adalékanyag az itt felsorolt környezeti osztályokra megfelelő,
- az összes többi környezeti osztály esetén nincs követelmény előírás az adalékanyag vízfelvétel értékére.

### Alkáli-szilika reakció szempontjából az adalékanyagra követelmény, hogy ne legyen alkáliérzékeny

- egyik környezeti osztályú beton esetében sem.

### Citromsavas oldódás szempontjából

- XA4(H) környezeti osztályú beton esetében legfeljebb 30 tömeg% oldódás megengedett,
- XA5(H) környezeti osztályú beton esetében legfeljebb 20 tömeg% oldódás megengedett,
- XA6(H) környezeti osztályú beton esetében legfeljebb 10 tömeg% oldódás megengedett,
- az összes többi beton környezeti osztálynál nincs követelmény.

### Vízoldható kloridtartalom szempontjából

- XN(H)X0b(H), X0v(H) és XC1 környezeti osztályú beton esetén nincs követelmény,
- az összes többi környezeti osztályú betonhoz legfeljebb 0,01 tömeg% értékű adalékanyag használható.

### Vízoldható szulfáttartalom szempontjából

- XN(H), X0b(H), X0v(H) és XC1 környezeti osztályú beton esetén nincs követelmény,
- XA4(H), XA5(H), XA6(H) környezeti osztályú betonokhoz használható adalékanyagokra nem a vízoldható, hanem a savoldható szulfáttartalmat korlátozzák,
- az összes többi környezeti osztályú betonhoz legfeljebb  $SS_{0,2}$  jelű, osztályú adalékanyag használható.

### Savoldható szulfáttartalom szempontjából

- XA4(H), XA5(H), XA6(H) környezeti osztályú betonokhoz legfeljebb  $AS_{0,2}$  jelű, osztályú adalékanyag használható,
- az összes többi környezeti osztályú beton adalékanyagait nem savoldható, hanem vízoldható szulfáttartalomra kell vizsgálni.

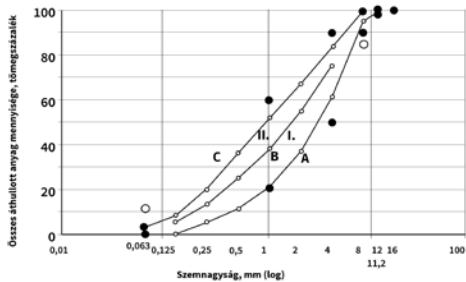
### A cementpép kötészkezetére gyakorolt hatás szempontjából

- XN(H), X0b(H), X0v(H) környezeti osztályú beton esetén legfeljebb  $A_{40}$  jelű, osztályú legyen az adalékanyag,
- az összes többi környezeti osztályú betonokhoz használható adalékanyagok legfeljebb  $A_{20}$  (H) osztályúak legyenek.

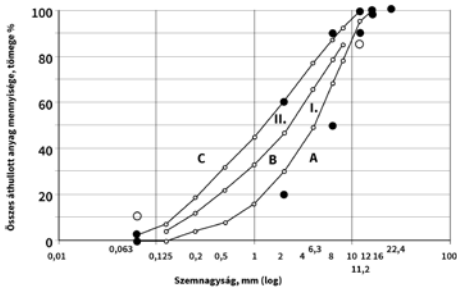
## 1.2.3. BETONOK KÉSZÍTÉSÉHEZ HASZNÁLHATÓ ADALÉKANYAG KEVERÉKEK SZEMMEGOSZLÁSA, HATÁRGÖRBÉK

Az MSZ 4798:2016 szabvány E5. fejezetében, kötelező erővel szabályozza a betonkészítéshez használható adalékanyag-keverékek szemmegoszlását, az adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságának ( $D_{max}$ ) megfelelően. A határgörbék, vagy határpontok adják meg, hogy milyen szemmegoszlású, szitagörbéjű adalékanyag-keverékek használhatók Magyarországon, betonkészítéshez.

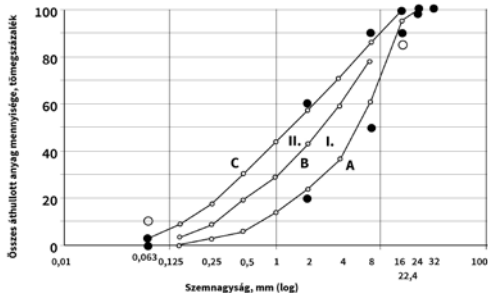
NAD E5.1. ábra: Beton-adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbéi  
Legnagyobb szemnagyság: 8mm



NAD M2. ábra: Beton adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbéi  
Legnagyobb szemnagyság: 12 mm

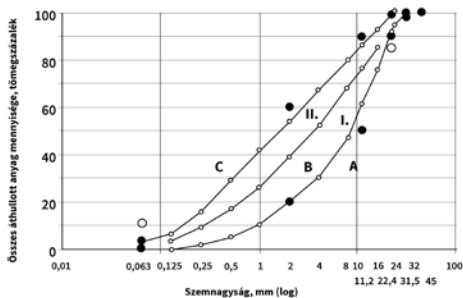


NAD E5.3. ábra: Beton-adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbéi  
Legnagyobb szemnagyság: 16mm

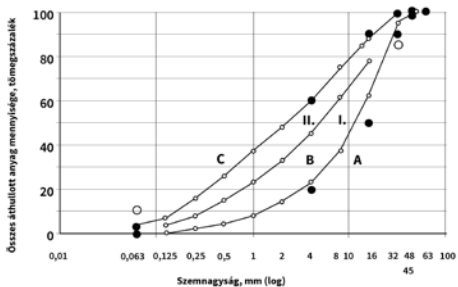


- ——— ○ A, B, C határgörbék és jellemző pontjaik
- ● MSZ EN 12620 szerinti határpontok
- ○ Magyarországon NEM JAVASOLT, MSZ EN 12620 szerinti, enyhébb határpontok

NAD E5.4. ábra: Beton-adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbéi  
Legnagyobb szemnagyság: 24 (22,4)mm



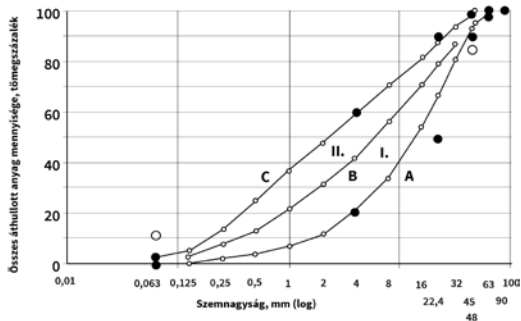
NAD E5.5. ábra: Beton-adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbéi  
Legnagyobb szemnagyság: 32 (31,5)mm



- ——— ○ A, B, C határgörbék és jellemző pontjaik
- ● MSZ EN 12620 szerinti határpontok
- ○ MSZ EN 12620 szerinti, enyhébb határpontok



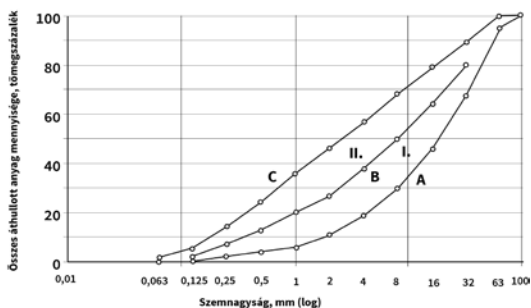
NAD E5.6. ábra: Beton-adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbéi  
Legnagyobb szemnagyság: 48 (45)mm



- — ○ A, B, C határgörbék és jellemző pontjaik
- ● MSZ EN 12620 szerinti határpontok
- ○ MSZ EN 12620 szerinti, enyhébb határpontok

1

NAD E5.7. ábra: Beton-adalékanyagok szemmegoszlásának határgörbéi  
Legnagyobb szemnagyság: 63 mm



- — ○ A, B, C határgörbék és jellemző pontjaik

#### 1.2.4. TESTSŰRŰSÉG ÉS HALMAZSŰRŰSÉG

Az 1.2.1 és 1.2.2 pontokban (az MSZ 4798:2016 NAD E1. és NAD E2. táblázataiban) szereplő adalékanyag tulajdonságok között szereplő fogalmakról, kissé részletesebben.

##### Testsűrűség

Az adalékanyag szemek, szemcsék testsűrűségét az MSZ EN 1097-6 szerint kell meghatározni, szemnagyságtól függő eljárással. Ugyanez a szabvány adja meg a szemek vízfelvételének meghatározási módszerét is. Az adalékanyagok csoportosítása testsűrűségük alapján a beton szabvány (MSZ 4798:2016) szerint:

- könnyű adalékanyagok azok, melyek (szemcse) testsűrűsége  $\leq 2,00 \text{ Mg/m}^3$  ( $2000 \text{ kg/m}^3$ ) és laza halmazsűrűsége  $\leq 1,20 \text{ Mg/m}^3$  ( $1200 \text{ kg/m}^3$ ),
- a közönséges adalékanyagok (szemcse) testsűrűsége  $2,01 \text{ Mg/m}^3$  és  $3,00 \text{ Mg/m}^3$  közötti,
- a nehéz adalékanyagok (szemcse) testsűrűsége  $3,00 \text{ Mg/m}^3$  fölötti értékű.

A hazai homokok, kavicsok, homokos kavicsok esetében a testsűrűség értékek általában már ismertek, hiszen a betontervezésnek már korábban is kiinduló adatai voltak. Zúzottkövek, könnyű kőanyag-halmazok, újrahaznosított kőanyag-halmazok esetében vizsgálatuk, meghatározásuk elengedhetetlen, vízfelvételi képességükkel együtt.

### Halmazsűrűség

Az adalékanyag frakciók, vagy keverékek halmazsűrűségét az MSZ EN 1097-3 szabványban leírt módon kell megállapítani. Erre az adatra a könnyű adalékanyagoknál szinte minden esetben szükség van.

## 1.2.5. LEGNAGYOBB SZEMNAGYSÁG ÉS SZEMMEGOSZLÁS

### Névleges legnagyobb szemnagyság

Az MSZ 4798:2016 szerint a beton-adalékanyag névleges legnagyobb szemnagyságát ( $D_{max}$ ) kötelezően fel kell tüntetni a beton jelében. Ez annak a szitaméretnek (8, 12\*, 16, 20, 24\*, 32\*, 48\*, vagy 63 mm) a megadása, melynél nagyobb szemcse (lehetőleg) legfeljebb csak 5 tömeg% lehet a beton-adalékanyagában. \* A 12 mm-es szita egyenértékűen használható a 11,2 mm-es helyett, a 24 mm-es a 22,4 mm-es helyett, a 32 mm-es a 31,5 mm-es helyett, a 48 mm-es a 45 mm-es helyett.

A beton kírásakor, megrendelésekor a  $D_{max}$  (legnagyobb névleges szemnagyság) értékét a következő szempontok alapján kell kiválasztani, mint az alábbi értékek legkisebbikét:

- a szerkezetrés, elem legkisebb méretének egyharmada,
- a névleges betonfedés kétharmada,
- az acélbetétek, illetve feszítőacélok egymástól való legkisebb távolságának (a legkisebb szabad nyílásnak) kétharmada,
- szivattyús szállítás esetén, a szivattyúvezeték átmérőjének egyharmada.

*MEGJEGYZÉS: speciális mélyépítési munkák (résfalak, helyszíni cölöpök, víz alatti betonozás) esetén további, az MSZ 4798:2016 „D” mellékletében részletezett, további szempontok találhatóak a  $D_{max}$  érték kiválasztására.*

A  $D_{max}$  érték mellett, a betontechnológus legalább az egyik jellemzőt is kötelezően meg kell, hogy adja az alábbi három közül.

- A finomsági modulus (m) megadása, például így:  $D_{max} = 24$  (m = 6,00 – 7,10).

Az m jelentése, kiszámítása: a 0,063 mm-es szitával kezdve, a „duplázó” szitákon fennmaradt összes tömeg%\* összege, 100-zal osztva.

\*Eltérő testsűrűségű adalékanyagokból összeállított keverék esetén tömegszázalék helyett térfogatszázalék használandó.

- Az egyenlőtlenégi együttható ( $U_{70/10}$ ) megadása, például így:  $D_{max} = 24$  ( $U_{70/10} = 14 - 32$ )

Az U jelentése, kiszámítása: a szemmegoszlási görbe 70 tömeg% (vagy térfogat%) ordinátaértékhez tartozó szemnagyság ( $d_{70}$ ) és a szemmegoszlási görbe 10 tömeg% (vagy térfogat%) ordinátaértékhez tartozó szemnagyság ( $d_{10}$ ) hányadosa.

- Az „A”, „B”, vagy „C” határgörbékre, illetve a köztük lévő I., vagy II. jelű területre utalás, például így:  $D_{max} = 24$  (AB), vagy  $D_{max} = 24$  (I.)

### Szemmegoszlás

Az 1.2.1. és 1.2.2. pontokban (és az MSZ 4798:2016 NAD E1. és NAD E2. táblázataiban) szereplő adalékanyag tulajdonságok között szereplő, fenti fogalmakat az MSZ EN 12620:2002+A1:2008 „Kőanyag-halmazok (adalékanyagok) betonhoz” című szabvány részletezi. Jelentésük a következő:

- $G_{\text{F}85}$  osztályú, finom kőanyag-halmazok, például 0/1, 0/2, vagy 0/4 (d/D jelű) homok, zúzottkő, könnyű adalékanyag halmazok, ahol a  $d$  szitaméret 0 mm, a  $D$  szita  $\leq 4$  mm. A felső szitán ( $D$  szitán) legalább 85 tömeg% anyagnak kell áthullania.
- $G_{\text{C}80/20}$  osztályú, szűk frakciójú durva kőanyag-halmazok, például 4/8, vagy 8/16, vagy 16/32 (d/D jelű) kavics, zúzottkő, könnyű adalékanyag frakciók, ahol a  $d \geq 4$  mm, és  $D \geq 8$  mm. A felső szitán ( $D$  szitán) legalább 80 tömeg% anyagnak kell áthullania, míg az alsó szitán ( $d$ ) legfeljebb 20 tömeg% anyag áthullása megengedett.
- $G_{\text{C}85/20}$  osztályú, szűk frakciójú durva kőanyag-halmazok, például 2/8, vagy 2/12 (d/D jelű) homokos kavics, zúzottkő, könnyű adalékanyag frakciók, ahol a  $d = 2$  mm, és  $4 \text{ mm} < D \leq 11,2$  (12) mm. A felső szitán ( $D$ ) legalább 85 tömeg% anyagnak kell áthullania, míg az alsó szitán ( $d$ ) legfeljebb 20 tömeg% anyag áthullása megengedett.
- $G_{\text{C}90/15}$  osztályú, nyújtott frakciójú durva kőanyag-halmazok, például 2/8, vagy 2/12 (d/D jelű) homokos kavics, zúzottkő, könnyű adalékanyag frakciók, ahol a  $d = 2$  mm, és  $4 \text{ mm} < D \leq 11,2$  (12) mm. A felső szitán ( $D$ ) legalább 90 tömeg% anyagnak kell áthullania, míg az alsó szitán ( $d$ ) legfeljebb 15 tömeg% anyag áthullása megengedett.
- $G_{\text{A}85}$  jelű adalékanyag keverék, ahol a  $D \leq 45$  mm és  $d = 0$  mm. A felső szitán ( $D$ ) legalább 85 tömeg% anyagnak kell áthullania.
- $G_{\text{A}90}$  jelű adalékanyag keverék, ahol a  $D \leq 45$  mm és  $d = 0$  mm. A felső szitán ( $D$ ) legalább 90 tömeg% anyagnak kell áthullania.
- $G_{\text{NG}90}$  természetes szemmegoszlású 0/8-as adalékanyag, ahol a  $D = 8$  mm és  $d = 0$  mm. A  $D$  szitán legalább 90 tömeg% anyagnak kell áthullania.
- Továbbá adalékanyag keverékek, ahol  $d = 0$  mm és  $D \leq 63$  mm, az MSZ 4798:2016 kötelezően előírt adalékanyag szemmegoszlási határgörbéinek megfelelően.

### 1.2.6. A HOMOKRÉSZ AGYAG-ISZAP TARTALMA

A betonszabvány (MSZ 4798:2016) a 0,02 mm alatti szemek (agyag-iszap tartalom) mennyiségét az alábbiak szerint korlátozza. Az (MSZ 18288 szerinti) ülepítő vizsgálattal meghatározott agyag-iszap tartalom, a teljes homokos kavics adalékanyag keverék 4 mm alatti részére (homokrészre) vonatkoztatott értéke:

- legfeljebb C16/20 nyomószilárdsági osztályú beton adalékanyaga esetén legfeljebb 10 térfogat%,
- C20/25 és C45/50 közötti nyomószilárdsági osztályú beton és vasbeton (kivéve az útpályaszerkezeti betont) adalékanyaga esetén legfeljebb 6 térfogat%,
- feszített vasbeton és útpályaszerkezeti beton, valamint C50/60 vagy annál nagyobb nyomószilárdsági osztályú beton és vasbeton adalékanyaga esetén legfeljebb 3 térfogat% legyen, függetlenül attól, hogy a vizsgálat során elkülönülő szemek duzzadó agyagásványok-e vagy sem.

### 1.2.7. FINOMSZEM-TARTALOM

Az adalékanyagok finomszem-tartalmát (a 0,063 mm alatti rész arányát) az MSZ EN 933-1 szabványban leírt módszerrel meg kell határozni, majd a kapott eredmény alapján be kell sorolni a kőanyag-halmazt a következő táblázat szerinti osztályok valamelyikébe.

### 1.2.1. táblázat: A finomszem-tartalom megengedett értéke szerinti osztályok

Kőanyaghalmoz	A 0,063 mm szitán áthullott anyag tömegszázaléka	Osztály $f$
Durva kőanyaghalmoz	$\leq 1,5$	$f_{1,5}$
	$\leq 4$	$f_4$
	$> 4$	$f_{\text{megadott}}$
	nincs követelmény	$f_{\text{NIR}}$
Természetes szemmegoszlású, 0/8 mm szemmagyságú kőanyaghalmoz	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$> 16$	$f_{\text{megadott}}$
	nincs követelmény	$f_{\text{NIR}}$
Nyújtott szemmagyságú kőanyaghalmoz	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 11$	$f_{11}$
	$> 11$	$f_{\text{megadott}}$
	nincs követelmény	$f_{\text{NIR}}$
Finom kőanyaghalmoz	$\leq 3$	$f_3$
	$\leq 10$	$f_{10}$
	$\leq 16$	$f_{16}$
	$\leq 22$	$f_{22}$
	$> 22$	$f_{\text{megadott}}$
	nincs követelmény	$f_{\text{NIR}}$

A finomszem-tartalom ártalmatlannak tekinthető, ha (az MSZ EN 933-1 szerinti vizes szitavizsgálattal) kisebb, mint 3 tömeg%.

A különböző környezeti osztályú betonok készítéséhez használható adalékanyag frakciókra vonatkozó, magyarországi finomszem-tartalom követelmények a NAD E1. és NAD E2. táblázatban kerültek megadásra (lásd jelen kiadvány 1.2.1. és 1.2.2. fejezetei).

### 1.2.8. SZEMALAK

A hazai homok, kavics, homokos kavics adalékanyagok vizsgálata – ilyen szempontból – általában szűkségtelen, mert zömök, legömbölyödött szemalakjuk miatt a legjobb kategóriába tartoznak. Emiatt, az MSZ 4798:2016 NAD E1. táblázata erre a termékjellemzőre nem is ad meg követelményt.

Zúzottkövek, egyes könnyű adalékanyagok és a bontásból származó, újrahasznosított adalékanyagok esetén viszont változatos, és sokszor előnytelen lehet az anyagösszetételtől és az aprítási technológiától erősen függő szemalak. Vizsgálatuk elengedhetetlen. A kapott eredmények döntik el (sokszor korlátozók) felhasználhatóságukat. Az MSZ 4798:2016 szabvány NAD E2. táblázata, a beton környezeti osztályától függően, kötelező erővel adja meg az ilyen adalékanyag frakciókra vonatkozó követelményeket, az MSZ EN 933-3 szerinti, rés szitákkal végzett vizsgálat alapján megállapítható lemezességi szám („F1” osztály) előírásával. (1.2.2. fejezet)

### 1.2.9. FAGYÁLLÓSÁG, ILLETVE FAGY- ÉS OLVASZTÓSÓ-ÁLLÓSÁG

A hazai homokok, kavicsok, homokos kavicsok, kedvező közetfizikai tulajdonságaik miatt – ilyen szempontból – általában problémamentesek.

A zúzottkövek, könnyű adalékanyagok, újrahasznosított anyagok ilyen irányú vizsgálatai viszont a legtöbb esetben elengedhetetlenek, beton-adalékanyagként történő felhasználhatóságuk eldöntésére. A vizsgálatokat durva ( $d > 4$  mm) adalékanyag frakciókon végzik.

Elővizsgálatként a vízfelvétel vizsgálatot (MSZ EN 1097-6 szerint) érdemes elvégezni. Általában, ha 1,0 tömegszázaléknál nem nagyobb a vízfelvétel, akkor a kőanyaghalmoz fagyállónak tekinthető, további vizsgálat nélkül. De több anyagfajta, például kohósalakok, egyes mészkövek, bizonyos homokkövek, en-

nél nagyobb, akár 2% (sőt néha 4%) fölött mért vízfelvételi értékek mellett is fagyállóak, fagyálló beton készítésére is alkalmasak lehetnek.

Fagyérzékenységre vonatkozó vizsgálatként az adalékanyag szabvány (az MSZ EN 12620:2002+A1:2008) két eljárást tárgyal. Az MSZ EN 1367-1 szerinti víztelítéssel fagyállóság vizsgálatot, illetve az MSZ EN 1367-2 szerinti magnézium-szulfátos, kristályosítási vizsgálatot.

Követelmény értékeket az MSZ 4798:2016 E1. táblázata, homok, kavics stb. frakciók esetére csak az „XF” környezeti osztályú betonok, E2. táblázata, zúzottkő, újrahasznosított, tört stb. frakciók esetére az „XS”, „XD” és „XF” környezeti osztályú betonok adalékanyagaira ad meg.

### 1.2.10. KÖZETFIZIKAI TULAJDONSÁGOK

Pontosabban további fizikai tulajdonságok, a már említett testsűrűsége, halmazsűrűsége, fagyállóságon túl.

Az alább részletezett fizikai tulajdonságok esetében is igaz, hogy a hazai homok, kavics, homokos kavics általában vizsgálat nélkül is alkalmas az eddigi tapasztalatok alapján betonkeverék készítéséhez. Kivétel ez alól talán csak az alkáli-szilika reakció lehet (1.2.10.3 fejezet).

Zúzottkövek, újrahasznosított anyagok és sok könnyű adalékanyag esetében azonban fontos az alábbi vizsgálatok elvégzése és az eredmények alapján a felhasználhatóság esetleges korlátozása, sőt kizárása.

#### A durva kőanyag-halmazok aprózódási ellenállása, kopásállósága, felületi kopási ellenállása és csiszológódási ellenállása

Az Los Angeles-aprózódási ellenállás vizsgálata az MSZ EN 1097-2, a mikro-Deval-féle kopásállóság az MSZ EN 1097-1, a csiszológódási ellenállás (PSV) és a felületi kopási ellenállás (AAV) vizsgálata az MSZ EN 1097-8 szabvány szerint történjen.

Az MSZ 4798:2016 mind a homok, kavics stb. frakciókra vonatkozó NAD E1. táblázatában, mind a zúzottkő, tört, újrahasznosított stb. frakciókra vonatkozó NAD E2. táblázatában, a készítendő beton környezeti osztályától függően ír elő követelményeket az adalékanyagok fenti tulajdonságaira. (1.2.1. és 1.2.2. fejezet)

#### Térfogatállóság

Az adalékanyagok bizonyos összetevői, kedvezőtlen körülmények között, hosszabb- rövidebb idő után, a betont károsító, sőt akár teljesen tönkretévő térfogatváltozásokat, (vegyi) folyamatokat, átalakulásokat indíthatnak el.

#### Száradási zsugorodás

Az adalékanyag szabvány (MSZ EN 12620) ZA melléklete szerint, kötelezően nyilatkoznia kell a gyártónak, hogy a határértékként megadott 0,075%-os zsugorodásnál okoz-e nagyobb térfogat változást az adalékanyag (igen / nem) az MSZ EN 1367-4 szerint végzett ellenőrző vizsgálat során. A tényleges értéket is meg kell adni.

#### Duzzadás (martinsalak, Ózd)

A régóta, hagyományosan és gyakran használt vasgyártási kohósalak fajták helyett és/vagy mellett az 1980-as évek végén acélgyártási martinsalakat kezdtek szinte fillérékért árusítani és felhasználni Ózdon és környékén.

Legalább 1100 épület (főleg családi ház) betonjába került ilyen anyag, sokszor időzített bombaként. Kb. 3-4 év, vagy még több idő után, elképesztő tönkremenetek kezdtek jelentkezni (pl. az épületek falai a sarkoknál vagy azoktól 1-1,5 méterre szétnyíltak, több cm-es szélességben).

A fő ok, hogy az épületalapok betonja (és más szerkezeti részek betonja is) tönkrement, előbb egyik, aztán másik saroknál vagy szakaszon. Alaptörések és szerkezeti tönkrementelek vezettek és vezetnek a házak életveszélyessé válásához, kényszerbontásukhoz.

A duzzadást elsősorban a martinsalakban maradt, több-kevesebb oltatlan magnézium-oxid okozta, mely idővel már a szerkezetben oltódott meg 2,18-szoros duzzadás mellett, a betont belülről roncsolva, repesztve (Révay, 2001).

A 2,18-szoros duzzadás roppant nagymértékű, hiszen az egyébként annyi bajt okozó fagyás károknál, a víz – jég átalakuláskor „csak” 1,09-szeres a duzzadás mértéke. (Bányászati célra korábban használtak egyébként ugyanezen az elven működő, úgynevezett „robbantó cementet”, nagyon hatásosan.)

### Alkálifém-oxid reakciók

Egyes adalékanyagok olyan összetevőket tartalmazhatnak, melyek hajlamosak a cementből (ha annak nátrium-oxid egyenértéke  $\geq 0,6$ ) vagy más forrásból származó alkáliakkal történő reakcióra. Két fő típusa van.

a. Alkáli-szilika reakció (alkálifém-oxid - szilikát reakció), újsághírekben „betonrák”

A nedves környezetben lévő szilárd beton adalékanyagában esetleg meglévő, alkálifém-oxid érzékeny kovasav tartalmú részecskék – például opál, csillám, kalcedon ásványok – a cementkő alkálifém-hidroxidjaival reagálnak, 5-10 év múltával. A betonban az érintett adalékszemcsék körül gél képződik, a beton felszíne összerepedezik, a beton szilárdságát veszti és menthetetlenül tönkremegy.

Először az USA-ban figyelték meg, írták le a folyamatot 1940 körül. Európa is - több országban megfigyelt esettel - érintett, pl. Németországban kb. 10 éve az autópályákon okozott komoly károkat az újságírók által betonráknak nevezett folyamat.

Magyarországon eddig, szerencsére, ismert eset még nem fordult elő, de tudnunk kell, hogy néhány homokos kavics lelőhely estén vizsgálatok az adalékanyag érzékenységét kimutatták.

b. Alkáli-fém-oxid – dolomit reakció (alkálifém-oxid – karbonát reakció)

A másik, kevésbé jellemző esetscsoport (melynek még két alfajtája is van) az alkáli-ionok és a karbonát-vegyületek reakciója. Meszes dolomitok vagy agyagos-kovás-meszes dolomitok zúzottkő adalékanyagként történő felhasználása esetén fordulhat elő.

### Taumazit-szulfátkorrózió (szilárdság csökkenés)

Az 1960-as évek közepén és végén először az USA-ban, majd Angliában leírt jelenség, mely már Magyarországon is előfordult a Népstadion (ma Puskás Ferenc Stadion) betonjában (Révay, 2005).

Egyes, ebből a szempontból kedvezőtlen összetételű mészkövek, mészkőlisztek hozzáadásával kevert betonoknál kénvegyületekkel és szén-dioxiddal szennyezett légtérben (pl. szennyvízderítők, kémények, vasúti alagutak és hidak) létrejövő, szilárdság csökkenéssel járó átalakulás. A szulfátok és karbonátok a cementkő szilárdságért felelős szilikát-hidrátjait támadják meg, és olyan molekulába zárják, melynek nincs szilárdsága.

## **1.2.11. VEGYI SZENNYEZŐDÉSEK**

### Kloridok (kloridtartalom)

Az adalékanyag vízoldható kloridtartalmának meghatározása az MSZ EN 1744-1 szerint történjen. Gyakorlatilag csak 0,01 tömeg% alatti eredményt adó (kloridmentes) adalékanyag használható Magyarországon betonkeveréshez.

Az adalékanyag savoldható kloridtartalmának (MSZ EN 1744-5 szerinti) meghatározására akkor van szükség, ha az adalékanyag kötött kloridionokat tartalmaz, melyek vizes eljárással nem vonhatók ki az előbb

említett (MSZ EN 1744-1 szerinti) vizsgálattal. Különösen ez a helyzet az olyan újrhasznosított kőanyaghalmozoknál, melyek megszilárdult beton, habarcs darabkákat tartalmaznak.

### Kéntartalom, szulfátok

Az adalékanyagban lévő szulfátok előidézhetik a beton duzzadásból eredő repedezését.

#### **Savoldható szulfát**

A betonkeverésre szánt kőanyaghalmozok és kőlisztek savoldható szulfáttartalmát az MSZ EN 1744-1 szerint kell meghatározni és „S” osztállyal kell megadni, alsóindexben a savoldható szulfáttartalommal tömegszázalékban, például  $AS_{0,2}$  vagy  $AS_{0,8}$  osztály.

Követelményként mind a NAD E1. táblázat, mind a NAD E2. táblázat  $AS_{0,2}$  osztályt ad meg, előbbi az XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H), XA6(H) környezeti osztályra, utóbbi az XA4(H), XA5(H), XA6(H) környezeti osztályra tervezett betonokra.

A többi beton környezeti osztály esetén nincs kötelező követelmény megadva. Ajánlásként a természetes eredetű adalékanyagokra az  $AS_{0,8}$  osztályt nevezi meg az MSZ 4798:2016 szabvány, a levegőn hűlt kohósalak kivételével, melynél – mivel a kristályos kohósalak szemekben a szulfát jelentős része bezárt állapotban van – enyhébb a követelmény,  $AS_{1,0}$  osztályú.

#### **Összes kéntartalom**

A kőanyaghalmozok és kőlisztek MSZ EN 1744-1 szerint meghatározott összes kéntartalma ne haladhatja meg az 1 tömeg%, illetve levegőn hűlt, darabos kohósalakkó esetén a 2 tömeg% értéket. Különösen elővigyázatosnak kell lenni, ha pirrotin (a vas-szulfid instabil formája) van jelen az adalékanyagot adó kőzetben. Ekkor az összes kéntartalom ne haladja meg a 0,1 tömegszázalékot.

#### **Vízoldható szulfáttartalom**

Követelményt csak az újrhasznosított kőanyaghalmozokra ír elő az MSZ 4798:2016 (NAD E2. táblázatában),  $SS_{0,2}$  jelű osztályt (vízoldható szulfáttartalom  $\leq 0,2$  tömegszázalék) jelölve meg.

(Megjegyzés: korábbi hazai tapasztalatok alapján a homok és kavics szemcsék felületéről vízzel leoldható szulfáttartalom MSZ EN 1744-1 szerint meghatározott értéke

- vasalás nélküli betonnál  $\leq 0,2$  tömeg%,
- vasbetonnál  $\leq 0,1$  tömeg% értékű legyen.)

#### **Szerves szennyeződések**

A durva szennyeződések szemrevételezéssel is megállapíthatóak, illet egyáltalán nem tartalmazhat az adalékanyag.

A humusztartalom az MSZ EN 1744-1 szerinti, nátronlúgos eljárással mutatható ki. Ha az oldat elszíneződése a megengedettnél erősebb, akkor az adalékanyagot nem szabad felhasználni.

#### **Egyéb, a beton kötését és szilárdulását befolyásoló összetevők**

Néhány szennyeződés (például cukrok vagy az újrhasznosított adalékanyag egyes, szervesetlen szennyezői) csak az MSZ EN 1744-6 szerint vizsgálható és ítéltető meg. Az ilyen anyagok mennyisége legfeljebb annyi lehet, hogy

- a habarcs próbatestek kötéseidjét ne növeljék 120 percnél többel,
- a habarcs próbatestek 28 napos nyomószilárdságát ne csökkentsék 20%-nál nagyobb mértékben\*.

\* illetve az XN(H), X0b(H), X0v(H) környezeti osztályra tervezett betonoknál 40%-nál nagyobb mértékben.

## 1.2.12. ÚJRAHASZNOSÍTOTT BETON-ADALÉKANYAGOK BONTOTT ÉPÍTÉSI TÖRMELEKBŐL

A bontott építési törmelékek megfelelően előkészítve (szétválogatva, idegen és főleg szennyező anyagoktól megtisztítva, több fokozatban törve, osztályozva, mosva) alkalmasak lehetnek, általában durva adalékként, beton készítésére. A 4 mm alatti részek kevésbé alkalmasak, helyettük általában homokot használnak.

Az MSZ 4798:2016 szabvány E3. pontjában adja meg, mely környezeti osztályú betonokhoz milyen fajtájú és mennyiségű újrahasznosított adalékanyag használható.

### 1.2.2. táblázat

Az újrahasznosított adalékanyag típusa	Beton környezeti osztálya			
	X0	XC1, XC2	XC3, XC4, XF1, XA1, XD1	Minden más környezeti osztály*
A típus ( $R_{C_{90}}$ , $R_{Cu_{95}}$ , $R_{b_{10}}$ , $R_{a_1}$ , $FL_2$ , $XRg_1$ )	50%	30%	30%	0%*
B típus** ( $R_{C_{50}}$ , $R_{Cu_{70}}$ , $R_{b_{30}}$ , $R_{a_5}$ , $FL_2$ , $XRg_2$ )	50%	20%	0%	0%

\* Ismert eredetű, újrahasznosított A típusú adalékanyag alkalmazható azokban a környezeti osztályokban, amelyekre az eredeti betont tervezték, legfeljebb 30% helyettesítéssel. Fagy- és olvasztósóálló betonoknál további korlátozások a szabvány (MSZ 4798:2016) 5.5.5 pontjában.

\*\* Újrahasznosított B típusú adalékanyagot nem ajánlatos C30/37 nyomószilárdsági osztálynál magasabb osztályra tervezett betonnal használni.

$R_{C_{90}}$  jelentése: az újrahasznosított adalékanyag legalább 90 tömeg%-a beton, betontermékek, habarcs, beton falazóelemek törmeléke

$R_{C_{50}}$  jelentése: mint előző, de 50 tömeg%

$R_{Cu_{95}}$  jelentése: az újrahasznosított adalékanyag legalább 95 tömeg%-a beton, betontermékek, habarcs, beton falazóelemek és természetes kőek törmeléke

$R_{Cu70}$  jelentése: mint előző, de 70 tömeg%

$R_{b_{10}}$  jelentése: az újrahasznosított adalékanyagnak legfeljebb csak 10 tömeg%-a égetett agyag (kerámia) téglák és cserepek, kalcium-szilikát falazóelemek, nem úszó pórusbeton törmeléke

$R_{b_{30}}$  jelentése: mint előző, de 30 tömeg%

$R_{a_1}$  jelentése: az újrahasznosított adalékanyagnak legfeljebb csak 1 tömeg%-a bitumen-tartalmú anyag

$R_{a_5}$  jelentése: mint előző, de 5 tömeg%

$FL_2$  jelentése: az újrahasznosított adalékanyagnak legfeljebb csak 2 térfogat%-a úszó anyag (könnyű adalékanyag)

$XRg_1$  jelentése: az újrahasznosított adalékanyagnak legfeljebb csak 1 tömeg%-a egyéb anyag (agyag és talaj, továbbá fémek, továbbá nem úszó fa, műanyag, gumi, gipsz) és üveg

$XRg_2$  jelentése: mint előző, de 2 tömeg%



## 1.2.13. EGYÉB ADALÉKANYAGOK (KÖNNYŰ ÉS NEHÉZ ADALÉKANYAGOK)

### Könnnyű adalékanyagok

Ásványi eredetű adalékanyagok, melyek kiszárított állapotban mért testsűrűsége nem több mint 2,00 Mg/m<sup>3</sup> (2000 kg/m<sup>3</sup>), vagy kiszárított laza halmazsűrűsége nem több mint 1,20 Mg/m<sup>3</sup> (1200 kg/m<sup>3</sup>). Lehetnek természetes kőanyag-halmazok, természetes nyersanyagból és/vagy ipari melléktermékekből előállított kőanyag-halmazok, ipari melléktermékek, újrahasznosított anyagok.

A leggyakoribb könnyű adalékanyagok az alábbiak:

- vulkáni tufa,
- trasz (a vulkáni tufa finomra őrölt változata),
- duzzasztott agyagkavics (megfelelő agyag égetésével gyártják),
- duzzasztott habüveg (habkavics, habüveg granulátum),
- duzzasztott perlit,
- téglazúzalék,
- kohóhabsalak, granulált kohósalak,
- pernyekavics (pernye granulálásával és azt követően kiégetésével gyártják),
- kazánsalak (szénsalak),
- algeporit (széntartalmú hulladékanyagok zsugorodásig történő égetésével gyártják).

A könnyű adalékanyagok termékjellemzőinek meghatározásával, azok megadásának módjával az MSZ EN 13055 Könnnyű kőanyag-halmazok szabvány foglakozik.

A közönséges (normál) adalékanyagoknál megszokott, legfontosabb általános jellemzők (szemnagyság, szemmegoszlás, testsűrűség, szemalak, tisztaság, vegyi összetétel, káros anyag tartalom) mellett különösen fontos jellemző lehet a szemcseszilárdság, a tört szemek aránya, a vízfelvétel, a térfogat-állandóság, és esetenként a fagyállóság, a veszélyes anyag tartalom meghatározása.

Az egyes könnyűbeton adalékanyagokkal várhatóan elérhető legmagasabb könnyűbeton nyomószilárdsági osztályok:

- |                           |         |
|---------------------------|---------|
| • finompórusú tufa        | LC8/9   |
| • durvapórusú tufa        | LC20/22 |
| • kohóhabsalak            | LC20/22 |
| • zúzott téglá            | LC25/28 |
| • granulált kohósalak     | LC30/33 |
| • duzzasztott agyagkavics | LC40/44 |

### Nehéz adalékanyagok

A sugárvédő betonok egyik csoportja a nehézbeton, melyet nehéz adalékanyaggal készítenek. A nehéz adalékanyagokat (melyek testsűrűsége nagyobb, mint 3000 kg/m<sup>3</sup>) is az MSZ EN 12620 szabályozza.

A leggyakrabban használt nehéz adalékanyagok és testsűrűségük:

- |  |                               |
|--|-------------------------------|
| • barit (BaSO <sub>4</sub> )                 | 4000 – 4300 kg/m <sup>3</sup> |
| • magnetit (Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> ) | 4650 – 4800 kg/m <sup>3</sup> |
| • hematit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )  | 4700 – 4900 kg/m <sup>3</sup> |
| • ilmenit (FeTiO <sub>3</sub> )              | 4550 – 4650 kg/m <sup>3</sup> |
| • acélhomok, vassörét                        | 7500 – 7850 kg/m <sup>3</sup> |

### **Felhasznált irodalom**

Révay M.: „Kis magyar cementkémia” (Az ózdi martinsalak házakról). Beton (2001) 7-8. sz. pp. 7-9.

Révay M.: A taumazit-kérdés Magyarországon. Beton (2005) 1. sz. pp. 3-6.

## 1.3. KEVERŐVÍZ – AZ ÚJRAHASZNOSÍTOTT VÍZ ÉS A MOSÓVÍZ IS (BOROS SÁNDOR)

### 1.3.1. MI HASZNÁLHATÓ KEVERŐVÍZKÉNT?

Az MSZ 4798 szerinti betonok keveréséhez használható vízzel kapcsolatos részletes szabályozást az MSZ EN 1008 Keverővíz betonhoz. A betonkeverékhez szükséges víz mintavétele, vizsgálata és alkalmasságának meghatározása, beleértve a betongyártási folyamatból visszanyert vizet is c. szabvány tartalmazza. E szabvány szerint keverővíz lehet:

- a) Ivóvíz, iható víz\*, azaz az MSZ EN 1008 angol nyelvű magyar szabvány szerinti megfogalmazással „potable water”, mely vizet minden vizsgálat nélkül, korlátozás nélkül használhatunk, e szabvány szerint. Ennek ellenére Magyarországon az egyébként áldásos hatású artézi vizek, gyógy- és ásványvizek egy része igenis káros lehet, és ezért kerülni, mellőzni kell azokat a betongyártásnál. A felhasználás előtt mindenképp végeztessük el az MSZ EN 1008 szerinti bevizsgálásukat!
- b) Betongyártási, betontechnológiai folyamatból visszanyert, újrahasznosított víz (pl. keverőgépek, berendezések, mixerek, betonszivattyúk mosóvize, vagy a maradék beton szétmosatásánál keletkező víz, vagy frissbetonból visszanyert egyéb víz, vagy megszilárdult beton vágásánál, darabolásánál felhasznált, betonport tartalmazó víz), mely víz általában alkalmas lehet, de az MSZ EN 1008 A mellékletében megadott előírásokat is mindenképpen ki kell, hogy elégítse (a többi szabványkövetelmény mellett).
- c) Felszín alatti víz\*, talajvíz\*, azaz az MSZ EN 1008 angol nyelvű magyar szabvány szerinti megfogalmazással „water from underground sources”, melyet az MSZ EN 1008 szabvány szerinti bevizsgálás után, de csak akkor használhatunk, ha az alkalmasnak bizonyul, azaz a szabványban megadott követelményeket kielégíti.
- d) Természetes felszíni víz és/vagy ipari víz, melyet az MSZ EN 1008 szabvány szerinti bevizsgálás után, de csak akkor használhatunk, ha az alkalmasnak bizonyul, azaz a szabványban megadott követelményeket kielégíti.
- e) Tengervíz és vegyes, tengermellék-torkolati víz, melyet az MSZ EN 1008 szabvány szerinti bevizsgálás után, de akkor is csak korlátozottan használhatunk, ha az alkalmasnak bizonyul, azaz a szabványban megadott követelményeket kielégíti.  
Korlátozottan, mert általában csak vasalást nem tartalmazó betonhoz használható. Vasbetonhoz legfeljebb csak akkor, ha ilyen víz felhasználásakor a keverendő beton az engedélyezett összes kloridtartalmat igazoltan és biztosan nem lépi túl. Feszített betonhoz egyáltalán nem használható fel. Ez a vízfajta Magyarországon nem fordul elő.

\* Kútvíz Magyarországon előfordul és (költségkímélési okokból) terjed is a hazai betongyártásban. Gyakran bevizsgáltatják a vizet a Népegészségügyi Intézet (korábban ÁNTSZ), vagy Vízművek által elismert laboratóriummal és (jó esetben) kapnak egy dokumentumot arról, hogy a kút vize iható, azaz ivóvíz. Így - lásd a fenti felsorolásban az első, azaz a) vízfajtát - örökre mentesülnek a további vízvizsgálatoktól (*menedzser-szemléletű vezetők szerint – Boros S. megjegyzése*).

A probléma ekkor az, hogy NEM az MSZ EN 1008 szerinti vizsgálat történik (más szempontok szerinti és részben más összetevőket célzó vizsgálat).

Kérdés, hogy a fenti módon egyébként bevizsgált kútvíz az EN 1008 szempontjából ivóvíz-e, vagy felszín alatti víz. Lehet „jogászkodni”, de közben a keverővíz tönkretetheti a végterméket, azaz a betont.

Ha viszont a kútvíz a fenti felsorolás c) pontjában szereplő, felszín alatti víz (*szerintem az – Boros S. megjegyzése*), akkor egyrészt elengedhetetlen az MSZ EN 1008 szerinti vizsgálat, másrészt ezt nem csak az első felhasználás előtt, hanem újra és újra el kell végezni, végeztetni a szabvány (MSZ EN 1008) 6.2 pontja szerinti gyakorisággal.

**Szennyvíz NEM használható betonkészítéshez, semmilyen esetben sem!**

### 1.3.2. VIZSGÁLATOK ÉS KÖVETELMÉNYEK

Az MSZ EN 1008 szabvány 5. pontjában meghatározott módon vett vízmintán a szabvány 6. pontjában leírt módszerekkel az alábbi vizsgálatokat kell elvégezni. A követelményeket a szabvány 4. pontja adja meg. *A betongyártási, betontechnológiai folyamatból visszanyert víz, mosóvíz esetén további, a szabvány A melléklete szerinti vizsgálatok és szabályok is kötelezően előírtak (1.3.3. fejezet).*

A vizsgált víz keverővízként alkalmazható, ha az 1.3.1.; az 1.3.2. és az 1.3.3. táblázatokban felsorolt vizsgálatok eredményei kielégítik a követelményeket, valamint a kötésidőre és a nyomószilárdságra vonatkozóan is igazolt a megfelelése.

A szabvány megengedi, hogy ha az 1.3.1. táblázatban előírt tulajdonságok közül egy, vagy több nem elégíti ki a követelményt, viszont a kötésidő, nyomószilárdság vonatkozásában mégis megfelelő a víz, akkor igazolt az alkalmazása.

#### 1.3.1. táblázat: A keverővíz előzetes vizsgálatai és a követelmények

Tulajdonság, jellemző	Követelmény
olajok és/vagy zsírok	legfeljebb csak nyomokban
mosószer maradványok	az esetleges habzás szűnjön meg 2 percen belül
szín	enyhén sárga, vagy világosabb, ha nem a 1.3.1 b) szerinti, betongyártási folyamatból visszanyert víz, mosóvíz
lebegő anyagok	betongyártási folyamatból visszanyert víz használata esetén a követelményeket lásd jelen kiadvány 1.3.3 fejezetében minden más vízfajtánál: legfeljebb 4 ml leülepedő anyag, 100 ml-es mintán vizsgálva
szag	betongyártási folyamatból visszanyert víz esetén: legfeljebb csekély cementszag, illetve enyhén kénhidrogénes szag minden más vízfajtánál: nincs szaga a vizsgálaton kívül és sósav hozzáadása után nem érezhető kénhidrogén szag
pH-érték	pH $\geq$ 4
humuszos anyagok jelenléte	3%-os NaOH oldattal vizsgálva legfeljebb sárgásbarna, vagy világosabb

#### 1.3.2. táblázat: Kémiai tulajdonságok vizsgálatai és a követelmények

Tulajdonság, jellemző	Követelmény
kloridtartalom* (Cl <sup>-</sup> értékben)	feszített beton és injektáló habarcs esetén $\leq$ 500 mg/l * vasbeton, beton beágyazott fémmel $\leq$ 1000 mg/l * beton, vasalás nélkül $\leq$ 4500 mg/l *
kéntartalom (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> értékben)	$\leq$ 2000 mg/l
alkália tartalom ** (Na, O egyenértékben)	$\leq$ 1500 mg/l **

\* vagy több, ha a betonszabványban (MSZ 4798) megadott módon, a betonba kerülő összes alkotóanyagot figyelembe vevő számítással a tervezett felhasználási területre, környezeti osztályra igazolják a beton alkalmazását a víz tényleges kloridtartalmával

\*\* ha alkáli-szilika reakcióra érzékeny lehet a beton adalékanyaga

#### 1.3.3. táblázat: Káros kémiai szennyeződések vizsgálata

Tulajdonság, jellemző	Követelmény
cukrok	$\leq$ 100 mg/l
foszfátok (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	$\leq$ 100 mg/l
nitrátok (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> )	$\leq$ 500 mg/l
ólom (Pb <sup>2+</sup> )	$\leq$ 100 mg/l
horgany (cink, Zn <sup>2+</sup> )	$\leq$ 100 mg/l

## A kötési idő és a nyomószilárdság vizsgálata

Ha az 1.3.1. táblázatban felsorolt előzetes vizsgálatok eredményei közül egy, vagy több nem elégíti ki a megadott követelményt, akkor mindenképpen vizsgálni kell a keverővíz miatt esetleg fellépő kötési idő változást és nyomószilárdság csökkenést ahhoz, hogy igazoljuk a keverővíz mégis használható.

Egyrészt a vizsgált keverővízzel készített próbatesteken, másrészt párhuzamosan, etalonként, desztillált vagy ioncserélt vízzel készített próbatesteken kell kötési idő és nyomószilárdság vizsgálatokat végezni. A szilárdságvizsgálat végezhető habarcs vagy beton próbatesteken (a felhasználási céltól függően).

Az MSZ EN 196-3 szerint vizsgált kötési idő tekintetében az eredmények akkor megfelelőek, ha a vizsgált keverővízzel készült cementpépeken megállapított kötésekezdet legalább 1 óra, a kötésevég legfeljebb 12 óra, miközben az etalon cementpépeken mért eredményektől 25%-nál nagyobb mértékben nem térnek el.

A vizsgált keverővízzel készített próbatestek 7 napos korban megállapított nyomószilárdsága (az MSZ EN 12390-3, vagy az MSZ EN 196-1 szerint) legalább 90 %-a legyen az etalon próbatestekének.

### 1.3.3. A BETONGYÁRTÁSI, BETONTECHNOLÓGIAI FOLYAMATBÓL VISSZANYERT, ÚJRAHASZNOSÍTOTT VÍZ, MOSÓVÍZ KÖVETELMÉNYEI

Az ilyen vizek felhasználása, visszajuttatása a betongyártási folyamatba mindenképpen kívánatos és fontos dolog, főleg környezetvédelmi szempontból.

Vannak viszont korlátai és szabályai az ilyen vizek betongyártásba való visszavezetésének, újrahasznosításának.

#### Korlátozások

- Nem használható légpórusképzővel készített betonokhoz, nem használható nagyszilárdságú betonhoz (C55/67 és az a fölötti osztályok), nem használható nagyszilárdságú könnyűbetonokhoz (LC 55/60 és az a fölötti osztályok).
- Csak ismert, kontrollált eredetű betontechnológiai víz, például saját eszközeink mosóvize, vagy saját betonunkból visszanyert víz használható.
- Ilyen víz felhasználásakor csak annyi szilárd rész (finom szemcse) kerülhet a betonba, mely legfeljebb 1,0 tömegszázaléka a beton teljes adalékanyag tömegének. A visszanyert víz vagy mosóvíz felhasználása miatt a betonba kerülő, tényleges finomszem-tartalom többletet a betonösszetételben figyelembe kell venni.
- Visszanyert vagy mosóvíz felhasználásakor a betonkeverék alkalmassági vizsgálatát (típusvizsgálat) az ilyen vízzel készített próbatesteken kell elvégezni.

#### Szabályok

- A visszanyert víz, mosóvíz csak akkor használható betonkeveréshez, ha a szabvány 4. pontjában (1.3.2. fejezet) megadott követelményeket kielégíti.
- A betongyártási, betontechnológiai folyamatból visszanyert és/vagy újrahasznosított vizet felhasználásáig úgy kell tárolni, hogy a benne lévő, lebegő szemcsék egyenletesen oszoljanak el benne, továbbá szennyeződés ne kerülhessen bele.
- A visszanyert víz, mosóvíz sűrűségét lehetőleg folyamatosan (automatikus eszközzel), illetve ennek hiányában legalább egyszer naponta, a legnagyobb zagy-koncentráció idején kell mérni és mindig az aktuális adatokat kell figyelembe venni a beton összetételénél.

*A visszanyert vízre, mosóvízre további követelmény még, hogy csak akkor használható betonkeverésre, ha sűrűsége (régiesen fajsúlya) nem nagyobb 1,01 kg/l-nél.*

A gyakorlatban gyakran sűrűbbek ezek a vizek a bennük lévő, nagyszámú, döntően 0,25 mm alatti finom szemcse miatt. Ilyenkor hígítani lehet és kell a vizet más forrásból származó, megfelelő vízzel (például csapvízzel). Cél, hogy a hígítás után, a szabvány szavaival kifejezve, olyan vegyes vizet kapjunk, mely már teljesíti az 1,01 kg/l-es, vagy az az alatti sűrűség követelményt és így már használható betonkeveréshez. A helyes hígítási arány kiszámításához ad segítséget (táblázatot és képletet, módszert) a szabvány A.4.4 pontja.



## 1.4. A BETONTECHNOLÓGIA VEGYI ANYAGAI (ASZTALOS ISTVÁN)

### 1.4.1. BETONADALÉKSZEREK

#### A betonadalékszerek fajtái

A betonadalékszerek a cement tömegéhez képest kis mennyiségben (legfeljebb 5 tömeg%-ban) a betonhoz kevert olyan vegyi anyagok (általában folyadékok, ritkábban porok vagy paszták), amelyeket a friss vagy a megszilárdult beton tulajdonságainak módosítására adunk a keverékhez.

Az adalékszerek használata napjainkra forradalmasította a betontechnológiát, de használatuk még ma is nagy körültekintést igényel. Nagyon fontos a betonba történő egyenletes és alapos bekeverés, mert adott esetben a kívánt hatás eléréséhez időre is szükség lehet. Ennek mértékét mindig az adott szer műszaki adatlapja tartalmazza, illetve a szer gyártója tudja megadni.

A legfontosabb betonadalékszerek a képlékenyítők és a folyósítók, amelyek segítségével szinte minden betontulajdonságot pozitív irányba tudunk befolyásolni. Adalékszerekkel – többek között – javíthatók:

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

Az adalékszereket az MSZ EN 934 európai szabvány-sorozat szabályozza. Azokat az adalékszereket, amelyeket e sorozat alapján a 2+ rendszer szerint gyártanak, CE-jelöléssel elláthatók. A sorozat első része (MSZ EN 934-1) az adalékszerek közös követelményeivel, míg a második rész (MSZ EN 934-2) a betonadalékszerekkel foglalkozik. A két szabványt a továbbiakban „szabvány”-nak nevezzük.



**1.4.1. ábra: Az adalékszerek vegyi anyagok (Forrás: Heidelberger Baustofftechnik GmbH)**

A betonadalékszerek fajtáit a szabvány az alábbiak szerint csoportosítja:

- képlékenyítő,
- folyósító,
- stabilizáló,
- légbuborékképző,
- kötés gyorsító,
- szilárdulásgyorsító,
- kötés késleltető,
- tömítő,
- viszkozitást befolyásoló és
- többhatású betonadalékszer.

A többhatású betonadalékszerek a friss vagy a megszilárdult beton több tulajdonságát tudják egyszerre befolyásolni. A több hatás közül az egyik mindig a főhatás, amelyet a gyártó határoz meg, a többi pedig a mellékhatás. Az említett szabványok megnevezik a:

- kötéseleltető mellékhatású képlékenyítő,
- kötéseleltető mellékhatású folyósító és
- kötégysorító mellékhatású képlékenyítő betonadalékszert.

Ezen kívül léteznek még egyéb adalékszerek is, amelyek a felhasználás különleges szempontjai miatt külön említést érdemelnek. Ilyenek például – a teljesség igénye nélkül – a fagysgátló adalékszerek (kötés- vagy szilárdulásgyorsítók közé is besorolhatók), a víz alatti betonozás adalékszerei, a felületminőség javító, a bedolgozást segítő (vibropréses betonáru gyártásnál), a habképző, a zsugorodást csökkentő vagy kompenzáló adalékszerek, a korróziós inhibitorok, a belsőleg kristályosító, illetve vízzáróság fokozó, a belsőleg utókezelő, a habképző, a mosóvíz újrafelhasználását segítő adalékszerek. Ez a terület dinamikusan fejlődik, ezért számítani lehet újabb és újabb adalékszerek megjelenésére.

A lőtt - vagy más néven lövellt - betonok a betonkészítés speciális területét jelentik, amelynél szintén alkalmaznak – elsősorban konzisztencia szabályozó, kötégysorító- és tapadást javító – adalékszereket (MSZ EN 934-5).

A habarcsokhoz is lehet használni adalékszereket. A falazóhabarcsokhoz használt szerek lehetnek képlékenyítő és légbuborékképző vagy hosszú időtartamú késleltető hatásúak (MSZ EN 934-3). Speciális adalékszer fajta a fesztetőbetétek injektáló habarcsához használt adalékszer (MSZ EN 934-4).

#### A betonadalékszerekkel kapcsolatos fogalmak

A betonadalékszerek használata során, azok fajtáinak meghatározásán kívül még néhány speciális fogalmat tisztázni kell.

#### **Teljesítőképesség**

A betonadalékszerek teljesítőképessége azt jelenti, hogy a megjelölt célra káros hatások nélkül megfelelően hatékonyak. Mivel a betonadalékszereket a cement tömegére vonatkoztatva kell adagolni, tisztázni kell az adagolás fogalmait.



**1.4.2. ábra: Üzemi betonadalékszer adagoló berendezés (Forrás: Würschum GmbH)**

#### **Megfelelő adagolás**

A betonadalékszerek adagolását a gyártó határozza meg. A megfelelő adagolás azt jelenti, hogy a gyártó által meghatározott megfelelő adagolás kielégíti a szabvány követelményeit. A megfelelő adagolás az ajánlott adagolási tartományon belül van.

## Ajánlott adagolás

A gyártó által meghatározott ajánlott adagolás a helyszíni tapasztalatokon alapul. Ennek alkalmazása nem jelenti azt, hogy a szabvány követelményei a teljes tartományban teljesülnek. Az elért kívánt vég-eredményt mindig próbakeverésekkel célszerű ellenőrizni.

## Legnagyobb ajánlott adagolás

A legnagyobb ajánlott adagolás a gyártó által meghatározott, helyszíni tapasztalatokon alapuló ajánlott adagolási tartomány felső határa.

## Referenciabeton és -habarcs

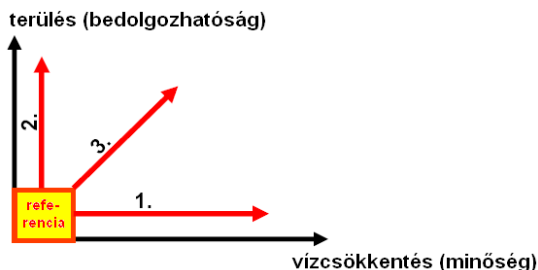
A referenciabeton és -habarcs fogalmát az MSZ EN 480-1 szabvány definiálja. Ezek a keverékek arra valók, hogy megállapítható legyen az egyes adalékszerek szabványnak való megfelelése.

## A betonadalékszerekkel szemben támasztott követelmények

A betonadalékszerekkel szemben általános (közös) követelményeket és azok fajtájától függő követelményeket támasztanak.

Az általános követelmények az összes adalékszerfajtára vonatkozó előírásokat tartalmazzák. Ezek az egyenletesség, a szín, a hatékony alkotórészek, a folyékony adalékszerek relatív sűrűsége, a szokásos szárazanyag-tartalom, a pH-érték, az összes klórtartalom, a vízdíszítő kloridtartalom, az alkálitartalom, a korróziós viselkedés és a szilícium-dioxid ( $\text{SiO}_2$ )-tartalom. E követelmények feltételezik, hogy az adalékszerek eloszlása a betonban egyenletes. Különösen ügyelni kell a kötésihatás hatására és a por alakú adalékszerek eloszlására.

Az adalékszer fajtától függő követelményeket az egyes adalékszer fajtáknál ismertetjük.



**1.4.3. ábra: A képlékenyítő és folyósító adalékszerek lehetséges hatásai (Forrás: Sika Hungária Kft.)**

## Képlékenyítő adalékszerek

A képlékenyítő adalékszerek hatóanyaga általában ligninszulfonát és önmagukban kissé késleltető hatásúak. A képlékenyítő adalékszereknél másfajta mellékhatás is felléphet, például légbuborék képződés. A képlékenyítő adalékszerek hatása és a keverék merevedési hajlama a cement fajtájától is függ.

A képlékenyítő adalékszerek (1.4.3. ábra) egyrészt lehetővé teszik egy adott betonkeverék víztartalmának legalább 5%-os mértékű csökkentését (1) (roskadási vagy területi mértékkel mérve) a konzisztencia befolyásolása nélkül. Ebben az esetben a megszilárdult beton 7 és 28 napos nyomószilárdsága legalább 10%-kal kell, hogy nagyobb legyen. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

A képlékenyítő adalékszerek másrészt a víztartalom változtatása nélkül növelik a roskadási/területi mértéket (2), vagy mindkét hatást egyidejűleg kifejtik (3).



## Folyósító adalékszerek

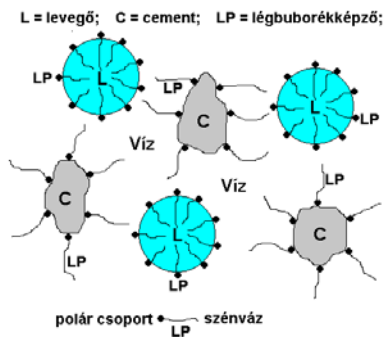
A folyósító adalékszerek hatóanyaga általában lignin-, melamin-, naftalinszulfonát, vinilpolimer, akrilát vagy polikarboxilát, valamint ezek keverékei. Egyes folyósító adalékszereknél légbuborékképződés felléphet. A hatékony folyósító adalékszerekkel akár földnedves betonból is lehet folyós konzisztenciájú betont előállítani. A megfelelő folyósító adalékszerrel készített beton könnyen bedolgozható, nem osztályozódik szét és vízkiválás sem tapasztalható. A folyósító adalékszerek hatása általában gyorsabban romlik, mint a képlékenyítőké – kivéve az újabb akrilát és polikarboxilát hatóanyagúakét – ezért a mixerkocsiban szállított betonok esetében – szükség szerint – célszerű a folyósító adalékért a munkahelyre érkezéskor utánadagolni. A folyósítóval készített betont utólag tilos felvezetni (a receptben meghatározott víztartalomnál több vizet utólag hozzáadni)! A folyósító adalékszerek hatása és a keverék merevedési hajlama a cementfajtától és az adalékanyag finomszem-tartalmától is függ.

A folyósító adalékszerek (1.4.3.ábra) egyrészt lehetővé teszik egy adott betonkeverék víztartalmának legalább 12%-os mértékű csökkentését (1) (roskadási vagy terülesi mértékkel mérve) a konzisztencia befolyásolása nélkül. Ebben az esetben a megszilárdult beton 1 napos nyomószilárdsága legalább 40%-kal, 28 napos nyomószilárdsága pedig legalább 15%-kal kell, hogy nagyobb legyen. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb. A folyósító adalékszerek másrészt a víztartalom változtatása nélkül jelentősen – legalább 120 mm-rel – növelik a roskadási és legalább 160 mm-rel a terülesi mértéket (2), és ez a hatás csak 30 perc után szűnhet meg. Nyomószilárdságuk ebben az esetben 28 napos korban csak legfeljebb 10%-kal lehet kisebb. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2 %-kal lehet nagyobb.

A folyósító adalékszerek mindkét hatást egyidejűleg is kifejezhetik (3).

## Stabilizáló adalékszerek

A stabilizáló adalékvaló készített beton nem osztályozódik szét és vízkiválás sem tapasztalható. A stabilizáló adalékszerek a keverővíz veszteségét a vízkiválás (vérzés) legalább 50%-os mértékű csökkentésével mérsékelik. A megszilárdult beton nyomószilárdsága 28 napos korban legfeljebb 20%-kal lehet kisebb. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.



**1.4.4. ábra: A cement, a levegő, a víz és a légbuborékképző adalékvaló kölcsönhatása (Forrás: Sika Hungária Kft.)**

## Légbuborékképző adalékszerek

A légbuborékképző adalékszerek kisméretű (átlagosan 50 µm átmérőjű és 300 µm-nél nem nagyobb), egyenletes eloszlású és meghatározott mennyiségű légbuborékokat hoznak létre a betonban keverés közben, és ezek a buborékok a beton szilárdulása után is megmaradnak. A légbuborékok azzal, hogy tágulási teret biztosítanak a megfagyó víz térfogat-növekedése számára és azzal, hogy a beton kapillárisait megszakítva akadályozzák a víztelítődést, a beton fagyállóságát és jégolvasztó sózással szembeni ellenálló képességét nagymértékben javítják.

A beton fagyállósága és jégolvasztó sózással szembeni ellenálló képessége azonban nemcsak a légbuborékképzéstől, hanem a víz/cement tényezőtől is függ. Ezért a légbuborékok bevitelle a frissbetonban önmagában nem elegendő. A gyakorlatban a légbuborékképző adalékszereket ezért képlékenyítő vagy folyósító adalékszerekkel szokták kombinálni.

A légbuborékképző adalékszerek önmagukban a „golyóscsapágy-elv” alapján javítják a keverék bedolgozhatóságát is, de egyúttal csökkentik a megszilárdult beton nyomószilárdságát. Folyósítókkal való együttes használat esetén ez kiküszöbölhető, illetve a beton nyomószilárdsága tervezhető. A légbuborékképző adalékszerek által létrehozott légbuborékképző rendszer sok tényezőtől függ, ezért alkalmazása nagy körülményektől is függ.

A frissbeton légtartalma legfeljebb 2,5%-kal lehet nagyobb, de összesen 4 – 6% lehet. A megszilárdult beton távolsági tényezője  $\leq 0,200$  mm legyen, nyomószilárdsága nem csökkenhet 25%-nál nagyobb mértékben.

### Kötésgyorsító (fagyásgátló) adalékszerek

A kötési folyamat a cementpép merevedését foglalja magában, amíg a túltelített oldatból kovasavas gél képződik. A kloridtartalmú (vízoldható kloridtartalom  $> 0,10$  tömeg %) kötésgyorsító adalékszerek az acélbetétek rozsdásodását elősegítik, ezért ezeket vasbeton és feszített betonszerkezetekbe tilos használni.

Ebbe a csoportba sorolhatók a „fagyásgátló” adalékszernek nevezett vegyi anyagok egy része is, amelyek azonban alapvetően nem kötésgyorsító adalékszerek, (hacsak nincs ilyen mellékhatásuk) szerepük pusztán a  $C_3A$  szemcsék kötésblokkolásának feloldása.

A kötésgyorsító adalékszerek a keverék képlékenyből szilárd állapotába való átmenetének kezdetét időben  $20\text{ °C}$ -on legalább 30 perccel,  $5\text{ °C}$ -on legalább 40%-kal előbbre hozzák. A megszilárdult beton nyomószilárdsága 28 napos korban legfeljebb 20%-kal lehet kisebb, de 90 napos korban is legalább ekkora kell legyen. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

### Szilárdulásgyorsító (fagyásgátló) adalékszerek

A szilárdulási folyamat alatt azt a folyamatot értjük, amikor a gélrendszerből szilárd vegyületek képződnek, majd fokozatosan kristályos szerkezetté alakulnak. A kloridtartalmú (vízoldható kloridtartalom  $> 0,10$  tömeg %) szilárdulásgyorsító adalékszerek az acélbetétek rozsdásodását elősegítik, ezért ezeket vasbeton és feszített betonszerkezetekbe tilos használni.

Ebbe a csoportba sorolhatók a „fagyásgátló” adalékszernek nevezett vegyi anyagok egy része is, amelyek azonban alapvetően nem szilárdulásgyorsító adalékszerek, (hacsak nincs ilyen mellékhatásuk) szerepük pusztán a  $C_3A$  szemcsék kötésblokkolásának feloldása.

A szilárdulásgyorsító adalékszerek a beton szilárdulásának ütemét gyorsítják (kezdőszilárdság kialakulása) a kötési idő változtatásával vagy anélkül. A megszilárdult beton nyomószilárdsága  $20\text{ °C}$ -on 24 órás korban legalább 20%-kal legyen nagyobb, és 28 napos korra sem csökkenhet 10%-nál nagyobb mértékben. A megszilárdult beton nyomószilárdsága  $5\text{ °C}$ -on 48 órás korban legalább 30%-kal legyen nagyobb. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

### Kötéskésleltető adalékszerek

A kötéskésleltető adalékszerek a beton kötését (merevedését) késleltetik és a korai szilárdulást fékezik. A beton szilárdsága kb. 7 napos kor után viszont már általában eléri, majd ezután meghaladja az azonos összetételű, kötéskésleltető adalékszer nélkül készített beton szilárdságát. A késleltetett beton hajlamosabb a zsugorodási repedésekre, mint a nem késleltetett. Ezért kötéskésleltető adalékszerek használata esetén fontos a szakszerű és alapos utókezelés.

A kötéskezeletető adalékszerek a keverék képlékenyből szilárd állapotába való átmenetének kezdetét időben legalább 90 perccel későbbre tolják, de a vége sem lehet több, mint 360 perc. A megszilárdult beton nyomószilárdsága 7 napos korban legfeljebb 20%-kal, 28 napos korban legfeljebb 10%-kal lehet kisebb. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

A kötéskezeletető adalékszereknek lehet képlékenyítő mellékhatásuk is. A két hatás egymáshoz viszonyított erősségétől függ, hogy az adott szert ide, vagy az 1.4.1.12. pontba soroljuk adott esetben. Kezeletető adalékszerek esetén különösen fontos a betonba történő egyenletes és alapos bekeverés a beton egyidejű használhatósága miatt. Felületkeményített ipari padlók esetén kerülni kell ezen adalékszerek használatát.



**1.4.5. ábra: A kezeletetett betonnal kapcsolatos fogalmak magyarázata (Forrás: Sika Hungaria Kft.)**

### Tömítő adalékszerek

A tömítő adalékszereket olyan betonszerkezeteknél célszerű alkalmazni, amelyeket a kapillárisan felszívódó nedvességgel szemben kell megvédeni. Ezek a szerek növelik a faggyal és olvasztósóval szembeni ellenálló képességet, valamint javítják a beton vízzáróságát is. Az épületelemek esővel, felületi vízzel, felszívódó nedvességgel, szivárgó, illetve átfolyó vízzel szembeni védelmére alkalmasak.

A tömítő adalékszerek a megszilárdult beton kapilláris vízfelszívását 7 napos utókezelést követően 7 napig vizsgálva legalább 50 tömeg %-kal csökkentik. A kapilláris vízfelszívás mértéke 90 napos utókezelést követően 28 napig vizsgálva legalább 60 tömeg %-kal legyen kisebb. A megszilárdult beton nyomószilárdsága 28 napos korban legfeljebb 15%-kal lehet kisebb. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

### Kötéskezeletető mellékhatású képlékenyítő adalékszerek

A kötéskezeletető mellékhatású képlékenyítő adalékszerek a képlékenyítő adalékszerek (főhatás) és a kötéskezeletető adalékszerek (mellékhatás) kombinált hatását hozzák létre. A megszilárdult beton nyomószilárdsága 28 napos korban nem lehet kisebb. A keverék képlékenyből szilárd állapotába való átmenetének kezdetét időben legalább 90 perccel későbbre tolják, de a vége sem lehet több, mint 360 perc. Lehetővé teszik a betonkeverék víztartalmának legalább 5%-os mértékű csökkentését (roskadási vagy terülsi mértékkel mérve) a konzisztencia befolyásolása nélkül. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

### Kötéskezeletető mellékhatású folyósító adalékszerek

A kötéskezeletető mellékhatású folyósító adalékszerek a folyósító adalékszerek (főhatás) és a kötéskezeletető adalékszerek (mellékhatás) kombinált hatását hozzák létre.

Azonos konzisztencia mellett a megszilárdult beton nyomószilárdsága 7 napos korban nem lehet kisebb, 28 napos korban pedig 15%-kal legyen nagyobb. A keverék képlékenyből szilárd állapotába való átmenetének kezdetét időben legalább 90 perccel későbbre tolják, de a vége sem lehet több, mint 360 perc.

Lehetővé teszik a betonkeverék víztartalmának legalább 12%-os mértékű csökkentését (rozkodási vagy területi mértékkel mérve). A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

Azonos víz/cement tényező mellett a megszilárdult beton nyomószilárdsága 28 napos korban legfeljebb 10%-kal lehet kisebb. Az adalékszerek másrészt a víztartalom változtatása nélkül jelentősen növelik a rozkodási, vagy területi mértéket, és ez a hatás csak 60 perc után szűnhet meg. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

### Kötésgyorsító mellékhatású képlékenyítő adalékszerek

A kötésgyorsító mellékhatású képlékenyítő adalékszerek a képlékenyítő adalékszerek (főhatás) és a kötésgyorsító adalékszerek (mellékhatás) kombinált hatását hozzák létre. A megszilárdult beton nyomószilárdsága 28 napos korban nem lehet kisebb. A keverék képlékenyből szilárd állapotába való átmenetének kezdetét 20 °C-on időben legalább 30 perccel, 5 °C-on legalább 40%-kal előbbre hozzák. Lehetővé teszik a betonkeverék víztartalmának legalább 5%-os mértékű csökkentését (rozkodási vagy területi mértékkel mérve) a konzisztencia befolyásolása nélkül. A frissbeton légtartalma legfeljebb 2%-kal lehet nagyobb.

## 1.4.2. FORMALEVÁLASZTÓK

A betonipar nem működhet formaleválasztó szerek nélkül. A formaleválasztó szerek feladata, hogy a betont a zsaluzatból problémamentesen ki lehessen venni. A szerek helyes kiválasztása és alkalmazása a megfelelő zsaluzattal és betonminőséggel együtt jelentősen hozzájárulnak a vizuálisan egységes és tartós betonfelületek kialakításához. A nem megfelelő, vagy rosszul kiválasztott formaleválasztó szerek, akár csak az alkalmazatlan alapanyagok és azok összetétele hiányosságokat és hibákat okozhatnak a beton felületén.

A zsaluzott betonfelület minőségét több tényező befolyásolja. Ezek a beton alapanyagai, azaz a beton összetétele, a használt zsaluzat anyaga és fajtája, a beton tömörítése, a zsaluzat, a beton és a környezet hőmérséklete, az utókezelés módja és anyagai, valamint a használt formaleválasztó szerek.

A formaleválasztó szerek fajtája mellett, azok felhordásának módja és mennyisége jelentős hatással vannak a beton végső megjelenésére. Nagyon fontos a formaleválasztók helyes kiválasztása és azok megfelelő használata. A formaleválasztó szereket három különböző anyagcsoportból lehet összeállítani.

### A formaleválasztók összetétele

#### **Leválasztófilm-képző szerek**

A leválasztófilm-képző szerek olyan anyagok, amelyek a leválasztási hatásokért felelős alapanyagok nagy csoportját jelentik. Ezek lehetnek a különböző ásványolajok (fehérolajok, illetve paraffin olajok), a szintetikus olajok, a növényi olajok, továbbá a paraffin viaszok.



**1.4.6. ábra: A formaleválasztók összetétele (Forrás: Sika Beton Kézikönyv)**

## Kiegészítőanyagok

A formaleválasztók terminológiája is ismeri a kiegészítőanyagok fogalmát. Ezek az anyagok fokozzák a leválasztófilm-képző szerek hatását és így intenzívebb hatást lehet elérni. Ezek közé tartoznak a leválasztás-fokozók (főként a zsírsavak vagy származékaik), a nedvesítőszerke, a korróziógátló szerek, a konzerválószerke és az emulziókhöz szükséges emulgeátorok. A ma használatos legtöbb formaleválasztó szer kiegészítőanyagokat is tartalmaz, amelyek közül egyesek kémiai reakcióba lépnek a betonnal (célzott kötésmegszakítás). Ezáltal sokkal könnyebb a beton leválasztása a zsaluzatról és a termék univerzálisan alkalmazható.

## Hígítók

A hígítók az előzőekben ismertetett leválasztófilm-képző szerek és kiegészítőanyagok viszkozitásának csökkentésére szolgálnak. Segítségükkel – többek között – beállítható a bedolgozhatóság, a megfelelő rétegvastagság, a száradási idő, stb. A hígítók általában szerves oldószerke (legtöbbször alifás szénhidrogének) vagy emulziók esetén víz.

## A formaleválasztók követelményei

A formaleválasztókkal szemben hasonló követelményeket támasztanak, ha az építés helyszínén, és ha az előregyártó üzemben használják:

- **Feltapadás-mentesség**  
Fontos és elsődleges követelmény, hogy a betonok a zsaluzatról könnyen és tisztán leválaszthatók legyenek (a betonnak nem szabad feltapadnia, a zsaluzat nem károsodhat).
- **Homogén megjelenés**  
A kiszaluzott betonfelületek megjelenése kifogástalan legyen (a felületi kéreg tömör, a kiszaluzott felület egyenletes színű és a pórusképződés minimális legyen).
- **Egyenletes felületi minőség**  
A kiszaluzott felületen a beton minősége nem károsodhat (a zsaluzat és a rajta lévő formaleválasztó nem okozhat szilárdságsökkenést, nem lehet tapadáscsökkenés a későbbi bevonatok vagy festékek utólagos felhordásakor).
- **Korrózióvédelem**  
A formaleválasztó védje meg a zsaluzatot a korróziótól és óvja meg az idő előtti öregedéssel szemben (a formaleválasztónak legyen korrózióvédő és konzerváló hatása).
- **Könnyű alkalmazhatóság**  
A formaleválasztó legyen könnyen felhordható, rendelkezzen önterülő tulajdonságokkal és biztosítson tartós bevonatot a betonozás időpontjáig.
- **Előregyártó üzemben**  
A formaleválasztó legyen hóálló, amikor fűtött zsaluzatot vagy meleg betont használnak és ne keletkezzenek kellemetlen szagok felhordásakor.
- **Építési helyszínén**  
A formaleválasztó szer felhordása után legyen esőálló és járható (álljon ellen a vasalás elhelyezésekor és az egyéb manipulációk miatt fellépő koptató hatásoknak). Ez utóbbi adott esetben előregyártó üzemben is követelmény lehet.

## A formaleválasztók kiválasztásának szempontjai

A megfelelő formaleválasztó szer kiválasztásának legfontosabb és elsődleges szempontja a zsaluzat típusa. A különböző zsaluzatokhoz különböző formaleválasztókat kell alkalmazni. A zsaluzatokat két fő csoportba tudjuk sorolni: nedvszívó és nem nedvszívó zsaluzatok.

## **Formaleválasztók nedvszívó zsaluzatokhoz**

Mivel a beton vizes bázisú keverék, nagyon fontos ezt a tulajdonságot figyelembe venni a zsaluzatok és a hozzájuk alkalmazott formaleválasztók kiválasztásakor. A nedvszívó zsaluzatok általában fa anyagúak és lehetnek nyers, gyalult, égetett vagy homokszórt felületűek. Ezek nedvszívó képessége különböző.

Ha korábban nem használt, új, fa zsaluzatokkal dolgozunk, akkor a faanyag nedvszívó-képessége igen nagy. Ezek a zsaluzatok külön intézkedés nélkül a frissbeton felületén keresztül kiszívják a cementpépből a vizet. Ez azt eredményezi, hogy a beton feltapad a zsaluzatra. Járulékos hatás még az, hogy a megszilárdult beton később porlani fog a cement hidratálásának hiánya miatt. A felülettel érintkező betonréteg is károsodhat – főként nyers fenyő zsaludeszkák esetén – a zsaluzatban lévő facukor miatt. A megszilárdult betonfelület ekkor is porlik, felületi szilárdsága csökken és elszíneződik. Színeltérés jöhet létre a beton felületén az árnyékban és a napon tárolt zsaludeszkákkal zsaluzott betonfelületek között.

A felület nedvszívó képessége a használat során fokozatosan lecsökken. A felületi tömítettség növekszik és a felület pórusait megtöltik a cementpép és a formaleválasztó szer maradványai. Minél régebbi a fa zsaluzat, annál vékonyabb formaleválasztó szer bevonatot igényel. Régebbi zsaluzaton oldószer tartalmú leválasztó szereket vagy leválasztó emulziókat is lehet használni.

## **Formaleválasztók nem nedvszívó zsaluzatokhoz**

A nem nedvszívó zsaluzatok anyaga lehet felületkezelt vagy szintetikus gyantával módosított fa, műanyag vagy acél. Ezek nem tudják magukba szívni a formaleválasztó szert, a vizet vagy a cementpépet. Ezeknél az anyagoknál különlegesen fontos, hogy a formaleválasztó szert takarékosan, egyenletesen és vékonyan alkalmazzuk. A töcsaszerű anyag-felhalmozódásokat el kell kerülni. A túlzott anyagfelhordás nemcsak megnöveli a pórusképződést, de a betonfelület elszíneződését vagy porlását is okozhatja.

A melegített acél zsaluzatok főként előregyártó üzemben fordulnak elő. Ilyen esetben fontos, hogy a formaleválasztó szer hőálló legyen (ne jöjjön létre kémiai reakció – mérszszappon képződés – a szer és a beton között) és a felhordott film ne párologjon el a magasabb hőmérséklet miatt.

A speciális gumiból vagy szilikon-kaucsukból készülő matricás zsaluzatok nem mindig igényelnek formaleválasztó szert. Ennek az az oka, hogy a beton sima, víztaszító felületre nem tapad. A zsaluzat anyaga, textúrája vagy öregedése következtében mégis szükség lehet formaleválasztó szer alkalmazására. Ilyenkor oldószereket vagy speciális emulziókat tartalmazó termékeket kell használni a matrica tulajdonságainak figyelembevételével. A bevonat vékony legyen és erre az esetre is igaz, hogy el kell kerülni a töcsaképződést. Az adott esetben mindig végezzünk alkalmazhatósági próbát.

## **Formaleválasztók helyes használata**

### ***Formaleválasztók felhordása***

A formaleválasztók használatának legfontosabb szabálya, hogy a lehetséges legkevesebb mennyiséget alkalmazzuk a lehető legegyszerűsebb felhordással. A formaleválasztó szer felhordási módja főként a termék állagától, konzisztenciájától függ. A kis viszkozitású (higan folyó) termékeket ajánlatos kisnyomású szóró berendezéssel felhordani (4-5 bar nyomással). A formaleválasztó szer oldószer-tartalmától függő finomságú, legyező alakú (rés) szórófejet használjunk, amely lehetőleg egy golyósszelepes szűrővel van kombinálva, hogy megakadályozza a megfolyásokat, csepegéseket, stb.

Sima zsalufelületen a megfelelő, egyenletes formaleválasztó szer mennyiséget ún. „ujjpróbával” lehet ellenőrizni. Nem lehet az ujjnyom határozottan látható, illetve nem lehetnek formaleválasztó szer felgyülemlések. A felesleges formaleválasztó szert el kell távolítani a vízszintes zsaluzatról egy gumi- vagy hablehúzóval és a felületet egy ronggyal át kell törölni. Amennyiben túl sok anyagot vittünk fel egy függőleges vagy lejtős felületre, a felületen megfolyások vagy a zsaluzat alján anyagfelgyülemlések jelennek meg. Ezt is el kell távolítani ronggyal vagy szivaccsal.

A nagyon nagy viszkozitású formaleválasztó szereket (viaszokat, pasztákat) ronggyal, szivaccsal, gumilehúzóval, ecsettel, stb. kell felhordani. Erre is igaz az, hogy csak a legminimálisabb mennyiséget hordjuk fel a lehető legegyszerűbben.



**1.4.7. ábra: A formaleválasztók felhordási mennyiségének ellenőrzése ujjpróbával (Forrás: Sika Beton Kézikönyv)**

Az időjárási feltételek fontos szerepet játszanak a formaleválasztó szerek alkalmazásában. Nem bölcs dolog esős időben felhordani a formaleválasztót, a zsaluzaton lévő nedvesség tapadást gátló hatása miatt. A nedvszívó zsaluzatok több formaleválasztó szert igényelhetnek erős napsütésben vagy szárazság, illetve erős szél esetén. A formaleválasztó emulziók veszélyben vannak fagy, illetve havas idő esetén, mert az emulzió széteshet, ha felolvad, mielőtt a betont beöntենék.

#### **A felhordást követő várakozási idő**

A betonozás előtt – a formaleválasztó szer felhordása után – szükséges várakozási időt nem lehet általánosan meghatározni, mivel az számos tényezőtől függ. Ilyenek a zsaluzat típusa, a hőmérséklet, az időjárás egyéb körülményei és a leválasztó szer fajtája. A szükséges várakozási időt a szer gyártójának kell meghatározni. Az oldószer-tartalmú szerek és a víz alapú emulziók előírt várakozási idejét mindig be kell tartani, mert egyébként a kívánt leválasztási hatást nem érjük el.

A formaleválasztó szerre gyakorolt időjárási hatások vagy egyéb igénybevételek (pl. gyalogos forgalom), továbbá a felhordás és a betonozás közti túlságosan hosszú várakozási idő bizonyos körülmények között csökkenthetik a leválasztási hatást. Nedvszívó zsaluzat esetén ez néhány napos időszak után történhet meg. Nem nedvszívó zsaluzatok esetén ennek kisebb a veszélye és a formaleválasztó szer hatása – a környezeti feltételektől függően – általában néhány hétig megmarad.

### **1.4.3. UTÓKEZELŐSZEREK**

#### **A beton utókezelésének fontossága**

A beton megfelelő utókezelése a jó végeredmény egyik fontos feltétele. A tartósság fokozása érdekében a betonnak nemcsak „erősnek”, hanem tömörek is kell lennie, különösen a felületközeleli részeken. Minél kisebb a porozitás és minél tömörebb a megszilárdult cementkő, annál nagyobb az ellenállása a külső behatásokkal, igénybevételekkel és támadásokkal szemben. Ennek eléréséhez olyan intézkedéseket kell tenni, amelyek megvédik a frissbetont a következőkben felsorolt hatásokkal szemben:

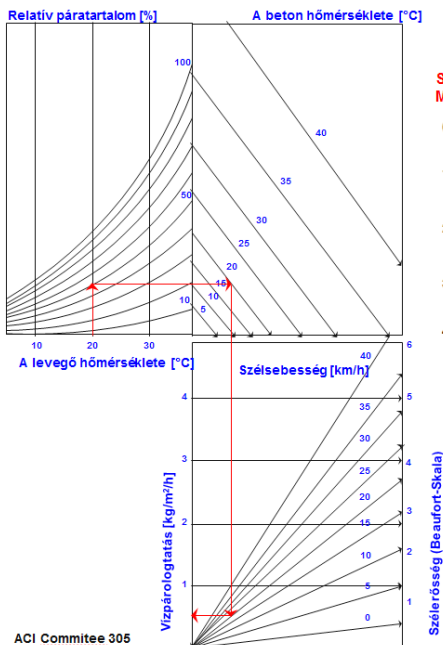
- korai kiszáradás, a szél, a nap, az alacsony páratartalom stb. miatt,
- szélsőséges (hideg, meleg) és károsan gyors hőmérséklet-változások,
- eső és egyéb csapadék,
- kémiai és fizikai hatások.

A túl korai kiszáradás következményei:

- kisebb szilárdság a felület-közeli részeken,
- porlási hajlam,
- nagyobb vízáteresztő képesség,
- csökkentett időjárás-állóság,

- kisebb ellenállás a kémiai hatásokkal szemben,
- korai üledési repedések megjelenése,
- megnő a későbbi zsugorodási repedések veszélye.

Az 1.4.8. ábra bemutatja a beton négyzetméterenkénti felületi párolgását különböző körülmények között. Az ábrán látható (nyílal jelölve), hogy 20 °C-os levegő és beton hőmérséklet, 50%-os relatív páratartalmú levegő, átlagosan 20 km/h szélesebesség esetén 0,6 liter víz tud elpárologni óránként 1 m<sup>2</sup> betonfelületről. Nagyobb beton-hőmérsékletek és egyidejűleg nagyobb levegő hőmérsékletek, valamint jelentősebb hőmérséklet-különbségek esetén a víz párolgási sebessége jelentősen megnövekszik. Ugyanilyen körülmények között, de 25 °C levegő és beton hőmérséklet esetén 50%-kal nagyobb a párolgás, azaz 0,9 liter víz párolog el 1 m<sup>2</sup> felületről 1 óra alatt.



#### Segédlet a vízpárolgatás meghatározásához:

(A nyíl irányában haladva)

1. A levegő hőmérsékletétől kezdve a relatív páratartalomig
2. Vízszintesen jobbra a beton hőmérsékletéig
3. Lefelé a szélesebességig
4. Vízszintesen balra, a felület párolgatása leolvasható

### 1.4.8. ábra: A vízpárolgatás mértéke különböző körülmények között (Forrás: American Concrete Institute - Committee 305)

#### Az utókezelés lehetséges módszerei

A beton korai kiszáradása ellen a következő védőintézkedések tehetők:

- folyékony utókezelő szerek alkalmazása,
- zsaluzatban tartás,
- fóliával történő letakarás,
- vízmegtartó takarókkal való lefedés,
- vízzel való folyamatos permetezés, vízbe merítés,
- a fenti módszerek kombinációja.



**A folyékony utókezelő szerek** az utókezelés korszerű eszközei. A folyékony utókezelő szerek használata azt a tényt használja ki, hogy a frissbetonba bekevert víz elegendő a tökéletes hidratáció létrejöttéhez, de meg kell akadályozni annak eltávozását. A folyékony utókezelő szereket egyszerű eszközökkel lehet a felületre permetezni (pl. kis nyomású permetezőkkal). A felhordott szerek folyékony fólia módjára lezárják a beton felületét és nem engedik a víz elpárolgását. Ezért ezeket a lehető leghamarabb alkalmazni kell az egész felületre. A zsaluzatból kilátszó beton felületeket azonnal kezelni kell, mielőtt a frissbeton „fényes” felülete „mattá” válik, a zsaluzott felületeket pedig a kiszaluzást követően. Mindig fontos, hogy egy egybefüggő, zárt réteg alakuljon ki a felületen és a gyártó előírásának megfelelő mennyiség ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) kerüljön felhasználásra. Független beton felületeken több szer felhordására van szükség.

**A zsaluzatban tartás** azt jelenti, hogy a nedvszívó fa zsaluzatot nedvesen kell tartani, az acél zsaluzatot pedig meg kell védeni a túlmelegedéstől (pl. a közvetlen napfénytől), illetve a hirtelen lehűléstől (pl. késő őszi, téli vagy kora tavaszi időszakban).

**A fóliával való letakarás** a nem zsaluzott, szabadon maradó felületeknél és a zsaluzat eltávolítása után szabaddá váló felületeknél lehetséges. Ez egy egyszerű módja az azonnali védelemnek. A fóliát a még nedves betonra átfedéssel kell lefektetni. Rögzíteni kell a csatlakozásoknál (pl. táblákkal vagy kövekkel leterhelni), hogy megakadályozzuk a víz elpárolgását a betontól. A fóliának mindenhol rá kell feküdnie a betonra, hogy a szél ne jusson a fólia alá.

**A vízmegtartó takarókkal való lefedés** esetén, mint pl. jutaszövet, nád- vagy szalmagyékény, a takarót folyamatosan nedvesen kell tartani, vagy szükség esetén műanyag fóliával kell további védelmet nyújtani a gyors nedvességvesztés ellen. Ezeknek is mindenhol rá kell feküdniük a betonra.

**A vízzel való folyamatos permetezés, vízbe merítés** is egy lehetséges módja a beton utókezelésének. A nedvesség és kiszáradás váltakozása azonban feszültségeket okoz, amelyek repedésekhez vezethetnek a fiatal betonban. Kerüljük el ezért a vízszugárral történő közvetlen locsolást.

### A hőmérséklettől függő utókezelési módszerek

Alacsony hőmérsékleten nem elég, ha csak a vízvesztéget akadályozzuk meg a beton felületén. A túlhűlés kiküszöbölésére hőszigetelni is kell. Ezen intézkedéseket elő kell készíteni és megfelelő időben kell azokat alkalmazni. Ezek legfőképpen az időjárási viszonyoktól, a szerkezeti elem típusától és méreteitől, valamint a zsaluzattól függenek.

A vízzel való utókezelés fagy körüli hőmérsékleten nem megengedett. A rövid, fagyos időszakokban a hőszigetelő letakarások, mint pl. deszka zsaluzat, száraz nád- és szalmagyékények, hőszigetelő építési táblák és műanyagpaplanok megfelelő védelmet nyújtanak. A letakarást mindkét oldalán lehetőleg műanyag fóliával meg kell védeni a nedvességtől. A fóliára kasírozott műanyag paplanok a legalkalmasabbak és könnyű a kezelésük. Erős fagyok és hosszú fagyos időszakok esetén a frissbeton körül fűteni kell a levegőt és a beton felületeknek nedvesnek kell maradniuk. A jó tömítettség is fontos (pl. az ajtó és ablak nyílásokat be kell zárnival és zárt munkasátrakat kell használni).

### Az utókezelés szükséges időtartama

Az utókezelés időtartamát úgy kell meghatározni, hogy a felületközi rétegek elérjék azt a szerkezeti szilárdságot és tömörséget, amely szükséges a beton tartósságához és a vasalás korrózióvédelméhez. A szilárdság kifejlődése szoros összefüggésben van a beton összetételével, a frissbeton hőmérsékletével, a környezeti feltételekkel, a beton méreteivel és a szükséges utókezelés időtartamát is ezek a tényezők befolyásolják.

Az európai szabványosítási folyamat részeként, szabványos európai szabályozásokat készítenek elő a beton utókezelésére vonatkozóan. Ennek az a lényege, hogy a beton utókezelését addig kell folytatni, amíg az a nyomószilárdság legkisebb jellemző értékének ( $f_{t,k}$ ) 50%-át el nem éri. A szükséges utókezelési időtartam meghatározásához a betongyártónak információt kell adnia a beton szilárdságának alakulásáról. Az információ a 2 és 28 napos nyomószilárdság arányára vonatkozik (20 °C-on) és elvezet a szilárdságfejlődés gyors, közepes, lassú vagy nagyon lassú osztályba sorolásáig.

#### 1.4.4. FELÜLETI KÖTÉSKÉSLELTETŐ SZEREK

A beton felületének késleltetésére speciális anyagokat alkalmaznak részben esztétikai (mosott felületű látszóbeton), részben technológiai okokból (mosott/seprűzött felületű betonútpályák).

##### Mosott felületű látszóbeton

Az elsősorban esztétikai szempontból alkalmazott technológia végeredményét többféle módszerrel lehet elérni. Az egyik módszer az, hogy a zsaluzat felületét egyenletesen és vékonyan, kötésleltető hatású anyaggal vonják be betonozás előtt. Kizsuzást követően, meghatározott időtartamon belül a felületről a cementpép kimosható és így egy esztétikus látszóbeton felületet kapunk, amelynek megjelenése függ az adalékanyag szemcsék méretétől és színétől, valamint a közöttük kilátszó cementkő színétől. Az eljárás nagyon gondos és tiszta anyagokat és precíz technológiát követel, hiszen a felület utólag nem javítható.

A másik módszer az, amikor egy kötésleltetővel átitatott papírt vagy kartont helyeznek a zsaluzatba és erre dolgozzák be a betont. A beton felülete érintkezik a késleltető anyaggal és kizsuzást követően, meghatározott időtartamon belül a cementpép hasonló módon kimosható. Ezzel az eljárással minta is készíthető, ha az impregnálás különböző erősségű késleltető anyagokkal történik a mintának megfelelően.

##### Mosott/seprűzött felületű betonútpályák

A közlekedéssépités is használ felületi késleltető anyagokat. Ebben az esetben nem az esztétika, hanem a közlekedési komfort és a forgalombiztonság érdekében teszik ezt.

Beton útpályákon általában nagyobb a gumiabroncsok keltette gördülőzaj, mint aszfalt burkolatú utakon. A zajhatás felületi érdesítéssel csökkenthető. Másik szempont a csúszási ellenállás, amely érdesítéssel szintén javítható. A betonutak készítés utáni utókezelése nagyon fontos, hiszen nagy felületek vannak kitéve az időjárás hatásainak. A gyakorlatban ezért ilyen célra kétféle szert használnak. Az első szakaszban – kb. 8 órás korig – késleltetővel kombinált utókezelőszert használnak. Ekkor már elbír egy seprűgépet a burkolat, amellyel kiséprűzik/kimossák a felületről a késleltetett cementpépet. Ezt követően utépítésben használatos utókezelőszert hordanak fel a beton felületére a további védelem érdekében.

#### 1.4.5. FELÜLETI IMPREGNÁLÓ SZEREK

A beton felületének impregnálása már egy kicsit a betonjavítás hatalmas témaköréhez tartozik. Ezzel a szakterülettel az MSZ EN 1504-es szabványsorozat foglalkozik. Impregnálásra több célból lehet szükség, amelyeket a szabványsorozat alapelvekben definiál. Az 1. (Behatolással szembeni védelem), a 2. (Nedvességszabályozás), az 5. (Fizikai ellenálló képesség), a 6. (Vegyi ellenálló képesség) és a 8. (Az elektromos ellenállás növelése) alapelv tartalmaz impregnálási javítási módot. Az impregnálás kétféle lehet: hidrofóbizáló impregnálás és impregnálás.

##### Hidrofóbizáló impregnálás

A hidrofóbizáló impregnálás nem más, mint egy betonfelület kezelő anyag, mely vízlepergető felületet hoz létre. A pórusokat és a kapilláris hálózatot az anyag nem tölti ki teljesen, csak azok felületét vonja be hidrofób réteggel. A hidrofóbizáló anyagok szerepe az, hogy csökkentve a víz és a folyadékok felületi feszültségét, megakadályozza azok behatolását a felületbe, de emellett biztosítja a könnyű páradiffúziót, mely megfelel az épületfizikai gyakorlatnak. A hidrofóbizáló impregnálást és a hozzá használható anyagokat a behatolási mélység szempontjából két csoportba soroljuk:

- I. osztály: < 10 mm és
- II. osztály: ≥ 10 mm



**1.4.9. ábra: Vízcseppek hidrofób impregnált felületen**

### Impregnálás

Az impregnálás nem más, mint egy betonfelület kezelő eljárás, mely csökkenti a felületi porozitást és megerősíti a felületet. A pórusok és a kapilláris hálózat részben vagy egészben kitöltésre kerül. Az eljárás eredménye egy nem folyamatos 10 és 100 µm rétegvastagságú felületi filmréteg. Ez szolgál a beton pórusrendszerének lezárására a károsító anyaggal szemben. A impregnálás és a hozzá használható anyagok behatolási mélysége  $\geq 5$  mm.

### **Felhasznált irodalom**

- 1
- MSZ EN 934-1-től 6-ig Adalékszerek betonhoz, habarcshoz és injektálóhabarcshoz  
MSZ EN 1504-1-től 10-ig Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalom meghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelésértékelés  
Buday T.: Betonadalékszerek. Építésügyi Tájékoztatási Központ Kft. Budapest, 1999  
Kapu L.: Látszóbeton – látványbeton. Terc Könyvkiadó. Budapest, 2013  
Keleti I.: Betonburkolatok. Magyar Betonburkolat Egyesület. Budapest, 2012  
Sika Beton Kézikönyv. Sika Hungária Kft. Budapest, 2009  
Cement – Beton Zsebkönyv 2007. Duna-Dráva Cement Kft. Vác, 2007  
Cement – beton Kisokos 2008. Holcim Hungária Zrt. Budapest, 2008  
CeMBeton honlap. [www.cembeton.hu/alapanyagok/adalékszer](http://www.cembeton.hu/alapanyagok/adalékszer)

## 1.5. BETONKIEGÉSZÍTŐ ANYAGOK (DR. BOROSNYÓI ADORJÁN)

A beton egyes tulajdonságainak javítása vagy különleges tulajdonságok elérése céljából a betonban felhasznált finom szemcséjű szervesetlen alkotóanyagokat nevezzük betonkiegészítő anyagoknak. A betonkiegészítő anyagoknak (beleértve az ásványi töltőanyagokat és a pigmenteket is) két csoportját különböztetjük meg, és általános alkalmasságukra vonatkozóan a következő szabványok adnak útmutatásokat:

I. típusú kiegészítőanyagok: közel inert kiegészítőanyagok.

Töltőanyagokra az MSZ EN 12620 vagy az MSZ EN 13055 sorozat, míg pigmentekre az MSZ EN 12878 szabvány vonatkozik.

II. típusú kiegészítőanyagok: puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú kiegészítőanyagok.

Peryére az MSZ EN 450-1, szilikaporra az MSZ EN 13263-1, míg őrölt granulált kohósalakra az MSZ EN 15167-1 szabvány ad útmutatásokat.

### 1.5.1. AZ I. TÍPUSÚ KIEGÉSZÍTŐANYAGOK

#### Mészköliszt

A közel inert kiegészítőanyagok közül legnagyobb mennyiségben a mészkölisztet használja fel a beton-technológia. I. típusú kiegészítőanyagként jellegzetesen azok a tömör mészkövek használhatók fel, amelyek kémiaiailag stabilak, magnéziumtartalmuk csekély, és amelyek cementek gyártásához is megfelelőek. Durva mészkövek, forrásvízi mészkövek felhasználása nem javasolt. A mészkölisztek szemnagysága 0,063 mm alatti. A mészköliszt adagolás kedvezően befolyásolja a frissbeton bedolgozhatóságát és szivattyúzhatóságát, és elengedhetetlen összetevője az öntömörödő betonoknak (4.6.16. fejezet). Mészköliszt adagolással a finomrészben szegény adalékanyagok szemmegoszlása javítható. Tömítő hatása révén mészköliszt adagolással fokozható a betonok vízzárósága, és cement megtakarítás is elérhető.

Annak ellenére, hogy a mészkölisztet jellegzetesen közel inert kiegészítőanyagnak tekintjük, a szakirodalom régóta ismeri a nagyon kis szemcseméretű (<10 µm) mészkölisztek kémiai aktivitását, amelynek hatására a cementek alumínát tartalmú alkotóival kalcium-alumínát-karbonát-hidrát fázis képződik a hidratáció során (pl. Carlson, Berman, 1960).

Szintén meg kell említeni a szulfát- és szulfidtartalmú talajvízzel érintkező, mészköliszt tartalmú betonok esetén az esetleges taumazit képződést, amely az ún. taumazit-szulfátkorrózió (TSA) során a másodlagos ettringit képződéshez (DEF) hasonlóan duzzadást és repedezést okoz, illetve a szilárdsághordozó CSH kötőerejét csökkenti (pl. Révay, Laczkó, 2006). A taumazit képződés jelentőségéről a kutatók véleménye a mai napig nagyon megosztott, annyit lehet bizonyossággal kijelenteni, hogy a jó minőségű, kis dolomit-, agyag- és szerves széntartalmú mészkölisztek esetén kisebb az esély a taumazit-szulfátkorrózió kialakulására.

#### Kvarcliszt

Szintén a közel inert kiegészítőanyagok közé sorolható a kvarcliszt, amelyet kisebb mennyiségben használunk, elsősorban annak köszönhetően, hogy a kvarc a mészkőnél nehezebben őrölhető, őrlés során a keménysége miatt lemezesebb, szilánkosabb szemszerkezet alakul ki, mint mészkőnél, kevesebb a finom szemcsék részaránya, így növelheti a cementigényt. Fontos tulajdonság a tisztaság, azaz a duzzadásra, elbomlásra, kémiai reakciókra hajlamos, káros ásványi összetevők (pl. opál, kalcedon, kristobalit, üveges fázisú ásványos összetevők, csillám, aktív mész, szulfát, klorid stb.) mennyisége lehetőleg minimális legyen.

A mészkőliszthez hasonlóan a kvarcliszt is lehet kémiaiilag aktív a nagy fajlagos felületű, kis szemcse nagyságú tartományban, és a hidratáció során a kalcium-hidroxiddal kalcium-szilikát-hidrátok keletkeznek belőle.

### **Pigmentek**

Pigmentekkel érhetjük el a betonok felületi, vagy teljes térfogatában történő színezését. A pigmentek általában olyan fénoxidok, amelyek lúgállóak és a cement hidratációja során képződő kalcium-hidroxiddal nem lépnek reakcióba, ezért a közel inert kiegészítőanyagok közé sorolhatók. A pigment szemcsék mérete általában a cement szemcsék méretéhez hasonló. Legfontosabb pigmentek a vas-oxid (barna, vörös, sárga), a króm-oxid (zöld), a titán-dioxid (fehér) és a korom (fekete). Világosabb árnyalatú pigmentekkel csak a nagy kohósalaktartalmú kohósalakcementek és a fehércementek színezhetők.

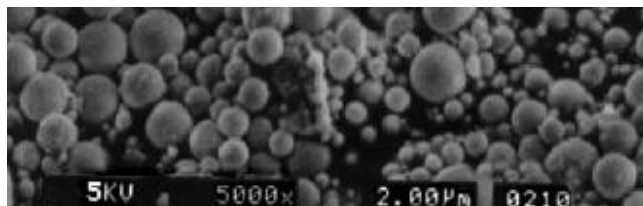
## **1.5.2. A II. TÍPUSÚ KIEGÉSZÍTŐANYAGOK**

### **Pernye**

Pernyének nevezzük a kőszén elégetésekor a szén hamutartalmának azt a finomszemcséjű részét, amely a füstjáratokon, a füstgázokkal együtt távozik az égéstérből. A széntüzelésű erőművekben keletkező szilárd hulladékok kb. 80 tömegszázalékát hamu és pernye teszi ki. Az égés során a szénben lévő nem éghető ásványi anyagok (agyag, földpát, kvarc, agyagpala) megolvadnak és az égéstérből a füstgázokkal együtt távoznak. Az elolvadt anyag felemelkedik, lehűl és gömb alakú üveges részecskékké szilárdul (1.5.1. ábra). Ez egy nagyon finom, porszerű, szemcsés anyag, amelyet a kilépő füstgázból elektrosztatikus leválasztók vagy szűrők segítségével gyűjtenek össze. A pernyeszemcsék átmérője 1-150 µm tartományban mozog. A pernye kémiai összetételét a szénben található éghetetlen anyag típusa és mennyisége határozza meg. Az elégetett szén típusától függően a pernye összetétele jelentősen változhat, de minden pernye nagy mennyiségben tartalmaz  $\text{SiO}_2$ -ot (amorfort és kristályosat is),  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -ot és  $\text{CaO}$ -ot. Az ASTM C618 szabvány a következő 3 kategóriába sorolja a különböző fajta pernyéket:

- F osztályú (savanyú) pernye:  $\text{CaO}$ -ban szegény pernye. Ebbe a kategóriába általában azok a pernyék tartoznak, amelyek antracitból vagy bitumen tartalmú kőszén elégetéséből keletkeznek. A pernyének ez az osztálya puccolános tulajdonságokkal rendelkezik. Több mint 70%-ban tartalmaz nem kristályos  $\text{SiO}_2$ -ot, ami meghatározza a puccolános aktivitását. A kristályos alkotó ásványok általában kvarcból, hematitből, mullitból és magnetitből állnak.
- C osztályú (bázikus) pernye: Általában lignitből vagy soványszénből keletkezik. Ebbe az osztályba sorolt pernyéknek puccolános tulajdonságai vannak. A legtöbb C osztályú pernye 15%-nál több  $\text{CaO}$ -t tartalmaz kalcium-alumino-szilikátok formájában, amelyek rendkívül reakcióképesek. A kristályos fázisok kvarcot, meszet, mullitot, gehlenitet, anhidritet és klinkerásványokat tartalmaznak.
- N osztályú pernye: A nyers vagy égetett természetes puccolános, mint néhány diatómaföld, opál kovakő és agyagpala, tufák, vulkáni hamu és habkő tartozik ebbe az osztályba. Az égetett kaolin és laterit pala is ebbe az osztályba tartozik.

A pernye szemcsemérete általában finomabb, mint a portlandcementé, és a szemek leginkább gömb alakúak, azonban a Magyarországon rendelkezésre álló pernyék esetében ez nem minden esetben igaz. Ezek a gömb alakú szemcsék javítják a frissbeton bedolgozhatóságát. A pernye színe a kémiai és az ásványi összetételétől függ. A sárgásbarnától a sötétszürkéig változhat. A sárgásbarna és a világos színek általában a nagyobb mésztartalomra utalnak, a barnás szín a vastartalom jele. A sötétszürke és a fekete szín a nagyobb el nem égett széntartalomnak tudható be.



**1.5.1. ábra: Perye részecskék 5000-szeres nagyításban (Siddique, Khan, 2011)**

A pernye finomsága összefüggésben van a puccolános aktivitással. A betonban felhasznált pernye finomságát általában a 45 µm-es szitán fennmaradó anyag tömegszázalékával definiáljuk (ASTM C618-15, MSZ EN 450-1). A durvább szemcseméret-eloszlású, nagyobb méretű részecskéket tartalmazó pernye kevésbé aktív és többnyire nagyobb el nem égett széntartalommal is rendelkezik. A pernyék puccolános aktivitása őrléssel növelhető, ezt hívjuk mechanikai aktiválásnak. A nagy reakcióképességű pernyében jelenlévő metastabil szilikátok nedvesség jelenlétében reakcióba lépnek a cement kalciumionjaival és oldhatatlan kalcium-alumínium-szilikát-hidrátok jönnek létre. A pernye puccolános aktivitása függ: (1) a finomságtól; (2) a kalciumtartalomtól; (3) a szerkezettől; (4) a fajlagos felülettől; (5) a szemcseméret-eloszlástól; és (6) az izzítási veszteségtől (Joshi, 1979). A pernyék tisztaságára vonatkozóan az izzítási veszteségre, a szulfáttartalomra, az alkáli ion tartalomra és a kloridion tartalomra vonatkozóan szabnak meg határértékeket (ASTM C618-15, MSZ EN 450-1). A pernye a frissbeton bedolgozhatóságán kívül javítja a szilárd beton szulfátállóságát és az utószilárdulás mértékét.

### Granulált kohósalak

A nyersvasgyártás során keletkező salak hirtelen lehűtésével állítják elő, ugyanis ekkor amorf, üveges állapotú, nem kristályos szerkezet alakul ki. A granulált kohósalak kémiai összetétele hasonló a portlandcement klinkeréhez: kalcium-oxid (CaO), szilícium-oxid (SiO<sub>2</sub>), alumínium-oxid (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), vas-oxid (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), magnézium-oxid (MgO) és egyéb oxidok alkotják, természetesen eltérő arányban, mint a portlandcement klinkerben. A granulált kohósalak latens hidraulikus tulajdonsággal rendelkezik, azaz önálló hidrátvegyületeket is képez. Előnye, hogy a betonban nagy utószilárdulást, mérsékelt hőfejlődést, kis repedésérzékenységet, valamint kiváló szulfát- és korrózióállóságot eredményez. A kohósalak alkalmazásával nagy szilárdságú és nagy teljesítő-képességű betonok is előállíthatók.

A kohósalakok amorf, üveges állapotú része legalább 67 m/m%, aktivációs indexük legalább 75% kell legyen. (Az aktivációs index a kohósalakkal készített habarcs próbatestek nyomószilárdságának arányát jelenti %-ban, az azonos körülmények között készített portlandcement habarcs próbatestekhez viszonyítva).

A kohósalak felhasználása hidraulikus kötőanyagként számos módon lehetséges, melyeknek egyike a cementben történő hasznosítás. További fontosabb alkalmazási lehetőségei a következők:

- A kohósalak a mészko mellett, annak egy részének helyettesítésére, a cementgyártás, illetve a nyersliszt kiinduló alapanyagként is felhasználható. Nyersanyagkomponensként történő felhasználásakor nem követelmény, hogy a kohósalak amorf, üvegszerű állapotban legyen. Emellett további előnye, hogy ekkor a klinkerégetés kevésbé energiaigényes, mert a kalcium egy része nem CaCO<sub>3</sub>, hanem eleve már CaO formájában van jelen, így egyrészt a karbonát bomlása nem igényel energát, másrészt kisebb a felszabaduló CO<sub>2</sub> mennyisége is.
- A granulált kohósalak önmagában is alkalmazható, mint hidraulikus kötőanyag (elsősorban téglafalazatok készítéséhez). A granulált kohósalak hidratációjának beindításához azonban ekkor is szükség van gersztésre, ami lehet alkalikus (pl. legalább 5 m/m% portlandcement adagolása), vagy szulfátos (pl. gipsz adagolása).

- A granulált kohósalakot legnagyobb mennyiségben a cementek hidraulikus kiegészítő anyagaként használják fel (CEM II, III és V). Ezek a cementek készülhetnek a komponensek együttörlesztésével, vagy a portlandcement és a külön őrlött granulált kohósalak keverésével. Együttörlesztésnél mindenképpen figyelembe kell venni, hogy a kohósalak esetenként nehezebben őrlhető, mint a portlandcement klinker.
- Őrlött granulált kohósalak adagolható a betonkeverőbe is, a portlandcement adagolásával egy időben.
- Belga fejlesztés az ún. *Trief eljárás*. Ennek során nedves őrléssel előállított kohósalak zagyt adagolnak közvetlenül a betonkeverőbe, a portlandcement adagolásával egy időben. Az eljárás gazdaságos, ebben az esetben az őrlött kohósalak kiszárításának költségeivel nem kell számolni. Ráadásul nedves őrléssel kisebb szemmagyságú, nagyobb fajlagos felületű őrlött kohósalak készíthető.
- Granulált kohósalak nagy mennyiségben kerül felhasználásra útalapokba, talajstabilizáláshoz, vízepítési létesítményekhez, könnyűbeton adalékanyagaként és mezőgazdasági célokra.

A granulált kohósalak hidratációja során kalcium-szilikát-hidrát (CSH) képződik. Mivel a kohósalakok több szilíciumoxidot ( $\text{SiO}_2$ ) és kevesebb kalciumoxidot (CaO) tartalmaznak, mint a tiszta portlandcementek, ezért a hidratáció során nagyobb mennyiségben keletkeznek kalcium-szilikát-hidrátok (CSH) és kisebb mennyiségű kalcium-hidroxid [ $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ] szabadul fel. A kialakuló hidráttermék kristályszerkezete tömörebb, mint a hidratálódott tiszta portlandcement kristályszerkezete. Maga a hidratáció lassabban megy végbe, mint a tiszta portlandcement hidratációja, mert a folyamat kezdetén a kellően lúgos közeg kialakulásához (melyet a portlandcement biztosít) időre van szükség.

Granulált kohósalak adagolással csökkenthető a kötэшő, amely kedvező lehet tömegbetonok készítése során, de emellett megnő a kötэшidő és a nedves utókezelés szükséges ideje is. További előnye, hogy csökken a szilárd beton víz- és gázáteresztő képessége, csökken a kloridion diffúziós tényező értéke, javul a szulfátállóság, csökken az alkáli-szilika reakció (ASR) veszélye, illetve a portlandcement színénél világosabb árnyalatú betonok készíthetők.

### Trasz (puccolán)

A trasz (puccolán) őrlött, puccolános tulajdonságokkal rendelkező savanyú vulkáni tufa, elsősorban hidrátvíz tartalmú tufák őrléménye. Puccolános aktivitása függ a lelőhelytől, melyet az ún. mészfelvétellel jellemeznek.

A puccolános aktivitás mészfelvétel alapján történő meghatározását az MSZ 4706-2 sz. „Cementkiegészítő anyagok. Természetes puccolános anyagok (trasszok)” c. szabvány írja le.

A vizsgálat lényege, hogy kétnaponkénti titrálással – összesen 15 alkalommal – meghatározzák azt a kalcium-oxid mennyiséget, amelyet 2 g anyag felvesz 100 ml telített mészoldatból. Az 1 g anyag által lekötött kalcium-oxid mennyiségének halmozott értéke – a minta összes mészfelvétele mg/g-ban kifejezve – jellemzi a puccolános aktivitást. A vizsgálati eredményeket általában grafikusán, a titrálás száma – mészfelvétel diagramon adják meg.

### Mikroszilika (szilikapor)

A szilikapor a szilícium és a feroszilícium gyártásakor az olvasztó eljárások melléktermékeként keletkezik. A cementkiegészítő anyagok közül a legnagyobb puccolános aktivitással rendelkezik, amely a rendkívül kis szemcseméret, nagy fajlagos felület és a nagy  $\text{SiO}_2$  tartalom következménye. A szilikapor részecskék több mint 95%-a kisebb, mint 1  $\mu\text{m}$ , az átlagos szemcseméret kb. 0,15  $\mu\text{m}$ . Fajlagos felülete kb. 13 000 – 30 000  $\text{m}^2/\text{kg}$ . A szilikapor elsődlegesen amorf (nem kristályos vagy polimorf) szerkezetű. Nagy mennyiségben tiszta szilícium-dioxidot ( $\text{SiO}_2$ ) tartalmaz. Röntgendiffrakciós vizsgálattal kimutatták, hogy az anyag lényegében üvegszerű  $\text{SiO}_2$ , főleg kristobaliti módosulat. Kis mennyiségben tartalmaz vas-, magnézium- és alkáli-oxidokat.

A szilikapor, cementkiegészítő anyagként felhasználva, a bedolgozhatóság megtartása érdekében csak folyósító adalékszerrel együtt alkalmazható, mivel a szilikapor kis szemcsemérete miatt aggregálódásra hajlamos. A szilikapor tartalmú beton bedolgozását folyamatos, erőteljes keverést követően kell végezni. A szilikaport tartalmazó frissbeton jobb kohéziós tulajdonságokkal rendelkezik, és kevésbé osztályozódik szét, mint a normál beton. A szilikapor a pó-

rusok fizikai elzárása által csökkenti a frissbetonban a kivérzést. A szilikapor tartalom növelésével a cement konzisztenciája merevebbé válik.

A szilikapor adagolása azáltal javítja a beton tartósságát, hogy csökkenti annak áteresztő képességet. Ellenállóbbá válik különböző savak, a nitrát- és a szulfátiókok támadásával szemben és csökkenti a kloridion diffúziós tényező értékét. Előnye, hogy már a beton szilárdulásának korai időszakában is növeli a szilárdságot.

A szilikapor hatásmechanizmusa a betonban 3 fő folyamat eredménye:

- *Pórusméret csökkentés.* A portlandcementtel készült betonkeverékben a szilikapor hatására jelentősen csökken a nagy pórusok mennyisége. A szilikapor töltőanyagként is viselkedik finomsága miatt, ugyanis a nagyobb szemcsék közötti teret tölti ki.
- *Reakció a szabad mésszel.* A megszilárdult cementkőben a relatív nagyméretű kalcium-hidroxid kristályok sok esetben a repedések kiinduló pontjai. A repedések meglehetősen könnyen tudnak terjedni ezeken a kristályokon át, vagy ezeken belül. Mivel a szilikapor reagál a kalcium-hidroxiddal, annak mennyisége csökken. Ez a reakció befolyással van a repedések kialakulására, ezáltal a szilárdságra, tartósságra is.
- *Cementpép/adalékanyag határfelületi réteg reakciói.* A betonban az adalékanyag szemcsék határfelületén, a cementpépben kialakuló átmeneti zóna jelentős szerepet játszik a cement-adalékanyag közötti kötésben. A szilikapor jelenléte befolyásolja az átmeneti zóna vastagságát és a benne lévő kalcium-hidroxid kristályok keletkezését. Szilikapor adagolás hatására a határfelületi átmeneti zóna vastagsága – összehasonlítva a normál portlandcementet tartalmazó mintákkal – csökken, és az ebben a rétegben található kalcium-hidroxid kristályok irányítottágában is változás figyelhető meg. Ezért nő a határfelületi kötőerő.

Az eddigi vizsgálatok eredményei szerint a portlandcement tömegének maximum 11 m/m%-át lehet helyettesíteni szilikaporral.

### Metakaolin

A metakaolin az alumínium-szilikátok csoportjába tartozó agyagásvány. Szilikátkémiai jele:  $AS_2$  (sztöchiometriai képlete:  $Al_2Si_2O_7$  vagy  $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$ ). A kaolin agyagásvány termikus aktiválásával állítják elő. A metakaolin puccolános tulajdonságokkal rendelkező anyag, szemcsemérete kisebb, mint a cementé, de nem olyan finom, mint a szilikapor. A metakaolin jellemző szemcsemérete kb. 3  $\mu m$ . A tiszta metakaolin színe fehér, de a kaolinit vas-oxid tartalma miatt rózsaszínes is lehet. A termikus aktiválás folyamatának lépései: 100-200 °C között az agyagásvány elveszíti az adszorbeált víz legnagyobb részét; 500-800 °C között a molekulák közül eltávozik a kémiaiilag kötött víz is, tehát dehidratáció megy végbe; 600-850 °C között a víz távozása után a szerkezet összeomlik, a kaolin amorf állapotba alakul, ami az ún. metakaolin, egy kétdimenziós, lemezes szerkezetű, aktív, puccolános tulajdonságokkal rendelkező mesterséges ásvány. A termikus aktiválás során fontos a hőmérséklet határok betartása, mert 900 °C felett a metakaolin egy nem reakcióképes anyaggá, mullittá alakul.

A metakaolin alkalmazásának előnye, hogy növeli a beton szilárdságát és csökkenti az áteresztőképességét. Az áteresztőképesség csökkentése révén növeli a kémiai ellenálló képességet és a tartósságot. Javítja a bedolgozhatóságot, csökkenti az alkáli-szilika reakcióképességet, a zsugorodást, illetve a potenciális sókivirágzást. A metakaolin világos színe javíthatja a termék megjelenését is.

A portlandcementet és metakaolint tartalmazó betonban víz jelenlétében az elsődleges reakció a metakaolin és a (cement hidratációjából keletkező) kalcium-hidroxid között lejátszódó reakció, miáltal kalcium-szilikát-hidrát (CSH) gél és kalcium-aluminát-hidrátot (CAH) tartalmazó kristályos termékek keletkeznek. Ilyen kristályos termék például a  $C_4AH_{13}$  (tetrakalcium-aluminát-hidrát), a  $C_2ASH_8$  (gehlenit-hidrát) és a  $C_3AH_6$  (hidrogránát). A kristályos termék mennyisége függ a reakció hőmérsékletétől, illetve a metakaolin és a kalcium-hidroxid arányától is.

Szakirodalmi adatok alapján a portlandcement tömegének 8-20 m/m%-a helyettesíthető metakaolinnal.

### A k-érték elve

Az MSZ EN 206 szabványban a k-érték elve előíró jellegű alapelv. Ez az alapelv egy kiválasztott „A” cementet tartalmazó referencia beton tartóssági teljesítőképességének (vagy ahol az megfelelő, a tartósságot helyettesítő kritériu-



maként a szilárdságnak) az összehasonlításán alapul olyan vizsgálati betonnal szemben, amelyben az „A” cementet részben kiegészítőanyaggal helyettesítik a víz/cement tényező és a kiegészítőanyag tartalom függvényében. A  $k$ -érték elve megengedi a II. típusú kiegészítőanyagok számításba vételét a következők szerint:

- a „víz/cement tényező” kifejezést a „víz/(cement +  $k \times$  kiegészítőanyag) tényező”-vel kell helyettesíteni és
- a (cement +  $k \times$  kiegészítőanyag) mennyiségének nem szabad kevesebbnek lennie, mint az adott környezeti osztály által megkövetelt legkisebb cementtartalom.

A  $k$ -érték elve a  $v/c$  tényező és a nyomószilárdság vonatkozásában az 1.5.2. ábrán illusztrált lineáris függvénnyel történő egyszerűsítésből indul ki, és kiegészítőanyagot nem tartalmazó, referencia betonnal hasonlíttja össze a kiegészítőanyagot tartalmazó betont.

Kiegészítőanyagot tartalmazó betonok esetén a referencia betonnal azonos nyomószilárdságú beton kiegészítőanyag tartalmának hatása a  $v/c$  tényező összefüggésében egy  $k$ -értékkel korrigálva vehető figyelembe a következők szerint (CEN/TR 16639:2014 alapján):

$$\omega_0 = v_a / (c_a + k \times a)$$

ahol

$\omega_0$  a referencia beton  $v/c$  tényezője kiegészítőanyag nélkül

$v_a$  a kiegészítőanyagot tartalmazó beton víztartalma,  $\text{kg}/\text{m}^3$

$c_a$  a kiegészítőanyagot tartalmazó beton cementtartalma,  $\text{kg}/\text{m}^3$

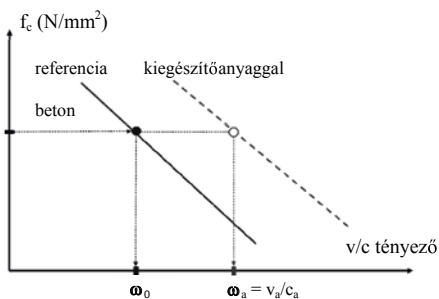
$a$  kiegészítőanyag tartalom,  $\text{kg}/\text{m}^3$

A  $k$ -érték kifejezhető a következőképpen:  $k = (v_a / \omega_0 - c_a) / a$

Vagy a cementtartalomra normalizálva:  $k = (\omega_a / \omega_0 - c_a) / (a/c_a)$

ahol

$\omega_a$  a kiegészítőanyagot tartalmazó beton  $v/c$  tényezője ( $= v_a / c_a$ )



### 1.5.2. ábra: Segédábra a $k$ -érték elvéhez a CEN/TR 16639:2014 alapján

Az MSZ EN 450-1-nek megfelelő pernyére, az MSZ EN 197-1 szerinti CEM I és CEM II/A cementfajtákat tartalmazó betonra  $k = 0,4$  érték megengedett. A CEM I cementfajta felhasználásakor a számításba vehető legnagyobb pernyemennyiségnek meg kell felelnie a következő követelménynek: pernye/cement  $\leq 0,33$  tömegarány. A CEM II/A cementfajta felhasználásakor a számításba vehető legnagyobb pernyemennyiségnek meg kell felelnie a következő követelménynek: pernye/cement  $\leq 0,25$  tömegarány.

Az MSZ EN 13263-1 szerinti 1. osztályú szilikaporra, az MSZ EN 197-1 szerinti CEM I és CEM II/A (kivéve a szilikaport tartalmazó cementeket) cementfajtákat tartalmazó betonra a következő  $k$ -értékek megengedettek:

előírt víz/cement tényező  $\leq 0,45$   $k = 2,0$ ;

előírt víz/cement tényező  $> 0,45$   $k = 2,0$ .

Kivéve az XC és XF környezeti osztályokat, amelyeknél  $k = 1,0$ .

A szilikapor számításba vehető legnagyobb mennyiségének meg kell felelnie a következő követelménynek: szilikapor/cement  $\leq 0,11$  tömegarány.

Az MSZ EN 15167-1 szerinti őrlött granulált kohósalak esetében  $k = 0,6$  érték javasolt az olyan betonra, amely az MSZ EN 197-1 szerinti CEM I és/vagy CEM II/A cementfajtákat tartalmazza. A őrlött granulált kohósalak legnagyobb részaránya ajánlott, hogy megfeleljen a következő ajánlásnak: salak/cement  $\leq 1,0$  tömegarány.

Metakaolint a víz-kötőanyag tényezőben és a kötőanyag-tartalomban  $k = 1,0$  értékkel szabad figyelembe venni. A metakaolin megengedett adagolása CEM I fajtájú portlandcement esetén: metakaolin/kötőanyag  $\leq 0,15$  tömegarány; CEM II fajtájú portlandcement esetén: metakaolin/kötőanyag  $\leq 0,10$  tömegarány. Metakaolint a CEM II/A-D fajtájú szilikapor-portlandcementhez, a CEM II/A-Q fajtájú kalcinált puccolán-portlandcementhez, a CEM II/A-M fajtájú kompozit-portlandcementhez, a mérsékelten szulfátálló CEM II/A-D-MSR fajtájú szilikapor-portlandcementhez és a mérsékelten szulfátálló CEM II/A-M-MSR fajtájú kompozit-portlandcementhez nem javasolt keverni.

### Felhasznált irodalom

Carlson, E.T., Berman, H. A. (1960) Some Observations on the Calcium Aluminate Carbonate Hydrates, Journal of Research of the National Bureau of Standards - A. Physics and Chemistry, Vol. 64A, No.4, July-August 1960, pp. 333-341.

Joshi, R. C. (1979) Sources of pozzolanic activity in fly ashes - A critical review. In: Proceedings of the 5th International Fly Ash Utilization Symposium, Atlanta, USA (1979), pp. 610-623.

Révay M., Laczkó L. (2006) A taumazit-szulfátkorrózió (Monográfia és a szakirodalom kritikai elemzése), Építőanyag, 58. évf. 2006. 2. szám, pp. 47-53.

Siddique, R, Khan, M. I. (2011) Supplementary Cementing Materials, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 283 p.



## 2. A BETON

### 2.1. A BETON TÖRTÉNETE RÖVIDEN (PLUZZIK TAMÁS)

A történeti visszatekintés elejére egy meghatározás kívánkozik:

*„A formázható frissbeton kötőanyag, víz és adalékanyag (pl. homok, kavics, zúzottkő) képlékeny keveréke, amely megkötve és megszilárdulva mesterséges kővé, azaz megszilárdult betonná alakul.”*

A definíció szerinti beton történetének kezdete az ókori Róma idejére, egy feltételezés szerint akár az egyiptomi piramisok építésének időszakára (Kr.e. XXVII-XVI.sz.) is tehető. A francia Joseph Davidovics kémikus helyszíni anyagvizsgálatokon alapuló (vitatott) felvetése szerint a piramisok tartalmaznak olyan tömböket is, melyek kötőanyag felhasználásával, mesterséges módon készültek. Ez egyfajta magyarázat is lenne a piramisépítéssel összefüggő, máig megválaszolatlan kérdések egy részére.

A rómaiak által használt beton, az „Opus Caementitium” hidraulikus kötőanyagának (mészpuccolán) készítésekor agyagos meszet égettek, amit őrlött vulkáni tufával (trasz), vulkanikus hamuval (puccolánnal), vagy téglaporral keverték. A Rómaiak a 'betont' használták falak, kupolák, víz- és csatorarendszerek, kikötők és hidak építéséhez. Jó példa a Kr.e. 27-ben épített római Pantheon, a Kr.u. 80-ban elkészült Colosseum, valamint a 64-es tűzvész után készült számos épület. Nem szabad megfeledkeznünk a Római Birodalom területén Kr.e. 300 és Kr.u. 476 között épített közel 8500 km-es úthálózatról sem, amely építéséhez is használtak kötőanyagot.

A középkorban gyakorlatilag nem használták a rómaiak által 'kifejlesztett' anyagot. A beton fejlődése a XVIII.sz. második felében kapott lendületet, amikor az angol John Smeaton újjáépítette az eddystonei tengeri világítótornyot. A XIX.sz. elejétől már megépültek az első komolyabb betonszerkezetek, a West Indian Dokk brit kikötő (1800), a franciaországi Souillacban az első betonszerkezetű híd (1816), vagy magyar példaként a Pestet és Budát összekötő Lánchíd pesti feljárójának alaptömbje (1855).

A beton kis húzószilárdsága alkalmazási korlátnak bizonyult, ezért volt nagy jelentősége a vasalt beton megjelenésének, ami egy párizsi kertész, Joseph Monier nevéhez fűződik, aki a repedések elkerülése céljából vasbetétes betonból készített virágcserepet (1849). Épületszerkezetben (födémként) a szintén francia Francois Coignet alkalmazott először vasbetont 1855-ben.

Magyarország első vasbeton szerkezetei Zielinski Szilárd nevéhez fűződnek, az 1904-ben átadott szegedi víztorony, majd az első vasbeton vasúti híd Nyiregyháza és Dombrád között 1905-ben.

A beton az utóbbi 100 év talán legelterjedtebb építőanyaga lett. Kezdetben csak térfogat szerinti keverési aránnyal dolgoztak, a víz/cement tényezőzt (v/c) az 1910-es években még nem ismerték, az átlagszilárdság pedig még a II. Világháború után is csak a mai C8/10-nek (akkor B140) felelt meg. (Manapság az átlagszilárdság C25/30 felett van.) Az első vasbeton szabályzat (Magyar Mémők és Építész Egylet kiadásában) 1909-ben jelent meg, a 28 napos szilárdságvizsgálatot pedig 1931-ben vezették be. A beton szilárdságát már a XIX.sz. végén vizsgálták törőgépekkel, viszont a roncsolásmentes Schmidt kalapácsos (rugalmas visszapattanás) vizsgálat csak 1950-es (svájci) szabadalom. A beton szállítása kezdetben kubikos talicskával és csillével történt. Az első (1,5 m<sup>3</sup>-es) keverő gépkocsi az USA-ban jelent meg 1930-ban, Magyarországon 1960 óta van mixeres transzportbeton. A receptúrák, a szállítási módok, a bedolgozás, majd az ezek összességéből adódó megszilárdult beton minőség nagyon sokat fejlődött.

A kezdeti 3 fázisú (kötőanyag, adalékanyag, víz) beton szemlélet jelentősen bővült. A jelenkor betonja tartalmazhat adalékszerkezet, kiegészítőanyagokat, szálakat, színezékeket és külön „összetevőnek” tekintjük a levegőt. Nagyobb építkezések helyszínén már csak ritkán kevernek betont. A transzportbeton mellett jelentős az üzemi előregyártás, amely a technológiát és az alkalmazott beton minőséget is tekintve számtalan szegmensre bontható. Manapság már a szilárdság mellett a tervezés fontos szempontja a tartósság, jelentős szerepe lehet az esztétikának is (látvány betonok), a különleges igényeknek pedig csak a költségek szabnak gátat.

## 2.2. A BETON FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI (PLUZZIK TAMÁS)

A beton felhasználási területeit a beton összetétele (receptúra) és az összetételből adódó tulajdonságok határozzák meg. Természetesen a gyakorlatban a felhasználási területhez tervezzük a beton összetételét úgy, hogy abból az elvárásoknak megfelelő minőségű szilárd beton készülhessen, de figyelembe kell vennünk a kivitelezés technológiájától függő adottságokat, amelyek megszabják a bedolgozandó frissbetonnal szemben támasztott követelményeket is.

A megszilárdult betonnal szembeni elvárásunk a megfelelő teherbíró képesség és a tervezett élettartamnak megfelelő tartósság, azaz az igénybevételekkel szembeni ellenálló képesség.

Ha a frissbetonnal szemben támasztott követelmények nem teljesülnek, gondok lehetnek az anyag szállításakor, építéshelyi mozgatásával és bedolgozásával, az elvárt minőségű felület kialakításával, és természetesen az ebből készülő megszilárdult beton tulajdonságaival is.

Legmeghatározóbb beton tulajdonságok:

**frissbetonnál:** összetétel, testsűrűség, légtartalom, konzisztencia, eltarthatóság, öntömörödő, ill. terülő képesség, adalékanyag legnagyobb szemnagysága, szivattyúzhatóság (pumpálhatóság), bedolgozhatóság,

**megszilárdult betonnál:** korai, 28 napos és esetenként későbbi nyomószilárdság, hajlítószilárdság, testsűrűség, porozitás, fagyállóság és olvasztósó-állóság, vízzáróság, kopásállóság, agresszív hatásokkal szembeni ellenálló képesség (pl. szulfátállóság, savállóság), tűzállóság, szín, stb.

A beton az építőipar egyik legfontosabb anyaga, de készülnek belőle mű- és díszanyagok (pl. szobrok, utcabútorok), valamint találunk beton tömböt a mosógépben is, ahol a beton súlya segíti a centrifugálás közbeni stabilitás megtartását.

A beton építőipari felhasználását a friss- és megszilárdult betonnal szemben támasztott elvárásaink alapján alapvetően két nagy csoportra oszthatjuk, ezeken belül pedig további alcsoportokra. A két nagy csoport a **transzportbetonok** és az **előregyártásban alkalmazott betonok**. (Természetesen itt is vannak köztes esetek, amikor a besorolást egy-egy adott helyzetben fontos betontulajdonság alapján végezhetjük el.)

**Transzportbetonnak** nevezzük azt a betonkeveréket (frissbeton), amelyet betonüzemben állítanak elő, majd szállítóeszközzel (mixerkocsi, billenőplátós tehergépkocsi) visznek a felhasználás helyére, ahol átadják. Mivel a betonkeveréknek az átadásakor kell megfelelnie az elvárt követelményeknek (pl. konzisztencia), a keverés utáni eltarthatóságnak hangsúlyos szerepe van. A kis betonkeverő gépekkel házilag, azaz nem betonüzemben kevert, betonnal ellentétben a transzportbeton nagyobb kapacitás mellett is általában homogénebb és egyenletesebb minőségű.

Transzportbetonokat a felhasználási célt tekintve az alábbiak szerint szoktuk osztályozni:

- általános felhasználású betonok (szilárdsági osztály < C30/37) (pl. aljzatbetonok, koszorúk, járdák),
- nagyszilárdságú szerkezeti betonok (szilárdsági osztály > C30/37) (pl. hidak, vázszerkezetek),
- nagytömegű, vagy nagy kiterjedésű betonok (pl. vasbeton tárolók, alaplemezek, szennyvíztisztítók),
- különleges betonok (pl. sugárvédő betonok atomerőműhöz, sugárzó anyag tárolóhoz),
- útpálya betonok (alaprétégek és pályaburkolatok).

Az osztályozást leginkább a frissbeton összetételével szembeni eltérő igények és követelmények indokolják, ami természetesen hatással van a bedolgozás módjára és a megszilárdult beton minőségére is. A transzportbetonok kapcsán még szólni kell a „tervezett”, az „előírt összetételű” és az „előírt szabványos” betonokról (MSZ 4798).

- *Tervezett beton*: Olyan beton, amelynek szükséges tulajdonságait, és ha vannak, egyéb kiegészítő jellemzőit a gyártó számára előírják. A gyártó felelős azért, hogy a szilárd beton követelményeknek is megfelelő frissbetont (betonkeveréket) az előírt tulajdonságokkal és az egyéb kiegészítő jellemzőkkel készítse el. A gyártó részére a friss- és a megszilárdult betonra előírt tulajdonságok és jellemzők lehetnek a környezeti osztályok, a használati élettartam és a beton más tulajdonságai (például szilárdsági jel, konzisztencia, legnagyobb szemnagyság stb.).

- *Előírt összetételű beton*: Olyan beton, amelynek összetételét és az alkalmazandó alkotóanyagokat (cementet, adalékanyagot, kiegészítőanyagot és adalékszert) a gyártó számára előírják, aki az előírt összetételű beton szolgáltatásáért (azaz kizárólag az előírt alkotóanyagok alkalmazásáért és a keverési arány pontos betartásáért) felelős.

*Előírt szabványos beton*: Olyan beton, amelynek összetételét a beton alkalmazási helyén érvényes szabvány adja meg. (Magyarországon ezt a betont receptbetonnak hívták, jelenleg azonban nincs rá érvényes szabvány).

Az **előregyártás** lényege, hogy az adott betonelemet, vagy terméket a végleges beépítés helyétől eltérő helyen készítik és utókezelik. A betonelem, vagy termék már megszilárdult állapotban kerül a helyére, ezért az építési helyszínen nincs szükség zsaluzatra és utókezelésre, nincs hőfejlődés, a zsugorodás nagy része már lejátszódott, nem kell várni a szilárdulásra és terhelhetőségre.

Az előregyártási folyamat során általában nincs jelentősége a szállításnak, ebből adódóan a frissbeton eltarthatóságának, mivel a frissen kevert betont rövid időn belül bedolgozzák. Itt leginkább a gyorsaság számít, fontos a minél nagyobb korai szilárdság elérése a kizsaluzhatóság (rövid zsaluciklus - termelékenység) és a termék mozgathatósága miatt.

Itt a szegmensekre történő felosztás történhet:

1. lehetőség: a frissbeton felhasználás célja, vagy
2. lehetőség: a frissbeton felhasználás módja szerint.

Az *első esetben* meg kell különböztetnünk 'előregyártott elem' és 'előregyártott termék' gyártásához felhasznált frissbetonokat

- **'Előregyártott elem'**-eknek nevezhetjük azokat a szerkezeti részeket, amelyek vasalással (betonba ágyazott, esetenként feszített acélbetétek felhasználásával) készülnek, méretük és nagy súlyuk miatt pedig kézi erővel nehezen, vagy egyáltalán nem emelhetők.
- Az **'előregyártott termék'**-ek vasalás (acél felhasználás) nélkül készülnek, méretük és kisebb súlyuk miatt kézi erővel is könnyen emelhetőek.

A *második esetben* a frissbeton felhasználás módja szerint foglalkoznunk kell kétféle, alapvetően eltérő gyártási technológiával, a 'folyékony konzisztenciájú (szivattyúzható, önthető, vagy öntömörödő) frissbetonból', valamint a 'felsőzár (földnedves) konzisztenciájú frissbetonból' készülő elemekkel és termékekkel.

- A **'folyékony konzisztenciájú betonból'** öntéssel, majd a formába, illetve zsaluzatba öntött 'folyékony' (lágú, képlékeny) beton vibrálásával készítenek elemeket és termékeket. A vibrálás az öntött betonban rekedt légbuborékok kihajtása, azaz a nagyobb tömörség elérése miatt van szükség.
- A **'felsőzár (földnedves) konzisztenciájú betonból'** vibropréseléssel, vagy pl. oszlopok, csövek esetén pörgetéssel készülnek az elemek és termékek, végső formájukat pedig a nagy erővel történő sajtolásnak (préselésnek) és az abból adódó tömörödésnek köszönhetően nyerik el. A beton kis víztartalmának köszönhetően a sajtolás után a termékek zsaluzat nélkül is megőrzik formájukat, az elemek pedig csak viszonylag rövid ideig maradnak zsaluban. (A vibropréselt csövek „megállnak” önmagukban.)

A gyakorlatban a kétféle felosztást érdemes együtt alkalmazni, azaz négy alszegmensen foglalkozni, mert a frissbetonnal szemben támasztott igények a 2.2.1. ábra szerinti négy esetben eltérőek.

Előregyártott elemek folyékony konzisztencia		Pl.: falpanelek, földemelek, oszlopok, földemgerendák, hídemelek, alagút elemek
félszáraz konzisztencia		Pl.: vasúti aljak, szennyvíz csövek, porgetett oszlopok
Előregyártott termékek folyékony konzisztencia		Pl.: járólapok, falburkoló elemek, kertépítő elemek, szobrok,
félszáraz konzisztencia		Pl.: térkövek, szegélykövek, zsalukövek, béléstestek,

### 2.2.1. ábra: Előregyártás szegmensei

Előregyártásban a legmeghatározóbb és ideális betontulajdonságok, így a legkedvezőbb (optimális) betonösszetételek (receptúrák) az egyes szegmenseknél jelentősen eltérnek egymástól, mint ahogy az alkalmazott gyártástechnológiák is nagyon különbözőek.

Mi dönti el, hogy akár a transzportbetonokat, akár az előregyártást nézve, melyik felhasználási területre melyik betonösszetétel megfelelő, vagy a legjobb?

Az összetétel (alapanyagok fajtája és azok aránya) alapján sokféle típusú, többféle szilárdsági, vagy pl. konzisztencia osztályba sorolható és különböző környezeti osztályoknak megfelelő betonról beszélhetünk. Ezek minőségükben és tulajdonságaikban is igen eltérőek.

### TULAJDONSÁG → ELŐNY → HASZON

Természetesen mindig az a cél, hogy az adott felhasználási terület szempontjából a lehető legkedvezőbb tulajdonságokkal rendelkező frissbetont dolgozhassunk be.

Ha egy adott esetben egy kedvező tulajdonságot sikerül kihasználni, abból a kivitelezőnek vagy gyártónak előnye származik, ami haszonná válhat.

<b>TULAJDONSÁGOK:</b> az adott (friss, vagy megszilárdult) beton jellemzői
<b>ELŐNY:</b> egy bizonyos összetételű beton a tulajdonságaiból adódóan egy adott felhasználási területen kedvezőbb, mint egy másik
<b>HASZON:</b> a tulajdonságokból eredő előny kihasználásával, a felhasználó igényeinek történő jobb megfelelés eredménye, ami lehet - megtakarítás (pénz) - nagyobb biztonság (pl. tartósság) - versenyképesség (több megrendelés)

### 2.2.2. ábra: Tulajdonság – előny – haszon

#### Néhány egyszerű példa:

Előregyártó üzem rövid eltarthatóságú, nagy kezdőszilárdságú betont kezd használni.

- Tulajdonság: a beton rövid eltarthatóságú, nagy kezdőszilárdságú.
- Előny: a termék hamarabb kiszaluzható.
- Haszon: a rövidebb 'zsaluciklus' miatt nagyobb termelékenység, megtakarítás (pénz).

Szulfáttartalmú talajvízes helyen épülő társasház alapozása szulfátálló cementből kevert betonból készül.

- Tulajdonság: a beton szulfátálló cementet tartalmaz.
- Előny: a beton szulfátálló.
- Haszon: az épület alapozását érő szulfátos agresszív talajvíz nem tesz kárt az alaptestekben, így nagyobb a biztonság (tartósság).

A tervezett beton műtárgy geometriailag összetett, sűrű vasalású, nem lesz eltakarva, ezért öntömörödő betontól tervezik.

- Tulajdonság: a frissbeton öntömörödő tulajdonságú.
- Előny: az elkészült betonszerkezet felülete szebb, nem zárványos.
- Haszon: szebb betonfelületnek köszönhetően a kivitelező cég versenyképessége nő (több megrendelés).

## 2.3. A BETONOK OSZTÁLYOZÁSA AZ MSZ 4798:2016 SZABVÁNY SZERINT (SZABÓ KRISZTIÁN)

### A környezeti hatások szerinti osztályozás

A beton, illetve a felhasználásával készült beton, vasbeton, feszített vasbeton szerkezet akkor tartós, ha az erőtani és alakváltozási igénybevételeket, valamint a környezeti hatásokat üzemszerű használat és megfelelő karbantartás mellett a tervezett használati élettartam alatt károsodás nélkül viseli [1]. Az MSZ 4798 szerinti betonok tervezett használati élettartama legalább 50 év.

Az MSZ 4798 a környezeti igénybevételeket osztályokba sorolja (2.3.1-2.3.11. táblázat).

Minden szerkezeti részre meg kell határozni az összes környezeti osztályt. A betongyártónak egynél több környezeti osztály esetében a beton összetételével kapcsolatosan mindig a legszigorúbb követelményeket kell figyelembe vennie [2].

#### 2.3.1. táblázat: Nincs korróziós kockázat

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
X0	Vasalás vagy más beágyazott fém nélküli beton esetén: valamennyi környezeti körülmény, kivéve azokat, amelyek esetén fagyás/olvadás, koptatás vagy kémiai korrózió fordul elő. Vasbeton vagy beágyazott fém tartalmazó betonok esetén: nagyon száraz környezetben.	Nagyon kis relatív páratartalmú (< 35%) épületben (környezetben) levő beton vagy beágyazott fém tartalmazó beton
XN(H)	Káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű betont	Alárendelt szilárdságú aljzatbeton, beton alapréteg, cement-stabilizáció
X0b(H)	Káros környezeti hatás nem éri a betont	Alapbeton, kitöltő és kiegyenlítő beton, hátbeton, kézi falazóelem
X0v(H)	Karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri a vasalt betont	Vasalt (nem vasbeton) térhatároló beton

#### 2.3.2. táblázat: Karbonátosodás okozta korrózió

Amikor a vasbetont vagy más, beágyazott fém tartalmazó betont levegő és nedvesség éri, akkor a környezeti hatásokat a következők szerint kell osztályozni:

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
XC1	Száraz vagy tartósan nedves	Kis relatív páratartalmú épületben levő beton. Állandóan víz alatt levő beton
XC2	Nedves, ritkán száraz	Hosszú időn át vízzel érintkező betonfelületek. A legtöbb alapozás
XC3	Mérsékelt nedvesség	Mérsékelt vagy nagy relatív páratartalmú épületekben levő beton. Esőtől védett, szabadban levő beton.
XC4	Váltakozva nedves és száraz	Vízzel érintkező betonfelületek, amelyek nem tartoznak az XC2 osztályba.



### 2.3.3. táblázat: *Klorid okozta korrózió*

Nem tengervízből származó kloridok hatására  
Amikor a vasbetont vagy más beágyazott fémek tartalmazó betont klorid-tartalmú víz éri, beleértve a jégolvasztó sózást és amely nem tengervízből származik, akkor a környezeti hatást a következők szerint kell osztályozni:

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
XD1	Mérsékelt nedvesség	Levegő által szállított kloriddal (sópárával) érintkező beton.
XD2	Nedves, ritkán száraz	Úszómedencék. Kloridot tartalmazó talaj- és ipari vizekkel érintkező beton.
XD3	Váltakozva nedves és száraz	Kloridotartalmú vízpermettel érintkező hídelemek. Járdák és útburkolatok. Autóparkolók földénei.

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

#### **Tengervízből származó kloridok hatására**

Amikor a vasbeton vagy más beágyazott fémek tartalmazó betont tengervízből származó klorid vagy tengervízből származó sót tartalmazó levegő éri, akkor az igénybevételt a következők szerint kell osztályozni:

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
XS1	Sós levegőnek kitéve, de nincs közvetlen érintkezés a tengervízzel	Tengerparton vagy annak közelében levő szerkezetek.
XS2	Állandóan tengervízbe merülve	Tengervízben épült szerkezetek részei, tengervízzel töltött akvárium
XS3	Árapályal, felcsapódással vagy permettel érintkező zónák	Tengervízben épült szerkezetek részei.

### 2.3.4. táblázat: *Fagyás/olvadás okozta korrózió*

Amikor a betont a fagyási/olvadási ciklusok által okozott jelentős igénybevétel éri nedves állapotban, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
XF1	Mérsékelt víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül	Függőleges vagy 5%-nál meredekebb betonfelületek, melyeket csapadék és fagy ér.
XF2	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Légbuborékképző adalékszerrel készített, 5%-nál meredekebb útburkolatok, közlekedési és egyéb felületek, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok közvetlenül érnek. Olyan, a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő függőleges vagy 5%-nál meredekebb betonfelületek, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő sós víz vagy a közlekedési felületről származó sós víz permete ér.
XF2(H) <sup>a)</sup>	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Légbuborékképző adalékszer nélkül készített, 5%-nál meredekebb felületű előre gyártott elemek, valamint hidak 5%-nál meredekebb felületű monolit és előre gyártott teherhordó szerkezetei, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok közvetlenül érnek.
XF3	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül	Légbuborékképző adalékszerrel készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket fagy és csapadék vagy víz közvetlenül ér. Olyan, a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő víz vagy a közlekedési felületről származó víz permete ér. Fagnak kitett szerkezetek édesvíz felcsapódási zónában.
XF3(H) <sup>b)</sup>	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül	Légbuborékképző adalékszer nélkül készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű előre gyártott elemek, valamint hidak vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű monolit és előre gyártott teherhordó szerkezetei, amelyeket fagy és csapadék vagy víz közvetlenül ér.

XF4	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel	Légbuborékképző adalékszerrel készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű útburkolatok, valamint egyéb közlekedési és más felületek, továbbá hídpályaelemek és hídszegélygerendák, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok közvetlenül érnek. Olyan, a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű betonfelületek, amelyeket a közlekedési felületről felőrccsenő sós víz vagy a közlekedési felületről származó sós víz permete ér. Fagnak kitett tengeri szerkezetek a felcsapódási zónában.
XF4(H) <sup>a)</sup>	Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel	Légbuborékképző adalékszer nélkül készített, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű előre gyártott elemek, valamint hidak vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű monolit és előre gyártott teherhordó szerkezetei, amelyeket fagy és csapadék, valamint jégolvasztó anyagok közvetlenül érnek.
<sup>a)</sup> XF2(H), XF4(H) légbuborék képző adalékszer nélkül készült fagy- és olvasztóálló beton		
<sup>b)</sup> XF3 légbuborék képző adalékszer nélkül készült fagyálló beton		

### 2.3.5. táblázat: Koptató hatás okozta korrózió

Amikor a betont csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevétel, ütés vagy vízáramlás alatt mozgatott gördülő hordalék koptató hatása éri, akkor az ezekből származó igénybevételt a következők szerint kell osztályozni:		
Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
XK1(H)	Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele. Gyalogos forgalom, fűvott kerekes járművek koptató igénybevétele	Könnyű adalékanyagok, termények stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; járdák, lépcsők, garázspadozatok.
XK2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptató hatás nehéz terhek alatt, tömör gumi kerekes járművek.	Betonút, görgetett hordalékkal érintkező betonfelületek, vilástartogonca forgalom.
XK3(H)	Csúszató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, acél kerekes targonca forgalom.	Repülőtéri le- és felszálló pályák valamint gurulóutak, nehézipari szerelőcsarnokok, konténerátrakó állomások.
XK4(H)	Csúszató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és pormentesség igénye esetén.	Nehéz terheknek, hernyótalpas járműnek kitett térburkolatok, csarnokok és raktárak betonja. Kemény felületű, pormentes ipari padlóburkolatok.

### 2.3.6. táblázat: Igénybevétel víznyomás hatására

Amikor a betont víznyomás hatása éri, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
XV1(H)	2 m-nél kisebb vízoszlop nyomása	Pincefalak, csapadékelvezetők, víztároló medencék, átterszek, csapadékcatornák, záportárolók, esővízgyűjtő aknák.
XV2(H)	2 m és 10 m közötti vízoszlop nyomása	Vízépítési szerkezetek, csatornák, gátak, partfalak, földalatti garázsok és aluljárók külső határoló szerkezetei, víztároló medencék.
XV3(H)	10 m-nél nagyobb vízoszlop nyomása	Mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei, vízépítési műtárgyak.

### 2.3.7. táblázat: Kémiai korrózió

Természetes talaj és talajvíz okozta kémiai korrózió		
Amikor a beton ki van téve a természetes talajból és talajvízből származó anyagok kémiai korróziójának, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
XA1	Enyhén agresszív kémiai környezet	Természetes talajnak és talajvíznek kitett beton a 2.3.7/a táblázat szerint
XA2	Mérsékelten agresszív kémiai környezet	Természetes talajnak és talajvíznek kitett beton a 2.3.7/a táblázat szerint
XA3	Nagymértékben agresszív kémiai környezet	Természetes talajnak és talajvíznek kitett beton 2.3.7/a táblázat szerint
Egyéb agresszív vizek és folyadékok okozta kémiai korrózió		
Amikor a beton agresszív csapadékvízzel, agresszív kommunális vízzel, agresszív ipari és mezőgazdasági szennyvízzel, illetve egyéb agresszív folyadékkal, kondenzációs vízzel érintkezik, akkor az igénybevételt a következőképpen kell osztályozni:		
XA4(H)	Csapadékvíz, kommunális szennyvíz, illetve ezek gőze vagy permete éri a mérsékelten korrózió- és saválló betont	Esővíz tároló műtárgyak, kommunális csatornázási elemek, trágalytároló medencék a 2.3.7/b táblázat szerint
XA5(H)	Ipari és mezőgazdasági szennyvíz és egyéb agresszív folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a közepesen korrózió- és saválló betont	Csatornázási elemek, szennyvízülepítő medencék, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók a 2.3.7/b táblázat szerint
XA6(H)	Nagyon agresszív ipari szennyvíz vagy folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a fokozottan korrózióálló betont	Tisztítatlan szennyvizekkel és kemikáliákkal érintkező betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel, állatetető vályúk és mezőgazdasági erjesztő silók, a 2.3.7/b táblázat szerint

### 2.3.7/a. táblázat: Környezeti osztályok a természetes talaj és talajvíz kémiai korróziót okozó jellemző értékeitől függően

Kémiai jellemző	Referencia vizsgálati módszer	XA1	XA2	XA3
Talajvíz				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , [mg/l] Duzzadós korrózió	MSZ EN 196-2	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 3000	>3000 és ≤ 6000
pH Oldódásos korrózió	ISO 4316 MSZ EN ISO 10523	≤ 6,5 és ≥ 5,5	< 5,5 és ≥ 4,5	< 4,5 és ≥ 4,0
agresszív CO <sub>2</sub> , [mg/l] Oldódásos korrózió	MSZ EN 13577	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100 telítettségig
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> , [mg/l] Oldódásos korrózió	MSZ ISO 7150-1	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60 és ≤ 100
Mg <sup>2+</sup> , [mg/l] Oldódásos korrózió	MSZ EN ISO 7980	≥ 300 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 3000	> 3000 telítettségig
Talaj				
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , összes (SO <sub>3</sub> -ban kifejezve), [mg/kg] <sup>a)</sup> Duzzadós korrózió	MSZ EN 196-2 <sup>b)</sup>	≥ 2000 és ≤ 3000 <sup>c)</sup> (≥ 1670 és ≤ 2500) <sup>d)</sup>	> 3000 <sup>c)</sup> és ≤ 12000 (> 2500 és ≤ 10000) <sup>d)</sup>	> 12000 és ≤ 24000 (> 10000 és ≤ 20000) <sup>d)</sup>
savassági fok Baumann-Gully szerint, [ml/kg] Oldódásos korrózió	prEN 16502	> 200	A gyakorlatban nem fordul elő	

<sup>a)</sup> A 10-5 m/s átteresztőképesség alatti agyagtalajokat alacsonyabb osztályba szabad sorolni.

<sup>b)</sup> A vizsgálati módszer az SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> sósavval való kivonását írja elő, alternatívaként alkalmazható vízzel való kivonás is, ha a beton felhasználásának helyén van erre tapasztalat.

<sup>c)</sup> A 3000 mg/kg határértéket 2000 mg/kg értékre kell mérsékelni, ha fennáll a szulfátonok felhalmozódásának a kockázata a betonban a száradás és a nedvesedés ciklikus változása vagy a kapillárisfelszívódás következtében.

<sup>d)</sup> SO<sub>3</sub>-ban kifejezett szulfáttartalom.

A 2.3.7/a. táblázatban osztályozott agresszív kémiai igénybevételek 5 °C és 25 °C közötti hőmérsékletű, természetes talajokra, talajvizekre vonatkoznak, amikor a nyugalmi körülményeket megközelítő, elegendően lassú a vízáramlás.

**2.3.7/b. táblázat: Környezeti osztályok a csapadékvizeke), kommunális, ipari és mezőgazdasági szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok, kondenzációs vizek kémiai korróziót okozó jellemző értékeitől függően**

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
pH-érték Oldódásos korrózió Kénsav-korrózió esetén járulékos duzzadásos korrózió is	MSZ EN ISO 10523*) MSZ EN 15933 MSZ 260-4 MSZ 1484-22	< 6,5 és ≥ 5,0	< 5,0 és ≥ 4,0	< 4,0 és ≥ 3,5
Vízkeménység Oldódásos korrózió	MSZ 448-21	3 – 7 nk° 0,54 – 1,25 (mmol/liter) lágy víz	0 – 3 nk° 0 – 0,54 (mmol/liter) nagyon lágy víz	
Biokémiai oxigénigény 5 napos, BO <sub>5</sub> , [mg/l] <sup>a)</sup> Oldódásos korrózió	MSZ EN 1899-1 MSZ EN 1899-2	4 – 40	40 – 120	>120
Dikromátos kémiai oxigénigény, KO <sub>2</sub> , [mg/l] <sup>a)</sup> Oldódásos korrózió	MSZ ISO 6060*) MSZ 12750-21	6 – 70	70 – 200	>200
Vízben oldott (szabad) agresszív széndioxid (CO <sub>2</sub> ) [mg/l] Oldódásos korrózió	MSZ EN 13577*) MSZ 448-23	15 – 40	40 – 100	>100
Mg <sup>2+</sup> , [mg/l] Oldódásos korrózió	MSZ EN ISO 7980*) MSZ 260-52 MSZ EN ISO 14911 MSZ 1484-3	< 100	100 – 1000	>1000
NH <sup>4+</sup> , [mg/l] <sup>b)</sup> Oldódásos korrózió	MSZ ISO 7150-1 *) MSZ 260-9 MSZ EN ISO 14911	< 30	30 – 60	>60
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> -tartalom (SO <sub>3</sub> -ban kifejezve), [mg/l] Duzzadásos korrózió <sup>c)</sup>	MSZ EN 196-2*) MSZ EN ISO 10304-1	< 600 (< 500) <sup>d)</sup>	600 – 1500 (500 – 1250) <sup>d)</sup>	>1500 (> 1250) <sup>d)</sup>

<sup>a)</sup> Az 5 napos biokémiai oxigénigényt (BO<sub>5</sub>) csak abban az esetben kell meghatározni, ha a dikromátos kémiai oxigénigény (KO<sub>2</sub>) vizsgálati eredményének megbízhatóságával kapcsolatban kétségek merülnek fel. Ebben az esetben a biokémiai oxigénigény vizsgálat eredménye a mértékadó.

<sup>b)</sup> Trágyálás esetén a betont az ammónium-ion- tartalomtól (NH<sup>4+</sup>) függetlenül az XA4(H) kémiai korróziós környezeti osztályba szabad sorolni.

<sup>c)</sup> Oldódásos korróziót okozó oldatokban előforduló szulfát ionokra vonatkozik. A vizsgálati módszer az SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> sósavval való kivonását írja elő. Alternatívaként alkalmazható szennyvízszapra vízzel való kivonás is, ha a beton felhasználásának helyén van erre tapasztalat.

<sup>d)</sup> SO<sub>3</sub>-ban kifejezett szulfáttartalom.

<sup>e)</sup> Ez a táblázat akkor vonatkozik a csapadékvizekre, ha azok a betonnal tartósan érintkeznek.

\*) Referencia módszer

Az XC, XS, XD környezeti osztályok elsősorban az acélbetétek korróziójával, az XF és XF(H) környezeti osztályok elsősorban a beton korróziójával kapcsolatosak. Az XA környezeti osztály esetén mind a beton, mind az acélbetét korróziója bekövetkezhet. XV(H) környezeti osztály a beton vízzáróságára vonatkozik, de összefügghet a fagy-, illetve fagy- és olvasztósó-állósággal, valamint az acélbetét korróziójával.

**Nyomószilárdság szerinti osztályozás**

A szokványos (normál) testsűrűségű beton és a nehézbeton nyomószilárdsági osztályának betűjele C, a könnyűbetoné LC. A betűjelet törtvonallal elválasztott két szám követi, amelyből az első a 150 mm

átmérőjű 300 mm magas henger 28 napos nyomószilárdságának előírt karakterisztikus (jellemző) értéke ( $f_{ck,cyl}$ ), a második a 150 mm élhosszúságú kocka 28 napos nyomószilárdságának előírt karakterisztikus (jellemző) értéke ( $f_{ck,cube}$ ) N/mm<sup>2</sup>-ben megadva, például C30/37 [1]. Abban az esetben, ha a beton nyomószilárdsági osztályát nem 28 napos nyomószilárdság alapján állapítják meg, akkor a beton jele után fel kell tüntetni a kort, pl. C30/37 (56nap).

### 2.3.8. táblázat: Nyomószilárdsági osztályok szokványos és nehézbetonokra

Nyomószilárdsági osztály	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt 150 mm átmérőjű 300 mm magas próbahenger esetén $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

### 2.3.9. táblázat: Nyomószilárdsági osztályok könnyűbetonokra

Nyomószilárdsági osztály	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt 150 mm átmérőjű 300 mm magas próbahengerek esetén $f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén $f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

Az elkészített próbatesteket az MSZ EN 12390-2 szabvány szerint kizsuzásuktól a szilárdságvizsgálatig végig víz alatt (20 °C ± 2 °C) vagy klímakamrában (20 °C ± 2 °C és legalább 95% relatív páratartalom) kell tárolni és vízzel telített állapotban kell tömi.

Magyarországon megengedett a szokványos normál testsűrűségű beton próbakockák vegyes tárolása, azaz kiszaluzásuktól 7 napos korrig víz alatt ( $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ), utána szilárdságvizsgálatukig laboratóriumi levegőn tárolni ( $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ), de a vegyesen tárolt próbatestek nyomószilárdságát át kell számítani a végig víz alatt tárolt próbatestek nyomószilárdságára, az alábbi képletek alapján:

ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq C50/60$ , akkor:

$$f_{c_i, \text{cube}, \text{test}} = 0,92 \times f_{c_i, \text{cube}, \text{test}, \text{H}}$$

ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq C55/67$  (nagy szilárdságú beton), akkor:

$$f_{c_i, \text{cube}, \text{test}} = 0,95 \times f_{c_i, \text{cube}, \text{test}, \text{H}}$$

ahol:

$f_{c_i, \text{cube}, \text{test}}$  - a beton nyomószilárdságának egyedi értéke próbakockán vizsgálva

$f_{c_i, \text{cube}, \text{test}, \text{H}}$  - a beton nyomószilárdságának egyedi értéke vegyesen tárolt próbakockán vizsgálva.

### Konzisztencia szerinti osztályozás

Az MSZ 4798 a beton konzisztenciáját négyféle jellemző alapján osztályozza, melyek:

- roskadási osztályok az MSZ EN 12350-2 szerint vizsgálva,
- tömörítési osztályok az MSZ EN 12350-4 szerint vizsgálva,
- területési osztályok az MSZ EN 12350-5 szerint vizsgálva,
- roskadási területési osztályok az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva.

A konzisztencia osztályok között nincs közvetlen összefüggés. A különleges tömörítési eljárásra tervezett, kis viztartalmú beton esetére nincs konzisztencia osztály.

#### 2.3.10. táblázat: Roskadási osztályok

Osztály	Roskadási mérték az MSZ EN 12350-2 szerint vizsgálva [mm]
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5 <sup>a)</sup>	$\geq 220$

<sup>a)</sup> Javasolt mérési tartomány:  $\geq 10$  mm és  $\leq 210$  mm

#### 2.3.11. táblázat: Tömörödési osztályok

Osztály	Tömörödési tényező az MSZ EN 12350-4 szerint vizsgálva
C0 <sup>a)</sup>	$\geq 1,46$
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1,04
C4 <sup>b)</sup>	$< 1,04$

<sup>a)</sup> Javasolt mérési tartomány:  $\geq 1,04$  és  $< 1,46$

<sup>b)</sup> A C4 csak a könnyűbetonra vonatkozik.

#### 2.3.12. táblázat: Területési osztályok

Osztály	A területési mérték (területi átmérő) az MSZ EN 12350-5 szerint vizsgálva, [mm]
F1 <sup>a)</sup>	$\leq 340$
F2	350 – 410
F3	420 – 480
F4	490 – 550
F5	560 – 620
F6 <sup>a)</sup>	$\geq 630$

<sup>a)</sup> Javasolt mérési tartomány:  $> 340$  mm és  $\leq 620$  mm

### 2.3.13. táblázat: Roskadási terülés osztályai

Osztály	A roskadási terülés <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva, [mm]
SF1	550 – 650
SF2	660 – 750
SF3	760 – 850

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

Öntömörödő beton esetén csak a roskadási terülés osztályai értelmezhetőek, illetve kiegészítő tulajdonsági osztályokkal lehet jellemezni a betont, melyek az alábbiak:

- viszkozitási  $t_{500}$  osztályok az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva,
- viszkozitási  $t_v$  osztályok az MSZ EN 12350-9 szerint vizsgálva,
- átfolyási képességi osztályok az MSZ EN 12350-10 szerint vizsgálva (L-dobozos vizsgálat),
- átfolyási képességi osztályok az MSZ EN 12350-12 szerint vizsgálva (J-gyűrűs vizsgálat);
- szétosztályozódási ellenállási osztályok az MSZ EN 12350-11 szerint vizsgálva.

A viszkozitási osztályok ( $t_{500}$  és  $t_v$ ), illetve az átfolyási képességi osztályok (L-dobozos és J-gyűrűs vizsgálat) hasonlóak, de nincs köztük kölcsönös összefüggés.

### 2.3.14. táblázat: Viszkozitási $t_{500}$ osztályok (roskadási terüléshez kapcsolódó)

Osztály	$t_{500}$ <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva [s]
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0

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

### 2.3.15. táblázat: Viszkozitási $t_v$ osztályok (tölcséres kifolyási)

Osztály	$t_v$ <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-9 szerint vizsgálva [s]
VF1	< 9,0
VF2	9,0 – 25,0

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

### 2.3.16. táblázat: Átfolyási képesség osztályai L-szekrényes (L-dobozos) vizsgálat szerint

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

### 2.3.17. táblázat: Átfolyási képesség osztályai fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) vizsgálat szerint

Osztály	Fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) érték <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-12 szerint vizsgálva [mm]
PJ1	≤ 10 (12 db fékező acélrúd alkalmazásával)
PJ2	≤ 10 (16 db fékező acélrúd alkalmazásával)

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

### 2.3.18. táblázat: Szétosztályozódási ellenállás osztályai szítán mérve

Osztály	Szétosztályozódott hányad <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-11 szerint vizsgálva $m/m$ %
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

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

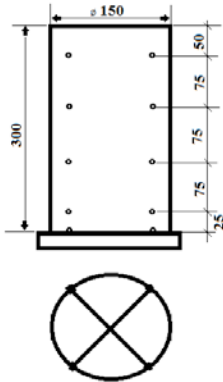
### Felhasznált irodalom

[1] Cement-beton kisokos, 2008 Holcim Hungária Zrt.

[2] Betonpraxis, 2011 Holcim Hungária Zrt.

## 2.4. ÁLTALÁNOS BETONTULAJDONSÁGOK (BOROS SÁNDOR)

### 2.4.1. VÍZIGÉNY [ 1 ]



A frissbeton különböző méretű szemcsék, víz és levegő keveréke. A nyugalomban lévő halmazban a szemcsfelületekre víz tapad, a felületi feszültségtől függő vastagságban.

A halmazból, vibrálás hatására víz távozik, a szemcséken egyre vékonyodó vízfilm marad. A víztartó képesség mértéke a halmazban, a vibrálás után megmaradó vízmennyiséggel fejezhető ki.

A különböző összetételű *friss betonkeverékek* víztartó képessége az alábbi ábra szerinti, átalakított ( $\varnothing 2$  mm-es lyukakkal perforált, alul vízzáróan tömített, a vibrátor asztalra rögzíthető) szabvány-henger sablon segítségével vizsgálható.

A vibrátor asztalra rögzített hengert laza állapotú betonnal (zuhanás nélkül, becsúztatva) betöltve, megmérhető, hogy a vibráció hatására mikor kezdődik el a cementpép kifolyása. Ez a vibrálási idő az adott betonkeverék víztartó képessége.

**Vizsgálattal bizonyították, hogy a víztartó képesség mérőszámai gyakorlatilag megegyeznek a betonkeverék Vebe-idővel kifejezett konzisztencia értékeivel.**

Ujhelyi [1] felismerte azt is, hogy a fenti módszer az adalékanyagot egyáltalán nem tartalmazó *cement – víz keverékek*, továbbá a cementet egyáltalán nem tartalmazó *adalékanyag – víz keverékek* vizsgálatára is alkalmas.

A cement vízigénye ( $w_c$ ) Vebe-idővel kifejezett víztartó képességének ( $k_v$ ) és a cement fajlagos felületének ( $S$ ) ismeretében az alábbi [1]:

$$w_c = [0,3 + 0,0003 \times (S - 100)] \times e^{-0,33 \times (0,1 \times k_v)^{0,3}}$$

Az adalékanyag vízigénye ( $w_a$ ) finomsági modulusától ( $m$ ) és a Vebe-idővel kifejezett víztartó képességétől ( $k_v$ ) függően így számítható, akkor, ha agyag-iszap tartalma ( $f$ ) kisebb, vagy egyenlő 3 tömegszázalékkal:

$$w_a = A \times e^{-(B \times m)}$$

$$\text{ahol: } A = 0,3 \times e^{[-0,22 \times (0,1 \times k_v)^{0,35}]}$$
 és  $B = 0,17 \times e^{[0,13 \times (0,1 \times k_v)^{0,32}]}$

Ha az agyag-iszap tartalom ( $f$ ) > 3 tömegszázalék, akkor az adalékanyag vízigénye ( $\Sigma w_a$ ) nő:  $\Sigma w_a = w_a + w_{af}$  értékre.

A  $w_{af}$  növekmény az alábbiak szerint számítható:

$$w_{af} = \frac{(f - 3) \times e^{\sqrt[3]{0,1 \times k_v}}}{1,4}$$

A vízigény számítások eredményeit *betontervezés*kor, tájékoztató értéként, a *próbakeverék* összetétel meghatározásához használjuk. A gyakorlatban jól használható – a fenti képletek eredményei alapján összeállított – 2.4.1 és 2.4.2 táblázat.



### 2.4.1 táblázat: A cement vízigénye [ 2 ]

konzisztencia	250	275	300	325	350	375	400	425	450
	S (m <sup>2</sup> /kg) fajlagos felületű cement								
V0	20,9	21,4	21,8	22,3	22,7	23,2	23,7	24,1	24,6
V1	22,3	22,8	23,3	23,8	24,3	24,8	25,3	25,7	26,2
V2	23,8	24,3	24,8	25,3	25,8	26,4	26,9	27,4	27,9
V3	25,7	26,2	26,8	27,3	27,9	28,4	29,0	29,6	30,1
V4	27,4	28,0	28,6	29,2	29,8	30,4	31,0	31,6	32,2

A cementek  $w_c$  (tömegszázalék) vízigénye a cement fajlagos felületétől (S) és a Vebe-idővel jellemzett konzisztencia osztálytól függően

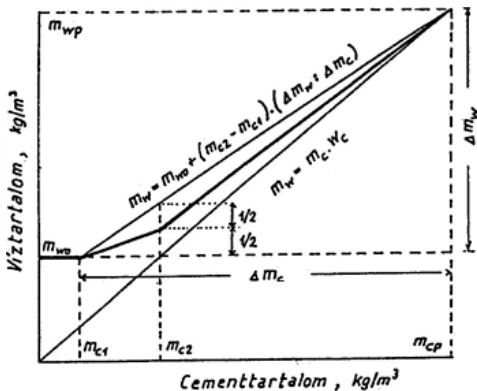
### 2.4.2 táblázat: A homokos kavics adalékanyag vízigénye, ha az agyag-iszap tartalom (f) ≤ 3 tömegszázalék [2]

konzisztencia	4,50	4,75	5,00	5,25	5,50	5,75	6,00	6,25	6,50	6,75	7,00	7,25	7,50
	A homokos kavics finomsági modulusa												
V0	8,2	7,8	7,4	7,1	6,7	6,3	6,0	5,7	5,4	5,1	4,9	4,6	4,4
V1	8,9	8,5	8,1	7,7	7,3	6,9	6,5	6,3	5,9	5,7	5,4	5,1	4,9
V2	9,6	9,1	8,7	8,3	7,9	7,5	7,1	6,8	6,5	6,2	5,9	5,6	5,3
V3	10,5	10,0	9,5	9,1	8,6	8,2	7,9	7,5	7,1	6,8	6,5	6,2	5,9
V4	11,3	10,7	10,3	9,8	9,4	8,9	8,5	8,1	7,8	7,4	7,1	6,7	6,4

A homokos kavics adalékanyag  $w_o$  (tömegszázalék) vízigénye a finomsági modulustól (m) és a Vebe-idővel jellemzett konzisztencia osztálytól függően

### A BETONKEVERÉK VÍZIGÉNYE

A betonkeverék vízigényének a két határérték ( $m_{wo}$  és  $m_{wp}$ ) közti megállapításához végzett kísérlet sorozat eredményeként a 2.4.1 ábra adódik [1].



2.4.1. ábra: A betonkeverék vízigénye [1]

Ha a betonkeverék cementtartalma  $\leq m_{cp}$ , akkor a vízadagolás mértéke állandó ( $m_{wo}$ ) és csak az adalékanyag vízigényétől függ.

Ha a cementtartalom  $m_{c1} \leq m_c \leq m_{c2}$ , akkor a vízadagolást csak mérsékelten kell növelni (érvényesülni kezd a cement adalékanyagnál nagyobb vízigénye),

ha pedig  $m_c > m_{c2}$ , akkor a vízadagolást erőteljesen kell növelni (a vízigényt elsősorban a cement határozza meg).

Tehát egy adott konzisztenciájú betonkeverék vízigényét a felhasznált cement vízigénye, az adalékanyag vízigénye, továbbá a cement és az adalékanyag tömegaránya határozza meg. A vízigények Ujhelyi betontervezési módszerénél alapadatok, *kiinduló adatok*. A módszer példával illusztrált leírása jelen könyv 3. fejezetében szerepel.

## 2.4.2. VÍZ/CEMENT TÉNYEZŐ ÉS SZILÁRDSÁG

A víz/cement tényező (v/c tényező, a betontechnológiában gyakran  $x$  jelöléssel is) és a nyomószilárdság szoros kapcsolata régóta ismert (Zielinski, 1909; Abrams, 1918) és elfogadott tény. Még a mai, korszerű szilárdság előrebecslési és betontervezési eljárások is ezen alapulnak.

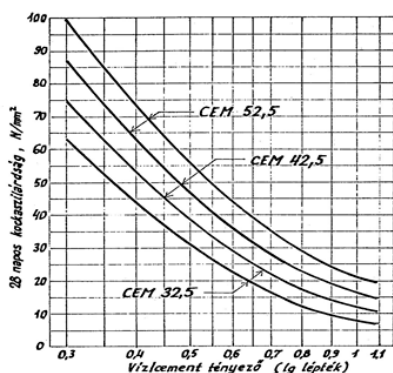
A hazai cementekre vonatkozóan, a CEMKUT Kft. kutatási alapján megállapított nyomószilárdság ( $f_c$ ) – víz/cement tényező ( $x$ ) összefüggések a próbakeverések összetétel számításainál jól használhatók. Részletesebben az alábbi ábrán („d” görbe legfelül, alatta „c”, majd „b”, végül, alul „a”), ahol az egyes görbékre vonatkozóan:

„d” görbe:  $f_c = 470 \times e^{-(3,2 \times x^{0,5})}$

„c” görbe:  $f_c = 405 \times e^{-(3,3 \times x^{0,5})}$

„b” görbe:  $f_c = 375 \times e^{-(3,52 \times x^{0,5})}$

„a” görbe:  $f_c = 355 \times e^{-(3,93 \times x^{0,5})}$



**2.4.2. ábra: Tájékoztató összefüggés a beton 28 napos nyomószilárdsága és a víz/cement tényező között (csak a próbakeverés összetételének becsléséhez használható) [1]**

A víz/cement tényező a beton nyomószilárdsága mellett több más tulajdonságát, például tartósságát is befolyásolja. Mind a korábbi (MSZ 4798-1), mind az azt felváltó (MSZ 4798) magyar betonszabvány a környezeti osztályokra vonatkozó, kötelezően betartandó víz/cement, illetve víz/kötőanyag\* tényezőket írt és ír elő.

*Megjegyzés: \*A II típusú kiegészítő anyagok alkalmazása esetén, azok számításba vétele a cement mellett, az MSZ 4798 5.2.5.2. pontjában részletezettek szerint lehetséges.*

Az MSZ 4798 F1. és NAD F1. táblázataiban megadott v/c követelmény értékek az 50 éves tartósságú betonokra vonatkoznak, míg 100 év tervezési élettartamú betonok esetén a megengedett víz/cement, illetve víz/kötőanyag tényező a táblázatokban szereplő értéknél,

ha az 0,50, vagy annál nagyobb, akkor 10%-kal kisebb legyen (például 0,50 helyett 0,45),

ha az 0,50-nél kisebb és eléri a 0,40 értéket, akkor 5%-kal kisebb legyen (például 0,40 helyett 0,38).

### 2.4.3. A FRISSBETON LEVEGŐTARTALMA

A frissbeton teljes (vagy összes) levegőtartalma a bennmaradt levegőből és a képzett levegőből áll. Meghatározható méréssel, vagy számítással.

#### Mérés

A levegőtartalom mérés szokványos és nehézbetonok esetén az MSZ EN 12350-7 szerint, illetve könnyűbeton esetén az ASTM C 173 szerint végzendő.

#### Számítás

A frissbeton tapasztalati, tényleges levegőtartalma ( $V_{L, tapasztalati}$ ) kiszámítható a frissbeton tapasztalati, tényleges testsűrűségéből ( $\rho_{frissbeton, tényleges}$ ) és a keverék összetételének adataiból (tényleges keverési arányából, az összetevők testsűrűségeinek ismeretében).

Amikor a tapasztalati, tényleges keverési arányok megegyeznek a tervezett keverési arányokkal, akkor a betömörített frissbeton tapasztalati, tényleges levegőtartalmát ( $V_{L, tapasztalati}$ ) számítással a frissbeton tervezett ( $\rho_{frissbeton, tervezett}$ ) testsűrűségének és tapasztalati ( $\rho_{frissbeton, tapasztalati}$ ) testsűrűségének és a tervezett levegőtartalomnak ( $V_L$ ) az adataiból lehet meghatározni:

$$V_{L, tapasztalati} = 1000 - \frac{\rho_{frissbeton, tapasztalati}}{\rho_{frissbeton, tervezett}} \times (1000 - V_L) \quad [liter/m^3]$$

A levegőtartalom olyan fontos frissbeton jellemző, hogy a magyar betonszabvány (az MSZ 4798) kötelező értékeket ír rá elő, környezeti osztályonként.

#### 2.4.3 táblázat: Légbuborékképző adalékszer nélkül készített frissbeton tervezett levegőtartalmának értéke a nyomószilárdsági osztály és a konzisztencia függvényében, vagyis az MSZ 4798 NAD F2. táblázata

Roskadási osztály	–	S1	S2, S3	S4, S5
Tömörítési osztály	C1	C2	C3	C4
Területi osztály	F1	F2	F3	F4, F5, F6
A beton nyomószil. osztálya	Friss betontervezett levegőtartalma, legfeljebb térfogatszázalék			
C8/10	5,0	4,0	3,0	2,0
C12/15	4,0	3,0	2,0	1,5
C16/20	3,5	2,5	1,5	1,0
C20/25	3,0	2,0	1,0	1,0
C25/30	2,0	1,5	1,0	1,0
C30/37	1,5	1,0	1,0	1,0
C35/45 – C100/115	1,0	1,0	1,0	1,0

#### Megjegyzések a NAD F2. táblázathoz

- A fenti, **NAD F2. táblázat** a következő környezeti osztályú betonokra ad levegőtartalom előírásokat: X0, XC1, XC2, XC3, XC4, XS1, XS2, XS3, XD1, XD2, XD3, XD4, XF1, XA1, XA2, XA3, XN(H), X0b(H), X0v(H), XF2(H), XF3(H), XF4(H), XA4(H), XA5(H), XA6(H), XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H), XV1(H), XV2(H), XV3(H). A beton különböző tulajdonságainak javítására (kivétel csökkentése, konzisztencia beállítása, szivattyúzhatóság és bedolgozhatóság javítása stb.) ezekben a környezeti osztályokban is alkalmazható légbuborékképző szer. Ebben az esetben az így tervezett légtartalom értékét kell használni, a NAD F2. táblázat követelményei helyett.
- Zúzottkő beton esetén a frissbeton tervezett levegőtartalma a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél – kivéve az XK2(H), XK3(H) és XK4(H) környezeti osztályt – 25%-kal nagyobb (például 2,0 térfogat% helyett 2,5

térfogat%) lehet.

- Ha a *beton újrahasznosított adalékanyaggal* készül, akkor a frissbeton tervezett levegőtartalma (légpórustartalma) a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél 25%-kal nagyobb (például 2,0 térfogat% helyett 2,5 térfogat%) lehet.
- A frissbeton tervezett levegőtartalma (légpórustartalma) *feszített vasbeton* esetén a NAD F2. táblázatban szereplő értékeknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 20%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,6 térfogat%) legyen.
- *100 év tervezési élettartamú beton* esetén a frissbeton tervezett levegőtartalma (légpórustartalma) a NAD F2. táblázatban szereplő értéknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 20%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,6 térfogat%) legyen.
- *Ha a 100 év tervezési élettartamú beton feszített vasbeton*, akkor a frissbeton tervezett levegőtartalma (légpórustartalma) a NAD F2. táblázatban szereplő értéknél – ha az 1,5 térfogat% vagy nagyobb – 30%-kal kisebb (például 2,0 térfogat% helyett 1,4 térfogat%) legyen.

Több körülmény egyidejűsége esetén – ha a beton nem légbuborékképző adalékszerrel készül – a frissbeton tervezett levegőtartalmainak átlaga tekinthető követelménynek.

Légbuborékképző adalékszerrel készített, alábbi környezeti osztályú, fagyálló, illetve fagy és olvasztósóálló betonok esetén a szabvány a legnagyobb szemmagyságtól függően ad meg előírást.

#### 2.4.4 táblázat: Légbuborékképző adalékszerrel készített frissbeton előírt összes, átlagos levegőtartalmának (légpórus + légbuborék) értéke az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának függvényében, vagyis az MSZ 4798 NAD F3. táblázata

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Legnagyobb szemmagyság mm	A frissbeton összes levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) értéke az adalékanyag legnagyobb szemmagyságának függvényében	
8 és 12	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
24 és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
	A kötőanyagpép összes, átlagos levegőtartalma (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék), legalább, térfogatszázalék	
	15,0	18,0
MEGJEGYZÉS: Az XF4 környezeti osztályú, kopásálló betonok esetén a levegőtartalom alsó határértéke 0,5 térfogatszázalékkal csökkenthető, de a betonok a fagy- és olvasztósó-állósági követelményeknek feleljenek meg		

Ha a betont többféle környezeti hatás éri, akkor e hatásokat a környezeti osztályok kombinációjaként kell kifejezni. Ebben az esetben olyan betont kell tervezni és készíteni, amelynek összetétele és tulajdonságai a szóban forgó, társított környezeti osztályok mindegyikének követelményét kielégíti. Ha a környezeti hatások egyike fagy-, illetve fagy- és olvasztósó hatás, és a beton légbuborékképző adalékszerrel készül, akkor a frissbeton átlagos levegőtartalma a fagy-, illetve fagy- és olvasztósóálló beton előírt összes levegőtartalmának (légpórus + légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuborék) feleljen meg. (Kivéve a fenti **NAD F3. táblázat** megjegyzésében említett esetet.)

Légbuborékképző adalékszerrel készült beton használata esetén az építető, a megrendelő, az előíró és a betontechnológus a szerződésben vagy a betontechnológiai leírásban kikötheti a megszilárdult pró-

batestből és/vagy kész szerkezetből vett magmintákból kimunkált és megcsiszolt próbatesteken mért légbuborék jellemzők vizsgálatát az MSZ EN 480-11 szerint (pl. távolsági tényező, 0,3 mm alatti „hatékony” buborékok *összes térfogata*).

#### A tömörítési hiány okozta szilárdságcsökkenés

A víz/cement tényező és nyomószilárdság közötti (jelen anyag 2.4.2 pontjában részletezett) összefüggések azokra a betonokra érvényesek, amelyeknek levegőtartalma bedolgozott, friss állapotukban legfeljebb 2,0 térfogatszázalék (20 liter/m<sup>3</sup>). Amennyiben a friss, tömör beton levegőtartalma 20 liter/m<sup>3</sup>-nél nagyobb, akkor a várható 28 napos nyomószilárdság nem éri el a víz/cement tényező alapján becsült értéket.

#### 2.4.4. A FRISSBETON TESTSÚRÚSÉGE

Az előző pontban (2.4.3) tárgyalt frissbeton levegőtartalommal szorosan összefüggő beton jellemző.

A frissbeton testsűrűsége fogalom alatt a konzisztenciának megfelelően választott módszerrel bedolgozott, tömörített betonkeverék 1 m<sup>3</sup> térfogatra számított tömegét (kg/m<sup>3</sup>) értjük.

Meghatározása az MSZ EN 12350-6 szabványban részletezett módon, szabványos méretű sablonokba, szabványosan betömörített beton próbatesteken történik. Valójában a nagyobb tömegű és természetesen *nagyobb méretű szerkezetekbe* a betont általában hatásosabban lehet és kell betömöríteni, mint a kis térfogatú sablonokba.

Törekedni kell a minél tökéletesebb bedolgozásra, a minél tömörebb beton készítésére. A bedolgozott frissbeton testsűrűségének a beton nyomószilárdsága szempontjából döntő jelentősége van. A tervezetthez képest minden 1,0 % testsűrűség hiány 10 liter/m<sup>3</sup> többletlevetőt, azaz a tervezetthez képest +1,0 térfogatszázalék levegőzárványt jelent. Minden +1,0 térfogatszázalék levegőtartalom 4-5 % nyomószilárdság csökkenést okoz.

Légbuborékképző adalékszert **nem** tartalmazó frissbeton *próbatestek egyedi, mért testsűrűségének* a tervezett testsűrűségnél legfeljebb 1,5%-kal szabad kisebbnek lennie. Ez szokványos beton esetén mintegy 36 kg/m<sup>3</sup> testsűrűség hiánynak, azaz 15 liter/m<sup>3</sup> = 1,5 térfogatszázalék *többletlevetőnek* felel meg, azonban a mintához tartozó próbatestek *átlagos, mért testsűrűségének* nem szabad kisebbnek lennie, mint a frissbeton tervezett testsűrűsége, mert csak ebben az esetben teljesül a friss beton megengedett levegőtartalmára, tervezett cementtartalmára és nyomószilárdságára vonatkozó követelmény.

**Ha a beton légbuborékképző adalékszert tartalmaz,** akkor a frissbeton próbatestek *egyedi, mért testsűrűségének*

- a tervezett testsűrűségnél legfeljebb 1,5%-kal szabad kisebbnek lennie (szokványos beton esetén ez mintegy 36 kg/m<sup>3</sup> testsűrűség hiánynak, illetve 15 liter/m<sup>3</sup> = 1,5 térfogatszázalék többletlevetőnek felel meg),
- illetve legfeljebb 0,5%-kal szabad nagyobbak lennie (szokványos beton esetén ez mintegy 12 kg/m<sup>3</sup> testsűrűség többletnek, illetve 5 liter/m<sup>3</sup> = 0,5 térfogatszázalék levegőhiánynak felel meg),
- azonban a mintához tartozó próbatestek átlagos, *mért testsűrűségének* nem szabad nagyobbak lennie, mint a frissbeton tervezett testsűrűsége, mert csak ebben az esetben teljesül a friss légbuborékos beton megkövetelt levegőtartalmára, tervezett cementtartalmára, nyomószilárdságára és fagy-, illetve fagy- és olvasztó-állóságára vonatkozó követelmény.
- Azokat a próbatesteket, melyeknél a fenti frissbeton testsűrűség *követelmények nem teljesülnek, nem szabad* nyomószilárdság vizsgálatra használni.

A frissbeton eltarthatóságának megítélésénél is szerepet kaphat a frissbeton testsűrűsége: a betonszabvány (MSZ 4987) szerint az eltarthatósági időn belül a bedolgozott frissbeton testsűrűsége a keverést követően közvetlenül meghatározotthoz képest legfeljebb 3 %-kal csökkenhet.

Az MSZ 4798 szerint minden esetben vizsgálni kell a frissbeton testsűrűségét, amikor nyomószilárdság és/vagy légtartalom vizsgálathoz, a frissbetonból próbatesteket készítünk. (Természetesen, bármely okból gyakrabban is történhet frissbeton testsűrűség vizsgálat.)

## 2.4.5. A SZILÁRD BETON TESTSÚRÚSÉGE

A beton testsűrűségét az MSZ EN 12390-7 szabványban leírt módon, 28 napos korú, (60±5) °C hőmérsékleten tömegállandóságú szárított próbatesteken kell meghatározni. Ha ettől eltérünk (például idősebb, vagy fiatalabb, vagy légszáras próbatesteket vizsgálunk), akkor azt a jegyzőkönyvben rögzíteni kell.

A kiszáritott beton-testsűrűség alapján – megnevezés céljából – besorolva:

- könnyűbeton (LC) a legalább 800 kg/m<sup>3</sup> és legfeljebb 2000 kg/m<sup>3</sup> testsűrűségű (könnyű adalékanyagos) szilárd beton,
- szokványos, vagy normál beton (C) a 2000 kg/m<sup>3</sup>-nél nagyobb, de legfeljebb 2600 kg/m<sup>3</sup> testsűrűségű szilárd beton,
- nehézbeton (C)\* a 2600 kg/m<sup>3</sup>-nél nagyobb testsűrűségű szilárd beton.  
\* *korábban, például az MSZ 4789-1:2004 jelzetű betonszabványban HC*

### Megjegyzések a könnyűbetonhoz

A könnyűbetonokat testsűrűségi osztályok szerint, az alábbi táblázatnak megfelelően csoportosítják, vagy tervezett értékkel írják elő.

### 2.4.5 táblázat: Könnyűbetonok testsűrűségi osztályai, vagyis az MSZ 4798 14. táblázata

Testsűrűségi osztály	D1,0	D1,2	D1,4	D1,6	D1,8	D2,0
A testsűrűség tartománya az MSZ EN 12390-7 szerint vizsgálva kg/m <sup>3</sup>	≥ 800 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 1200	> 1200 és ≤ 1400	> 1400 és ≤ 1600	> 1600 és ≤ 1800	> 1800 és ≤ 2000

Az MSZ 4798 szabvány előírásainak még megfelelhet egy könnyűbeton próbatest, ha kiszáritott állapotban, 28 napos korban mért testsűrűsége az adott osztály alsó határértékénél legfeljebb csak 1 tömegszázalékkal kisebb, vagy felső határértékénél legfeljebb csak 30 kg/m<sup>3</sup> értékkel nagyobb.

### Megjegyzések a szokványos, vagy normál betonhoz

Az MSZ 4798 szerinti betonok testsűrűség vizsgálata az alábbiak szerint történhet.

- *A végig víz alatt tárolt és nyomószilárdság vizsgálatkor vízzel telített állapotú próbatest* kiszáritott állapotra vonatkozó testsűrűségének meghatározásához vagy külön próbatesteket kell készíteni, vagy a szilárdságvizsgálat után, az eltört próbatest legalább 200 cm<sup>3</sup> térfogatú kiszáritott, sérülésmentes darabján kell a testsűrűséget meghatározni.
- *A nyomószilárdságot vegyesen tárolt, légszáras állapotú próbatesten* is szabad vizsgálni, ilyenkor a testsűrűséget közvetlenül a szilárdságvizsgálat előtt, a légszáras állapotú próbatesten is meg szabad határozni. A próbatest *tárolási módját*, állapotát minden esetben meg kell adni.

## 2.4.6. NYOMÓSZILÁRDSÁGI OSZTÁLY

Az MSZ 4798 a betonok előírt, legkisebb karakterisztikus követelmény értékeit (jellemző értékeit, küszöb értékeit, minősítési értékeit) két táblázattal adja meg:

- „Nyomószilárdsági osztályok szokványos és nehézbetonokra” (2.3. fejezet),
- „Nyomószilárdsági osztályok könnyűbetonokra” (2.3. fejezet).

A beton osztályozásához az MSZ EN 12390-3 szerint vizsgált 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerek 28 napos nyomószilárdságának karakterisztikus (jellemző) értékét ( $f_{ck,cyl, test}$ ), vagy a 150 mm élhosszúságú kockák 28 napos nyomószilárdságának karakterisztikus (jellemző) értékét ( $f_{ck, cube, test}$ ) kell használni.

Az MSZ 4798 szabvány szerint a nyomószilárdsági osztály a még be nem épített betonból vett, sablonban készített, általában 28 napos, esetleg előzetes írásbeli megállapodás esetén 42 napos (pl. útépitési beton) vagy 56 napos korú (pl. tömegbeton) esetleg legfeljebb 90 napos korú (pl. nagyon lassú szilárdulású beton) próbatesten mért nyomószilárdságra vonatkozik. Az előírt karakterisztikus (jellemző) érték is e betonkorok valamelyikéhez, általában a 28 napos, esetleg a 42, 56 vagy legfeljebb 90 napos korhoz tartozik. Ha a nyomószilárdsági osztállyal a 28 napostól eltérő korú beton nyomószilárdságát jellemzik, akkor ezt a körülményt az építmény megvalósítási szerződésében, a betontechnológiai utasításban és a beton szállítólevelén is rögzíteni kell. A szerkezeti elemet a tervezett igénybevételnek kitenni csak az után szabad, miután a beton nyomószilárdsága elérte az előírt nyomószilárdságot.

### A beton nyomószilárdsági osztályba sorolása, megfelelése 70% elfogadási valószínűség esetén

Az osztályba sorolás a mért nyomószilárdság értékekből számított karakterisztikus (jellemző) érték\* alapján történik, 70:30 %-os átadási visszautasítási valószínűség mellett (általában az 50 év tervezett használati élettartamú betonok esetén).

\* Az a szilárdsági érték, amely alatt várhatóan a vizsgált betonmennyiség összes lehetséges szilárdsági értékeinek az 5 %-a lesz az alapsokaságra vonatkoztatva, fenti elfogadási valószínűség mellett.

**Egyidejűleg mind az egyedi eredményekre, mind az átlagerőkre vonatkozó feltételnek is teljesülnie kell ahhoz, hogy a betont adott osztályba sorolhassuk.**

Az alábbiakban a beton próbakockákon kapott eredmények kiértékelését részletezzük, mivel Magyarországon döntően ezeket használjuk.

### **Az egyedi eredmények feltételei**

Minden egyes vizsgálati eredménynek mind a kezdeti, mind a folyamatos gyártás során a következő feltételt kell teljesítenie

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és a kizsaluzás után a próbakockákat **végig víz alatt** tárolták, akkor:  
 $f_{ci, cube, test} \geq (f_{ck, cube} - 4,0) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és a kizsaluzás után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:  
 $f_{ci, cube, test, H} \geq (f_{ck, cube} / 0,92 - 4,5) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és a kizsaluzás után a próbakockákat **végig víz alatt** tárolták, akkor:  
 $f_{ci, cube, test} \geq (f_{ck, cube} - 5,0) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és a kizsaluzás után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:  
 $f_{ci, cube, test, H} \geq (f_{ck, cube} / 0,95 - 5,5) \text{ N/mm}^2$

### **Az átlageredmények feltételei**

#### **2.a) Az átlageredmények feltételei a kezdeti gyártás esetén**

Az MSZ 4798 szabvány szerint a **kezdeti gyártás** során a legalább három darab, egymás utáni, 150 mm élhosszúságú próbakocka **átlagos** nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételt

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és a próbakockákat kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolták, akkor:  
 $f_{cm, cube, test} \geq (f_{ck, cube} + 6,0) \text{ N/mm}^2$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és a próbakockákat kizsaluzás után **vegyesen** tárolták, akkor:  

$$f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,92 + 6,5) \text{ N/mm}^2$$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és a próbakockákat kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolták, akkor:  

$$f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + 8,0) \text{ N/mm}^2$$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és a próbakockákat kizsaluzás után **vegyesen** tárolták, akkor:  

$$f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,95 + 8,5) \text{ N/mm}^2$$

## 2.b) Az átlageredmények feltételei folyamatos gyártás esetén

A folyamatos gyártás alapján történő kiértékelés akkor kezdődhet, amikor az együtt értékelni kívánt betonon legalább 35 vizsgálati eredményt meghatároztak, 12 hónapnál nem hosszabb idő alatt. (MEGJEGVÉZÉS: Folyamatos gyártás közben is alkalmazhatja a gyártó a kezdeti gyártásra vonatkozó, előző pontban leírt feltételeket, és mintavételi, vizsgálati tervet.)

A megfelelésértékelését azokon a vizsgálati eredményeken kell elvégezni, amelyeket egy olyan értékelési időszak alatt nyertek, amely nem lépte túl a következő, a vizsgálati gyakoriságtól függő lehetőségek egyikének feltételeit sem:

- kis vizsgálati gyakorisággal rendelkező gyártóüzemeknél (a vizsgálati eredmények száma tervezett betonra három hónap alatt kevesebb 35-nél) az értékelési időszak tartalmaz legalább 15 eredményt és a legfeljebb 6 hónapig tartó időszakban kapott nem több mint 35 egymást követő eredményt;
- nagy vizsgálati gyakorisággal rendelkező gyártóüzemeknél (a vizsgálati eredmények száma tervezett betonra három hónap alatt legalább 35) az értékelési időszak legalább 15 egymást követő eredményt tartalmaz és legfeljebb 3 hónapig tart.

## Végig víz alatt tárolt próbakockák esete

Az egymás után következő nyomószilárdság vizsgálati eredmények nem átfedő vagy átfedő csoportjainak átlagszilárdsága ( $f_{cm,test}$ ) az értékelési időszak alatt teljesítse a következő feltételt, vagyis, hogy a vizsgálati eredmények száma legalább 15\* darab, és a próbakockákat kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolták:

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck} + 1,48\sigma_{cube,test}) \text{ N/mm}^2$$

ahol:

$\sigma_{cube,test}$  jelentése: a nyomószilárdság kezdeti gyártás során – 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredményből – meghatározott szórása, feltéve, hogy a folyamatos gyártás során az MSZ 4798 szabvány 19. táblázata szerinti határok közé esik a szórás.

$\sigma_{cube,test}$  számításba vehető legkisebb értéke

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60**, akkor:  $\sigma_{cube,test,min} = 3,0 \text{ N/mm}^2$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton), akkor:  $\sigma_{cube,test,min} = 5,0 \text{ N/mm}^2$

\* Ha a folyamatos gyártás során a beton együtt értékelhető nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek száma bármely okból **kevesebb mint 15**, akkor a fenti összefüggésben szereplő alulmaradási tényező **1,48 értéke helyett** a következő (MSZ 4798 szabvány NAD 13.) táblázat szerinti, a vizsgálati eredmények n számától függő  $\lambda_n$  értéket kell alkalmazni.



**2.4.6. táblázat: A ( $\lambda_n$ ) alulmaradási tényező értéke, ha a vizsgálati eredmények száma  $n < 15$  (MSZ 4798 szabvány NAD 13. táblázat)**

Vizsgálati eredmények száma (n)	Alulmaradási tényező ( $\lambda_n$ )
3	2,67
4	2,20
5	1,99
6	1,87
7	1,77
8	1,72
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
15	1,48

Ha a ( $\sigma_{\text{cube,test}}$  vagy  $\sigma_{\text{cube,test(H)}}$ ) szórás a kezdeti gyártásból nem ismert, akkor e helyett a kérdéses minta  $s_{\text{cube,test}}$  saját szórásával kell számolni a fenti táblázat szerinti  $\lambda_n$  tényezővel (MSZ 4798 „D” módszer).

**Vegyesen tárolt próbakockák esete**

A **folyamatos gyártás** során a betonból egymás után vett, legalább 15\* darab, kizsaluzás után **vegyesen tárolt** 150 mm *é*lhosszúságú próbakocka **átlagos** nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételt

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60**, akkor:  

$$f_{\text{cm,cube,test,H}} \geq (f_{\text{ck,cube}}/0,92 + 1,48\sigma_{\text{cube,test,H}}) \text{ N/mm}^2$$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyilárdságú beton), akkor:  

$$f_{\text{cm,cube,test,H}} \geq f_{\text{ck,cube}}/0,95 + 1,48\sigma_{\text{cube,test,H}} \text{ N/mm}^2$$

$\sigma_{\text{cube,test,H}}$  számításba vehető legkisebb értéke
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60**, akkor:  

$$\sigma_{\text{cube,test,min,H}} = 3,3 \text{ N/mm}^2$$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyilárdságú beton), akkor:  $\sigma_{\text{cube,test,min,H}} = 5,3 \text{ N/mm}^2$

\* Ha a folyamatos gyártás során a beton együtt értékelhető nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek száma bármely okból **kevesebb, mint 15**, akkor a fenti összefüggésekben szereplő alulmaradási tényező 1,48 értéke helyett az előző esetenél megadott NAD 13. táblázat szerinti, a vizsgálati eredmények n számától függő  $\lambda_n$  értéket kell alkalmazni (2.4.7 táblázat).

**A nyomószilárdság jellemző értékének számítása 50% elfogadási valószínűség mellett (általában a 100 év tervezett használati élettartamú betonok esetén)**

Ha a beton nyomószilárdsági osztályát az MSZ 4798 szabvány „P” mellékletben leírtak szerint határozták meg, illetve úgy írták ki, akkor 5%-os alulmaradási hányad mellett a beton elfogadási (átadási) valószínűsége 50%. Ilyen esetben az erre utaló  $AC_{50}(H)$  jelet a beton jelében, a nyomószilárdsági osztály jele után szerepeltetni kell, pl. C35/45- $AC_{50}(H)$ .

A nyomószilárdság vizsgálati eredményeknek „P” melléklet szerinti értékelése követi a kezdeti gyártásra vonatkozóan az MSZ EN 1992-1-1 3.1.2. szakasza (3) bekezdésének és a folyamatos gyártásra vonatkozóan az MSZ EN 1990 D7.2. szakasza nyomószilárdság értékelési módszerét. Alkalmazása általában, de különösképpen a nagyilárdságú betonok ( $\geq$  C55/67) és a 100 év tervezési élettartamú betonok nyomószilárdsági osztályának meghatározásához ajánlott.

## Megfelelőségi feltételek a nyomószilárdságra, AC<sub>50</sub> (H) jelű betonok esetén

### Az egyedi eredmények feltételei

A beton próbatestek 28 (esetleg, megállapodás szerint 42, vagy 56, legfeljebb 90) napos korában mért nyomószilárdságának megfelelését értékelve **minden egyes 150 mm élhosszúságú próbakocka** nyomószilárdság vizsgálati eredménye ( $f_{ci,cube,test}$ ,  $f_{ci,cube,test,H}$ ) mind a kezdeti, mind a folyamatos gyártás során elégtise ki a következő feltételt

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és *kizsaluzás* után a próbakockákat **végig víz alatt** tárolták, akkor:  
 $f_{ci,cube,test} \geq (f_{ck,cube} - 4,0) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és *kizsaluzás* után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:  
 $f_{ci,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,92 - 4,5) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és *kizsaluzás* után a próbakockákat **végig víz alatt** tárolták, akkor:  
 $f_{ci,cube,test} \geq (f_{ck,cube} - 5,0) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és *kizsaluzás* után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:  
 $f_{ci,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,95 - 5,5) \text{ N/mm}^2$

### Az átlageredmények feltételei

#### 2.a) Az átlageredmények feltételei a kezdeti gyártás esetén

A kezdeti gyártás értékelési időszaka alatt, a **150 mm élhosszúságú próbakockák** vizsgálatával kapott, együtt értékelhető, legalább három darab (ajánlott az öt darab) egymás után következő nyomószilárdság vizsgálati eredmény **átlagértéke** ( $f_{cm,cube,test}$ ,  $f_{cm,cube,test,H}$ ) elégtise ki a következő feltételt

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és *kizsaluzás* után a próbakockákat **végig víz alatt** tárolták, akkor:  
 $f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + 7,0) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és *kizsaluzás* után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:  
 $f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,92 + 7,5) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és *kizsaluzás* után a próbakockákat **végig víz alatt** tárolták, akkor:  
 $f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + 9,0) \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és *kizsaluzás* után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:  
 $f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,95 + 9,5) \text{ N/mm}^2$

MEGJEGYZÉS: A kezdeti gyártás időszaka során kapott, kielégítő, legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredményből meg kell határozni a  $\sigma_{cube,test}$  szórást, ha az értékelés folyamatos gyártási szakaszába kívánnak lépni.

#### 2.b) Az átlageredmények feltételei a folyamatos gyártás esetén

A folyamatos gyártás értékelési időszaka alatt, n darab **150 mm élhosszúságú próbakocka** vizsgálatával kapott, együtt értékelhető, egymás után következő nyomószilárdság vizsgálati eredmény **átlagértéke** ( $f_{cm,cube,test}$  vagy  $f_{cm,cube,test,H}$ ) elégtise ki a következő feltételt

- ha a próbakockákat kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + t_n \times \sigma_{cube,test}) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  **C50/60** és kizsaluzás után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,92 + t_n \times \sigma_{cube,test,H}) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  **C55/67** (nagyszilárdságú beton) és kizsaluzás után a próbakockákat **vegyesen** tárolták, akkor:

$$f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,95 + t_n \times \sigma_{cube,test,H}) \text{ N/mm}^2$$

A folyamatos gyártás során együtt értékelendő vizsgálati eredmények száma legalább  $n=15$ , és ennek megfelelően az alulmaradási tényező értéke  $t_{15} = 1,761$ . Ha az együtt értékelhető vizsgálati eredmények száma bármely okból nem  $n=15$ , de legalább  $n=3$ , akkor az alkalmazandó  $t_n$  alulmaradási tényező értéke a szabvány (MSZ 4798) NAD P1. táblázata szerinti.

#### 2.4.7. táblázat: A $t_n$ alulmaradási tényező értéke a vizsgálati eredmények $n$ számának függvényében (MSZ 4798 NAD P1. táblázata)

Vizsgálati eredmények száma (n)	Alulmaradási (Student)tényező ( $t_n$ )
3	2,920
4	2,353
5	2,132
6	2,015
7	1,943
8	1,895
9	1,860
10	1,833
11	1,812
12	1,796
13	1,782
14	1,771
15	1,761
20	1,729
$\infty$	1,645

A fenti összefüggésekben a  $\sigma_{cube,test}$  és  $\sigma_{cube,test,H}$  a nyomószilárdság kezdeti gyártás során – 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredményből – meghatározott szórása, feltéve, hogy a folyamatos gyártás során az MSZ 4798 szabvány 19. táblázata szerinti határok közé esik az aktuálisan számított, aktuális szórás.

Ha a ( $\sigma_{cube,test}$  vagy  $\sigma_{cube,test,H}$ ) szórás a kezdeti gyártásból nem ismert, akkor e helyett a kérdéses minta  $s_{cube,test}$  vagy  $s_{cube,test,H}$  saját szórásával kell számolni a 2.4.7. táblázat szerinti  $t_n$  tényezővel (MSZ 4798 „D” módszer).

#### A nyomószilárdság számításba vehető legkisebb szórása:

- ha a  $\leq$  **C50/60** nyomószilárdsági osztályú próbakockákat kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolták, akkor:

$$\sigma_{cube,test,min} = 3,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{illetve} \quad s_{cube,test,min} = 3,0 \text{ N/mm}^2$$

- ha a  $\leq$  **C50/60** nyomószilárdsági osztályú próbakockákat kizsaluzás után **vegyesen** tárolták, akkor:

$$\sigma_{cube,test,min,H} = 3,3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{illetve} \quad s_{cube,test,min} = 3,3 \text{ N/mm}^2$$

- ha a  $\geq$  **C55/67** nyomószilárdsági osztályú (nagyszilárdságú beton) próbakockákat kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolták, akkor:

$$\sigma_{cube,test,min} = 5,0 \text{ N/mm}^2 \quad \text{illetve} \quad s_{cube,test,min} = 5,0 \text{ N/mm}^2$$

- ha a  $\geq$  **C55/67** nyomószilárdsági osztályú (nagyszilárdságú beton) próbakockákat kizsaluzás után **vegyesen** tárolták, akkor:

$$\sigma_{\text{cube, test, min, H}} = 5,3 \text{ N/mm}^2 \quad \text{illetve} \quad \sigma_{\text{cube, test, min}} = 5,3 \text{ N/mm}^2$$

#### A beton átadása nyomószilárdság alapján

70% : 30%-os átadási visszautasítási valószínűség esetén a szabvány „O” melléklete szerint kell eljárni, függetlenül attól, hogy kezdeti, folyamatos stb. gyártási fázisról van-e szó.

#### Átadás-átvételi eljárás

Ha a típusvizsgálat, a kezdeti és a folyamatos gyártás során a nyomószilárdság megfelelőségét a szabvány A5. pontja és 8.2.1.3. szakasza szerint ellenőrizték, akkor a beton, gyártásának időszakától függetlenül, elégítse ki a következő feltételt

$\leq$  **C50/60** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test}} \geq (f_{\text{ck, cube}} + 4,0) \text{ N/mm}^2$$

$\leq$  **C50/60** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **vegyesen** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test, H}} \geq (f_{\text{ck, cube}} / 0,92 + 4,5) \text{ N/mm}^2$$

$\geq$  **C55/67** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test}} \geq (f_{\text{ck, cube}} + 6,0) \text{ N/mm}^2$$

$\geq$  **C55/67** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **vegyesen** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test, H}} \geq (f_{\text{ck, cube}} / 0,95 + 6,5) \text{ N/mm}^2.$$

50% : 50%-os átadási visszautasítási valószínűség esetén a szabvány „P” melléklete szerint kell eljárni, függetlenül attól, hogy kezdeti, vagy folyamatos gyártási fázisról van-e szó.

#### Átadás-átvételi eljárás

Ha a típusvizsgálat, a kezdeti és a folyamatos gyártás során a nyomószilárdság megfelelőségét a szabvány P melléklete szerint ellenőrizték, akkor a beton, gyártásának időszakától függetlenül, elégítse ki a következő feltételt

$\leq$  **C50/60** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test}} \geq (f_{\text{ck, cube}} + 6,0) \text{ N/mm}^2$$

$\leq$  **C50/60** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **vegyesen** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test, H}} \geq (f_{\text{ck, cube}} / 0,92 + 6,5) \text{ N/mm}^2$$

$\geq$  **C55/67** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **végig víz alatt** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test}} \geq (f_{\text{ck, cube}} + 8,0) \text{ N/mm}^2$$

$\geq$  **C55/67** tervezett nyomószilárdságú beton esetén, kizsaluzás után **vegyesen** tárolt próbakockák eredményeit értékelve:

$$f_{\text{cm, cube, test, H}} \geq (f_{\text{ck, cube}} / 0,95 + 8,5) \text{ N/mm}^2.$$

#### A beépített beton nyomószilárdsági vizsgálata, nyomószilárdságának becslése.

Szerkezet vagy szerkezeti elem szilárdsági értékelése legpontosabban fűrt magmintákkal, az MSZ EN 13791 (Beton-

szerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése) alapján végezhető. Ha a nyomószilárdságot a szerkezetből vagy szerkezeti elemből kifúrt magmintából kimunkált próbahengerek vizsgálatával határozzák meg, akkor a próbahengerek véglapjai megfelelő pontossággal párhuzamosra vágottak legyenek, azok csiszolása nem javasolt.

## IRODALOMJEGYZÉK

[1] **Dr. Ujhelyi János: Betonismeretek. Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005.**

[2] **Cement – Beton Zsebkönyv 2007** 6.5, 6.6 és 6.8 fejezetei, mely fejezetek szerzője: Dr. Ujhelyi János; Duna-Dráva Cement Kft. kiadványa

## 2.5. A BETON JELE, JELÖLÉSE AZ MSZ 4798:2016 SZERINT (SZEGÖNÉ KERTÉSZ ÉVA)

A beton jele (megnevezése) független attól, hogy a beton tervezett beton, előírt összetételű beton, előírt szabványos beton, vagy esetleg előírt iparági beton.

### A beton jelének a következőket kell tartalmaznia:

- a beton nyomószilárdsági osztályának jelét,
- könnyűbeton esetén a szilárd könnyűbeton testsűrűségi osztályának jelét;
- a környezeti osztály jelét;
- a beton-adalékanyag névleges legnagyobb szemmagyságának a jelét;
- a beton konzisztencia osztályának jelét;
- ha a betonnak a cement tömegére vonatkoztatott megengedett kloridtartalma nem több mint 0,20 m/m%, akkor azt a beton jelében nem kell megadni, kivéve a betonnal közvetlenül érintkező feszítőacél esetét, mert ekkor a kloridtartalom jelét a konzisztencia osztály jele után szerepeltetni kell (például feszített vasbeton esetén);
- ha a tervezési élettartam 50 évtől eltér, akkor ezt a szabvány száma előtt fel kell tüntetni;
- a szabványnak a számát (jelét), amely szerint a beton készült.

### Továbbá, ha szükséges, akkor a beton jelében szerepeltetni kell:

- azon betonok esetén, amelyek adalékanyaga nem homokos kavics, az adalékanyag megnevezését, amellyel készült (például zúzottkővel, bazalttal, dolomittal, riolittufával, barittal, duzzasztott agyagkavics-csal, duzzasztott üvegkavics-csal stb.);
- a szemmegoszlási görbe jelét;
- az adalékanyag finomsági modulusát és a szemmegoszlási görbe jelét;
- ha a kiíró (megrendelő) követelményként megadja a cement minőségét, akkor a cement jelét a konzisztencia osztály jele után (ha a beton jelében szerepel a kloridtartalom jele, akkor ez után);
- ha a kiíró (megrendelő) kiegészítőanyag alkalmazását is szükségesnek tartja, akkor a kiegészítőanyag megnevezését a cement jele után.

### PÉLDÁK A BETON JELÖLÉSÉRE

- valamely esőnek és fagynak kitett, olvasztó sózás nélküli, agresszív talajvízzel érintkező (függőleges) vasbeton támfal betonját, amely C30/37 nyomószilárdsági osztályú, légbuborékképző adalékszer nélkül,  $D_{\max} = 22$  mm legnagyobb szemmagyságú adalékanyaggal, szulfátálló portlandcementtel készül és a konzisztenciája területtel meghatározva 420-480 mm, a következő jellel kell megadni:

### **C30/37-XC4-XF1-XA2-XV1(H)-22-F3 CEM I 42,5 N-SR 0-MSZ 4798:2016**

- annak a C40/50 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből esőtől védett helyen álló feszített vasbeton gerenda készül (környezeti osztály: XC3), névleges legnagyobb szemnagysága  $D_{\max} = 22$  mm, konzisztenciája területtel meghatározva 420-480 mm, megengedett kloridtartalma a cement tömegszázalékában kifejezve 0,10 tömegszázalék, CEM I 52,5 N szilárdsági osztályú portlandcementtel készül, használati élettartama 100 év, a következő:

**C40/50-XC3-22-F3-CI 0,10-CEM I 52,5 N-100 év-MSZ 4798:2016**

vagy

**C40/50-XC3-22-F3 (450±30 mm)-CI 0,10-CEM I 52,5 N-100 év-MSZ 4798:2016**

- annak a C35/45 nyomószilárdsági osztályú betonnak a jele, amelyből ipari szennyvízülepítő medence készül [környezeti osztály: XC4, XD2, XA5(H) és XV2(H)], névleges legnagyobb szemnagysága  $D_{\max} = 32$  mm, konzisztenciája területtel meghatározva 490-550 mm, CEM III/B 32,5 N-SR fajtájú (szulfátálló) kohósalak-cementtel és metakaolin kiegészítőanyaggal készül, tervezési élettartama 100 év, a következő:

**C35/45-XC4-XD2-XA5(H)-XV2(H)-32-F4-CEM III/B 32,5 N-SR-**

**Metakaolin-100 év-MSZ 4798:2016**

vagy

**C35/45-XC4-XD2-XA5(H)-XV2(H)-32-F4 (520±30 mm)-CEM III/B 32,5 N-SR-**

**Metakaolin-100 év-MSZ 4798:2016**

- annak az LC12/13 nyomószilárdsági osztályú könnyűbetonnak a jele, amelynek a testsűrűsége szilárd állapotban 1600-1800 kg/m<sup>3</sup> közé esik, adalékanyaga duzzasztott agyagkavics, és amelyből könnyűbeton belső teherbíró fal épül [környezeti osztály: X0b(H)], névleges legnagyobb szemnagysága  $D_{\max} = 16$  mm, konzisztenciája a kissé képlékeny és a képlékeny határán van, konzisztenciája tömöríthetőséggel meghatározva 1,25 - 1,11 a következő:

**LC12/13-D1,8-duzzasztott agyagkavicsal-X0b(H)-16-C2-MSZ 4798:2016**

vagy

**LC12/13-D1,8-duzzasztott agyagkavicsal-X0b(H)-16-C2 (1,25-1,11)-MSZ 4798:2016**

Ha a beton tulajdonságának jele csak Magyarországon használatos, akkor azt a jelben jelölni kell a nemzetközileg jóváhagyott gépkocsi ország-jeleknek megfelelően, pl. XV2(H).

Ha a betont exportálják, akkor a környezeti osztályt követi annak az országnak a rövidített neve<sup>1)</sup>, amely kiadta a határértékekre, a betonösszetételre és a betontulajdonságokra vonatkozó előírásokat vagy a követelmények más csoportját, pl. XD2(F), amikor a francia előírásokat alkalmazzák.

<sup>1)</sup> A nemzetközileg jóváhagyott gépkocsi ország-jeleknek megfelelően. Az ország nevének rövidítéséhez további, az előírásokra vonatkozó, tájékoztatás csatolható.

## 3. BETONTERVEZÉS (KOVÁCS JÓZSEF)

### 3.1. A TERVEZÉS MÓDSZEREI

#### Próbakeverés

Ez a fejezet akkor kezdődik, amikor már a betonnak van tervezési átlagszilárdsága és a cél ehhez a nyomószilárdság értékhez és más követelményekhez igazított *tömeg és térfogat* szerinti összetétel meghatározása. Ez a fejezet nem foglalkozik a betontervezés fogalomkörébe tartozó egyéb, az összetétel tervezést megelőző tervezési lépések tárgyalásával. Környezeti osztályok meghatározása, nyomószilárdsági osztály meghatározása, beton átlagos nyomószilárdságának meghatározása a szilárdsági jelből, konzisztencia,  $d_{max}$  megválasztása a CeMBeton útmutató más fejezeteiben található.

A betonösszetétel tervezésének módszere nincs szabványosítva, szabadon megválasztható, eredményét laboratóriumi vagy üzemi próbakeveréssel kell ellenőrizni, amelyet nem szabad elmulasztani.

A keveréktervezés kiindulási alapja a szilárdságbecslés. Milyen keverék milyen szilárdságot érhet el? A mai követelmény viszont pont fordított: adott szilárdsághoz milyen összetételt válasszak? Ezen a ponton mindenki feladja, kivéve a jó betontechnológust. A következőkben megmutatom, hogyan tud az is keveréket tervezni, aki most próbálja először.

A közölt módszerek mindegyike tömör, általános felhasználású kavicsbetonra vonatkozó számítási módszer. Amelyik betont nem ilyen, arra úgy alkalmazható, hogy ezt az eltérést, ha tudjuk, vegyük figyelembe. Ha nem tudjuk figyelembe venni az eltérést, akkor a módszer arra a betonra nem alkalmas, másikat kell keresni. (Pl.: Ckt, azaz cementtel stabilizált talaj keverék, öntömörödő beton, szűrő beton, lóttó beton, könnyű adalékanyagú könnyűbeton, egybek)

Hogyan alakult ki a keveréktervezés, milyen számítási módszereink, összefüggéseink vannak?

Legelőször, ismétlésképpen néhány alapfogalom, amelyek nélkül nem lehet betonkeveréket tervezni.

### 3.2. ADALÉKANYAG, SZEMMEGOSZTLÁS

Kezdetben habarcsot készítettek cement, homok és víz felhasználásával és ezt keverték kavicssal, kóvel, amíg betonszerű anyagot kaptak. Később a homok és a kavics együtt alkotta az adalékanyagot, és a szemnagyság vizsgálattal, szemnagyság határok közötti mennyiségek megállapításával létre hozták a szemmegoszlás fogalmat. Ennek mai ábrázolása egy törtvonalú, relatív gyakoriságok összegzett változata (eloszlási diagram), amelynek egyik tengelyén a szitaméretnek vannak ábrázolva azok logaritmusának megfelelő szakaszhosszal, a másik tengelyen az **áthullott**, összegzett tömegszázalékok 0 – 100% -ig. Eltérő testsűrűségű adalékanyag frakciók esetén (pl.: kvarchomok, mészkő és bazaltzualék együtt) a tömeg% helyett térfogat%-ot kell alkalmazni. A szemmegoszlás kutatások és tapasztalatok alapján két határ között ad betonban használható adalékanyag összetételt. Ezek a határgörbék. (A és C) Ezek által körülzárt tartomány egy harmadik görbével ketté van osztva: A és B görbe közötti tartományban I. osztályúnak nevezzük az anyagot, a B és C görbe közötti tartományban II. osztályúnak. A két tartomány jellegzetesen két felhasználási területhez tartozik: az I. osztályú (A-B) a nagyobb szilárdságú, szerkezeti, transzport betonok tartománya, a II. (B-C) osztály a házépítő, kézi bedolgozású kőműves betonok tartománya.

*Finomsági modulus, egyenlőtlenségi együttható:*

A szemmegoszlási görbe alapján számíthatunk finomsági modulusot, amely gyakorlatilag a görbe bal felső sarkától az egész görbe fölötti terület nagyságával arányos: számítása az alapszítákon fennmaradt szemek (tömeg vagy térfogat szerinti) % értékeinek összege, osztva 100-al.

A finomsági modulusal kapcsolatos a betontechnológia Abrams-féle első tétele, miszerint: két adalékanyag betontechnológiailag azonos, ha finomsági modulusuk azonos. Későbbiekben a tétel pontosításra került, és így a betontechnológia Popovics-féle második tétele szerint: két adalékanyag betontechnológiailag azonos értékűek, ha finomsági modulusuk és a fajlagos felületük azonosak.

### Adalékanyag frakciók, adalékanyag keverék

Mielőtt betonkeveréket terveznénk, meg kell tervezni az adalékanyag keverék összetételét.

Az adalékanyag keverék tervezés célja, hogy ismert finomsági modulusú és szitagörbéjű szemhalmazokból előírt finomsági modulusú és/vagy előírt mezőben haladó szemhalmazt állítsunk elő keveréssel.

Mai legáltalánosabb gyakorlat szerint az adalékanyagot több, egymást fedő, vagy folytató frakcióból keverjük. A keveréket a határgörbék között szabadon megválaszthatjuk, szabály, korlátozás nincs. Az A görbe felé haladva csökken a vizigény, a C görbe felé haladva pedig nő (2.4.1. fejezet).

Betontechnológiailag általában kedvező az A görbét közelítő ún. Bolomey-görbe.

### Lépcsős görbe, folyamatos görbe

Folyamatos szemmegoszlásúnak nevezzük az olyan adalékanyagot, amelyik a legnagyobb szemnagysáig minden szitához tartozó szemnagyságot tartalmaz. Lépcsős szemmegoszlásúnak nevezzük azt az adalékanyagot, amelyből egy vagy több frakció hiányzik. Beton adalékanyagának tervezéséhez mindkettő használható. Magyarországon indokolatlan az általános idegenkedés, indokolatlan a frakcióhiányos adalékanyag tiltása. A kétkedők meggyőzésére legjobb módszer a lépcsős görbe felhasználásával szerzett előnyös tapasztalatok gyűjtése és megismertetése.

A cementtartalom ismeretében (pl.:  $c_{\min}$  MSZ 4798:2016 F1. táblázat), vagy felvételével számíthatjuk a legkedvezőbb finomsági modulusú (amely természetesen a beton szilárdságához legkedvezőbb, nem a bedolgozáshoz) és az adott  $d_{\max}$ -hoz megfelelő telítettséget ad.

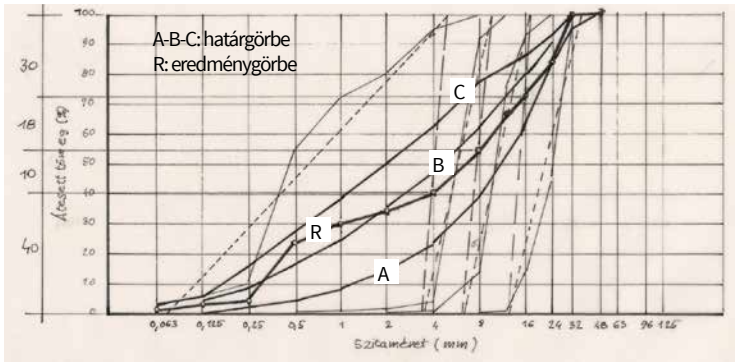
$$m_0 = 2,6 \cdot \sqrt{d_{\max}} + 2,2 + 0,0028 \cdot c \quad (1)$$

### 3.1. táblázat: Különböző $d_{\max}$ -hoz tartozó finomsági modulusok a cementtartalom függvényében:

cement [kg/m <sup>3</sup> ]	$d_{\max}$ [mm]		
	16	24	32
	5,70	6,15	6,50
100	5,70	6,15	6,50
150	5,80	6,30	6,60
200	5,95	6,45	6,75
250	6,10	6,55	6,90
300	6,25	6,70	7,05
350	6,40	6,85	7,20
400	6,50	7,00	7,30
450	6,65	7,14	7,45
500	6,80	7,25	7,60

Az adalékanyag keverék finomsági modulusának megállapítása történhet a frakciók keverendő tömegének kiméréseivel, és az összekevert anyag leszitálásával, de gyorsabb az anyagok összemérése helyett a frakciók szemmegoszlása és finomsági modulusának ismeretében meghatározni a célgörbét grafikusán és táblázatosan. A grafikus módszerrel a célgörbe felosztását végezzük el a frakciók szükséges arányának meghatározásával. Ez a módszer egymást követő frakciók esetében a frakciógörbére illesztett kiegyenlítő egyenesek alsó felső végpontjaihoz húzott egyenes és a célgörbe metszéspontjainál kivetített szakaszok megállapításából áll. Közelítő esetben a görbe frakcióhatároknál függőlegesen felvetített osztó vonalaknak a célgörbével alkotott metszéspontok közé eső mennyiségek leolvasásából áll. Átfedő frakcióknál, illetve számítógéppel végzett munkához alkalmasabb a táblázatos keverés. Itt a frakciók szitánként átesett mennyiségét szorozzuk meg a részarányval, majd a szitánkénti szorzatokat összeadva megkapjuk a célgörbe szitánkénti átesett mennyiségét.



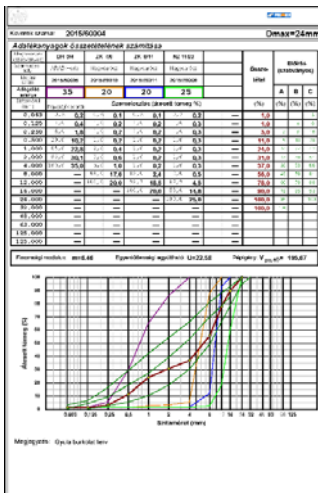


**3.1. ábra: Eredménygörbe szerkesztése frakciókból. (Lásd még Balázs György: Építőanyagok és kémia, tankönyv 257. oldal, továbbá négy frakcióból Ujhelyi János: Betonismeretek, Műegyetemi kiadó, 2005, 37. old, 36. ábra)**

**3.2. táblázat: Frakciók és százalékok és a belőlük számított keverék**

Frakció	0,063	0,125	0,15	0,25	0,5	1	2	4	8	16	32	63	125
A	0,5	0,2	0,6	0,1	0,2	0,1	0,7	0,2	1	0	0	0	0
B	1,0	0,4	1,0	0,2	1,0	0,2	1,0	0,2	1	0	0	0	0
C	5,0	1,8	1,0	0,2	1,0	0,2	1,0	0,1	1	0	0	0	0
<b>R</b>	<b>6,5</b>	<b>2,6</b>	<b>2,6</b>	<b>0,4</b>	<b>2,0</b>	<b>0,2</b>	<b>1,7</b>	<b>0,2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

**3.3. táblázat: Nyomatott adatok és a hozzá tartozó grafikus megjelenítés**



Az **adalékanyag keverék** összeállításának megtervezése után következik a **betonkeverék** tervezése. Hazánkban két módszerrel is számíthatunk betonösszetételt, amelyek egymástól teljesen különbözőek, abban mégis megegyeznek, hogy nem egy adott összetételt terveznek meg, hanem egy összetétel sorozatot, melyből a felhasználni kívánt összetételt ki kell választani.

### 3.3. I. MÓDSZER: DR. UJHELYI JÁNOS (1925-2011)

A módszer szerint a betonösszetétel tervezés négy szakaszból áll:

- az alapanyag-jellemzők meghatározása vizsgálat és számítás útján,
- a betonkeverék konzisztenciájának felvétele, az adott konzisztenciájú keverék alapjellemezőinek a számítása,
- a beton összetételének számítása,
- a kiszámított betonösszetételekhez tartozó nyomószilárdság becslése.

#### Az alapanyag-jellemzők meghatározása vizsgálat és számítás útján

Betonkeverék tervezéséhez szükséges adalékanyag paraméterek:

Finomsági modulus, egyenlőtlenégi együttható.

U egyenlőtlenégi együttható 70% áthulláshoz tartozó  $d$  [mm] szemnagyság és a 10% áthulláshoz tartozó  $d$  [mm] szemnagyság hányadosa:  $d_{70}/d_{10}$

#### A betonkeverék konzisztenciájának felvétele az adott konzisztenciájú keverék alapjellemezőinek számítása

$k_v$  mérőszám= kísérletileg megállapított, másodpercben megadott érték. Adott homokos kavics a konzisztenciának megfelelő víztartalommal ennyi idő alatt tömöríthető be legtömörebb állapotra.

#### Vízigény:

Szükségünk van továbbá egy olyan számérték meghatározására, amely azt mutatja, hogy mennyi víz kell a betonkeverék előállításához adott  $d_{max}$  értéknél és adott konzisztenciánál. Ehhez a számhoz hozzájuthatunk tapasztalati úton, sok keverék megkeveréséből, a tervezési módszerek egyikének a felhasználásával az adalékanyag ismeretében, számítás-sal, vagy minden előzmény nélkül egy általános táblázat (amely persze tapasztalati úton jött létre, csak a más tapasztalatainak összegzésével) értékeinek felhasználásával, utána a pontos érték közelítésével.

#### Vízigény számítása az adalékanyag „m” és „kv” paramétereivel

$$w_a = A * e^{-(B * m)}$$

$$A = 0,3 * e^{-[0,22 * (0,1 * k_v)^{0,35}]}$$

$$B = 0,17 * e^{[0,13 * (0,1 * k_v)^{0,32}]}$$

$$+ w_a = \frac{(f - 3) * e^{-\left(\sqrt[3]{0,1 * k_v}\right)}}{140} \quad (2) \quad (3) \quad (4)$$

A fenti képletekben  $W_o$  az adalékanyag vízigénye, kg/m<sup>3</sup>;  $m$  a finomsági modulus,  $k_v$  a konzisztencia mérőszáma és  $f$  az adalékanyag agyag-iszap tartalma, térf%.

#### 3.4. táblázat: Tájékoztató vízigények [kg/m<sup>3</sup>]

	16			32		
	FN	KK	K	FN	KK	K
C	165	189	207	148	172	195
B	145	168	188	130	152	172
A	125	145	165	108	126	143

## Pépigény:

Az adalékanyag azon tulajdonsága, amely azt mutatja meg, hogy mennyi pép tölti ki hézagmentesen az adalékanyag hézagait betömörített állapotban. Másik megfogalmazásban az a pépmennyiség, ami a betömörített homokkavics minden hézagát tömören (levegőmentesen) kitölti, ilyenkor a beton éppen telített. Ha ennél kevesebb a pép, akkor péphiányos a keverék, azaz marad levegővel kitöltött hézag. Ha a pépigénynél több a pép, akkor a homokos kavics hézagain túl az adalékanyag egy része helyett is pép van a keverékben. Ennek a péptöbbletnek egyes esetekben fontos szerepe van. Azt azonban leszögezhetjük alapfeltevésnek, hogy a legnagyobb szilárdság, a legkevesebb péppel az éppen telített betonokkal érhető el. Bármely  $d_{\max}$  esetén az éppen telített betonok földnedves és kissé képlékeny (S1 és F2) konzisztenciával rendelkeznek, a mai kivitelezési módszerek viszont rendszerint ennél lágyabb anyaggal dolgoznak, ezért az éppen telített beton tervezése és felhasználása ritka.

$$V_{p0} = 340 + 50 * \left( \lg \frac{m}{4} \right) - 38 * \left( e^{-\left( \frac{2}{U-0,5} \right)} \right) * \left( m - 1,54 * e^{\left( \frac{1}{U-0,5} \right)} \right) + 45 * e^{-\left( 0,1 * k_v \right)} \quad (5)$$

ahol:

$V_{p0}$  = adalékanyag pépigénye,  $l/m^3$

$m$  = adalékanyag finomsági modulusa

$U$  = adalékanyag egyenlőtlenségi együtthatója

$k_v$  = a választott konzisztenciához tartozó, az adalékanyag mért vibrációs ideje, s

### 3.5. táblázat: Tájékoztató pépigények [liter/ $m^3$ ]

$d_{\max}$	görbe	FN	KK	K	F	m	U
		$k_v=30$	$k_v=10$	$k_v=2$	$k_v=0,05$		
16	C	234	248	268	276	4,82	25,1
	B	211	226	246	254	5,56	23,9
	A	193	207	227	236	6,62	12,9
24	C	223	238	258	266	5,1	29,2
	B	196	210	231	239	5,96	29,6
	A	177	192	212	220	7,13	13,2
32	C	213	228	248	256	5,38	32,7
	B	184	198	219	227	6,25	36,6
	A	161	175	196	204	7,54	15

Szükséges tervezési adat az adalékanyag frakciók hézagmentes anyagsűrűsége, melyet a bányá termékjellemzői közül ki tudunk olvasni, vagy saját méréssel is megállapíthatjuk.

### A beton összetételének számítása

A keveréktervezés elsőnek megalkotott és máig alapvetően fontos összefüggése a nyomószilárdság – víz/cement tényező közti kapcsolat. Ez akkor tapasztalati, kísérleti értékpárok sokaságának feldolgozását jelentette, amelynek végeredménye egy

$$R = A \left( \frac{1}{x} - B \right) \quad (6)$$

általános alakú függvény lett, ahol  $R$  = nyomószilárdság,  $x$  = víz/cement tényező;  $A$  és  $B$  számítási állandó. Korábban a cementgyárak közölték a cementhez tartozó  $A$  és  $B$  paraméter állandóikat a betontervezéshez. Ujhelyi János szerint a cementfajta és  $v/c$  tényező ismeretében a várható 28 napos szilárdságok az alábbi tartományokban lesznek:

CEM 32,5 szilárdsági jelű cement esetén:

$$\text{felső burkológörbe: } f_{\text{cm,cube,H}} = 470 \cdot e^{-3,2 \cdot x^{0,6}}$$

$$\text{alsó burkológörbe: } f_{\text{cm,cube,H}} = 410 \cdot e^{-3,3 \cdot x^{0,63}}$$

CEM 42,5 szilárdsági jelű cement esetén:

$$\text{felső burkológörbe: } f_{\text{cm,cube,H}} = 410 \cdot e^{-3,3 \cdot x^{0,63}}$$

$$\text{alsó burkológörbe: } f_{\text{cm,cube,H}} = 375 \cdot e^{-3,5 \cdot x^{0,65}}$$

CEM 52,5 szilárdsági jelű cement esetén:

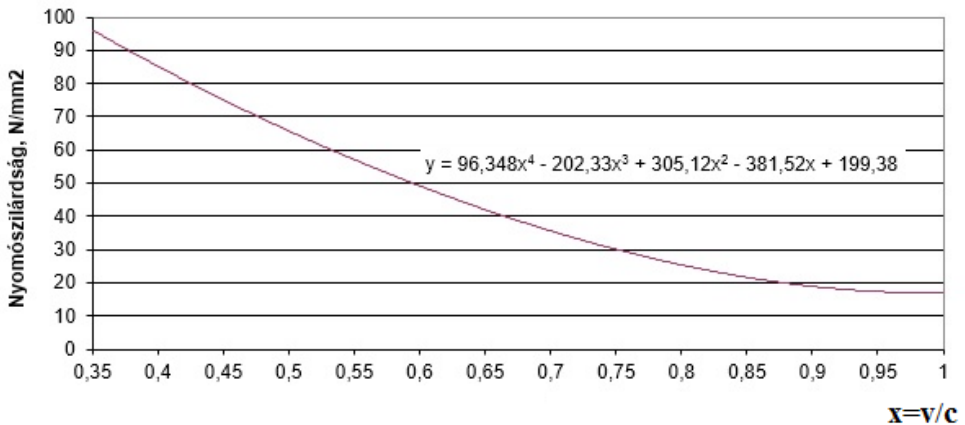
$$\text{felső burkológörbe: } f_{\text{cm,cube,H}} = 375 \cdot e^{-3,5 \cdot x^{0,65}}$$

$$\text{alsó burkológörbe: } f_{\text{cm,cube,H}} = 355 \cdot e^{-3,9 \cdot x^{0,68}}$$

ahol

$f_{\text{cm,cube,H}}$  a 15 cm-es, 7 napos korig vízben, utána laborlevegőn tárolt kockák átlagos nyomószilárdsága N/mm<sup>2</sup>-ben. Azonos cementfajta felhasználásával saját v/c – nyomószilárdság értékpárok felvételével saját görbét alkothatunk, amely csak arra a cementfajtára lesz érvényes. Ezeket a Cemkut Kft.-től meg lehet kérni, de tisztázni kell, hogy a nyomószilárdság vegyes tárolásra (H), vagy végig vízben tárolásra vonatkozik-e. A mai matematikai felkészültséggel már három összetartozó v/c - szilárdság értékpár elegendő a becslő függvény megalkotásához.

### CEM II/B-S 42,5 N



### 3.2. ábra: Példa a fenti cementre fölvevett v/c- $f_{\text{cm,cube,H}}$ összefüggésre.

A módszer lépései egy példán bemutatva:

Idézet Dr. Ujhelyi Jánostól (az ott alkalmazott régi jelölésekkel):

Szélsőséges fagyhatásnak kitétt C 20-16/K-f 75 jelű vasbeton szerkezetet kell készíteni. Az erre vonatkozó előírások e melléklet B. fejezete szerint a következők:

- C 450 pc-t kell alkalmazni;
- az adalékanyag osztályozott legyen (A-B határgörbék között);
- a víz/cement tényező megengedett értéke :  $x = 0,45$ ;
- átlagosan 5,5 térf. % (VI=55 liter/m<sup>3</sup>) légpórust kell a betonban kialakítani.

A D=16 mm, A-B határgörbék között lévő adalékanyag szemmegoszlása a következő:

d mm	0,063	0,125	0,25	0,5	1	2	4	8	16
a %	1	2	7	13	22	33	48	70	100

### Az 1. tervezési séma szerint:

$$m=6,04; y_1 = \{(\lg 0,5 - \lg 0,25) : (13-7) * (10-7) + \lg 0,25 = -0,4515$$

$d_{10} = 10^{y_1} = 0,3536$  mm. A 70 % áthulláshoz  $d_{70} = 8$  mm tartozik, ezért  $U = 8 : 0,3536 = 22,6$ .

$$V_{p0,40} = \left( 340 + 50 * \lg \frac{6,04}{4} \right) - 38 * e^{-\frac{2}{22,6-0,5}} * \left( 6,04 - 1,54 * e^{\frac{1}{22,6-0,5}} \right)$$

Az FN konzisztenciájú betonkeverék pépigénye:

tehát

(megjegyzés: az alábbi képletekben  $k_s$  helyett  $k_v$  [s] értendő, mert mértékegysége: s)

$V_{p0,40} = 348,9 - (34,712 * 4,429) = 195,2$  liter/m<sup>3</sup>, ebből a K jelű ( $k_v=2$ ) konzisztenciához tartozó pépigény:

$$V_{p0,2} = 195,2 + 45 * e^{-0,2} = 232 \text{ liter/m}^3.$$

Az adalékanyag agyag-iszap tartalma előírás szerint  $f = 3$  térf %, ezért a vízigény:

$$A = 0,3 * e^{-0,22 * (0,1 * k_s)^{0,35}} = 0,2647 \text{ és } B = 0,17 * e^{-0,13 * (0,1 * k_s)^{0,32}} = 0,1837$$

ebből

$$w_a = 0,2647 * e^{-0,1837 * 6,04} = 0,08726$$

$$R = A \left( \frac{1}{x} - B \right)$$

A 450 pc átlagos fajlagos felülete  $S=340$  m<sup>2</sup>/kg, ezért vízigénye:

$$w_c = [0,3 + 0,00028 * (340 - 100)] * e^{-0,35 * (0,1 * k_s)^{0,25}} = 0,367 * 0,791 = 0,2905$$

Ebből a K ( $k_v=2$ ) konzisztenciájú pép cementtartalma:

$$m_{cp} = 1000 * \{ (1,3,1) + 0,2905 \} = 1631 \text{ kg/m}^3 \text{ és víztartalma: } m_{wp} = 1631 * 0,2905 = 474 \text{ kg/m}^3.$$

A további számításokhoz szükséges adatok összefoglalva:

$$V_{p0,2} = 232 \text{ liter/m}^3; w_a = 0,08726 \text{ az adalékanyag vízigénye, tömegrész}; w_c = 0,2905 \text{ a cement vízigénye, tömegrész}; m_{cp} = 1631 \text{ kg/m}^3 \text{ és } m_{wp} = 474 \text{ kg/m}^3.$$

### A2. tervezési séma szerint:

$m_{a0} = (1000 - 232) * 2,64 = 2027,5$  kg/m<sup>3</sup> az adalékanyag tömege;  $m_{w0} = 2027,5 * 0,08726 = 176,9$  kg/m<sup>3</sup> pedig ennek a vízigénye.

A mértékadó cementtartalom:  $m_{c2} = 176,9 : 0,2905 = 609$  kg/m<sup>3</sup>, az alap-cementtartalom (ameddig csak az adalékanyag vízigényének megfelelő mennyiségű vizet kell adagolni):  $m_{c1} = 609 : 3 = 203$  kg/m<sup>3</sup>.

A vízadagolás-meghatározás számítási állandói:

$$Dm_c = 1631 - 203 = 1428 \text{ és } Dm_w = 474 - 176,9 \approx 297$$

### A3. tervezési séma szerint:

Az előírt víz/cement tényező  $x = 0,45$ , tehát a szükséges cementtartalom (minthogy minden bizonnyal  $m_c > m_{c1}$ ):

$$m_w = 450,2 * 0,45 = 202,6 \text{ kg/m}^3,$$

következésképpen a víz/cement tényező:  $x=202,6:450,2=0,45$ .

A péptartalom:

$$V'_p = (450,2 \div 3,1) + 202,6 = 347,8 \text{ liter/m}^3,$$

a pépkülönbség:

$$\Delta V'_p = 347,8 - 232 = 115,8 \text{ liter/m}^3;$$

az adalékanyag tömör térfogata:  $V'_a = 1000 - 347,8 = 652,2 \text{ liter/m}^3$  és

tömege:  $m'_a = 652,2 \cdot 2,64 = 1721,8 \text{ kg/m}^3$ .

#### A 4. tervezési séma közelítő számítása szerint:

$x' = 0,45 \cdot (768:652,2) = 0,53$ , ebből  $V_1 = 0$  mellett (az átlagos minőségű 450 pc állandóival)

$$R'_0 = 800 \cdot e^{-3,9 \cdot \sqrt{0,53}} = 46,8 \text{ MPa.}$$

A beton légtartalma a légpórusképzés miatt átlagosan  $V_1 = 55 \text{ liter/m}^3$ , ezért az ilyen légtartalmú beton R nyomószilárdsága:

$$R = 46,8 \cdot e^{-0,035 \cdot 5,5^{1,3}} = 33,9 \text{ MPa az átlagszilárdság}$$

Ellenőrzés:

A beton szilárdsági jele: C20, amelyhez 15 cm-es kocka esetén  $R_{k, \text{nom}} = 25 \text{ MPa}$  minősítési szilárdság tartozik. Átlagos esetben a szükséges átlagos nyomószilárdság:  $\bar{R} = R_{k, \text{nom}} \cdot 1,33$  tehát  $\bar{R} = 25,1 \cdot 1,33 = 33,3 \text{ MPa}$ . (25,1 helyett  $R_{k, \text{nom}} = 25 \text{ MPa}$  értendő)

$33,9 > 33,3 \text{ MPa}$  a fagyállósági követelmények (légtartalom!) kielégítésével meghatározott alábbi betonösszetétel a szilárdsági követelményeket is kielégíti:

$m_c = 450 \text{ kg/m}^3$ ,  $m_w = 203 \text{ kg/m}^3$ ,  $m_a = 1722 \text{ kg/m}^3$ ,  $x=v/c=0,45$  valamint 5,5 térfogat% – légpórusképzővel bevitt – légtartalom.

Ha a beton nagyobb nyomószilárdságúra adódott volna az előírtnál, akkor is a fagyállósági követelményt kielégítő, tehát szigorúbb összetételt kellett volna alkalmazni.

Ha viszont a szilárdság kisebbre adódott volna az előírtnál, akkor pl.: KK konzisztenciájú alap-betonkeveréket kellene tervezni (kisebb víz/cement tényezővel) és *képlékenyítő adalékszerrel bedállítani a szükséges K konzisztenciát*.

Megjegyzendő, hogy a  $V_1=5,5$  térf% bevitt légtartalom miatt a tervezett összetételű beton  $1,055 \text{ m}^3$  térfogatú betömörített állapotban. Ezért a ténylegesen felhasználni tervezett mennyiségek 1:1,055 arányban csökkennek a következő értékekre:

$$m_c = 427 \text{ kg/m}^3 \quad m_w = 192 \text{ kg/m}^3 \quad m_a = 1632 \text{ kg/m}^3$$

### 3.4. II. MÓDSZER: DR. PALOTÁS LÁSZLÓ (1905-1993)

A módszer lépései a következők:

- tervezett átlagszilárdság meghatározása,
- ebből a megtervezendő beton v/c tényezőjét számítjuk ki,
- redukált v/c tényező kiszámítása,
- cementmennyiség és finomsági modulus összetartozó értékeinek megkeresése.  
(A módszerben a régi betontechnológiai jelek szerepelnek!)

#### Tervezett átlagszilárdság meghatározása

A tervezési módszer létrehozásának korában 200 mm-es vegyesen tárolt kockákat használtak, ezért arra határozták meg az átlagszilárdságot. A szilárdsági osztályok megfeleltetését a mai jelekre is el kellett végezni (átszámítás Kausay Tibor: Beton, a betonszabvány néhány fejezetének értelmezése p.93. Magyar Mémöki Kamara, 2013 alapján).

### 3.6. táblázat: Mai beton szilárdsági jelek és a Palotás módszerben értelmezett átlagos nyomószilárdságok

"Beton nyomószilárdsági osztálya"	"R <sub>m</sub> a beton átlagos nyomószilárdsága 200 mm-es próbatesten"	"Beton nyomószilárdsági osztálya"	"R <sub>m</sub> a beton átlagos nyomószilárdsága 200 mm-es próbatesten"
C 8/10	14	C 35/45	55
C 12/15	20	C 40/50	61
C 16/20	26	C 45/55	67
C 20/25	32	C 50/60	73
C 25/30	38	C 55/67	81
C 30/37	46		

\* a szilárdsági adatok vegyesen tárolt próbakockákra vonatkoznak

A megtervezendő beton v/c tényezőjének kiszámítása a tervezett átlagszilárdságból a (6) jelű képlet segítségével, R=R<sub>m</sub> átlagszilárdság helyettesítéssel:

$$x = \frac{1}{\frac{R_m}{A} + B} \quad (7)$$

A és B paraméter értékei a mai cement szilárdságosztályoktól függően

Cement osztály	A	B
CEM 52,5	27,5	0,3
CEM 42,5	22	0,3
CEM 32,5	17	0,3

Redukált v/c tényező: x<sub>0</sub> kiszámítása

$$x_0 = \frac{x}{h * h_0 * h_1}$$

(8)

ahol

Konzisztencia megnevezése	Cement osztály		d <sub>max</sub> [mm]		
	h	h <sub>0</sub>		h <sub>1</sub>	
Alig földnedves	0,85	CEM 52,5	0,98	8	1,07
Földnedves	1,00	CEM 42,5	1,00	12	1,04
Kissé képlékeny	1,15	CEM 32,5	1,04	16	1,01
Képlékeny	1,25			24	1,00
Folyós	1,35			32	0,98
Önthető	1,45			63	0,96

$$m = 11 - (x_0 - 0,1) \cdot \frac{c}{23} \quad (9)$$

$$x_0 = 0,1 + \frac{23}{c} * (11 - m) \quad (10)$$

$$m_0 = 2,66 \cdot \lg d_{\max} + 2,2 + 0,0028 \cdot c \quad (11)$$

$$\text{és } 0,89 \cdot m_0 \leq m \leq 1,07 \cdot m_0 \quad (12)$$

ahol m<sub>0</sub> a legkedvezőbb, m a ténylegesen alkalmazott finomsági modulus, a (12)-es egyenlőtlenség ez utóbbinak korlátozása.

A (9) és a (11) egyenlet (utóbbi m<sub>0</sub>=m helyettesítéssel) egy „c-m” koordináta rendszerben jól ábrázolható és a metszés-

pont megadja az  $m_0$ -hoz tartozó cementtartalmat. (Különbéle konzisztenciákra és  $d_{\max}$  értékekre az egymást metsző egyeneseket lásd Balázs György: Építőanyagok és kémia, 335. oldal. 7.35 ábra.)

Próbálgatásként az MSZ 4798:2016-ban előírt legkisebb cementtartalomhoz:  $c_{\min}^{\text{MSZ}}$  meghatározhatjuk az  $m$ -et, és ezt a (12) alapján ellenőrizzük, illetve a meglévő adalékanyagunkhoz ( $m, d_{\max}$ ).

Próbálgatás helyett három nevezetes ponton is kiszámíthatunk összetartozó  $m$  és  $c$  értékeket.  $m$  három lehetséges értéke  $m=1,07m_0$ ;  $m=m_0$  és  $m=0,89m_0$

Ha  $m=1,07m_0$  (durvább adalékanyag), akkor a (9) és (11) képlet behelyettesítésével, rendezésével,  $c$  kifejezésével egy cementtakarékos „ $c_{\min}$ ” értékre az alábbi képletet kapjuk:

$$c_{\min} = \frac{198,858 - 65,4626 \cdot \lg d_{\max}}{x_0 - 0,031092}$$

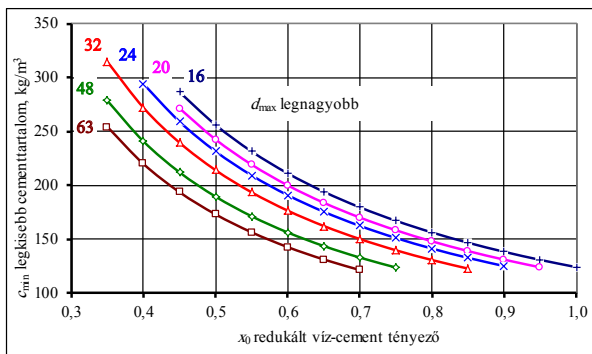
Ha  $m=m_0$  (jól bedolgozható, legkedvezőbb modulusú), akkor a (9) és (11) képlet behelyettesítésével, rendezésével,  $c$  kifejezésével „ $c_{\text{közepes}}$ ” értékre az alábbi képletet kapjuk:

$$c_{\text{közepes}} = \frac{202,4 - 61,18 \cdot \lg d_{\max}}{x_0 - 0,0356}$$

Ha  $m=0,89m_0$  (finomabb adalékanyag), akkor a (9) és (11) képlet behelyettesítésével, rendezésével,  $c$  kifejezésével egy cementben dúsabb (jól bedolgozható) „ $c_{\max}$ ” értékre az alábbi képletet kapjuk:

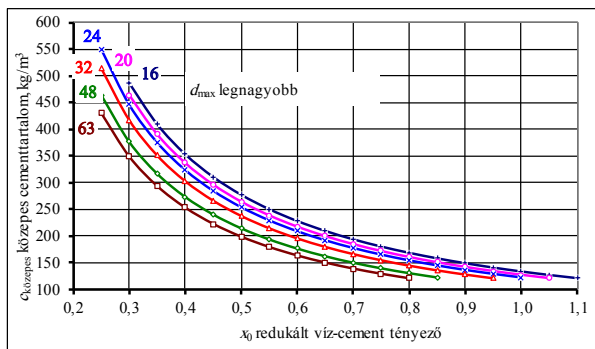
$$c_{\max} = \frac{207,966 - 54,4502 \cdot \lg d_{\max}}{x_0 - 0,042684}$$

Ez utóbbi összefüggés jobb oldalán csak ismert mennyiségek állnak, ezért azok bármelyikéből az éppen keresett  $c$  cementtartalom, majd az ahhoz tartozó  $m$  finomsági modulus minden nehézség, próbálgatás nélkül kiszámítható.

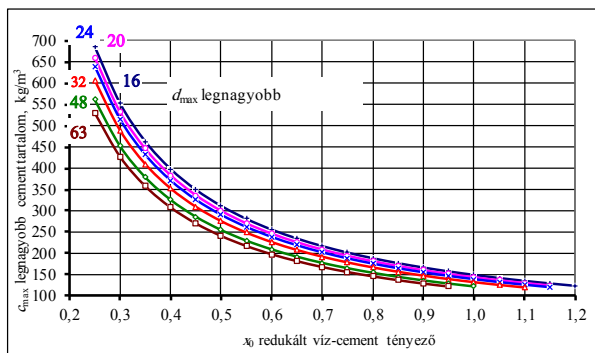


**3.3. ábra: A kavicsbeton legkisebb (cementtakarékos) cementtartalma a redukált víz/cement tényező és a legnagyobb szemmagyság függvényében**





**3.4. ábra: A kavicsbeton közepes cementtartalma a redukált víz/cement tényező és a legnagyobb szem-nagyság függvényében**



**3.5. ábra: A cementben dúsabb kavicsbeton legnagyobb cementtartalma a redukált víz/cement tényező és a legnagyobb szem-nagyság függvényében**

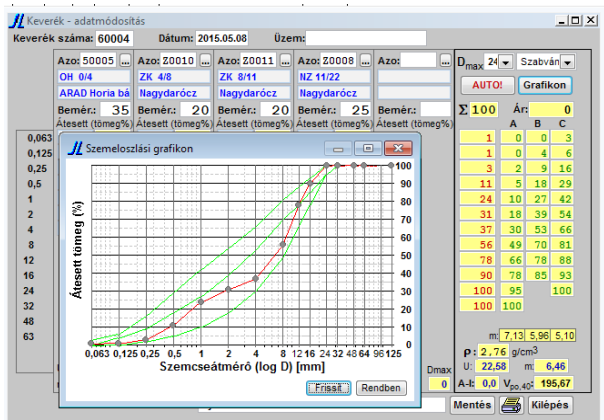
(Megjegyzés: a nagyon „sűrű” 3.5. ábrán leolvasotthoz képest az említett grafikus megoldás pontosabb értéket adhat, lásd Balázs György, fent hiv. mű.)

A betonösszetétel tervezésének befejező lépéseként kiszámítjuk a (7) képletből adódó víz/cement-tényező alapján a fent kapott cementtartalomhoz a víztartalmat és a levegőtartalmat. Feltételezve (előírva) 1000 liter betömörített betonkeverékhez az adalékanyag térfogata és ebből tömege meghatározható (kg-os és térfogat szerinti összetétel). Ezután próbakeverést végezve, a frissbetont (konzisztencia, kivérzés) és a készített próbatesteket (testsűrűség, légtartalom) vizsgálva ellenőrizzük a betonösszetétel tervezés eredményeinek gyakorlati megfelelőségét. A készített próbatestek szilárdságát meghatározzuk a választott időpontban (a 28 napos kor minősítő értékű).

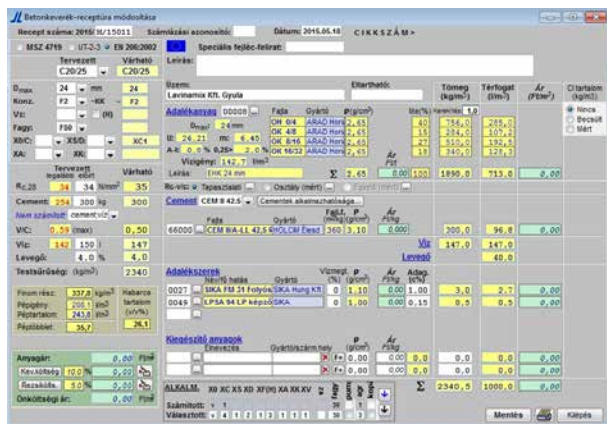
### 3.5. MATEMATIKAI SZÁMÍTÁS ELVÉGZÉSE MAI ESZKÖZÖK SEGÍTSÉGÉVEL

A cél minél gyorsabb elérése érdekében 15 évvel ezelőtt Dr. Ujhelyi János módszerének a felhasználásával, konzultációkkal kialakítottuk azt a számítási sorrendet, amely minden számítási képlet változtatlan hagyásával és felhasználásával, a kiindulási adatok ismeretében egy számítási menettel megalkotja a cél-összetételt.

Ennek során, programozó háttérrel is igénybe véve, közösen alkottunk egy számítógépes tervező alkalmazást (B-Design).



3. 6. ábra: A tervező alkalmazás első része az adalékanyag keverék tervezése.



3. 7. ábra: Számítógépes betontervezés második rész: beviteli felület-receptúra

A kezelőfelületen csak a kiindulási és a célparaméterek láthatóak, a számításához felhasznált, de a betonösszetételben nem megjelenő számítási állandók háttérben maradnak.

Az alap számítási állandók megváltoztatására is van lehetőség. Pl.: konzisztenciához tartozó kifolyási idő ( $k_v$ ) érték.

**Számítási állandók**

**Adalékanvagy**  
 Átlagsűrűség (homok,kavics)  $\rho_a$  (kg/m<sup>3</sup>): 2,64  
 Átlagsűrűség (bazalt,andezit)  $\rho_{a,z}$  (kg/m<sup>3</sup>): 2,85

**Cement**  
 Átlagsűrűség  $\rho_c$  (kg/m<sup>3</sup>): 3,10

**Betonkeverék**

Konzisztencia:	FN	KK	K	F
Viztartóképeség $k_v$ (sec):	30,0	10,0	3,0	0,6
Cementpép vízigénye $w_c$ (-):	0,231740	0,258815	0,283450	0,308700

Konzisztencia:	F1	F2	F3	F4	F5
Viztartóképeség $k_v$ (sec):	32,2	11,2	3,4	1,0	0,3
Cementpép vízigénye $w_c$ (-):	0,231500	0,257000	0,281000	0,301000	0,319000

Konzisztencia:	S1	S2	S3	S4
Viztartóképeség $k_v$ (sec):	10,0	2,7	1,0	0,5
Cementpép vízigénye $w_c$ (-):	0,258815	0,286840	0,302680	0,314830

Pépigény csökkentése a levegőtartalommal max. (liter/m<sup>3</sup>): 0

Alapértelmezett értékek      Mentés      Kilépés

### 3.8. ábra: számítógépes betontervezés alapadatai

A matematikai számítások után, de még inkább előtte, szükség van a beton *mémőki* tervezésére. A betontechnológia ugyanis tapasztalati tudomány és a matematikailag (amely nagyon sok tapasztalati függvényt alkalmaz) kiszámolt összetétel nem ad választ közvetlenül mindenre.

Nem számítható ki az elért konzisztencia, nem tervezhető- csak számítás alapján feltételezhető- az elérhető legtömörőbb frissbeton testsűrűsége, a beton szivattyúzhatósága, a beton konzisztenciájának eltarthatósága.

Ezen tulajdonságok nélkül a matematikai összetétel szükséges, de nem elégséges feltétel a sikeres tervezéshez. A tervezés befejező lépéseként a tervezett keveréket meg kell keverni ténylegesen laborban vagy üzemben, és a frissbeton keverék tulajdonságait vizsgálni kell. A vizsgálati eredmények ismeretében dönthető el a tervezett keverék alkalmasága és a receptúra szükséges módosítása.

Ennek a *mémőki* tervezésnek volt képviselője Dr. Zsigovics István. Az ő irányelveit idézzük az alábbiakban [Zsigovics I, Beton szakmai havilap 2007/11 nov. 3. oldal.]

## 3.6. A BETONKEVERÉKEK TERVEZÉSE DR. ZSIGOVICS ISTVÁN (1949-2015) SZERINT

A minőségi igények és a folyósító adalékszerek nagymértékű fejlődése újabb kihívásokat eredményezett a betonok tervezésében is.

A minőségi igények növekedése alapvetően a vasbeton és betonszerkezetek tartóssági igényeinek tovább növeléséből, valamint a betonok konzisztencia eltarthatósággal kapcsolatos magasabb elvárásaiból származik.

A tartósságot a beton szilárdsága, tömörsége, kis zsugorodása, utókezelése, pórusszerkezete és a cement kiválasztása biztosítja. A transzportbetonok esetében gyakorlati elvárás, hogy a beton konzisztenciája a helyszínen területessel mérve 450-550 mm, öntömörödő betonnál 700-800 mm legyen. Az előregyártásban is a szép felület igénye miatt egyre inkább áttérnek a nagyobb teljesítőképességű frissbetonok alkalmazására.

### Tervezési módszerek

A betontechnológia elengedhetetlen része a *keverék összeállítás*, a *betontervezés*. Receptúra nélkül betontechnológiai utasítást kiadni nem szabad.

A megadott betonösszetételhez négyféle módon lehet eljutni.

- „felírjuk”
- a meglévő receptúrát adaptáljuk
- valamely kidolgozott tervezési módszer segítségével megtervezünk
- kutatás-fejlesztés révén elkészítjük: ez legtöbbször optimum keresési feladat.

Minden tervezési módszerben közös, hogy a receptúra teljesítőképességét laboratóriumi próbakeveréssel igazolni kell. A teljesítőképesség igazolása legalább a frissbeton testsűrűségének és konzisztenciájának, a konzisztencia eltarthatóságának és a beton szilárdságának igazolásából áll. Célszerű a receptúrát ipari próbakeveréssel is ellenőrizni. Ebben az esetben a teljesítőképesség igazolásához hozzátartozik legalább a víztartalom és a frissbeton testsűrűségének mérése és a légtartalom mérése vagy számítása is. A fő szabály az, hogy a beton jelében lévő mérhető követelményeket kell igazolni mind a friss, mind a megszilárdult betonon.

Az utóbbi időben egyre hangsúlyosabb a frissbeton teljesítőképességének (tulajdonságainak) megtervezése is, mivel a betontechnológia végrehajthatósága ettől függ (öntömörödő beton, nagy kezdőszilárdságú betonok, „easycrète betonok” stb.).

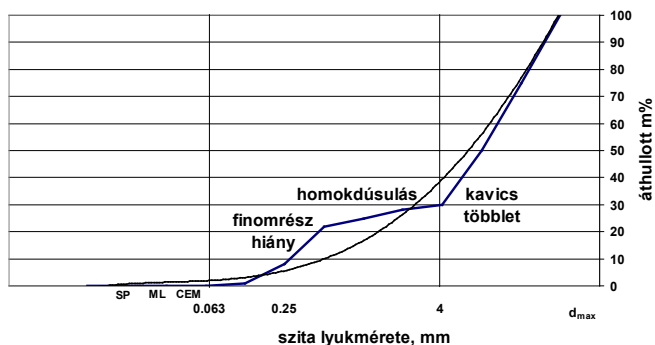
### Az alapvető tervezési irányelvek

- Cementtartalom csökkentése (zsugorodás, hőfejlődés, repedésérzékenység, telítettség, tömöríthetőség miatt)
- Homoktartalom csökkentése (töppedés, vízigény, kivézés, repedésérzékenység, tömöríthetőség, légtartalom, adalékszerigény miatt)
- Víztartalom csökkentése (zsugorodás, repedésérzékenység, vízzáróság, szilárdság, telítettség, kivézés, tömöríthetőség miatt)
- Amire a betonnak szüksége van, amit növelni kell: finomrésztartalom (lisztfinomszemcsék 0,125 mm alatt, finomrészek 0,25 mm alatt az előírt vagy alkalmas határok között), jó minőségű folyósító adalékszer

Úgy is megfogalmazhatnánk az alapvető irányelveket, hogy a sok cement, a sok víz, a túl sok homok sok problémát okoz!

### További irányelvek

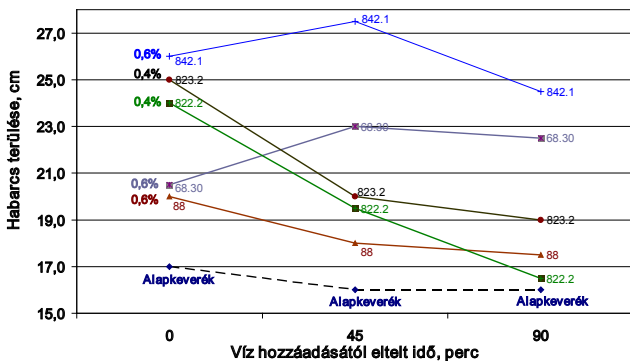
A beton teljesítőképességét jelentősen befolyásolja a homok szemmegoszlása, az ideálistól való eltérése (3.9. ábra).



3.9. ábra: Homokos kavics adalékanyag szemmegoszlásának jellegzetességei (Zsigovics, 2007)

Az ábrán a 0,063 mm alatt a cement (CEM) és adott esetben a mészköliszt (ML), illetve a szilikapor (SP) szerepel.

Az adalékszerrel a feladatnak és a cementtel való összeférhetőségnek megfelelően kell megválasztani. Az összeférhetőséget és a konzisztencia eltarthatóságát habarcsvizsgálatokkal célszerű megállapítani (3.10. ábra).



3.10. ábra: Összeférhetőség és konzisztencia eltarthatóság habarcsvízgátatokkal (Zsigovics, 2007)

A beton egyes tulajdonságai, teljesítőképessége javítható mészkölszttel (oldódásos korrózió esetén nem alkalmazható!), zúzottkővel, szilikaporrall vagy szuszpenzióval, metakaolinnal, őrlt granulált kohósalakkal és pernyével.

A cementtartalmat csökkenteni a szilárdsági igényeket szem előtt tartva a szükséges víztartalom függvényében lehet.

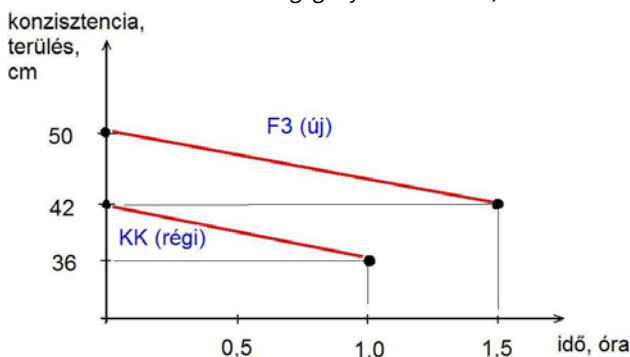
Homoktartalmat csökkenteni a szétosztályozódási hajlam figyelembevételével szabad.

Vízet csökkenteni 150 l/m<sup>3</sup>-ig célszerű. Ennél kevesebb vízadagolás esetén jelentősen nő a frissbeton folyósító adalékszer igénye és konzisztencia érzékenysége, már kis mértékű (5-10 l/m<sup>3</sup>) víztartalom változásra is. Célszerű, ha lehet 160 l/m<sup>3</sup> víztartalom fölött maradni.

A beton 170 l/m<sup>3</sup> víztartalomig (víztartalom szempontjából) kis zsugorodásának tekinthető.

A keverés utáni konzisztenciát 500-600 mm közé kell beállítani. 600 mm felett a beton kezd szétesni, és átjutunk az öntömörödő betonok tartományába. 500 mm alatti konzisztencia esetében nem, vagy nehezen biztosítható a beton konzisztencia eltarthatósága. A konzisztencia vízzel (csak ha engedélyezték!), jobb esetben adalékszerrel való beállítása a betonozás helyszínén *tuladagolás* esetén könnyen a beton szétosztályozódásához vezethet.

A konzisztencia eltarthatóság igénye minimum 1,5 óra.



3.11. ábra: A beton konzisztencia eltarthatóságának javasolt követelménye (Zsigovics, 2007)

A *beton tartóssága* jelentősen növelhető a cementtartalomra vonatkozó legfeljebb 10 m% szilikapor adagolással.

A *beton zsugorodása* csökkenthető az utókezelés időtartamának hosszabbításával, az acélszal-adagolás növelésével, víztartalom csökkentéssel, péptartalom csökkentéssel, valamint zsugorodáskompenzáló adalékszer adagolással. Különösen hatékony az acélszal és a zsugorodás kompenzáló adalékszer együttes alkalmazása.

## Telített betontervezési módszer

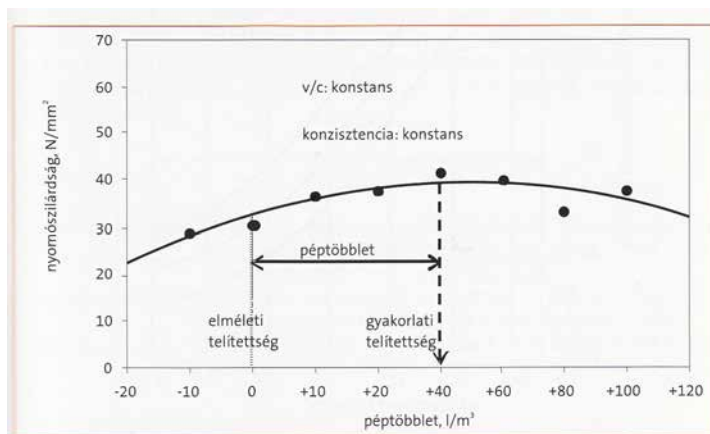
### 1. Az adalékanyag hézagterfogatának meghatározása:

- méréssel
- számítással, képletek alapján
- grafikus függvényről való leolvasással a  $d_{max}$  és a finomsági modulus függvényében.

A **mérés** 1:2 arányú hengeres edényben kell elvégezni. Az edény mérete minél nagyobb legyen, de legalább 5 liter térfogatú. Az adalékanyag nedvességtartalma a képlékeny konzisztenciához tartozó víztartalom legyen. Az így kapott adalékanyag hézagterfogatot elméleti telítettségnek nevezzük.

### 2. A gyakorlati telítettség meghatározása:

A gyakorlati telítettséget szilárdságvizsgálatokkal határozzuk meg. Az elméleti telítettségből kiindulva növekvő péptartalmakkal betonkeverékeket készítünk, és a próbatesteket 28 napos korban eltörjük. A keverékek konzisztencia azonosságát folyósító adalékszerrel biztosítjuk. Az eredmények kiértékelése az alábbi ábra alapján lehetséges.



### 3.12. ábra: A gyakorlati telítettség meghatározása nyomószilárdság vizsgálatokkal

Az elméleti és a gyakorlati telítettség közötti különbség a pépigény többletet illetően az alábbiaktól függ:

- konzisztencia
- szemmegoszlás és  $d_{max}$
- tömörítés módja.

## 4. TRANSPORTBETON KÉSZÍTÉS

### 4.1. A TRANSPORTBETON KÉSZÍTÉS TECHNOLÓGIÁJA (CZIRJÁK JÁNOS)

#### 4.1.1. A BETONÖSSZETÉTEL TERVEZÉSÉNEK SZEMPONTJAI

A tervezett és az előírt receptúrájú betonok összetételét és alkotóanyagait úgy kell kiválasztani, hogy teljesüljenek a friss- és a szilárd betonra előírt követelmények, nevezetesen a konzisztencia, a testsűrűség, a szilárdság, a tartósság, figyelembe véve a gyártási eljárást és a betonmunkák kivitelezésének a tervezett módját. [MSZ 4798:2016 5.2.1, 6.1, 6.2, 6.3 szakasz]

A betonösszetétel tervezésének menete attól függ, hogy a beton megrendelője **előírt összetételű** vagy **tervezett betonkeveréket** rendel.

Ha **előírt** összetételű **betont** rendelnek, akkor az MSZ 4798:2016 6.3 fejezete szerint kell eljárni. Az előírt összetételű beton esetén a követelmények teljesüléséért az előíró felel, a gyártó csak az előírt alapanyagok alkalmazásáért és a keverési arányért felelős.

A transzportbeton gyártásban az esetek zömében **tervezett betont** rendelnek.

Tervezett beton rendelésekor a megrendelőnek az MSZ 4798:2016 szabvány 6.2 pontja szerinti, és még esetleg további követelményeket kell megadnia:

- nyomószilárdság osztályát;
- környezeti osztályt vagy osztályokat;
- a megengedett legnagyobb kloridtartalmat;
- az adalékanyag legnagyobb névleges szemmagyságát;
- a betonkeverék konzisztenciájának megnevezését (lehetőleg jelét);
- a betonozás körülményeit, speciális követelményeket (hideg/meleg időjárás, cölöp, lőttbeton, stb.)
- a kívánt eltarthatósági időt.

A betonösszetétel tervezésénél a tervező által megadott nyomószilárdsági osztálynak ki kell elégítenie a környezeti osztályokra előírt nyomószilárdsági követelményeket (MSZ 4798:2016 F1 és NAD F1 táblázat). Ha valamilyen okból a statikus tervező csak a mechanikai igénybevételeket kielégítő nyomószilárdság osztályt adta meg, akkor a megadott környezeti osztályok követelményei alapján a legszigorúbb követelményeket kell figyelembe venni. Az így meghatározott nyomószilárdság osztály követelményeire kell a betonösszetételt tervezni. Így mind a mechanikai, mind pedig a környezeti igénybevételek figyelembevételre kerültek a tartósság érdekében.

Amennyiben a betonösszetétel tervezésénél a környezeti igénybevételek és/vagy azok mértéke nem ismeretek, akkor az erre vonatkozó információkat a betonszerkezet tervezőjétől kell kérni. A tervezett betonszerkezetet funkciójából, elhelyezkedéséből adódó, valamint specifikus mérésekkel meghatározott környezeti igénybevételek ismeretében azok a környezeti osztályok, amelyek figyelembevételével a betonösszetétel az igénybevételeknek megfelel az MSZ 4798:2016 4. és 5. fejezete alapján meghatározhatók.

**A nyomószilárdság tervezésénél** alapvetően a víz/cement tényező és a nyomószilárdság összefüggéséből adódó, az adott cementre érvényes függvényt lehet felhasználni. Meg kell azonban említeni, hogy a függvény alapján meghatározott betonösszetétel (3. fejezet) leginkább csak a próbakeverésre alkalmazható. A próbakeverés (kezdeti vizsgálat) eredményei alapján lehet azokat a finomításokat megtenni, amikkel az összetétel alkalmassá válik a gyártásra. A kezdeti gyártás időszakában nyert eredmények, tapasztalatok további finomításokra, módosításokra adnak lehetőséget az optimális összetétel meghatározásához.

A *típusvizsgálat* (3.1.5.9) alapján a következőket kell dokumentálni:

- a beton teljes megnevezését;
- az egyes alkotórészek mennyiségét  $\text{kg/m}^3$ -ben és  $\text{liter/m}^3$ -ben  $1 \text{ m}^3$  tömör betonhoz, valamint az adalék- illetve kiegészítőanyag szemcseméret-eloszlását, mérethatárait;
- az alapanyagok gyártási helyét és minőségi jelét;
- az adalékszerek gyártóját és adagolási mennyiségét;
- a frissbeton levegőtartalmát;
- a frissbeton testsűrűségét;
- a frissbeton konzisztenciáját (jellel, számmal és tűréssel, stb.);
- a mintavétel adatait;
- a megszilárdult beton tulajdonságainak vizsgálati eredményeit, és azok értékelését;
- eltarthatóságot.

**A beton adalékanyagváznak szemcseméret-eloszlása** elsősorban elégítse ki az MSZ 4798:2016 E5 mellékletében lévő, a névleges maximális szemnagyságnak megfelelő határgörbék követelményeit és/vagy az adott speciális alkalmazásnál megadott szabványok előírásait (pl.: útépités). Az adalékanyag névleges maximális szemnagyságának nem szabad nagyobbak lennie az alábbi feltételekben meghatározott méretek legkisebbikénél:

- a szerkezet rész legkisebb méretének  $1/3$ -a;
- az névleges betonfedés  $2/3$ -a;
- az acélbetétek, illetve feszítőacélok egymástól való legkisebb távolságának (a legkisebb szabad nyílásnak)  $2/3$ -a;
- szivattyús betonszállítás esetén a szivattyúvezeték átmérőjének  $1/3$ -a.

Ezen felül a szemcseméret-eloszlás célszerűen (a felhasználás igényeitől függően) a lehető legnagyobb finomsági modulusú legyen (vízigény csökkentés, de elegendő finomrész ( $< 0,25 \text{ mm}$ ,  $< 0,125 \text{ mm}$ ) tartalom a felhasználástól függően).

**A meghatározott frissbeton konzisztencia (4.1.3) vízigényét** az alkalmazott cement és az adalékanyagok (valamint kiegészítőanyagok) vízigénye, valamint a cement és az adalékanyag tömegaránya határozza meg.

A jobb teljesítőképességű, tartósságú beton eléréséhez – a műszaki korlátok ismeretében – olyan cementet és adalékanyagokat (adalékanyagvázat) célszerű választani, amelyeknek kisebb a vízigénye.

**Adalékszereket** leggyakrabban a frissbeton adott konzisztenciához tartozó vízigényének csökkentésére alkalmazunk úgy, hogy közben fenntartjuk a kívánt konzisztenciát. Ezért fontos tulajdonság – mások mellett – az adalékszer (elsősorban képekényítő és folyósító adalékszerek) vízcsökkentő kapacitása. A képekényítő adalékszerek kapacitása általában  $4-6 \text{ m/m}\%$ , míg a folyósítószereknél ez  $8-30 \text{ m/m}\%$  vízcsökkentés.

Adalékszer adagolásával az adott víz/cement tényezőjű beton kevesebb vízzel és ennek megfelelően kevesebb cementtel, azaz kevesebb cementpéppel gyártható az elvárt konzisztencia fenntartása mellett. A cement és a víz egyidejű csökkentésével azonban csökken a beton péptartalma is, ami a frissbeton egyes tulajdonságait (pl.: szivattyúzhatóság) hátrányos irányba mozdíthatja el. Meg kell jegyezni, hogy ugyanakkor a megszilárdult betonban a csökkent péptartalom pozitív jelentőségű változást eredményez – kevesebb cementkő, kevesebb porozitás, jobb tartósság. Látható, hogy a konzisztencia fenntartására adagolt vízcsökkentő adalékszerek típusának megválasztása és adagolásának beállítása optimumkeresési feladat. Ezt a feladatot laboratóriumi és üzemi próbakeverésekkel lehet megoldani, különösen szükség ez új adalékszer alkalmazásakor.

A betonban tervezéskor figyelembe vett **levegőtartalomra** (ami a bedolgozás után elméletileg bennmarad a szerkezetben) az MSZ 4798:2016 szabvány NAD F2. táblázata, valamint mesterséges légpórusképzés esetén a NAD F3. táblázata ad információt.



#### 4.1.2. AZ ALAPANYAGOK KIVÁLASZTÁSA

**A cement** kiválasztása a következő tényezők figyelembevételével történjék:

- a beton tervezett felhasználása (pl.: szilárdulási ütem, korai szilárdság, utószilárdulás);
- a kivitelezés körülményei (pl.: kötéskezdet és kötésvég, vízigény);
- az utókezelési feltételek (pl.: órlési finomság, vízigény);
- a szerkezet méretei (a hőfejlődés);
- a környezeti körülmények, amelyeknek a szerkezet ki lesz téve (lásd az MSZ 4798:2016 4.1. szakaszt) pl.: karbonátosodás, szulfátos talajvíz;
- az adalékanyag esetleges reakcióképessége a kötőanyagokból származó alkáliakkal (alkalitalalom).

A cementek kiválasztásánál figyelembe kell venni az MSZ 4798:2016 Q melléklet ajánlásait.

A transzportbetonban felhasználandó cementeknek általánosan meg kell felelniük az MSZ EN 197-1 szabványnak.

**Az adalékanyagok** kiválasztásánál figyelembe kell venni a következőket:

- a kivitelezés módját (pl.: szivattyúzhatóság – finomrésztartalom);
- a beton tervezett felhasználását (pl. : magas-, mélyépítés → természetes aprózódású, vagy útépítés → zúzott);
- a környezeti körülményeket, amelyeknek a szerkezet ki lesz téve (pl.: fagyállóság, kopásállóság);
- a felületen megjelenő adalékanyagra vagy a szerszámmal megmunkált betonfelület adalékanyagára bármely szükséges követelményt (pl.: szín, porozitás, kopásállóság).

A betonkeverék készítéséhez adalékanyagként az MSZ EN 12620, és az MSZ EN 13055 szabvány szerinti termékeket lehet felhasználni. Osztályozatlan adalékanyagot csak C12/15 szilárdsági osztályig szabad teljes mennyiségben alkalmazni. *Visszanyert* adalékanyagot az összes adalékanyag mennyiségének 5 tömeg % - ig szabad a betonhoz adagolni. Újrahasznosított adalékanyag felhasználására vonatkozó ajánlásokat az MSZ 4798:2016 E melléklete tartalmazza.

**Keverővízként** minden hálózati ipari- és ivóvíz felhasználható, mert azt a szolgáltató folyamatosan ellenőrzi. Fürt kútból vagy más természetes forrásból származó vizet felhasználás előtt szaklaboratóriumban be kell vizsgáltatni az MSZ EN 1008 szabvány előírásainak megfelelően. Gyógyvíz, artézi víz nem használható.

A betongyártásból származó újrahasznosított vizet az MSZ EN 1008 szabvány előírásainak betartásával szabad felhasználni.

**Az adalékszerek** alkalmazásánál a következőket kell figyelembe venni:

Az adalékszerek általános alkalmasságát az MSZ EN 934-2 szerint állapítjuk meg.

- az adagolt mennyiség nem lehet több az adalékszer gyártója által javasolt maximális mennyiségnél;
- 50 g/kg cement mennyiségnél (5 m/m%) csak akkor szabad nagyobb mennyiséget adagolni, ha annak hatását a beton tulajdonságaira (friss és megszilárdult) igazolták;
- 3 l vagy annál több adalékszer/m<sup>3</sup> frissbeton adagolása esetén az adalékszer víztartalmát be kell számítani a keverővízbe;
- több adalékszer alkalmazása esetén az adalékszerek összeférhetőségét és az adagolás sorrendjét igazolni kell – általában ezt a gyártó igazolja. Nem célszerű különböző gyártóktól származó adalékszereket együtt használni.

**A kiegészítőanyagok** kiválasztásánál I. típusú (inert) és II. típusú (puccolános vagy látens hidraulikus) kiegészítőanyag kiválasztására van lehetőség. Mindkét típusú kiegészítőanyag betonban történő használatának megfelelőségét alkalmassági vizsgálattal kell igazolni (MSZ 4798:2016 A melléklet). A kiegészítőanyagok általános alkalmasságára vonatkozó előírásokra az MSZ 4798:2016 5.1.6 szakasza ad tájékoztatást.

A II. típusú kiegészítőanyagokat kötőanyagként a  $k$ -érték vagy az egyenértékű teljesítőképesség elve szerint lehet beszámítani. A II. típusú kiegészítőanyagok általában javítják a beton tartósságát.

A kiegészítőanyagok alkalmazására vonatkozóan az MSZ 4798:2016 5.2.5. szakasza tartalmaz előírásokat.

**Száladagolás** esetén a keverékhez olyan előírt típusú és mennyiségű szál adagolható olyan eljárással, amely biztosítja a szálak egyenletes elkeveredését az adagban.

**A megengedett legnagyobb kloridtartalom** ismeretében minden alkalmazandó alapanyag kloridtartalmát figyelembe kell venni és az összes kloridtartalom nem lehet magasabb az előírt kloridosztályban megengedett értéknél. Az egyes kloridosztályokban megengedett maximális kloridtartalmakra - a felhasznált cement tömegszázalékában kifejezve - az MSZ 4798:2016 15. táblázata ad információt.

### 4.1.3. A KONZISZTENCIA KIVÁLASZTÁSA

A frissbeton konzisztenciáját a következők figyelembevételével:

- a bedolgozásra kerülő frissbeton rétegvastagsága;
- a szerkezet keresztmetszeti méretei és tagoltsága;
- az acélbetétek legkisebb távolsága (térbeli eloszlása);
- a betonfedés nagysága;
- a beton gyártása (cement vízzel való érintkezésének ideje) és a bedolgozás között várhatóan eltelő leghosszabb idő;
- a beton szállításának módja gyártástól bedolgozásig;

úgy kell megválasztani, hogy az alkalmazandó tömörítő eszközök segítségével a frissbeton hézagterfogata (levegőtartalma) a lehető legkisebb értékre csökkenjen, biztosítva ezzel a légzárvány- és fészkesmentes bedolgozást, az egyenletes és általában legkevesebb levegőt tartalmazó betonstruktúra kialakítását.



## 4.2. A TRANSPORTBETON KEVERÉSE, SZÁLLÍTÁSA, BEDOLGOZÁSA ÉS UTÓKEZELÉSE (CZIRJÁK JÁNOS)

### 4.2.1. KEVERÉS

A beton készítése alapvetően az egyes alkotóanyagok (kötőanyagok, adalékanyagok, keverővíz, adalékszerek, kiegészítőanyagok, egyéb anyagok) összekeverését jelenti. A keverési folyamat kézi (régén: köbölő láda alkalmazásával; így épült pl. a kisköfalatti, vagyis az M1 metro) és gépi keverékképzésként is történhet – a ma ismert transzportbeton esetében ez gépi keverést jelent.

**A keverés feladata**, hogy az alkotóanyagokat homogén módon eloszlassa a keverési egységben belül. Ez azt jelenti, hogy a keverési egységből kivett reprezentatív mennyiségű mintákban az alkotóanyagok aránya (keverési arány) kis szórással megegyezik a teljes keverési egységben lévő alkotók arányaival a keverési folyamat végén. A transzportbeton gyártásban a keverés fogalmát ki kell bővíteni, a minőségi követelmények mellett hatékonysági, gazdaságossági szempontokat is figyelembe kell venni. A keverés feladata az alkotóanyagok homogén eloszlata a lehetséges legrövidebb idő alatt, minél nagyobb energiahatékonysággal.

**Transzportbetont kifejezetten az erre a célra tervezett betongyárak állítanak elő.** A transzportbeton gyártásban többféle kialakítású betongyár, illetve betonkeverőgép alkalmazása terjedt el.

A betongyárak kialakításuk szerint lehetnek:

- vízszintes elrendezésűek – az egyes egységek a technológiai feladatuknak megfelelően sorban, egymás után helyezkednek el;
- függőleges vagy ún. torony elrendezésűek – az egyes alapanyagok tárolása, valamint azok mérlegelésére szolgáló berendezések a keverőszint felett helyezkednek el;
- vegyes elrendezésűek – az egyes berendezések részben egymás felett, részben egy szinten helyezkednek el.

A betongyárak kapacitása általában a 20 – 120 m<sup>3</sup>/óra teljesítménytartományban mozog, a legtöbb magyarországi betongyár közepes, 35 – 70 m<sup>3</sup>/óra tartományban van.

Áttelepíthetőség szempontjából megkülönböztetünk mobil, áttelepíthető és telepített betongyárakat. Üzem mód szempontjából szakaszos és folyamatos üzemű betongyárakról beszélhetünk.

Az automatizáltság tekintetében általánosságban elmondható, hogy a betongyárak többségében ma már a gyártási folyamatot automatizált számítógépes rendszer vezérli.

A keverőgépek lehetnek gravitációs (ejtődobos vagy szabadonejtő keverő) és kényszerkeverőgépek (forgó lapátok kényszerítik keveredésre az egyes összetevőket). Napjainkban a betongyárakban kizárólag kényszerkeverőgépeket alkalmaznak. A gravitációs keverőgépeket ma már csak igen kis mennyiségű (0,05 – 0,3 m<sup>3</sup>) frissbeton igény esetén alkalmazzák, leggyakrabban a kézi betonkeverés kiküszöbölésére. A kényszerkeverőgépek hatékonyságban, a keverékképzés minőségének tekintetében jobban teljesítenek a gravitációs gépekhez képest.

A kényszerkeverőgépek lehetnek vízszintes (egy- és kéttengelyű) és függőleges tengelyűek (bolygó lapátoszerű vagy rotoros).

**A keverőgépek legfontosabb műszaki paraméterei** a hasznos és névleges űrtartalom, valamint a névleges kapacitás.

A *hasznos űrtartalom* [m<sup>3</sup>] az egy ciklusban megkevert anyag *tömörítése után nyert* beton térfogatát jelenti. A *névleges űrtartalom* [m<sup>3</sup>] a keverőgépbe adagolható összetevők teljes mennyiségét mutatja. A jelenleg [Magyarországon] működő betongyárak többségében 0,5 – 2 m<sup>3</sup>-es névleges űrtartalmú keverőgépek üzemelnek.

A *névleges kapacitás* [m<sup>3</sup>/óra] a szakaszos üzemű keverőgépek által óránként elkészíthető mennyiséget mutatja *tömör betonra* vonatkoztatva.

**A transzportbeton gyártása** a gyártani kívánt beton jelében meghatározott műszaki követelményeket teljesítő betonrecept kiválasztásával kezdődik. A betongyár automatizáltsági fokától függően ez lehet szoftverek segítségével adatbázisból, vagy egész egyszerűen egy kézzel írott papírról is teljesen kézi irányítással. Napjaink transzportbeton gyártásában inkább az előbbi a jellemző, bár néhány „eldugottabb” helyen lévő „öreg” üzemben még szinte minden kézzel történik és ott a keverőgép-kezelőt még lehet keverőmesterek nevezni.

A keverési folyamat az egyes alapanyagoknak tárolókból (cement, kiegészítőanyag siló(k); adalékanyag tároló szektorok; adalékszer tartály(ok); hálózati vagy helyi forrású víz csővezetéken át; egyéb anyagok tároló eszközei) *mérlegekbe történő* ürítésével kezdődik. Az egyes mérlegelési folyamatok egymástól függetlenül, alapanyagoként külön mérlegekben történnek, a beton receptjében meghatározott mennyiségek (tömegek, [kg]) alapján. Az egyes alkotóanyagok megengedett adagolási tűrőseit az MSZ 4798:2016 szabvány 27. táblázata tartalmazza. Az egyes alapanyagok beadagolásának sorrendje a következő:

- adalékanyagok
- cement (és kiegészítőanyagok)
- keverővíz az adalékszerekkel együtt (külön csővezetéken a vízáramba adagolva) vagy csak keverővíz
- adalékszerek (ha előzőleg csak vizet adagoltak)
- további anyagok pl. műanyag szálak (ha feltétlenül a keverőgépbe kell adagolni).

Az adalékanyagok és a cement beadagolásával egyidejűleg (mivel az adagolás alatt a keverőgép lapátjai forognak) a két (esetleg több) alapanyag „száraz” keveredése is megtörténik. Ezután adagolják a keverővizet az adalékszerekkel (ez a gyakoribb). Itt kell megjegyezni, hogy a keverővíz és az adalékszerek mérlegelése külön mérlegekben történik, de a betongyárak egy részében az adalékszereket a mérlegelés után a keverővíz mérlegtartályába (a víz mérlegelése után) vagy a kimért keverővíz puffer tartályába továbbítják. Innen kerül a két alapanyag közvetlenül a keverőbe. Más betongyárakban a bemért adalékszerek közvetlenül kerülnek a keverőtérbe, *amikor a keverővíz már a keverőtérbe jutott és ott kellően elkeveredett a „száraz” anyagokkal* – betontechnológiai szakértők ezt a folyamatot tartják a leghatékonyabb módszereknek [Buday T.].

A keverési folyamat teljes ideje alatt a keverőlapátok (mint mozgó elemek) kerülnek közvetlen kölcsönhatásba az alapanyagokkal, illetve a kialakuló frissbetonnal. Ennek a kölcsönhatásnak az eredményeként fellépő erők a lapátokat mozgató erőforrásokat energia (villamos) felvételére kényszerítik a lapátok azonos mozgásának fenntartásához. Ez a folyamat egy automatizált rendszerben jól nyomonkövethető és ez alapján hatékonyan vezérelhető a keverési folyamat, valamint annak befejezése is. Nem eretnekesség ugyanakkor kijelenteni, hogy korábban, illetve manapság még néhány kisebb betongyárban, ennek a kölcsönhatásnak a keverőgépen jelentkező hatásait (pl. villamos hajtómotor, keverőgép hangja) kizárólag a „keverőmester” érzékszervei rögzítették és a keverési folyamatot részben ennek alapján irányította (és az első keverés eredménye alapján korrigált).

A cement és az adalékanyagok „száraz” keverésénél már jelentős ellenállás jelentkezik a lapátokon, ami a keverővíz (és az adalékszerek) hozzáadása alatt meredeken tovább emelkedik és elér egy csúcspontot. A keverővíz és az adalékszerek fokozatos elkeveredésével ez az ellenállás fokozatosan csökken és végül egy adott szinten változatlan marad. A közel homogén állapotot ekkor éri el a frissbeton, ekkor lehet a keverőteret üríteni. Keverésnél a keverőlapátokon fellépő ellenállás mértéke függ a keverőgép töltöttségétől és a frissbeton célzott konzisztenciájától adott összetétel esetén.

Az előbbieket is figyelembe véve a keveredés minősége (homogén keverék előállítása) elsősorban az alkalmazott keverőgép keverési módjától és a keverési időtől függ.

A gyakorlatban a betonkeverék gyártása során még számos, a frissbeton minőségét befolyásoló, tényezőre figyelemmel kell lenni.

**Az adalékanyagok** bemérése előtt meg kell határozni az egyes frakciók **víz tartalmát**. Ezzel a víztartalommal korrigálni kell a bemérendő mennyiségeket, azaz a víztartalommal azonos mennyiséggel a keverővíz mennyiségét csökkenteni, míg a nedves adalékanyag frakciók tömegét növelni kell, mivel a betonreceptúra száraz anyagokra vonatkozik. Ezt a korrekciót vagy a tároló-mérlegelő rendszerbe épített, nedvességmérő szondák adatai alapján automatikusan a vezérlőrendszer, vagy időszakos víztartalom [MSZ EN 1097-5:2008] meghatározás eredményeként manuálisan kell elvégezni. Amennyiben nincs folyamatos nedvesség meghatározás (mérőszonda), a nedvességtartalom meghatározásának gyakoriságát az adalékanyag beszállítások gyakorisága és a külső tárolótért érő időjárás hatásai (elsősorban eső) határozzák meg. Meg kell azonban jegyezni, hogy ez utóbbi módszer lényegesen pontatlanabb.

Különösen érvényes ez a 4 mm-nél kisebb névleges maximális szemcse nagyságú frakciókra, amelyek nagyobb mennyiségű vizet is tartalmazhatnak (akár 6-10 m/m%). Általában a homok frakciók ( $D_{\max} < 4$  mm) 2 – 10 m/m%, a kavics frakciók ( $D_{\max}$  32 mm-ig) 0,2 – 4 m/m% vizet tartalmaznak a szemcsék felületén és a szemcsék közötti térben. Az adalékanyag nedvességtartalmának pontatlan kezelése (ez elsősorban manuális beállítás vagy a nedvességmérő-szonda hibája esetén érvényes) az adalékanyag és a víz betonkeverékben lévő valós mennyiségeinek nagyobb szóródását eredményezi, ami szélsőséges esetben minőségromláshoz vezet.

4 Itt kell figyelmet fordítani azokra az adalékanyagokra is, melyek belső szerkezetüknek fogva vízfelvétellel is képesek pl. az andezit (4-7 m/m%), de mesterséges adalékanyagként a Liapor (22-24 m/m%, egész szemcsékre) is. Ezeket az adalékanyagokat a gyártás megkezdése előtt vízzel telíteni kell vagy a meghatározott vízfelvétellel a receptben lévő keverővíz mennyiségét korrigálni (növelni) kell. A gyakorlatban leggyakrabban használt ilyen adalékanyag az andezit, melyet víztelítéssel készítenek elő a keveréshez. Nem mellékesen az andezit depónia locsolásával elért víztelítés nyári időszakban egyúttal a frissbeton hőmérsékletére is kedvező hatással van.

Amennyiben az adalékanyag vízfelvétele a keverési folyamatban nincs figyelembe véve, akkor az ilyen adalékanyag a telített állapothoz hiányzó vizet a keverővízből fogja felvenni. Ennek eredményeként a frissbeton konzisztenciája jelentősen csökkenhet (frissbeton minőségromlás). Mivel ez a *vízfelvétel a keverés idejéhez képest lassabb folyamat, ezért a hatása is később jelentkezik, amit a keverés során nem lehet korrigálni*. A csökkent konzisztenciát nem vagy már csak a szállítójárműben lehet kézi vízadagolással korrigálni. Ennek a korrekciónak a pontossága jelentősen rosszabb, mint a keverőgépből, ami minőségromláshoz (nyomószilárdság csökkenés, esetleg szétosztályozódás, stb.) vezet.

Egy betonüzem életében gyakori probléma a telephelyre visszahozott beton szétmosásából, valamint a keverőtér tisztításából származó **mosóvíz** felhasználása a korlátozott tárolókapacitás miatt. A keverés előtt meg kell határozni milyen mértékben lehet (ha lehet) a rendelkezésre álló mosóvizet felhasználni. A betongyártáshoz felhasználható mosóvíz tulajdonságaira vonatkozóan a MSZ EN 1008 szabvány ad iránymutatást. *Betontechnológiai szempontból a legfontosabb paraméter a mosóvíz szárazanyag-tartalma*. A mosóvízben lévő szárazanyagot a mosóvízből vett mintán mért [aerométerrel] sűrűségből kell meghatározni a szabvány A mellékletében lévő táblázat alapján. A felhasznált mosóvíz szárazanyag-tartalma nem lehet több a beton receptjében lévő adalékanyag össztömegének 1 tömegszázalékánál.

Az előbbi gyakorlati tevékenységből adódó a telephelyre visszahozott szétmosott beton szárazanyagának felhasználásának kérdése. Az ún. **visszamosott (visszanyert) adalékanyag** felhasználására vonatkozóan az MSZ 4798:2016 szabvány 5.2.3.3. fejezete ad tájékoztatást.

A keverés idejét légpórusképzőszert tartalmazó beton esetén egyedileg kell meghatározni. A kellő mértékű mesterséges légpórus struktúra csak az ehhez szükséges – kísérlettel megállapítandó - keverési idő alatt tud kialakulni a frissbetonban. A frissbetonban a szükséges [MSZ 4798:2016 NAD F3. táblázat szerint] képzett levegőtartalmat légpórusméréssel [pl.: az MSZ EN 12350-7:2009 5. fejezet szerint] kell ellenőrizni.

A keverési folyamat adatait, különösen az adagolt alapanyagokat, mérlegelési adatokat, a keverések kezdő időpontját (kb. cement és a víz érintkezésének időpontját) a legtöbb betongyári vezérlés gyűjti és visszakereshetően tárolja.

## 4.2.2. SZÁLLÍTÁS

A betonkeverék szállítását a lehető legrövidebb időn belül, a lehető legrövidebb útvonalon kell végrehajtani úgy, hogy a betonkeverék az adott technológiával még bedolgozható legyen és abban káros elváltozások (szétosztályozódás, kiszáradás, pépvesztés, káros mértékű lehülés, vagy felmelegedés) ne keletkezzenek [MSZ 4798:2016 7.6. szakasz].

### Szállítás a munkaterületre

A transzportbetonok szállítását leggyakrabban mixer gépkocsival (6-12 m<sup>3</sup> szállítódob kapacitással) – illetve tehergépkocsival (földnedves betonok, régebben FN, ma helyesen F1, S1) végzik a transzportbeton-gyár és a munkahely között. Speciálisabb kialakítású az ún. pumix, amely szállítódob mellett betonszivattyúval is fel van szerelve. Ennek megfelelően a pumix nem csak kiszállítja a frissbetont, de a szerkezet zsalszatába is képes azt bejuttatni.

Egyes országokban a mixer gépkocsik dobja teljes értékű keverésre is alkalmas, így száraz keveréket szállít és a beépítés helyszínén a víz és más adalékok hozzáadásával keveri meg a frissbetont. Vannak olyan tehergépkocsik, amelyek a beton összes alkotóját elkülönítve szállítják a helyszínre és ott, a szintén a tehergépkocsin lévő keverővel, készítik a frissbetont. A mérlegelés ebben az esetben térfogat szerint történik. Ez utóbbi eszközök kapacitása 14-18 m<sup>3</sup> is lehet egy szállítójárműre vonatkoztatva.

A frissbetonnak a beépítés helyére történő szállítását az MSZ 4798:2016 szabvány 7.6. szakasza szabályozza.

### Szállítás a munkaterületen

Ha a beépítés helyszínére kiszállított frissbetont a szállítójárműből nem lehet közvetlenül a készülő szerkezetbe üríteni („surrantással”), akkor a frissbeton szállítására a munkaterületen is szükség van. A szállítási igény mind vízszintes, mind pedig függőleges irányban jelentkezhet. *Leggyakrabban betonszivattyúkat* (dugattyús, rotoros; önjáró vagy telepített, esetleg mindkettő) alkalmaznak. *Jelentős még a torony- vagy autódaruval továbbított betonozó konténer* használata (hengerpalást felső és kúpos alsó rész alul kézi elzáró szeleppel, valamint flexibilis betonozócsővel [„ormánycső”]), valamint *ritkábban a szállítószalag*.

A gyakorlatban a betonszivattyúk a kissé képlékenytől (régén KK, ill. ma F2, S1...) a folyósig (F, ill. F6...) terjedő konzisztenciájú betonok szállítására alkalmasak. Teljesítményük kb. 30 – 150 m<sup>3</sup>/óra közötti. Meghatározó paraméterük még a gémhosszúság, amely általában 20 – 60 m közötti. Leggyakoribbak a 24, 32, 36 m-es gémeik, ritkábbak a 48, 52, 56 m-esek.

A *szivattyúzással* szállítandó frissbeton összetételének tervezésénél figyelemmel kell lenni az adalékanyag (esetleg kiegészítőanyag is) finomrésztartalmára (< 0,25 mm szemek mennyisége; javasolt mennyiség lásd MÉASZ ME-04.19:1995 4. fejezet 4.17. táblázat), a péptütelítettség mértékére. A lépcsős szemmegoszlást kerülni kell. A frissbeton minőségének betonszivattyúkra gyakorolt hatása jól tükröződik például a szivattyúk dugattyúnyomás (hidraulikaolajnyomás) változásában. Általában egy jó üzemiállapotban lévő dugattyús szivattyú egy szivattyúzható összetételű frissbetont 80 – 120 bar nyomással továbbít. Jelentős befolyással van erre a frissbeton pépjének reológiai tulajdonsága is. Azonos péptartalmú frissbetonok esetén a viszkózusabb péppel rendelkező frissbeton nagyobb nyomással szállítható. Ilyenek többnyire a nagyobb mennyiségű folyósító adalékszeret tartalmazó nagy teljesítőképességű betonok.

A *betonozó konténerrel* a képlékenytől a folyós konzisztenciájú frissbetonokig lehet szállítási feladatokat problémamentesen megoldani.

A *betonszivattyúk* esetében a betonszivattyú teljesítményétől, gémhosszúságától függően a számított frissbeton

igény meghatározásánál figyelembe kell venni, hogy a szivattyúban is marad frissbeton. Ez a mennyiség típusától függően 0,5 – 1,5 m<sup>3</sup> körüli, pontosabb adatot a betonszivattyú üzemeltetője adhat.

A megrendelt frissbeton tulajdonságai (pl.:  $D_{max}$  konzisztencia) előrevetítik a szivattyúzási folyamat indításának körülményeit is. Az esetek többségében a betonszivattyú a betervezett és kiszállított frissbetonnal indul el. Különösen kissé képlékeny konzisztenciánál azonban (amikor a péptúltelítettség kicsi), 32 mm maximális névleges szemmagyságú és/vagy zúzott adalékanyagot is tartalmazó frissbetonnál szükséges lehet a *szivattyúzás indítását* elősegíteni, elkerülve ezzel az indulásnál fellépő csődugulásokat. *Az indítás segíthető speciális adalékkal* (cellulóz tartalmú anyag, mint a tapétaragasztó; vízzel keverve ezt nyomják át először a szivattyúcsöveken), indítóbeton alkalmazásával (az első szállítmány kisebb maximális névleges szemmagyságú, 16 vagy 8 mm, nagyobb péptartalmú legyen) esetleg 1-2 zsák cement és víz megfelelő keverékével készített pép. A cél a szivattyú csővezetékeknek „kellősítése”, azaz egy kenőréteg kialakítása a csőfalon. Az adott átmérőjű csővezetékén általában az átmérő harmadánál kisebb névleges maximális szemmagyságú beton szivattyúzható el. A leggyakrabban használt csőátmérő 125 – 100 mm, azaz a 32 mm-es névleges maximális szemmagyságú beton szivattyúzására még alkalmas.

A mobil betonszivattyú használatának tervezésénél figyelembe kell venni a betonszivattyú helyigényét is. Általában egy gépjárműre szerelt mobil betonszivattyú kb. 10 m hosszú és 2,5 m széles menetkész állapotban. Munkakész állapotban a munkagépnek stabilnak kell lennie és ehhez kitalpaló szerkezet tartozik, amivel a munkaszélesség max. 6,5 – 7 m-re nő. A teljes helyigény legfeljebb 65-70 m<sup>2</sup>. A használat előtt fontos még a munkaterületen lévő *felsővezetékek (elektromos, stb.)*, benyúló épületrészek, illetve minden, a betonszivattyú gépjének mozgását akadályozó tárgy, épület, egyéb tényező helyzete. Nem szabad figyelmen kívül hagyni a munkaterületen lévő munkagödörket sem, ami befolyásolja a kitalpalás helyét és biztonságát. Szűk, sok zavaró tényezőt mutató területre célszerű szakember véleményét kikérni, aki helyszíni bejárás alapján tud dönteni lehetséges megoldásokról, még a *betonszivattyú megrendelése előtt*.

#### 4.2.3. BEDOLGOZÁS

A bedolgozás során a betont szétosztályozódás mentesen kell a zsaluzatba juttatni, és olyan tömörítő eszközzel kell tömöríteni, amely lehetővé teszi az adott konzisztenciájú beton zárvány- és fészekmentes bedolgozását, az egyenletes és általában legkevesebb levegőt tartalmazó betonstruktúra kialakítását.

##### A bedolgozás előtti teendők

A beton bedolgozása előtt számos, a bedolgozást és az épülő szerkezet minőségét befolyásoló, tényezőt kell figyelembe venni és ezen tényezők kezelésére intézkedni kell.

A frissbeton bedolgozását gépesítéssel vagy gépesítés nélkül emberi erővel végzik. A megfelelő bedolgozáshoz és ebből következően a minőségi betonszerkezethez a szükséges munkafolyamatok és azok időigénye (akár több műszakos is), valamint egyéb körülmények (pl. időjárás, ) ismeretében elegendő számú képzett bedolgozó személyre van szükség. A rendelkezésre álló erőforrásoknak megfelelően kell a beton gyártását és helyszínen szállítását is ütemezni. *A bedolgozás során rendkívül fontos a beton gyártója és a betont bedolgozó kivitelező közötti kommunikáció.* Minkét irányban lényeges minden olyan körülmény (pl. üzemzavar, kapacitás csökkenés, forgalmi okok, egyéb akadályozó körülmények) azonnali haladéktalan közlése, ami a gyártás és a bedolgozás zavartalan-ságát veszélyezteti.

Gépek, berendezések alkalmazása esetén biztosítani kell azok tápellátását, valamint *biztonsági tartalékforrásokról* (pl. *tartalék generátor*) is *gondoskodni kell.* A bedolgozás szempontjából kritikus berendezések (pl. tömörítő eszközök, de akár betonszivattyú is) esetén tartalék gépről (gépekről) is gondoskodni kell.

Ha a munkafolyamatok éjszakába is belenyúlhatnak vagy eleve éjszakára tervezték, akkor gondoskodni kell a megfelelő teljesítményű világításról. A világításnak olyannak kell lennie, hogy a munkafolyamatokat megfelelő minőségben lehessen elvégezni.

A bedolgozás megkezdése előtt a *helyszínen kell lennie minden, a tervezett utókezelés módszerének megfelelő eszközöknek, anyagoknak* (pl. megfelelő permetező a párazárószerszerhez, párazárószerszer, PE fólia, terfill, vízforrás csővezetékekkel stb.) a szükséges mennyiségben.

*Ellenőrizni kell a zsaluzatot elsősorban statikai szempontból* – figyelembe véve a bedolgozás sebességét, a beton konzisztenciáját stb. (különösen öntömörödő, folyós konzisztenciájú beton esetén – mert ezek folyadékként viselkednek; zsaluméretező szoftverek [pl.: DOKA]), az illesztések, átkötések, élek, sarkok, kizárt terek, beépített elemek rögzítését (pl.: elektromos doboz, kábelcsövek, duzzadó szalag, dilatációs elemek, stb.), a zsaluzat esetleges szennyezettségét, a felületén lévő leválasztó szerek felvitelének minőségét (fedettség, rétegvastagság), a vasalat (a kengyel külső széle) és a zsaluzat távolságát (betonfedés), a távtartók kellően sűrű kiosztását, a vasalatot. Ellenőrizni kell a munkaállványzatot is, hogy megfelel-e a technológiai és munkavédelmi előírásoknak, elvárásoknak.

A bedolgozás előtt a munkaterületen megfelelő (biztonságos, kijelölt, más munkagép hatósugarát nem keresztező stb.) *közlekedő útvonalakat kell kijelölni*. Gondoskodni kell a *frissbetont szállító járművek helyszíni elmosási lehetőségéről is* (maradék beton elhelyezés) a környezetvédelmi szempontok figyelembevételével.

*Bedolgozás előtt a beépítés helyére kiérkező frissbeton tulajdonságait (a frissbeton kora, konzisztenciája, levegőtartalma, víztartalma, testsűrűsége, tömörödése stb.) ellenőrizni és az eredményeket írásban rögzíteni kell.*

Az ellenőrzés eredményei alapján általában nincs megengedve a frissbeton keverék helyszíni módosítása. Csak akkor szabad a frissbeton keverékhez a helyszínen (alapvetően a keverőgépen kívül) vizet, adalékszert vagy más adalékokat (szálak, pigmentek, egyéb kiegészítőanyagok) hozzáadni ha:

- ez a gyártó felelősségével történik;
- a hozzáadás után a konzisztencia és a határértékek megfelelnek az előírt értékeknek;
- az üzemi gyártásellenőrzésen belül van dokumentált eljárás a folyamat biztonságos elvégzésére [MSZ 4798:2016, 7.5. szakasz]

## **Bedolgozás**

A frissbeton elhelyezésénél a szerkezet jellegétől függően figyelmet kell fordítani a frissbeton *terítésének sebességére, a bedolgozás rétegvastagságára*, a frissbeton szabadon esésére, ejtésére.

A frissbeton terítésénél a „frissre a frisset” elvet kell alkalmazni. Az egyes terítési rétegeket úgy kell meghatározni, hogy az előző réteggel jól összevibrálhatók legyenek mind vízszintes, mind pedig függőleges irányban azaz a két réteg terítése között a lehető legrövidebb idő teljen el. Fontos az egyes rétegek vastagsága, hogy az egyes rétegek külön-külön betömöríthetők és, a határretegénél kb. 15 cm-es átnyúlással, az előző réteggel jól összevibrálhatók legyenek. A rétegvastagság maximum 40-50 cm lehet.

A frissbeton minősége a gyártástól eltelt időben a környezeti körülmények hatására folyamatosan változik, ami betontechnológiai eszközökkel módosítható.

Bedolgozásnál figyelembe kell venni, hogy meleg időben ( $T > 24$  °C több, mint 4 órán át) a beton kötése és a vízvesztése gyorsabb, hideg időben ( $T < 15$  °C több, mint 4 órán át) lassabb. Minél melegebb van, a frissbeton konzisztenciája annál gyorsabban csökken, a kötése korábban indul meg. Mindkét hatás bizonyos mértékig kezelhető az alkalmazott cement helyes megválasztásával (kis kötэшő, lassú kötés, kis vízigény) és adalékszerekkel (kötэшőcsökkentő, konzisztencia eltarthatóság javító). Hidegben a konzisztencia csökkenése nem jelentős, ugyanakkor a kötés megindulása lényegesen lassabb. A cement hidratációja a vízzel való érintkezéskor ugyan megindul, de az alacsony hőmérséklet ezt a folyamatot is lassítja és a kötés bizonyos hőmérséklet alatt meg is áll. A hidratációs hő szerkezetben történő halmozódása segíti a további hidratációs folyamatokat. Ezért fontos hideg időben különösen a vékony, nagy felületi modulussal rendelkező szerkezetek zsaluzatának helyes megválasztása (pl. nem fém, hanem fa vagy műanyag), esetenkénti hőszigetelése vagy környezetének fűtése, illetve a temperált alapanyagok (elsősorban a keverővíz (max. 60 °C-ig) és adalékanyag) alkalmazása a frissbeton gyártásánál. Utóbbi esetben a bedolgozásra az is hatással van, hogy a frissbeton hőmérsékletének emelésével a gyártó üzem kapacitása többnyire csökken. Természetesen hideg időben is fontos a az alkalmazott cement helyes megválasztása (nagy kötэшő, gyorsabb kötés és szilárdulás, nagyobb fajlagos felület, kis vízigény) és egyes adalékszerek is segíthetnek



(fagyásgátló, kötés gyorsító). A környezeti hőmérséklet változása tehát jelentősen befolyásolhatja a bedolgozás ütemezésének, erőforrásigényének körülményeit. Példaként megemlíthető, hogy a rosszul ütemezett bedolgozás/betongyártás, szállítás miatt a helyszínen várakozó szállítójárműben az idő előrehaladásával melegben a konzisztencia jelentősen romlik (jelentős mennyiségű víz párolog ki), míg hidegben a frissbeton jelentősen lehűlhet. Hasonlóan a frissbeton hiány miatt várakozó bedolgozás melegben a nem tervezett munkahézag kialakulását kockáztatja, mivel a beton határretegének összedolgozhatósága jelentősen csökken.

A frissbetont általában 1,5 m-nél magasabbról nem szabad szabadon ejteni a zsaluzatba. A nagyobb (>1,5 m) magasságból ejtett beton szétosztályozódik. Ennek elkerülésére a betonszivattyú csövét vagy a betonozó konténer „ormánycsövét” lehetőség szerint *legalább eddig a magasságig kell leengedni*. Ha erre nincs mód, akkor kismennyiségű műanyag szál adagolásával a szétosztályozódás csökkenthető. *Falszerkezetek esetében javasolt a zsalucsonk alkalmazása, amit a szerkezet alsó részén helyeznek el és ide csatlakoztatják a szivattyú csövét*. Ennél a módszernél javasolt képlékeny vagy ennél lágyabb konzisztencia alkalmazása ( $\geq F3$ ). Ez a módszer különösen ajánlott látszóbeton felületeknél.

#### 4.2.4. TÖMÖRÍTÉS

A zsaluzatba helyezett frissbeton - konzisztenciájától függően - egy többé-kevésbé laza halmaz, amelyben az *adalékanyag szemcsék és a cementpép mellett jelentős mennyiségű levegő is jelen van kisebb-nagyobb zárványok, buborékok formájában*: ez jelentős hézagterefogatot okoz.

A *tömörítés feladata, hogy a frissbeton hézagterefogatát a lehető legkisebb* értékre csökkentse le, biztosítva ezzel fészekmentes bedolgozását, az egyenletes és általában (*kivéve a légbuborékképző adalékszeret tartalmazó betonokat*) *lehető legkevesebb levegőt* tartalmazó betonstruktúra kialakítását. Ehhez a laza beton szemcséire ható belső erők (súlyerő, sűrűlőerő, kapilláris erő) egyensúlyát a tömörítés során úgy kell megváltoztatni, hogy azok hatását legyőzve a szemcsék a lehető legjobban kitöltsék a rendelkezésre álló teret, valamint a levegőt kiszorítsák az anyagból.

A főbb beton tömörítési eljárások:

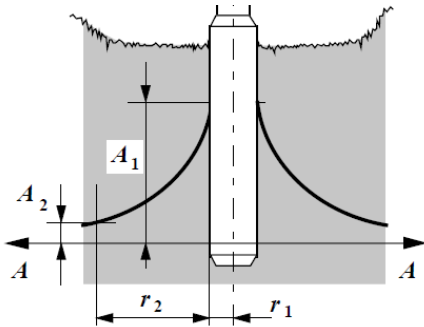
- vibrálás;
- torkret eljárások;
- sajtolás;
- hengerlés;
- centrifugálás.

A transzportbetonból készülő monolit beton, és vasbeton szerkezetek tömörítéséhez leggyakrabban a vibrációs tömörítési módszert alkalmazzák. A vibrációs tömörítő eszközök lehetnek rúdvrátorok, felületi vrátorok, zsalurázó vrátorok, vibroasztalok. A vibrációs tömörítés lényege, hogy a mechanikai rezgésből eredően, az egyes szemcsékre periodikusan változó tömegerő hat, így ennek hatására az adalék szemcsék „lebegnek”, megcsúsznak, ill. legördülnek egymáson. Mivel a vibráció a keverék belső ellenállását is jelentős mértékben csökkenti, a tömörítés *kezdeti szakaszában* gyors térfogatváltozás figyelhető meg. A tömörítési folyamat *második* fázisában a szemcsék kiszajtolják maguk közül a cementpépet, ezért a beton felszíne átnedvesedik, csillogóvá válik. Az előző szakaszokkal egyidőben, de főleg azok után (harmadik szakasz) távoznak el a betonból a kisebb méretű légbuborékok. A levegő eltávolítását a légbuborékokra ható felhajtóerő segíti, így erre a folyamatra jellemző, hogy minél kisebb a buborék, annál nagyobb ellenállást kell legyőznie, ezért annál kisebb a felfelé történő mozgásának sebessége. A tömörítés befejezettnek tekinthető, ha már nem úszik fel több buborék a frissbeton felszínére.

A transzportbeton felhasználás során a leggyakrabban alkalmazott vibrációs tömörítőeszköz a rúdvrátor. Egy adott tömörítési feladatnál alkalmazható vibrációs jellemzők meghatározásakor mind a betonkeverék minőségi (konzisztencia, szemcseméret stb.) és mennyiségi jellemzőit (betonelem tömege, alakja stb.), mind a beton-

tömörítő berendezések jellemző paramétereit (rezgéskitérés amplitúdó, frekvencia, rúdátmérő stb.), valamint az adott betonszerkezet gyártási technológiáját is figyelembe kell venni.

A különböző szerzők (l'Hermite, Cusers, Gyeszov) által végzett mérések mind azt mutatták, hogy a betonkeverékben a rezgések a gerjesztő felülettől kiindulva exponenciális jelleggel csökkennek. A csökkenés mértéke függ a rezgésterjedés módjától, a beton összetételétől és a rezgés frekvenciájától.



A vibrátorasztalok, a felületi vibrátorok és a zsalurázó vibrátorok használata esetén a rezgésterjedés vonalirányúnak tekinthető, míg a rúdvibrátorokra a síkírányú rezgéshullámok a jellemzők.

A rezgésterjedésre vonatkozó vizsgálatok szerint a gerjesztő felülettől kiindulva a rezgéskitérés értéke exponenciális jelleggel változik.

Síkírányú rezgésterjedésnél (rúdvibrátorok):

$$\frac{A_2}{A_1} = \sqrt{\frac{r_1}{r_2}} \times e^{-\frac{\gamma}{2} \times (r_2 - r_1)}$$

ahol:

$A_1, A_2$  – a betonkeverék rezgésének útamplitúdója  $r_1$  és  $r_2$  távolságban;

$\gamma$  – a rezgésterjedés csillapítási tényezője.

A vibrálás hatásos távolságát abból a feltételből lehet meghatározni, hogy a beton minőségétől, és a rezgés frekvenciájától függően létezik egy olyan rezgéskitérés amplitúdó ( $A_0$ ), melynél kisebb érték esetén a beton már nem tömöríthető. A tömörödés tehát a rezgést átadó felülettől csak olyan távolságig jöhet létre, míg a rezgéskitérés amplitúdója a beton csillapító hatása következtében erre a minimális értékre nem csökken.

A rúdvibrátorok hatósugara ( $R$ ) az alábbi kifejezésből számítható ki:

$$\frac{A_0}{A_v} = \sqrt{\frac{r_v}{R}} \times e^{-\frac{\gamma}{2} \times (R - r_v)}$$

ahol:

$A_0$  és  $\gamma$  – az adott frekvenciához és betonminőséghez tartozó jellemzők;

$A_v$  – a rezgést átadó felület rezgéskitérés amplitúdója mm-ben;

$r_v$  – a rúdázófej betonba merülő részének sugara mm-ben;

$R$  – a rúdvibrátor hatósugara mm-ben.

A rezgés alkalmazott frekvenciája szempontjából a folytonos szemmegoszlású adalékanyagból készült betonoknál a többfrekvenciás rezgés sokkal hatékonyabb, mint az egyfrekvenciás. Az optimális frekvencia a beton elem alakjától, méreteitől és a benne elhelyezett acélbetétek sűrűségétől is függ.

A tömörítési idő a betonösszetétel szempontjából – a rezgésjellemzők állandó értéken tartása mellett – elsősorban a konzisztenciától, a cementhabarcs mennyiségétől, az adalék szemcsék méretétől és eloszlásától, valamint az alkalmazott adalékszerektől függ.

Vibrációs módszerrel sem a túl száraz, sem a túl „híg” beton nem tömöríthető. Az első esetben a túlságosan kevés cementhabarcs nem képes a szemcsék között átszajlódni, míg a víztartalom túlzott megnövelése a szemcsék szétoztályozódásával járhat.

A gyakorlatban a rúdvrátórok alkalmazásánál a fentiekén túl a következőket kell figyelembe venni:

- az előbbieken alapján meghatározott hatósugár figyelembevételével kell a bemejtések helyét meghatározni;
- a működő vibrátor rázófejét annak saját súlya hatására kell a betonba meríteni a kellő mértékig (betonozási réteg vastagság, több rétegnél: a rétegvastagság + 10-15 cm);
- a vibrálást a felületen megjelenő nagyobb levegőbuborékok megszűnése után azonnal be kell fejezni, kerülni kell a túlvibrálást, a felületen a habarcsdúsulást;
- a rázófejet lassan kell a betonból kihúzni. Kirántani nem szabad, mivel ez levegővel teli üreget hagyhat maga mögött a betonban;
- a működő rázófejet a beton bedolgozási felületére lehetőleg merőlegesen kell tartani;
- a működő rázófejjel a betont teríteni és ezzel a mozgását elősegíteni nem szabad.

[Dr. Rácz Kornélia: A betontechnológia gépei]

#### 4.2.5. MUNKAHÉZAG

Ha a betonszerkezet kivitelezését elsősorban műszaki, technológiai, építésszervezési okból (tervezett munkahézag) vagy előre nem látott esemény miatt (nem tervezett munkahézag) meg kell szakítani, akkor munkahézagról beszélünk.

A munkahézag helyét – az előre nem látható események kivételével – minden esetben meg kell tervezni. Munkahézag csak ott lehet a szerkezetben, ahol a munkahézag a szerkezet állékonyságát nem veszélyezteti.

A munkahézag helyének főbb tervezési szempontjai:

- ott lehet kialakítani, ahol a tervek alapján húzó- és nyíró igénybevétel nem lép fel a szerkezetben;
- a csatlakozó felületeknek merőlegesnek kell lenniük a nyomófeszültség irányára;
- többlettámaszú szerkezetek (lemezek, gerendák stb.) esetében a nyomatéki nullaponthoz közel kell kialakítani;
- alaptettek esetében a munkahézagot *vízszintesen* kell kialakítani *független lépcsőzéssel*.

Nem tervezett munkahézag esetében is a fentiekben meghatározott követelményeket kell mérlegelni a szerkezetre vonatkozóan.

A munkahézagok képzése során két feladatot kell megoldani:

- a *vasalás* teljesértékű átvezetése a munkahézagon;
- az új bedolgozású beton teljes értékű hozzákapcsolása a meglévő betonfelülethez.

A munkahézag fogadó felületének előkészítése - a kellősítés - különös jelentőségű, mert minden újrakezdési hézag szivárgási veszéllyel jár, és a szivárgás leggyakoribb oka a nem megfelelő kellősítés. A kellősítés hagyományos módszere a következő.

Az újabb réteg betonozása előtt a betonfelületet erős vízszugárral lemossák, sőt azt megelőzően esetleg homokfúvással is érdesítik. Amikor a felület már teljesen homok- és cementiszap-mentes (nedves de nem vizes), egy *vékony finombeton réteget dolgoznak rá*, amelyet az eredeti beton cement- és vízadagolásával, de az adalék  $D_{max}/2$  feletti durva frakciójának felhasználása nélkül készítenek. A kellősítő réteg így  $m^3$ -enként közel kétszer annyi cementet és vizet tartalmaz, mint az eredeti beton.

Nem szabad ezt a kellősítő réteget nagy vastagságban felhordani, főleg pedig – a kőművesek rossz hagyományát követve – cementtejes kellősítéssel helyettesíteni.

A munkahézagok kellősítését az utóbbi években a különböző anyagú kötőhidak alkalmazásával helyettesítik. A kötőhidak olyan – cement és műanyag kombinálásából adódó kötőanyagú – habarcsok, ill. bevonó anyagok, amelyek a beton húzószilárdságát meghaladó tapadószilárdsággal kötődnek a régi betonhoz, ugyanakkor a felületükön teljes értékű betonkötés tud kialakulni.

A munkahézag-képzés során meg kell oldanunk a vasalás teljes értékű átvezetését, ami elsősorban függőleges síkú munkahézag esetén okoz problémát. Hagyományos zsaluzat alkalmazásakor a munkahézagot is a vasaláshoz igazított méretű, a zsaluzathoz rögzített zsaludeszakkal zárják le, a túlnyúló vasakat lezáró deszkázat hézagain vezetik át. A kellő körültekintéssel rögzített hézagzáró deszkázat lehetőséget ad arra, hogy a betont a munkahézag környezetében is kellő tömörségűre vibrálhassuk. Emellett az elrekesztés *legendően sima felületet ad a hézag vízzárását fokozó tömítő csíkok elhelyezéséhez.*

A zsaluzat ilyen módon történő elrekesztése meglehetősen munkaigényes feladat, ezért számos egyéb módszert is kidolgoztak az elrekesztés megoldására. Ilyen pl. az acéllemezből készült, bennmaradó rekesztő elemek alkalmazása. Ezeket az elemeket a hajlítási merevségük fokozása érdekében hullám-profilúra hajlítják és az átvezetendő vasaláshoz igazodó lyuksorokkal látják el. Az acéllemez elrekesztő elemeket a vasszerelés során helyezik el és általában a vasaláshoz rögzítik. Jelentősen egyszerűsíti az elrekesztő elemek alkalmazását, ha már a vasalás megtervezésekor figyelemmel vannak arra, hogy minél kevesebb egyedi kialakítású elem alkalmazására legyen szükség.

*A munkahézagok helyén még a legkörültekintőbb tervezés és kivitelezés esetén is nagyobb a vízátszivárgás kockázata, mint egyéb helyeken.* Emiatt a vízzáró szerkezetek munkahézagait különböző szivárgás gátló elemekkel is el szokták látni. Ilyenek a munkahézagban átvezetett műanyag-profilok, a munkahézagba fektetett duzzadó szalagok és kiinjektálható csövek.

A műanyag profilok egyik profilbordája a munkahézag előtti betonszakaszban, a másik pedig a folytatásban horgonyozódik le. A szerepe az, hogy lezárja az átszivárgó víz útját, ill. megnövelje a szivárgási utat. Ilyen lezáró profilok alkalmazhatók a betontest belsejében is, a víznyomás felőli oldalon a felszínén is. Mindkét esetben elsőrendű fontosságú a profilok megfelelő rögzítése, mert a bedolgozás során elmozduló, ill. deformálódó profil nem tudja teljes értékűen betölteni a szerepét. Speciális mozgáskiegyenlítő sávval készített műanyag profilok alkalmasak mozgási hézagok (dilatáció) vízzáróvá tételére is.

A duzzadó szalagok olyan anyagból készülnek, amelyek a frissbetonból fölvett víz hatására megduzzadnak, így a munkahézagba befejezve hatékonyan elzárják szivárgó víz útját. Alkalmazásuk azért igényel körültekintést, mert amennyiben a duzzadás a frissbeton nem kellően nagy szilárdságánál következik be, fölrepeszthetik a munkahézagot. *A duzzadó szalagok mozgási hézagok vízzáróvá tételére nem alkalmazhatók.*

Az injektálható csöves hézag-tömítő elemeik olyan gumyszerű (ún. hiperelasztikus) műanyag csövek, amelyekbe a beton megszilárdulása után nagy nyomással gyorsan szilárduló injektáló anyag sajtolható. Ezeket a csöveket elsősorban előregyártott elemekből készült műtárgyak illesztési hézagainak vízzáróvá tételére szokták használni. [BME, Hidak és Szerkezetek Tanszék – A nagy-tömegű betonozás technológiai kérdései.]

#### 4.2.6. UTÓKEZELÉS

A megfelelően megválasztott utókezelési módszer és annak szakszerű kivitelezése jelentős hatással van a betonszerkezet tartósságára és teljesítőképességére.

Az utókezelés célja a bedolgozott frissbeton kiszáradásának megakadályozása és ezzel a zavartalan hidratáció biztosítása, valamint a száradásból származó zsugorodás megelőzése a betonszerkezet korai (2 - 36 óra) időszakában. Általában elmondható, hogy a frissbetonba bekevert víz, elpárolgása után már nem juttatható vissza a betonba. A kiszáradási folyamat során fellépő kapilláris erők húzófeszültségeket gerjesztenek a fiatal betonszerkezetben. Mint

hogy ebben a korban a betonnak igen kicsi a húzószilárdsága így ezek a fellépő húzófeszültségek olyan igénybevételt jelentenek, amelynek a következménye a repedések megjelenése. Az utókezelés egyes esetekben nem csak a vízvesztés megakadályozását szolgálja, de a hővesztés vagy túlmelegedés ellen is védelmet nyújthat, ami a hőfeszültségből származó károk elkerülését teszi lehetővé. Elkerülendő, hogy a betonszerkezet belseje és a felülete között 15-20 °C-nál nagyobb hőmérséklet-különbség alakuljon ki, de ügyelni kell arra is, hogy az utókezelésre használt víz hőmérséklete nyáron ne legyen túl hideg a beton hőmérsékletéhez képest.

*Az utókezelésnek két fő módszere van:* nedves környezet folyamatos fenntartása vízzel vagy a frissbetonba bekevert víz eltávozásának megakadályozása.

#### Utókezelési módszerek:

- elárasztás vízzel vagy vízzel való folyamatos permetezés;
- zsaluban tartás és közben a zsaluzat folyamatos nedvesítése;
- PE fólia takarás;
- vízzel folyamatosan nedvesített terfill, juta takarás;
- párazáró anyagok;
- hővédő paplanok, zsaluzat hűtése vízzel;
- utókezelést mentesítő adalékszerek;
- ezek kombinációjával.

Hideg, téli viszonyok között vizes utókezelési eljárásokat tilos alkalmazni!

Belső utókezelésről beszélhetünk olyan adalékanyagok alkalmazása esetén, amelyek nagy vízfelvevő képességűek (pl.: mészkő, andezit, Liapor stb.) és a felvett vizet később le is tudják adni a beton hidratációs folyamata során.

Az utókezelés megkezdésnek ideje kritikus a kialakuló problémák szempontjából. A kiszáradás intenzitásának növekedésével az az utókezelési módszer a legmegfelelőbb, amit a felületképzés után azonnal a felületre lehet helyezni. Erre leginkább az ún. párazáró anyagok (elsősorban az oldószeresek és kevésbé az emulziók) a legmegfelelőbbek. Fontos, hogy a párazárószer azonnal, de legkésőbb a friss betonfelület mattnedves állapotában a felületre kerüljön. Javasolt a gyártók által ajánlott szórókészülék alkalmazása (megfelelő nyomás és szóráskép a jó fedettséghez). A párazárószer hatékonyságát azzal mérik, hogy a betonkeverékben lévő víz hány m/m%-át tartják vissza adott időtartamig. A legegyszerűbb módszer a felület vízzel való árasztása. Ezt az utókezelést azonban csak egy bizonyos zöldszilárdsági állapotban lehet megkezdeni.

A javasolt utókezelési időtartam minimum 36 óra, de egyes esetekben ennél többre van szükség:

- vízzáró szerkezeteknél legalább 14 nap;
- beton pályaburkolatoknál legalább 28 nap;
- magasépítési szerkezeteknél legalább 7 nap.

Az utókezelés időtartama függ az alkalmazott cement típusától is. CEM I típusú cementeknél kevesebb (legalább 7 nap), de például heterogén- vagy kohósalak-portlandcementeknél hosszabb (legalább 21 nap) időre van szükség, mivel a hidratációs folyamatok nem azonos sebességűek az egyes cementek esetében. Lásd még MSZ 4798:2016 NAD Q3. táblázat.

#### 4.2.7. KIZSALUZÁS

A kiszaluzás a betonszerkezet kivitelezésének egyik utolsó fázisa. Kiszaluzáskor eltávolítják a betonszerkezet végső formáját adó határoló elemeket. A kiszaluzás mint folyamat a betonszerkezet kivitelezője szempontjából jelentős tevékenység, *különös tekintettel a szerkezet zsaluban töltött idejére*. Egy kivitelezés során mások mellett a felhasznált zsaluanyag mennyisége – a kivitelezés ütemezésének figyelem-

bevételével – jelentős költségeket jelent a kivitelező számára. Éppen ezért fontos a minél hatékonyabb zsalukihasználat – zsaluforduló.

A kiszaluzás szempontjából tehát a legfontosabb kérdés: mikor tehető meg a leghamarabb?

A zsalugyártó cégek általában a 8 MPa minimális nyomószilárdságot adják meg a kiszaluzhatóság követelményeként. Ekkor a kiszaluzásból a szerkezetre ható igénybevételek már nem veszélyeztetik a szerkezet épségét (felületi minőség, élek, sarkok stb.).

#### **A kiszaluzási idő meghatározását befolyásoló tényezők:**

- nyomott vagy hajlított a szerkezet;
- milyen statikai igény merül fel a kiszaluzott szerkezettel szemben
- a zsalutábla tapadási, formaleválasztási képessége;
- milyen a zsaluzat utókezelő szerepe (párolgásgátlás, hőszigetelés, hőmérséklet fenntartás);
- milyen igényt támasztanak a beton felületével szemben;
- a beton összetétele.

Betontechnológiai szempontból kétféleképpen lehet kezelni a kiszaluzás idejét:

- adott technológia mellett a külső körülményeket (elsősorban időjárás) figyelembe véve, mennyi az optimális kiszaluzási idő;
- adott kiszaluzási időhöz a várható külső körülmények figyelembevételével kialakított betontechnológia.

*A kiszaluzási idő csökkentésének technológiai eszközei:*

- nagyobb kötőhőjű, nagyobb korai szilárdságú cement alkalmazása;
- kisebb víz/cement tényező;
- nagyobb cementtartalom;
- kötésyorsítók, de inkább szilárdulásgyorsító adalékszer;
- hőszigetelő takarás;
- formaleválasztó szer célszerű megválasztása.

Módszerek a kiszaluzhatóság megállapítására:

- próbakiszaluzás – elsősorban nyomott szerkezeteknél;
- roncsolásmentes nyomószilárdság becslés - elsősorban Schmidt kalapács alkalmazásával;
- *a betonszerkezettel azonos körülmények között tárolt* próbatest vizsgálata – statikailag indokolt esetben a tervező kérésére, vagy a kiszaluzás megkezdésének tervezői hozzájárulásához szükséges módszer;
- egyenértékű kor meghatározása hőmérsékletméréssel – a környezeti és a szerkezet belsejében mért hőmérséklet alapján.

A gyakorlatban a kiszaluzási időt a zsaluleválasztási szilárdság adja meg. Így nyomott szerkezeteknél (falak, oszlopok) próbakiszaluzással állapítják meg. Hajlított szerkezeteknél (födémek, gerendák) ezt az értéket 7-8 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdság elérése adja, amit célszerű roncsolásmentes nyomószilárdság becsléssel meghatározni. Ha lehetőség van rá, akkor a szerkezettel azonos körülmények között, a helyszínen tárolt próbatest vizsgálata alapján is meghatározható a kiszaluzási idő. Ez a módszer biztonságosabb kiszaluzási idő meghatározást tesz lehetővé. A födém, gerenda önsúlyából adódó terheket alátámasztással – a szükséges alátámasztás mértékét a zsalurendszer tervezőinek kell megadni - kell felvenni, hogy a káros lehajlásokat elkerüljük.

### 4.3. A TRANSPORTBETON EGÉSZSÉGÜGYI VONATKOZÁSAI (CZIRJÁK JÁNOS)

A friss beton bőrrrel érintkezve, szembe kerülve vagy megszilárdult állapotában a porát belélegezve, illetve lenyelés esetén okozhat egészségügyi veszélyeket.

Bőrrrel történő hosszantartó érintkezés esetén a friss beton irritáló hatása lehet a bőrön, illetve ismételt érintkezés esetén kontakt bőrgyulladást okozhat. A friss betonnal való hosszantartó érintkezés súlyos égési sérüléseket okozhat, mert a sérülések fájdalommentesen alakulnak ki (például a nedves betonba térdelve, még nadrág viselése esetén is).

A friss beton irritációt és allergiás reakciót, ezeken keresztül dermatitist válthat ki. Ennek hatására a bőrön kipirosodás, viszketés, kiütés, és bőrhámlás következhet be. Irritációt a friss beton lúgossága és az érdes felület (súrlódás) hatása is okozhat. Túlérzékenység következhet be a betont tartalmazó cementben előforduló vízdoldható króm(VI) hatására. Az érzékenység megnyilvánulhat enyhe kiütés, de akár fekély formájában is. Az érzékeny személyeken már a betonnal való első érintkezéskor megjelenhetnek a tünetek.

Szembe jutva a beton azonnali vagy később megjelenő irritációt és gyulladást okozhat. A nedves (friss) beton szembe kerülve súlyos szemkárosodást, esetleg vaktságot okozhat.

A megszilárdult beton porát belélegezve akut reakcióként az orr, a légcsővek vagy a tüdő nyálkahártyájának irritációja léphet fel az expozíció nagyságától függően. Nagy mennyiségű por belégzése után égési sérülések jelenhetnek meg az orron, a torokban és a tüdőben.

Krónikus hatások:

- A termék kvarckavics adalékanyag esetében kvarcot tartalmaz. A termék porának hosszan tartó és ismételt belégzése szilikózist okozhat, melynek hatására maradandó légző rendszeri károsodás léphet fel.
- A beton kvarctartalma autoimmun betegségek kialakulásához is vezethet: scleroderma, systemic lupus, erythematosus, rheumatoid arthritis.
- a beton nem rákkeltő, de cementtartalma miatt nyomokban tartalmazhat vízdoldható króm(VI)-ot, aminek rákkeltő hatása ismert.

A beton kis mennyiségben lenyelve nem ártalmas, de nagyobb mennyiségben irritációt és égési sérüléseket okozhat a szájban, torokban, nyelőcsőben és az emésztőszervekben.

A fent említett tulajdonságok miatt a transportbeton biztonságtechnikai adatlapján az 1272/2008/EK rendelet (CLP/GHS) szerint az egészségi veszélyt jelző piktogramot kell feltüntetni:



**Veszély**

A friss betonnal való munkavégzés során be kell tartani az egyéni óvintézkedéseket, pl. egyéni védőeszközök használatát.

A munkavégzés során kerülni kell a friss habarcsba vagy betonba térdelést. Ha mindenképp szükséges beletérdelni, megfelelő vízálló egyéni védőfelszerelést kell viselni. A betonnal való munkavégzés után azonnal meg kell mosakodni, le kell zuhanyozni és/vagy hidratáló krémet kell használni. A szennyezett ruházatot, lábbelit, órát stb. le kell venni, és az újbóli használatuk előtt alaposan meg kell tisztítani őket.

Bőrvédelem: át nem eresztő, kopásálló, lúgoknak ellenálló, pamutbélésű (krómmentes) védőkesztyűt, csizmát, zárt hosszú ujjú védőruházatot, továbbá bőrvédő termékeket (köztük bőrvédő krémet) kell használni, hogy megvédjük a bőrt a friss betonnal való hosszantartó érintkezéstől, káros hatásoktól. Különösen ügyelni kell rá, hogy a beton ne juthasson be a csizmába. Transzportbeton készítésekor vízálló nadrágot vagy térdvédőt kell viselni.

Szemvédelem: a szembe jutás elkerülése érdekében a beton porának vagy a nedves cement, illetve friss beton kezelésekor védőszemüveget kell viselni.

Légzésvédelem: az expozíciós határértékeket meghaladó porkoncentrációnak kitett személynek megfelelő légzésvédő eszközt kell használnia.

## 4.4. BETONTECHNOLÓGIAI UTASÍTÁS (CZIRJÁK JÁNOS)

Beton- és vasbeton szerkezetek építéséhez, a betonozási munkák előkészítéséhez, vezetéséhez, ellenőrzéséhez a kivitelezőnek betontechnológust vagy annak munkakörét ellátó okl. vasbetonépítési szakmérnököt kell foglalkoztatnia.

A betontechnológus munkakörébe tartozik a betontechnológiai utasítás elkészítése és az abban foglaltak betartásának, valamint az előkészítésnek, betonépítésnek, utókezelésnek, kizsaluzhatóságnak stb. az ellenőrzése.

A betontechnológusnak a betontechnológiai utasításban többek között meg kell adnia:

- a betonkeverék keverési arányát (tömegre és térfogatra egyaránt), az alkotó anyagok fajtáját és követelményeit;
- az alkotóanyagok adagolásának pontossági követelményeit, a beadagolás sorrendjét, a keverés időtartamát, a szállítás módját, a betonkeverék eltarthatóságát a környezeti körülményektől függően;
- a próbakeverés során ellenőrizendő tulajdonságokat;
- az átadás-átvétel egyedi feltételeit, az átadás-átvételnél szükséges vizsgálatokat, mintavételi és minősítési tervet;
- a szállítás, az elhelyezés, bedolgozás, tömörítés módját, a betömörített frissbeton megengedett maximális levegőtartalmát, valamint az előírt testsűrűséget;
- az utókezelés módját és minimális időtartamát;
- a kizsaluzhatóság feltételeit;
- a szerkezetépítés gyártásközi és felülvizsgálati ellenőrzésének módját és gyakoriságát.

A vizsgálati eredmények értékeléséért a betongyártó és a kivitelező megbízottja (betontechnológusa) együttesen felelős. A kivitelező betontechnológusa felelős a betontechnológiai utasításnak a próbakeverés eredménye szerinti módosításáért és az emiatt szükséges kivitelezési intézkedések végrehajtásáért.



## 4.5. A TRANSPORTBETON ÁTADÁSÁNAK – ÁTVÉTELÉNEK FELTÉTELEI (CZIRJÁK JÁNOS)

A frissbeton gyártó és felhasználó közötti átadás-átvétel feltételeit az MSZ 4798:2016 szabvány 7. fejezete szabályozza.

A frissbeton átadásának helye az a hely, ahol a betont átadják a felhasználónak; ez a szállítólevél igazolásának a helyszíne.

Az MSZ 4798:2016 szabvány (továbbiakban: a szabvány) 7. fejezete a következőket szabályozza:

- a beton felhasználójának a tájékoztatása a gyártó részére: a felhasználónak meg kell egyeznie a gyártóval a szabvány 7.1 fejezetében meghatározott körülményekről;
- a beton gyártójának tájékoztatása a felhasználó részére: a felhasználó kérésére a gyártónak a szabvány 7.2. szakaszában felsorolt információkat kell megadnia a tervezett betonról;
- szállítólevél transzportbeton esetén: a gyártónak minden betonszállítmányt szállítólevél kíséretében kell átadnia a felhasználó részére, amely nyomtatott, pecsételt vagy írott formában legalább a szabvány 7.3. szakaszában felsorolt információkat kell tartalmaznia;
- szállítási tájékoztatás helyszínen kevert beton esetén: a szállítólevélre a szabvány 7.3. szakasz szerint megkívánt megfelelő tájékoztatás a helyszínen kevert betonra is érvényes;
- a keverék beállítása a fő keverési folyamat után és az ürítés előtt általában nem megengedett a fő keverési folyamatot követően a keverési arányok beállítása; egyedi eseteket (pl.: víz, adalék-szer, szál, pigment hozzáadagolása) a szabvány 7.4. szakasza tárgyalja;
- a betonkeverék szállítása a felhasználás helyére
- eltarthatóság: a betonkeverék eltarthatósága a keveréstől (a víz hozzáadásától) számított ama időtartam, amelyen belül a beton még kellő tömörségűre bedolgozható (nem kezdődött meg sem a beton merevedése, sem a cement kötése); az eltarthatóságra vonatkozó szabályozásokat a szabvány 7.7. szakasza tárgyalja.



## 4.6. KÜLÖNLEGES TULAJDONSÁGÚ BETONOK, A BETONTECHNOLÓGIA FEJLŐDÉSI IRÁNYAI

### 4.6.1. BETON PÁLYABURKOLATOK (DR. LIPTAY ANDRÁS)

A cement kötőanyag feltalálását és a cement gyártásának és felhasználásának megkezdését követően a betonburkolatok építésére csak később, az 1800-as évek második felében került sor. Az első betonburkolatot Skóciában építették 1865-ben és 1872-ben, majd ezt követően Franciaországban 1876-ban és Németországban 1880-ban építettek betonburkolatot. Magyarországon az első sikeres betonburkolat 1911. évben épült Iglón. Magyarországon az első nagyobb építést az 1927 – 1935. között átépített 1. számú főút 320 km hosszú betonburkolatának megépítése jelentette. A betonhoz szükséges cementet a Lábatlani Cementgyár állította elő kiváló minőségben. A vizsgálatokról készített bizonylatokat még az 1970-es években alkalmam volt megtekinteni. Ennek a burkolatnak az 1927. évben épült szakasza 50 éves használatot követően is alkalmas volt a forgalmi terhelés elviselésére.

#### Betonburkolatok típusai

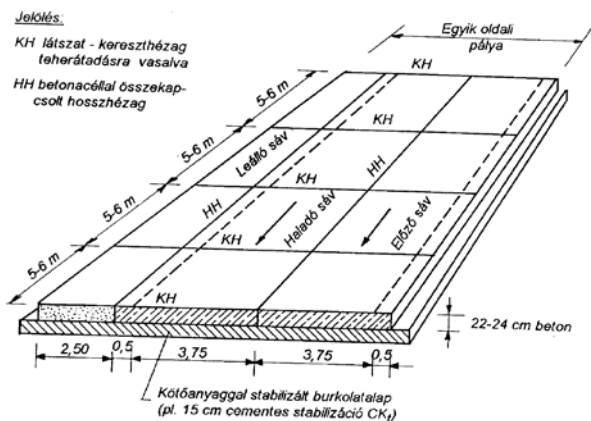
A korai betonburkolatokban az építés közben elkövetett és a használat közben létrejött hibákból a burkolatok tervezői, kivitelezői rájöttek, hogy részben a szerkezet kialakításán és az építési összetételén, a beépítés módszerén változtatni szükséges. A szerkezeti változtatással létrejöttek a különböző szerkezetű betonburkolatok és a beton megfelelőségére és minőségére, valamint az építési módszerek fejlesztésére irányuló megállapítások egyre jobb és ellenállóbb szerkezetű és minőségű burkolatok építését tették lehetővé. Az igazán nagy fejlődés a betonburkolatok építésében és a burkolati beton minőségében az 1920-as években, az autóipar nagy fellendülésének következményeként kezdődött a betonozási módszerek gépesítésének fejlődésével együtt.

#### Hézagolt betonburkolatok

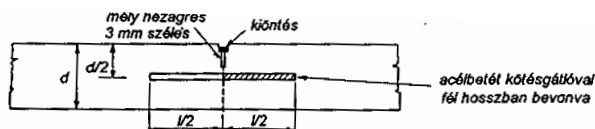
A kezdeti burkolatokban létrejött repedések hatására gyorsan áttértek az építés során az átrepedés helyén a hézagok kialakítására. A burkolatban a keresztmetszet vagy hosszmetset gyengítésével vakhézagokat alakítottak ki, ezzel a repedések helyét a vakhézag alatt jelölték ki. Így a hézagolt burkolatban, ha helyesen választották meg a vakhézagok kialakításának idejét és időben el is végezték azt, akkor a szabálytalan repedések kialakulását a látható felületeken elkerülték.

A betonburkolatban tehát a keresztirányú és a hosszirányú vakhézagok kialakításával lehet megelőzni a szabálytalan repedések megjelenését.

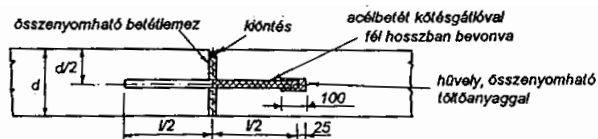
A vakhézagok alatti repedésekben az egymásba nyúló részek közösen képesek a forgalmi terhelés elviselésre mindaddig, amíg az egymáshoz súrlódó részek kopása miatt a betontáblák elmozdulása egymástól függetlenül nem válik, vagy a betonlemez lehülése miatt az összehúzódó betontáblák közötti hézag (repedés) megnyílása a betonlemez függőleges elmozdulását már nem akadályozza.



**4.6.1. ábra: Hézagolt betonburkolat autópályán**



**4.6.2/a. ábra**



**4.6.2/b. ábra**

**4.6.2. ábra: Beton pályaburkolatok keresztézagei**  
 2/a. ábra: Vakhézag      2/b. ábra: Terjeszkedési hézag

A 4.6.2/a. ábra a keresztézagegot mutatja a teherátadó acélbetéttel. A keresztmetszet gyengítéssel az átrepedés a vágott rés alatt létrejön.

A 4.6.2/b. ábra a tágulási vagy dilatációs hézagot ismerteti.

A hézagokban a lemezrészek együttes elmozdulása és teherviselése csak viszonylag rövid ideig működik, ezért a keresztézagegokba teherátadó betonacélokat kell beszerezni a közös teherviselésre.

Az utak forgalmának viselésére a betonburkolatok keresztézageit teherátadó acélbetétekkel kell ellátni. A keresztézagegok általában látszathézagegok (4.6.2/a. ábra), melyekben a betonburkolat összehúzódó mozgása nem gátolt (a teherátadó acélbetétek csúszását a beton házzákötésének akadályozásával tesszük lehetővé), de a betonburkolat kiterjedésével a betontáblák egymáshoz feszülnek. Ezt a nyomást, nyomófeszültséget a beton képes károsodás nélkül elviselni.

Egyes esetekben azonban a betonburkolat kiterjedő elmozdulását dilatációs hézag (4.6.2/b. ábra) kialakításával is lehetővé kell tenni pl. hidak előtt és után.

Az 5 m-nél szélesebb burkolatokban a hosszrepedések kialakulását hosszhézag kialakításával meg kell előzni. A keresztirányú hézagok távolságát egymástól a forgalmi terheléstől és az időjárási körülményektől függően lehet és kell megválasztani.

### Gyengén vasalt betonburkolatok

A betonburkolatokban keletkező szabálytalan repedések kialakulásának elkerülésére az 1900-as években a burkolat felső részébe elhelyezett hálós betonacél erősítéssel kezdtek védekezni, mert ezzel a betonacél erősítéssel a szabálytalan repedések kialakulását csökkenteni és a betontáblák méretét növelni is lehetett. Ha jól választották meg a táblaméreteket és a betonacél mennyiségét, akkor szokásos időjárási körülmények esetén a szabálytalan repedések kialakulását meg tudták előzni. Németországban kezdték a hálós betonacél erősítést alkalmazni és az 1920-1930 években épített nagy útépítéseiknél alkalmazták ezt a gyengén vasalt betonacéllal erősített burkolatépítést.

Sokáig kedvezőnek tartották a betonburkolatánál a betontáblák szabálytalan repedéseinek elkerülése érdekében. Később azonban a forgalom és terhelés növekedése miatt a hibák szaporodtak és feltételezhető, hogy a helyreállításnál a betonacél háló inkább gondot jelentett, mint előnyt.

### **Folytonosan vasalt betonburkolatok**

A betonburkolatok hosszirányú vasalásának növelésével újabb betonburkolat típusa alakult ki. A hosszirányú betonacél mennyiségét a beton keresztmetszeti területének 0,6 – 0,8 % -ig növelve keresztvégagokat nem készítenek, ezért azok rendszeres fenntartására nincs szükség.

A burkolaton keresztirányú repedések létrejönnek, de a nagymennyiségű betonacél a repedések túlzott megnyílását nem teszi lehetővé. A hosszirányú vasalással erősített hézag nélküli burkolatok nagyjából repülőtereken épültek, de útburkolatként is épültek szakaszok. Magyarországon egy kísérleti szakasz épült. Ahol a forgalom téli fenntartása érdekében nátrium-klorid olvasztó sózást alkalmaznak, ott folyamatosan vasalt burkolatot nem célszerű alkalmazni a betonacélok gyorsabb rozsdásodása miatt.

### **Feszített betonburkolatok**

A betonburkolatok is alkalmasak feszített burkolatkénti kialakításra. A betonburkolatot 100-200 méter hosszúságú és szélességű táblákra osztva alakítják ki. A széleken a feszítő kábelek feszítésére és a feszített állapot rögzítésére alkalmas vasbeton árkot alakítanak ki, melyben a feszítést és rögzítést végre tudják hajtani és a későbbiekben is rendszeresen ellenőrizni tudják a kábelvégeket, és amennyiben további beavatkozás szükséges, azt is el lehet végezni.

A kábelek feszítésével a betonburkolatot olyan feszültségi állapotba helyezik, hogy a terhelés hatására keletkező húzófeszültség a betonban a húzószilárdságánál kisebb feszültséget hozzon létre.

Feszített betonburkolatokat legtöbbször repülőterek burkolatán építettek (4.6.3-4. ábra), de útbeton burkolatnál is előfordult feszített betonburkolat kivitelezése.



**4.6.3. ábra: A chicagói repülőtér feszített betonburkolata a futópályával párhuzamos gurulóúton**



#### **4.6.4. ábra: A chicagói repülőtér feszített betonburkolatánál a feszítő árok egy részlete**

Az építési módszerekben bekövetkezett változtatás miatt kialakultak újabb betonburkolat típusok is. Az építési módszerek változásával két újabb betonburkolat alakult ki. Az első talán a legfontosabb, mert Európában jelenleg szinte kizárólag a kétrétegű, mosott felületű betonburkolatokat építik.

#### **Kétrétegű, mosott felületkialakítású betonburkolat**

A mosott felületű betonburkolat néhány évtizede alakult ki, két különböző összetételű, egymásra helyeztet betonrétegből. Az alsó, vastagabb betonréteg összetétele lényegében megfelel egy egyrétegű betonburkolat összetételének is. A kétrétegű betonburkolat anyagainak összetételére és építésére előírtakat és az építési technológia fontos részleteit az e-UT-06.03.35 útügyi műszaki előírás tartalmazza, melyet az anyagok megválasztása, a keverék megtervezése és az építési technológia kialakítása, megvalósítása során be kell tartani, hogy az alsó és felső betonréteg összetétele és minősége az útügyi műszaki előírásnak megfeleljen. A felső betonréteg adalékanyagának legnagyobb szemnagysága 8 mm vagy 11 mm lehet. A felső betonréteg betömörített felületére peremezett kötőanyag segítségével, majd a kimosással eltávolított habarcsréteg hatására kialakított érdes betonfelület megfelelő minőségét, egyenletességét külön előírás tartalmazza.

A betonburkolatok építésére alkalmazott egy vagy több gép a két réteg egymenetű vagy egymást követő beépítésére alkalmas kell legyen, mert csak friss alsó rétegre frissen rábetonozott felső réteg fogadható el megfelelően.

A bedolgozott simított betonfelületet kötőanyag nélkül permezik és a készletelés nélküli beton szilárdulását követően a felületről a meg nem kötött habarcsot vízes sepréssel eltávolítják. A két különböző összetételű és tulajdonságú betonréteg elég pontos építési fegyelem melletti bedolgozása és a technológiai előírások pontos betartásának megkövetelése fontos. A szigorú technológiai fegyelem betartása biztosíthatja, hogy a letisztított betonfelület a tervezettnek megfelelően egyenletesen érdes tulajdonságú lesz.

#### **Hengerelt betonburkolatok**

Amennyiben a betonburkolatok betonját, egyenletes földnedves konzisztenciával, egyenletes vastagságban el tudjuk teríteni, akkor a betonréteget éppen úgy, mint az aszfaltréteget, hengerekkel tömöríteni lehet. Az aszfaltburkolatú utak felújításánál sokszor előfordult, hogy az aszfalt burkolat alá beton alapréteget terveztek és építettek. Ilyen esetben rendszerint az aszfalt finiszerrel elterített beton alapréteget hengerekkel tömörítették, minden különösebb nehézség nélkül. Megfelelő szemeloszású adalékanyag keveréket és megfelelő földnedves konzisztenciát kellett kialakítani a megfelelő tömöríthetőség érdekében.

Külföldi államokban pedig úgy gondolták, hogy a mezőgazdasági és erdőgazdasági területeken, ahol nem a gyors közlekedés a fontos, hanem az útburkolatok terhelhetősége, ott betonburkolatokat is lehet építeni hengerelt tömörítéssel. Az 1970-es években svéd és amerikai kutatók számoltak be hengerekkel tömörített betonburkolatok építéséről. Magyarországon az aszfaltburkolatú főutak beton alaprétegét legtöbbször hengerekkel tömörítették. A hengeres tömörítés akkor készült a leggyorsabban és legjobb minőségben, ha a betont finiszerrel terítették el és hengerekkel tömörítették. Egyébként a betont gréderrel terítve is be lehet építeni az

alaprétege hengeres tömörítéssel, de részletesebb ellenőrzés és a terítőgép többszöri járatának munkájára van esetleg szükség.

### A pályaburkolat betonjának minősége és a beton előírt szilárdsága

A pályabeton összetételét úgy kell megtervezni, hogy a tervezett élettartam alatt az előírt igénybevételnek megfelelő ismétlődő terhelést el tudja viselni. Az igénybevétel helyett az MSZ EN 13877-1 és az MSZ EN 13877-2 szabvány az előírt 28 napos korú próbatesteken az MSZ EN 12390-5 vizsgálattal a hajlító-húzó, az MSZ EN 12390-6 vizsgálat szerint a hasító-húzó szilárdságot adja meg, írja elő, és megadja az MSZ EN 12390-2 szabvány szerint a nyomószilárdság előírt értékét is, de az igénybevétel ismételtetéséről vagy a létesítmény élettartamáról a szabvány nem tájékoztat.

Az MSZ EN 13877-1 és MSZ EN 13877-2 szabványok újabb, 2013. évi kiadásában a korábbiakban előírt szilárdsági értékeket megadták, de a hasító-húzó szilárdság előírt értékeit 4 további előírt értékkel egészítették ki. Az új kiadás szerinti előírt szilárdsági (hajlító-húzó, hasító-húzó és nyomószilárdság) előírt értéke, valamint az MSZ EN 13877-1 és az MSZ EN 13877-2: újabb kiadású szabványaiban a beton burkolatokbetonjára előírt szilárdsági követelményeket a **4.6. táblázat** foglalja össze.

Az MSZ EN 13877-1 és MSZ EN 13877-2 szabvány 2012., illetve 2013. évben megjelent új kiadásában lényegében a korábbi követelményeket írta elő azzal az eltéréssel, hogy a hasító-húzó szilárdságra további négy választható követelményt adtak meg, illetve írtak elő a 3,7 – 4,8 N/mm<sup>2</sup> értékek között.

A 2004 – 2005. évi MSZ EN 13877-1 és az MSZ EN 13877-2 szabványok előírása alapján az e-UT 06.03.31 Betonburkolatokra vonatkozó útügyi előírás az autópályák és a közutak burkolatára a szabvány szerinti választékból az előírt értéket és követelményt megadta. A hasító-húzó szilárdságra most megadott további választék az eddigi magyar követelmény rendszert nem befolyásolja, ezért az e-UT 06.03.31 előírás továbbra is érvényes. Egyébként is a hajlító-húzó szilárdságra vonatkozó követelmény előírt értékének teljesülését megfigyelni fontosabb, mert a burkolatot is hajlításra vesszük igénybe. A hasítószilárdság megfigyelése abból a szempontból lehet fontos, hogy tájékoztat a beépítésnél esetleg elkövetett vagy bekövetkezett rendellenességre.

#### 4.6.1. táblázat: Az MSZ EN 13877-1 és -2 szabvány szerint előírt vizsgálatok és azok előírt értékei

28 napos próbatest hasító-húzó szilárdsága MSZ EN 13877-1 szerint		28 napos próbatest hajlító-húzó szilárdsága MSZ EN 13877-1 2013 szerint		Kifűrt magminták nyomószilárdsága MSZ EN 13877-2 szerint		Kifűrt magminták hasítóhúzószilárdsága MSZ EN 13877-2 szerint	
Jele: fsk	Előírt értéke: N/mm <sup>2</sup>	Jele: F	Előírt értéke: N/mm <sup>2</sup>	Jele: CC	Előírt értéke: N/mm <sup>2</sup>	Jele: SC	Előírt értéke: N/mm <sup>2</sup>
S1,3	1,3	F2	2,0	CC8	8	SC1,3	1,3
S1,7	1,7	F3	3,0	CC12	12	SC1,7	1,7
S2,0	2,0	F3,5	3,5	CC16	16	SC2,0	2,0
S2,4	2,4	F4	4,0	CC20	20	SC2,4	2,4
S2,7	2,7	F4,5	4,5	CC25	25	SC2,7	2,7
S3,0	3,0	F5,5	5,5	CC30	30	SC3,3	3,3
S3,3	3,3	F6,5	6,5	CC35	35	SC4,0	4,0
S3,7	3,7	F8,5	8,5	CC40	40	SC5,0	5,0
S4,0	4,0	F9	9,0	SC5,5	5,5		
S4,3	4,3	F10	10,0	CC50	50		
S4,6	4,6			CC55	55		
S4,8	4,8			CC60	60		
S5,0	5,0			CC70	70		
S5,5	5,5			CC80	80		
S6,0	6,0			CC90	90		
				<b>CC100</b>	<b>100</b>		

A betonburkolatok minőségét és szilárdságát az MSZ EN 13877-1 és MSZ EN 13877-2 szabványok előírása alapján

kell meghatározni és a szabványok előírásainak teljesítéséhez az e-UT 06.03.31 útügyi műszaki előírásban megfogalmazott technológia leírását követve kell a betonburkolatok építésére előírt követelményeket betartani.

*Az útügyi műszaki előírás szerinti eljárás a következőket adja meg:*

**A pályabetonok jelölése:**

**Pl: (CP4/2,7-22/S1-XF4)**

betűjele: pl.: **(CP)**;

szilárdsági osztály: pl.: **(4/2,7)**

adalékanyag legnagyobb szemnyagysága mm-ben: pl.: **(22)**

tört vonal után a konzisztencia jele: pl.: **(/S1)**

környezeti osztály jele: pl.: **(XF4)**

*A pályabetonok szilárdsági osztályai:*

**(CP 4/2,7) ← (CP 3,5/2,4) ← (CP 3/2)**

*A pályabetonok minőségi követelményei:*

- frissbetonra előírt követelmények: testsűrűség, konzisztencia, légtartalom, víz/cement tényező; az alkalmassági vizsgálat alapján előírtak szerint;
- szilárdsági követelmények: a szilárdsági osztályra előírtak szerint;
- beépített beton tömörsége: a burkolatból kifűrt magminta és a próbakocka testsűrűségének az aránya  $\geq 95\%$ ;
- szilárd betonban a buborékok távolsági tényezője  $\leq 0,22$  mm

**Pályaburkolat betonjának összetétele**

A pályaburkolat betonjának összetételéhez első lépésben meg kell határozni a beton előállításának szilárdságát figyelembe véve a mérési szállítási, bedolgozási egyenlőtlenségeket, mérési stb. hibákat, hogy megad hassuk azt az emelt szilárdságot mellyel ezeket a bizonytalanságokat pótolni tudjuk

*Az útügyi műszaki előírás szerint a pályabetonok szilárdsági osztályainak követelményeit a 4.6.2. táblázat adja meg.*

**4.6.2. táblázat: A pályabetonok szilárdsági osztályok szerint előírt jellemző szilárdsága**

Sorszám	Megnevezés	Jelölés MSZ EN szerint	CP 4/2,7	CP 3,5/2,4	CP 3/2
1	Hajlító-húzó szilárdság 28 napos, 150x150x600 mm gerendán, MSZ EN 13877-1 szerint	F	4	3,5	3
2	Hasító-húzó szilárdság 28 napos, Ø 150 mm h=300 mm, hengeren MSZ EN 13877-1 szerint	S	3	2,7	2,4
3	Nyomószilárdság 28 napos, 150 mm élhosszúságú kockán, MSZ 4798 szerint	C	37	30	25
4	Hasító-húzó szilárdság 28 napos, kifűrt 150 mm hengeren, MSZ EN 13877-2 szerint	SC	2,7	2,4	2,0
5	Nyomószilárdság 28 napos, kifűrt Ø 150 mm h=150 mm hengeren, MSZ EN 13877-2 szerint	CC	30	25	20

Megjegyzés: a táblázat az 1., 2., 3. sorszámnál a keverőtelep betonjára ír elő követelményeket, ezek közül az 1. sorban a keverék gyártása közben készített próbatestekre ír elő követelményt, a 2. és 3. sorban előírtakat az alkalmassági vizsgálatnál kell betartani. A táblázat 4. és 5. sorában előírt szilárdságok a beépített betonra vonatkoznak (a 4. sorban előírt hasító-húzó szilárdságot csak az alkalmassági vizsgálat során kell ellenőrizni). A szilárdságokra előírt értékek a jellemző szilárdságokat jelentik.

A beton összetételét a várható (átlag) szilárdságra kell tervezni. A szilárdságok várható (átlag) értékét és az összetételre előírt követelményeket a 4.6.3. táblázat foglalja össze.

#### 4.6.3. táblázat: A pályabeton összetételét a táblázatban megadott várható szilárdságra kell meghatározni

Megnevezés	CP4/2,7	CP3,5/2,4	CP 3/2
	jelű pályaburkolati beton		
Hajlító-húzó szilárdság 28 napos várható értéke [N/mm <sup>2</sup> ]	5,3	4,6	4,0
Hasító-húzó szilárdság 28 napos várható értéke [N/mm <sup>2</sup> ]	4,0	3,6	3,2
Nyomószilárdság 28 napos várható értéke kockán [N/mm <sup>2</sup> ]	45	40	33
Nyomószilárdság 28 napos várható értéke hengeren [N/mm <sup>2</sup> ]	40	34	28
Beton cementtartalma* [kg/m <sup>3</sup> ]	≥ 350	≥ 330	≥ 300
Beton víz/cement tényezője	≤ 0,43	≤ 0,45	≤ 0,47
Adalékanyag szemmagysága, D <sub>max</sub> [mm]	8*, 16, 22, 32		
Adalékanyag zúzott részének mennyisége [m%]	≥ 50	≥ 40	≥ 30
Távolsági tényező [mm]	≤ 0,22		

Megjegyzés:\* D<sub>max</sub> = 8 mm keverék cementtartalma ≥ 370 kg/m<sup>3</sup> legyen.

A távolsági tényező a buborékok eloszlását jellemzi a megszilárdult betonban. Ha a frissbetonban mért légtartalom és a távolsági tényező közötti összefüggés nem ismert, akkor a frissbetonban a 4.6.4. táblázat szerinti levegőtartalmat kell adalékszerrel elérni, és vizsgálattal igazolni, hogy a szilárd betonban ekkor a távolsági tényező 0,22 mm-nél kisebb.

#### 4.6.4. táblázat: A távolsági tényező eléréséhez ajánlott frissbeton levegőtartalom

Legnagyobb szemmagyság [mm]	Frissbeton levegőtartalma [térfogat %]
8	6,0
16	5,5
22	5,0
32	4,5

A pályaburkolatok betonjának összetételét a megszokott tervezéstől eltérően nem nyomószilárdság teljesítésére kell tervezni, hanem a hajlító-húzó szilárdságra. Figyelembe kell venni az alkalmazott anyagoknak a húzószilárdság kialakulására gyakorolt hatását.

A cement választásánál kell először gondosan eljárni. A cement lehetőleg rendelkezzen kedvezően nagy húzószilárdsággal. A cementalkotó klinkerásványok közül a húzószilárdság kialakulására a dicalcium-szilikát kedvez. Ennek lassabb szilárdulása is megfelel a burkolatokhoz, mert a gyorsan szilárduló összetevők erős megerősítése és gyors hülése miatt a beton repedésre érzékenyebb lenne. Mindenesetre a megfelelő cement kiválasztása fontos szempont kell legyen az összetétel tervezésénél.

Az adalékanyagok közül az alkalmazott homoknak és a finom zúzaléknak van döntő szerepe a beton húzószilárdságának alakulására. Az 1970-es években a Műszaki Egyetem Építőanyag Tanszéke a Betonútépítő Vállalat közreműködésével és megrendelésére több kutatást végzett az adalékanyagok húzószilárdságot befolyásoló hatásának meghatározására és az akkori homokos kavicsbányák homoktermékeit azonos szemmegoszlással, cementtartalommal és víz/cement tényezővel vizsgálva az 5. táblázat szerinti sorrendet mutatta ki.



#### 4.6.5. táblázat: Azonos szemmegoszlású homokkal készített, azonos összetételű habarcs hajlító-húzó szilárdsága

Kavicsbánya termelési helye	7,07x7,07x25,0 cm méretű hasábok 28 napos hajlító-húzó szilárdsága Kp/cm <sup>2</sup>
Nyékládháza	75,4
Csepel	73,9
Dunai	73,0
Hegyeshalom	72,6
Délegyháza	72,4
Szigetszentmiklós	70,6

A kutatási eredmények alapján a Betonútépítő Vállalat által épített betonburkolatokhoz több éven keresztül a Nyékládházi OH 0/4 homokot használták, pl. a Ferihegyi repülőtér új futópálya burkolatához és a katonai repülőterek felújításához.

Az összetétel legfontosabb feladata, hogy a beton előírt, illetve tervezett húzószilárdságát a beton előállítás, gyártása során megfelelő biztonsággal teljesíteni lehessen. Ezért olyan anyagokat kell kiválasztani és megfelelő arányban összekeverni, melyek a beton húzószilárdságának kialakításában kedvező hatásúak.

A betonburkolat húzószilárdságát az alkalmazott kőzetek és a cement közötti kapcsolat erőssége növelheti vagy csökkentheti is. A Magyarországon alkalmazott andezit és bazalt kőzetekhez a cementek tapadása megfelelő, de ezek között a mélységi kőzetek között is lehetnek olyan rossz közetrészek, melyek szilárdulását valamilyen vulkáni kitörés esetleg megzavarta és a kitörő gázok hatására a szilárd kőzet morzsalékos lett és nem alkalmas a betonburkolathoz. A cementkő tapadása az adalékanyag kőzetének felületéhez akkor a legerősebb, ha az adalékanyag kristályai és a szilárd cement kristályváza is hasonló, illetve azonos kristályos felépítésű. A cement kialakuló kristályváza a mészkő adalékanyag kristályszerkezetével tudna összeépülni és ez viszonylag jó kötési kapcsolatot biztosítana. Ezt a ferihegyi második futópálya építése során nagyharsányi 5/12 mészkő zúzalék alkalmazásával sikerült elérni. A nagyharsányi mészkő elég jó szilárdsággal rendelkezett, ezért lehetett a zúzalékot a burkolati betonhoz sikeresen alkalmazni.

Az adalékanyag kiválasztásához ismerni kell, hogy a kiválasztott anyagaink a beton tulajdonságait milyen irányba befolyásolhatják. A húzószilárdság kialakításában a 0/4 mm szemmagyságú finom és zúzott homokszemek és a 4/8 mm szemmagyságú zúzalékszemek működnek közre. A pályaburkolatok betonjának húzószilárdságát tehát a 0/4 mm-es homok egy részének zúzalékkal történő pótlásával lehetne növelni. Arra viszont vigyázni kell, hogy a bedolgozhatóságot nem szabad lerontani, mert azzal esetleg nagyobb kárt okoznánk. A 4/8 szemmagyságú zúzalék adagolt mennyisége is növelheti a beton húzószilárdságát. A bedolgozhatóságot ez esetben is figyelni kell, mert nehezen bedolgozható betonkeverékek nagyobb bajt lehet előidézni, mint hasznát.

Az megtervezett anyagokkal a keverékek összetételét keverék összetételként legalább három szilárdsági értékkel szükséges kipróbálni, hogy alkalmasság esetén az utolsó (végső) összetétel azonnal megadható legyen.

A burkolat előállításához a betonkeveréket előállítani és a betont beépíteni csak akkor szabad, ha a rendelkezésre álló előkísérletek eredményeiből az összetételt egyértelműen és megbízhatóan meg lehet határozni és a keverékösszetétel gyártásához a technológusi utasítást is ki lehet adni.

## 4.6.2. HÍDÉPÍTÉSI BETONOK (TÖRÖK ZSUZSANNA)

A hídépítési betonokkal szemben támasztott követelményrendszer meghatározó elemei a korábbi fejezetekben tárgyalt magyar szabványokon kívül az Útügyi Műszaki Előírások, amelyet az országos közutak építtetői és közútkezelői kötelesek alkalmazni az építtetői és az üzemeltetési feladatok ellátására kötött szerződéseikben. Ezért a projektek megkezdésének első lépése minden esetben a kivitelezés teljes időtartamára vonatkozóan a beton jelölési és betontanúsítási szabványrendszerek tisztázása. A beton-, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetekre vonatkozó szabványokat a tender és kiviteli tervek alapjául szolgáló szabványrendszer, a szerződéses feltételek és a Tender Műszaki Előírások alapján határozzuk meg.

### 1. számú szabványrendszer ÚT 2-3.414:2004 alapján

Ha a tervezés az MSZ 15022-es szabványrendszer és az ÚT 2-3.414:2004 (Közúti hidak tervezési előírásai IV. Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése) alapján történt, akkor a beton-, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek betonjának megfelelőségét az MSZ 4719:1982, az MSZ 4720-1:1979, az MSZ 4720-2:1980 és az MSZ 4720-3:1980 szabvány szerint kell ellenőrizni. Ez esetben a beton jelölése és minősítése az ÚT 2-3.414:2004 szerinti. A kivitelezéssel és a mintavételi gyakorisággal kapcsolatos előírásokat az ÚT 2-3.402:2000 (Közúti hidak építése I. Beton, vasbeton és feszített vasbeton hídszerkezetek építése) tartalmazza. A betonösszetételi ajánlásokat, és az alkalmazható alapanyagok típusát és követelményeit az ÚT 2-2.203:2003 sz. (Közúti hidak korrózióvédelme I. Betonszerkezetek primer / technológiai/ védelme) előírás szabályozza.

### 2. számú szabványrendszer e-ÚT 07.01.14:2011 alapján

Ha a tervezés az Eurocode 2 és az e-ÚT 07.01.14:2011 (Közúti hidak tervezése /KHT/ 4.) alapján történt, akkor a betonok jellemzőinek tekintetében az MSZ 4798 és az MSZ EN 20 szabvány használható. Ez esetben a betonok jellemzőit az MSZ 4798 szabvány előírásai szerint kell értelmezni, de a betonok ezen túlmenően feleljenek meg az e-ÚT 07.02.11 (Közúti hidak építése 1. Beton, vasbeton és feszített vasbeton hídszerkezetek) előírásainak is.

Az útügyi műszaki előírások által meghatározott főbb paraméterek:

- hídbetonok minimális szilárdsága
- alkalmazható alapanyagok fajtája
- betonkeverék tervezési követelményei
- próbakeverések és előzetes vizsgálatok
- a beton megfelelőségének értékelése
- próbatestek szükséges darabszáma a megfelelőségi vizsgálathoz.

A felsoroltakon kívül az útügyi műszaki előírások összekapcsolódó szabványrendszerei pontos utasításokat tartalmaznak a kivitelezés egyéb mozzanataira is, úgymint állványzatok és zsaluzatok követelményei, a beton bedolgozása és utókezelése, betonfelületek kialakítása, munkahézag és csatlakozási hézag képzések, kizsaluzás és a betonfelületek javítása, az elkészült szerkezetek ellenőrzése.

Külön fejezet foglalkozik az előregyártott szerkezetekre vonatkozó előírásokkal, melynek alapanyag követelményei megegyeznek ugyan a monolit vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek anyagaira vonatkozó előírásokkal, de ezek esetében igen fontosak a gyártásra, tárolásra, szállításra, emelésre és elhelyezésre vonatkozó szabályok is. Ez a rész tartalmazza továbbá, a feszített vasbeton hídgerendák esetében az átadás-átvételtkor ellenőrizendő dokumentumok listáját, és rendelkezik az átvétel során elvégzendő vizsgálatokról a követelmények megadásával.

Tartalmazza a Technológiai Utasítások, valamint a Mintavételi és megfelelőség igazolási terv tartalmi követelményeit. Hídépítési munkák során bármilyen tevékenység csak jóváhagyott Technológiai Utasítás, illetve Mintavételi és megfelelőség igazolási terv birtokában kezdhető meg.

A napjainkban zajló hidépítéseknél alkalmazandó szabványrendszerek a hazánkban jelenleg érvényben lévő alapanyag és transzportbeton üzemek *tanúsítási kötelezettségek* (Teljesítmény Nyilatkozat és ennek kiállításához kapcsolódó vizsgálati szabványok, Üzemi Gyártásellenőrzés) miatt természetesen nem olyan jelentős mértékben térnek el egymástól, de azért tartalmaznak bizonyos sajátosságokat, melyeket a teljesség igénye nélkül vázolok fel a következő fejezetekben, kilenc lépésben.

A szerződés aláírását követően elvégzendő és megoldandó feladatok a két féle szabványrendszer tükrében:

**1. Lépés:** A beton követelményeit meghatározó szabványrendszer kiválasztása és a különböző szerkezeti részek betonnal szemben támasztott követelményeinek tisztázása, a beton jelének egységesítése. Előfordul, hogy a szerződés részét képező Tender Műszaki Előírásokban, a Kiviteli Terveken, és az Ütügyi Műszaki Előírásokban szereplő szilárdsági és egyéb követelmények eltérnek egymástól, vagy a szabványrendszerek az előbbi dokumentumokban keverednek, pedig némely esetben a két szabványrendszer követelményei jelentős eltéréseket mutatnak.

1.a) Szilárdsági és egyéb követelmények:

**4.6.6. táblázat: A közúti hídszerkezetekben alkalmazandó (minimális) betonosztályok (előírás) – ÚT 2-3.414:2004 M4. táblázat (1. szabványrendszer)**

A szerkezet típusa	Korróziós kategória	Nem teherhordó szerkezetek	Teherhordó szerkezeti elemek		
		Hídtartozékok*	Alépipítmények és egyéb szerkezetek		Felszerkezetek
		(fagyás, olvadás) pl. cserélhető folyókák, lépcsők, rézsűburkolati elemek, zajvédő fal lábazata stb.	(fagy nélkül) pl. föld alatti mélyalapok, alaptestek, kiegyenlítő lemezek, áttereszkek stb.	(fagyás, olvadás) pl. föld feletti boltzatok, felmenő falak, oszlopok, támfalak, szárnyfalak stb.	(fagyás, olvadás) pl. szerkezeti gerendák, pályalemezek, hídgerendák, hídszegélyek stb.
Betonszerkezetek	A	C16/20	C16/20	C20/25	-
	B	C20/25 F	C16/20	C25/30 FV	-
Vasbeton szerkezetek	A	C20/25	C20/25	C30/37 FV	C30/37 FV**
	B	C25/30 FV	C25/30 V	C35/45 FV	C35/45 FV
Feszített vasbeton szerkezetek	A	-	-	-	C35/45 FV
	B	-	-	-	C40/50 FV

Megjegyzések és jelmagyarázatok:

\*a környezeti hatások miatt erősen korlátozott élettartam feltételezésével készülő cserélhető elemek; a forgalom zavarása nélkül nem cserélhető elemeket a teherhordó szerkezetekhez kell sorolni.

\*\*alul-felül bevonattal ellátott pályalemez esetén a minimális betonosztály: C25/30

A: – nem szózott elem

B: – szózott elem

F: – fagyállósági követelmény (minimálisan: f50)

V: – vízzárósági követelmény (minimálisan: v25)

**4.6.7. táblázat: Hídszerkezetekben alkalmazandó betonok minimális szilárdsági és környezeti követelményei e-ÚT 07.01.14:2011 szabvány 1. táblázat (2. sz. szabványrendszer)**

	Szerkezet	Szilárdsági jel	Környezeti osztály*
Föld alatti szerkezetek	Fúrt cölöp	Száraz térben (nincs talajvíz) C20/25	Nincs korróziós kockázat
		Víz alatt C30/37	
		Agresszivitás mértékétől függően C30/37	Agresszív kémiai hatás XA2
	Alaptestek, kiegyenlítő lemezek, keretszerkezetek, boltozott hidak, áttereszek	C35/45	XA3
		A vízzáróság szükséges mértékétől függően C25/30	Víznyomásnak kitett szerkezet XV1(H)
		C30/37	XV2(H), XV3(H)
Agresszivitás mértékétől függően C30/37		Agresszív kémiai hatás XA2	
C35/45	XA3		
Föld feletti szerkezetek	Felmenő falak, oszlopok, szárnyfalak, támfalak	C35/45	Fagyás-olvadás okozta korrózió a víztelítettség mértékétől függően XF2, XF4
	Szerkezeti gerendák, hídszegélyek (bevonattól függetlenül) pályalemezek	C35/45	Klorid okozta korrózió a víztelítettség mértékétől függően XD1, XD2, XD3
	Feszített vasbeton szerkezetek, üzemben előregyártott híderendák (ÉME szerint)	C40/50	
	Lépcső, folyóka, rézsűburkolat (cserélhető elemek)	C35/45	Fagyás-olvadás okozta korrózió XF2, XF4 Klorid okozta korrózió XD3

A szabványrendszerek tisztázása nélkül például egyazon hidpillér követelményei a környezeti osztályok miatt teljesen eltérően alakulhatnak:

- C35/45-24/K, f50, vz5 (ÚT 2.3.414:2004)
- C35/45-XC4-XD3-XF4-XV2(H)-24-F3 (e-ÚT 07.01.14:2011)

**2. Lépés:** A szerződés keretein belül készítendő híd (hidak) valamennyi szerkezeti elemét tartalmazó táblázat összeállításra és a Megrendelővel, Mérnökkel, Tervezővel való elfogadtatására, amely megadja az egyes szerkezeti elemekkel kapcsolatos valamennyi követelményt. Ennek a táblázatnak a részeként érdemes elkészíteni a tervezett próbakeverések listáját, ahol fel kell tüntetni, hogy mely szerkezetek kiszolgálása történik majd azonos keverékekből. A kivitelezések során ma már teljesen természetes, hogy a kisebb m<sup>3</sup> igényű, esetenként alacsonyabb szilárdsági osztályú szerkezetek megépítéséhez nem készítenek külön próbakeverést. Ezeket a szerkezeteket a magasabb minőségű betonokból szolgálják ki annak érdekében, hogy a betongyárban ne kelljen folyton keveréket váltani és, hogy ezzel is csökkentjük az esetleges receptúrakeveredéseket. Szintén ezt a célt szolgálja, ha a betonokat nem számmal, hanem névvel azonosítjuk, mert azt minden művezető tudja, hogy éppen alaptestet épít-e vagy felmenő falat. Pl.: cölöp, alaptest, felmenő szerkezet. Ezek a receptnevek irandók be mind a szerkezetenkénti beton jelölés táblázatba, mind az adott szerkezet Technológiai Utasításába.

**4.6.8. táblázat: Kivitelezői példa.: Beton összevonások, próbakeverések, recept nevek a 3. sz. főút hatvani vasúti hídszerkezet felújítása és a kapcsolódó csomópont építése projekten**

Ssz.	Szerkezeti rész	Kiviteli tervekre megegyezett betonminőségek	Összevonások, recept nevek, próbakeverések
1.	Cölöp	C30/37 - XA1- XC2 -16 - F5	1. CÖLÖP
2.	Alaptest	C30/37 - XA1 - XC2 - 24 - F3	2. ALAPTEST
3.	Kiegyenlítő lemez, szigetelésvédő beton kiegyenlítő lemezen	C25/30-XC2-24-F3	
4.	Monolit vb. héj, hídfő, pillér, szárnyfal, szerk. ger., pályalemez, felszerkezet, saruzsámoly	C35/45-XC4-XD3-XF4-XV2-24-F3	3. FELMENŐ és FELSZERKEZET
5.	Támfal	C35/45-XA1-XC4-XD3-XF4-XV2-24-F3	
6.	Monolit szegély, padkaburkolat, rézsűburkolat lábazata, rézsűburkolat szegélygerendája	C35/45-XC4-XD3-XF4-XV2-16-F3	4. SZEGÉLY

**3. Lépés:** Fel kell kutatni a megfelelő szállítási távolságon belül előforduló és tanúsított betongyarakat, vagy nagyobb munkák kivitelezése esetén megfontolni a mobil keverő felállításának gazdaságosságát. A próbakeverések és a kivitelezés csak a Megrendelő és Mérnök által elfogadott fő- és tartaléküzem megléte esetén kezdhető meg. A betongyár elfogadásáról a betongyárt bemutató dokumentáció áttekintése, a kapacitások felmérése és a helyszíni szemle után lehet döntést hozni. Az szükséges fejlesztéseket célszerű még a próbakeverések megkezdése előtt elvégezni. Ilyen például a megfelelő protokollal rendelkező szállítólevél kiadásának feltétele. *Hídépítési munkákon csak olyan szállítólevél fogadható el, amely a szokásos adatokon felül tartalmazza, a recept nevét, az adalékanyagok frakciónkénti mért nedvességtartalmát, a nedvességgel korrigált receptet, az elméleti és a ténylegesen mérlegelt mennyiségeket, és megadja az adagolási pontatlanságot kg-ban és/vagy %-osan kifejezve, valamennyi összetevőre vonatkozóan.* A fenti adatok mindegyike igen lényeges szempont a keverék azonosíthatósága és ellenőrizhetősége szempontjából.

**4. Lépés:** Az alapanyagokat bemutató és bizonylatoló dokumentáció összeállítás és elfogadtatása. A különböző szabványrendszerek eltérő megkötetéseket tartalmaznak, például a felhasználható alapanyagokra vonatkozólag is, íme néhány példa:

**CEMENT**

- **Az 1-es számú szabványrendszer alapján:** A beton kötőanyagául a vasbeton és feszített vasbeton hidak felszerkezetéhez általában csak CEM I 42,5 típusú portlandcement tervezhető. Az alépítmények szerkezeti elemeibe legfeljebb 10% pernyét, illetve traszot, vagy legfeljebb 20% kohósalakot tartalmazó portlandcement használható fel. Az agresszív környezeti hatásoknak ellenálló betonokhoz az MSZ EN 197-1 szerinti cementfajták közül elsősorban a CEM I 42,5 használható fel. **Kivitelezői tapasztalat: a Tender Műszaki Előírások a híd alapozáshoz CEM I 32,5 típusú cement, míg a vízzáró és fagyálló betonokhoz csak a CEM I 42,5 típusú cement használatát engedélyezi. Ezen felül még azt is előírja, hogy a hídépítéshez felhasznált betonok kiegészítőanyag nélküli cementből készüljenek.**
- **A 2-es számú szabványrendszer alapján:** A közúti hídszerkezetek betonjaihoz felhasználhatóak az MSZ EN 197-1 szerinti CEM I, CEM II, CEM III fajtájú cementek a következő megkötetésekkel:
  1. felszerkezetbe elsősorban CEM I fajtájú portlandcementet, vagy CEM II fajtájú kohósalakot, puccolánt vagy szilikaport tartalmazó összetett portlandcementet szabad beépíteni.
  2. CEM II 32,5 és CEM III/A 32,5 típusú cementeket legfeljebb C40/45 beton nyomószilárdsági osztályig szabad használni.

3. CEM III/B 32,5 jelű cementet legfeljebb C35/45 beton-nyomószilárdságig szabad használni.
4. CEM III fajtájú cementet feszített vasbeton szerkezetekhez felhasználni nem szabad. Az ilyen szerkezetekhez a CEM I vagy CEM II (nagy kezdőszilárdságú: R) fajtájú cementek használhatóak.
5. Tilos a különböző cementfajták keverőtelepi keverése, és tilos a három hónapnál régebbi és +50°C-nál melegebb cement használata.

## ADALÉKSZEREK

Ez esetben az Ütügyi Műszaki Előírások következtetések és egymással összhangban tiltják a hidak teherhordó szerkezeteiben a légbuborékképző adalékszerek használatát. Tehát itt az ellentmondás a fagy- és olvasztósóálló betonokra vonatkozólag az Ütügyi Műszaki Előírás és az MSZ 4798 szabvány között van, amely úgy rendelkezik, hogy XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú betont légbuborékképző szer nélkül készíteni nem szabad.

**5. Lépés:** Beton receptúrák elkészítése és a Megrendelővel, Mérnökkel való elfogadtatása.

### A BETON TERVEZÉSI KÖVETELMÉNYEK ESETÉBEN:

- **Az 1-es számú szabványrendszer** legfőbb irányvonala, hogy a fagyálló és vízzáró hídszerkezeti betonoknál 0,35-0,45 között kell legyen a v/c tényező értéke. **Kivitelezői tapasztalat: a hidépítési betonok folyadék/cement tényezője a Tender Műszaki Előírások szerint általában max. 0,4 lehet. Ez esetben azért, hogy a beton tartalmazza az eltarthatósághoz, összedolgozhatósághoz és a folyósító adalékszer működéséhez szükséges vizet, igen magas cement és folyósítószer adagolást kell alkalmazni, ami szinte minden esetben egy igen nehezen kezelhető, „mézes” jellegű betont eredményez.**
- **A 2-es számú szabványrendszer** viszont már csak a lehető legkisebb folyadék/cement tényező használatát írja elő. **Kivitelezői tapasztalat: a közúti hidak felmenő és felszerkezetei szinte minden esetben kloridot tartalmazó permetnek kitett, váltakozva nedves és száraz igénybevételt kapnak, így az XD3 környezeti osztályhoz tartoznak, ahol a v/c tényező max. ajánlott értéke: 0,45. (MSZ 4798).**
- Az Ütügyi Műszaki Előírások a zsugorodási repedésérzékenység miatt a cementadagolást 450 kg/m<sup>3</sup>-ben maximalizálják.

**6. Lépés:** Próbakeverések elvégzése Mérnök jelenlétében

- A receptek helyességének és a gyártási technológiának az ellenőrzésére próbakeverést kell végezni, ha a beton nyomószilárdsági osztálya C20/25 vagy ennél nagyobb, illetve ha a beton különleges tulajdonságokkal is rendelkezik. Ha a keverő az adott összetételből rendelkezik egy évnél nem régebbi elfogadott próbakeveréssel, és képes azzal azonos keveréket előállítani, úgy a próbakeverést nem szükséges elvégezni. **Kivitelezői tapasztalat: az ország különböző szegletében folyó hidépítési munkákat megelőzően igen ritkán állnak rendelkezésre elfogadható próbakeverések. A szerződések eltérő követelményei, a megváltozott alapanyag fajták és származási helyek, és a szabványváltozások miatt szinte minden esetben el kell a próbakeveréseket végezni. Célszerű az alapanyagok típusát és származási helyét a projekt teljes időtartamára rögzíteni.**
- A próbakeverésen a friss- és megszilárdult beton mintavételeket és vizsgálatokat az elfogadott szabványrendszerhez tartozó vizsgálati szabványok szerint kell elvégezni, és ezek alapján kell a keveréket minősíteni. **Kivitelezői tapasztalat: a betonok szilárdsági szórása több okból kifolyólag a kivitelezés alatt igen nagy ingadozást is mutathat, ezért érdemes meggondolni, hogy mi az a nyomószilárdsági tartalék, amely mellett a keveréket még elfogadjuk.**

**7. Lépés:** *Alkalmassági vizsgálati jelentés* összeállítása a cement és adalékanyag vizsgálatok (adalékanyag: szemmegoszlás és agyag-iszaptartalom, cement: fizikai-mechanikai, kémiai, vízzérkenység és finomsági jellemzők), a friss- és megszilárdult beton vizsgálatok alapján.

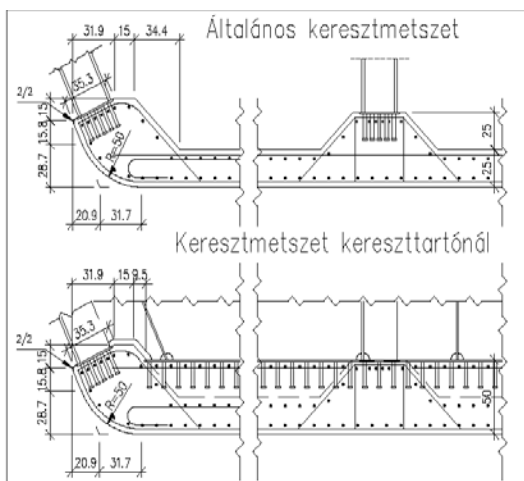
**8. Lépés:** Ahol a vasbeton hídszerkezetek egyes részei nem kapnak sóvédelmi bevonatot, tehát a betonfelület látható, vagy a beton bedolgozási körülményei a megszokottól eltérőek, ott célszerű a próbakeverés alkalmával beépítési próbát is végezni a tényleges körülmények modellezésével.

### **Kivitelezői példa (esettanulmány)**

M43 autópálya építése új Tisza-híd (Móra Ferenc híd) felszerkezet próbakeverés – Próbabeépítés – Kivitelező: Hídépítő Zrt.

A betonnal szemben támasztott tervezési és technológiai követelmények:

- alacsony 0,4 – es víz/cement tényező
- betonszilárdság: min. C45/55 (Rk15nom=60 N/mm<sup>2</sup>)
- CEM I 42,5 portlandcement alkalmazása
- korai magas szilárdság 35 N/mm<sup>2</sup> már 36 óras korban a feszíthetőséghez a felső lemez esetében
- jó eltarthatóság, mozgékonyág, bedolgozhatóság, jó zsalukitöltés
- speciális zsaluzási és bedolgozási (beton bejuttatási és vibrálási nehézségek) körülmények
- szép betonfelület.



**4.6.5. ábra: Tisza-híd (Móra Ferenc híd) felszerkezet alsó lemez - Keresztmetszetek**

### **A próbaszaluzatok kialakítása:**

A próbakeverés alkalmával ebben az esetben nem csak a „szokásos” beton tulajdonságokat vizsgáltuk, hanem megpróbáltuk a tényleges bedolgozás körülményeit is megteremteni, a felszerkezet alsó lemez zsaluzatának modellezésével. A zsaluzatok alaprajzi méretei: 3,0 m x 2,5 m. Térfogat: 3 m<sup>3</sup>. A próbaszaluzatuk felső részén az acéllemez csapokkal kapcsolódó részletét a kitöltés láthatósága érdekében plexi lap alkalmazásával és a csapokat modellező fa hengerek segítségével oldottuk meg. A zsaluzatba a vaszerelést is elhelyeztük annak érdekében, hogy a beton bejuttatás feltételei valóságosan modellezve legyenek.

A fenéklemez vasbeton szerkezetének zsaluzatát kétféle módon alakítottuk ki.

### **1-es típus**

Az eredeti kiviteli tervek szerinti kialakítást tartalmazza (4.6.5. ábra), úgy hogy az alsó övlemez mindkét oldalán 1:1 esésű rézsús felülettel csatlakozik a beton az acélszerkezethez.

### **2-es típus**

Az eredeti tervek szerinti kialakítást az egyik oldalon megtartjuk, a másik oldalon pedig a kiékelés alsó pontjától függőlegesen végezzük el a betonozást.

### **Próbakeverés, próbabeépítés**

A próbakeverés során ugyanazt a receptúrát készítettük el különböző folyósító adalékszer adagolással. Az eltérő adagolást a kétféle zsaluzattípus indokolta. (A kétoldalt ferde kialakítású zsaluzat – ahol a betont betonozó nyílásokon keresztül juttatjuk be – kitöltéséhez lágyabb konzisztenciájú keverékre van szükségünk, mivel itt a betonnak hosszirányban az acélszerkezet gerincével párhuzamosan is mozognia kell a csapok és a vasszerelés között.)

Az első keverés (4.6.6. ábra) alkalmával a kevésbé lágy konzisztenciájú keveréket – 2-es zsalutípus betonját – készítettük el. Ennek a keveréknek a területe a beépítéskor 56/54 cm volt. A tapasztalat azt mutatta, hogy ilyen konzisztencia mellett a beton a „betonozósáv” mentén vibrálva egyenletesen és teljesen kitöltötte a zsaluzatot. A rétegek jól összevibrálhatóak voltak.



**4.6.6. ábra: Aszimmetrikus próbazsalu betonozó sávval**

A kizsaluzás után a szerkezeten sehol nem volt kitöltetlen rész. A beton jól tömörített és egységes textúrájú lett. Repedés vagy fészkeség sehol nem volt rajta.

A második keverés (4.6.7. ábra) alkalmával a lágyabb konzisztenciájú keveréket – 1-es zsalutípus betonja – készítettük el. Ennek a keveréknek a területe a beépítéskor 57/55 cm volt. A beépítési tapasztalat az volt, hogy ilyen konzisztencia mellett, a beton „betonozó nyílásokon” történő bejuttatása és vibrálása nem eredményez megfelelő szerkezetet.



**4.6.7. ábra: Szimmetrikus próbazsalu betonozó nyílással**



A beton az egy helyen – adott távolságokban elhelyezett betonozó nyílásoknál – történő vibrálása és a magas vegyszeradagolás hatására felhabosodott és nem töltötte ki a zsalu teljes keresztmetszetét. A további vibrálás segíthette volna a beton további szétterülését, de a habosodás jelensége mellett a korlátozott számú vibrálási helyen a beton szétosztályozódása is megkezdődött. Így a vibrálást leállítottuk. A kész szerkezeten maradtak kitöltetlen helyek, de a betonon repedés nem volt látható. Az alsó övlemez modellező lemez alatt a kitöltés csak a betonozó nyílás környezetében volt teljes, attól 30 - 40 cm távolságban már kialakult az acéllemez és a beton között egy változó méretű hézag. Az alsó lemez furatán keresztül alkalmazott vibrálás nem hozott kellő eredményt, a finom rész és a folyadéktartalom kiválását eredményezte.

## PRÓBABEÉPÍTÉS ÉRTÉKELÉSE

A modellkísérlet alapján az alábbiak állapítottuk meg:

- 1) Beépítéskor a beton konzisztenciája 50-55 között tartandó.
- 2) Az egyik oldalon célszerű, a megfelelő kibetonozhatóság érdekében, a kiékelés helyett függőleges zsaluzatot alkalmazni.
- 3) A végrehajtás során különös figyelemmel kell eljárni a beton konzisztencia ellenőrzése, és a bedolgozásnál alkalmazott vibráció alkalmazása során.
- 4) A betonozást egy oldalról kell elvégezni, az ellenoldali beton megfelelő megjelenésének folyamatos ellenőrzése mellett.

## KIVITELEZÉS, ZSALUZATOK, BETONÓZÁSOK, FELÜLETEK

A próbakeverés tapasztalatai alapján, a jobb minőségű szerkezet elkészítése érdekében, a felszerkezet alsó lemezét áttervezték az általunk javasolt „2-es zsalutípus” alapján. Végül a mederhid felszerkezet alsó és felső lemez építése a próbakeverésen kipróbált kevésbé lágy konzisztenciájú betonreceptúrával (FELSZERKEZET néven - C45/55-16/K-f50-vz5, 400 kg/m<sup>3</sup> CEM I 42,5 N, v/c=0.4 ) készült el.

**9. Lépés:** Az alkalmassági vizsgálatok és az egyes hídszerkezeti részek Technológiai Utasításának (mely aprólékosan tartalmazza a zsaluzással, vasszereléssel a beton bedolgozásával, kiszaluzhatóságával, utókezelésével és védelmével kapcsolatos valamennyi teendőt) és a Mintavételi és megfelelésig igazolási terv (amely tartalmazza az adott szerkezeti részek kivitelezése során elvégzendő valamennyi mintavételt, minőség vizsgálatot, követelményt, tűrést és a dokumentálás módját) elfogadása után kezdődhet meg a hídszerkezeti részek kivitelezése. Az elkészült hídépítési szerkezetek minőségigazolásához szükséges próbakockák mintavételi gyakorisága és darabszáma is szabványrendszerenként egymástól eltérő.

- **Az 1-es számú szabványrendszer** esetében: betonozási naponta minden megkezdett 50 m<sup>3</sup> betonból min. 3 próbatestet kell venni, de a napi mintavételek minimális darabszáma 5 kell legyen.
- **A 2-es számú szabványrendszer** az alábbi táblázat szerint írja elő a mintavételi darabszámokat megfeleléségi vizsgálathoz, környezeti osztálytól függetlenül (e-ÚT 07.02.11:2011).

#### 4.6.9. táblázat

Vizsgálat	Nyomószilárdsági osztály		
	vasalatlan C8/10 – C20/50	vasalt vagy feszített C20/25 – C50/60	vasalt vagy feszített C55/67 – C100/115
Nyomószilárdság	Próbatestek vizsgálati darabszáma		
	60 m <sup>3</sup> -ig, legalább		
	6		12
	60 – 100 m <sup>3</sup> között további két kocka (külön szállítóeszközből véve) minden megkezdett		
	40 m <sup>3</sup> -ként	20 m <sup>3</sup> -ként	10 m <sup>3</sup> -ként
	100 – 200 m <sup>3</sup> között további két kocka (külön szállítóeszközből véve) minden megkezdett		
	100 m <sup>3</sup> -ként	50 m <sup>3</sup> -ként	25 m <sup>3</sup> -ként
	200 – 400 m <sup>3</sup> között további két kocka (külön szállítóeszközből véve) minden megkezdett		
	200 m <sup>3</sup> -ként	100 m <sup>3</sup> -ként	50 m <sup>3</sup> -ként
400 m <sup>3</sup> felett további két kocka (külön szállítóeszközből véve) minden megkezdett			
400 m <sup>3</sup> -ként	200 m <sup>3</sup> -ként	100 m <sup>3</sup> -ként	
Vízzároság	-	200 m <sup>3</sup> keverékenként 3 darabos sorozat	
Fagy-és olvasztósó-ál- lóság	-	200 m <sup>3</sup> keverékenként 2x3 darabos sorozat	

A fentiek alapján talán mindenki számára egyértelmű, hogy egy hidépítési műtárgy elkészítése során a betonnal szemben támasztott legfontosabb szempont a tartóssági és a statikai igények kielégítése a szerződésben meghatározott szabályozás keretein belül. Ez a receptúra tervezése során a betontechnológust, és a beton bedolgozását végző Vállalkozót olyan szűk korlátok közé szorítja, hogy itt például a „szép megjelenésű” betonfelületek nem mások, mint a szigorú követelmények pozitív mellékhatásai, amelyek csak jó beton receptúrával, megfelelő zsaluzattal és alapos bedolgozással érhetőek el.

#### 4.6.3. FAGY- ÉS OLVASZTÓSÓÁLLÓ BETONOK (DR. BOROSNYÓI ADORJÁN)

A betonok fagyállóságának tárgyalásakor alapvetően meg kell különböztetnünk egymástól a *leromlásnak azt a két eltérő mechanizmusát*, amelyet az ismételt megfagyás-felolvadás ciklusok eredményezhetnek, és amelyeket az MSZ EN 206 szabvány is egymástól – részben – elkülönülten kezel.

##### A) BELSŐ FAGYKÁROSODÁS

Az édesvíz megfagyásakor képződő szilárd halmazállapotú vízjég 9 V%-kal nagyobb teret foglal el, mint a cseppfolyós halmazállapotú víz. A beton belső fagykárosodása elsősorban erre a jelenségre és ennek következményeire vezethető vissza. Amikor a beton kapilláris pórusaiban jégelncse képződik, akkor egyrészt a kristályképződésből származó közvetlen nyomás a kapilláris pórusok falán átadódva, arra merőleges irányban húzást indukál a kapillárisok közötti szilárd fázisban, illetve a jelgncsek körül a cseppfolyós halmazállapotban megmaradó, megfagyni nem képes, néhány nanométer vastagságú vízfilm hidrosztatikai nyomás alá kerül, és ez a nyomás továbbtődik a még cseppfolyós halmazállapotú kapilláris vízben, fokozva ezzel a pórusvíznyomást a jelgncsektől távolabb is. A kitágulásában megakadályozott vízjég több száz MPa nyomást is kifejthet a környezetére, számottevően nagyobb, mint amit a cementkő szilárd fázisa repedésképződés nélkül felvenni képes. Ki kell hangsúlyozni, hogy ez a károsodás akkor tud nagymértékben előrehaladni, ha a beton kapilláris pórusainak víztelítettsége nagy; ezt a víztelítettséget hívja a szakirodalom *kritikus telítettségnak* (pl. Fågerlund, 1971). Bizonyított, hogy a kritikus telítettségnél nagyobb víztartalmú betonok esetén már akár egyetlen fagyás-olvadás ciklus is nagymértékű károsodáshoz vezet, ezért a *betonok belső fagykárosodásának elkerülése érdekében meg kell akadályozni, hogy a beton elérje a kritikus telítettséget*. A *kritikus telítettségi fok* mértéke normál betonok esetén a teljes víztelítettséghöz képest 80-90%,

amely természetes légköri nyomáson 100-200 napos víz alatt tárolás esetén képes kialakulni (pl. Fågerlund, 1977). Ismétlődő fagyás-olvadás ciklusok a cementkőben progresszív repedésképződést eredményeznek, nagyon hasonlóan a kis ciklusszámú fáradás jelenségéhez. Olvadás közben a beton vízfelvétele mindig nagyobb, mint az esetleges kiszáradásának mértéke fagyás közben, így a *fagyás-olvadás ciklusok ismétlődése egyre kedvezőtlenebb* víztartalmi állapothoz vezet. A leromlási folyamat során a beton rugalmassági modulusa, majd szilárdsága egyre inkább csökken, és idővel megindul az anyag szétesése. Egy beton belső fagykárosodással szembeni ellenállásának mértékét a tényleges telítettségének és a kritikus telítettségének a különbsége (vagy hányadosa) mutatja meg. A fagykárosodás miatt bekövetkező leromlás mértékének a számszerűsítésére leginkább az ún. *tartóssági tényezőt* javasolja a szakirodalom (amely a dinamikus rugalmassági modulus csökkenését mutatja a fagyás-olvadás ciklusok hatására), de szokás a kevésbé érzékeny ún. *fagylágyulási tényezőt* is alkalmazni (amely a nyomószilárdság csökkenését mutatja a fagyás-olvadás ciklusok hatására). Közvetlen fagyállósági vizsgálat nélkül alkalmas lehet a fagyállóság durva becslésére az ún. *telítési tényező* meghatározása is (amely a tömeg szerinti, atmoszferikus vízfelvétel és a 15 MPa nyomás alatt kialakuló vízfelvétel hányadosa). A belső fagykárosodás vizsgálatának klasszikus módja a száraz légtérben,  $-20^{\circ}\text{C}$  hőmérsékleten történő fagyasztás és  $+20^{\circ}\text{C}$  hőmérsékletű vízben történő olvasztás ciklusok meghatározott számú ismétlését követően a tömegvesztés és a fagylágyulási tényező meghatározása.

## B) FELÜLETI FAGYKÁROSODÁS

A fentiekől teljes mértékben eltérő károsodás alakul ki a betonok felületén abban az esetben, ha a betonfelület jégolvasztó só oldatával vagy tengervízzel érintkezve fagy meg. Ezekben az esetekben a beton belső víztelítettségének a mértéke irreleváns, lévén a folyamat a felület közvetlen közelében zajlik, ráadásul a károsodás kialakulásának a kockázata is nagyobb, mert nem kell megvárni a kritikus telítettség kialakulásához szükséges viszonylag hosszú időt. A károsodási jelenséget *fagyhámlásnak* hívja a szakirodalom (pl. Valenza, Scherer, 2007). A fagyhámlás abban nyilvánul meg, hogy a beton felületén a megszilárdult cementhabarcs (cementpép) az adalékanyag szemek közül kagylós alakban kitöredeznek. A tapasztalatok szerint  $-10^{\circ}\text{C}$  alatti hőmérsékleteken indul meg a fagyhámlás és csak akkor tapasztalható, ha sóoldat borítja a betonfelületet. A fagyhámlás súlyossága a *felületi sóoldat koncentrációjától függ* (és nem függ a pórusvíz sótartalmától). Legnagyobb lehámlást a 3%-os sóoldat eredményez, függetlenül attól, hogy NaCl,  $\text{CaCl}_2$ , vagy bármely egyéb sóoldatot alkalmazunk (pl. Pigeon et al, 1996). Ennek oka, hogy a tiszta vízjég nem hajlamos a repedésre, míg a töményebb oldatok megfagyása viszont már nem jár elegendő vízjég képződéssel. A fagyhámlás elsődleges oka, hogy a meg nem fagyott sóoldat jelenléte miatt a betonfelülethez tapadt, nem egyenletes vastagságú *vízjég megreped, és a repedés tovább terjed a megszilárdult cementkőbe*. A repedés terjedésével szembeni ellenállást a cementkő feszültségintenzitási tényezőjének kritikus értéke adja ( $K_{ic}$ ), amely a húzószilárdsággal összefüggésbe hozható törésmechanikai anyagjellemző. Sajnos a betonok felületén a tömörítés során kialakuló, cementpépben gazdagabb réteg feszültségintenzitási tényezőjének kritikus értéke alig haladja meg a vízjégét, így a jégben elinduló repedések tovaterjedését a felületi cementkő a jégnél csak alig nagyobb mértékben akadályozza. Minden olyan betontechnológiai hiba, amely a beton felületi szilárdságát gyengíti (pl. cementpép/habarcs felületi feloldulása, töpödés, kivézés, szétosztályozódás, felületi vízkiválás a zsaluzaton vagy zsugorodási repedések), fokozza a beton felületi fagykárosodásának a veszélyét.

Mivel a belső fagykárosodás és a felületi fagykárosodás mechanizmusai eltérnek, így a fagyhámlás mértékére nem lehet következtetni a klasszikus (zömök próbatestek, kockák fagyasztása/olvasztása) fagyállósági vizsgálatok eredményeiből. A betonok fagyhámlással szembeni ellenállásának vizsgálatára célzott laboratóriumi vizsgálatokat használ a gyakorlat, amelyek közül Magyarországon csaknem kizárólag a peremes hámlasztásos (egyébként referencia) vizsgálati módszer terjedt el (MSZ CEN/TS 12390-9:2007). A beton felületi fagykárosodással szembeni ellenállásának számszerűsítésére a felületegységre eső lehámlott anyagmennyiséget ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) alkalmazzuk, amely 56 napos fagyás-olvadás ciklusok után határozandó meg, amellyel, hogy a lehámlás mértékét a közbenső ciklusszámokra is meg kell határozni és a változás mértékét is értékelni kell.

## Az MSZ EN 206 szabvány környezeti osztályai

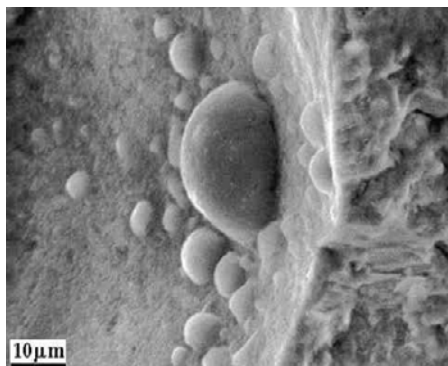
Az MSZ EN 206 szabvány a betonok fagyállósági osztályozására, az eddig elmondottakkal összhangban, négy környezeti osztályt vezet be:

- XF1: Mérsékelt víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül (pl. függőleges betonfelületek, melyeket eső és fagy ér),
- XF2: Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal (pl. útépítési műtárgyak függőleges betonfelületei, amelyeket fagy és a levegő által szállított jégolvasztó anyag ér),
- XF3: Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyag nélkül (pl. vízszintes betonfelületek, amelyeket eső vagy víz ér),
- XF4: Nagymérvű víztelítettség, jégolvasztó anyaggal vagy tengervízzel (pl. útburkolatok és hídpálya-lemezek, amelyeket jégolvasztó anyagok érnek; olyan (vízszintes) betonfelületek, amelyeket jégtelenítő anyagok permete és fagy közvetlenül ér; fagnak kitett tengeri szerkezetek a felcsapódási zónában).

Látható, hogy az MSZ EN 206 szabvány a leromlási folyamatokat a környezeti osztályokban részben kiterjeszti és kombinálja is. Például külön környezeti osztályt rendel azokhoz a függőleges felületű betonszerkezetekhez, amelyek sóoldattal érintkeznek (ld. XF2), bár ezeken a fagyhámítás értelemszerűen nem tud létrejönni, azonban a kapilláris felszívás és párolgás során kialakuló esetleges sókivirágzásból származó kristálynövekedési nyomás, vagy a jégolvasztás során kialakuló hirtelen hőmérséklet-csökkenés (hőlökés), továbbá a beton réteges megfagyásának lehetősége miatt ez a környezeti osztály természetesen szigorúbb, mint az XF1 környezeti osztály. A legszigorúbb környezeti osztályba a *sóoldatnak és fagnak kitett vízszintes betonfelületek tartoznak* (XF4), ahol a leromlás sebessége várhatóan a legnagyobb. Az MSZ EN 206 szabvány az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályba tartozó betonok esetén légbuborékképző adalékszerek alkalmazását javasolja a fagyállóság eléréséhez. *Ha a betonban nincs mesterséges légbuborék*, akkor a beton fagyállóságát megfelelő vizsgálati módszerrel meg kell határozni olyan betonnal összehasonlítva, amelyre az adott környezeti osztály esetén a fagyás/olvadás állóságot már bebizonyították.

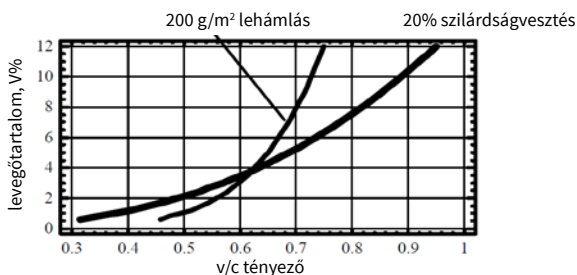
## Légbuborékképző adalékszerek hatása a fagyállóságra

A légbuborékképző adalékszerek kifejlesztését az 1930-as években egy véletlen megfigyelés indította el, amely szerint New York államban gyártott egyes természetes cementek esetében, amelyeknél az őrlés elősegítésére marhafaggyút is alkalmaztak, nagyobb fagyhámítással szembeni ellenállás volt megfigyelhető a betonokon, amely jelenség – mint később kiderült – a szerves alkotóelemeknek köszönhető levegőbuborék-zárványok miatt alakult ki (pl. Torrans, Ivey, 1965). A levegőbuborék-zárványok tartósság növelő hatása miatt jelentős kutatás indult el a területen. A kifejlesztett légbuborékképző adalékszerek olyan felületaktív anyagok, amelyek levegőbuborékokat képesek stabilan tartani a cementpépben a beton keverése és bedolgozása során is, és amely levegőbuborékok a későbbi kapillárisokat megszakítják, ezzel csökkentve a cementkő kapilláris aktivitását, vízfelszívását, de különösképpen a fagyállóságát javítva azáltal, hogy a lehülés során képződő jég fázis számára helyet biztosítanak a térfogat-növekedéshez (az 4.6.8. ábrán egy adalékszerrel bevitt légbuborékban kialakuló jéglencsét figyelhetünk meg, amelyek a megszakított kapilláris pórusokból türemkednek ki; Corr et al, 2002).



**4.6.8. ábra: Jégképződés levegőbuborékban (Corr et al, 2002)**

A légbuborékképző adalékszerek nem csak a belső fagykárosodás megelőzésében alkalmazhatók sikerrel, de a felületi fagykárosodás csökkentésében is hatékonyak. Hangsúlyozni kell, hogy az adalékszerrel bevitt légbuborékok nem akadályozzák meg, csak lassítják a tönkremenetelt, és a megfelelő hatékonyság érdekében el kell érni, hogy legalább 5-7 V% bevitt levegőtartalom mellett a légbuborékok fajlagos felülete legalább 25 mm<sup>2</sup>/mm<sup>3</sup> legyen (pl. Chatterji, 2003). A hatékony légbuborékok átmérője 300 μm-nél kisebb, jellegzetesen 50 μm körüli, és a hatékony távolsági tényező (a normalizált elrendezésű légbuborékok egymástól mért távolságának a fele) legfeljebb 0,2 mm lehet. A légbuborék-tartalom hatását tiszta portlandcemente vonatkozóan a 4.6.9. ábrán figyelhetjük meg. Látható, hogy a belső fagykárosodás még relatíve kis szilárdságú betonok esetén is hatékonyan megelőzhető légbuborékképző adalékszer adagolásával, azonban a felületi fagykárosodás a nagyobb v/c tényezők tartományában légbuborékképző adalékszer adagolásával sem előzhető meg: így érthető, hogy miért korlátozza az MSZ EN 206 szabvány a v/c tényezőt 0,45 értéken az XF4 környezeti osztályban.



**4.6.9. ábra: Légbuboréktartalom hatása a belső- és a felületi fagykárosodásra (Penttala, 2002)**

#### Fagy- és olvasztósóálló betonok összetétele

A fagy- és olvasztósóálló betonok készítésének több feltétele van.

*Az adalékanyagra vonatkozó feltételek:*

Az adalékanyagnak fagyállónak kell lennie, azaz ki kell elégítenie az MSZ EN 12620 szabvány szerinti  $F_{56/4,0}$  (XF3 környezeti osztályig), ill.  $F_{56/2,5}$  (XF4 környezeti osztályban) fagyállósági (MSZ EN 1367-1 szabvány szerinti vizsgálat alapján) vagy  $MS_{10}$  magnézium-szulfátos kristályosítási veszteség (MSZ EN 1367-2 szabvány szerinti vizsgálat alapján) osztály követelményeit. A magnézium-szulfátos kristályosítási veszteség vizsgálatot tartják a legalkalmasabbnak a kőanyagalmaz vizsgálatára olyan helyzetekben, ahol a beton ki lehet téve

tengervíz vagy jégolvasztó sók hatásának. Az adalékanyag általában fagy- és olvasztósó-állónak tekinthető, ha az MSZ EN 1097-6 szabvány szerint meghatározott vízfelvétele legfeljebb 1,0 m/m%, és ebben az esetben a magnézium-szulfátos kristályosítás, illetve a fagy- és olvasztósóállóság vizsgálata el is hagyható. További követelményként a fagy- és olvasztósóálló betonok készítéséhez felhasznált (különösképpen a zúzott) adalékanyagra vonatkozóan célszerű előírni a finomrész-tartalmat (pl.  $f_{1,5} - f_3$  az MSZ EN 933-1 szabvány szerint); az agyag-iszap tartalmat (térfogatos ülepítő vizsgálat alapján); a szemalaktényezőt (pl.  $F_{35}$  az MSZ EN 933-3 szabvány szerint); a kagylóhéjtartalmat (pl.  $SC_{10}$  az MSZ EN 933-7 szabvány szerint); a vízdoldható szulfáttartalmat (pl.  $SS_{0,2}$  az MSZ EN 1744-1 szabvány szerint); a vízdoldható kloridion-tartalmat (pl.  $<0,01$  tömeg% az MSZ EN 1744-1 szabvány szerint); a cementpép kötésekedetére gyakorolt hatást (pl.  $A_{10}$  az MSZ EN 1744-6 szabvány szerint); a Mikro-Deval-féle kopásállóságot (pl.  $M_{DE20}$  az MSZ EN 1097-1 szabvány szerint); a Los Angeles-aprózódási ellenállást (pl.  $LA_{25}$  az MSZ EN 1097-2 szabvány szerint). Az ásványi összetételben káros, duzzadásra vagy elbomlásra hajlamos ásványok nem fordulhatnak elő. Az adalékanyag a térfogatát nem változtathatja, a cement kötési, szilárdulási tulajdonságát károsan nem befolyásolhatja. Az adalékanyag ásványi összetétele vizsgálatának a duzzadásra, elbomlásra, kémiai reakciókra hajlamos, káros ásványi összetevők (pl. opál, kalcedon, krisztobalit, üveges fázisú ásványos összetevők, csillám, aktív mész, szulfát, klorid) meghatározására kell kitérnie. Az adalékanyag alkáliérzékenysége elégítse ki az ASTM C 289-07 „Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)” szabvány értékkelő diagramja szerinti követelményeket (lásd pl. MÉASZ ME-04. 19:1995 11.2 ábra).

#### *A cementre vonatkozó feltételek:*

Fagy- és olvasztósóálló betonok készítéséhez az alábbi cementeket csak abban az esetben szabad alkalmazni, ha a beton fagy- és olvasztósó-állóságát megfelelő vizsgálati módszerrel (pl. MSZ CEN/TS 12390-9:2007) bebizonyították, ennek hiányában az alább felsorolt cementek használata kerülendő:

- CEM II/B-LL, CEM II/A-L, CEM II/B-L;
- CEM II/B-M (S-LL);
- CEM III/B;
- CEM III/C;
- CEM IV/A, CEM IV/B;
- CEM V/A, CEM V/B.

#### *Az adalékszerre vonatkozó feltételek:*

A felhasznált légbuborékképző adalékszernek az esetlegesen együttesen alkalmazott képlékenyítő/folyósító adalékszerrel bizonyítottan jól összeférhetőnek kell lennie oly módon, hogy az előzőekben elmondott hatékony légtartalom túlmenően a légbuborékképző rendszer jellemzőket (pl. légbuborékok fajlagos felülete, átmérője és távolsági tényezője) is teljesíteni tudja. A próbakeverés során meg kell határozni az adalékszer adagolásának módját és sorrendjét is. Az adalékszer esetleges egymásra hatását (túl sok vagy túl kevés légbuborék képződése) előzetes vizsgálatokkal meg kell határozni. A légbuborék képződésre ható beton-technológiai tényezőket (pl. cement összetétele és őrlésfinomsága, a frissbeton hőmérséklete, konzisztenciája, a víz/cement tényező értéke, a keverés, a szállítás és a bedolgozás módja) az adalékszer mennyiségének meghatározása során figyelembe kell venni. Vannak olyan légbuborékképző adalékszer, amelyek a beton további mozgatásának hatására (pl. mixerkocsiban) a közvetlenül az elkészítés után mérhetőhöz képest számottevően nagyobb (akár 8-10 V%) levegőt képeznek – erről a szállítónak nyilatkoznia kell. A kettős főhatású adalékszer helyett célszerű külön légbuborékképző adalékszer és külön képlékenyítő/folyósító adalékszer alkalmazni. Megfelelő tapasztalat esetén megengedhető a légbuborékok adagolása előre elkészített paszta formájában is.

#### *A víz/cement tényezőre vonatkozó feltételek:*

Az előírt víz/cement tényezőt és cementtartalmat szigorúan be kell tartani. Megfelelő tapasztalat esetén alkalmazhatók igen kis víz/cement tényezőjű, nagyszilárdságú (HPC), vagy ultra nagy szilárdságú (UHPC) betonok is, de a légbuborékképző adalékszerek elhagyása csak abban az esetben megengedhető, ha a beton fagy- és olvasztósó-állóságát megfelelő vizsgálati módszerrel (pl. MSZ CEN/TS 12390-9:2007) bebizonyították. A megfelelő légbuborék-szerkezetű betonok ugyanis *a kisebb nyomószilárdságuk ellenére is rendszerint fagyállóbbak, mint a nagyobb szilárdságú, nagyon tömör szerkezetű, de mesterségesen bevitt légbuborékokat nem tartalmazó betonok.*

*Az utókezelésre vonatkozó feltételek:*

A fagy- és olvasztósóálló betonokat nagyon gondosan kell utókezelni, hosszas nedvesen tartással, elárasztással, zsaluzatban tartással vagy párazáró szer alkalmazásával, és figyelembe kell venni az alkalmazott cement kötési-szilárdulási ütemén kívül a környezeti hőmérsékletet is. Ügyelni kell arra, hogy a beton az első megfagyás alkalmával a kritikus víztelítettség állapotától lehetőleg messze legyen, azaz időt kell hagyni a betonnak az utókezelést követő alapos kiszáradásra, még a téli időszak beköszönte előtt. Az ősszel készített betonok esetén így célszerű lehet CEM II/A vagy CEM I típusú cementek alkalmazása.

#### **Felhasznált irodalom**

Chatterji, S. (2003) Freezing of air-entrained cement-based materials and specific actions of air-entraining agents. *Cement & Concrete Composites*, Vol. 25, No. 7, 2003, pp. 759-765.

Corr, D. J., Monteiro, P. J. M., Bastacky, J. (2002) Microscopic Characterization of Ice Morphology in Entrained Air Voids. *ACI Materials Journal*, Vol. 99, No. 2., 2002, pp. 190-195.

Fågerlund, G. (1971) Degré critique de saturation. Un outil pour l'estimation de la résistance au gel des matériaux de construction. *Matériaux et Constructions*, Vol. 4, No. 23, 1971, pp. 271-285.

Fågerlund, G. (1977) The critical degree of saturation method of assessing the freeze/thaw resistance of concrete. Prepared on behalf of RILEM Committee 4 CDC. *Matériaux et Constructions*, Vol. 10, No. 58, 1977, pp. 217-229.

Penttala, V. (2002) From freezing and thawing pore water pressures to concrete stresses. *Proceedings of the 2nd International RILEM Workshop on Frost Resistance of Concrete*, Edited by M. J. Setzer, R. Auberg and H.-J. Keck, 2002, pp. 147-160.

Pigeon, M., Marchand, J., Pleau, R. (1996) Frost resistant concrete. *Construction and Building Materials*, Vol. 10, No. 5, 1996, pp. 339-348.

Torrans, P. H., Ivey, D. L. (1965) Review of literature on air-entrained concrete. *Research Report Number 103-1*. Texas Highway Department and Department of Transportation, Federal Highway Administration, Bureau of Public Roads. 16 p.

Valenza, J. J., Scherer, G. W. (2007) A review of salt scaling: II. Mechanisms. *Cement and Concrete Research*, Vol. 37, No. 7, 2007, pp. 1022-1034.

#### **4.6.4. SZÁLERŐSÍTÉSŰ BETONOK (DR. BOROSNYÓI ADORJÁN)**

A szálerősítés betonban való alkalmazásának az ötlete mindössze néhány évtizeddel azután jelent meg az építőmérnöki tudományokban, mint maga a vasbeton. Az első szabadalom *Achille Bérard* (Kalifornia, USA) nevéhez fűződik 1874-ből, amelyben szabálytalan alakú vashulladék alkalmazását javasolja hidraulikus mészkötőanyagú, homok és kavics adalékanyagot tartalmazó keverékhez (U.S. Patent 157,903):

*„... a composition formed by mixing two parts of gravel, two parts of sand, two parts of hydraulic lime, one part of granular waste iron, and water.”*

A napjainkban is használt acélszálak geometriájához hasonlatos megjelenésű acélszálak

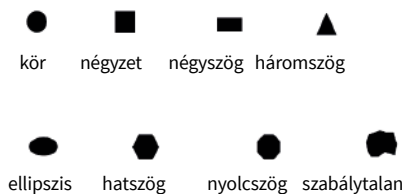
alkalmazásának javaslata szálerősítésű beton csövek készítéséhez 1927-ből származik; a szabadalmat *George C. Martin* (Kalifornia, USA) nyújtotta be (U.S. Patent 1,633,219). A szabadalom egyik rajzát a 4.6.10. ábrán mutatjuk be.



**4.6.10. ábra: Az első acélszálak alakja (Martin, 1927)**

Napjainkban acél anyagú szálakon kívül polimer-, üveg- és szénszálak, valamint különféle növényi eredetű szálak felhasználásával is készülnek szálerősítésű betonok. A nemzetközi szakirodalom a szálerősítésű betonra általában, mint FRC (Fibre Reinforced Concrete) hivatkozik, sok esetben az alkalmazott szál kezdőbetűje is megjelenik a névben, pl. SFRC (Steel Fibre Reinforced Concrete).

A szálak alakja és keresztmetszeti kialakítása sokféle lehet. A teljesség igénye nélkül a 4.6.11. és 4.6.12. ábrán összefoglaljuk a piacon jelenleg kapható leggyakoribb acélszál kialakításokat.



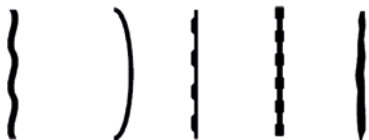
**4.6.11. ábra: Acélszálak lehetséges keresztmetszeti kialakítása (Lofgren, 2005)**





egyenes kampós végű

csavart



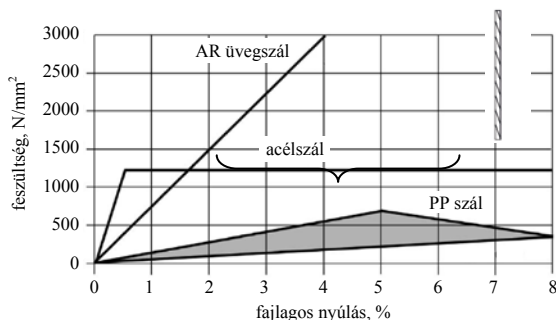
hullámos íves fogazott rovátkolt szabálytalan

#### 4.6.12. ábra: Acélszálak lehetséges alakja (Lofgren, 2005)

A szálak mechanikai jellemzőinek összehasonlítását a 4.6.10. táblázatban mutatjuk be. Jellegzetes feszültség – fajlagos nyúlás ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) diagramokat a 4.6.13. ábrán illusztrálunk.

#### 4.6.10. táblázat: Szálak mechanikai jellemzői (Domone, Illston, 2010)

	Sűrűség (g/ml)	Átmérő ( $\mu$ m)	Hossz (mm)	Rug. modulus (GPa)	Húzószil. (MPa)	Szakadási nyúlás (%)
Cementhabarcs	1,8–2,0	300–5000	–	10–30	1–10	0,01–0,05
Beton	1,8–2,4	10 000–20 000	–	20–40	1–4	0,01–0,02
Aramidszál	1,45	10–15	5<	70–130	2900	2–4
Azbesztszál	2,55	0,02–30	5–40	164	200–1800	2–3
Szénszál	1,16–1,95	7–18	3<	30–390	600–2700	0,5–2,4
Cellulózszál	1,5	20–120	0,5–5,0	10–50	300–1000	20
Üvegszál	2,7	12,5	10–50	70	600–2500	3,6
PAN szál	1,16	13–104	6	17–20	900–1000	8–11
PE szál	0,91	1–20	1	–	–	–
HDPE szál	0,96	900	3–5	5	200	–
PP mono szál	0,91	20–100	5–20	4	–	–
PP vágott szál	0,91	20–100	5–50	5	300–500	10
PP háló	0,91–0,93	20–100	–	5–15	300–500	10
PVA, PVOH szál	1–3	3–8	2–6	12–40	700–1500	–
Acélszál	7,86	100–600	10–60	200	700–2000	3–5



**4.6.13. ábra: Szálak feszültség – fajlagos nyúlás ( $\sigma$ - $\varepsilon$ ) diagramjai (ÖVBB, 2008)**

Európában az EN 14889 szabványsorozat tárgyalja a betonkészítéshez használt szálak területén a fogalom-meghatározásokat, előírásokat és a megfelelőség feltételeit (méretek és tűrések, szálak szakítószilárdsága, rugalmassági modulusa, duktilitása, a szálak betonba keverése, hatás a konzisztenciára, hatás a szilárdságra), amely szerinti szálak alkalmazása szálerősítésű betonban az EN 206:2013 (E) – MSZ EN 206:2014 szabvány szerint is megengedett.

Az MSZ EN 14889-1:2007 szabvány az acélszálakat a következő osztályokba sorolja:

- I. hidegen húzott huzal
- II. lemezből vágott
- III. olvadékból húzott
- IV. hántolt hidegen húzott huzal
- V. acéltömbből forgácsolt

Az MSZ EN 14889-1:2007 szabvány szerint az I. csoport (hidegen húzott huzal) esetén a szakítószilárdságot az eredeti huzalból kell meghatározni, deformálását megelőzően. Az II. csoport (lemezből vágott szál) esetén a szakítószilárdságot az eredeti lemezen kell meghatározni, annak alakítását megelőzően. A III. csoport (olvadékból húzott szál), a IV. csoport (hántolt hidegen húzott huzal) és az V. csoport (acéltömbből forgácsolt szál) esetén a szakítószilárdságot laboratóriumi vizsgálattal, legalább 20 mm hosszúságú szál mintákon kell meghatározni.

Az MSZ EN 14889-1:2007 szabvány a szálak duktilitásával kapcsolatosan (amennyiben ez mértékadó) úgy rendelkezik, hogy a duktilitás mértékét az MSZ EN 10218-1:2012 szabvány szerinti hajtogató vizsgálattal kell a gyártónak meghatározni, és meg kell adnia a hajtogatások átlagos számát, legfeljebb 2,5 mm átmérőjű hajlítótűskén végzett vizsgálattal (itt megjegyezzük, hogy az eredeti angol nyelvű EN 14889-1:2006 (E) szabvány magyar fordítása, az MSZ EN 14889-1:2007 szabvány, a *duktilitás* fogalma helyett helytelenül az *alakíthatóság* fogalmat használja a szövegében).

Az MSZ EN 14889-1:2007 szabvány a keveréssel kapcsolatosan annyit fogalmaz meg, hogy a szál gyártójának kell elkészítenie a keverési utasítást, amelynek tartalmaznia kell a keverési sorrendet, és hogy mikor kell a szálakat a betonkeverőbe adagolni.

Az MSZ EN 14889-1:2007 szabvány szerint a szálak hatását a referencia beton konzisztenciájára az MSZ EN 14845-1:2008 szabvány szerint kell meghatározni. Az adagolt szálmennyiséget a gyártónak kell megadnia, figyelembe véve a szilárdsági elvárásokat. A referencia beton kivérésre és szétosztályozódásra nem lehet érzékeny, azt CEM I 42,5 R típusú cementtel kell elkészíteni, és a konzisztencia osztályának V3 Vebe

osztályúnak (6-10 másodperces vibrálási idő az MSZ EN 12350-3:2009 szabvány szerint vizsgálva) vagy C2 tömöríthetőségi osztályúnak (1,11-1,25 tömörödési tényező az MSZ EN 12350-4:2009 szabvány szerint vizsgálva) kell lennie.

A szálak hatását a szilárdságra szintén az MSZ EN 14845-1:2008 szabvány szerinti, CEM I 42,5 R cementtel készített referencia betonnal, az MSZ EN 14845-2:2007 szabvány szerint kell meghatározni. Ez alapján a gyártónak meg kell adnia  $\text{kg/m}^3$  mértékegységben a térfogategységre eső szálak tömegét, amellyel elérhető  $1,5 \text{ N/mm}^2$  maradó hajlító-húzó szilárdság  $0,5 \text{ mm}$  CMOD mellett (ez megfelel  $0,47 \text{ mm}$  támaszközépi lehajlásnak az MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerinti vizsgálatban), és  $1 \text{ N/mm}^2$  maradó hajlító-húzó szilárdság  $3,5 \text{ mm}$  CMOD mellett (ez megfelel  $3,02 \text{ mm}$  támaszközépi lehajlásnak az MSZ EN 14651:2005+A1:2008 szabvány szerinti vizsgálatban). A referencia beton összetételére vonatkozó határértékeket a 4.6.11. táblázatban adjuk meg.

#### 4.6.11. táblázat: Referencia beton összetétele (MSZ EN 14845-1:2008)

Hajlító-húzó szilárdság $\text{N/mm}^2$	Víz/cement tényező		Legnagyobb cement tartalom, $\text{kg/m}^3$
	$D_{\max} = 8 \text{ mm} / 10 \text{ mm}$	$D_{\max} = 16 \text{ mm} / 20 \text{ mm}$	
$4,3 \pm 0,3$ (C25/30)	0,55	0,55	350
$5,8 \pm 0,4$ (C40/50)	0,45	0,45	400

Az MSZ EN 14889-2:2007 szabvány a polimer szálakat (sajtott, irányított szálszerkezetű vagy vágott anyagból készült egyenes vagy alakra formált szálak, amelyek a betonkeverékekben egyenletesen eloszthatók) a következő osztályokba sorolja:

I.a. Mikroszálak ( $< 0,30 \text{ mm}$  átmérő; mono-filament)

I.b. Mikroszálak ( $< 0,30 \text{ mm}$  átmérő; fibrillált)

II. Makroszálak ( $> 0,30 \text{ mm}$  átmérő)

#### Szálerősítésű betonok tulajdonságai – frissbeton jellemzők

A szálerősítésű betonok száltartalmára vonatkozó javaslatot az Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVBB) *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelve alapján a 4.6.12. táblázatban adjuk meg.

#### 4.6.12. táblázat: Referencia beton összetétele (ÖVBB, 2008)

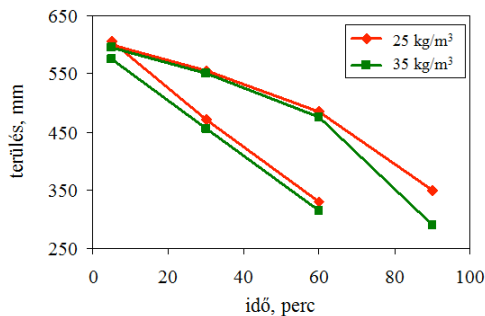
Szál típus	Javasolt száladagolás, $\text{kg/m}^3$		Legkisebb megengedett száladagolás, $\text{kg/m}^3$
	Szokásos betonozási eljárások	Lóttbetonok	
acélszál	20-40	30-60	20
polimer mikroszál	0,9-1,5	0,9-2,5	0,9
polimer makroszál	3-6	4,5-9	2,5

Az acélszál-erősítésű betonok keverése során elsődleges feladat a szálak egymásba kapaszkodását elkerülni a megfelelő ütemű száladagolással és keveréssel. Ha az acélszálak elkezdnek összecsomósodni, akkor a labdaszerű képződmény („sündisznó”) nem esik szét, hanem a keverés során egyre nagyobb lesz (4.6.14. ábra). *Minél hosszabb az acélszál, annál érzékenyebb az összecsomósodásra.* Egyes gyártók a szálakat vízdékony ragasztóval lamellaszerűen összeragasztva kínálják, amely a frissbetonban a keverővíz hatására oldódik fel, és a szálak eloszlása ennek hatására egyenletesebb lehet.



**4.6.14. ábra: Kampós végű acélszálak összecsomósodása frissbetonban („sündisznó”)**

A szálak általában rontják a bedolgozhatóságot (a szénakazal-hatás miatt a konzisztencia merevebbé válik) és a konzisztencia eltarthatóságát is. Minél nagyobb a száltartalom, illetve minél hosszabb szálakat alkalmazunk, annál jelentősebb ez a hatás; a különbség már  $10 \text{ kg/m}^3$  száltartalom különbség esetén is érzékelhető (4.6.15. ábra). Emiatt a szálerősítésű betonkeverékekben nagyobb péptartalomra és több folyósító adalékszerre lehet szükség. Minden esetben próbakeveréssel kell ellenőrizni, hogy ez nem eredményez-e kivérést, szétosztályozódást vagy mellékhatásként levegőtartalom növekedést. A megfelelő bedolgozhatósághoz általában F4 konzisztencia osztály szükséges (490-550 mm terülés az MSZ EN 12350-5:2009 szabvány szerint vizsgálva).



**4.6.15. ábra: Konzisztencia eltarthatóság (terülés; MSZ EN 12350-5:2009) változása kétféle folyósító adalékszer és kétféle acélszáltartalom esetén (BME vizsgálatok)**

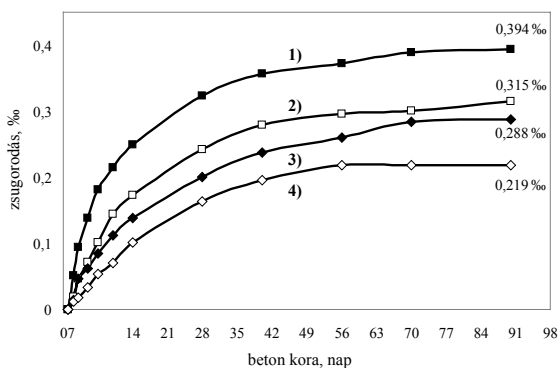
#### Szálerősítésű betonok tulajdonságai – szilárd beton jellemzők

A szálerősítésű betonokban az egyik legfontosabb tényező a tapadás a beton és a szálak között, ez a szálak geometriai kialakításától függ. Az elsősorban a képlékeny zsugorodási repedések kialakulásának elkerülésére használt polimer- és üvegszálak esetén a szálak rugalmassági modulusának is van szerepe. A szálak legfontosabb geometriai jellemzője a száلكarcsúság, azaz a szálhossz és a szálátmértő aránya. Acélszálak elsődleges feladata a megszilárdult betonban kialakuló erőtani vagy zsugorodási repedések áthidalása, a repedések tágasságának csökkentése, a repedések terjedésének gátlása („crack arrest”), ezáltal a beton ridegségének csökkentése, szívósságának (alakváltozási energiaelnyelő képességének)

fokozása. Acélszálak optimális szálcarsúsága  $l/\varnothing = 50-100$  között van annak érdekében, hogy sem a szál kihúzódása, sem a szál szakadása ne legyen domináns tönkremeneteli módja a tapadásnak. Természetesen a szálak makroszkopikus alakíthatóságának mértéke (csavartság, rovátkolás mértéke, kampós vagy zömített vég geometriája, hullámosság geometriája) hatással van a tapadásra is (Zile, 2013). Ahogyan korábban bemutattuk, a szálak makroszkopikus alakíthatósága általában legfeljebb két dimenzióban történik, a három dimenzióban megmunkált szálak a piacon még nem terjedtek el. Találunk példát rugókból kialakított spirál alakú acélszálakra (Xu et al, 2012), illetve három dimenzióban megmunkált hullámos acélszálakra (Kerekes, Borosnyói, 2014), utóbbi hazai fejlesztés eredménye. A három dimenzióban megmunkált szálak esetén a jobb tapadás révén jelentős mértékben javulhat a szálerősítésű beton energiaelnyelő képessége, amelyet az eddig rendelkezésre álló eredmények az ütőszilárdságon (lökésszerű teher) és a hajlítási szívósságon keresztül igazoltak. A háromdimenziós megmunkálás azonban a szálak összezsugorodását is fokozhatja, kedvezőtlen geometriai kialakítás esetén.

Polimer- és üvegszálak legkedvezőbb szálcarsúsága egy nagyságrenddel nagyobb, mint az acélszálaké, az értéke  $l/\varnothing = 800-1300$  közötti, amelyet szintén hazai vizsgálati eredmények támasztanak alá (Fenyvesi, 2011). Polimer- és üvegszálak hatékonyságának vizsgálatára speciális, merev acélkorongra zsugorodó betongyűrűk, szélcsatornában történő szárítása során kialakuló repedések megjelenési idejének illetve a kialakuló repedések hosszának a vizsgálatával van mód. Ezt az eljárást az Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik (ÖVBB) *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelve részletezi (ÖVBB, 2008). A hazai vizsgálatok igazolták, hogy a rövid polimer- és üvegszálak hatékonysága korlátozott a fiatal betonban kialakuló gyors kiszáradási repedések elkerülésére (Fenyvesi, 2011).

Későbbi korban, a beton fokozatos kiszáradásából származó zsugorodás csökkentésére, illetve az esetlegesen kialakuló repedések megnyílásának korlátozására az acélszálak alkalmasak; ekkor már (kis rugalmassági modulusuk miatt) nem lehet számítani a polimer szálak közreműködésére. A 4.6.16. ábrán láthatjuk különböző víztartalommal és különböző száladagolással készített betonkeverékek kiszáradási zsugorodásában az acélszálak kedvező hatását.

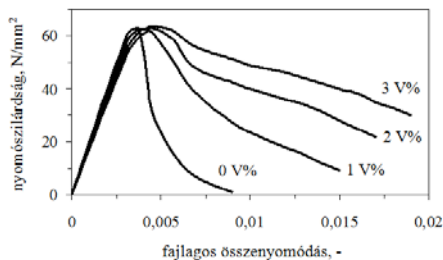


**4.6.16. ábra: Acélszál-adagolás hatása betonok zsugorodására,  $v/c=0,46-0,48$  (BME vizsgálatok)**

#### Jelmagyarázat:

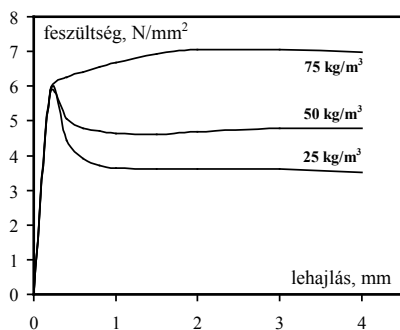
- 1) 25 kg/m<sup>3</sup> acélszál, 168 kg/m<sup>3</sup> víz
- 2) 25 kg/m<sup>3</sup> acélszál, 160 kg/m<sup>3</sup> víz
- 3) 35 kg/m<sup>3</sup> acélszál, 168 kg/m<sup>3</sup> víz
- 4) 35 kg/m<sup>3</sup> acélszál, 160 kg/m<sup>3</sup> víz

A szálerősítésű betonok *nyomószilárdságát* és nyomási rugalmassági modulusát az acélszál-adagolás gyakorlatilag *nem befolyásolja* a szokásos száladagolások tartományában (<2V%). A nyomószilárdsághoz tartozó fajlagos összenyomódás kismértékben, a törési összenyomódás jelentős mértékben növekszik a száladagolás hatására (4.6.17. ábra, Otter, Naaman, 1988). A szálerősítésű betonok nyomási tönkremeneteléhez tehát nagyobb terület tartozik a  $\sigma$ - $\varepsilon$  ábra alatt, amely a szívósság definíciójából (szívósság = alakváltozási energiaelnyelő képesség, azaz a  $\sigma$ - $\varepsilon$  ábra integrálja) következően szemléletesen mutatja, hogy *a száladagolás növelése növeli a szívósságot*. A hajlítási szívósság és a megrepedés után maradó ellenállás növekedését szemlélteti a 4.6.18. ábra (Borosnyói, Erdélyi, 2015)



**4.6.17. ábra: Acélszál-adagolás hatása betonok  $\sigma$ - $\varepsilon$  diagramjaira nyomószilárdság vizsgálat során (Otter, Naaman, 1988)**

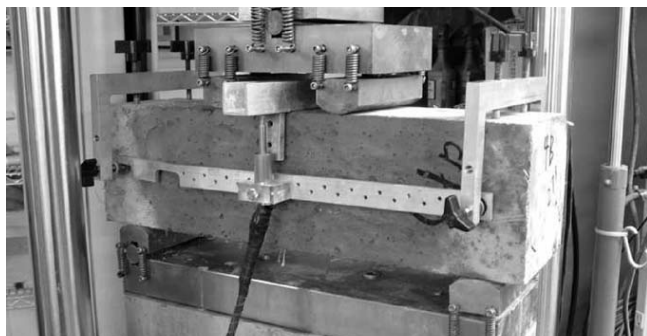
4



**4.6.18. ábra: Acélszál-adagolás hatása betonok feszültség-lehajlás diagramjaira hajlítóvizsgálat során (Borosnyói, Erdélyi, 2015)**

Húzó igénybevétel esetén a szálak korábban ismertetett repedésterjedést gátló hatása révén *jelentős maradó teherbírása lehet a berepedt szálerősítésű betonnak*, ezért a szálerősítésű betonok szívósságát jellegzetesen nem nyomóvizsgálatok, hanem hajlító-, vagy ritkább esetben húzóvizsgálatok eredményei alapján bevezetett szívóssági paraméterekkel szokás leírni.

A hajlítási szívósság számszerűsítésére korábban különféle *szívóssági indexeket* használtak, amelyeket hajlító vizsgálatokkal előállított terhelőerő – lehajlás ábrák alatti területek arányaként fogalmaztak meg (pl. ASTM C1018, 1997). Napjainkban a szívóssági indexek helyett a *maradó hajlító-húzó szilárdság* (pl. ASTM C1609, 2012; EN 14651:2005), vagy a *helyettesítő hajlító-húzó szilárdság* (ÖVBB, 2008) fogalmakat használjuk, amelyeket szintén hajlító vizsgálatokból kapott terhelőerő – lehajlás ábrák alatti területekből származtatunk. A maradó/helyettesítő hajlító-húzó szilárdság a hagyományosan definiált hajlító-húzó szilárdsággal együtt alkalmas a szálerősítésű betonok húzó igénybevétellel szembeni ellenállásának számszerűsítésére. A hajlító vizsgálati elrendezést a 4.6.19. ábrán mutatjuk be (próbatest mérete 150×150×500(600) mm; harmadpontos hajlítás 450 mm támaszköz mellett).



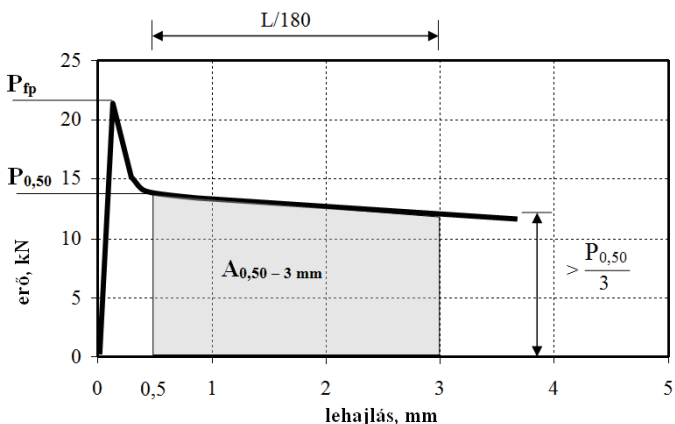
**4.6.19. ábra: Szálerősítésű beton próbatest hajlító vizsgálatának javasolt elrendezése (ASTM C1609, 2012)**

A helyettesítő hajlító-húzó szilárdság értelmezését az ÖVBB *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelv szerint röviden ismertetjük. A műszaki irányelv a beton berepedését követően két tervezési állapotot különböztet meg, amelyekre vonatkozóan eltérő módon értelmezi és számítja a szálerősítésű betonok helyettesítő hajlító-húzó szilárdságát, és ezek alapján különböző jelekkel jelölt szilárdsági osztályokat vezet be. Egyik tervezési állapot a *használhatósági határállapot*, amelyre vonatkozóan a helyettesítő hajlító-húzó szilárdság karakterisztikus értékének a jele  $f_{egks}$ , a másik tervezési állapot a *teherbírási határállapot*, amelyre vonatkozóan a helyettesítő hajlító-húzó szilárdság karakterisztikus értékének a jele  $f_{egku}$ . A két anyagjellemző számítási módját a 4.6.20. ábrán megadott paraméterek alapján értelmezzük.

Az alakváltozással vezérelt lehajlás vizsgálat során rögzíteni kell a terhelőerő – lehajlás ábrát, és meg kell határozni a következő paraméterek értékét:

- az első repedés megjelenéséhez tartozó erő,  $P_{fp}$  (N),
- az első repedés megjelenését követően, a 0,5 mm lehajláshoz tartozó erő,  $P_{0,50}$  (N),
- a 3 mm lehajláshoz tartozó erő,  $P_{3mm}$  (N), amely nem lehet kisebb, mint  $P_{0,50}/3$ ,

A meghatározott erő értékek alapján ki kell számítani a terhelőerő – lehajlás ábra leszálló ágán a 0,5 mm és 3 mm lehajlás közötti szakasz alatti területet (szürke tónussal jelölt trapéz terület a 4.6.20. ábrán;  $A_{0,50-3mm}$ ).



**4.6.20. ábra: Segédmenyiségek meghatározása a hajlító-húzó szilárdság és a helyettesítő hajlító-húzó szilárdság kiszámításához (ÖVBB, 2008)**

A hajlító-húzó szilárdság *várható értéke*:

$$f_{fm,fl} = \frac{P_{fp} \cdot l}{b \cdot h^2} = \frac{P_{fp}}{7500} \quad (\text{N/mm}^2)$$

A hajlító-húzó szilárdság *karakterisztikus értéke*:

$$f_{fik,fl} = 0,71 \cdot f_{fm,fl} \quad \text{ha a hajlító-húzó szilárdság relatív szórása } V_{f,fl} < 0,25$$

$$f_{fik,fl} = f_{fm,fl} \cdot (1 - t \cdot V_{f,fl}) \quad \text{ha a hajlító-húzó szilárdság relatív szórása } V_{f,fl} > 0,25$$

ahol  $t$  az ÖVBB *Richtlinie Faserbeton* szerinti Student-tényező.

A hajlító-húzó szilárdság *tervezési értéke*:

$$f_{fid,fl} = \frac{f_{fik,fl}}{\gamma_c} \quad \text{ahol } \gamma_c = 1,8$$

Az ÖVBB *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelv szerinti hajlító-húzó szilárdsági (BZ) osztályokat a 4.6.13. táblázatban adjuk meg.

#### 4.6.13. táblázat: Az ÖVBB *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelv szerinti hajlító-húzó szilárdsági (BZ) osztályok (ÖVBB, 2008)

hajlító-húzó szilárdsági osztály	hajlító-húzó szilárdság előírt legkisebb karakterisztikus értéke $f_{fik,fl}$ N/mm <sup>2</sup>
BZ 3,0	2,2
BZ 4,5	3,2
BZ 6,0	4,2

A *helyettesítő* hajlító-húzó szilárdság *várható értéke* használhatósági határállapotban:

$$f_{eqms} = \frac{P_{0,50} \cdot l}{b \cdot h^2} = \frac{P_{0,50}}{7500} \quad (\text{N/mm}^2)$$

A *helyettesítő* hajlító-húzó szilárdság *karakterisztikus értéke* használhatósági határállapotban:

$$f_{eqks} = 0,51 \cdot f_{eqms} \quad \text{ha a hajlító-húzó szilárdság relatív szórása } V_{f,eqs} < 0,25$$

$$f_{eqks} = f_{eqms} \cdot (1 - t \cdot V_{f,eqs}) \quad \text{ha a hajlító-húzó szilárdság relatív szórása } V_{f,eqs} > 0,25$$

ahol  $t$  az ÖVBB *Richtlinie Faserbeton* szerinti Student-tényező.

A megrepedés utáni *maradó* hajlító-húzó szilárdság *karakterisztikus értéke* használhatósági határállapotban:

$$f_{fks} = 0,45 \cdot f_{eqks}$$

A megrepedés utáni *maradó* hajlító-húzó szilárdság *tervezési értéke* használhatósági határállapotban:

$$f_{fds} = \frac{f_{fks}}{\gamma_c} \quad \text{ahol } \gamma_c = 1,0$$

Az ÖVBB *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelv szerinti megrepedés utáni maradó hajlító-húzó szilárdsági (G) osztályokat használhatósági határállapotban a 4.6.14. táblázatban adjuk meg.



**4.6.14. táblázat: Az ÖVBB Richtlinie Faserbeton műszaki irányelv szerinti szálerősítésű beton szilárdsági osztályok (G) használhatósági határállapotban (ÖVBB, 2008)**

megrepedés utáni maradó hajlító-húzó szilárdsági osztály használhatósági határállapotban	helyettesítő hajlító-húzó szilárdság előírt legkisebb karakterisztikus értéke, $f_{eqk}$ , N/mm <sup>2</sup>
G különleges osztály	> 2,2
G 6	1,9
G 5	1,6
G 4	1,4
G 3	1,1
G 2	0,9
G 1	0,5

A helyettesítő hajlító-húzó szilárdság várható értéke teherbírasi határállapotban:

$$f_{eqmu} = \frac{P_{0,50-3mm} \cdot l}{b \cdot h^2} = \frac{P_{0,50-3mm}}{7500} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

ahol

$$P_{0,50-3mm} = \frac{A_{0,50-3mm}}{l/180} = \frac{A_{0,50-3mm}}{2,5} \text{ (N)}$$

A helyettesítő hajlító-húzó szilárdság karakterisztikus értéke teherbírasi határállapotban:

$$f_{eqku} = 0,51 \cdot f_{eqmu} \text{ ha a hajlító-húzó szilárdság relatív szórása } V_{f_{eqk}} < 0,25$$

$$f_{eqku} = f_{eqmu} \cdot (1 - t \cdot V_{f_{eqk}}) \text{ ha a hajlító-húzó szilárdság relatív szórása } V_{f_{eqk}} > 0,25$$

ahol  $t$  a Richtlinie Faserbeton szerinti Student-tényező.

A megrepedés utáni maradó hajlító-húzó szilárdság karakterisztikus értéke teherbírasi határállapotban:

$$f_{fku} = 0,37 \cdot f_{eqku}$$

A megrepedés utáni maradó hajlító-húzó szilárdság tervezési értéke teherbírasi határállapotban:

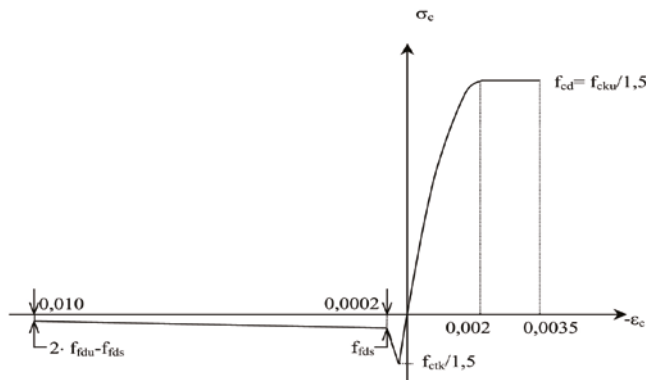
$$f_{fdu} = \frac{f_{fku}}{\gamma_c} \text{ ahol } \gamma_c = 1,5$$

Az ÖVBB Richtlinie Faserbeton műszaki irányelv szerinti megrepedés utáni maradó hajlító-húzó szilárdsági (T) osztályokat teherbírasi határállapotban a 4.6.15. táblázatban adjuk meg.

**4.6.15. táblázat: Az ÖVBB Richtlinie Faserbeton műszaki irányelv szerinti szálerősítésű beton szilárdsági osztályok (T) teherbírasi határállapotban (ÖVBB, 2008)**

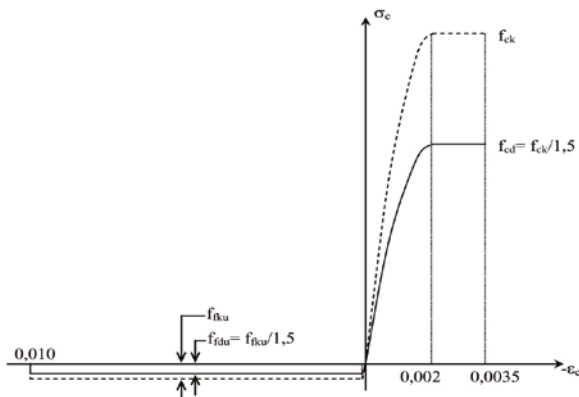
megrepedés utáni maradó hajlító-húzó szilárdsági osztály teherbírasi határállapotban	helyettesítő hajlító-húzó szilárdság előírt legkisebb karakterisztikus értéke, $f_{eqk}$ , N/mm <sup>2</sup>
T különleges osztály	> 1,9
T 6	1,7
T 5	1,4
T 4	1,2
T 3	0,9
T 2	0,7
T 1	0,4

Az ÖVBB *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelv a szálerősítésű beton hajlított keresztmetszetek szilárdságtani méretezése során eltérő elveket követ használhatósági határállapotban és teherbírasi határállapotban, alapvetően az anyagmodell alakjában és paramétereiben tér el egymástól. *Használhatósági* határállapotban történő méretezés/ellenőrzés során a 4.6.21. ábrán megadott anyagmodell használata javasolt.



**4.6.21. ábra: Szálerősítésű beton keresztmetszet javasolt anyagmodellje használhatósági határállapotban (ÖVBB, 2008)**

*Teherbírasi* határállapotban történő méretezés/ellenőrzés során a 4.6.22. ábrán megadott anyagmodell használata javasolt.



**4.6.22. ábra: Szálerősítésű beton keresztmetszet javasolt anyagmodellje teherbírasi határállapotban (ÖVBB, 2008)**

### Szálerősítésű betonok tartóssága

Ismeretes, hogy a bebetonozott acélbetétek korróziója elsősorban oly módon árt a vasbetonnak, különösen a feszített betonnak, hogy a keletkező vasrozsa (vasoxidok, vashidroxidok) térfogata hatszorosa is lehet az eredeti vas (acél) térfogatnak és ez repeszi le a betonfedést. Azt is tudjuk, hogy az acélbetét felülete

mindaddig passzívált állapotban van, amíg környezetében a beton pórusvizének kémhatása  $\text{pH} > 9$ ; klorid jelenléte esetén pedig mindaddig, amíg a  $\text{Cl}/(\text{OH})^-$  arány 0,6 alatt marad. Az ÖVB *Richtlinie Faserbeton* műszaki irányelv az acélszálak korrózióját illetően megállapítja, hogy „csak a felszínre kiérkező szálak rozsdásodhatnak, mert a beton passzíváló hatásterületéből kiesnek. Ha az acélszálak a szokásosak (húzott, forgácsolt stb.) akkor ez a rozsdasodás nem okoz lehámlást, és kontakt korrózió sem jön létre az egyes szálak között” (ÖVB, 2008). A felületen keletkező rozsdasodás tehát sem a teherbírást, sem a használhatóságot nem rontja – de a betonfelület látványát hátrányosan befolyásolhatja (pl. látszóbeton esetén) – kivéve ha az acélszálak horganyzottak. A rozsdafolt nélküli felület elérése érdekében pl. ipari padlóknál ezért minden esetben szükséges, hogy a jó bedolgozhatóság végett nagy valószínűséggel adagolt mészkölszt puhább viselkedését a felületen ellensúlyozzuk külön felhordott, rászórt és besimított, legalább 3 mm vastagságú, keményadalékos kopókéreggel és ez által tegyük a felületet kopásállóvá, folt- és szálmmentessé (Orgass, Dehn, 2002). Az acélszálás látszóbeton tehát mindig külön felületkezelést igényel.

Betonba ágyazott acélszálak korróziós lehetőségeit tárgyalja az Aachen-i Műszaki Egyetem kutatási jelentése (Dauberschmidt, Bruns, 2004). A két éven át egyik felületükön kloridoldattal kezelt, különböző szálakat tartalmazó betongerendákon nyugalmi potenciált, polarizációs ellenállást, elektrokémiai impedanciát és áramsűrűségi görbéket, továbbá a felszíntől való távolság függvényében kloridion tartalmakat, illetve elektronmikroszkóppal rozsdanyomot mértek. A mérésekből végül *hullámosított* huzalra 2,1–4,7 m %; *kampósvégűre* 3,1 – 3,9 m % és simára 3,4–4,7 m % kloridion/cement, rozsdásodást okozó arány adódott, tehát a sokat emlegetett kritikus 0,4 m % kloridion/cement arány acélszálakra látszólag nem érvényes. A betonfelületekhez közelebbi ( $\text{pH} < 13$ ) környezetben átlagosan 3,6 m % kloridion/cement a kritikus rozsdásodási határ,  $\text{pH} > 13$  esetén pedig 5,2 m % (Dauberschmidt, Bruns, 2004).

Svéd kutatóintézetben vizsgálták húzott huzalból készült acélszálak rozsdásodását tengerparti és más környezeti viszonyok között (Bekaert, 1988). Megállapításaik:

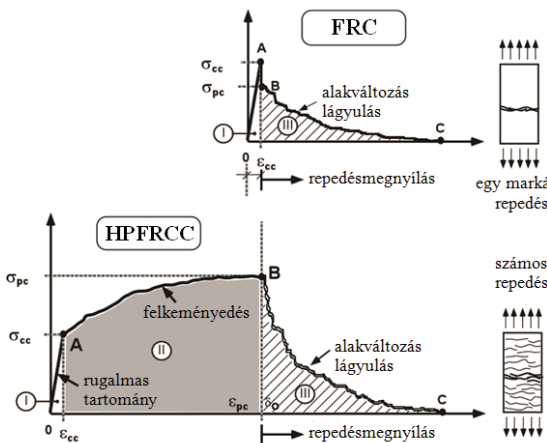
- 12 év során a *cink bevonatú acélszálak* nem okoztak rozsdanyomot, még látszóbeton felületen sem, szemben a csak húzott felületű szálakkal, amelyek még lamellázva-ragasztva is csoportosan a felszínre kibukkanhatnak,
- a *húzott huzal szálakon* csak felületi rozsdasodás, a hengerelt hasított szálakon lyukkorrózió keletkezett,
- egy felcsapódó tengervízzel 5 évig érintkező vasbeton szerkezetben a 30 mm betonfedésű  $\varnothing 10$  mm *acélbetét*en a felületi rozsdasodás aránya 25 %-os volt, acélszál-erősítésű betonban ugyanez csak mintegy 20 %-os; ennek oka egyrészt a szálak repedéstágasság korlátozó hatása, másrészt a valószínűleg az acélszálak saját  $\text{O}_2$  fogyasztása,
- 0,25 mm-nél kisebb repedéstágasságú repedésben a húzott huzalból készült acélszál nem rozsdásodik.

Magyarországi viszonylatban a sózás, fagyás, olvadás, sóoldattal való telítődés és kiszáradás ( $\text{O}_2$  és  $\text{CO}_2$ , illetve víz és klorid behatolása) a legszigorúbb környezeti hatás, ezért erre a kombinált hatásra vonatkozóan végeztek hazai kutatásokat acélszál-erősítésű betonokon is (Erdélyi *et al*, 2008; Borosnyói, Erdélyi, 2015). A kutatás célja annak tisztázása volt, hogy 25, 50 és 75  $\text{kg}/\text{m}^3$  acélszál adagolása (amelyek hossza 30 mm, átmérője 0,5 mm volt) hogyan befolyásolja a betonok tartósságát, elsősorban fagy- és olvasztósóállóságát, továbbá vízzáróságát, illetve épek és hatékonyak maradnak-e az acélszálak a korróziós leromlás során. A vizsgált betonok szándékolatlan légbuborékképző adalékszer nélkül készített (nem eleve fagyálló), 45-65 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdságú betonok voltak, amelyek mérsékelten szulfátálló (CEM I 42,5) cementtel készültek. A kutatás igazolta, hogy a vizsgált nyomószilárdságú betonok légbuborékképző szer alkalmazása nélkül nem fagyállóak és az acélszál-adagolás ezen számottevő mértékben nem tud segíteni, bár a felületi lehámlás mechanizmusa a száltartalommal összefüggésben változik (Erdélyi *et al*, 2008; Borosnyói, Erdélyi, 2015). A 45-65 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdságú, fagy- és olvasztósóálló, acélszál-erősítésű betont csak

légbuborékképző adalékszerrel lehet elkészíteni. Itt említjük meg, hogy az acélszálás, sóoldattal átitatott beton elektromos vezetőképessége nagyságrendekkel nagyobb, mint a száraz, acélszál nélküli betoné, és ez a betonacélok veszélyeztetettségét növelheti (Erdélyi *et al*, 2008).

### Különleges szálerősítésű betonok és szálerősítésű polimerek a vasbetonépítésben

Az eddigiekben bemutatott eredmények azokra a szálerősítésű betonokra vonatkoznak, amelyekben a száltartalom  $V_f < 2-3 \text{ V\%}$ , azaz amelyeket a szakirodalom összefoglalóan, mint hagyományos szálerősítésű beton (FRC, Fibre Reinforced Concrete) említ. Ha a száltartalmat jelentősen megnöveljük (ez történhet akár 27 V%-ig), akkor az anyagjellemzők számottevő mértékben megváltoznak az eredeti betonéhoz képest, és általában a nagy száltartalom miatt a szálak bekeverése hagyományos módszerekkel már nem is végezhető el, hanem speciális összetételű habarcsra, vagy speciális készítési technológiára van szükség (Naaman, 2003). Ezeknek a speciális, cementbázisú kompozit anyagoknak az elnevezése is eltérő, összefoglalóan a HPFRCC (High Performance Fibre Reinforced Cementitious Composites) nevet használja a szakirodalom, de ezen belül is léteznek további közismert elnevezések, úgy mint SIMCON (Slurry Infiltrated Mat Concrete), vagy SIFCON (Slurry Infiltrated Fibre Concrete). A mechanikai viselkedésben a legfontosabb különbség elsősorban a húzó igénybevételnek kitett FRC és HPFRCC elem repedésképződése, tönkremeneteli módja, szívóssága és teherbírása területén jelentkezik. Sematikus ábrán illusztráljuk a húzófeszültség – fajlagos nyúlás – repedésmegnyílás összefüggést húzó igénybevételnek kitett FRC és HPFRCC elemekre a 4.6.23. ábrán, ahol megfigyelhető, hogy HPFRCC esetén az első repedés megjelenését követően jelentős felkeményedés és kvázi-duktilis alakváltozó képesség növekedés érhető el, és az anyag szilárdsága jelentősen meghaladhatja az első repedés megjelenéséhez tartozó húzófeszültség értékét, szemben az FRC anyagoknál megfigyelt jelenségekkel (Naaman, 2003). Tönkremenetel során a repedések számában és azok megnyílásának mértékében is jelentős különbségek figyelhetők meg. A HPFRCC anyagokra vonatkozóan az eddig rendelkezésre álló, elsősorban laboratóriumi vizsgálati eredmények rendkívül kedvezőek, és ez nagy jövőt jósol ezeknek az új anyagoknak. A szerkezeti alkalmazások száma egyelőre még kevés.



**4.6.23. ábra: Sematikus húzófeszültség – fajlagos nyúlás – repedésmegnyílás összefüggés húzó igénybevételnek kitett FRC és HPFRCC elemekre (Naaman, 2003)**

A vasbetonépítésben a speciális kompozit anyagok másik csoportját képezik a szálerősítésű polimer (FRP, Fibre Reinforced Polymer) *betétek*, amelyekkel az acélbetétek, illetve acél feszítőbetétek helyettesíthetők fokozott korróziós igénybevétel esetén, vagy meglévő beton-, vasbeton szerkezetek utólagos szerkezet-megerősítésére alkalmazhatók fokozott korróziós igénybevétel esetén, akár a szerkezetek felületére ragasztva (EBR, Externally Bonded Reinforcement), akár utólag kialakított felületi hornyokba történő beragasztással (NSMR, Near Surface Mounted Reinforcement). Mivel ezek az anyagok nem tartoznak közvetlenül jelen kiadvány tárgykörébe, így részletekbe nem bocsátkozunk, azonban felhívjuk a figyelmet ezeknek az anyagoknak a korrózióállóságon kívüli egyéb, az acél anyagú betéteknél kedvezőbb tulajdonságaira (pl. nem mágnesezhető, kis önsúly, rendkívül nagy húzószilárdság, csekély kúszás, kismértékű relaxáció, nagy fáradási szilárdság stb.). Az érdeklődő olvasó figyelmébe ajánljuk a téma gazdag szakirodalmát akár magyar (pl. Borosnyói, 2013; Borosnyói 2014), akár angol (pl. Nanni et al, 2014) nyelven.

## Hivatkozások

- ASTM C1609 (2012) Standard Test Method for Flexural Performance of Fiber-Reinforced Concrete (Using Beam With Third-Point Loading). *ASTM International*, Committee C09 on Concrete and Concrete Aggregates, Subcommittee C09.42 on Fiber-Reinforced Concrete, 9 p.
- Bekaert SA (1988) Die Dauerfestigkeit von Dramix Stahldrahtfaserbeton. *Technische Daten*, 1988, pp. 1-8.
- Bérard, A. (1874) Improvement in artificial stone. *United States Patent Office*, U.S. Patent 157,903; dated December 15, 1874; filed September 28, 1874; 1 p.
- Borosnyói, A. (2013) Betonszerkezetek korrózióállóságának biztosítása innovatív szálerősítésű polimer (FRP) anyagokkal. *Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials*, Vol. 65, No. 1, 2013, pp. 26-31.
- Borosnyói, A. (2014) Korrózióálló, szálerősítésű polimer (FRP) betétek alkalmazása acélbetétek helyettesítésére vasbeton szerkezetekben. *Korróziós Figyelő*, Vol. 54, No. 1, 2014, pp. 3-15.
- Borosnyói, A., Erdélyi, A. (2015) De-Icing Salt Scaling Damage Kinetics of Fibre Reinforced Concretes Made with High Bond Crimped Steel Fibres. *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, OnlineFirst (2015) paper 7688, pp. 1-8.
- Dauberschmidt, C., Bruns, M. (2004) Korrosionsmechanismen von Stahlfasern in chloridhaltigem Beton. *IBAC Mitteilungen*, RWTH Aachen, Inst. für Bauforschung, 2004, pp. 62-64.
- Domone, P., Illston, J. (2010) *Construction Materials – Their nature and behaviour*. Fourth edition, *Spon Press*, 2010, 584 p.
- Erdélyi A, Csányi E, Kopecskó K, Borosnyói A, Fenyvesi O (2008) Deterioration of Steel Fibre Reinforced Concrete by Freeze-thaw and De-icing salts. *Concrete Structures*, Vol. 9, pp. 33-44.
- Fenyvesi, O. (2011) Betonok korai zsugorodási repedésérzékenysége. *PhD értekezés*, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudomány Egyetem, Építőmérnöki Kar, 2011, 107 p.
- Kerekes, P., Borosnyói, A. (2014) Performance of novel type three dimensionally deformed steel fibres for concrete. *Építőanyag – Journal of Silicate Based and Composite Materials*, Vol. 66, No. 4, 2014, pp. 105-108.
- Lofgren, I. (2005) Fibre-reinforced Concrete for Industrial Construction. *PhD thesis*, Department of Civil and Environmental Engineering Structural Engineering, CHALMERS University of Technology, 2005, 276 p.
- Martin, G. C. (1927) Method of forming pipe. *United States Patent Office*, U.S. Patent 1,633,219; patented June 21, 1927; filed December 17, 1926; 5 p.
- Naaman, A. E. (2003) Engineered Steel Fibers with Optimal Properties for Reinforcement of Cement Composites. *Journal of Advanced Concrete Technology*, Vol. 1, No. 3, pp. 241-252.
- Nanni, A., De Luca, A., Zadeh, H. J. (2014) Reinforced Concrete with FRP Bars: Mechanics and Design. *CRC Press, Taylor & Francis Group*, 418 p.

- Orgass, M., Dehn, M. (2002) Industrie Fussboden aus Stahlfaserbeton. *Faserbeton, Innovationen im Bauwesen*, Beinwerkverlag Berlin, 2002, pp. 213-220.
- Otter, D. E., Naaman, A. E. (1988) Properties of Steel Fiber Reinforced Concrete Under Cyclic Load. *ACI Materials Journal*, Vol. 85, No. 4, 1988. pp. 254-261.
- ÖVBB (2008) Richtlinie Faserbeton. *Österreichische Vereinigung für Beton und Bautechnik*, 2008, 109 p.
- Xu, Z., Hao, H., Li, H. N. (2012) Experimental study of dynamic compressive properties of fibre reinforced concrete material with different fibres. *Materials and Design*, Vol. 33, 2012. pp. 42-55.
- Zile, E., Zile, O. (2013) Effect of the fiber geometry on the pullout response of mechanically deformed steel fibers. *Cement and Concrete Research*, Vol. 44, 2013, pp. 18-24.

#### 4.6.5. KOPÁSÁLLÓ BETONOK (SULYOK TAMÁS)

A kopásálló betonok megfelelőségi feltételeivel, követelményeivel az MSZ EN 206 szabvány nem foglalkozik, ezért Magyarországon a kopásálló betonok az MSZ 4798 szabványban felállított XK(H) környezeti osztályok valamelyikébe sorolva tervezendők és készítendők.

A beton lehet csak felületén kopásálló, ide tartoznak a kéregerősített, bevonattal ellátott, vékony koptatóréteget a felületén tartalmazó magbetonok. Itt a koptató hatás csak a felületi réteget éri, ilyenkor a betonnak csak a teherbírása és az időjárásnak való ellenállása a tervezett tulajdonság.

Ha a betonnak bevonat nélkül, anyagában kell kopásállónak lennie, akkor beszélünk kopásálló betonról. Ebben az esetben a felület minőségéért a beton teljes vastagsága a kopásállóság követelmény szerint tervezett.

Ha a betontól a kopásállóságon kívül fagyállóságot is megkövetelünk, akkor a fagyállósági követelmény betartása érdekében a beton LP képző adagolással és S1 (F2) konzisztenciával készül. Ilyenkor a kopásállóság legmagasabb szintje már csak nehezen érhető el, és a tartósság szempontjából mérlegelni kell a követelmények fontossági sorrendjét.

#### 4.6.16. táblázat: Igénybevételek osztályozása, kopásállósági osztályok

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a környezeti osztályok előfordulására
<b>Koptató hatás okozta korrózió</b>		
Amikor a beton csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó igénybevétel, ütés vagy vízáramlás alatt mozgatott gördülő hordalék koptató hatása éri, akkor az ezekből származó igénybevételt a következők szerint kell osztályozni:		
XK1(H)	Könnyű szemcsés anyagok koptató igénybevétele. Gyalogos forgalom, fűvont kerekes járművek koptató igénybevétele	Könnyű adalékanyagok, termények stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; járdák, lépcsők, garázspadozatok.
XK2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptató hatás nehéz terhek alatt, tömör gumi kerekes járművek.	Betonút, durva, nehéz szemcsés anyagok tárolói, görgetett hordalékkal érintkező betonfelületek, villástargonca forgalom.
XK3(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, acél kerekes targonca forgalom.	Repülőtéri le- és felszálló pályák valamint gurulóutak, nehézipari szerelőcsarnokok, konténerátrakó állomások.
XK4(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta koptató hatás igen nehéz terhek alatt, nagy felületi pontosság és pormentesség igénye esetén.	Nehéz terheknek, hernyótalpas járműnek kitett térburkolatok, csarnokok és raktárak betonja. Kemény felületű, pormentes ipari padlóburkolatok.

A kopásálló beton akkor sorolható be valamely környezeti osztályba, ha az MSZ 18290-1 szabvány szerinti kopási vesztesége kielégíti az alábbi táblázatban szereplő kopásállósági osztályokhoz tartozó határértékek valamelyikét:

#### 4.6.17. táblázat: Követelmény a beton kopásállóságára

Környezeti osztály	Kopásállósági osztály jele	Kopásállósági osztály megnevezése	A $\Delta V$ kopási térfogatvesztés megengedett legnagyobb* mértéke mm <sup>3</sup> -ben	
			Száraz koptatás esetén	Vizes koptatás esetén
XK1(H)	k14/21	Mérsékelten kopásálló	14000	21000
XK2(H)	k12/18	Kopásálló	12000	18000
XK3(H)	k10/16	Fokozottan kopásálló	10000	16000
XK4(H)	k8/14	Igen kopásálló	8000	14000

\*A száraz és vizes koptatás mértékadó értékei közül adott esetben a tényleges igénybevételnek megfelelő, általános esetben a kedvezőtlenebbet kell meghatározónak tekinteni.

#### Kopásálló beton tervezése

Kopásálló betonok tervezésekor az alábbi táblázat határértékeit kell betartani:

#### 4.6.18. táblázat

Környezeti osztály jele	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)
Legnagyobb v/c tényező	0,5	0,45	0,4	0,38
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
Legkisebb cementtartalom, kg/m <sup>3</sup>	310	330	350	370

*Kopásálló beton tervezésekor* vegyük figyelembe:

- A beton éppen telített legyen (lásd Betontervezés fejezet).
- A beton konzisztenciája földnedves (S1; C0; F1) legyen.
- A konzisztencia miatt a mixerrel szállítás és a beton szivattyúzása kizárt.
- A teljes értékű kopással szembeni ellenállást a beton csak 14 napon át tartó nedves utókezeléssel éri el.
- Tervezéskor a koptatás vizsgálatot csak a betonból készített próbatesteken tudjuk elvégezni, ahol a tömörítés, utókezelés ideális. A ténylegesen bedolgozott, utókezelt szerkezetből kivett (kifúrt) mintán végzett koptatás vizsgálat sokkal megbízhatóbban mutatja a beton kopással szembeni tényleges ellenállását.
- Függetlenül épített, falszerkezetek esetén a kopásállóság követelményével ellentétben a bedolgozási követelmény, ilyenkor kompromisszum szükséges.

#### Alapanyagok kiválasztása

##### A cement kiválasztása

Általános megállapítás, hogy a cement C<sub>3</sub>S/C<sub>2</sub>S (trikalcium-szilikát/dikalcium-szilikát) hányadosának növekedésével nő a beton kopásállósága, viszont granulált kohósalak, pernye, trasz és mészkölszt tartalommal romlik, ezért a kopásálló beton készítéséhez elsősorban CEM I, vagy CEM II/A fajtájú portlandcementet kell használni.

#### 4.6.19. táblázat: Cementek felhasználhatósága kopásálló beton készítéséhez:

(A feltételek és további tájékoztatás MSZ 4798:2016 Q mellékletében található.)

Feltétel nélkül ajánlott cement	Feltételekkel használható cement	Nem használható cement
CEM I 32,5 N-LH	CEM I 42,5 R	CEM I 42,5 N-SR 0
CEM I 42,5 N	CEM I 52,5 N	CEM I 52,5 N-SR 0/NA
CEM II/A-LL 42,5 N	CEM I 52,5 R	CEM II/B-M (S-LL) 32,5 N
CEM II/A-LL 42,5 R	CEM II/A-S 42,5 N	CEM II/B-M (S-LL) 32,5 R
CEM II/B-M (S-V) 42,5 N-LH	CEM II/A-S 42,5 R	CEM II/B-M (S-LL) 42,5 N
	CEM II/B-S 42,5 N	CEM II/B-M (V-LL) 32,5 R
	CEM II/B-M (V-LL) 32,5 N	CEM III/A 32,5 N-MSR
	CEM II/A-M (V-LL) 42,5 N	CEM III/A 32,5 R-MSR
		CEM III/B 32,5 N-SR
		CEM III/B 32,5 N-LH/SR

#### Az adalékanyag kiválasztása

Kopásálló beton készítéséhez csak nagy mechanikai ellenállású, kemény adalékanyagok felelnek meg. Tervezőkor az adalékanyag kiválasztásához jó támpont az anyag közetfizikai vizsgálatának eredménye, besorolása. Fagyhatásnak kitett szerkezetek esetén csak fagyálló adalékanyag jöhet szóba. Teljes bizonyosságot a felhasználhatóságot illetően csak akkor kapunk, ha a tervezett összetétellel előállított betonból készített próbatesteket koptatási vizsgálattal megvizsgáljuk.

Transzportbeton készítéséhez általánosan használt homok és kavics frakciók kopásálló beton készítéséhez általában megfelelőek. Gyanú vagy igény esetén a közetfizikai vizsgálatokat és a besorolást újra el kell végezni, és a felhasználásról ezek alapján dönteni.

Az éppen telített állapotnak megfelelő hézagtartalom az adalékanyag összetételének megválasztásával bizonyos határok között megtervezhető. (Pont annyi legyen a hézagtartalom, amennyi pépet szeretnék a betonba beletervezni, illetve csak a legjobban betömöríthető szemszerkezethez [szemmegoszlás + szemalak] tartozó legkisebb hézagtérfogatnak megfelelő cementpép térfogatot alkalmazzuk.)

#### Konzisztencia

Abból kiindulva, hogy a beton éppen telített legyen és a víztartalma is minimális legyen, adódik a földnedves konzisztencia. Ez a feltétel vízszintes (vasalatlan) szerkezetek esetén betartható, a beton szállítható, beépíthető, tömöríthető, vizes utókezeléssel ellátható. Nehézséget a függőleges szerkezetek jelentenek. Itt valószínűleg vasalt, vékony falazatról van szó, melynek a bedolgozásához a földnedves konzisztencia nem felel meg. Nem képzelhető el 14 napig folyamatos vizes utókezelés sem. Ilyenkor a két egymásnak ellentmondó feltétel közelségével, kompromisszummal kell a keveréket megtervezni és a szerkezetet megépíteni, utókezelni.

#### A kopásálló beton kivitelezése – bedolgozás, utókezelés

##### Vízszintes szerkezetek

A beton szállítását billenős autókkal végezzük, a terítés, tömörítés történhet finiserrel, esetleg végezhető a terítés dózer gréder segítségével, vagy kézzel. Az egyenletes terítés és az egyenletes tömörítés alapkövetelmény. Követelmény még a gyors beépítés is a beton kiszáradásának elkerülésére. Mindent egybevetve legcélszerűbb a finiseres beépítés, tömörítés. Vizes utókezelés, elárasztás csak akkor kezdhető meg, ha a beton felülete a ráhordott víztől nem sérül meg. Az utókezelést 14 napig megszakítás nélkül folytatni kell.



## Vákuumozás

Magyarországon 1986-88 körül sikerrel alkalmazott és érdemtelenül elfelejtett beépítési forma a beton vákuumozása. A beton megszokott transzportbetonos F3 konzisztenciával és víztartalommal készül, így is dolgozzák be, tömörítik, utána a beton felületére vákuum szőnyeg, paplan kerül, amely segítségével a beton bent lévő víztartalmát úgy lehet kiszivattyúzni, hogy közben a teljes szerkezet szárazabb lesz, csökken a v/c tényező értéke. A szivattyúzás mértéke a víz tisztaságáig tart. Amikor már szilárd anyag is jönne, a folyamatot megállítják, a paplant eltávolítják. Jöhet a simítás. Ezzel egyúttal zárjuk a szivattyúzáskor kialakuló vízelvezető függőleges csatornákat. Mára az egész technológiából a simító gépek neve maradt meg (TREMIX). (27 éve elkészült referencia munka TVK Tiszaújváros konténer tároló.)

## Függőleges szerkezetek

Hagyományos beton szállítás, szivattyúzás, ehhez tervezetten legfeljebb F2 konzisztencia, alacsony víztartalom, folyósítószer szükséges. A beton tömörítése a konzisztenciának megfelelően intenzív, ezért a zsaluzatnak erősnek kell lennie. Zsaluban tartás min 48 órán keresztül, kizsaluzás után azonnal párazáró szerrel való utókezelés. Napsütéstől szintén védeni kell takarással, árnyékolással (pl. silók betonfelülete).

### 4.6.6. VÍZZÁRÓ BETONOK (SULYOK TAMÁS)

*A vízzáróságot eltérően kell értelmezni a betonra, mint anyagra és a betonból készített szerkezetekre.*

Vízzáróság szempontjából csak a **C** jelű (2000-2500 kg/m<sup>3</sup> testsűrűségű) betonok foglalhatók rendszerbe. Valamely **betonanyag** akkor vízzáró, ha a belőle az **MSZ EN 12390-2** szerint készített próbatestek a **MSZ EN 12390-8** szabványos víznyomás-vizsgálatnak ellenállnak. Az **MSZ 4798-1 5.5.3. pontja** szerint végrehajtott vizsgálatnak megfelelően a betonanyag akkor vízzáró, ha 5 bar víznyomás 72 órán át tartó hatásának a belőle készített próbatest ellenáll, azaz a próbatest hasítás után megfigyelt felületén nincs átnedvesedés és a víz legfeljebb 20-35-50 mm-re hatol be. E beton jele: **XV1(H)** (50 mm behatolás); **XV2(H)** (35 mm behatolás); **XV3(H)** (20 mm behatolás). A jelek közül a vizsgálati eredménynek megfelelőt a betonnak a tervező által megadott jelében fel kell tüntetni. Ha a betontól vízzáróságot követelünk meg, akkor a cementtartalom, víz/cement tényező, nyomószilárdsági osztály feleljen meg az MSZ 4798-1 szabvány NAD F1. táblázat előírásainak.

A **beton- és vasbeton szerkezeteket**, vízzáróságtól függően, a következő csoportokba lehet sorolni:

- Mérsékeltlen vízzáró** az a beton- vagy vasbeton szerkezet, esetleg vakolt szerkezet, amelynek **1 m<sup>2</sup>** felületén, a legnagyobb üzemi víznyomás mellett, **24 óra** alatt legfeljebb **0,4 liter** víz szivárog át.
- Vízzáró** az a beton- vagy vasbeton szerkezet, esetleg vakolt szerkezet, amelynek **1 m<sup>2</sup>** felületén, a legnagyobb üzemi víznyomás hatására, **24 óra** alatt legfeljebb **0,2 liter** víz szivárog át. Szabadban vagy jól szellőzött helyiségben ez a vízmennyiség általában elpárolog a felületről (azaz átnedvesedés nem észlelhető).
- Különlegesen vízzáró** az a beton- vagy vasbeton szerkezet, esetleg vakolt szerkezet, amelynek **1 m<sup>2</sup>** felületén, a legnagyobb üzemi víznyomás hatására, **24 óra** alatt legfeljebb **0,1 liter** víz szivárog át, illetve párolog el.

A vízzáró betonszerkezeteket és a vizsgálatlall megállapított beton anyagának vízzáróságához az alábbi osztályozást használjuk:

XV1(H) – Mérsékeltlen vízzáró szerkezet betonja

XV2(H) – Vízzáró szerkezet betonja

XV3(H) – Különlegesen vízzáró szerkezet betonja

Ezen túlmenően azt is számításba kell venni, hogy a szerkezet vízzáróságának a betonanyag csak egyik összetevője és az egyéb tényezők hasonló, vagy még nagyobb jelentőségűek lehetnek, mint pl. a csatlakozások, kapcsolatok, illesztések, technológiai nyílások, munkahézagok, amelyek megfelelő kiképzése nélkül a különlegesen vízzáró

(XV3(H)) betonból készített szerkezet sem lehet megfelelően vízzáró. Ugyanígy meghatározó jelentőségű a beton-szerkezet kivitelezése (keverés, szállítás, tömörítés, utókezelés): hiába jó a keverékből szabvány szerint készített beton próbatest vízzárósága, ha a betonszerkezet repedezett (pl. a nem megfelelő utókezelés, vagy gyors kihűlés miatt), akkor a vizet átengedi.

### Vízzáró betonból készítendő szerkezetek

Vízzáró betonból kell készíteni általában minden vízzel, vagy vízgőzzel, nedvességgel érintkező beton- vagy vasbeton szerkezetet, pl. a víznyomásnak kitett szerkezeteket, a nagy páratelhelésű helyiségeket határoló szerkezeteket stb. A szerkezet vízzáróságát vagy a vízvesztés megengedhető mértékétől függően kell eldönteni, vagy az egyéb követelmények figyelembevételével kell a beton vízzáróságát meghatározni. Pl. a vízmedencék, víztomyok készítéséhez általában megfelel a **vízzáró** szerkezet, amelynek a felületén meg van engedve napi 0,2 liter/ m<sup>2</sup> vízvesztés, de pl. nagy páratelhelésű helyiségeket határoló vasbeton szerkezetet az acélbetétek korróziójának elkerülése érdekében még akkor is célszerű legalább XV1(H) (mérsékelt vízzáró) betonból készíteni, ha az külön párávédelmet kap.

A szerkezetek vízzárósága az üzemi víznyomás függvénye, ezért a betonra vonatkozó vízzárósági követelményt minden esetben külön kell eldönteni. Az alábbiakban a vízzáró betonból tervezendő, ill. készítendő beton- és vasbeton szerkezetek fajtáit foglaljuk össze:

- vízépítési létesítmény, burkolat, medence, víztorony, gátszerkezet, zsilip, vízkivételi mű,
- csatornaszerkezet, mégpedig víz-, szennyvíz- és kábelcsatorna, fűtési távvezeték közmű alagútja,
- pincepadozat, alap, pince felmenő vasbeton fala,
- akna, fedlap,
- kis hajlású vasbeton tetőfödém,
- bármely agresszív hatásnak kitett beton- és vasbeton szerkezet,
- sima, tömör látszóbeton szerkezet

### Felhasználható anyagok

#### Cement

Az MSZ EN 197-1 szerinti cementek **általában** felhasználhatók. (Részletek, ajánlások és tiltások az MSZ 4798:2016 szabvány Q mellékletében találhatók.)

#### Adalékanyag

A vízzáróság elsősorban a beton tömörségétől függ. Ezért fontos, hogy a beton elegendő mennyiségű lisztfinomságú (0-0,25 mm-es) szemcsét tartalmazzon, amelyre vonatkozó követelmények a 4.6.20. táblázat szerintiék.

#### 4.6.20. táblázat: Szükséges finomrész-tartalom jól bedolgozható, vízzáró betonkeverékekhez

Legnagyobb szemnyagosság, mm	Betömörített frissbeton lisztfinomságú (0-0,25 mm homok + cement) szemcséinek szükséges tömege, kg/m <sup>3</sup>	
	légpórusképző nélkül	légpórusképzővel
8	525	470
12	485	435
16	450	400
24	415	370
32	380	340
48	350	320
63	320	290

Általában az adott  $d_{\max}$ -hoz tartozó B határgörbéhez közelebbi I. osztályú szemmegoszlás megfelelő, ez kb. 0,89  $m_0$  finomsági modulust jelenti (lásd a Betontervezés fejezetnél).

## Adalékszer

Kedvező eredménnyel használhatók a tömítő, a képlékenyítő, a folyósító, a légpórusképző és a kötéskeleltető adalékszerek.

A tömítő adalékszerek a kapillaris pórusokat zárják el és/vagy víztaszítóvá teszik a pórus-falakat (hidrofóbizálók), ezáltal csökkentik a beton vízfelvételét, a nyomás alatti víznek a betonba való áramlását, ill. a betonon való átszivárgásának a mértékét.

A képlékenyítő és a folyósító adalékszerek akkor javítják a betonok vízzáróságát, ha ezeket a víz/cement-tényező csökkentése érdekében adagoljuk (változatlan konzisztencia melletti vízcsoökkentés). Ez a leghatékonyabb módszer a beton vízzáróságának növelésére.

Amennyiben a vízzáró betonnak fagyállónak is kell lennie, akkor megfelelő mértékben mesterséges légpórusokat kell képezni légpórusképző adalékszerrel. Légpórusképző adalékszer használható a hiányzó finomrész pótlására és a kivézés, szétosztályozódás csökkentésére is. Az alkalmazott mennyiség mértékét az elérendő szilárdság érdekében korlátozni kell.

A vízzáró vasbeton szerkezetek készítésekor figyelembe kell venni, hogy a képlékeny vagy folyós konzisztenciájú keverékekből készített friss, bedolgozott beton - még gondos tömörítés után is - hajlamos az ülepedésre, a plasztikus zsugorodásra s az emiatt keletkezett repedések csökkentik a vízzáróságot. Ez a hatás megszüntethető a beton utóvibrálásával, amely akkor hajtható végre, ha a betonkeverékhez kötéskeleltető adalékstert adagolunk a meghatározott időtartamú (6-24 óra) kötéskeleltetésre.

## Vízzáró betonösszetétel tervezése

A beton összetételét úgy kell kiválasztani, hogy jól bedolgozható, szétosztályozódás- és repedésmentes, a víz ráengedésének időpontjában elért betonérettség mellett kapillaris pórusokat nem tartalmazó betonkeveréket készíthessünk. Ennek figyelembevételével kell a betonkeverék alkotóanyagait kiválasztani és konzisztenciáját meghatározni.

A legtömörebb és egyben a legnagyobb szilárdságú beton az éppen telített péptartalmú betonból készíthető. Az éppen telített betonok konzisztenciája (adalékszerek alkalmazása nélkül) az F2 területű tartományban, vagy a még merevebb konzisztencia tartományban vannak. Ezzel a tartománnyal a jól bedolgozható, szivattyúzható tulajdonság nem érhető el, ezért szükséges a péptartalom kismértékű növelése, és a konzisztencia változatlan víztartalom melletti lágyítása folyósítószerrel. A beton vízzárósága a cementmennyiség növekedésével nem fokozható, a célnak a minél kevesebb ájtárható kapillaris tartalmazó betont kell tekinteni. A légpórusképző adalékszerrel bevitt légtartalom a vízzáróságot nem rontja, ha az egyéb korlátozásokat (pl. víz/cement tényező) betartjuk.

## Vízzáró szerkezet tervezési feltételei

A vízzáró beton- és vasbeton szerkezetekkel szemben – néhány kivételtől eltekintve – egyéb követelményeket is támasztanak, ezek általában a fagyállóság és a kopásállóság. Ezért a szerkezetek tervezésekor a betonminőség előírásában és költségelésében mérlegelni kell a különböző követelmények kielégítésének a lehetőségeit is. Így pl. egy mederburkolat betonjának egyidejűleg vízzárónak, fagyállónak és kopásállónak kell lennie. A vízzáróságot a tömörség, a fagyállóságot a mesterségesen bevitt légbuborékok, a kopásállóságot a tömörség és a szilárdság befolyásolja. Következésképpen e három tulajdonságot - egyaránt a legmagasabb szinten - egyidejűleg nem lehet elérni, hanem kompromisszumot kell találni a különböző követelmények szintjei között (pl. XV3(H) és XF4 egyidejűleg előírható, de ez esetben XK4(H) - „igen kopásálló” kopásállósági fokozatú - beton már nehezen készíthető): mérlegelni kell a tartósság szempontjából a követelmények fontossági sorrendjét.

A felsoroltak miatt a vízzáró beton- és vasbeton szerkezetek tervezésekor és méretezésekor foglalkozni kell a beton lehetséges alapanyagaival, összetételével és készítési módszereivel is, ezek közül azt, vagy azokat kell kiválasztani, amelyek valamennyi követelményre a legkedvezőbb érték elérését teszik lehetővé, és ha ez nem lehetséges, akkor a követelmények fontossági sorrendje szerint kell a technológiát meghatározni, ill. a követelményértékeket a

tervben kiírní. Nem szabad úgy felfogni, hogy minden értékből a legszigorúbbat választva kapjuk a minden követelményt kielégítő betont. Csakis kompromisszumok és a fontossági sorrend meghatározásával tervezhetjük meg a követelményeknek leginkább megfelelő összetételt. Különösen fontos a vízzáró szerkezet tervezésekor a csatlakozások, illesztések, kapcsolatok, technológiai nyílások vízzáró kialakítása mellett az, hogy a munkahézagokat és a hézagzárás technológiáját, az alkalmazandó hézagzáró eszközöket (fúgaszalag, injektáló tömlő, hézagléc stb.), azok fajtáját és minőségét is megtervezzük (és természetesen költségeit is meghatározzák). Azt is fontos figyelembe venni, hogy a vasbetonszerkezet egyik legkényesebb része az acélbetétek betonfedésének a vastagsága és minősége. A beton megfelelő vízzárósága érdekében célszerű a betonfedés vastagságát a szokványos esetekben előírtakhoz képest legalább 10 mm-rel megnövelni. (Részletek az MSZ 4798:2016 szabvány P mellékletében.)

### **Vízzáró beton készítése, bedolgozása, utókezelése**

Több betonozási szakaszból álló alaplemez csatlakozó betonozási szakaszai között min 7 nap várakozási idő szükséges, amíg a tábla zsugorodásának nagy része lezajlik. Ha ezt a szabályt nem tartjuk be, a munkahézagok melletti táblák együttes zsugorodása kétszer akkora megnyílást eredményez.

**Vízzáró medencék építésének** legkedvezőbb időszaka Magyarország éghajlatán a novemberi decembéri hónapok. Ilyenkor legkisebb a napi hőingadozás, és alacsony, de fagypont feletti a napi középhőmérséklet, magas a páratartalom, ritka az erős szél.

**Váratlan meghibásodásból eredő,** nem tervezett munkahézag szükség szerinti helyét statikus tervező határozza meg. Lehet, hogy a munkahézag képzését csak visszavéssel tudjuk kialakítani.

El kell kerülni a mag és felszín **hőmérsékletének különbözőségéből** adódó feszültségeket. Ha ez a különbség 20 °C fok alatt marad, nem kell számítanunk repedésre. A hőmérséklet különbséget úgy tudjuk mérsékelni, vagy ha lassú hőfejlődésű cementet alkalmazunk, csökken a mag legmagasabb hőmérséklete, vagy ha a felszín hőmérsékletét nem engedjük az első héten túl gyorsan lehűlni. Ezért tovább tartjuk zsaluban a vízzáró betonokat, valamint hőszigetelt zsaluzatot is alkalmazhatunk vagy kizsaluzás után az utókezelést **nem jéghideg folyóvízzel végezzük el, hanem inkább párazáró szert használunk.**

A legteljesebb hidratációs fok (a cement kötésének minél további fenntartása nedves környezetben) elérése érdekében a megszakítás nélküli nedves utókezelést kell megkövetelni. A nedves utókezelés megszakítása, a beton kiszáradása esetén az utókezelés későbbi bevezéssel már **érdemben** nem folytatható. A kizsaluzott felület azonnal bevonata párazáró szerekkel és fólia takarás használatával víz nélkül is tudjuk a betont utókezelni. Párazáró szer esetén tartsuk be a felhordandó mennyiség gyártói ajánlását. A javasoltnál kisebb mennyiség felhordása nem zár tökéletesen, ezért az utókezelés hatástalan marad.

### **4.6.7. SZULFÁTÁLLÓ BETONOK (CZIRJÁK JÁNOS, PLUZZSIK TAMÁS)**

Szulfátálló betonok tárgyalása előtt érdemes tisztázni, hogy mik azok a szulfátok, hol és miért vannak jelen a környezetünkben, valamint milyen a hatásuk a közönséges betonokra.

Ezekre a kérdésekre a 6. fejezet „Szulfátok hatása” című része ad választ.

Ahogy a hivatkozott fejezet leírja, a szulfátok a megszilárdult beton kötőanyagát teszik tönkre, a tönkremenetel mértéke és gyorsasága pedig a leírt tényezőktől függ. A legnagyobb veszélynek a szulfátos talajjal, illetve talajvízzel érintkező, megszilárdult beton alaptestek, pincefalak, földalatti műtárgyak, vízpépítési műtárgyak vannak kitéve.

A szulfátálló betonok készítésekor külön követelmények vannak a felhasznált alapanyagokkal szemben, valamint az alkalmazott technológia is nagyobb figyelmet igényel.

A felhasznált alapanyagok közül a cementtel szemben támasztjuk a legszigorúbb követelményeket. Amint az az 1.1.11.2 fejezet „Sulfátálló cementek” részéből is kiderül, a sulfátálló beton keveréséhez megkövetelt sulfátálló cementnek trikálcium-aluminát ( $C_3A$ ) mentesnek kell lennie, vagy kisebb sulfátvesztés esetén elégséges követelmény az alacsony trikálcium-aluminát tartalom. Ennek eldöntését az MSZ EN 206:2014 európai beton szabvány, és ennek honosított, vagyis a 'Nemzeti Alkalmazási Dokumentummal (NAD) kiegészített változata az MSZ 4798:2016 szabvány segíti.

E szabványban a sulfátállóság kérdése burkoltan jelenik meg, mivel a sulfátálló betonok tervezésekor a kémiai korrózió kockázata esetén alkalmazandó 'XA' környezeti osztályokat kell figyelembe venni. (Lásd: szabvány 4.1. fejezete!)

- XA1: Enyhén agresszív kémiai környezet (természetes talajnak és talajvíznek kitett betonok esetén)
- XA2: Mérsékeltén agresszív kémiai környezet (természetes talajnak és talajvíznek kitett betonok esetén)
- XA3: Nagymértékben agresszív kémiai környezet (természetes talajnak és talajvíznek kitett betonok esetén)
- XA4(H): Csapadékvíz, kommunális szennyvíz, illetve ezek gőze vagy permete éri a mérsékeltén korrózió- és saválló betont (esővíz tároló műtárgyak, kommunális csatornázási elemek, trágyalé tároló medencék)
- XA5(H): Ipari és mezőgazdasági szennyvíz és egyéb agresszív folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a közepesen korrózió- és saválló betont (csatornázási elemek, szennyvízülepítő medencék, hulladéklerakók csurgalékvíz tároló medencéi, terménytárolók)
- XA6(H): Nagyon agresszív ipari szennyvíz vagy folyadék, illetve ezek gőze vagy permete éri a fokozottan korrózióálló betont (tisztítatlan szennyvizekkel és kemikáliákkal érintkező betonok, hűtőtornyok füstgáz elvezetéssel, állatetető vályúk és mezőgazdasági erjesztő silók)

Az XA1 – XA3(H) környezeti osztályok esetén a természetes talaj és talajvíz kémiai korróziót (külön feltüntetve a sulfátkorróziót) okozó jellemző értékeit, illetve határértékeit a szabvány 4.1. fejezetének 2. táblázata tartalmazza.

Az XA4(H) – XA6(H) környezeti osztályok esetén az osztályokba történő besorolás a csapadékvizek, kommunális, ipari és mezőgazdasági szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok és kondenzációs vizek kémiai korróziót okozó jellemző értékeitől függően, a szabvány 4.1. fejezetének NAD 4.1. táblázata szerint történik.

Az egyes 'XA' és 'XA(H)' környezeti osztályoknál a sulfátkorróziós kockázat esetén alkalmazható cementeket az MSZ 4798:2015 szabvány Q mellékletének Q2 táblázata adja meg, a 'Duzzadás' felirattal jelölt oszlopokon belül.

Ennek megfelelően sulfátkorróziós kockázat esetén az egyes környezeti osztályokban alkalmazható cementek:

XA1 és XA4(H): Bármely MSZ EN 197-1 szerinti 'SR' jelű sulfátálló portlandcement és kohósalakcement, CEM II fajtájú kohósalak-portlandcement és a CEM II/B-M (S-V) 42,4 N jelű kompozit-portlandcement, vagy MSZ 4737-1 szerinti 'MSR' jelű mérsékeltén sulfátálló kohósalakcement

XA2 és XA5(H): Bármely MSZ EN 197-1 szerinti 'SR' jelű sulfátálló portlandcement és kohósalakcement, vagy MSZ 4737-1 szerinti 'MSR' jelű mérsékeltén sulfátálló kohósalakcement

XA3 és XA6(H): Bármely MSZ EN 197-1 szerinti 'SR' jelű sulfátálló portlandcement és kohósalakcement

Az 1.1.11.2 fejezetben, „Sulfátálló cementek” címszó alatt leírt sulfátálló cementek közül mind a 'CEM I'-es sulfátálló portlandcement, mind pedig a 'CEM III/B' jelű kohósalakcement elérhető a magyar piacon, ezek az EN 197-1:2011 szabvány szerinti 'SR' (Sulphate Resistant) jelöléssel kerülnek forgalomba. Mérsékeltén

szulfátálló lehet a 'CEM III/A' jelű cement, ahol a mérsékelt szulfátállóságot az MSZ 4737-1:2013 szabvány szerinti 'MSR' jelzés (ami csak hazánkban érvényes) mutatja.

A hagyományos portlandcementekkel szemben a kis  $C_3A$  tartalmú portlandcementek kedvező tulajdonságait az eltérő kémiai összetételnek tulajdonítják. A gyakorlatban ezek a kedvező tulajdonságok a csekély zsugorodás, az alacsony hidratációs hő, a kis víz/cement tényező estén is jó plaszticitás, a betonacélhoz történő jó tapadó képesség, és a szulfátos közegekkel szembeni jó ellenálló képesség.

A fejlődő és terjeszkedő infrastruktúra, a változó, gyakran romló környezeti tényezők miatt egyre több esetben lehet követelmény a szulfátálló cementek alkalmazása.

Szulfátálló cementet tartalmazó betonösszetételek tervezésénél sok szempontból hasonlóan kell eljárni, mint más cement típust tartalmazó betonok esetében.

Ugyanakkor a már említett MSZ 4798:2016 betonszabvány az agresszív kémiai korroziós közeggel szemben ellenálló betonok összetételére határértékeket ír elő a minimális nyomószilárdsági osztály, cementtartalom, az alkalmazható cement típus, a maximális víz/cement tényező és a testsűrűség tekintetében.

Ahogy láthatjuk a szulfátálló cement alkalmazását kifejezetten az XA3 környezeti kitéti osztályban írja elő a szabvány, valamint választható az XA2 és XA1 környezeti kitéti osztályban.

Az agresszív közegeknek ellenálló betonösszetételek tervezésénél a MÉASZ ME-04.19:1995 10. fejezet Műszaki Előírás az agresszív közegek szélesebb spektrumát tárgyalja (pl. agresszív gázok), így itt átfogóbb képet lehet alkotni a megfelelő betonösszetétel meghatározásához.

A betonösszetétel tervezésénél, a szabványi előírásokon túl, elsősorban az egyes szilárdsági követelményeket kell figyelembe venni. (Nyomó-, hajlító-húzó, tapadó-húzó szilárdságok: korai, azaz 12 órás, 1, 2, 3 napos korban, szabvány szerint 28 napos korban, esetleg egyéb meghatározott korokban.) Fontos az építendő szerkezeti elem mérete, felületével szemben támasztott elvárások (pl. látszóbeton) összetettsége, tagoltsága, elhelyezkedése. Számításba kell venni a bedolgozás körülményeit, azaz a beton bedolgozásának időjárás, helyszíni szállítási tényezőit, a gyártási hely és a beépítés helyszíne közötti szállítási távolságot, a bedolgozás és tömörítés, valamint az utókezelés technológiáját.

Szulfátálló cementet leggyakrabban olyan betonokban alkalmazunk, ahol várhatóan szulfátiót ( $S^{2-}$ ) tartalmazó közeggel fog a betonból készülő szerkezet érintkezni. A szulfátálló cementet tartalmazó betonösszetétel megoldást jelent a szulfátiót tartalmazó közeg szulfátduzzadást okozó hatásával szemben.

Gyakran azonban a betonszerkezettel érintkező, korróziós kockázatot jelentő közeg nem csak szulfátiót, hanem vele együtt más, a betonszerkezetre nézve szintén káros összetevőket is tartalmaz (lásd: MSZ 4798-1:2004; MÉASZ ME-04.19:1995 10. fejezet).

Számolva a korróziós kockázatot jelentő közeg összetett hatásával, a betonösszetétel tervezésénél a cement megválasztásán túl, ahogy más esetekben is, kiemelten fontos, hogy megfelelő bedolgozás, tömörítés és utókezelés mellett a beton kapilláris pórustartalma minél alacsonyabb legyen. A kisebb kapilláris pórustartalom „tömörebb” anyagstruktúrát eredményez, amely hatására a betonban lejátszódó transzport folyamatok jelentős mértékben lecsökkennek, így a kémiailag agresszív közeg korróziós károsító hatásának sebessége kisebb lesz. A lassabb korróziós folyamat nagyobb tartósságot és egyben hosszabb élettartamot eredményez a szerkezettel szemben támasztott minimális műszaki elvárások figyelembevételével.

A kapilláris pórusok mennyisége elsősorban a frissbetonban lévő víz mennyiségének (víz/cement tényező) és a péptartalomnak a függvénye, utóbbit a megfelelően megválasztott adalékanyag szemszerkezete

is befolyásolja. A frissbetonban felhasznált víz egyrészt a cement hidratációjához, másrészt pedig a kívánt konzisztencia eléréséhez szükséges. Ha figyelembe vesszük, hogy a cement hidratációjához mindössze a felhasznált cement tömegére vonatkoztatva 20-22 % vízre van szükség, akkor látható, hogy a víz nagyobb részére a megfelelő bedolgozáshoz szükséges konzisztencia biztosítása végett van szükség.

Az előbbiből következtethető, hogy ismert cementtartalom mellett a lehető legkisebb víztartalom, azaz legkisebb víz/cement tényező eredményez megfelelő bedolgozás mellett tömörebb betont, azaz kedvezőbb pórustérfogatot a beton szövetszerkezetében. A víz/cement tényezőre az MSZ 4798:2016 szabvány tartalmaz határértékeket az egyes környezeti osztályoktól függően. Fontos megjegyezni, hogy a lágyabb konzisztencia a betonban nagyobb pépigényt (túltelítettséget) eredményez, ami nagyobb cement adagolás mellett több víz felhasználását is jelenti, azonos víz/cement tényezónél. A betonösszetétel tervezésénél jelentős szempont a cement és az adalékanyag (betonösszetétel) vízigényének kézbe tartása, lehetőség szerinti csökkentése, így a szulfátálló cementek között is általában azon cement előnyösebb, amely kisebb vízigényű.

A vízigény befolyásolásában jelentősége van a megfelelő adalékanyagválasztásnak. A kisebb fajlagos felületű adalékanyagok kisebb vízigénye van, amit nagyobb maximális szemmagysággal lehet elérni. Az egyes összetevők vízigényét természetesen mindig a kívánt konzisztencia függvényében kell figyelembe venni.

A kedvező vízigényű alapanyagok megválasztásán túl a konzisztencia eléréséhez használt víz mennyisége jól kezelhető, azaz csökkenthető különböző hatásmechanizmusú adalékszerkezetek (képlékenyítő és folyósítószerek) alkalmazásával is. Az eredeti, adalékszer nélküli betonösszetétel vízigényét alapul véve, a frissbeton reológiai tulajdonságai a vízcsökkentés mértékétől és az alkalmazott adalékszer típusától függően változhatnak, a konzisztencia kívánt értéke így jól beállítható.

Összefoglalva, a korróziós hatásokkal és kiemelten a szulfátiont tartalmazó közegekkel szemben a beton akkor lesz megfelelően ellenálló, ha:

- szulfátálló cementet tartalmaz,
- legalább az előírásokban megadott minimális cementmennyiséget tartalmazza,
- legfeljebb az előírásokban megadott maximális víz/cement tényezővel készül,
- a felhasznált adalékanyag nem alkáliérzékeny,
- a kivitelezés technológiájától, az épületszerkezet paramétereitől és a vasalás sűrűségétől függően az alkalmazott adalékanyag a lehető legnagyobb maximális szemmagyságú, tehát a legkisebb pépigényű,
- a konzisztencia az alkalmazható legkevésbé lágy,
- a megkívánt konzisztencia elérését, a bedolgozhatóságot, a tömöríthetőséget valamint a konzisztencia eltarthatóságát adalékszer alkalmazásával biztosítják.

Meg kell említeni, hogy az elkészült szerkezet kapillaris pórustartalmát, struktúráját és a nagyobb méretű pórusok, zárványok, darázsészkek, repedések mennyiségét is a kivitelezés minősége, elsősorban a bedolgozás, tömörítés és a megfelelő utókezelés legalább annyira befolyásolja, mint a felhasznált beton összetétele.

A frissbeton minőségét a gyártástól a végső bedolgozott állapotáig számos befolyásoló tényező ronthatja, amely tényezőket ezen ciklus folyamán megelőzni vagy kezelni kell, a megfelelő betonszerkezet kialakításához.

A gyártási helytől a beépítési helyre történő szállítás ideje és a hőmérsékleti körülmények a frissbeton konzisztenciájának megváltozását (csökkenését) eredményezhetik. Ez a változás elsősorban a frissbetonból párolgás útján eltávozó víz, a hidratációs folyamatban felhasznált víz eredményeként, valamint a hidratációs folyamat során keletkező termékek hatására jelentkezik. Ezen folyamatok hosszú (akár több óra) konzisz-

tencia eltarthatóságot biztosító, valamint kötéskeleltető adalékszerek alkalmazásával tarthatók kézben, elkerülve a keverési vízhez képepest további víz hozzáadását. Itt kedvező tulajdonságként jelentkezik a szulfátálló cementekre jellemző viszonylag lassabb hidratáció.

*A bedolgozás során* az egyik legfontosabb követelmény, hogy a frissbeton szétosztályozódás nélkül kerüljön a zsaluzatba, azaz a munkahelyi szállítás és a bedolgozás ne okozzon inhomogenitást a betonstruktúrában. A megfelelő tömörítési technológia kiválasztása a lehető legtömörebb betonstruktúra kialakulásának elengedhetetlen feltétele. Fontos a megfelelő számú, típusú, méretű, rezgésszámú, hatósugarú tömörítő gép kiválasztása, a konzisztenciától függő tömörítési idő és a tömörítési pontok sűrűségének meghatározása. Természetesen a gondos és megfelelő utókezelés a szulfátálló betonok esetén is elengedhetetlen.

*A transzportbetonok* mellett az előregyártás is igényli a szulfátálló betonok alkalmazását. Az alkalmazott beton konzisztencia szerint foglalkoznunk kell kétféle, alapvetően eltérő előregyártási technológiával, a 'folyékony konzisztenciájú betonból', valamint a 'félszáraz (földnedves) konzisztenciájú betonból' készülő elemekkel és termékekkel (lásd 2.2. fejezet).

*Előregyártásban* a legmeghatározóbb és legkedvezőbb betontulajdonságok: a nagy korai nyomószilárdság, a kis víz/cement tényező, a nagy hőfejlődés, a nagy szulfátállóság, valamint esetenként a kiegészítőanyag-tartalom (pl. mészkőliszt, vagy salak), nagy hajlítószilárdság, korai kötéskezdés

A szulfátállóság igénye leginkább az 'előregyártott elemek' esetén merül fel, az 'előregyártott termékek esetén' csak nagyon ritkán.

A szulfátálló 'előregyártott elemek' -nél a kétféle gyártástechnológiát nézve, fontossági sorrendbe állítva, általában az alábbi tulajdonságokat várjuk el a szulfátálló cementektől:

#### **Folyékony konzisztenciájú beton alkalmazása esetén:**

1. nagy korai szilárdság (12 órás, vagy 1 napos)
2. viszonylag nagy hőfejlődés
3. kis vízigény
4. viszonylag rövid kötés kezdet
5. nagy végszilárdság (28 napos), utószilárdulás (28 nap után)

#### **Félszáraz (földnedves) konzisztenciájú beton alkalmazása esetén:**

1. nagy vég szilárdság (28 napos)
2. kis vízigény
3. viszonylag rövid kötés kezdet
4. nagy korai szilárdság (1, vagy 2 napos)

A 4.6.21. táblázat az előregyártási gyakorlatban alkalmazott, az előbbieken leírt megfontolások alapján, az egyes területeken előnyben részesíthető szulfátálló cement típusokat tartalmazza. A cementválasztás a szulfátállósági elvárásoktól is függ.



#### 4.6.21. táblázat: Az előregyártási gyakorlatban alkalmazott szulfátálló cement típusok

Alkalmazási terület	MSZ EN 197-1 és MSZ 4737-1 szerint
Előregyártott elem (és termék) gyártás 'folyékony konzisztenciájú betonból'	CEM I ...-SR (0-3-5)
Előregyártott elem (és termék) gyártás 'félszáraz konzisztenciájú betonból'	CEM I ...-SR (0-3-5) CEM III/A ...-MSR

#### 4.6.8. NAGYTÖMEGŰ BETONOK (PLUZZIK TAMÁS)

A 'nagy tömegű betonok' vagy más néven 'tömegbetonok' tárgyalása előtt tisztázni kell, hogy mit is értünk e megnevezéseken.

Az Amerikai Beton Intézet (ACI 116 R, 2005) által megadott 'tömegbeton' definíció: „Bármely olyan térfogatú beton, amely elég nagyméretű ahhoz, hogy a cementek hidratációs hőfejlődésének hatása számottevő legyen, ennek függvényében pedig intézkedés váljon szükségessé a térfogatváltozás és a zsugorodás miatti a repedésképződés csökkentésére.”

Az (FDOT 2002) Szerkezettervezési Irányelveiben a tömegbeton definíciója:

„Olyan beton, mely méreteinél fogva megkíván bizonyos, a repedések minimalizálása céljából történő, a hőfejlődést, és a velejáró térfogatváltozást korlátozó intézkedéseket.”

Az előbbiek figyelembe vételével 'nagy tömegű betonnak' vagy 'tömegbetonnak' nevezhetjük a nagy szerkezeti vastagságban készülő, vagy nagy alaprajzi méretű és egy szerkezeti egységet alkotó olyan betonszerkezeteket, ahol viszonylag rövid idő alatt nagy mennyiségű betont dolgoznak be.

Nagy betontérfogat bedolgozása esetén külön figyelembe veendő, hogy az egymáshoz csatlakozó, külön fázisban bedolgozott részek hidratációja is időbeli eltolódással zajlik. Emiatt a csatlakozó elemek nyomó-, húzószilárdsága, rugalmassági modulusa, hőmérséklete, zsugorodása különböző. Ez a folyamat az egész szerkezetben, időben és térben változó pillanatnyi feszültségeket és alakváltozásokat eredményez, ami miatt például szükségesek a megfelelő kiegészítő vasalások, kötőhidak, vagy más anyagok (pl. egyes vízépítési műtárgyaknál duzzadó szalagok) beépítése.

Ilyenek lehetnek betonból (vasbetonból) készülő vastag (>40 cm) falak, nagyobb alaptestek és alaplemezek, nagy tartályok, vízépítési műtárgyak stb.

Ezek azok a szerkezetek, amelyekben a betonba kevert cement kötése során felszabaduló hidratációs hő a későbbiekben részletezett komoly problémákat okozhatja.

Fontos, hogy a 'nagy tömegű betonokat' vagy 'tömegbetonokat' nem szabad összetéveszteni a 'nehézbetonokkal' (pl. sugárvédő betonok). Utóbbiak nevüket az alkalmazott nehéz, 3000 [kg/m<sup>3</sup>] feletti testsűrűségű adalékanyagról kapták.

Természetesen 'nagy tömegű betonok' készülhetnek 'nehézbetonból' is (4.6.13 fejezet).

A következőkben a 'nagy tömegű betonok' vagy 'tömegbetonok' kapcsán felmerülő sokféle probléma (konzisztencia, bedolgozás, plasztikus és/vagy száradási zsugorodás, dilatáció, feszültség hatására létrejövő kúszás stb.) közül a cement hidratációjával összefüggő, esetenként jelentős hőfejlődést szeretnénk kiemelni, mivel az ebből következő problémák a szulfátálló cementek alkalmazásával lényegesen csökkenthető.

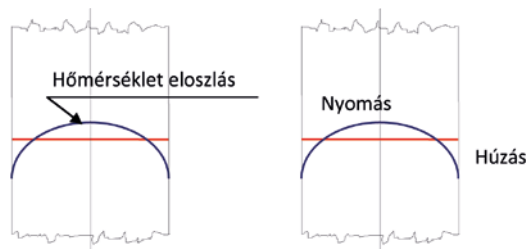
Természetesen a betontechnológiájával összefüggő más részletek is nagyon fontosak (megfelelő beton keverék, rétegvastagságok, bedolgozás, utókezelés), de ezekről a 4.2. fejezetben már esett szó.

A portlandcementek hidratációja exoterm folyamat, amelynek során a betonszerkezetekben, különösen a nagytömegű betonszerkezetekben jelentős mennyiségű hő, ún. hidratációs hő fejlődik és a hőmérséklet akár  $95^{\circ}\text{C}$  fokot is elérheti. A beton alacsony hővezető-képessége miatt a hő jelentős része megreked a szerkezet belsejében, és csak lassan képes távozni. Ennek hatására a tömegbeton szerkezeti elemek belső és külső részei között hőmérséklet-különbség lép fel. A hőmérséklet-különbségek hatására húzófeszültségek keletkeznek. Ha a feszültség nagyobb, mint a beton pillanatnyi húzószilárdsága, akkor a beton megreped.

A repedések hatására a szerkezet egységessége megszűnik, élettartama lecsökkenhet és az elvárt igényeknek nem tud megfelelni.

## Repedések

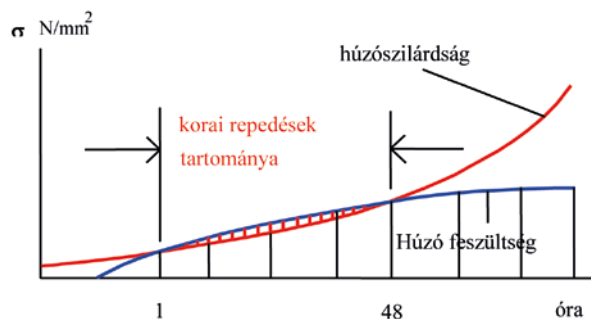
Kéregrepedések jönnek létre, ha (4.6.24. és 4.6.25. ábra szerinti) betonfalban az egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlásból olyan húzófeszültség keletkezik, amely nagyobb, mint a beton saját húzószilárdsága.



a) Hőmérséklet eloszlás

b) Hőmérséklet okozta feszültség

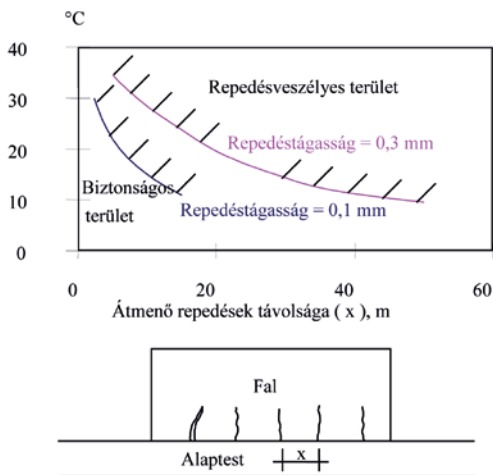
### 4.6.24. ábra: A hőmérséklet-különbségből származó feszültsége



### 4.6.25. ábra: A húzószilárdság és a cement kötése következtében fellépő feszültség közötti kapcsolat vázlatos ábrázolása

Ha például fal és alaplemez vagy fal és födém hőmérséklete közötti különbségekből adódik húzófeszültség, akkor a falban átmenő repedések alakulhatnak ki (4.6.26. ábra).

Átlagos hőmérsékletkülönbség  
az alap és a felmenő fal között



4.6.26. ábra: Repedések kialakulása a falban

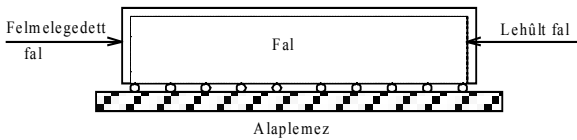
### A kéregrepedések

A kéregrepedések keletkezésének oka az egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás és a hőmérséklet-változás. A kéregrepedések kialakulhatnak alaplemezekben, földemeken és függőleges falfelületeken. (Az alaplemez és a földem szabadon maradó vízszintes felületein és a függőleges falfelületein a gyors kihűlés vagy a gyors párolgás okozta zsugorodás miatt is alakulhatnak ki a kéregrepedések.)

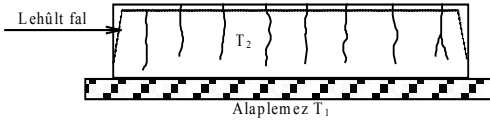
Meg kell jegyezni, hogy az EUROCODE 2 szerint a betonban szokásos körülmények között keletkező hőhatások okozta felületi repedések elkerülésének érdekében a szerkezet középpontja és felülete közötti hőmérséklet-különbség nem lehet nagyobb, mint 20°C.

### Az átmenő repedések

Átmenő repedések – ezek falszélességűek – kialakulhatnak olyan felmenő falban, amelyet kihűlt alaptestre betonoznak. Ugyanis a felmenő fal – a hidratáció hatására – nagyrészt feszültségek keletkezése nélkül kitágul. Ezután (miközben a fal lehűl az alaptest hőmérsékletére) nem tud (az alap közelében) szabadon alakváltozni (4.6.27. ábra), mert az alaptest ezt megakadályozza, így a falban húzófeszültségek, míg az alaptestben nyomófeszültségek lépnek fel. Minél nagyobb a különbség az alaptest és a felmenő fal hőmérséklete között, annál nagyobb az átmenő repedés veszélye. Ezek a repedések nagy tágasságúak és nem zárulnak.



Fal az alaplemezen feszültségmentesen elcsúszhat, repedés nem keletkezik



A fal alakváltozását az alaplemez gátolja, így átmenő repedés keletkezik

#### 4.6.27. ábra: Az átmenő repedések kialakulása a falban

Repedésveszély akkor van, ha  $\sigma_{tt} \geq R_{tt}$

$$\sigma_{tt} = k(T_2 - T_1) \alpha E_{0t}$$

ahol:

$\sigma_{tt}$ : beton hőmérséklet-eloszlásából származó húzófeszültség

k: tapadási viszonyokat figyelembe vevő tényező (pl. alaplemez és fal közötti tapadás)

$$\alpha = 11,2 \times 10^{-6} / C$$

Az előbbi példánál az átmenő repedéseket meg lehet előzni az egybeépítendő falszakaszok hosszának mérésével, az alaplemezbe beiktatott függőleges munkahézagokkal, a betonfal hűtésével, vagy az alaptest fűtésével, a frissbeton hőmérsékletének csökkentésével, zömökben való betonozással, vagy leginkább olyan cement alkalmazásával, amelynek hidratációs hőfejlődése kicsi.

#### Kis hőfejlődésű cementek alkalmazása nagy tömegű betonok készítéséhez

Amint arról már a korábbi fejezetekben (1.1.11.1. fejezet) is esett szó a cementek összetevői /C<sub>3</sub>S, C<sub>2</sub>S, C<sub>3</sub>A, C<sub>3</sub>AF/ különbözőképpen viselkednek a cement hidratációjában, közülük a C<sub>3</sub>A (trikalcium alumínát) a leggyorsabban kötő klinker ásvány, amely egyben felelős a portlandcementek magas hidratációs hőfejlődéséért.

A 4.6.22. táblázatban látható az egyes összetevők hidratációs hője (Cannon, 1986).

A portlandcementek hidratációs hője az egyes alkotók hidratációs hőjének és százalékos mennyiségének szorzatösszegeként kapható meg (Swaddiwudhipong et al., 2002).

Klinker ásvány	Hidratációs fajhő (cal/g)
C <sub>3</sub> S	120
C <sub>2</sub> S	62
C <sub>3</sub> A + gipsz	320
C <sub>3</sub> AF	100

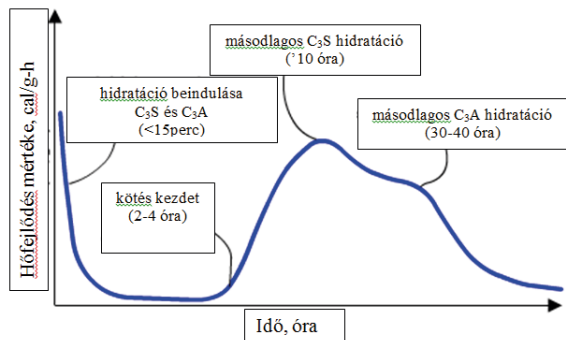
#### 4.6.22. táblázat: Portlandcementek fő alkotórészeinek hidratációs hője (Cannon, 1986)

A szulfátálló klinkerből készült CEM I jelű cementek C<sub>3</sub>A tartalma nagyon kicsi, esetenként 0 is lehet (CEM I ...SR 0), így hidratációs hőfejlesztésük e cementfajtán (CEM I) belül a legkisebb. Összességében a legkisebb

a CEM III jelű, ezen belül a CEM III/B jelű kohósalakcementek hőfejlesztése. Az egyes cementfajtákon belül, a kis hőfejlesztésű általános felhasználású cementeket a jelölés végén „LH” jelzéssel (low heat, az az kis hőfejlesztésű) is elláthatják a gyártók.

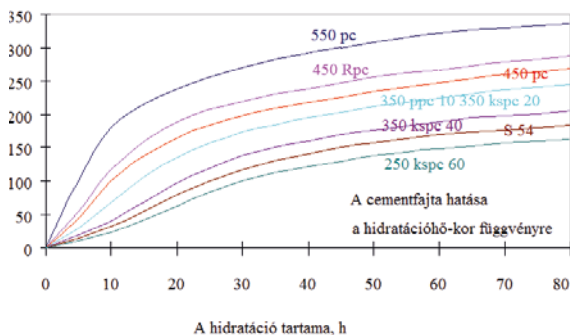
A 2.2. fejezetben leírt logikát követve (Tulajdonság → Előny → Haszon) egyértelmű, hogy a nagytömegű betonok esetében a szulfátálló cementek alacsony  $C_3A$  tartalma, mint ’Tulajdonság’-ból következő kis hőfejlődés jelent számunkra ’Előnyt’, amiből a ’Haszon’ a szerkezeti repedések kockázatának csökkenése lesz, mivel a beton egyes részei között kisebbek lesznek a belső feszültséget okozó hőmérséklet-különbségek.

A 4.6.28. ábra azt mutatja meg, hogy  $C_3S$  és  $C_3A$  milyen hatást gyakorol a portlandcementek kötése során tapasztalható hőfejlődésére. A 4.6.29. ábra pedig különféle cementek hidratációs hőjét ábrázolja.



**4.6.28. ábra: A  $C_3S$  és a  $C_3A$  összetevők hatása a hőfejlődésére (Mindess, Young, 1981)**

Hidratációhő, J/g



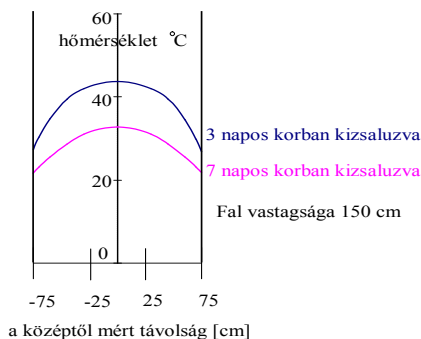
**4.6.29. ábra: A „rég” cementek hidratációs hője**

Meg kell jegyezni, hogy a beton keresztmetszet egyes részei közötti hőmérséklet-különbségekre (többek között) még hatással van a környezeti hőmérséklet, a frissbeton hőmérséklete, a kizsaluzás időpontja (4.6.8. ábra) és például az utókezelés módja is.

A környezeti hőmérséklet erősen befolyásolja a beton felületi hőmérsékletét, következtetésképp a téli időszakban a betonban nő a hőmérséklet-különbség a felület és a beton belseje között, és nő az időbeni hőmérséklet-esés vagyis a kihülés sebessége. Ezzel ellentétben hasonló körülmények között, de nyári melegben kisebb a hőmérséklet-esés, viszont korábban tolódik a legnagyobb hőmérséklet-esés időpontja, ami növeli

a repedésveszélyt. Az előbbieket alapján a nyári időszakban a CEM I jelű szulfátálló és CEM II jelű mérsékelt szulfátálló portlandcementeket, míg a nyári időszakban a CEM III jelű kohósalakcementeket szokás előnyben részesíteni.

Nagyobb frissbeton hőmérséklet esetén a cement hidratációs hője mindig nagyobb, ezért a repedések elkerülése szempontjából fontos, hogy a frissbeton hőmérséklete lehetőség szerint nyáron se legyen magas. Az optimális frissbeton hőmérséklet a 15°C körüli lenne, ezt nyáron a frissbeton hűtésével (pl. keveréskor víz helyett jeget alkalmazunk vagy cseppfolyós nitrogént párologtatunk el) igyekeznek elérni.



**4.6.30. ábra: A kiszaluzás hatása a maximális hőmérséklet különbségekre**

#### **Felhasznált irodalom:**

ACI Committee 116, 2000 (Reapproved 2005), „Cement and Concrete Terminology (ACI 116R-00),” American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich., 73pp.

Cannon, R.P. (1986): „Effects of Changes in Cement Properties on the Temperature of Concrete”, Concrete (London), v. 20 n. 2 Feb. pp 26-28.

EUROCODE 2, azaz MSZ EN 1992 Betonszerkezetek tervezése,

Mindess, S, Young, J. F. (1981): Concrete, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs

Swaddiwudhipong, S., Chen, D., and Zhang, M.H. (2002), “Simulation of the Exothermic Hydration Process of Portland Cement,” Advances in Cement Research, Vol. 14, No.2, pp. 61 - 69, April 2002.

### **4.6.9. SAVKORRÓZIÓNAK FOKOZOTTAN ELLENÁLLÓ BETONOK (GÁL ATTILA)**

Napjainkra megnőtt az igény olyan különleges tulajdonságú betonok iránt, amelyek az ipari termelésből eredő vegyi hatásoknak is megfelelnek. Ide tartozik például a szennyvíztisztító telepek, szennyvízcsatornák, hűtőtornyok, biogáz üzemek, takarmánytárolók betonja. A korróziós közegek kémhatását tekintve a betonra a savas jellegű oldatok jelentenek veszélyforrást.

#### **A savkorrózió mechanizmusa**

A beton kémiai bomlása alapján a megszilárdult cementkő egy vagy több összetevője feloldódik valamely kívülről ható vegyi anyag hatására [1]. Az érzékeny cementkő fázisok kilúgozódnak a betonból, ennek következtében a beton porózusabbá válik, és nemcsak a szilárdsága, hanem a további korrózió elleni védettsége is csökken. Ez a folyamat mindig a beton és a vegyi anyag érintkezési felületén kezdődik meg és halad a beton belseje felé (4.6.31/a és 4.6.31/b ábra).



**4.6.31/a. ábra: 91 napig ecetsavas oldatba mártott cementkő/korróziós közeg érintkezési felülete [2]**

**4.6.31/b. ábra: A roncsolt réteg vastagsága ~1,5 mm, alatta gyakorlatilag „ép” mag maradt [2]**

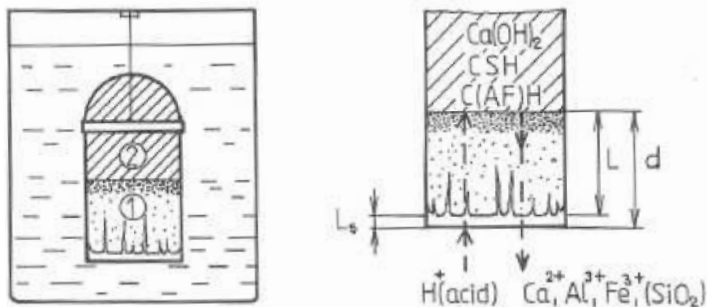
A beton szokásos kötőanyagait a savak megtámadják. Legelőször a portlandit kezd bomlani  $\text{pH} = 12,6$  alatt, de a többi CSH, CA, CAF cementásvány is elveszti a kalciumot bizonyos  $\text{pH}$  alatt. A cementkő tönkremenetele először igen gyors, függően a sav diffúziós sebességétől és/vagy a cementkő felületen való oldódás sebességétől. Ha a beton felületén már képződött egy tönkrement réteg, akkor ez gátolja a további behatolást és a folyamatot már csak a diffúzió szabályozza, a tönkrement réteg vastagságától és átteresztőképességétől függően.

4

### Külföldi eredmények

#### Cementkő vizsgálatok [3]

Pavlik a vizsgálataiban CEM I típusú cementtel egyik végén leforrasztott üvegcsőben szilárdult  $v/c = 0,4$  cementkő próba hengerekkel kísérletezett (4.6.32. ábra). Legrészletesebben az ecetsav ( $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) hatását vizsgálta.



**4.6.32. ábra: Pavlik-CEM I típusú cementből készített próbatestek savkorróziós vizsgálata [3]**

A 4.6.32. ábrán az 1-es résszel jelölt alsó terület a korrodált réteg, a 2-es felső rész az ép cementkő. A  $d$  a tönkrement réteg átlagos vastagsága,  $L$  a diffúziós réteg vastagsága,  $L_0$  a tönkrement réteg zsugorodása.

A cementkő korróziójának biztos jele egy tönkremenő réteg megjelenése és növekedése. Példaként a 4.6.33/a. ábrán egy CEM I tiszta portlandcement kötőanyagú,  $v/c = 0,4$ -es minta 80 napos korban  $c = 0,2$  mol/liter koncentrációjú salétromsav oldatba merítés utáni állapotát látjuk. A hasáb próbatesteknek csak szabad vége (bütüje) érintkezett a savval, az oldallapokat polietilén takarás védte. A képződött réteg puha és repedezett volt, kötőőer nélkül. Száradás után a réteg összeroppan, zsugorodott, és könnyen szétbontható volt (4.6.33/b. ábra) [3].



**4.6.33/a. ábra:** CEM I cementből készített próbatest korróziója salétromsavban 80 nap alatt [3]

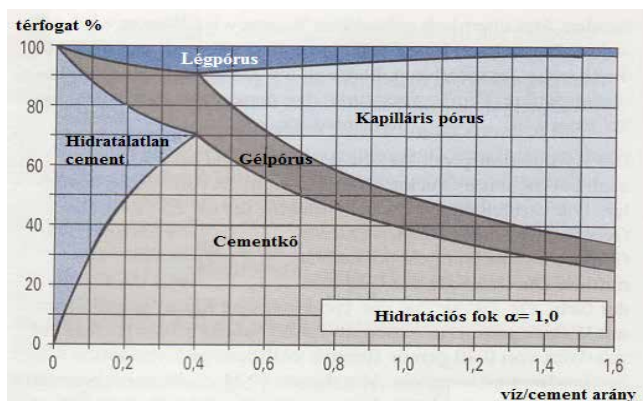
**4.6.33/b. ábra:** Száradás után a próbatest savba merített része összerepedezett, kézzel morzsolható volt [3]

Ecetsavban (HAc,  $c = 0,5$  mol/liter) áztatott 30x30 mm-es hengerek nyomószilárdsága a tárolási idő függvényében a következőképpen alakult:

**4.6.23. táblázat:** f30x30 mm-es cementkő hengerek nyomószilárdság csökkenése ecetsavban [3]

t (nap)	0	2	7	14	56
Szilárdság [%]	100	50,3	39,4	29,8	6,9

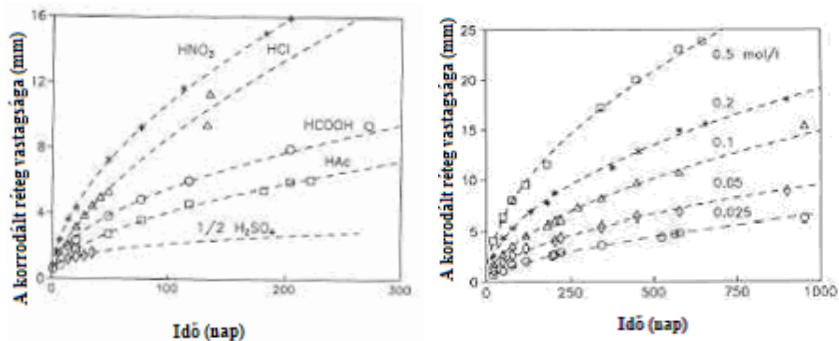
Az általában alkalmazott  $v/c = 0,4$  magyarázata az, hogy ez esetben a cementkőben a teljes hidratáció után ( $\alpha = 1,0$ ) megszűnik a kapilláris porozitás, minek következtében a korróziós közeg szabad áramlása lassul (4.6.34. ábra), de az oldódás nem szűnik meg [4].



**4.6.34. ábra:** A cementkőben kialakuló fázisok térfogati arányai a víz/cement tényező függvényében

A 28 napig vízben tárolt, majd a 4.6.32. ábrán látható elrendezés szerint savas oldatba lógatott próbatesteken mért korrodált réteg vastagsága a különféle savak esetén a 4.6.35. ábrán látható. Ha ugyanazon ecetsav koncentrációját változtatták, akkor a 4.6.36. ábra szerinti görbesereget kapták. A kalcium oldódással, a sav fogyasztással, ill. a tönkrement réteg vastagságával kifejezett tönkremenetel lineáris függvénye:  $\sqrt{t} = t^{0,5}$ , ahol  $t$  a kitételi idő. A  $\sqrt{t}$  alakú parabolák a 4.6.35. és a 4.6.36. ábrán is láthatók: tehát lassuló folyamatról van szó.





**4.6.35. ábra:** Különböző savak okozta korróziós mélység az idő függvényében (salétromsav-HNO<sub>3</sub>, sósav-HCl, hangyasav-HCOOH és ecetsav-CH<sub>3</sub>COOH sav koncentrációja 0,1 mol/liter; a kénsavé-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,05 mol/liter) [3]

**4.6.36. ábra:** Különböző ecetsav koncentrációk esetén mért korróziós mélységek a cementkő próbatesteken (fentről: 0,5-0,2-0,1-0,05-0,025 mol/l) [3]

Különböző savak agresszív hatékonysága nem mérhető csupán a pH-értékkel, mert a korrózió mértékét a H<sup>+</sup> ionok mozgékonyasága, a keletkező repedések tágassága és a korróziós termékek különbözősége is befolyásolja. Az erős (pl. kénsav, sósav) és gyenge savak (pl. ecetsav, borkősav) korróziós hatása tehát azonos pH és azonos koncentráció esetén is jelentősen különbözik, mert a keletkező Ca-sók oldékonysága a kérdéses sav disszociációs állandójától függ.

### Hűtőtornyok betonja [2],[5],[6]

A hűtőtornyok építése esetén a C35/45 szilárdsági osztályú hagyományos betonok számítottak a korábbi évek legelterjedtebb műszaki megoldásának. A betonhéjat belülről (a megtisztított füstgázok okozta erős kénsavterhelés és szulfátosodás elleni védelem miatt) és kívülről (a fagyás, napsütés, atmoszférikus CO<sub>2</sub>, csapó eső és szél miatt) egyaránt műgyanta védőbevonattal kellett ellátni. A műszakilag igényes, és így drága műgyanta bevonatok már az építés szakaszában, majd a hűtőtorny hasznos élettartalma alatti karbantartások miatt, végül pedig annak későbbi ártalmatlanításakor is hatalmas költségeket okoznak. Kívül-belül bevonattal védett hűtőtornyok a 4.6.37. és a 4.6.38. ábrákon láthatók.



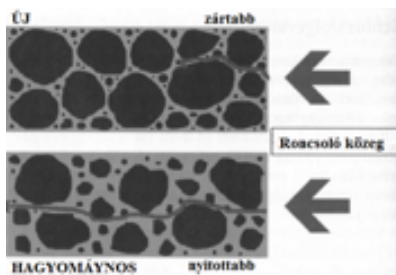
**4.6.37. ábra:** Hűtőtorny szekunder (külső és belső) védelme műgyanta bevonattal [7]

**4.6.38. ábra:** A rétegbevonat nélkül készített Niederaufsem-i hűtőtorny látképe [8]

A tervezők ezért olyan hűtőtorony megépítését célozták meg, amely szekunder védelem nélkül is alkalmas lesz a füstgázok okozta erős savterhelés és egyéb korróziós folyamatok elleni védelemre.

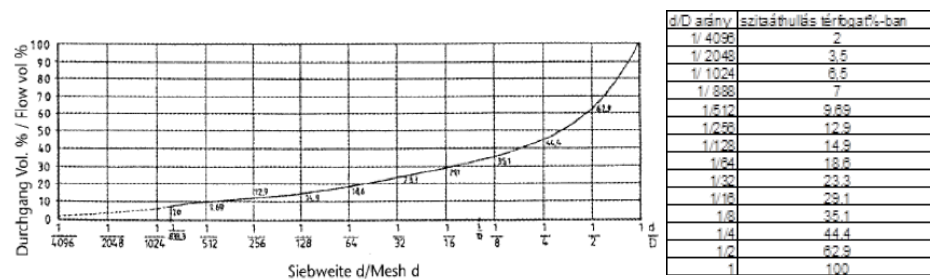
A saválló beton céljára nagy adalékanyag térfogatú, egyben nagy szilárdságú betont készítettek (kutatóhely: RWE Energie cég megrendelésére a Berlin-Brandenburgi Műszaki Egyetem), amely szabvány szerinti 28 napos korban elérte a B 85 (C70/85) beton nyomószilárdságot. Statikai szempontból B 35 (~C30/37) is elegendő volt, ezért az érintettek egyezményesen az „SRB 85/35” jelölésben állapodtak meg. (Az SRB a saválló beton rövidítése.) A hűtőtorony betonját szokatlanul kis (a szabványnál kisebb) cementtartalommal: 250 kg/m<sup>3</sup>, különleges szemmegoszlással és pernye+szilikapor adagolással készítették el. Az SRB 85/35 beton készítésének alapelvei:

- a szemcsehalmaz váz legtömörebb (legkisebb hézagterfogatú) legyen, egészen a kötőanyagok legfinomabb tartományáig (4.6.39. ábra), azaz
- a kötőanyag mátrix a lehető legkisebb térfogatú legyen;
- a kötőanyag mátrix a lehető legellenállóbb legyen oldódásos és duzzadásos korrózióval, továbbá klorid diffúzióval és víz-, ill. gázbehatolással szemben.



**4.6.39. ábra: Tömörebb adalékanyagvázbán a ronszoló közeg áthaladási ideje lassabb [5]**

Az SRB 85/35 beton számára a legkedvezőbb (4.6.40. ábrán érzékeltetett) szemmegoszlás eléréséhez Hüttl és Hillemeier a Fuller & Thompson-görbe (F&T-görbe) szerinti idealizált eloszlást választotta. A F&T-görbe a térfogatszázalék szerinti szemcseméret-eloszlást az adalékanyagon túl kiterjeszti a kötőanyagokra (cement+kiegészítőanyagok) is, ezzel létrehozva a legtömörebb, legkisebb hézagterfogatú szemcsehalmazt (4.6.40. ábra).



**4.6.40. ábra: Az F&T-görbe megadja a  $D_{max}(D)$  függvényében a felező szitákon áthullott összes szemcse mennyiségét, térfogat%-ban [5]**

A szemcsekeverékeken elvégzett kiegészítő kísérletek alapján az SRB 85/35 jelű betonhoz végül a tervezők pernyét, mikroszilikát és szulfátálló (HS), kis alkálitartalmú (NA) CEM I 42,5 N jelű portlandcementet választottak a hűtőtorony kötőanyagához úgy, hogy a kötőanyag 12,9 térfogat% és az adalékanyag 87,1 térfogat% arányra adódott. Az SRB 85/35 beton végleges receptúráját a 4.6.24. táblázat szerintire választották [5], [6].

#### 4.6.24. táblázat: Az SRB 85/35 beton receptúrája [6]

Összetevők		mértékegység	tartalom
<b>Kötőanyag</b>	<b>100%</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>350</b>
CEM I 42,5 R-HS/NA		tömeg %	70-72
Pernye		tömeg %	20-21
Szilika por		tömeg %	7-8,5
<b>Adalékanyagok</b>	<b>100%</b>		
Kvarcliszt		tömeg %	2,5
0/2a		tömeg %	32,5
2/8		tömeg %	15
8/16		tömeg %	50
<b>Adalékszer</b>			
Muraplast FK 61		tömeg % cementre viszonyítva	1,6-2,7

A korróziós kísérletek során, különböző összetétellel közel 800 db próbatestet vizsgáltak. A vizsgálatokhoz 40x10x160 mm-es hasábokat (lemezeket) készítettek, amelyeket pH=2,5 kémhatású kénsavas közegben tároltak (4.6.41. ábra).



**4.6.41. ábra: Kénsavban áztatott próbatestek roncsolódása 75 nap tárolás után: alul egy tiszta portlandcementből készült, felül pedig cementet, pernyét és mikroszilikát is tartalmazó habarcszásab látható [5]**

A 2008-ig közzétett hűtőtorony receptúrák néhány adatát a 4.6.25. táblázat tartalmazza.

#### 4.6.25. táblázat: A Ruhr-vidéken épített bevonat nélküli hűtőtornyok fontosabb adatai [2]

<b>Hűtőtorony</b>	Niederaußem	Neurath	Boxberg	Datteln	Hamm
<b>Építész</b>	RWE		Vattenfall	EON	RWE
<b>Kivitelező</b>	Heitkamp	Weimer/Trachte und Alpine	Heitkamp	Wayss & Freytag und Schaffer Bauten	Wayss & Freytag
<b>Építés kezdete</b>	1999	2006	2007	2008	2008
<b>cement típusa</b>	CEM I 42,5 R-HS/NA	CEM I 42,5 R-HS/NA	CEM II/B-S 42,5 R-HS/NA	nincs adat	CEM I 42,5 R-HS/NA
<b>cementtartalom [kg/m<sup>3</sup>]</b>	250	251	270	nincs adat	250
<b>kiegészítőanyag</b>	kőszénpernye (SFA) + szilikapor	kőszénpernye (SFA) + szilikapor	kőszénpernye + igen finom pernye	nincs adat	kőszénpernye (SFA) + szilikapor
<b>(v/c)<sub>ekv</sub></b>					~0,40-tól 0,42-ig

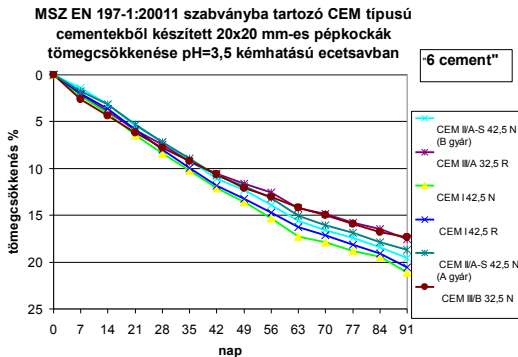
**forrás: LOHAUS-PETERSEN- GRIESE: beton 2009/9. 370-379 old.**

## Hazai savkorróziós betonkutatók

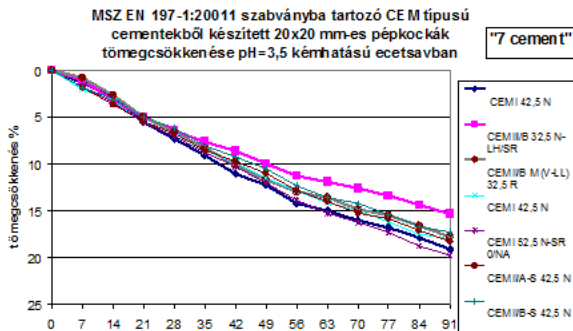
### Oldódásos vizsgálat

A vizsgálatok alapvetően két részre tagolódtak.

Az első ütemben csak a kötőanyag (v/c = 0,4-es cementkő) korrózióállóságát vizsgálták pH = 3,5 kémhatású ecetsav-oldatban 91 napig. Az oldatot rendszeresen cserélték a vizsgálati idő végéig, valamint a sav okozta tömegcsökkenést folyamatosan feljegyezték a 20x20 mm-es élhosszúságú kocka alakú cementkő próbatesteken. Az egyik sorozatban 6 cementet vizsgáltak (4.6.42. ábra), a másikban pedig másfajta 7 cementet (4.6.43. ábra).



4.6.42. ábra: Különböző CEM típusú cementkövek tömegcsökkenése pH = 3,5 kémhatású ecetsav-oldatban, 91 nap alatt [2]



4.6.43. ábra: Különböző CEM típusú cementkövek tömegcsökkenése pH = 3,5 kémhatású ecetsav-oldatban, 91 nap alatt [2]

Az elvégzett vizsgálatok azt igazolták, hogy a kohósalak-tartalom növekedésével a cementkő tömegcsökkenése mérséklődött: legkedvezőbb a CEM III/B és közel lehet hozzá a CEM III/A. Rosszabb savállóságúak a tiszta portlandcementek, még a CEM I 52,5 N-SR 0/NA is.

Ezt igazolja a gyakorlat is: 2004 és 2005 között épített takarmánytárolók betonjai a cementfajtától függően, eltérő mértékben korrodáltak. A 4.6.44. ábrán egy CEM I 32,5 R-S szulfátálló portlandcementtel készített siló betonja, a 4.6.45. ábrán pedig egy CEM III/B 32,5 N-S cementtel készített takarmánytároló betonja látható. Az eredmény: 5 évvel a készítés után a szulfátálló portlandcementből épült beton felszínéről a cementkő kioldódott, textúrája egyenetlenné vált. A kohósalak-portlandcementből készített beton nem roncsolódott.



**4.6.44. ábra: 2005-ben CEM I 32,5 N-S cementből („S-54”) készült takarmánytároló állapota 2010-ben (fényképezte: Kovács József BTC Kft.)**



**4.6.45. ábra: 2005-ben CEM III/B 32,5 N-S cementből készült takarmánytároló állapota 2010-ben (fényképezte: Kovács József BTC Kft.)**

A vizsgálatok második üteme az előzőek alapján kiválasztott cementtel (CEM III/B 32,5 N) és más kísérletek alapján kiválasztott kiegészítőanyaggal (metakaolin) kevert, a Fuller&Thompson görbére illeszkedő betonkeverékre vonatkozott. A betonkeverékhez  $D_{max} = 16$  mm szemszerkezetű adalékanyagot választottak úgy, hogy az egyes szitákon áthullott frakciók térfogatszázaléka megfeleljen a 4.6.40. ábra szerinti szemmegoszlásnak. E betonkeverék összetételét a 4.6.26. táblázat tartalmazza.

**4.6.26. táblázat: A F&T-görbe szerinti ( $D_{max} = 16$  mm) betonkeverék összetétele [2]**

1 m <sup>3</sup> beton összetétele		frakciók	tömeg [kg]	térfogat [l]
	Cement	< 90 µm	282,32	94,11
	Metakaolin	< 63 µm	28,89	11,12
	Adalékanyag	< 0,063 mm	16,54	6,26
		0,063/0,125	42,19	15,98
		0,125/0,25	83,57	31,65
		0,25/0,5	106,15	40,21
		0,5/1	131,00	49,62
		1/2	135,51	51,33
		2/4	209,13	79,22
		4/8	418,75	158,62
	8/16	837,93	317,40	
	Víz	-	122,00	122,00
	Levegő (2 tf%)	-	-	20,00
Adalékszer	-	2,49	2,49	
<b>Tömeg:</b>	-	<b>2416,45</b>	-	
<b>Térfogat:</b>	-	-	<b>1000,00</b>	

Péptérfogat= 230 l/m<sup>3</sup>

Tervezett levegő: 20 l/m<sup>3</sup>

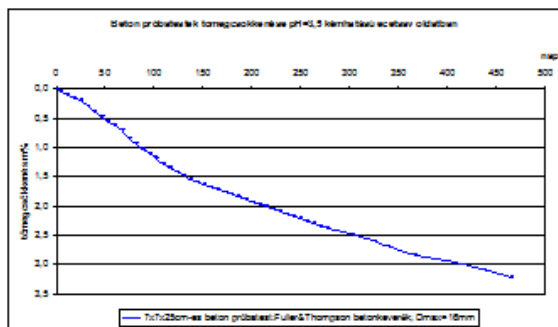
Adalékanyagváz= 750 l/m<sup>3</sup>

Teljes térfogat 1000 l/m<sup>3</sup>

A 282 kg/m<sup>3</sup> cementtel és 31 kg/m<sup>3</sup> metakaolinnal (11 tömeg% a cementre számítva) készített betonkeverék 28 napos átlagos nyomószilárdsága 53,5 N/mm<sup>2</sup> volt. Ez alapján a beton megfelel a C35/45-ös szilárdsági osztálynak, ha  $s = 5$  N/mm<sup>2</sup> üzemi szórást tételezünk fel.

C35/45 fölötti szilárdsági osztályt sem az EN 206, sem pedig a DIN 1045-2:2014 nem ír elő a Németországban az ipari agresszív közegeket is magukba foglaló XA2, XA3 osztályban sem. Az ÖNORM B 4710-1 (2014-es tervezet) az XA3L oldódásos osztályban egy HL-SW jelű C40/50-et és  $v/c \leq 0,34$ -et ír elő (részletek alább).

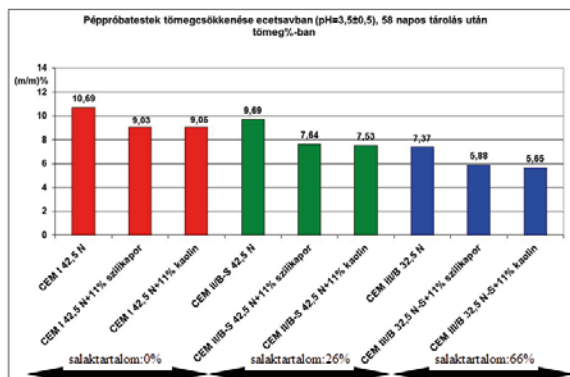
A Fuller&Thompson görbe szerinti szemmegoszlással készített betonkeverék oldódásos korróziós vizsgálatát pH = 3,5 kémhatású ecetsav-oldatban folyamatosan vizsgálják a laboratóriumban. A 70x70x250 mm-es próbatestek tömegcsökkenése 460 napos korban még nem érte el a 3,5 tömeg%-ot (4.6.46. ábra).



**4.46. ábra: Fuller&Thompson görbe szerinti szemmegoszlással készített betonhasábok tömegcsökkenése pH = 3,5 kémhatású ecetsav-oldatban [2]**

### Kiegészítőanyagok hatása [2], [9]

Ismeretes, hogy a beton tömörsége (kapilláris pórusmentessége) bizonyos kiegészítőanyagok adagolásával fokozható. A kezdő kísérletekbe bevont cementekhez különböző – nagy kovásvan tartalmú – kiegészítőanyagokat adagoltak. Ezután a különböző cementekhez adagolt kiegészítőanyagokkal készített  $(v/c)_{\text{ekv}} = 0,4$ ; pép próbatesteken is elvégezték a savas kísérleteket, és megállapították, hogy két, ebbe a kísérletbe bevont kiegészítőanyag alkalmazásával, a savval szembeni ellenállás fokozható. A két anyag közt nincs lényeges különbség, akármelyik cementhez adagolják is (4.6.47. ábra).



**4.6.47. ábra: Hengeres ( $\varnothing 35 \times 35 \text{mm}$ ) cementpép+kiegészítőanyag próbatestek tömegcsökkenése 58 napos ecetsavas tárolás (pH = 3±0,5) után [2]**

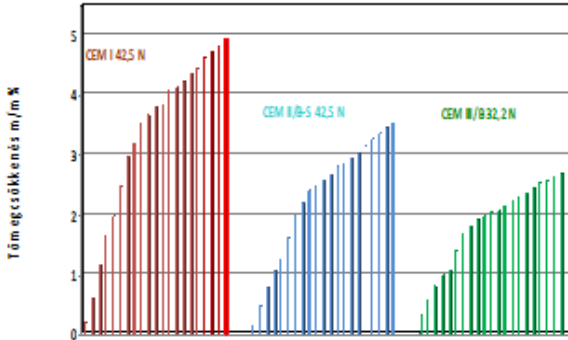
A végső cél savkorrózióknak ellenálló beton készítése volt, ezért a cementkutatások eredményét felhasználva megterveztek, majd elkészítettek több azonos összetételű, de különböző cementből és kiegészítőanyagból álló betont [9].

Az etalon betonok csak cementet, frakcionált homokos kavicsot, folyósító adalékszer és vizet tartalmaztak (4.6.47. ábra). Ezután olyan betonokat készítettek, amelyekhez különböző A, B, illetve C kiegészítőanyagokat adagoltak (4.6.48-51. ábra). Közéltőleg 0 % levegőtartalom eléréséhez folyósító adalékszert használtak, és a kiegészítőanyag, cement, és folyósítószer összeférhetőségét is megvizsgálták.

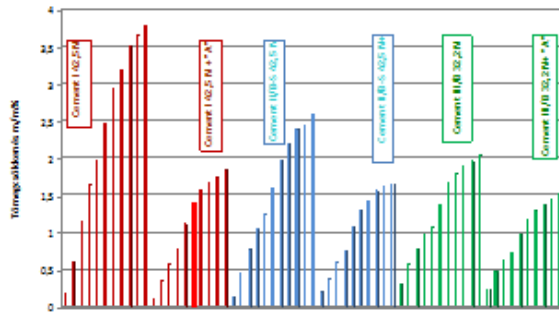
A 4.6.47. ábráról egyértelműen leolvasható, hogy a CEM III/B jelű, nagy kohósalak tartalmú cementből készült beton közel „fele olyan gyorsan fogy”, mint a CEM I jelű, tiszta portlandcementből készült beton.

Ez a fogyás még csökkenthető, ha az etalon betonhoz nagy kovásvan tartalmú kiegészítőanyagokat adagolunk.

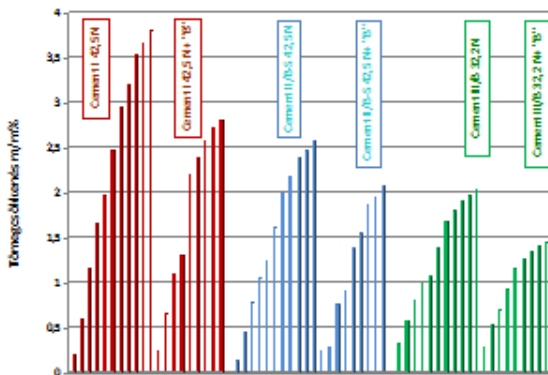
A 4.6.48-51. ábrákon az etalon betonokból és különböző kiegészítőanyag hozzáadásával készült beton-próbatestek oldódási tömegvesztései láthatók.



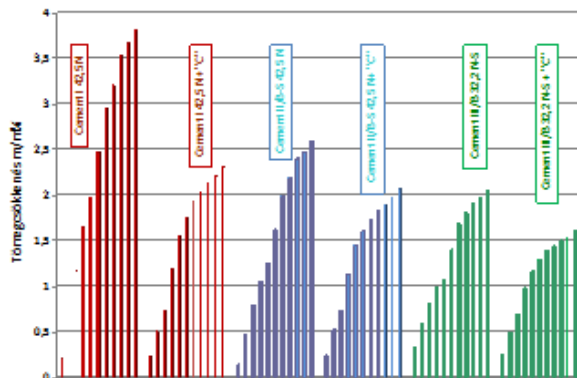
4.6.48. ábra: Etalon beton próbatestek tömegcsökkenése 133 napos ecetsavas tárolás után különböző cementek esetén [9]



4.6.49. ábra: Különböző cementekkel és A kiegészítőanyaggal készített, azonos összetételű betonok tömegcsökkenése, összehasonlítva az etalon betonnal [9]



4.6.50. ábra: Különböző cementekkel és B kiegészítőanyaggal készített, azonos összetételű betonok tömegcsökkenése, összehasonlítva az etalon betonnal [9]



**4.6.51. ábra:** Különböző cementekkel a C jelű kiegészítőanyaggal készített, azonos összetételű betonok tömegcsökkenése, összehasonlítva az etalon betonnal [9]

Összefoglalás: A beton próbatesteken is igazolódott, hogy a beton savval szembeni ellenálló képessége nemcsak a cementfajtától függ (4.6.48. ábra), hanem kiegészítőanyagok adagolásával is tovább javítható (4.6.48-51. ábrák).

Mindhárom vizsgált kiegészítőanyag hasznos (a CEM III/B cementtel mindegyik azonos hatású), de az A jelű kiegészítővel fokozható leginkább a savval szembeni ellenálló képesség. A C kiegészítőanyag kedvező mellékhatása, hogy folyósít is, és kevesebb adalékszer is elegendő [9].

#### Kloridion áthatolás, penetráció [2]

A hosszadalmas savállósági vizsgálat kiegészítésére meg szokták mérni a beton valamilyen ellenállási mérőszámát is kloridion behatolással szemben.

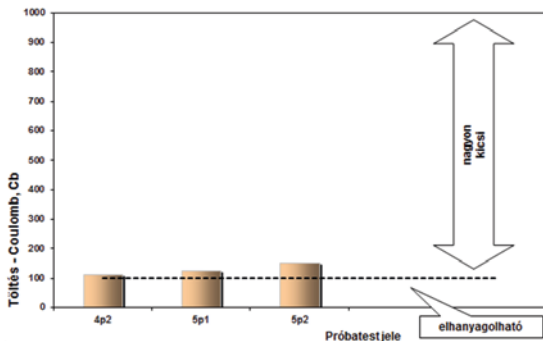
Ez esetben a beton permeabilitásának ellenőrzésére az ASTM C 1202 szabvány szerinti klorid-penetrációs vizsgálatot választották. Az ASTM C 1202 szabványos vizsgálat a beton kloridionok beszívargásával szembeni ellenálló képességének elektromos úton történő meghatározása. A vizsgálatnál kimutatható a beton próbatesteken átvezetett elektromos töltés mennyisége. A teljes átérésztett töltésmennyiség, Coulomb-ban megadja a minta kloridion penetrációval szembeni ellenálló képességét a szabvány szerinti osztályba sorolás alapján (4.6.27. táblázat).

#### 4.6.27. táblázat: Kloridion behatolás az áthaladt töltés alapján [2]

Áthaladt töltésmennyiség (Coulomb)	A kloridionok behatoló képessége
4000<	Nagy
2000-4000	Mérsékelt
1000-2000	Kicsi
100-1000	Nagyon kicsi
<100	Elhanyagolható

A F&T-görbéhez legjobban igazodó  $D_{\max} = 16$  mm szemszerkezetű beton permeabilitását a 4.6.27. táblázat határértékeinek függvényében a 4.6.52. ábrán látható.





**4.6.52. ábra: F&T-görbe szerinti betonkeverék permeabilitása [2]**

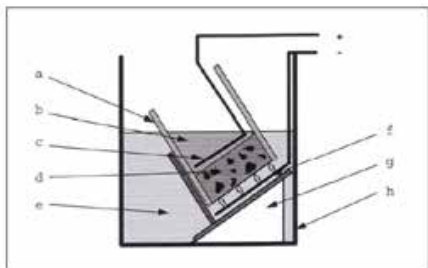
Az elvégzett klorid-penetrációs vizsgálat alapján megállapítható volt, hogy a Fuller&Thompson görbe szerint előállított betonkeverék permeabilitása alig haladta meg az „elhanyagolható” határértéket.

#### Diffúziós vizsgálat [10]

E kutatás célja a metakaolin cementkiegészítő anyag hatásának megállapítása a cement kémiai ellenálló képességére. A metakaolin hatásának vizsgálatára különböző, metakaolin tartalmú, illetve metakaolin adagolás nélküli habarcs mintákat készítettek. A vizsgálatokhoz kétféle cementet használtak: CEM I 42,5 N-S szulfátálló portlandcementet, illetve CEM II/A-S 42,5 N kohósalak-portlandcementet. A vizsgálatokhoz a próbatesteket meglehetősen korrozív környezetben, kénsavban (pH=1), illetve ecetsav-oldatban (pH=3) tárolták 28 napon keresztül, vizsgálva a savas közeg által létrehozott változásokat és a kloridion behatolás mértékét.

Az  $\Pi\Pi$ 100 mm, 50 mm magas betonkorongokon megállapították, hogy a kénsavban tárolt próbatestek felülete makroszkópiusan is roncsolódott, továbbá a próbatestek színe is elváltozott. Ecetsav esetében ilyen mértékű színváltozás nem tapasztalt. A 28 napon át savas körülmények között tárolt hengereket elhasították és láthatóvá vált a kénsav esetében egy jellemző réteg. A szerkezet láthatóan nem változott meg, de további mikroszkópos vizsgálatokat igényel. Ecetsav esetében ilyen réteg – 28 nap alatt – nem alakult ki.

A kloridionokkal szembeni ellenálló képesség vizsgálatához gyors migrációs, ún. HTC-módszert használtak. Segítségével a diffúziós koefficiens határozható meg (4.6.53. ábra).



**4.6.53. ábra: Tang és Nilsson (1991) javaslatára kifejlesztett gyors migrációs készülék [11]**

Eltérően az elektromos migrációs módszertől, az anódos cella koncentrációját itt nem méri. Helyette a mérést csak egy adott időtartam alatt végzik (ez általában 8 óra), a próbatestet kivesszük a cellából, majd a kezelt felületre merőlegesen, a palást mentén elhasítják. Utána a próbatest egyik felén kolorimetriásan  $\text{AgNO}_3$  oldattal meghatározzák a kloridion behatolás mélységét. A mért értékeket ezután behelyettesítik az alábbi képletbe, amelynek segítségével meghatározható a diffúziós koefficiens ( $D_{\text{nssm}}$ , azaz non steady state migration coefficient).

$$D_{nssm} = \frac{0,0239(273 + T)L}{(U - 2)t} \left( x_d - 0,0238 \sqrt{\frac{(273 + T)Lx}{U - 2}} \right)$$

$D_{nssm}$  - diffúziós koefficiens, x 10<sup>-12</sup> [m<sup>2</sup>/s]

U - egyenfeszültség [V]

T - oldat hőmérséklete [°C]

L - minta vastagsága [mm]

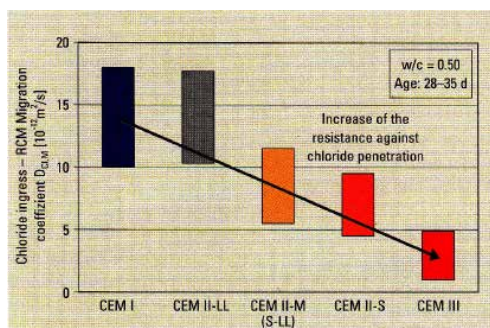
$x_d$  - átlagos behatolási mélység [mm]

t - teszt időtartama [óra]

A mérések eredményei alapján a számolt diffúziós koefficiens értékek:

- |  |   |
|--|---|
| 1. korong (CEM I 42,5 N-S)                 | $D_{nssm} = 3,5 \times 10^{-12}$ [m <sup>2</sup> /s]  |
| 2. korong (CEM I 42,5 N-S + metakaolin)    | $D_{nssm} = 1,37 \times 10^{-12}$ [m <sup>2</sup> /s] |
| 3. korong (CEM II/A-S 42,5 N + metakaolin) | $D_{nssm} = 5,42 \times 10^{-12}$ [m <sup>2</sup> /s] |

A szakirodalom több helyütt tárgyalja, hogy a heterogén cementekkel készített betonok klorid diffúziós ellenállása általában jóval nagyobb, azaz a diffúziós koefficiens értéke kisebb. Példa erre a 4.6.54. ábra [12].



**4.6.54. ábra: A beton kloridion diffúziójának és a cement összetételének összefüggése [12]**

Eszerint  $5 \times 10^{-12}$  m<sup>2</sup>/s alatti diffúziós tényezők már kedvezőek, de mértek 5 helyett 2-3-at is heterogén cementeken (S = 50%, L = 20%, ecrá-Düsseldorf).

A fenti 1. . . 3. korong egymáshoz közel eső eredményeiből a heterogén cementek előnyeit nem lehet kiolvasni, mindhárom eredmény megfelel a 4.6.52. ábrának.

Megemlítjük, hogy a „savállóság” szükséges, de távolról sem elégséges feltétele a vízzáróság. A 4.6.45. ábra szerinti F&T-görbének megfelelő beton vízzárósága (5 bar, 72 óra) 16, 11 és 8 mm volt, tehát a legszigorúbb XV3(H)-nak felel meg.

### Szabványelőírások a beton oldódásos korróziójára

A laboratóriumi körülmények között ellenőrzött „saválló” betonkeverék készítése a betonüzemek számára nehézséget jelent, ezért a külföldi (német, osztrák, svájci és francia) betonszabványok korrózió esetén a cementválasztás kérdéskörére összpontosítanak és ajánlásokat vagy előírásokat adnak.

A német DIN 1045-2 szabvány a bázikus jellegű pemyét (ilyen típusú peme a hazai erőművekben nem képződik) tartalmazó peme-portlandcementeket (CEM II/A-W és CEM II/B-W), a CEM II/B-LL (összes szerves széntartalom

TOC  $\leq 0,2\%$ ), a CEM II/B-L (összes szerves széntartalom TOC  $\leq 0,5\%$ ) típusú mészke-portlandcementeket, a CEM IV típusú puccoláncementeket és a CEM V típusú kompozitcementeket nem engedélyezi alkalmazni az XA1-XA2-XA3 környezeti osztályokban.

A CEM II/M típusú kompozit-portlandcementek alkalmazását a DIN 1045-2 szabvány F3.2 táblázata tovább részletezi. Ezek szerint csak a CEM II/B-M (S-LL; D-LL; P-LL; V-LL; T-LL) típusú kompozit-portlandcementeket tiltja ki az XA1, XA2, XA3 környezeti osztályokból.

Ezzel szemben alkalmasnak találja a CEM II/A-L és CEM II/A-LL-es cementeket, valamint a CEM III/A, CEM III/B és CEM III/C kohósalakcementeket is tanácsolja az XA1, XA2, XA3 környezeti osztályokhoz. A CEM IV/B puccoláncementet, valamint a CEM V/A és CEM V/B kompozitcementet is tanácsolja az agresszív kémiai környezetbe, abban az esetben, ha a trasz megfelel a DIN 51043 szabvány követelményeinek.

Az osztrák ÖNORM B 4710-1:2014 betonszabvány az XA1, XA2, XA3 kémiai korróziós környezeti osztályokban megkülönbözteti a duzzadásos (T-treibend) és oldódásos (L-lösend) kémiai korróziót, aszerint, hogy a betonban térfogat-növekedéssel járó korrózió (pl. szulfátduzzadás) vagy térfogatcsökkenéssel járó korróziós (pl. savak okozta kioldódás) folyamatok hatnak [13].

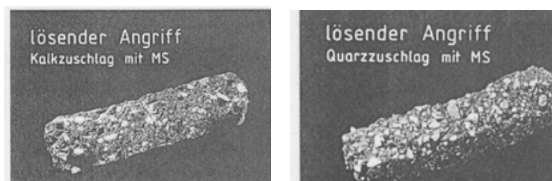
Az XA1(L), XA2(L), XA3(L) környezeti osztályokban az ÖNORM B 4710-1:2014 szabvány tiltja a CEM II/B-L típusú mészke-portlandcementek alkalmazását (lásd a szabvány 8. táblázatát). Az osztrák szabvány 2. táblázata a környezeti osztályokat a beton oldódásos korróziójának kitétsége esetén osztályba sorolja a talajvíz pH tartalmától függően. Ezek szerint az XA1(L) esetén a talajvíz megengedett pH tartománya a 6,5-5,5 között lehet, az XA2(L) esetén 5,5-4,5 között, XA3(L) esetén pedig a 4,5-4,0 tartományt kell figyelembe venni. A NAD 10-es táblázatában a szabvány előírja (többek között) a szükséges víz/cement tényezőt és a minimális cementadagolás mennyiségét a környezeti osztálytól függően. Így a leggyengébb XA1(L)-es oldódásos korróziós osztályban a v/c tényező maximális értéke 0,55, a szükséges cementadagolás  $300 \text{ kg/m}^3$ . Az XA2(L) környezeti osztály esetén a v/c érték maximum 0,45 lehet és az előírt cementtartalom  $360 \text{ kg/m}^3$ . A cementválasztás kérdése a szabvány 8. táblázata alapján eldönthető. A legszigorúbb oldódásos korrózió, az XA3(L) környezeti osztály esetén pedig ún. HL-SW (Hochleistungsbeton-Siedlungswasserbau) betont javasol. Ez olyan betont jelent, amelynek a cementfajtája az ÖNORM B 4710-1:2014 NAD 15-ös táblázata szerinti és a v/c tényezője legfeljebb 0,34, valamint szilárdsága eléri a C40/50-es osztályt.

Az NF EN 206-1/CN francia szabvány kötelező NA F függeléke osztályonként előírja a cementfajtaikat és a kiegészítőanyag adagolásokat.

#### Alapelvek az oldódásos korrózióknak ellenálló betonok készítéséhez [14]

- $v/c \leq 0,45$  és legalább C35/45-ös betonosztály
- A kötőanyag a lehető legkisebb térfogatú legyen
- Szilikaporrall, metakaolinnal és/vagy pernyével kiegészített cement
- Mészke tartalmú cementek helyett kohósalak vagy peme tartalmú cementek használata
- Kvarc alapú adalékanyag használata

A beton adalékanyagára elmondható, hogy a savas kémhatású korróziós közegek esetén érdemesebb kvarc ( $\text{SiO}_2$ ) tartalmú kőzetet használni, szemben a karbonátos kőzetekkel, mert oldhatóságuk savakban kisebb, mint a karbonátos kőzeteké (4.6.55. ábra).



**4.6.55. ábra: Karbonátos (bal) és kvarc (jobb) adalékanyagú betonok korróziója savas közegben [15]**

A 4.6.53. ábrán látható, hogy a karbonátos kőzetek esetén az adalékanyag kioldódása savas közegben nagyobb mértékű, mint a cementkőé, szemben a kvarc tartalmú betonnal, ahol a cementkő kioldódása a domináns. További összegyűjtött szempontok [16]:

- Saválló bevonat a betonon (A DIN 1045-2:2014 XA3-ban ezt írja elő.)
- Legalább 40 mm-es betonfedés
- Hosszú nedvesen tartás (utókezelés), párazáró filmmel
- Vízáró beton
- Ellenőrzés kloridion áthatolásra

#### Felhasznált irodalom

1. Biczók Imre: Concrete Corrosion-Concrete Protection, Akadémia Kiadó, 1972. p.506
2. Erdélyi Attila - Némethné Takács Enikő - Gál Attila: Kutatási jelentések. Saválló beton készítéséhez alkalmazandó cementtípusok fejlesztése. Cemkut Kft. CK-37/2011 és CK-26/2014 sz. kutatási jelentés
3. Pavlík: Corrosion of Hardened Cement Paste by Acetic and Nitric Acids; Part I. Part II.; Cement and Concrete Research; 1994 No. 3. 551-562 és p. 1495-1508. Vol. 24
4. Verein Deutscher Zementwerke e.V.: Zement Taschenbuch 2000 p.134-135
5. Hüttel R. - Hillemeier B.: High performance concrete - An example of Acid Resistance. BFT (Betonwerk+Fertigteiltechnik) 1/2000 p. 52-60.
6. Pethő Csaba: Nagy teljesítő képességű beton agresszív környezetben - Természetes szellőzésű hűtőtorony Nideraűsem-ben. BETON, XIV.évf., 2006/2. szám, oldal: 10-13
7. Sika brochure: Refurbishment. Concrete repair and protection of chimneys and cooling towers
8. Internet: <http://www.heitkamp-ikb.com/en/services-references/cooling-tower-construction/natural-draught-cooling-towers/cooling-tower-nideraussem/>
9. Szegőné Kertész Éva: Savkorrózióknak fokozottan ellenálló betonok. BETON szakmai lap. 2015. március-április. XXIII. évfolyam. 3-4 szám.
10. Mlinárik Lilla: Metakaolin cement kiegészítő anyag hatása a beton kémiai ellenálló képességére. BME TDK dolgozat. 2011. Konzulens: Dr. Kopecskó Katalin
11. Tang, L. and Nilsson, L.-O. (1992), „Chloride diffusivity in high strength concrete”, Nordic Concrete Research, p. 162-170.
12. Cement International. Dr. Ing. Ch. Müller: Performance of Portland-composite cements. 2006/2 Vol. 4 p. 113-119.
13. Kaussay Tibor: BETON, A betonszabvány néhány fejezetének értelmezése. Oktatási és továbbképzési kiadvány. Mémöki Kamara Nonprofit Kft., 2013 Budapest. ISBN 978-963-88358-4-0
14. Steiner Josef: Gärfutter-Fahrsilos aus Stahlbeton-Randbedingungen für die Planung, Probleme durch chemischen Angriff. 8. Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung, Karlsruher Institut für Technologie. 17. März 2011.
15. Nischer Peter, dr. Ing: Hochleistungsbeton (HL) für den Straben- und Brückenbau. 3. Widerstand gegen chemischen Angriff (N). Strassenforschung. Heft 441. Strassenforschungsvorhaben Nr. 793 Bécs, 1995, ISSN 0379-1491.
16. Gál Attila - Erdélyi Attila: Vasbeton silókban észlelt korróziós folyamatok. Cemkut Kft. Tanulmány 2014.

#### 4.6.10. NAGYSZILÁRDSÁGÚ, ÉS NAGY TELJESÍTŐKÉPESSÉGŰ BETONOK (DR. SALEM GEORGES NEHME)

A nagyszilárdságú beton a nagy teljesítőképességű betonok csoportjába tartozik. Az MSZ EN 206:2014 szabvány szerint nagyszilárdságú a beton, ha C60/75–C100/115 nyomószilárdságú szokványos beton és HC55/67 – HC100/115 nyomószilárdságú nehézbeton, vagy LC55/65 – LC80/88 nyomószilárdságú könnyűbeton. A FIP-CEB munkacsoportja a következőképpen határozta meg 2010-ben a nagyszilárdságú beton fogalmát:

„Azokat a betonokat, amelyeknek a henger nyomószilárdsága a jelenlegi nemzeti előírásokban létező határok, azaz 60-130 N/mm<sup>2</sup> között van, nagyszilárdságú betonoknak nevezzük. A gyakorlati felső határt az alkalmazott hagyományos adalékanyagok szabják meg.”

A nagyszilárdságú betonok nyomószilárdsága elsősorban a porozitástól, a pórusok méretétől és azok eloszlásától függenek, így törekedni kell kis porozitású betont készíteni, amelynek a frissbeton levegőtartalma az alábbiaktól függ:

- a beton telítettségétől,
- a tömörítés mértékétől,
- az adalékanyag minőségétől (adalékanyag porózussága, adalékanyag alakja és felület érdessége),
- az adalékszerrel mesterségesen bevitt légpórusok (légbuborékok) tartalmától, térfogatától és a buborék-rendszerrel (légpórusképzők alkalmazása esetén),

és a megszilárdult beton porozitása a felsorolt tényezőkön kívül még az alábbiaktól is függ:

- a víz/cement tényezőtől (végső fokon a szabad víz mennyiségétől),
- a hidratációs foktól (a beton korától, az érlelés hőmérsékletétől és a környezet nedvességtartalmától),
- a próbatestek alakjától, tehát pl. a fajlagos felülettől,
- a tárolás módjától,
- a párolgástól és párolgás sebességétől,

A nagyszilárdságú betont nagy szilárdságú cementtel, a porozitás minimálisra való csökkentésével (kis víz/cement tényező, gondos nedves utókezelés, jó tömörítés, legalább péptelített beton, illetve a kapilláris pórusok kitöltése utólagos impregnálással) lehet elérni.

Az adalékanyag legyen nagyszilárdságú és  $d_{\max}$  ne legyen túl nagy.

A cementkő és az adalékanyag közötti tapadás fokozható az adalékanyag megfelelő megválasztásával (aktív adalékanyagok, de legalább mosott, zúzott durva adalék), illetve a kémiai kötés mesterséges létrehozásával (autoklaválás, polimerbeton).

A szilárdság növelésére számításba vehetők olyan módszerek, amelyek csökkentik a keresztirányú alakváltozást, illetve gátolják a repedések megnyílását.

A nagyszilárdságú betonokat az 1950-es évek végétől alkalmazzák a szerkezetépítésben az iparilag fejlett országokban.

Felhasználásának kiváltó okai a beruházók által igényelt egyre magasabb szintű minőségi követelmények mellett a környezeti hatásokban keresendő (környezeti osztályok). Ezen tényezők arra ösztönözték a kutatókat, hogy újabb és újabb megoldásokat találjanak a betont érő hatások leküzdésére és új területeket tárjanak fel a beton alkalmazására a magas-, a mély-, a híd-, a víz- és környezetvédelmi építési feladatoknál. Ennek hatására indult el az a betontechnológiai korszakváltás, amely az utóbbi években Magyarországot is elérte. Lényege a nagy szilárdsági, használati, időállósági követelmények teljesítése és az építési-fenntartási költségek minimumát biztosító nagyszilárdságú és nagy teljesítőképességű beton alkalmazása.

Napjainkban szilikapor (vagy szilika szuszpenzió) és metakaolin kiegészítőanyaggal, ill. polikarboxilát bázisú szuper-folyósítószerrel a 0,32 alatti víz/cement tényezőjű és 0,25 alatti víz/kötőanyag tényezőjű, öntömörödő jellegű, nagyszilárdságú betonokat 150 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdságig megfelelő szakértelem és ellenőrzés mellett hazánkban is több helyen előállítottuk.

A beton egyik legfontosabb tulajdonsága a tartósság mellett, a nyomószilárdsága. Mivel a betonokat a nyomószilárdságuk szerint szokták osztályozni, ezért a nagyszilárdságú beton fogalmát is ebből a szempontból kell meghatározni, még akkor is, ha a nagy szilárdság eléréséhez szükséges kis víz/cement tényező a beton más tulajdonsága-

it is előnyösen befolyásolja. A nagyszilárdságú betont angol nyelvterületeken „High Strength Concrete”-nak (HSC) nagyszilárdságú betonnak, illetve „High Performance Concrete”-nak (HPC) nagy teljesítőképességű betonnak nevezik. Mivel ezek a legerjedtebb kifejezések, a későbbiekben ezen rövidítéseket fogom alkalmazni (az új MSZ 4798 a „nagy teljesítőképességű” helyett a „különleges tulajdonságú” fogalmat is használja).

A nagyszilárdságú betonból készült szerkezetekben (a nagy szilárdság miatt) csökken a szükséges beton és betonacél mennyisége, ebből kifolyólag a szerkezet önsúlya is (karcsú szerkezetek). A nagy teljesítőképesség miatt csökken a szerkezet repedés-, fagy-, korróziós- stb. érzékenysége, így növekszik a tartóssága. Természetesen nem lesz drágább, mint egy szokványos betonból készült szerkezet és kisebb is lesz a fenntartási költsége.

A nagyszilárdságú betonok 3 csoportba oszthatók:

- 60-120 N/mm<sup>2</sup>: nagyszilárdságú beton (C55/67 és C100/115 között)
- 120-250 N/mm<sup>2</sup>: ultra nagy szilárdságú beton (szuperszilárdságú beton, UHPC)
- 400-800 N/mm<sup>2</sup>: hiperszilárdságú beton

Az ultra nagy szilárdságú beton nem szokványos adalékanyaggal, hanem kis  $d_{\max}$  (4 mm alatti) adalékanyagokkal készül és öntömörödő jellegű.

Nagyszilárdságú betonok készítésekor kis hőfejlődésű, csökkentett kémiai zsugorodású és szulfátálló cementet használunk (pl. CEM I 52,5 N-SR 0/NA, CEM I 42,5 N-SR 0, CEM I 32,5 N-LH). Lassabb szilárdulási folyamat esetén az első órákban figyelni kell a gyors száradásra (ezt meg kell akadályozni), amely „bőrösödési” jelenséget okoz.

A nagyszilárdságú beton cementtartalma célszerűen legfeljebb 400-500 kg/m<sup>3</sup>. Ennél nagyobb cementtartalom nem fogadható el (kivéve kis vastagságú szerkezeteket), mert fennáll a hőfejlődési, kémiai és autogén zsugorodási repedések keletkezésének veszélye: emiatt törekedni kell a cement hőfejlesztésének csökkentésére.

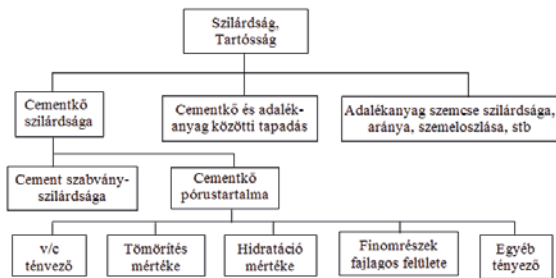
Az ultra nagy szilárdságú beton cementtartalma általában 500-1000 kg/m<sup>3</sup>, kis víz/kötőanyag tényező  $< 0,25$  (egyenértékű víz/cement tényező) és v/c tényező kisebb, mint 0,32. Ha az ultra nagy szilárdságú beton nagyon tömör, akkor 500 kg/m<sup>3</sup>-nél kisebb cementtartalommal is elkészíthető. Kísérleteink szerint előnyös a trikalcium-aluminátban (C<sub>3</sub>A) szegény vagy mentes (szulfátálló), nem túl finomra őrölt portlandcement alkalmazása. Általában CEM I típusú cementet alkalmazunk.

## A NAGYSZILÁRDSÁGÚ BETONOKAT BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐK

A beton szilárdságát befolyásoló tényezők a 4.6.56. ábra szerint jellemezhetőek. Az MSZ EN 206 és MSZ 4798 alapján a szilárdság mellé írjuk a tartósságot és az ábrából leszarmaztathatjuk a nagyszilárdságú betont, amelyik korrózióállóbb is a szokványos betonnál.

A nagyszilárdságú betonhoz – a szokványos anyagokból – az alábbiak szükségesek:

- Nagyszilárdságú cement (Pl.: CEM I 42,5, CEM I 52,5, CEM I 42,5 R és CEM I 52,5 R jelű)
- Kis porozitás, ami elérhető:
  - kis víz/cement tényezővel;
  - folyósító (esetleg szuperplasztifikátor) alkalmazásával;
  - péptelített, kissé túltelített betonnal;
  - nagyszilárdságú adalékanyaggal;
  - szilikapor (vagy szilika szuszpenzió) esetleg metakaolin adagolásával
  - tökéletes bedolgozással, pl. vibrosajtólassal vagy öntömörödő jellegű konzisztenciával;
  - gondos utókezeléssel, amely a hidratáció mértékét növeli, gyorsítja.



4.6.56. ábra: A beton szilárdságát és korrozióállóságát befolyásoló tényezők

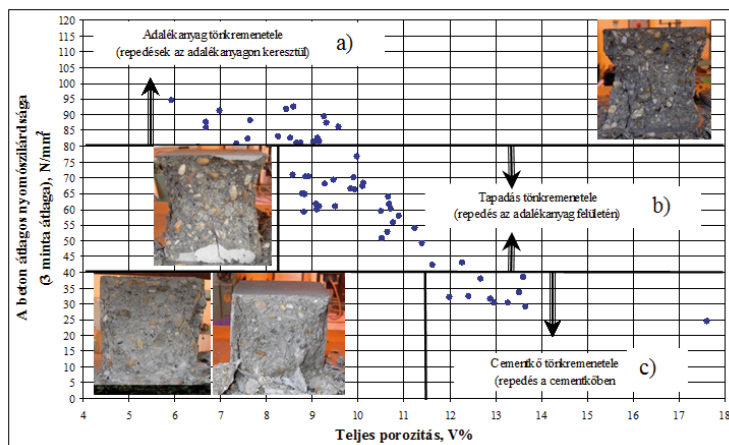
A4.6.57. ábra törési vizsgálatok nyomószilárdsági átlagértékeit (3-3 mérési eredmény) mutatja a teljes porozitás függvényében. A mérési eredmények elhelyezkedése arra hívja fel a figyelmet, hogy a porozitás (ill. a szilárdság) egyes tartományaiban eltérő mechanikai- fizikai folyamat zajlik töréskor. Az ábrán feltüntetett mérési eredmények fekvő S alakkal közelíthetők, amelyek szakaszonkénti linearizálása három egyenest (tartományt) eredményez:

- Az adalékanyag tönkremenetele következik be (vagyis a repedések elsősorban az adalékanyag szemcsé-ken keresztül futnak) nagyobb, mint  $80 \text{ N/mm}^2$  szilárdság, ill. kisebb, mint 8,5 V% teljes porozitás esetén.
- A tapadás tönkremenetele következik be (vagyis a repedések elsősorban az adalékanyag szemcsék felületén futnak) a  $40 - 80 \text{ N/mm}^2$  szilárdság, ill. a 8,5 – 12 V% teljes porozitás tartományában.
- A cementkő tönkremenetele következik be (vagyis a repedések elsősorban a cementkőben futnak) kisebb, mint  $40 \text{ N/mm}^2$  szilárdság, ill. nagyobb, mint 12 V% teljes porozitás esetén.

Ezen szilárdsági és porozitási határok természetesen függnek az adalékanyag fajtájától és összetételétől. Jelen vizsgálatokat homokos kavics ( $d_{\text{max}} = 16 \text{ mm}$ , A-B szemmegoszlási görbéjű) adalékanyaggal végeztem.

A teljes porozitás jelentősége a 8,5 – 12 V% tartományban a legjelentősebb, mert ebben a tartományban okoz egységnyi porozitás változás legnagyobb szilárdság változást. Kisebb porozitás (< 8,5 V%) - vagyis nagyobb szilárdságok esetén - az adalékanyag szemcsék saját szilárdságainak szerepe válik jelentősebbé. Másrészt a nagyobb porozitás tartományában (> 12 V%) - vagyis kisebb szilárdságok esetén - a kapillárisok szerepe nő.

A beton tartóssága növelhető úgyis, hogy megnöveljük a cement és az adalékanyag tapadását. A tapadás növelését lényegesen fokozó módszer az autoklavozás és a polimerbeton esetében a műgyanta kötőanyag.



4.6.57. ábra: A betonok tönkremenetele a nyomószilárdság és a teljes porozitás függvényében

Ismert, hogy a nyomásra igénybevett beton is amiatt megy tönkre, mert a keresztirányú megnyúlása (Poisson hatás) eléri a beton nyúlóképességét. Az is ismeretes, hogy a heterogén betonban már a törőerő 30-50 %-ánál megjelennek a mikrorepedések az adalékanyag felületén, amelyek az erő növekedésével terjednek.

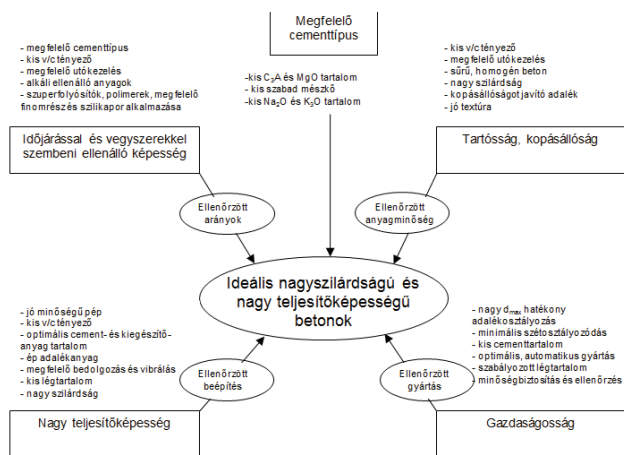
Ha tehát bármilyen eljárással csökkenteni tudjuk a keresztirányú alakváltozást, a repedések további terjedését, illetve megnyílását, az egyben a nyomószilárdság növekedését is eredményezi. Erre való a szálerősítés. Szilárdságnövelő erősítésre csak azok a szálak alkalmasak, amelyeknek a rugalmassági modulusa nagyobb a betonénál. Ilyenek a szénszálak, aramid-, üveg- és acélszálak.

## NAGYSZILÁRDSÁGÚ BETON TERVEZÉSE AKTÍV KOVASAV ADAGOLÁSÁVAL

Az elmúlt két évtizedben több konferenciát szerveztek a nagyszilárdságú betonokról. A megépített szerkezeteknél szerzett tapasztalatok szerint ehhez három tényezőre van szükség:

- a víz/cement tényező csökkentése 0,25-0,4-re folyósító adalékszerrel,
- kovasavliszt (szilikapor) és/vagy metakaolin adagolása betonkiegészítő anyagként,
- nagy szilárdságú cement (CEM I 42,5, CEM I 42,5R, CEM I 52,5, CEM I 52,5R).

Ezen intézkedések következtében a cementkő szilárdsága, amely a szokványos betonban, mint leggyengébb rész szerepel, megnő. Ez főként az kis víz/kötőanyag tényezőnek köszönhető, de a kötőanyagként is figyelembevett szilikapor hatása sem elhanyagolható. Megnő továbbá a tapadóerő a cementkő és az adalékanyag között. Ebben az elsődleges szerep a szilikaporé, mivel kis mérete miatt képes kitölteni az adalékszemszék és cementszemszék közötti találkozási zónát.



4.6.58. ábra: Ideális nagyszilárdságú és nagy teljesítőképességű betonok (Nawy, 1996)

Held (1991) megadta a nagyszilárdságú beton tipikus receptjeit (4.6.28. táblázat), Mayer (1991) pedig megépített toronyházak betonjának összetételét és rugalmassági modulusát foglalta össze (4.6.29. táblázat). A beton jele (pl. B85) mindkét táblázatban a betonszilárdság karakterisztikus értékét jelenti 15 cm élhosszúságú kockán vizsgálva. Annál nagyobb volt a beton kockaszilárdsága, minél kisebb volt a víz/cement tényező,



#### 4.6.28. táblázat: Nagyszilárdságú beton tipikus receptjei (Held, 1991)

Beton jele	B85	B100	B125
Cement: PZ45F, kg/m <sup>3</sup>	455	450	450
Kovasavliszt, kg/m <sup>3</sup> (k = 1,0)	30	45	45
Adalékanyag, kg/m <sup>3</sup>			
0/2 mm	618	654	661
2/8 mm	360	353	358
8/16 mm	738	760	768
Összesen	1716	1767	1787
Víz, l/m <sup>3</sup>	163	138	128
Folyósító adalékszer, l/m <sup>3</sup>	6,8	16,9	22,5
Kötéskésleltető adalékszer, l/m <sup>3</sup>	1,6	1,8	1,8
Víz/kötőanyag tényező (v/c) <sub>alk</sub>	0,34	0,28	0,26
Terület, a <sub>10</sub> /a <sub>45</sub> , cm (a10: 10 perc múlva; a45: 45 perc múlva)	48/42	56/52	58/49
Frissbeton hőmérséklet, °C	25	24	23
Léggörus, V%	1,9	1,5	1,6
f <sub>c,0,100°C</sub> MPa (100 mm kocka)	96	110	135

#### 4.6.29. táblázat: Nagyszilárdságú beton összetétele megépített toronyházaknál (Mayer, 1991)

Építmény	Two Union Square, USA, Seattle	South Wacker Drive, USA, Chicago	Bürohochhaus, BfG, Németország, Frankfurt
Magasság, m	220	292	186
Cement fajtája; adagolása, kg/m <sup>3</sup>	ASTM Typ 2;	ASTM Typ 1;	PZ45F; 450 (F = rapid, R)
Kovasavliszt, kg/m <sup>3</sup>	42	58 (16 m%)	30 (7 m%) / 2 Majna-homok 610
Homok 0/5, kg/m <sup>3</sup>	650	850	
Kavics, kg/m <sup>3</sup>	5/10 keménykavics, 1100	5/25 mészkőforgács, 1060	2/16 Rajna-kavics, 1140
Víz, l/m <sup>3</sup>	140	125	158
Folyósító adalékszer, l/m <sup>3</sup>	9-14	3,7	10
Kötéskésleltető adalékszer, l/m <sup>3</sup>	3	1,8	1,8
Víz/kötőanyag tényező	0,23	0,32	0,33
Terület, cm	64-76	60	>50
Rugalmassági modulus, MPa	49700	38000	37000

Ez a beton minőségileg újat jelent a korábbi betonokhoz képest.

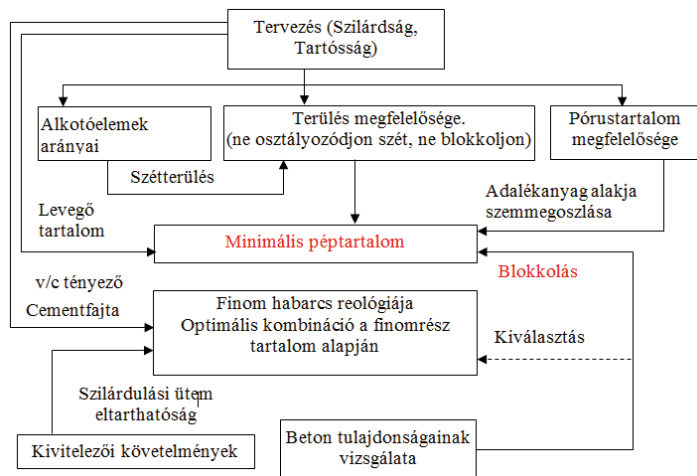
A beton károsodását a betonba hatoló víz, (esetleg agresszív) folyadékok és gázok okozzák, bár ezek betonba hatolása a beton kapillaris pórusszerkezetétől függ, igyekeznek a nyomószilárdság függvényében megadni a beton tartóssággal összefüggő tulajdonságait.

A beton szilárdságának növekedésével növekszik az adalékanyag mechanikai, geometriai és hidrotechnikai tulajdonságainak jelentősége. A 100 N/mm<sup>2</sup>-nél nagyobb átlagszilárdságú (C90/105 és C100/115 nyomószilárdsági osztályú) beton durva adalékanyaga nagy szilárdságú, általában bazalt zúzottkő, de a nagyszilárdságú beton húzószilárdságát zúzott adalékanyaggal nem lehet növelni. Újrahasznosított adalékanyag alkalmazása tilos.

Az adalékanyag legnagyobb szemcse nagysága 8-16 mm közötti legyen, ami a jobb térkitöltés és bedolgozhatóság (homogénebb „betonszövet”) folytán a beton szilárdságát növeli. A szemmegoszlási görbe a 2 mm-nél finomabb szemek tartományában simuljon a „B” görbéhez, a 2 mm-nél durvább szemek tartományában közelítsen az „A” határgörbéhez, és kevés 0,25 mm-nél finomabb szemet tartalmazzon. Erre és a 0,125 mm alatti ún. lisztfinomszemek mennyiségére a szabványok intézkednek. Az adalékanyag szemalakja zömök legyen, de előnyös, ha a homok éles szemű. Az adalékanyag vízfelvétele csekély legyen. (Kausay, 2009/11-12)

Ultra nagy szilárdságú betont finom vagy durva adalékanyaggal lehet készíteni. A beton rendkívül kis ekvivalens víz/cement és nagyon nagy nyomószilárdságára tekintettel az adalékanyag legfontosabb tulajdonsága

a szemmegoszlás, a szemalak, a mechanikai, ásványtani tulajdonságok, az adalékanyag és cement közötti kémiai-fizikai kölcsönhatás, a kis keverési vízigény. Az adalékanyag szemmegoszlását úgy kell megtervezni, hogy az adalékváz tömörsége a lehető legnagyobb legyen (azaz hézagossága a lehető legkisebb). A nagyszilárdságú öntömörödő betonok tervezése a következő 4.6.59. ábra alapján történik.



4.6.59. ábra: Nagyszilárdságú öntömörödő beton tervezése

## NAGY TELJESÍTŐKÉPESSÉGŰ BETONOK

A betonnak egyenértékű a teljesítőképessége, különösképpen a környezeti hatásokkal szembeni ellenálló képességben és a tartósságban, amikor a meghatározott környezeti osztály követelményeinek megfelelő referenciabetonnal hasonlítják össze.

Nagy teljesítőképességű betonok alkalmazási területei:

- hidak és víz alatti létesítmények,
- kiemelt fontosságú lakó- és középületek,
- kiemelt fontosságú útburkolatok,
- tározók és csővezetékek építéséhez, ezen belül a feszített elemek (gerendák, vezetékartó oszlopok, cölöpök stb.),
- a nyomott (főleg karcsúbb) elemek (magas épületek oszlopai, toronyszerkezetek stb.) készítéséhez.

A szilárdság növelésére számításba vehetők olyan módszerek, amelyek csökkentik a keresztirányú alakváltozást, illetve gátolják a repedések megnyílását.

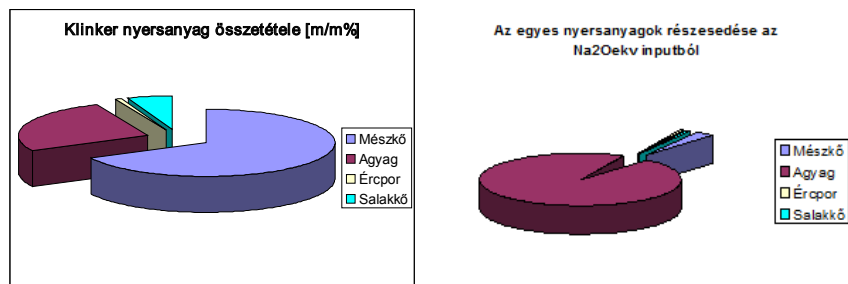
## IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- Balázs Gy. (1984): Építőanyagok és kémia, Tankönyvkiadó V.
- Held, M. (1991): Technologie und mechanische Eigenschaften des hochfesten Betons bis 125. Darstädter Massivbau Seminar. Hochfester Beton. Darmstadt, 1991.
- Kausay T.: „Ultra nagy szilárdságú beton 2. rész: Összetevők. Fogalom-tár”. Beton. XVII. évf. 2009. 11-12. szám, pp. 14-17
- Mayer L. (1991): „Hochfester Beton im Hochhausbau”, Beton Stahlbetonbau, 86, pp. 261–265
- Nehme S. G. (2004): „A beton porozitása” Ph.D értekezés, Budapest
- Edward G. Nawy (1996): „Fundamentals of high strength high performance concrete”
- Logman Group Limited pp.23

#### 4.6.11. ALKÁLI-SZILIKA ÉS ALKÁLI-KARBONÁT REAKCIÓNAK ELLENÁLLÓ BETONOK (DR. RÉVAY MIKLÓS)

Az alkáli-korrózió abban különbözik a többi betonokra káros korrózió-féleségtől, hogy ebben az esetben nem a „leggyengébb láncszemnek” tekinthető megszilárdult cementtkő, hanem a beton vázát adó adalékanyag roncsolódik. E korrózióknak két típusát különböztetjük meg. A hagyományos „kavicsbetonokat” károsító alkáli-szilika reakció (továbbiakban: ASR-Alkali Silica Reaction), valamint a mészkő (dolomit) adalékkal készült betonokra veszélyes alkáli-karbonát reakció (továbbiakban: ACR-Alkali Carbonate Reaction).

Mint ismeretes, a cement szilárdulását a benne lévő kalcium-szilikátok, -aluminátok és -ferritek hidratációja okozza, tehát alkáliakra elvileg semmi szükség nem lenne. Azonban ezek a meglehetősen „agresszív” hatású anyagok mindig jelen vannak a cementben, ugyanis a cementgyártás legfontosabb nyersanyagai (mészkő, agyag) közül valamennyi tartalmaz több, kevesebb alkáliát, amely 90-95%-ban a cement második legfontosabb nyersanyagából, az agyagból származik (4.6.60. ábra).



**4.6.60. ábra: Nyersanyagok összetétele, az alkália tartalom megoszlása komponensenként (Révay, 2007.)**

Látható, hogy az alkáli-tartalom mintegy 96%-a az alig 20 %-nyi agyagból épül be a klinkerbe. Az alkáli-szilika és az alkáli-karbonát reakció az alkáli mennyiségen kívül és a reaktív anyagok finomságától és arányától függ. Nem duzzadó termék alakul ki és ez a kívánatos-, ha az anyagok reaktív szemcséinek elegendő felületük van a reakció számára: ilyenek a puccolános anyagok, mint pl. az örölt granulált kohósalak, de különösen a természetes eredetű traszörlemény. A trasz nagymennyiségű és igen diszperz, nagy reakcióképességű kavasavat tartalmaz, ezért az alkáli nem az adalékanyagban van, hanem a traszban lévő kavasavval reagál, így az adalékanyagot mintegy „megvédi” a káros hatásoktól. Ha viszont az alkáli mennyisége a reaktív anyag felületére vonatkoztatva nagy, akkor korlátlan duzzadási képességű termék képződik, amely vizet vesz fel és így károsodást okozó nyomóerő képződhet (Műszaki előírás beton és vasbeton készítésére, 1995). Az adalékanyag-alkáli reakciót 1940-ben említették a nemzetközi irodalomban először. Németországban, az USA-ban, Kanadában igen nagy károkat okozott (Mádi, A. 1998).

#### Fogalom meghatározás

Az alkáli-szilika reakció a cementből (és esetleg más forrásból) származó alkáliakkal ( $\text{Na}_2\text{O}$  és  $\text{K}_2\text{O}$ ) társult hidroxil ( $\text{OH}^-$ ) és hidrogén ( $\text{H}^+$ ) ionoknak, valamint az adalékanyag kavasavas alkotóelemeinek a kölcsönhatásából keletkezik, amely először a beton repedezését, majd ezt követően duzzadását okozza.

Az alkáli-karbonát reakció a cementből (és esetleg más forrásokból) származó alkáliakkal ( $\text{Na}_2\text{O}$  és  $\text{K}_2\text{O}$ ) társult hidroxil ( $\text{OH}^-$ ) és hidrogén ( $\text{H}^+$ ) ionoknak és az adalékanyag karbonátos alkotóelemeinek a kölcsönhatásából keletkezik, amely duzzadást és az adalékanyag szemcséknek a cementpéppel érintkező részében módosulást okoz (gyűrűképződés).

A cementgyártási technológia során a cementbe kerülő nátrium és kálium vegyületek oxidos alakban kifejezett mennyiségét ún. „Na-egyenértékben” ( $\text{Na}_2\text{O}_{\text{ekv}}$ ) szokás megadni. Kiszámítása a következő egyenlettel történik:

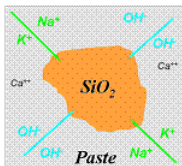
$$\text{Na}_2\text{O}_{\text{ekv}} = \text{Na}_2\text{O} + 0,658 \times \text{K}_2\text{O}$$

ahol:  $0,658 = \text{MNa}_2\text{O} / \text{MK}_2\text{O} = 61,98 / 94,20 = 0,658$

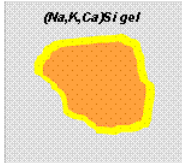
### Az alkáli-szilika reakció mechanizmusa

Az alkáli-szilika reakció mechanizmusára vonatkozó elmélet kidolgozása Powers és Stenieur (Alkali-aggregate reactivity (AAR) workshops for engineers and practitioners, 2012.) nevéhez fűződik. Ennek lényege, hogy az alkáli-szilika reakció alkáli-szilika gél kialakulásával jár (4.6.61. ábra).

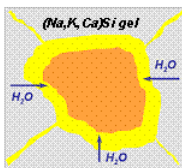
- 1)  
A beton pórusaiban (elsősorban a  $\text{C}_3\text{A}$  hidratációja miatt) a jelenlévő Na, K és  $\text{OH}^-$  ionok az adalékanyag reaktív  $\text{SiO}_2$  tartalmával reagálnak.



- 2)  
A reakció során a Na, K, és a  $\text{SiO}_2$  szilikagél képez, ami az adalékanyag szemcsék felületén, és a repedéseiben helyezkedik el



- 3)  
A gél a cementpép viztartalmának hatására duzzadni kezd, egészen addig, míg a duzzadás által kiváltott nyomóerő nem lesz nagyobb, mint a pép szakítószilárdsága, melynek hatására a betonban lepattogzások és repedések keletkeznek



#### 4.6.61. ábra: ASR kialakulásának mechanizmusa

A cement hidratációjakor felszabaduló alkáli-ion koncentráció a hidratáció előrehaladásával először a pórusoldatban dúsul fel. A reakció kezdetben csak a reakcióképes alkotórészek felületén megy végbe, melynek hatására duzzadó alkáli-szilika gél képződik. A gél azonban a Ca-ionok jelenlétében nem stabil, és átalakul nem duzzadó alkáli-kalcium-szilikát-hidrátá. Az adalékszemcsék felületén félig átteresztő membrán keletkezik, amely elsősorban az alkáli-ionokat és a vizet ereszt át. Az alkáli-kalcium-szilikát-hidrátok – ellentétben az amorf alkáli szilika-géllal – kristályos alakban jelennek meg, amelyekből a reaktív zónán át az alkáli-ionok és a víz az adalékanyag belsejébe diffundál (4.6.59. ábra, 3. kép). Ha ott az alkáli-ionok reakcióképes  $\text{SiO}_2$ -dal találkoznak, akkor nagyobb térfogatú, duzzadást okozó alkáli-szilika-gél keletkezik. A reakció és a vízfelvétel hatására állandóan növekszik az adalékanyag belső nyomása, és ha ez meghaladja az adalék és a cementkő szakítószilárdságát, repedések keletkezhetnek, és a gél akár ki is folyhat az adalékanyagból. A repedések keletkezésének időpontja és mértéke az alkáliérzékeny alkotórészek porozitásától, szakítószilárdságától, fajtájától és részarányától függ. Az adalékanyag felrepedésekor a közet szilárdságától függően erős nyomáshullám keletkezhet, amelynek hatására a gél robbanásszerűen szétrombolja a cementkővet és a szomszédos részecskéket. A repedés kialakulását egészen kis mennyiségű gél is okozhatja.

### Az alkáli-karbonát reakció mechanizmusa

A cement alkáli-tartalma oldatba kerülve a dolomittal ( $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$ ) reakcióba lép, amelynek során brucit ( $\text{Mg}(\text{OH})_2$ ) és  $\text{CaCO}_3$  keletkezik. A dolomit lebomlása után az alkáliakból vízzeloldható karbonát képződik és a reakció újra elkezdődik (autokatalízis).

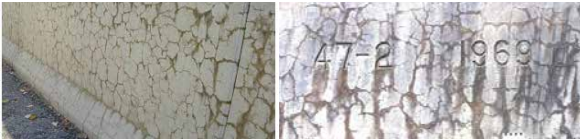
Feltételezések szerint a kalcit-mátrixba ágyazott dolomit-szemcsék körül „félíg-áteresztő” réteg képződik, amely  $Mg(OH)_2$ -ből és  $CaCO_3$ -ból áll, s e réteg mögött nagy alkáli-koncentrációjú oldat jön létre. Így ioncsere útján a szemcsékben lokális duzzadás alakulhat ki annak ellenére, hogy a folyamat egésze ezt nem indokolná.

Az alkáli-karbonát reakció következtében repedés-háló jelenik meg a beton felületén és ez abban tér el jellegzetesen az alkáli-szilika okozta felületi repedezéstől, hogy nincs szilika-gél kiszivárgás.

Figyelembe kell továbbá venni, hogy azon adalékanyagok esetén, amelyekben lassan fejlődik ki az alkáli reakció, a károsodás a beton készítését követően csak későn, évtizedek múlva jelentkezik, ezért a hazai betonkészítési adottságok megváltozásának az esetleges következményei az alkáli-szilika és az alkáli-karbonát reakciót tekintve még nem észlelhetők. Ezért lehet szükséges az adalékanyagok vizsgálata (Műszaki előírás beton és vasbeton készítésére, 1995).

#### A reakció szempontjából veszélyes szerkezetek

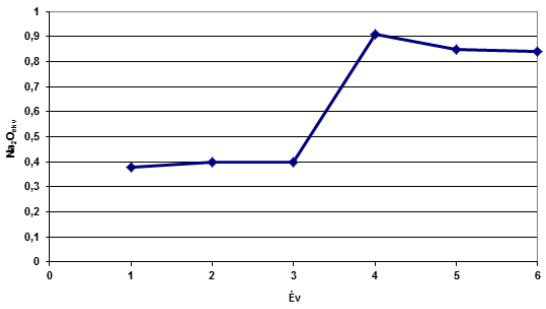
Az alkáli-szilika, valamint az alkáli-karbonát reakció szempontjából elsősorban a szabadban lévő, nagy felületű (lemezzerű) szerkezetek (4.6.62. ábra) lehetnek veszélyesek (pl. hidpályalemezek, útburkolatok, repülőtéri kifutópályák, járdák stb.), ahol száraz időjárás mellett a nedvességgel együtt az alkáli komponensek is a felület felé vándorolnak: a nedvesség elpárolog és az alkáli a felületen feldúsul. Fokozza a tönkremeneteli veszélyt a jégtelenítő sózás nátrium-kloriddal, mert így kiegészítő alkáli juthat a betonba. Az alkáli-szilika reakció magas hőmérsékleten felgyorsul (alacsony hőmérsékleten szünetel), ezért a nyári napsütésben 50-60 °C hőmérsékletre felmelegedő, szabadban lévő betonlemezek ebből a szempontból kedvezőtlen körülmények között vannak.



**4.6.62. ábra: Jellemzően veszélyes szerkezetek az ASR nyomaival (Federal Highway Administration-USA, 2007.)**

#### A cementek alkáli tartalmának növekedése a porleválasztási technológia fejlődése következtében

Az alkáli korrózió veszélye az utóbbi évtizedekben világszerte elsősorban a korszerű portalanítási eljárások bevezetésével párhuzamosan jelentkezett. Ugyanis a kamrás portalanító technológiáról való áttérés az elektrofilteres porleválasztásra a cement alkáli tartalmát közel a duplájára emelte (4.6.63. ábra). Ehhez járult az is, hogy egyes országokban jelentősebb az alkáli reakcióra érzékeny beton-adalékanyagok mennyisége (pl. Kanada, Németország egyes részein)



**4.6.63. ábra: A cement alkáli tartalmának alakulása az egyik hazai cementgyárban a korszerű portalanítást megelőzően és utána (Révay, 2007.)**

Ezért több nemzeti szabvány előírásokat tartalmaz a cementek maximálisan megengedhető alkáli tartalmára vonatkozóan (4.6.30. táblázat).

#### 4.6.30. táblázat: Cementek alkália tartalmára vonatkozó előírás a DIN 1164-10:2013 német szabvány szerint

Cement	Követelmény	Vizsgálati módszer
CEM I-től CEM V-ig	$\leq 0,60\% \text{ Na}_2\text{O}_{\text{ekv}}^a$	DIN- Műszaki előírás CEN/TR 196-4
CEM II/B-S	$\geq 21\%$ granulált kohósalak és $\leq 0,70\% \text{ Na}_2\text{O}_{\text{ekv}}$	
CEM III/A	$\leq 49\%$ granulált kohósalak és $\leq 0,95\% \leq$	
	$\geq 50\%$ granulált kohósalak és $\leq 1,10\% \text{ Na}_2\text{O}_{\text{ekv}}$	
CEM III/B	DIN EN 197-1 szerinti összetétel és $\leq 2,00\% \text{ Na}_2\text{O}_{\text{ekv}}$	
CEM III/C	DIN EN 197-1 szerinti összetétel és $\leq 2,00\% \text{ Na}_2\text{O}_{\text{ekv}}$	

a általában érvényes követelmény, más NA-cementek esetén lásd az alábbi felsorolást

#### Az adalékanyagok alkáli érzékenysége (Alkali Aggregate Reaction)

Az adalékanyag kovavtartalmú alkotórészeinek reakcióképességét alapvetően a  $\text{SiO}_2$  kristályosodottsági foka és diszperzitása határozza meg.

Az eredetileg alkáli-szilika reakcióra nem képes adalékanyag is reakcióképesé válhat azonban, ha a kőzetből és ásványiaiból alkáli szabadul fel kimosódás útján.

A hazai beton-adalékanyagok nagy része a Kárpát-medence folyóiból származó folyami és bánya kavicsok, amelyek döntő mértékben kristályos kvarcból állnak, amorf kovasav tartalmuk elhanyagolható (csak a Marosból származó csillámtartalmú homok lehet gyanús ebből a szempontból).

Az alkáli-karbonát reakció szempontjából elsősorban a meszes dolomitok a veszélyesek. A meszes dolomit olyan karbonátos kőzet, amelyben a  $\text{CaCO}_3 : \text{MgCO}_3$  mol-arány egynél nagyobb.

A MÉASZ ME-04-19:1995 11. fejezete szerinti veszélyesen reakcióképes kovasavas összetevőket a 4.6.31. táblázatban ismertetjük.

#### 4.6.31. táblázat: Az adalékanyag veszélyesen reakcióképes kovasavas összetevői

Reaktív anyag	Kémiai összetétel	Fizikai jelleg
Opál	$\text{SiO}_2 \cdot x \text{ nH}_2\text{O}$	Amorf
Kalcedon	$\text{SiO}_2$	Mikrokristályos-kriptokristályos, rendszerint szálás
Bizonyos kvarc-formációk	$\text{SiO}_2$	a) miktokristályos- kriptokristályos b) kristályos, de igen töredezett, deformálódott és/vagy beágyazódásos
Krisztobalit	$\text{SiO}_2$	Kristályos
Tridimit	$\text{SiO}_2$	Kristályos
Riolites, dácitos, latitos vagy andezites üveg vagy kriptokristályos termékek	Kovasavas, kisebb mennyiségű $\text{Al}_2\text{O}_3$ és $\text{Fe}_2\text{O}_3$ tartalommal, alkáliikus talajok	Üveges vagy kriptokristályos anyag, mint a vulkáni kőzetek kötőanyaga vagy a tufák törmelékei
Szintetikus kovasavas üvegek	Kovasavas anyagok, kevesebb alkáliával, alumíniummal és/vagy más alkotókkal	üveg

#### Az adalékanyagok alkáli érzékenységének vizsgálata

A vizsgálatra többféle eljárás ismeretes. Magyarországon a Német Vasbeton Egyesület által kidolgozott módszer, valamint az amerikai ASTM C227-90 és az ASTM C289-87 szabvány szerinti eljárással végeztek vizsgálatokat. Az eljárások rövid leírása a következő:

## 1. Német Vasbeton Egyesület vizsgálati módszer

A vizsgálat lényege, hogy az adalékanyagok alkáli érzékenységét azok opálhomokkő és reakcióképes flintkő tartalmuk alapján sorolják be a 4.6.32. táblázat szerint.

### 4.6.32. táblázat: Adalékanyagok alkáli érzékenységi osztályai a Német Vasbeton Egyesület előírásai szerint

Reakcióképes alkotó, [m/m%]	E I alkáli reakcióra nem érzékeny	E II mérsékleten érzé- keny	E III nagyon érzékeny
Opálhomokkő tartalom (>1mm)	≤ 0,5	≤ 2,0	> 2
Reakcióképes flint-tartalom(>4mm)	≤ 3,0	≤ 10	> 10
5 x opálhomokkő + reakcióképes flintkő	≤ 4,0	≤ 15	> 15

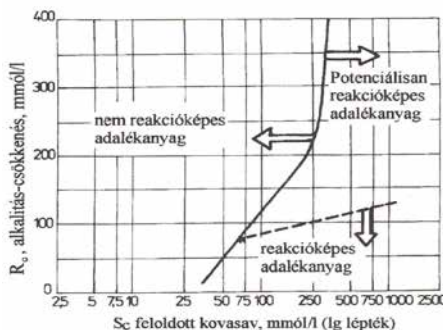
A vizsgálat során a megfelelően előkezelt (mosott, szárított) adalékanyag 1/2-es, illetve 2/4 mm-es frakciójának opálhomokkő tartalmát 4%-os, 90°C-os nátrium-hidroxidos kezelés utáni tömegveszteségből számítják ki. Az ennél nagyobb szemcseméretű frakciók esetén pedig – előzetes közzetani válogatás után – a 10%-os 91°C-os nátrium-hidroxid hatására felpuhult részek arányából következtetnek az opálhomokkő-tartalomra. A 4 mm feletti frakció reakcióképes flinttartalmát a kiválogatott flint testsűrűsége alapján számítják.

## 2. ASTM C227-90

Az adalékanyagból adott összetételű habarccshasábokat készítenek, ezeket hat hónapon át 100% relatív páratartalmú és 37,8°C (100°F) hőmérsékletű térben tárolják, majd mérik a hosszváltozást. Az adalék-alkáli reakció akkor tartják veszélyesnek, ha duzzadása 0,1%-nál nagyobb.

## 3. ASTM C289-87

A vizsgálat azon alapul, hogy meghatározott mennyiségű és 150-300 mm szemnagyságúra porított adalékanyag frakciót adott koncentrációjú (1N) NaOH oldatban adott ideig 80°C hőmérsékleten hőkezelnek, majd meghatározzák az oldat NaOH koncentrációjának csökkentését, valamint a kioldott SiO<sub>2</sub> koncentrációját. Az alkáli-reakcióra való érzékenységet a 4.6.64. ábrán látható módon értékeli ki.



### 4.6.64. ábra: Az adalékanyag alkáli-reakció érzékenységének az értékelése az ASTM C289-87 szerint

Összességül a következőket szükséges megjegyezni:

- Magyarországon nem ismerünk olyan dokumentált betonkárosodást, amelyről egyértelműen bizonyítható, hogy azt az alkáli-korrózió okozta. Ugyanakkor nagyon valószínű, hogy az ismert beton károsodási esetek egy részében ilyen folyamatoknak is szerepe lehetett.
- A jó minőségű, kipróbált beton-adalékanyagok helyett egyre gyakrabban alkalmaznak kevésbé ismert

lelőhelyekről származó adalékanyagokat, mellyel párhuzamosan nő az ilyen típusú károsodások valószínűsége.

- Véleményünk szerint nem mindig helyes a betont károsító hatások közül egyiket, vagy másikat önkényesen kiragadni. Sokszor helyesebb egy komplex, többoldalú megközelítés alkalmazása az európai beton szabványokban megkövetelt tartóssági előírások maradéktalan betartása érdekében.

## IRODALOMJEGYZÉK

- Alkali-aggregate reactivity (AAR) workshops for engineers and practitioners (2012), „Alkali-Aggregate Reaction Reference Guide”. Reference Manual. November 2012.
- Federal Highway Administration (2007): The Use of Lithium to Prevent or Mitigate Alkali-Silica Reaction in Concrete Pavements and Structures. Publication Number: FHWA-HRT-06-133, March 2007.
- Mádi, A. (1998), „Alkáli korróziós vizsgálatok tapasztalatai szegedi Északi Tisza-híd előre gyártott vasbeton gerendáin”. Beton 1998, VII. évf., 6. sz. 18-21.
- Műszaki előírás beton és vasbeton készítésére (1995), „Alkáli-kovász és alkáli-karbonát reakciónak ellenálló betonok”. Magyar Építőipari Szövetség 1995. 11. fejezet.
- Révay, M. (2007), „Az alkáli-szilika reakció (ASR) által okozott duzzadás vizsgálata a DDC Kft. Váci Gyár jellemző cementjeivel és különböző alkáli-érzékenységű adalékanyagokkal készített betonokon”. Kutatási jelentés 2007. Témaszám: CK-062/2007

### 4.6.12. KÖNNYŰBETONOK (MIGÁLY BÉLA)

Könnnyűbetonnak nevezhető építőanyagokat tulajdonképpen már 2000 évvel ezelőtt is használtak az építkezésekhez. A rómaiak által alkalmazott könnyű adalékanyagok főként, a különböző vulkáni láva- és a tufakövek voltak, de számos esetben alkalmaztak téglaport is. A római Pantheon kupolája is „könnnyűbetonból” készült. Napjainkban a környezetvédelmi szempontok miatt egyre elterjedtebb a különböző hulladékanyagok felhasználása is. A természetes tufa, lávakő és agyagszármazékok (duzzasztott agyagkavics, vagy közismertebb márkanevén Liapor, agyagpala) mellett könnyű adalékanyagként jelen van a pernye, a kazánhomok, kazánsalak, a duzzasztott perlit, a habüveg, duzzasztott üveggolyó és a visszaforgatott könnyűadalék is, hőszigetelő céllal pedig különböző műanyagzármazékok (pl. polisztirolgöngy).

Hazánkban a könnyű/hőszigetelő betonok méltatlanul háttérbe vannak szorítva, vagy kevésbé ismertek, az egyéb szigetelőanyagokkal szemben. Jelenlegi építési kultúránkban ritkábban alkalmazzuk őket, mint lehetne, szemben például egyes tengerentúli országokkal (USA, Japán), vagy éppen a fejlettebb nyugat-európai országokkal (Németország, Skandináv államok). Pedig felhasználási területük rendkívül sokrétű, változatos a teherhordó szerkezetektől a különböző falazóelemeken át, egészen a kitöltőbetonokig.

Tulajdonképpen könnyűbetonnak nevezhetünk minden olyan építőanyagot, amely cement és/vagy mész kötőanyagú, különböző származású (természetes vagy mesterséges) adalékanyag felhasználásával készült és a testsűrűsége 2000 kg/m<sup>3</sup> alatt marad. Szabványos jelölésük az MSZ EN 206:2014 európai szabvány szerint LC (Lightweight Concrete). A könnyű adalékanyagos teherbíró (teherhordó) könnyűbetonok (Lightweight Aggregate Concrete, jelölése: LWAC) testsűrűsége 600-2000kg/m<sup>3</sup> (MSZ 4719:1982), a sejtésített betonoké legfeljebb 1000 kg/m<sup>3</sup>. Az MSZ EN 206:2014 európai szabvány könnyűbetonoknak csak a folyamatos szemmegoszlású adalékanyagos könnyűbetonokat tekinti, amelyek testsűrűsége 800-2000 kg/m<sup>3</sup> közé, nyomószilárdsági osztálya pedig LC8/9-LC80/88 közé esik.

#### Könnnyűbetonok fajtái

A könnyűbetonokat sokféleképpen lehet csoportosítani, például testsűrűségük alapján, vagy a felhasznált kötő, vagy adalékanyagok alapján stb. A leggyakrabban alkalmazott csoportosítás az alapanyagok és előállítás szerint következő:





**4.6.65. ábra: Könnyűbetonok fajtái [Cement-beton Kisokos, 2008]**

→ Adalékos, cementanyagú könnyűbetonok

- Egyszemcsés, nagy hézagterfogatú, teherbíró könnyűbetonok
- Folyamatos szemeloszlású, tömör, teherbíró könnyűbetonok
- Hőszigetelő könnyűbetonok

→ Sejtesített könnyűbetonok

Sejtbetonok és/vagy gázbetonok (autoklávolt pórusbeton)

A könnyűbetonok építőipari alkalmazhatósága, tartóssága, azok fizikai, mechanikai, és egyéb tulajdonságaiktól függ. A következő táblázat a testsűrűség, a nyomószilárdság, a hővezetési tényező alapján a tulajdonságok szerinti besorolásra mutat példát:

		Teherbíró könnyűbetonok					Hővezetési tényező W/mK					
		Hőszigetelő könnyűbetonok		Nyomószilárdság, N/mm <sup>2</sup>								
		Testsűrűség kg/m <sup>3</sup>										
Teherbíró könnyűbetonok	MSZ EN 206-1:2002 szerinti adalékanyagos, teherbíró könnyűbetonok	MSZ EN 206-1:2002 szerinti adalékanyagos, teherbíró könnyűbetonok										
		< 200	200 - 300	300 - 400	400 - 600	600 - 800	< 2,5	2,5 - 5,0	5,0 - 7,5	7,5 - 10	10 - 15	15 <
Hőszigetelő könnyűbetonok		Polisztirolgyöngybeton										< 0,06
		Duzzasztott perlit beton										0,06 - 0,09
Teherbíró könnyűbetonok		Habbeton										0,09 - 0,12
		Fabeton										0,12 - 0,18
		Gázbeton (pórusbeton)										0,18 - 0,25
		Kohóhabsalak beton és granulált kohósalak beton										0,25 - 0,38
		Egyszemcsés, nagy-hézagterfogatú könnyűbeton										0,38 - 0,50
		Tufabeton és duzzasztott üvegkavics beton										0,50 - 0,60
												0,60 - 0,70
												0,70 - 0,80
		Zúzott téglabeton										

Megjegyzés: \*Az MSZ 4719:1982 szabványa a 600 - 2000 kg/m<sup>3</sup> testsűrűségű adalékanyagos betonokat tekinti teherbíró könnyűbetonok.  
\*\* A könnyűbetonok testsűrűsége, nyomószilárdsága, hővezetési tényezője jelentős mértékben eltérhet a táblázatban szereplő értékektől.

**7.6.66. ábra: Könnyűbetonok besorolása tulajdonságuk, illetve alkalmazhatóságuk szerint [Cement-beton Kisokos, 2008]**

### **Könnyű adalékanyag, egyszemcsés, nagy hézagterfogatú betonok**

Könnyű adalékanyag, nagy hézagterfogatú ún. „egyszemcsés” („no-fines”) betonok testsűrűsége 1100-1400 kg/m<sup>3</sup>, nyomószilárdsága 2,5-12,5 N/mm<sup>2</sup> értékek közé tehető, a szemcsék közötti térben nyitott pórusokkal rendelkezik. Az egyszemcsés könnyűbetonoknál a tömör vagy porózus, kb. azonos méretű, durva adalékanyag-szemcséket (a finomszemeket elhagyják a betonból) a felületükön cementpéppel vonunk be, így a szemcsék között hézag megmarad. A nagy hézagtartalom elérése érdekében a cementpép nem töltheti ki az adalékanyag szemek közötti hézagokat. Az így előállított péphiányos beton csak a szemek érintkezési pontjánál van összeragasztva, de a cementpép mennyiségét úgy kell megválasztani, hogy az az adalékanyag szemeket egyenletesen bevonja. A vízadagolást (a pépsűrűséget) úgy kell megválasztani, hogy a cement a vízzel ne tudjon alulra süllyedni és az alsó hézagokat kitölteni.

A frissbeton hézagterfogata, azaz porozitása, a hézagok kitöltésétől függően akár a 40 térfogat %-ot is elérheti. A könnyű adalékanyag, nagy hézagterfogatú beton összporozitása (az adalékanyag szemekben lévő pórusok és a szemek közötti hézagok, pórusok együttes mennyisége), akár 60 térfogat % is lehet.

Könnyű adalékanyag, nagy hézagterfogatú beton többféle adalékanyaggal készíthető. Ezek közül ma a legelterjedtebbek, leginkább használatosak a természetes tufák, horzsakövek és mesterségesen előállított duzzasztott agyagkavicsok, duzzasztott üvegyöngyök.

### **Folyamatos szemmegoszlású, tömör, teherbíró könnyűbetonok**

A folyamatos szemmegoszlású tömör, teherbíró könnyűbetonnál elsősorban az adalékanyag szemcsék pórus-tartalma, vagy a betonban mesterségesen előállított légpórus rendszer határozza meg a beton fizikai jellemzőit, mint a testsűrűség, nyomószilárdság, porozitás, pórusméret-eloszlás és a tartósság. Készíthető kvarchomokot vagy könnyű pórusos homokot, valamint egyéb könnyű anyagokat és cementet tartalmazó habarcsvízzel, pórusos szemcsékkel, adalékszerezrel (pl. légpórusképzővel, vagy habképzővel), vagy kovaliszttel (szilárdságnövelő célzattal) stb. A folyamatos szemmegoszlású tömör, teherbíró könnyűbetonok közül a duzzasztott agyagkavicsok felhasználásával készült ún. Liapor betonok használata a legelterjedtebb jelenleg Magyarországon.

### **Liapor könnyűbeton**

Alapanyaga a földtörténeti idők során keletkezett, sokmillió évvel ezelőtt. A kialakult üledékes, szerves anyag tartalmú agyagot kibányásszák, homogenizálják és forgókemencében, magas hőmérsékleten kiégetik. A hő hatására az agyag szervesanyag tartalma kiég, és a felszabaduló gázok, valamint az agyagásványokban lévő víz távoztával az agyagdarabokat felfújva, szilárdvázú, üreges, nagy porozitású szemcsék képződnek.

A Liapor duzzasztott agyagkavicsot többféle fajsúlyban, többféle szemmagyságban, törten, vagy egészben, vagy a kettő keverékében állítják elő. A duzzasztott agyaggolyó könnyű, szilárd, jó hőszigetelő, tűzálló, saválló, fagyálló és jó hangelnyelő. A belőle készült beton a hangcsillapító, hangelnyelő tulajdonságát nem elsősorban a súlyának, hanem a Liapor golyó belső, pórusos szerkezetének köszönheti, így a szükséges hangcsillapítás, vékonyabb, könnyebb falakkal, födémekkel is elérhető. A Liapor könnyűbeton nagy szilárdsága mellett, könnyű, stabil (korrózióra kevésbé érzékeny a normálbetonnál – pl: a sós közeget sokkal jobban bírja). Kiválóan használható hőhidmentes, illetve csökkentett hőhidás szerkezetek, például kihajló erkélylemezek esetében.

### **Hőszigetelő könnyűbetonok**

Transzportbeton üzemekben, vagy akár a helyszíneken is előállítható hőszigetelő könnyűbetonnal különböző, és tetszőleges tereket tölthetünk ki, ún. kitöltőbeton (pl. padlásterek feltöltésénél), vagy lejtéseket képezhetünk ún. lejtőbeton, a táblás hőszigetelő anyagoknál megszokott rögzítések, toldások és hézagképzések nélkül. A hőszigetelő könnyűbetonok testsűrűsége, összetételüktől függően, széles határok között, a 300 kg/m<sup>3</sup>-tól, egészen az 1200 kg/m<sup>3</sup>-ig változhat. Nyomószilárdságuk kicsi, 4 N/mm<sup>2</sup>-től maximum a C8/10 osztályig terjedhet. Transzportbeton üzemben történő előállításuk során fokozottan ügyelni kell arra, hogy elkerüljék, az esetleges keveredést a normál betonokkal (a keverő berendezésekben, a mixerben, a recirkuláció során képződött zagy

felhasználásakor stb.), vagy azok alapanyagaival, mert ellenkező esetben ebből komoly problémák adódhatnak. A hőszigetelő könnyűbetonok legismertebb és leggyakrabban alkalmazott fajtája a polisztirolbeton.

### **Polisztirol adagolású hőszigetelő könnyűbeton**

A legtöbb polisztirol könnyűbeton adalékanyag felületkezelt expandált polisztirol gyöngy. Az adalékanyag (polisztirol) alkalmazásával, cement és víz felhasználásával könnyű, akár  $300 \text{ kg/m}^3$ , jó hőszigetelő képességű, megfelelő szilárdságú betonok készíthetők. A megkívánt testsűrűség beállítása, megfelelő mennyiségű homok (0-4 mm) adagolásával érhető el. A speciális bevonat (felületkezelt gyöngyszemek) biztosítja a cementkötőanyag jó felületi tapadását és egyenletes eloszlását betonkeverék készítését teszi lehetővé. A polisztirol adalékanyag felhasználásával készült könnyűbeton előnyösen felhasználható padló, korlátozott teherbírású födémek (fafödémek), lapostetők, hőszigetelésre, valamint lejtésképző hőszigetelés elkészítésére. Különösen előnyös boltívek, tálcás, vagy rácsos födémek felső síkjának kiegyenlítésére, mivel nagy vastagságban is felhordhatók.

### **Fabeton**

A fabeton gyártástechnológia egyesíti a fa és a beton kedvező épületszerkezeti tulajdonságait, valamint valamennyi összetevője természetes anyag. A Fabeton építési rendszerrel akár egy komplett ház szerkezetkészre építhető. A fő- és válaszfalak, valamint a födémek megépítéséhez gyártott termékek mellett, az esetenként szükséges hőszigetelő lapok is a Fabeton rendszer részét képezhetik, de azonos anyagból készülhet számos más is, például kerítés és más építő- vagy díszítő elem.

### **Sejtesített könnyűbetonok**

A szilárd testben, vagy a szilárdtestek halmazában lévő, szilárd anyaggal ki nem töltött különböző tereket nevezhetjük, pórusnak, légbuboréknak, sejtnak, vagy hézagoknak. E tömeg nélküli terekben gázállapotú anyag (többnyire levegő), vagy elgőzölhető víz, folyadék található.

A sejtbeton finom adalékanyaggal (esetleg csak cementből) készített könnyűbeton. A sejtszerkezet tudatosan létrehozott sejtek (de nem légbuborékok) rendszere, amely a (cementes) mészhabarcsból, vagy cementpépből előállított sejtbeton sajátja. A sejtbetonok előállítása lényegében a mészhomoktégla gyártástechnológiájából fejlődött ki úgy, hogy a mészhomoktégla viszonylag tömör szerkezetét különböző sejt képző anyagok és módszerek alkalmazásával sejttesítették.

A legfeljebb 2 mm átmérőjű, zárt sejtekből álló sejtszerkezet kétféleképpen állítható elő:

- gázképzővel, amely esetben a sejtbetont gázbetonnak, ill. „pórusbetonnak” nevezzük.
- habképzővel, az így nyert sejtbetont, habbetonnak nevezzük.

### **Gázbeton**

Gázbeton a sejtesített könnyűbetonok egyik fajtáját, a gázképzővel előállított sejtbetont nevezzük. Ma az autoklavolt gázbeton termékeket mind a kereskedelemben, mind a szabványosításban, német mintára, pórusbetonnak is nevezik. Alapanyaga örölt égetett mészből, örölt gipszkőből, cementből, pemyéből, vagy örölt kvarchomokból áll. Gázképzőként régebben hidrogén-peroxidot ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) használtak, amely klórmésszel ( $\text{CaCl}_2\text{O}$ ) összekeverve oxigéngázt ( $\text{O}_2$ ) fejleszt, vagy kalcium-karbidot ( $\text{CaC}_2$ ), amelyből víz hatására acetiléngáz ( $\text{C}_2\text{H}_2$ ) keletkezik. Napjainkban a legelterjedtebb gázképző anyag az alumínium por vagy paszta, amely a mészhidrát ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) vizes oldatából hidrogéngázt fejleszt és legfeljebb 2 mm átmérőjű zárt pórusok sokaságát hozza létre a friss, cementes mészhabarcsban. Az öntőformában sejtesített és előérlelt gázbeton tömböt kizsaluzás és termékméretre történő felvágás után autoklavolással szilárdítják, 10-12 órán át telített vízgőz nyomása alatt, 170-190 °C hőmérsékleten, amelynek hatására a gázbetonban – annak szilárdságát adó – kalcium-hidro-szilikát ásványok kialakulnak. A gázbetonok testsűrűsége  $400-800 \text{ kg/m}^3$ , nyomószilárdsága  $2,5-7,5 \text{ N/mm}^2$ , hővezeté-

si tényezője 0,12-0,25 W/mK, porozitása a 70 térfogat%-ot, vízfelvétele a 60 tömeg%-ot is elérheti. Gázbetonból kis testsűrűsége és jó hőszigetelő képességének köszönhetően elsősorban különböző falazóelemeket gyártanak (MSZ EN 771-4).

### Habbeton, habcement

A habbeton a sejtbetonok egyik fajtája, amelynek legfeljebb 2 mm átmérőjű, zárt sejtekből álló sejt szerkezetét habképző szerekkel állítják elő. Újabban a habbeton elnevezés szinonimája a habcement, mivel ennek a könnyű építőanyagnak a kötőanyaga habosított cementkő. A habbeton könnyű, legtöbbször folyós, habarcs jellegű (voltaképpen nem igazi beton) anyag, amelynek kötőanyaga cement, adalékanyaga, finomszemcséjű homok, peme, kohósalak, duzzasztott agyagkavics, polisztirol gyöngy lehet, de készülhet adalékanyag nélkül is (ilyenkor az elnevezése egyértelműen habcement).

A habbetont bizonyos habképző anyagokkal állítják elő, keverőtelepen, illetve bármilyen hagyományos gyorsfordulatú habverőgéppel, vagy nagynyomású habképző célgéppel és az ily módon előállított kemény habot a megkevert friss habarcsához, esetleg cementpéphez (cementtej) kényszerkeverőgépben kell hozzákeverni.

A habbeton sajátos konzisztenciája folytán könnyen, legtöbbször tömörítés nélkül is bedolgozható, transzportbetonként is szállítható, szivattyúzható.

A habbetonból többnyire természetes szilárdulású, monolit hőszigetelő rétegek készülhetnek, de készíthetők belőle előregyártott elemek is. A habbetont konzisztenciájánál fogva gyakran alkalmazzák különböző üregek, üreges elemek, pincék, földalatti tartályok, felhagyott csatornák valamint földben maradó csövek kitöltésére, injektálására. A megszilárdult habbeton terhelés hatására nem tömörödik, ezért (fa) födémgerendák fölötti könnyített aljzatbetonok és utak alatti közműárkok betemetésére is alkalmazható.

### HIVATKOZÁSOK

- Dr. Kausay Tibor: Cement-beton Kisokos. Holcim Hungária Zrt. 2008.
- Dr. Kausay Tibor: Fogalom-tár, Beton szakmai havilap. X. évf. 2002. 6. szám pp. 9; 7-8 szám pp. 25; XI évf. 2003. 1. száma pp.10.
- Dr Balázs György – Dr. Balázs L. György: Betonszerkezetek tartóssága;
- Dr. Józsa Zsuzsanna, Dr Nemes Rita, Fenyves Olivér, Lublőy Éva, Fischer Noémi, Czuppon Gábor: Könnyűbetonok tartóssága.
- Palotás L. – Balázs György: Mérnöki szerkezetek anyagtana. 3. kötet. Akadémia Kiadó. Budapest. 1980.
- Ezeremester lap: Könnyűbetonok a gyakorlatban; 2012/4. április; építés felújítás
- Dr. Józsa Zsuzsanna: Könnyűbetonok jellemzői és alkalmazásuk, Budapesti Műszaki Egyetem, oktatási anyag, 2008.

### 4.6.13. NEHÉZBETONOK, SUGÁRVÉDŐ BETONOK (DR. SALEM GEORGES NEHME)

A káros sugarak hatékony elnyelése jelentős kihívást jelent, és drága, gyakran robusztus megoldásokkal érhető csak el a kívánt eredmény.

Többféle sugárzás ismert ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, röntgen-, és neutronsugárzás) ezek közül a legveszélyesebb a röntgen-, a  $\gamma$ - és a neutronsugárzás, tehát kézenfekvő, hogy a sugárvédő betonok összetételét elsősorban ezen sugarak elnyelésére tervezzük.

A röntgen- és gamma-fotonok ütköznek az anyag atommagjaival, és az ütközés során veszítenek az energiájukból.

Minél több az atommag, annál több az ütközés, és annál nagyobb az anyag sugárgyengítő képessége.

A sugárvédő anyag tehát nem nyeli el teljesen az ilyen sugárzást, hanem előre kiszámított mértékben csökkenti azt.

A sugárzás gyengítő atommagok számát a szerkezet vastagságának, vagy az anyag sűrűségének növelésével emelhetjük, emiatt elsősorban nehézbetont alkalmazunk.

A sugárvédő betonoknak a tervezésnél meghatározott ionizáló sugárzás vagy sugárzások valamennyi fajtája ellen biológiai védelmet kell nyújtaniuk. Ezért a beton aktuális összetételét az adott típusú legkeményebb, legnagyobb

áthatoló képességgel rendelkező sugarak elnyelésére tervezzük, ezzel egyúttal védelmet nyerünk a lágyabb, kevésbé veszélyes sugarak ellen is.

A sugárvédő betonok fajtái: nehézbeton, hidrártbeton, sugárvédő normál tömegbeton.

Röntgen- és gamma-sugarak ellen nehézbeton, neutronsugárzás ellen hidrártbeton alkalmazható.

Az ionizáló sugárzások nagy energiájuk következtében a levegőt és más gázokat közvetlenül, vagy közvetve ionizálják, villamosan vezetővé teszik.

## NEHÉZBETON – FOGALOMMEGHATÁROZÁS

A nehézbeton főleg nagy rendszámú elemekből áll, alapvető tulajdonsága a testsűrűség. Védőképessége a testsűrűség növekedésével nő és kisebb felezési rétegvastagságot eredményez (4.6.33. táblázat).

**4.6.33. táblázat: Egy etalon és baritos beton mérési eredményei <sup>137</sup>Cs és <sup>60</sup>Co sugárforrással**  
(Tanulmány: Rudabányai-II meddőhányó BARITMIX 1 nevű adalékanyagból nehéz beton gyártásához szükséges mérések elvégzéséről, BME, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, Budapest, 2007. 10. 08.)

Beton jelzete	Felezési rétegvastagság [cm] <sup>137</sup> Cs-mal (gamma-energia 0,66 MeV*)	Felezési rétegvastagság [cm] <sup>60</sup> Co-tal (gamma-energia 1,25 MeV*)
Közönséges beton	5,73 ± 0,21	10,65 ± 0,63
Nehézbeton	3,87 ± 0,08	6,46 ± 0,41

\*MeV: megaelektronvolt

Nehézbetonnak nevezzük az olyan betont, melynek testsűrűsége meghaladja a 2600 kg/m<sup>3</sup>-t (MSZ EN 206 és MSZ 4798). Ez a testsűrűség csak nehéz, legalább 3000 kg/m<sup>3</sup> szemtestsűrűségű adalékanyag felhasználásával érhető el (MSZ EN 1097-6). A nehéz adalékanyag lehet természetes vagy mesterséges. A természetes adalékanyagok közé tartozik a barit, hematit, magnetit, ilmenit, ferroszfor, míg a mesterséges adalékanyag lehet vashulladék, acélsörét, nehézfém-salak. Barit felhasználásával elérhető 3500 kg/m<sup>3</sup> testsűrűség, magnetit felhasználásával pedig 3900 kg/m<sup>3</sup>. 8900 kg/m<sup>3</sup> szemtestsűrűségű speciális uránium-dioxid adalékanyaggal elérhető a 6000-7200 kg/m<sup>3</sup> betonsűrűség is, azonban ezt a fajta betont kizárólag reaktortartályok védelmére használják [S. Yu. Lobach, J.M. Haire].

A vas adalékanyag lehet megfelelő alakú, olaj és zsímentes ipari hulladék vagy ipari termék (pl. acélsörét, acélgolyó). Vas adalékanyagra általában akkor van szükség, ha a rendelkezésre álló másféle nehéz adalékanyag testsűrűsége nem elegendő a beton előírt testsűrűségének előállítására.

Alkalmazási köre kiterjed trezorokra, alapozásokra, fokozott hangszigetelésű építményekre, illetve sugárzáselelő szerkezetekre, mint például röntgentermek, atomerőművek, nukleáris hulladéktároló létesítmények. Mivel a nukleáris hulladékok termelése folyamatos, folyamatos az igény az elhelyezésükre szolgáló létesítmények kapacitásának bővítése. Ezek a létesítmények nagy mennyiségű nehézbetont igényelnek. A nehézbeton alkalmazásával csökkenteni tudjuk a túl nagy betonterefogatot és ezáltal a már felsorolt hátrányokat (lásd tömegbeton fejezet, hőfejlődés fejezet stb.)

Nagy betonterefogat esetén külön figyelembe veendő, hogy az egymáshoz csatlakozó, külön fázisban bedolgozott részek hidratációja is időbeli eltolódással zajlik. Emiatt a csatlakozó elemek nyomó-, húzószilárdsága, rugalmassági modulusa, hőmérséklete, zsugorodása különböző. Ez a folyamat az egész szerkezetben, időben

és térben változó pillanatnyi feszültségeket és alakváltozásokat eredményez, emiatt szükséges a megfelelő kiegészítő vasalások, kötéhidak, duzzadó szalagok betervezése (lásd tömegbeton fejezetet).

A nehéz adalékanyag mellett fontos a kis víztartalom is, a kellő tömörség (azaz a kis porozitás) elérése érdekében. A víziányból adódó szárazabb, földnedves keverék konzisztenciáját folyósítószerrel lehet a kívánt mértékig javítani, valamint megfelelő mennyiségű lisztfinomszemcse tartalommal (<0,125mm).

A nehézbeton keverék a keverőgépre nagyobb mechanikai terhelést gyakorol, mint a normálbeton, ezért a keverék mennyiségét a testsűrűséggel fordított arányban kell csökkenteni. A nagyobb testsűrűségből eredő nagyobb igénybevételek érvényesek a zsaluzatra, állványzatra is. A normálbeton zsaluzatához képest általában kétszeres teherbírású zsaluzatot és állványzatot építenek, megelőzendő annak a megengedettnél nagyobb elmozdulását, alakváltozását [Buday T., 2007].

A nehézbetonok szabvány szerinti jelölése HC (Heavyweight Concrete). A nehézbetonra vonatkozó szilárdsági osztályok azonosak a normálbetonra vonatkozóakkal. A 4.6.34. táblázat tartalmazza az egyes szilárdsági osztályhoz tartozó minimális nyomószilárdsági követelményeket.

**4.6.34. táblázat: Nehézbetonok nyomószilárdsági osztályai MSZ 4798**

Nyomószilárdsági osztály	$f_{ck, cube}$
HC8/10	10
HC12/15	15
HC16/20	20
HC20/25	25
HC25/30	30
HC30/37	37
HC35/45	45
HC40/50	50
HC45/55	55
HC50/60	60
HC55/67	67
HC60/75	75
HC70/85	85
HC80/95	95
HC90/105	105
HC100/115	115

A frissbeton testsűrűségét a tervdokumentációban előírt száraz (kiszáritott) testsűrűségből ( $\gamma_c$ ) kiindulva kell meghatározni. A frissbeton testsűrűsége ( $\gamma_k$ ) a 1.1. összefüggésből számítható:

$$\gamma_k = \gamma_e + m_{sz} + 1,645 \times s \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (1.1)$$

-  $m_{sz}$  a száradásból eredő tömegvesztés, kg/m<sup>3</sup>

-  $s$  a sűrűség feltételezett szórása, kg/m<sup>3</sup> (elérheti a 60 kg/m<sup>3</sup>-t is)

A nehézbeton készítésének általános előírásai nem különböznek a közönséges betonokra előírtaktól. Általánosan kijelenthető, hogy a sugárvédő betont úgy kell készíteni, mint olyan betont, amelytől vízzáróságot követelnek meg. A legkedvezőbb keverési időt kísérleti úton kell meghatározni.

A nehézbeton előnyei közé tartozik a víz felhajtóereje elleni hatása, pl. a metrő állomásokon épített 2,5-3 m vastag alaplemez helyett, kb. 2-2,4 m vastag lemezt lehetett volna építeni nehézbetonból.

## HIDRÁTBETON – FOGALOMMEGHATÁROZÁS

A neutronsugárzás elleni árnyékolás nagy hidrát-tartalmú adalékanyaggal dúsított betonnal történik, ugyanis a neutronok elnyelésére a legalkalmasabb elem a hidrogén. Bevált eljárás a lekötött víz mennyiségének növelésére az adalék finom frakciójának szerpentinittel való dúsítása. Az ilyen módon készített betont hidrátbetonnak nevezzük.

A hidrártbeton kis és nagy rendszámú elemeket egyaránt tartalmaz. Alapvető tulajdonsága a kémiaiilag kötött víztartalom (hidrártvíz), ennek növekedésével nő a védőképesége. A hidrártbeton készítéséhez hidrártvíz tartalmú adalékanyagot kell használni, pl.: bauxit, limonit, götit, hidrohetit, haidit, szerpentinit. A bauxit tartalmazza a legtöbb hidrártvizet, de kicsi a szilárdúsága és ezért csak homokként használható fel. A szerpentinit tartja meg a hidrártvíztartalmát a legmagasabb hőmérsékletig (+350 °C-ig). Elsősorban neutronsugárzás ellen hidrártbeton alkalmazható.

## IRODALOM

- Buday T.: 8.3. és 8.7. fejezet „Duna-Dráva Cement: Cement-beton Zsebkönyv” 2007; p 173., pp 184-187., Duna-Dráva Cement Kft.
- S. Yu. Lobach, J.M. Haire, [http://www.kinr.kiev.ua/NPAE\\_Kyiv2006/proc/Lobach.pdf](http://www.kinr.kiev.ua/NPAE_Kyiv2006/proc/Lobach.pdf), 2006

### 4.6.14. GYORSAN VAGY LASSAN SZILÁRDULÓ BETONOK (SZEGŐNÉ KERTÉSZ ÉVA)

#### Alapelvek

A cement, illetve betonszilárdulást eredményező hidratáció, mint a kémiai reakciók nagy része, hőfejlődéssel jár. A cementek hőfejlésztése függ az őrlési finomságtól, a klinker  $C_3A$  és  $C_3S$  tartalmától, a kiegészítőanyag(ok) (salak, pernye... stb.) adagolásától.

A kiválasztott cement összes hőfejlésztése határozza meg, hogy gyorsan vagy lassan szilárduló betonban alkalmazzuk-e. Egyes cementek hőfejlésztési adatait 4.6.35. táblázat tartalmazza.

A természetes szilárdulás körülményei között a különböző cementekből készült betonok szilárdulása – ha a 28 napos nyomószilárdúság 100 % – a 4.6.36. táblázat szerinti.

#### 4.6.35. táblázat: Egyes cementfajták hidratációs hő adatai (fél adiabatus módszer, – CEMKUT adatok, tájékoztató értékek)

Cementfajta	Hőfejlésztés, J/g		
	24 h	48 h	72 h
CEM I 52,5	278–295	330–360	358–399
CEM I 42,5 N	266–288	328–349	363–388
CEM II/A–S 42,5 N	220–264	296–326	326–362
CEM II/A–S 32,5 N	186–220	258–279	290–310
CEM II/B–S 32,5 N	144–186	184–253	203–286
CEM III/B 32,5 N	92–148	125–210	139–235
CEM III/A 32,5–MS	143–151	210–215	245–248
CEM II/B–S 32,5 R	182–200	252–259	281–285
CEM I/ 52,5 N	253–272	320–326	345–361
CEM I 42,5 N	252–262	320–323	352–359
CEM II/A–M (V-L) 42,5	192–204	265–269	299–311
CEM II/A–V 32,5 R	106–165	169–230	201–270
CEM II/B–M (V-L) 32,5 N	117–173	182–230	205–240
CEM II/B–M (V-L) 32,5 R	130–148	194–211	220–237

#### 4.6.36. táblázat

Cementfajta	1 napos	3 napos	7 napos
	nyomószilárdúság % a 28 naposhoz (=100 %) képest		
CEM I 52,5 N; CEM I 42,5 R	20-25	55-65	80-85
CEM I 42,5 N; CEM I 32,5 R	15-20	50-55	75-80
CEM I 32,5 N; CEM II/A(B)-S(M)	10-15	40-45	70-75
CEM III/A 32,5N; CEM III/B 32,5 N	5-10	25-30	65-70

A beton szilárdulásának ütemét 20 °C-on a 2/28 napos  $f_{cm}$  (MSZ 4798:2016 16. táblázat) nyomószilárdsági arányszámmal az alábbiak szerint jellemezhetjük:

- a szilárdulás üteme gyors, ha az arány:  $\geq 0,5$
- a szilárdulás üteme közepes, ha az arány:  $\geq 0,3... < 0,5$
- a szilárdulás üteme lassú, ha az arány:  $\geq 0,15... < 0,3$
- a szilárdulás üteme nagyon lassú, ha az arány:  $< 0,15$

A szilárdulás üteme nem csak a cement fajtájától, hanem a betonkeverék víz/cement tényezőjétől is függ.

Különbséget kell tenni gyorsított vagy lassított szilárdulású betonok, illetve a gyorsan vagy lassan szilárduló betonok között.

Gyorsított szilárdulású a beton, ha a környezeti feltételek megváltoztatásával, adalékszerek adagolásával, vagy egyéb módon a természetes szilárdulás üteménél nagyobb szilárdulási sebességűvé válik. Ilyen esetben a 28 napos minősítési szilárdság mellett a korai (általában 1 napos) nyomószilárdság is elő van írva. A betont ilyenkor általában gőzöléssel, vagy szilárdulásgyorsító adalékszerrel, ill. erősen csökkentett v/c tényezővel kell készíteni.

A szilárdulásgyorsító adalékszerek két csoportba sorolhatók:

- kloridtartalmú adalékszerek, jele S-Cl
- kloridmentes adalékszerek, jele S-O

A kloridtartalmú adalékszerek legfeljebb 3 tömeg%-ban olyan száraz környezetben lévő betonszerkezetekhez használhatók, amelyeket rendeltetészerűen nem érhet nedvesség, ill. 1,5 tömeg%-ban vasbeton szerkezetekhez. Kloridtartalmú adalékiszert nem szabad használni ha:

- a beton tartósan vagy gyakran váltakozva gőzzel vagy nedvességgel érintkezik,
- a felületén párakondenzáció következhet be,
- 20 m-es körzetben nagyfeszültségű villamosvezeték van,
- a teherhordó acélbetétek átmérője kisebb mint 7 mm,
- feszített szerkezetekben és injektálásra használt cementekben,
- előregyártott szerkezetek hézagolásaira szolgáló cementes habarcsok készítésére.

A kloridmentes adalékszerek nagy része kötésgyorsító, és a beton szilárdulását nem gyorsítják. A kloridmentes szerek jóval drágábbak, mint a klorid tartalmúak.

A gyorsított betonok végszilárdsága elmarad a közönséges érlelésű betonokétól.

Lassított szilárdulású a beton, ha a környezeti feltételek megváltoztatásával, a beton összetételének a módosításával, adalékszer adagolásával, vagy egyéb módon a természetes szilárdulás üteméhez képest csökkentett szilárdulási sebességűvé válik, s amelyek 28 napos nyomószilárdságán kívül a kötés kezdete, és az eltarthatóság (bedolgozhatóság) időtartama is elő van írva.

A szilárdulási folyamat lassítására kötésekkészletelő adalékszerek használatosak. Ezek a szerek a beton kötésének (merevedésének) a kezdetét akár 24 órán át is késleltethetik, de az összes hőfejlesztést nem csökkentik, és a beton szilárdsága 4-7 nap után már eléri az adalékszer nélküli, egyébként azonos összetétellel és módon készített betonok szilárdságát, és 28 napos kora meg is haladhatja.

A szilárdulásgyorsító és a kötésekkészletelő adalékszerek pontos adagolását és hatását csak próbakeveréssel, a szerkezettel azonos feltételek között tárolt próbatestek vizsgálatával lehet megállapítani.

A cementben lévő klinker összetételétől függ, hogy a cement, ebből következően a beton gyorsan, vagy lassan szilárdul le. Ugyanis a klinker  $C_3S$  (trikalcium-szilikát) tartalma a szilárdságot és a teljes hőfejlődést növeli, a  $C_3A$  (trikalcium-aluminát) a kezdeti és a korai hőfejlődést növeli. Ez jól „melegíti” a betont, ami a téli betonozásnál nem utolsó szempont. A  $C_2S$  (dikalcium-szilikát) lassú hőfejlesztésű és szilárdulású, ugyanúgy mint a  $C_4AF$  (tetraalkalcium-alumi-



nát-ferrit), de végszilárdságuk nagy. A klinker  $C_4AF$  tartalmának növelése és ugyanakkor  $C_3A$  tartalmának csökkentése (akár 0-ra), szulfátálló cementet eredményez.

### Gyorsan szilárduló betonok

A gyorsasághoz elegendő hő és szigetelés szükséges.

A szilárdulás sebessége sok tényezőtől függ, de a cement megválasztása a legfőbb tényező. A gyorsan szilárduló betonba tiszta portlandcement való (CEM I 52,5 N vagy CEM I 42,5 R), amelynek  $C_3S$  tartalma 50% feletti és fajlagos felülete 3800-4000  $cm^2/g$  körüli, ill. afeletti, az 1 napos nyomószilárdsága pedig 18 N/mm<sup>2</sup> felett legyen. Az ilyen cementből készült ún. „gyorsbeton” (a hőmérséklettől és a v/c-től függően) 12-24 órás korban a 30-40, vagy akár 50 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdságot is elérheti. A cementek fajlagos felületének a növelésével (nagyobb őrlésfinomságú cement alkalmazása) gyorsíthatjuk a beton szilárdulását, de akkor figyelembe kell venni a cement zsugorodási hajlamát, valamint azt, hogy repedésérzékenyebb lesz.

A gyorsan szilárduló beton adalékanyagának szemmegoszlását úgy kell megválasztani, hogy a bedolgozáshoz szükséges konzisztenciát viszonylag kis víztartalommal is el lehessen érni. Célszerű az A-B határgörbék közé eső szemmegoszlású adalékanyagot alkalmazni. A legnagyobb szemnagyságot – a szerkezeti méretek és a bedolgozási technológia egyidejű figyelembevételével – a lehető legnagyobbra kell választani. A víz/cement tényező csökkentésével tovább gyorsíthatjuk a beton szilárdulását. Ekkor azonban a beton mozgékonyaságnak, ill. bedolgozhatóságának a megtartása érdekében nagyhatású folyósító vagy képlékenyítő adalékszert kell alkalmazni, és ezt a kérdéses cementhez igazítva kell kiválasztani.

A gyorsan szilárduló betonoknál a nagy hőfejlődés, vagy a nagy tömeg miatti hőmérséklet-emelkedés egyrészt rontja az elérhető végszilárdságot, másrészt a kihülés okozta feszültségek nőnek (s ezzel együtt a repedés kockázata is), ezért lassú kihülésre (adott esetben evégett hőszigetelésre) és repedésmentes szerkezet tervezésére van szükség (4.6.8. fejezet).

Ha a gyorsan szilárduló cement, a folyósítószer, a kis víz/cement tényező (kis vízigényű adalékanyag) önmagában nem elegendő a gyorsan szilárduló beton készítéséhez (pl. nagyon alacsony a levegő hőmérséklete), akkor jó megoldás lehet a keverővíz melegítése (max. 60°C-ig).

Gyorsan szilárduló, azaz gyorsbetonra lehet szükség a közlekedésepítésben a rövid útzár, vágányzár alatti beépítésnél, vagy az átfagyás megelőzésére télen.

A gyorsan szilárduló betonokra elő kell írni a 28 napos nyomószilárdságon kívül a korai (12, 24 órás vagy a 2 esetleg 3 napos korban) szükséges nyomószilárdságot (útbeton esetén a hajlítószilárdságot) is. Mivel a korai (1-3 napos) nyomószilárdság alakulására nagy hatással vannak a környezeti feltételek (hőmérséklet, páratartalom, széljárás stb.), ezért a fiatal beton nyomószilárdsági szórása lényegesen nagyobb lehet, mint a 28 napos korú betoné (párazáró filmmel, hőszigeteléssel a bizonytalanságok csökkenthetők). Ezért célszerű a korai szilárdságra a megengedett legkisebb értéket előírni.

### Lassan szilárduló betonok

A lassan szilárduló betonra általában nagytömegű műtárgyak (4.6.8 fejezet) betonozásakor van szükség, de már egy 40 cm vastag térburkolatot (pl. rakodó pályaudvarok térburkolata, vagy erőművek alaplemezei) vagy az alagútbéleleteket is lassan szilárduló betonból kell készíteni. A lassú kezdeti szilárdulást ún. kis hőfejlesztésű, LH jelű (1.1.1.1.1 fejezet) cementekkel lehet elérni. Az ilyen cement kis  $C_3A$  és  $C_3S$  tartalmú, nem túl finomra őrölt klinkerből és sok cementkiegészítő anyagból áll. A cementgyártás során adagolt pernye vagy trasz igen kis hőfejlesztésű, a kohósalak valamivel nagyobb hőfejlesztésű cementkiegészítő anyag, amely lassúbb betonszilárdulást eredményez. A  $d_{max}$  általában nagy, a cementtartalom kicsi legyen.

A lassan szilárduló betonhoz nagyobb homoktartalmú adalékanyagot is fel lehet használni, de egyéb okok miatt (pl. szilárdság, repedésérzékenység stb.) szemmegoszlása ne haladja meg a „B” görbe szerinti szemmegoszlást. A lassan szilárduló beton konzisztenciája minél lágyabb legyen. Általában az F3, vagy az F3-F4 határán lévő konzisztencia (területtel mérve  $450\pm 30$  mm, vagy  $490\pm 10$  mm) jól bevált. Ennél lágyabb konzisztenciának a kivérzési hajlam és a nagymérvű plasztikus zsugorodás szabhat gátat. A lassan szilárduló betont sokkal hosszabban és gondosabban kell utókezelní (azaz nedvesen tartani), mint a „gyorsbetont”.

A tervezőnek mérlegelnie kell egyrészt a hosszabb ideig tartó zsaluzati nyomás következményeit, másrészt azt, hogy a szerkezetnek az önsúlyból, ill. a hasznos teherből származó igénybevételeket mikor kell elviselnie. Minthogy a lassan szilárduló beton utószilárdulása jelentős, ezért a 28 napos nyomószilárdság helyett a későbbi időpontban várható (56 vagy 90 nap) szilárdság is lehet a minősítési feltétel. Ezt a tényt a szerződésben rögzíteni kell.

A gyorsan vagy lassan szilárduló (gyorsított vagy lassított szilárdulású) betonok készítéséhez és minőségük ellenőrzéséhez ellenőrzési tervet kell készíteni és azt a tervdokumentációhoz kell csatolni. Az ellenőrzési tervben részletezni kell a beton összetételét, készítését, szállítását, bedolgozását és utókezését is, ill. ennek ellenőrzési módját és gyakoriságát.

#### 4.6.15. KIS ZSUGORODÁSÚ ÉS CSEKÉLY KÚSZÁSÚ BETONOK, IPARI PADLÓK (DR. ZSIGOVICS ISTVÁN MUNKÁSSÁGA ÉS ÍRÁSAI ALAPJÁN: KOVÁCS JÓZSEF)

Ha a beton adalékanyaga homokos kavics, bazalt, mészkő stb., akkor feltételezhető, hogy csak a cementkőben a víz hatására lejátszódó fizikai és kémiai folyamatok határozzák meg a zsugorodást, duzzadást és kúszást az idő függvényében.

Zsugorodás: a víz beépülése és eltávozása okozta térfogatcsökkenés a betonban (külső teher nem játszik szerepet).

Duzzadás: a víz, illetve kémiai folyamatok hatására (szulfátkristály-képződés) bekövetkező térfogatonövekedés.

Kúszás: tartós terhelés hatására időben bekövetkező méretcsökkenés (térfogatcsökkenés).

#### **A zsugorodás és fajtái**

##### PLASZTIKUS ZSUGORODÁS (TÖPPEDÉS)

Plasztikus zsugorodásnak (angolul: plastic shrinkage) a bedolgozás befejezése és a szilárdulás megindulása közti időszakban bekövetkező térfogatváltozást tekintjük. Nagysága a keverék adalékanyag-szerkezetének, víz- és cementtartalmának, ill. a cementpép-telítettségének a függvénye.

A plasztikus zsugorodás a keverés megkezdése után a 2-4 órában következik be, röviddel a felületi nedvesség eltűnése után, amikor a beton felülete mattá válik, mert a párolgási veszteség nagyobb, mint a kivérzésből származó vízutánpótlás (Ujhelyi, 2005). Ezáltal a pórusvízben aktivizálódnak a kapilláris erők. A víz felületén húzófeszültségek keletkeznek, amelyek a betonra nyomást adnak át. A nyomás hatására a beton összenyomódik, zsugorodik.

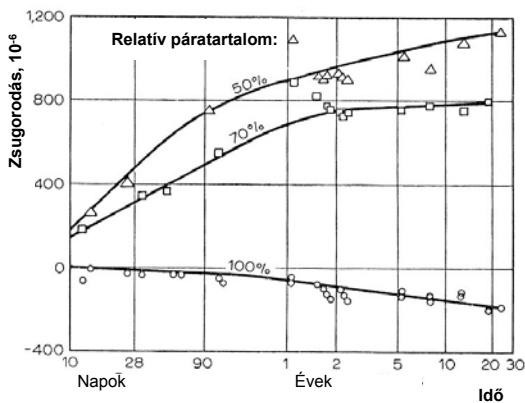
A töppedés a frissbeton bedolgozás utáni utólagos tömörödése. Ezt a betonacélok gátolhatják, így a betonacélok vonalában repedések keletkezhetnek.

## SZÁRADÁSI ZSUGORODÁS

A száradási zsugorodás a víz eltávozása okozta térfogatcsökkenés telítetlen páratartalmú környezetben. A zsugorodás időben lejátszódó folyamat, végértékét akkor éri el, ha létrejön a levegő relatív nedvességtartalma és a beton kapillárisaiban lévő víz közötti egyensúlyi állapot.

Mivel a kiszáradás a felületen kezdődik meg, a külső rétegek zsugorodását gátolják a belső, nem zsugorodó részek. Emiatt a széleken húzás, belül nyomás lép fel (Balázs, 2002).

Tehát a zsugorodás átlagértéke annál kisebb lesz, minél vastagabb a betontest, minél kisebb a felület és térfogat viszonya (fajlagos felület), és időben is annál később éri el végértékét. A zsugorodás végértéke annál nagyobb, minél kisebb a levegő relatív páratartalma (4.6.67. ábra)



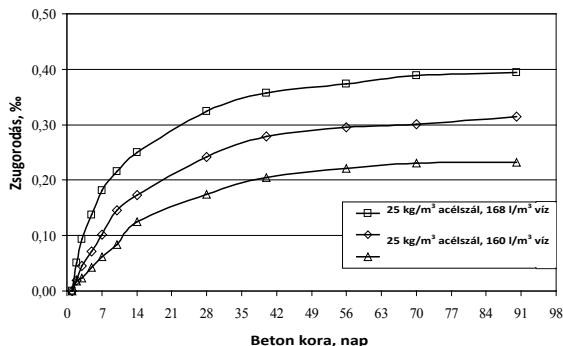
**4.6.67. ábra: A környezet relatív páratartalmának hatása a beton zsugorodására (Neville, 1963)**

A beton szokványos adalékanyagai nem zsugorodnak, ezáltal akadályozzák a cementkő zsugorodását. A zsugorodás annál kisebb lesz, minél nagyobb az adalékanyag rugalmassági modulusa és minél nagyobb az adalékanyagok abszolút térfogata a betonban.

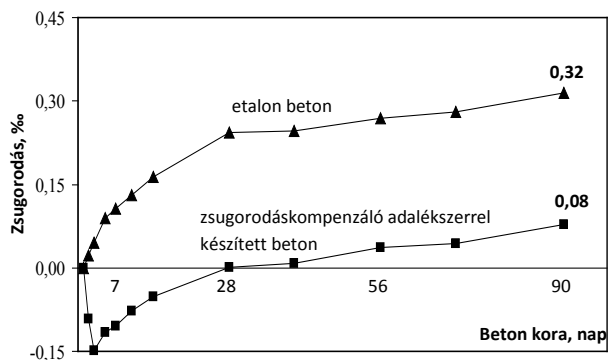
A vasbeton és az acélszál erősítésű beton zsugorodását az acélbetétek, ill. az acélszálak is mérséklék, de teljesen megakadályozni nem tudják.

Különböző betonok esetében a zsugorodás időbeni alakulását és végértékét az alábbiak is befolyásolják:

- tényleges víztartalom (4.6.68. ábra),
- péptartalom (cement+víz),
- finomrésztartalom (0,25 mm alatti adalékanyag szemcsék),
- vasalás mennyisége,
- acélszál mennyisége (4.6.68. ábra),
- műanyagszál mennyisége,
- zsugorodáskompenzáló vagy zsugorodáscsökkentő anyag alkalmazása (4.6.69. ábra),
- belső utókezelés alkalmazása,
- utókezelés hatékonysága,
- tömörítés hatékonysága.



**4.6.68. ábra: Acélszáltartalom növelésének és a víztartalom csökkentésének hatása a beton zsugorodására ( $c=350 \text{ kg/m}^3$ ) (Zsigovics, Balázs, Szilágyi 2007)**



**4.6.69. ábra: Zsugorodáskompenzáló adalékszerrel készített beton és ugyanazon összetételből készült etalon beton zsugorodása ( $v/c=0,45$ ,  $c=340 \text{ kg/m}^3$ ), (Zsigovics, Balázs, Szilágyi, 2006)**

### Autogén zsugorodás

Az autogén zsugorodás független a víz eltávozásának következtében kialakuló száradási zsugorodástól (ezt a víz elpárolgása ellen körben szigetelt próbatesteken lehet mérni). Oka a cement hidratációjának során kialakuló kalcium-szilikát-hidrát kristályokba beépülő víz okozta térfogatcsökkenés. Mértéke annál nagyobb, minél kisebb a víz/cement tényező. Végértéke meghaladhatja a teljes zsugorodás 50%-át is.

### Kis zsugorodású beton készítésének technológiai irányelvei

- víztartalom legfeljebb  $170 \text{ l/m}^3$ ,
- homoktartalom lehetséges csökkentése (telített beton tervezése),
- lépcsős szemszerkezet alkalmazása a plasztikus zsugorodás csökkentésére,
- nagyobb  $d_{\text{max}}$  alkalmazása,
- tiszta (mosott) adalékanyag alkalmazása,
- kis cementtartalom ( $< 350 \text{ kg/m}^3$ ),
- duzzadó cement alkalmazása,
- zsugorodáskompenzáló, illetve zsugorodáscsökkentő adalékszer alkalmazása,
- nagyobb folyósító adalékszer adagolás (kis  $v/c$ ),

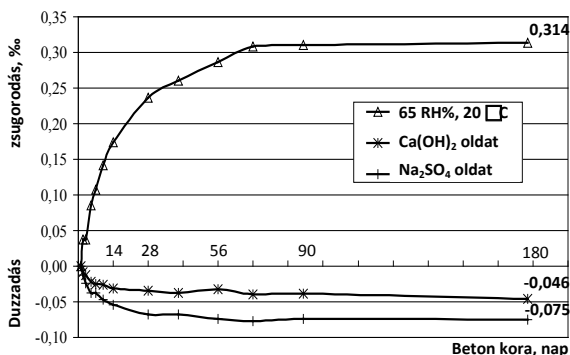
- belső utókezelőszer alkalmazása (SRA),
- acélszál mennyiségének növelése (30-35 kg/m<sup>3</sup>),
- műanyagszál mennyiségének növelése a plasztikus zsugorodás csökkentésére,
- vasalás mennyiségének növelése (kiegészítő hálós vasalás alkalmazása),
- hatékony utókezelési módszerek alkalmazása,
- utóvibrálás a plasztikus zsugorodás csökkentésére,
- tárcsás simítás a plasztikus zsugorodás csökkentésére,
- easy-crete betonok alkalmazása.

## A duzzadás és fajtái

Ha a betont bedolgozás után folyamatosan víz alatt tartjuk, akkor térfogatnövekedés következik be (4.6.70. ábra). Ezt a duzzadást a cementkőbe beépülő és a beton pórusaiba bejutó víz duzzadási nyomást kifejtő hatása okozza.

### A duzzadás fajtái

- vízfelvétel okozta duzzadás,
- szulfáttartalmú víz okozta duzzadás,
- adalékanyag-alkáli reakció okozta duzzadás.



**4.6.70. ábra: Beton térfogatváltozása különböző tárolási körülmények hatására ( $v/c=0,44$ ,  $c=355$  kg/m<sup>3</sup>)(Zsigovics, Balázs, Csányi, Kopecskól, 2007)**

A duzzadást befolyásoló tényezők:

- víz alatt tartás időtartama,
- a vízesedő felület és a szerkezet térfogatának aránya (vastagság),
- duzzadó kristályok időbeni kialakulása,
- a beton vízfelvő képessége (porozitása),
- adalékanyag vízfelvő képessége,
- vizes közeg jellege (kémhatás, szulfáttartalom),
- duzzadást fokozó adalékszerek alkalmazása,
- a szerkezetre ható víznyomás mértéke (vízbehatolás mélysége),
- vasalás duzzadásgátló hatása,
- acélszál duzzadásgátló hatása.

## A kúszás

A beton kúszása (lassú alakváltozása) a zsugorodáshoz hasonlóan időben lejátszódó folyamat, azonban a kúszási alakváltozás tartós terhelés hatására következik be.

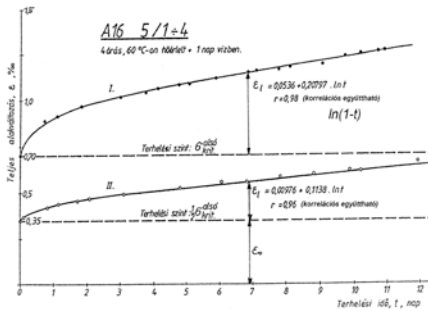
A tartós terhelésnek kitett betonszerkezet alakváltozása adott időpontban a következő részekből tevődik össze:

- Rugalmas alakváltozás a megterhelés időpontjában
- Zsugorodás
- Kúszás

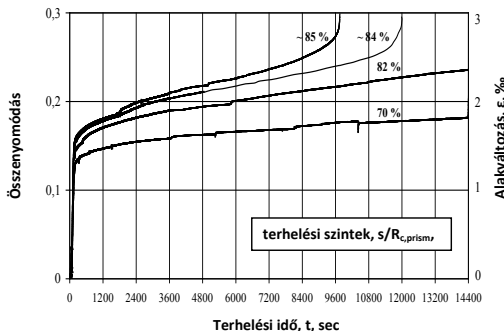
A kúszást befolyásoló tényezők

- beton szilárdsága (általában, ill. a megterheléskor),
- tényleges víztartalma (ha csak kémiaiilag kötött víz van a betonban, akkor a kúszás nem jön létre),
- a környezet relatív páratartalma,
- a terhelés mértéke,
- relatív terhelési szint (a beton szilárdságához képest),
- a beton kora,
- a beton zsugorodása.

A beton kúszásának mértéke a terhelés hatására lineárisan változik, kb. 80% terhelési szintig (4.6.71. és 4.6.72. ábra). Homogén beton esetében 80-82 % terhelési szint fölött megindul a beton törési tönkremeneteli folyamata (tartós folyás). Gyakorlati betonok esetében e törési tönkremeneteli folyamat már 75% relatív terhelési szinten is bekövetkezhet (Smadi, M-M., Slate, F-O., Nilson A-H. (1985)).



**4.6.72. ábra: Lassú alakváltozás 35% illetve 70%-os terhelési szinten (Zsigovics, Nguyen, Balázs, 1988, Zsigovics, 1997)**



**4.6.79. ábra: Öntömörödő beton alakváltozása kvázi tartós terhelésre négy órás korig (Zsigovics, 2003)**

## HIVATKOZÁSOK

- Neville, A. M. (1963), „Properties of Concrete”, Pitman, 1963, 532 p.
- Ujhelyi J. (2005), „Betonismeretek”, Műegyetemi Kiadó, 2005, pp. 162-163.
- Balázs Gy. (2002), „Építőanyagok és kémia”, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2002, pp. 296-297.
- Zsigovics I., Balázs L. Gy., Szilágyi K. (2007), „Tanulmány Különleges betonok betonösszetételének kifejlesztéséről és bevizsgálásáról”, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, 2007. március, 45 p.
- Zsigovics I., Balázs L. Gy., Szilágyi K. (2006), „Tanulmány Mapecrete adalékszerrel készített betonokról”, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, 2006. november, 40 p.
- Zsigovics I., Balázs L. Gy., Csányi E., Kopecskó K. (2007), „Szakvélemény Szulfátálló cementek fizikai tulajdonságainak összehasonlító laborvizsgálata, 10. fejezet”, BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék, 2007. szeptember, 106 p.
- Zsigovics I. (1997) A beton struktúrája és tartós szilárdsága laboratóriumi kísérletek alapján”, Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszék Tudományos Közlemények 37., 1997, pp. 147-153.
- Zsigovics I., Nguyen H. T. (1988), „Az ismételt és tartós teher hatása a beton törési tönkremeneteli folyamatára”, BME Építőanyagok Tanszék, Kutatási jelentés, 1988. november, 28 p.
- Smadi, M-M., Slate, F-O., Nilson, A-H. (1985), High-, Medium-, and Low- Strength Concretes Subject to Sustained Overloads – Strains, Strengths, and Failure Mechanisms”, ACI Journal, September-October 1985, pp. 657-664.
- Zsigovics I. (2003), „Öntömörödő beton”, PhD értekezés, 2003, 97 p. Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építőmérnöki Kar, Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék.

## Ipari padlók betonjai

### IPARI PADLÓ TERVEZÉSÉNEK FONTOS SZEMPONTJAI

Az ipari padlók hosszútávú tartósságához, a megfelelő teljesítőképesség eléréséhez átfogó tervezői szemlélet szükséges. A tervezés során az optimumra kell törekedni a beruházói igények, a környezeti feltételek és a gazdaságos megvalósítás lehetőségei között. Ezért az ipari padló tervezése során az alábbi szempontok figyelembevétele szükséges:

- az ipari padlóval szemben támasztott műszaki igények minél pontosabb megfogalmazása;
- az igényeket kielégítő szerkezeti kialakítás (alépitmény + padló) megtervezése (a nagy felületek lefedése jelentősen megváltoztatja az altalaj hidrológiai egyensúlyát, ezért az ipari padlók nem nélkülözhetik a geotechnikus, hidrológus és a statikus tervező együttműködését; érdemes belegondolni, hogy az altalaj térfogatváltozása miatt támasz nélkül maradó nagy teljesítőképességű betonból készült padló mennyit ér?),
- megfelelő teljesítőképességű betonösszetétel tervezése, ezen belül:
  - 3.1. a friss betonkeverék bedolgozhatósága (pl.: szükséges-e szivattyúzni a keveréket?),
  - 3.2. a szilárduló betonpadló repedezési hajlamának csökkentése (pl.: huzatmentesség biztosításával),
  - 3.3. a megszilárdult szerkezet minél kisebb zsugorodása,
  - 3.4. a megszilárdult beton minél nagyobb hajlító-húzó szilárdsága,
  - 3.5. a szerkezet megfelelő kopásállósága, vegyszerállósága stb.,
- a betonkeverék készítésének és a kivitelezés teljes folyamatának ellenőrzés alatt tartása;
- az első igénybevétel időpontjának és a szilárdulás ütemének összehangolása,
- a padlószerkezet szükséges geometriai jellemzőinek biztosítása (síkeltérés, hullámoosság, érdesség),
- a megfelelő karbantartás és időszakos felülvizsgálat az üzemeltetés során.

A fenti szempontok összegzett értékelése során ellentmondások figyelhetők meg. Pl. a jó bedolgozhatóság (többnyire még szivattyúzhatóság igénye is felmerül) nagyobb péptartalmat igényel, ami növeli a zsugorodást

és a repedésérzékenységet. A nagyobb hajlítózsilárdsághoz kisebb víz/cement tényező szükséges, ami adott konzisztencia mellett növelheti az autogén zsugorodást. A nagyobb hajlítózsilárdságot elősegíti még a zúzott adalékanyag használata is, ez viszont a nagyobb pépigénye miatt a zsugorodáscsökkentés ellen hat. A nagyobb táblaméreteknél kevesebb a sérülésre fokozottan érzékeny hézag (fuga), viszont nagyobb a repedésérzékenység és a késői zsugorodás során mérhető táblaszéli felhajlás. Nagyobb mennyiségű kéregerősítő szárazhabarcs nagyobb kopásállóságot eredményez, viszont a felületi kéreg zsugorodási hajlamát is erősen megnöveli. Nagyobb hajlítási teherbírás és kisebb táblaszéli felhajlás érhető el nagyobb padlóvastagsággal, ez viszont ellentmond a gazdaságossági megfontolásoknak.

#### **Megfelelő teljesítőképességű betonösszetétel tervezése**

Az ipari padlók összetételének tervezésekor a mérlegelés azért szükséges, mert a padlószervezeteknél általában kompromisszumot kell kötni a betonösszetétel tervezőjének az egyes elvárások teljesíthetőségénél, ill. meg kell határozni a prioritásokat (pl. fontosabb a kis zsugorodás, mint a nagy kopásállóság, vagy a nagy húzószilárdság). Nem egyszerű feladat a padlóbetonok ellenállóképességi jellemzői mindegyikének gazdaságos elérése és a szükséges szinten tartása. A beton makrostrukturális jellemzői (pl. víztartalom, péptartalom, a pép szilárdanyag tartalma, a keverési arány, az adalékanyag legnagyobb szemnagysága, szemalakja), a >100 µm méretű pórusok térfogata, a bedolgozás hatékonysága, a beépítés körülményei, az utókezelés megkezdésének ideje és minősége (hidratációs fok), a karbonátosodás sebessége, a vízmozgás mértéke és iránya mind jelentősen befolyásolják a padlóbeton húzószilárdságát, ill. zsugorodását.

Az építetű elvárásoknak, az építési helyszín adottságainak és a hideg vagy meleg időjárás körülményeknek pontos meghatározása azért fontos, mert ez alapján kell mérlegelni a bedolgozhatósági jellemzőket, a péptartalmat, az adalékszerek típusát, a száladagolást, a megengedhető porozitást, a cementtípust. Ezt követően kell kiválasztani az összetétel tervezőjének az adott esetben alkalmazható kiegészítőanyagokat, adalékszereket és adalékanyagokat.

A padlóbetonok friss állapotában prioritásnak számít a lehúzott felületek jó minősége, a megfelelő tömörség, a kis felületközeli habarcsvastagság, ami összefügg a cementpép mozgékonyaságával, a habarcsstartalommal, az adalékváz szemszerkezetével (nem szabad „túlsumítani” a felületet).

A szilárdulás kezdetén prioritás a korai száradási zsugorodásból, valamint a sajátfeszültségekből eredő repedések megelőzése, az utókezelés megkezdésének mielőbbi időpontja (párázáró film felszórása), majd a hézagvágás megkezdésének időpontja. Ezeket a tényezőket leginkább a felület párolgási intenzitása és a felület, valamint a mélyebb rétegek közötti nedvességgradiens (száladagolás), továbbá a cement típusa, a homok, ill. habarcsstartalom, illetve a víz/cement tényező befolyásolja.

Az utókezelés egyenletessége és megkezdésének minél korábbi időpontja jelentősen befolyásolja a zsugorodási repedések megjelenését és a szerkezet későbbi húzószilárdságát. Minthogy a víz betonból való távozása főleg egy napos korig jelentős és a padlószervezetek frissen bedolgozott betonjából a nagy felületi modulus miatt a víz különösen könnyen távozik, így az utókezelés mielőbbi megkezdése és minél több víznek a szerkezetben tartása létfontosságú a padlóbetonok teljesítőképessége szempontjából. A friss szerkezetben lévő víz megtartása és a nedvességlépcsők mérséklése szempontjából ezért hatásos a vékony szálak (műanyag, üveg) adagolása. A beton húzószilárdsága nagy mértékben függ a benne lévő nedvesség mértékétől. A megszilárdult beton teljesen nedves és teljesen száraz állapota között számottevő húzószilárdság különbség lehet. A padlók használata során prioritás a kellően nagy hajlítózsilárdság és a minél kisebb mértékű táblaszéli felhajlás, amit jó bedolgozás és utókezelés mellett a cementtípus, a víz/cement tényező és a zúzottkőtartalom, illetve a felhajlás szempontjából a cementpép mennyisége és zsugorodási hajlama befolyásol.

#### **4.6.16. ÖNTÖMÖRÖDŐ BETONOK (DR. BOROSNYÓI ADORJÁN)**

Az öntömörödő betonok ipari alkalmazása a polikarboxilátéter (PCE) folyósító adalékszereknek köszönhetően egyre szélesebb körű. Az elképzelés az öntömörödő beton alkalmazására Okumara japán professzortól



származik (Ouchi, 1998). Az 1980-as években, Japánban az érdeklődés középpontjában a beton megfelelő tartósságának kérdése állt. A tartós beton előállításának kulcsa a jól képzett munkások által megfelelően betömörített beton volt. A jól képzett munkások számának fokozatos csökkenése Japánban a betonszerkezetek minőségének csökkenéséhez vezetett. Az öntömörödő beton egy lehetséges megoldás volt a tartós betonszerkezetek előállítására.

Az öntömörödő beton olyan beton, amely különleges összetételénél fogva mindennemű külső bedolgozási energia (tömörítés) alkalmazása nélkül, a gravitáció hatására lassan folyik, az összetevői szétosztályozódásától mentesen tömörödik és légtelenedik, miközben megtartja homogenitását, a vasalás közties tereit és a zsaluzatot teljes egészében kitéríti. Tapasztalható, hogy ez a tulajdonság az öntömörödő beton esetében (nem úgy, mint a vibrált beton esetében) pl. mintegy 90 percen át fenntartható. Azonban, míg a vibrált beton bedolgozása során a tömörítetlenséget lényeges mértékben ki lehet küszöbölni a tömörítés intenzitásának fokozásával, ez az öntömörödő beton esetében nem lehetséges; a végleges levegőtartalmat az öntömörödő beton összetétele határozza meg. Az öntömörödő betonnál is megengedhető egy maradék pórustérfogat, ugyanúgy, mint a ki-elégítően tömörített, vibrált beton esetében, valamint egy mesterségesen létrehozott, megnövelt légbuborék tartalom, pl. a fagy- és olvasztósó-állóság növelése céljából.

### Az öntömörödő képesség elérése

Az öntömörödő képesség eléréséhez nemcsak a cementpép vagy a cementhabarcs viszkozusán mozgó képessége szükséges, hanem a durva adalékanyag (kavics) és a cementhabarcs közötti szétosztályozódási hajlam csökkentése is, amikor a beton a betonacélok között folyik. Okamura az öntömörödés elérése érdekében korlátozta a durva adalékanyag tartalmát és növelte a finomrész ( $\leq 90 \mu\text{m}$ ) tartalmát, illetve nagy mennyiségű folyósító adalékszerrel és kis víz/cement tényezővel elérte a frissbeton nagy alakváltozó képességének és nagy viszkozitásnak az egyidejű lehetőségét.

A durva adalékanyag szemek összeütközésének gyakorisága olyan mértékben nő, amilyen mértékben csökken a relatív távolság közöttük. Ennek következtében a belső feszültség nő, amikor a mozgó frissbetont, az egymáshoz nagyon közel lévő akadályok (pl. betonacélok) alakváltozásra kényszerítik. A folyáshoz szükséges energiát felemészti a növekvő belső feszültség, és ez az adalékanyag szemek blokkolódását eredményezi. A blokkolódás elkerülésének leghatékonyabb eszköze a kavicsstartalom csökkentése, amelynek energia felémészítése nagyon nagy, így az öntömörödő betonban a normál betonhoz képest kisebb kavicsadagolás eredményez hatékony blokkolódás csökkentést.

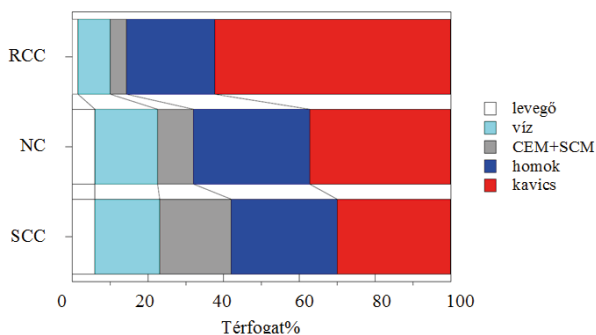
Szintén követelmény a kavicszemek blokkolódásának csökkentéséhez a cementpép/cementhabarcs megfelelő viszkozitása. A frissbeton folyása során, a kis viszkozitású pép csökkenti a helyi, belső feszültségek növekedését a kavicszemek egymáshoz közeledése közben. A nagy alakváltozó képesség és a kis viszkozitás együttes jelenlétét csak folyósító adalékszer alkalmazásával lehet elérni, ami kis víz/lisztfinomszem arányt is eredményez (Ouchi, 1998).

### Öntömörödő beton összetétele

Az öntömörödő képesség elérése érdekében a szokványos betonokhoz képest az összetételt módosítani kell. Ahhoz, hogy növelni lehessen a pép alakváltozó képességét, folyósítószerrel nagyobb mennyiségű alkalmazására és kiegyensúlyozott víz/finomrész tartalomra van szükség. A durva adalékanyag szemek közötti súrlódás csökkentése érdekében a beton kis kavics-térfogatú (nagy péptartalmú) és az adalékanyaghoz és cementhez viszonyítva optimális minőségű finomrésztartalmú legyen. A szétosztályozódással szembeni ellenálló képesség eléréséhez csökkenteni kell a szilárd anyagok kiválását és minimalizálni kell a kivérzést. Ezt a durva adalékanyag mennyiségének a korlátozásán túlmenően elő lehet segíteni a legnagyobb szemnagyság csökkentésével, kis víz/finomrész tartalom arány alkalmazásával, nagy fajlagos felületű, finomszemcsés anyagokkal, viszkozitás csökkentő adalékszer alkalmazásával, kis víztartalommal. A betonacélok közötti megfelelő áthaladási képesség eléréséhez, a durva adalékanyag szemek blokkolódásának elkerülése érdekében fokozni kell a

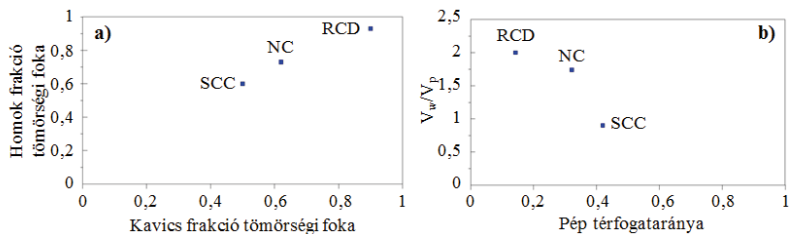
frissbeton kohézióját és össze kell hangolni a betonacélok közötti szabad térfokt és az adalékanyag szemmegoszlási jellemzőit, amely az előzőekben elmondottak szerint elsősorban a kis kavics térfogat alkalmazásával, a megfelelő legnagyobb szemnagyság megválasztásával a kis víz/finomrész arány alkalmazásával és viszkozitás csökkentő adalékszer alkalmazásával lehetséges.

A szakirodalom alapján tájékozódva láthatjuk, hogy az öntömörödő betonok összetétele számottevő mértékben eltérhet a hagyományos betontechnológiában alkalmazott klasszikus betonösszetételektől. A 4.6.73. ábrán hengerrel tömörített földnedves beton (RCC – Roller Compacted Concrete), normál beton (NC) és öntömörödő beton (SCC – Self Compacting Concrete) közelítő térfogatos összetételét láthatjuk (Okamura, Ouchi, 2003). Az ábrán a cement és cementkiegészítő anyagok (SCM – Supplementary Cementing Material) az összetételben együttesen finomrész fázisként vannak megjelenítve, függetlenül attól, hogy az alkalmazott cementkiegészítő anyag I. típusú (közel inert) vagy II. típusú (puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú).



**4.6.73. ábra: Különbéféle betonok közelítő összetétele (Okamura, Ouchi, 2003)**

A 4.6.74. ábrán, szintén a közelítő térfogatos összetételek alapján, a különféle betonok homok és kavics frakciónak tömörségi fokát (a ábra), illetve péptérfogatát és víz/finomrész térfogatarányát ( $V_w/V_p$ ) láthatjuk (b ábra).



**4.6.74. ábra: Különbéféle betonok egyes tömörségi és összetételi paramétereit (Ouchi, 2005)**

Szakirodalmi adatok alapján (Domone, 2006) a 4.6.37. táblázatban mutatunk be öntömörödő betonok összetételére vonatkozó javaslatokat.

**4.6.37. táblázat: Öntömörödő betonok összetételére vonatkozó javaslatok (Domone, 2006)**

		68 publikáció értékelésének eredményei (Domone, 2006)			EFNARC jelentésben javasolt	normál beton*
		10%-os kvantilis	medián	90%-os kvantilis		
durva adalékanyag	V%	29,1	31,2	34,8	27-36	46
finom adalékanyag	V%	22,9	30,5	40,0	-	25
	m%	44,0	49,5	54,0	48-55	35
péptartalom (víz+finomrész)	V%	32,3	34,8	39,0	30-38	29
kötőanyag (CEM+SCM)	kg/m <sup>3</sup>	445	500	605	380-600	355
víz	kg/m <sup>3</sup>	161	176	200	150-210	160
víz/finomrész arány	m%	0,28	0,34	0,42	-	0,45
	V%	0,83	1,03	1,28	0,85-1,10	1,41

\* 40 MPa karakterisztikus kockaszilárdságú szokványos beton, 75 mm roskadással,  $D_{max} = 20$  mm kvarc adalékanyaggal, CEM I cementtel, folyósító adalékszerezrel készítve

### Öntömörödő betonok kiegészítőanyagai

Az öntömörödő betonok finomrésztartalmának biztosítására több lehetőség is felmerül, lévén a >500 kg/m<sup>3</sup> mennyiségű 0,1 mm alatti szemcsetartalmányt nem cementtel célszerű biztosítani. Használhatók I. típusú (közel inert) kiegészítőanyagok (pl. mészkőliszt, kvarcliszt) vagy II. típusú (puccolános vagy latens hidraulikus tulajdonságú) kiegészítőanyagok (pl. peme, trasz, örölt kohósalak, szilikapor, metakaolin). Általános követelmény, hogy a finomrészként használt anyagok fajlagos felülete legalább 3500 cm<sup>2</sup>/g (350 m<sup>2</sup>/kg) legyen.

### Öntömörödő beton tervezése Okamura szerint

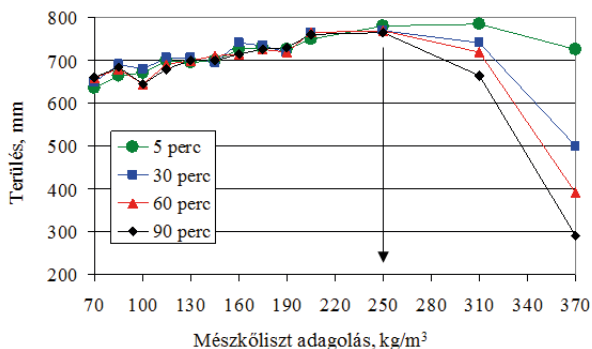
Az Okamura által kifejlesztett javaslat szerint az öntömörödő betont célirányosan egymásra épülő pép-, habarcs- és betonkísérletekkel lehet megtervezni (Okamura, Ozawa, 1995). A javaslat azon a feltételezésen alapul, hogy kielégítő viszkozitású, folyékony habarcsból csupán kavics adalékanyag hozzáadásával és a folyósítószer adagolás összehangolásával öntömörödő beton állítható elő. A tervezés első lépése a megcélzott tulajdonságok, a kiindulási anyagok, valamint az elérni kívánt levegőtartalom rögzítése. Ezt követően az adalékanyag térfogatot a durva és finom adalékanyag tartalommal határozzuk meg úgy, hogy szokásosan a durvaszemcsés halmaztér fogatot a betontérfogat 50%-ának vesszük fel, és a homoktér fogatot a habarcs térfogat 40%-ában rögzítjük.

Az öntömörödő betonkeverék tervezésének lépései:

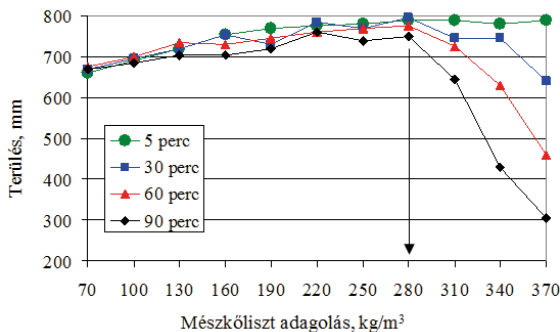
1. Legfeljebb 0,5 m<sup>3</sup> kavicsváz összeállítása a kavics frakciókból.
2. Pép viszkozitás vizsgálatok, a lisztfinomszemcse és víz arányának megállapításához (a víz/finomrész térfogataránya 0,9...1,0 értékre vehető fel a finomrész tulajdonságainak függvényében). Megjegyezzük, hogy a pép viszkozitását erősen befolyásolja az alkalmazott cemet és kiegészítőanyag fajtája és aránya. A legkisebb viszkozitású pép összetételét kísérlettel is meg lehet határozni (Erdélyi et al, 2003).
3. Habarcs tervezés, amelyben a homoktartalom rögzített (a habarcs térfogat 40 V%-a) és az adalékszer adagolást beállítják. A folyósító adalékszernek, amely alkalmas öntömörödő beton készítésére a következőket kell teljesítenie:
  - erős diszpergáló hatás kis víz/finomrész tényező mellett is,
  - a diszpergáló hatás fenntartása legalább 2 óráig a keverés után,
  - minél kisebb érzékenység a hőmérséklet változására.
4. Az öntömörödő beton ellenőrzése frissbeton vizsgálatokkal, a korrekciók elvégzése.

## Öntömörödő beton tervezése Zsigovics szerint

Magyarországon az öntömörödő betonok elterjedését elsősorban Dr. Zsigovics István munkásságának köszönhetjük, aki 1999-től (az első hazai alkalmazástól) kezdődően elsődleges kutatási területének tekintette az öntömörödő betonokat, és számos laboratóriumi kutatási programon és ipari alkalmazáson keresztül bővítette az ismereteket. Öntömörödő beton című Ph.D. disszertációját 2003-ban a Műegyetemen védte meg (Zsigovics, 2003). A hazai kutatások kezdetben elsősorban a mészköliszt kiegészítőanyag alkalmazására szorítkoztak. Magyarországon a finomrésztartalom biztosítására a mészköliszt alkalmazása tűnik napjainkban is a legcélszerűbbnek, mert jó minőségű pernye vagy kohósalak nem áll rendelkezésre. A szakirodalomban fellelhető öntömörödő betonkeverék tervezési módszerek (amelyek elsősorban a pép és habarcskíséreltek alapján a kavicsváz habarcsához hozzáadására épülnek) nem vezettek minden esetben öntömörödő betonhoz. Zsigovics javaslata szerint célszerűbb frissbeton vizsgálatokkal, víz és főleg folyósító adalékszer adagolás változtatásával beállítani a beton öntömörödő képességét. A pépen, illetve habarcsron végzett viszkozitás mérések nem, vagy nehezen vihetők át a betonra, mivel a betonon mért eredményeket nem könnyű kapcsolatba hozni az alapvető reológiai tulajdonságokkal, a plasztikus viszkozitással és a kezdeti nyíró-határfeszültséggel. Betartva a blokkolódás kiküszöbölésére vonatkozó, Okamura által javasolt irányelveket a kavics adalékanyagra és a habarcsra vonatkozóan, lehetőség nyílik a finomrésztartalom habarcs helyett betonon történő beállítására. Így az öntömörödő beton a munkahelyi konzisztencia vizsgáló eszközökkel is ellenőrizhetővé válik, és ezáltal ki lehet küszöbölni a pép és a habarcs reológiai vizsgálatait. Ez közelebb hozza az öntömörödő betonok tervezését a hagyományos betontechnológiai tervezéshez. Az elmúlt 15 év hazai gyakorlati tapasztalatai igazolták, hogy a szakirodalomban leírt pép és habarcs vizsgálati eljárások nélkül is lehet öntömörödő betontechnológiát kidolgozni, és feladatokat végrehajtani. Zsigovics laboratóriumi vizsgálatai igazolták, hogy a mészköliszt adagolás növelése, megfelelő PCE folyósító adalékszer alkalmazása esetén, nem csökkenti, hanem növeli az öntömörödő beton folyósságát azonos víz/cement tényező, cement adagolás és folyósító adalékszer adagolás esetén is, annak ellenére, hogy a pép vízigénye nő, miközben van egy optimális adagolási határ, amelyet a konzisztencia eltarthatóság jelöl ki. Ezeket a megfigyeléseket a 4.6.75. és 4.6.76. ábrán mutatjuk be két különböző cementre (Zsigovics, 2003).

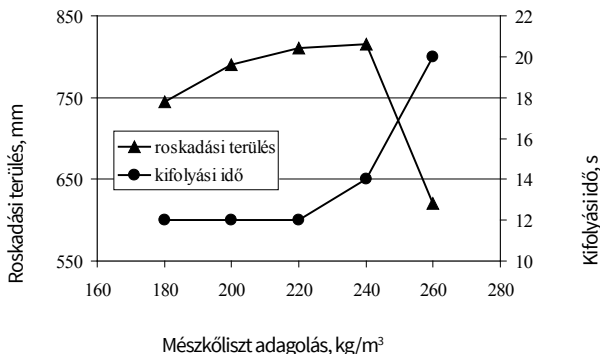


**4.6.75. ábra: A frissbeton területének és eltarthatóságának változása a mészköliszt adagolás függvényében, CEM I 42,5 N típusú cement alkalmazása esetén (Zsigovics, 2003)**



**4.6.76. ábra: A frissbeton terülésének és eltarthatóságának változása a mészköliszt adagolás függvényében, CEM III/A-MS 32,5 N típusú cement alkalmazása esetén (Zsigovics, 2003)**

Zsigovics laboratóriumi vizsgálatai igazolták, hogy a mészköliszt fajlagos felületének növelése, a PCE folyósító adalékszer megfelelő alkalmazása esetén növeli a nyomószilárdságot és a terülés mértékét, miközben a betonkeverék technológiai alkalmazhatósága megmarad, és a konzisztencia eltarthatóság csak kis mértékben romlik. A mészköliszt azonos v/c esetén a cementpép vizigényét közel lineárisan növeli 120 tömeg% mészköliszt tartalomig a cementre vonatkoztatva. Ennek megfelelően, ha az adalékanyag kavicsstartalmát  $\leq 500$  liter/m<sup>3</sup> halmaztér fogatban állapítjuk meg, az adalékszer adagolást és a víztartalmat megfelelően vesszük fel, és nem használunk viszkozitás-fokozó adalékszert, akkor a legnagyobb öntömörödő képesség elérése csak a finomrésztartalom optimalizálásától függ. A tervezés során a legkedvezőbb finomrésztartalom (pl. mészköliszt) meghatározását a betonkeveréken kell elvégezni. Ennek során a kiindulási alapkeveréken meg kell mérni a terülést és a kifolyási időt. A mészköliszt adagolását 20 kg/m<sup>3</sup>-ként kell növelni, és minden újabb adagolást követően ismételt meg kell mérni a terülést és a kifolyási időt. Ezt addig kell folytatni, amíg a keverék terülése a kezdeti növekedés után nem kezd el csökkenni, illetve a kifolyási idő nem kezd el növekedni (4.6.77. ábra). A kapott eredmények alapján megállapítható a legkedvezőbb mészköliszt adagolás, és a keverék ezzel a mészköliszt adagolással végelegesíthető, és elvégezhető a konzisztencia eltarthatósági vizsgálat. Ennek során az idő függvényében mérni kell mind a (fékezógyűrűs) roskadási terülést, mind a kifolyási idő változását. A beton akkor tekinthető öntömörödő betonnak, ha két óráig képes megtartani az öntömörödő képességét. Ennek feltétele, hogy a terülés 750 $\pm$ 50 mm, a kifolyási idő 10-20 másodperc között legyen a két órás időtartam alatt. Az összetétel tervezés célja tehát, hogy az öntömörödő betont a megadott konzisztencia teljesítmény-jellemző értékek közé juttassa, és ellenőrizze, hogy azok két órán át a megadott tartományban maradnak. A tervezés során henger alakú próbatesteket kell önteni, és a megszilárdulást követő elhasításuk után a megszilárdult betonon lehet a beton homogenitását ellenőrizni (szétosztályozási hajlam).



**4.6.77. ábra: A mészköliszt adagolás hatása a konzisztenciára és a kifolyási időre (Zsigovics, 2007)**

Az öntömörödő betonok összetételének Zsigovics szerinti tervezési lépései az elmondottak alapján összefoglalva:

1. A kavics tartalom maximalizálása 500 liter/m<sup>3</sup> halmaztérfogatban.
2. A cement tartalom és cement típus meghatározása a víztartalommal együtt (v/c).
3. Az adalékszer kiválasztása, és az adagolás meghatározása a víztartalom függvényében, és nem a cement tartalomra vonatkoztatva.
4. A betonkeverék legkedvezőbb finomrésztartalmának (mész-köliszt) meghatározása, a frissbeton terülésének és kifolyási idejének vizsgálatával.
5. Az meghatározott finomrésztartalommal a keverék véglegesítése és a keverék eltarthatóságának vizsgálata a fékezőgyűrűs roskadási terülés és a kifolyási idő mérésével.
6. Henger próbatestek készítése. A henger próbatestek elhasításával a beton homogenitásának ellenőrzése.

### **Öntömörödő betonok vizsgálati módszerei az MSZ EN 206 szabványban**

Az MSZ EN 206 szabvány tárgyalja az öntömörödő beton ellenőrzését is, és megadja azokat a vizsgálati módszereket és követelményeket, amelyek az öntömörödő betont jellemzik. Ezek a következők:

- roskadási terülés: SF,
- viszkozitás: VS ( $t_{500}$ ) vagy VF ( $t_v$ ),
- átfolyási képesség: PL (L-szekrényes) vagy PJ (fékezőgyűrűs),
- szétosztályozódási ellenállás: SR.

Az öntömörödő beton azon tulajdonságait, amelyek egy adott felhasználás számára alkalmasak, ebből a négy paraméterből kell kiválasztani, majd ezt követően a megfelelő osztállyal kell meghatározni. Ha kevés vagy egyáltalán nincs vasalás, előfordulhat, hogy szükségtelen az átfolyási képesség előírása. Fontos lehet az öntömörödő beton kis viszkozítása, ha jó minőségű felületkialakításra van szükség, vagy ha nagyon sűrű a vasalás. A stabilitás jelentősége egyre inkább növekszik nagyobb folyási képességű és kisebb viszkozitású öntömörödő beton esetén. A kis viszkozítású öntömörödő beton kezdetben nagyon gyorsan folyik, de aztán megáll. A nagy viszkozítású öntömörödő beton hosszabb időtartamon át megtarthatja folyási képességét. Az öntömörödő beton viszkozítását vagy a  $t_{500}$ -as idő (a roskadási terüléshez kapcsolódóan), vagy a  $t_v$  idő mérésével (a tölcséres kifolyási (V-funnel) vizsgálattal) lehet értékelni. Az MSZ EN 206 szabvány szerinti roskadási terülési és viszkozitási osztályokat a 4.6.38.–4.6.40. táblázatokban adjuk meg.

#### **4.6.38. táblázat: A roskadási terülés osztályai az MSZ EN 206 szabvány szerint**

Osztály	Roskadási terülés (mm) MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva
SF1	550 – 650
SF2	660 – 750
SF3	760 – 850

#### **4.6.39. táblázat: Viszkozitási (roskadási terülési) $t_{500}$ osztályok az MSZ EN 206 szabvány szerint**

Osztály	$t_{500}$ (sec) MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0

#### **4.6.40. táblázat: Viszkozitási (tölcséres kifolyási) $t_v$ osztályok az MSZ EN 206 szabvány szerint**

Osztály	$t_v$ (sec) MSZ EN 12350-9 szerint vizsgálva
VF1	< 9,0
VF2	9,0 – 25,0

Az átfolyási képesség a frissbetonnak az a képessége, hogy az egyenetlenség elvesztése és elakadás nélkül folyékonyan át szűk térközökön és keskeny nyílásokon, mint például sűrű vasalás között. Az átfolyási képesség meghatározásához a henger próbatestet elhasítják, és a kifolyó beton mennyiségét mérik meg.

tározásokor figyelembe kell venni a vasalás geometriáját. A meghatározó méret az a legkisebb nyílás, amelyen az öntömörödő betonnak folyamatosan át kell folynia (átfolyási nyílás), hogy kitöltse a zsaluzatot. Összetett szerkezeteknél, ahol az átfolyási nyílás kisebb, mint 60 mm, szükség lehet különleges modellkísérletek elvégzésére. Az MSZ EN 206 szabvány szerinti L-szekrényes (L-dobozos) vizsgálattal, illetve a fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) vizsgálattal megkapható átfolyási képességi osztályokat a 4.6.41. és 4.6.42. táblázatban adjuk meg.

#### 4.6.41. táblázat: L-szekrényes (L-dobozos) átfolyási képesség osztályok az MSZ EN 206 szabvány szerint

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

#### 4.6.42. táblázat: Fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) átfolyási képesség osztályok az MSZ EN 206 szabvány szerint

Osztály	Fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) átfolyási képesség MSZ EN 12350-12 szerint vizsgálva
PJ1	≤ 10 (12 db fékező acélrúd alkalmazásával)
PJ2	≤ 10 (16 db fékező acélrúd alkalmazásával)

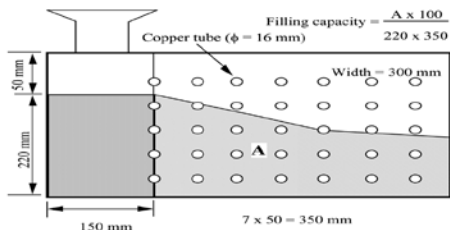
A szétosztályozódási ellenállás az öntömörödő beton összetartó képességét írja le, ami alapvető feltétele a homogenitásának és minőségének a helyszíni kivitelezés szempontjából. Az öntömörödő betonban a bedolgozás során dinamikus szétosztályozódás, a bedolgozást követően, de még a megkötés előtt pedig statikus szétosztályozódás alakulhat ki. A statikus szétosztályozódás magas betonelemek és vékony lemezek esetében nagyon káros, mert felületi hibákhoz, repedésekhez vagy rossz minőségű felülethez vezethet. A szétosztályozódási ellenállás vizsgálata nem alkalmazható szálakat vagy könnyű adalékanyagot tartalmazó betonokra. Az MSZ EN 206 szabvány szerinti szétosztályozódási ellenállás osztályokat a 4.6.43. táblázatban adjuk meg.

#### 4.6.43. táblázat: Szétosztályozódási ellenállás osztályok szítán mérve az MSZ EN 206 szabvány szerint

Osztály	Szétosztályozódott hányad (tömeg%) MSZ EN 12350-11 szerint vizsgálva
SR1	≤ 20
SR2	≤ 15

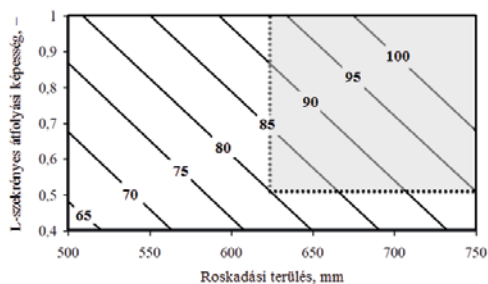
A roskadási terület (MSZ EN 12350-8) és az L-szekrényes (L-dobozos) átfolyási képesség (MSZ EN 12350-10), illetve a fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) átfolyási képesség (MSZ EN 12350-12) mérőszámok közötti összefüggést a kitöltő képesség vizsgálat (filling vessel caisson test) segítségével illusztráljuk. A kitöltő képesség vizsgálatát japán kutatók dolgozták ki az öntömörödő betonok kifejlesztésének korai időszakában (Yurugi et al, 1993), és bár szabványos vizsgálati eljárásá ez később nem vált, nagyon jól modellezhető vele az öntömörödő beton tényleges működése, ezért röviden bemutatjuk a módszert.

A vizsgálathoz 300×300×500 mm méretű, átlátszó falú dobozt kell készíteni, amelyben a 4.6.78. ábrán látható elrendezésben 35 darab, 16 mm átmérőjű blokkolórúd helyezkedik el, vízszintes és függőleges értelemben is 34 mm szabad nyílást hagyva köztük. A betont egy betöltő tölcseren keresztül 20 liter/perc sebességgel kell betölteni a doboz bal oldali munkaterébe oly módon, hogy a betöltött beton magassága 220 mm legyen. Miután a blokkolórúdak között a beton mozgása megáll, meg kell határozni a kitöltő képességet (az ábrán Filling capacity). Öntömörödő beton esetén a kitöltő képességnek legalább 80%-nak kell lennie.



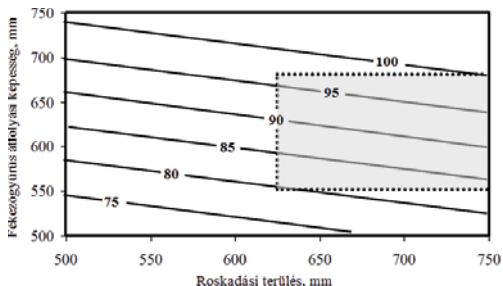
**4.6.78. ábra: Kitöltő képesség vizsgálata (filling vessel caisson test) (Yurugi et al, 1993)**

A 4.6.79. ábrán a roskadási terület (MSZ EN 12350-8) és az L-szekrényes (L-dobozos) átfolyási képesség (MSZ EN 12350-10) kapcsolatát láthatjuk. A legalább 80%-os kitöltő képességhez (az ábrán szürke tónussal jelölt tartomány) 635-760 mm roskadási terület és 0,5-1,0 átfolyási képesség tartozik (Long et al, 2014).



**4.6.79. ábra: Roskadási terület (MSZ EN 12350-8) és L-szekrényes (L-dobozos) átfolyási képesség (MSZ EN 12350-10) kapcsolata kitöltő képesség vizsgálat alapján (Long et al, 2014)**

A 4.6.80. ábrán a roskadási terület (MSZ EN 12350-8) és a fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) átfolyási képesség (MSZ EN 12350-12) kapcsolatát láthatjuk. A legalább 80%-os kitöltő képességhez (az ábrán szürke tónussal jelölt tartomány) 635-760 mm roskadási terület és 570-685 mm átfolyási képesség tartozik (Long et al, 2014).



**4.6.80. ábra: Roskadási terület (MSZ EN 12350-8) és fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) átfolyási képesség (MSZ EN 12350-12) kapcsolata kitöltő képesség vizsgálat alapján (Long et al, 2014)**

A 4.6.79. és 4.6.80. ábrák nomogramjait felhasználva a kitöltő képesség megbecsülhető másik 2-2 szabványos vizsgálat eredményei alapján.



## Felhasznált irodalom

- Domone, P. L. (2006) Self-compacting concrete: An analysis of 11 years of case studies. Cement & Concrete Composites, Vol. 28, No. 2, February 2006, pp. 197-208.
- Erdélyi A., Migály B., Deményiné Hudák G. (2003) Öntömörödő beton alkalmazása I-III. Beton, XI. évf. 3 sz., pp. 10-11, 4. sz., pp. 3-6, 6. sz., pp. 11-13.
- Long, W-J., Khayat, K. H., Lemieux, G., Hwang S-D., Han N-X. (2014) Performance-Based Specifications of Workability Characteristics of Prestressed, Precast Self-Consolidating Concrete - A North American Prospective. Materials, Vol. 7, 2014, pp. 2474-2489.
- Okamura, H., Ouchi, M. (2003) Self-Compacting Concrete. Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 1, No. 1, April 2003, pp. 5-15.
- Okamura, H., Ozawa, K. (1995) Mix-design for Self-Compacting Concrete. Concrete Library of JSCE, No. 25, June 1995, pp. 107-120.
- Ouchi, M. (1998) History of Development and Application of Self-Compacting Concrete in Japan. Proceedings of the International Workshop on Self-Compacting Concrete, 23-26. August 1998, To-sa-Yamada Kochi, Japan, pp. 1-10.
- Ouchi, M. (2005) Self-Compacting Concrete. Proceedings of the JSCE-CÖCHE Joint Seminar on Concrete Engineering in Mongolia, Ulan Bator, May 19, 2005, pp. 26-40.
- Yurugi, M., Sakata, N., Iwai, M., Sakata, G. (1993) Mix Proportion of Highly Workable Concrete. Proceedings of the Concrete 2000 Symposium, Dundee, Scotland, 7-9 September 1993, pp. 579-589.
- Zsigovics, I. (2003) Öntömörödő beton. PhD értekezés, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudomány Egyetem, Építőmérnöki Kar, 2003, 136 p.
- Zsigovics, I. (2007) Mix design of Self Compacting Concrete. Proceedings of the 3rd Central European Congress on Concrete Engineering, Visegrád, 17-18 September, 2007, pp. 161-165.

### 4.6.17. LÁTSZÓBETONOK, LÁTVÁNYBETONOK (KAPU LÁSZLÓ, SÜLYOK TAMÁS)

#### FOGALMAK

- **látszóbeton:** „A látszófelület a kész betonszerkezet olyan látható része, amelyen kialakításának és elkészítésének jellemzői felismerhetők (forma, textúra, szín, zsaluhéj, munkahézagok, zsaluhéj illesztések stb.), és amely mértékadóan meghatározza az épületrész vagy építmény építészeti hatását.” DBV Merkblatt Sichtbeton
- **látszóbeton - látványbeton**  
Látszóbeton, nyersen maradó beton, vakolatlan beton. Gyakran úgy tűnik, hogy Magyarországon ezek a meghatározások csak annyit jelentenek, hogy az elkészült vasbeton szerkezet felülete véglegesen látszó marad, nem fogják eltakarni. Érdemes azonban elkülöníteni azokat a betonfelületeket, amelyeket (akár pénz hiányában) nem takartak el azoktól a felületektől, amelyek egy előre meghatározott építészeti koncepció szerint nem kapnak burkolatot.  
A látványbeton kifejezés (használatra dr. Erdélyi Attila nevéhez fűződik), érzékelteti a tervező eredeti célját, mégpedig azt, hogy a készítendő szerkezet építészeti látványosság céljából épül. Egy látványelemről van tehát szó, valamilyen különleges felületről, akár művészi alkotásról, amelynek elkészítése a megszokott-nál jóval nagyobb odafigyelést igényel és jelentősen nagyobb költségű. Ekkor olyan felületről/szerkezet-ről beszélünk, amelyik nem csak látszik, de látványos is!
- **látványbeton:** építészeti látványosság céljából készített takaratlan betonfelület, amely magán viseli készítésének technológia jegyeit.

## ALKALMAZÁSI TERÜLETEK

A látszóbeton kifejezés eredeti használata a helyszínen készített (monolit), illetve az előre gyártott vasbeton szerkezetekre vonatkozik. A kifejezés mai használata azonban kibővültés végül az alkalmazási területek az alábbiak:

- helyszínen készített beton- /vasbeton szerkezetek
  - előre gyártott beton- /vasbeton szerkezetek
  - előre gyártott finombeton kéregszerkezetek
  - helyszínen készített beton/vasbeton járófelületek
- (Ez a fejezet csak a szerkezeti betonból készített látszó/látvány felületekkel foglalkozik.)

## SZABÁLYOZÁS

Az alábbiakban felsoroljuk a – látszó betonokra vonatkozó - hazánkban is használt szabályozásokat.

- magyar
  - helyszínen készített (monolit) látszóbetonok  
**MSZ 24803-6-3 - 2010. kiadta: Magyar Szerkezetépítők Szövetsége**  
Megkülönböztet 4 követelményszintet: ALAP, NORMÁL, MAGAS, KÜLÖNLEGES követelményszintek  
**MI 24803-7 - 2015. kiadta: Magyar Betonelem Gyártók szövetsége**
  - Megkülönböztet 4 követelményszintet: ALAP, NORMÁL, MAGAS, KÜLÖNLEGES követelményszintek-  
osztrák:
    - zsaluzott (helyszínen gyártott) látszóbetonok  
**Zsaluzott betonfelületek („Látszóbeton”) 2002 kiadta: Osztrák Beton és Építéstechnikai Szövetség**  
Megkülönböztet 5 követelményosztályt: GB0, GB1, GB2, GB3, GB4
- német
  - helyszínen gyártott (monolit)látszóbetonok  
**Látszóbeton irányelv 2004**  
Megkülönböztet követelményosztályt: SB1, SB2, SB3, SB4
  - előre gyártott látszóbetonok  
**Irányelv 1: Az előre gyártott beton és vasbeton elemek látványbeton megjelenéséről (2005/2006) kiadta: Német Betonelemgyártó Szövetség**

## TERVEZÉS

(A helyszínen készített látványbetonokra vonatkozik.)

### Jogszabályi kötöttségek

A látszóbeton tervezésének jogszabályi kötöttségei is vannak. A szerkezetnek és felületeinek is meg kell felelnie az alapvető (biztonsági) követelményeknek (lásd Építési törvény, tervezői nyilatkozat). A jogszabályoknak való megfelelés érdekében célszerű betartani az MSZ EN 1992 (Eurocode 2) és az MSZ EN 13670-1 követelményeit, amelyeknek kiemelt, a *tervdokumentációban* is elölírandó feltételei:

- a kivitelezés irányítása,
- az alkalmazandó zsaluzatok,
- a beépítendő vasalás,
- a beton anyagára vonatkozó követelmények,
- a beton bedolgozás körülményei,
- az elfogadható mérettűrések,
- az elkészült felületek utókezelése,
- a nem megfelelés kezelés.

## A megvalósítási lehetőségek

Az átgondolt tervezés részleteinek *ki kell térnie a szerkezetre/felületre vonatkozó alábbi követelményekre:*

- felületi textúra,
- felületi lenyomat,
- átkötési helyek állapota,
- átkötési helyek geometriai kialakítása,
- munkahézagok kialakítása szerkezeten belül,
- munkahézagok kialakítása szerkezetek között,
- élképzés módja,
- szín,
- gépészeti kapcsolatok kialakítása,
- elektromos kapcsolatok kialakítása.

## Kivitelezési hibák korlátozása

Fontos tisztázni, hogy a „tökéletestől” eltérő kivitelezés mennyire zavarja a szerkezet majdani használatját (*tűrési értékek*). A különböző kivitelezési hibák (a majdani *vizsgálati szempontok*) ugyanis más-más módon befolyásolják a látványosságot.

Standard vizsgálati szempontokhoz tartozó követelményeket (lásd. MSZ 24803-6-3) egy-egy kifejezéssel is meg lehet fogalmazni, amelyek mögött 24 vizsgálati szempont és tűrési érték adja a konkrét műszaki tartalmat. Ilyenek például:

- MAGAS Követelményszint,
- KÜLÖNLEGES Követelményszint.

## A MEGVALÓSÍTÁS SAROKKÖVEI

### Előkészületek

*A látványbeton szerkezetek kivitelezésének meghatározó területe az előkészítési folyamat.* Az alábbiakban felsoroljuk azokat a tevékenységeket, amelyeket a kivitelezés megkezdése előtt feltétlenül el kell végezni:

- zsaluzási terv készítése (héjzat lenyomata, munkahézagok helyzete, átkötési helyek helyzete),
- betonozási terv készítése (cement, adalékanyag, adalékszer, eltarthatóság, próba keverések),
- technológiai utasítás készítése (szükség van a technológiai részletes átgondolására),
- minőségbiztosítási terv készítése (meg kell előre határozni az ellenőrzés helyét, felelősét),
- mintafelület készítése (ezt addig kell csinálni, amíg a technológia begyakorlottá nem válik),
- minta javítások készítése (fel kell készülni az esetleges hibákra és azok szakszerű javítására is).

### Helyszíni megvalósítás

A kivitelezés közben számtalan dologra kell figyelni. Az alábbiakban felsoroljuk azokat a főbb szempontokat, amelyek betartása előfeltétele a tervezett minőségű látványbeton készítésének:

- zsaluzat készítése
  - zsaluzóanyag állapota (sérülésmentesség),
  - fogadófelület kiegyenlítése,
  - formaleválasztó finom felhordása,
  - zsaluzat védelme,
  - szög, csavar mentesség,
  - zsaluhéjak csatlakozásának tömítése,
  - sarkok, munkahézagok, kizárások csatlakozásának tömítése,
- betonacél elhelyezése
  - beton takarás (betonfedés),

- távtartó (rendszerben),
- betongyár
  - egységes adalékanyag,
  - egységes cementfajta,
  - mixerek tisztasága,
- beton bedolgozása
  - próbabetonozás (rétegvastagság, vibrátor merítésének rendszere és időtartama),
  - termékazonosítás,
  - megfelelőség ellenőrzés (eltarthatóság, konzisztencia ellenőrzése),
  - zsaluzatba juttatás (max. 1 méter ejtési magasság).

## LÁTVÁNYBETON KOORDINÁCIÓ

Az elnevezéssel kapcsolatos elképzeléseit Ebeling 1998-ban publikálta. Szerinte a látszóbeton „csapatának” meghatározó egyénisége a látszóbeton-koordinátor. Ő az, aki „lehetővé teszi a látszóbeton-készítés folyamatánál az egyik legfontosabb összetevőt, a felek egymással való kommunikációját. Munkája a kölcsönösen hatékony döntések megszületését segíti elő.”

Ebeling útmutatása szerint a látványbeton-koordinátornak végig kell kísérnie a megvalósulási folyamatot az elejétől a végéig, az építető gondolatának megfogalmazásától, az átadásig.

A koordinátornak olyan szakembernek kell lennie, aki nemcsak a látványbeton tervezés irányelveit ismeri, de tisztában van a kivitelezéssel és a megvalósíthatóság legapróbb részleteivel. Jól ismeri a betonkészítés és bedolgozás, a zsaluhasználat, a betonretusálás technológiát.

## LÁTVÁNYBETON RETUSÁLÁS

A látványbeton szerkezetek még a jelentős kivitelezői odafigyelés ellenére sem sikerülnek mindig hibátlanul. Könnyen megjelennek a felületen kisebb telítetlenségi, esetleg geometriai hiányok. Hasonló jelenség előfordul nemcsak hazánkban, hanem más európai országban is. *Ilyen esetben mégsem kell a szerkezetet elbontani.* Számos helyen bevált megoldások léteznek különösen a felületi pontatlanságok javítására, kozmetikázására.

## A BETON

A betonösszetétel szempontjából és a kivitelezési folyamat szempontjából három teljesen különböző területet kell megkülönböztetni.

A. Födém alsó felülete:

A használat során legjobban kímélt felület. Általában tartósan száraz beltéri felület-fajta, ezért legkönnyebb a követelmények megfogalmazása. Minden külön, a betonösszetételt érintő intézkedés nélkül, a szerkezeti födém betonok felülete látszóbeton minőségű, hacsak nem lesz fészkes, tömörítési-tömöríthetőségi hiányosságok miatt.

B. Padló beton, járófelület:

A látszó felületek általában utólagos megmunkálást kapnak (besimítás, csiszolás, impregnálás, lazúrozás), ezért a keverék-összetétel a megmunkált felület tulajdonságait jelentősen nem befolyásolja. Ajánlott, hogy ez a szerkezetfajta kavics-dús anyagból készüljön, így a megmunkált felület megjelenésében a kavicsok láthatók lesznek. A feltárt felület akkor szép, ha a kavicsok eloszlása egyenletes. *Ha a padló kéregerősítést kap,* akkor a beton anyagának látható tulajdonságai nincsenek.

### C. Függőleges szerkezetek (pillér, fal) felületei:

A földmennél és a padlónál sokkal közelebről (néhány cm távolságról) is látható, szemlélhető felület, ezért is itt fogalmazódott meg a *legtöbb követelmény* a felülettel szemben.

*Az eltakarást nem kapó, zsaluzati lenyomatot viselő betonok összetételére a következő szempontok figyelembe vételét javasoljuk:*

#### o Cement:

Bármely fajta cement használható, amely a szerkezet egyéb követelményei szerint nincs korlátozva. A felület színére gyakorolt hatása szerint választhatunk világos színű, kohósalakos cementet (pl. CEM III/A 32,5) vagy sötét színű, pernye tartalmú, kompozit-portland cementet (pl. CEM II/B-M (V-LL) 32,5- esetleg szinte „fekete” szulfátálló („S54”) CEM I portlandcementet. A fehérhez közeli betonszín eléréséhez alkalmazhatunk fehér cementet is (pl. CEM I 52,5 R White). Ez utóbbi használatánál a konzisztencia eltarthatóságát körültretekintően, vizsgálatokkal kell megtervezni, mert gyorsabban köthet és nagyobb hőfejlesztésű lehet.

#### o Adalékanyag:

A szerkezet tulajdonságaihoz (méretek, betontakarás) illeszkedő szemnagyságot kell választani, ezért valamennyi  $d_{max}$  esetén meg kell találni a látszó felülethez legalkalmasabb keveréket. Látszó felületek esetén is alkalmazhatunk folyamatos és lépcsős (frakcióhiányos) görbéjű adalékanyag összetételt. *A lépcsős görbéjű adalékanyag előnye próbakeveréssel, vizsgálatokkal bizonyítható, akkor viszont bátran alkalmazhatjuk.*

Meghatározó jelentőségű az alkalmazott homok tulajdonsága, színe, szemmegoszlása, különös tekintettel a 0,25 mm alatti tartalma, melyet ajánlott 7-10 tömeg%-os tartományban megválasztani. A kiválasztott homok tulajdonságainak időbeli egyenletességét biztosítani kell.

#### o Adalékszerek:

Aszerkezet építésénél használt adalékszerek az ilyen a betonban is benne lehetnek: folyósító, kötésiasszisztáló, felületképző, légpórusképző (LP). Fehérbetonba sötét színű adalékszert csak kipróbálás után alkalmazunk. A légpórusképzőnek a felület megjelenésében számottevően előnyös hatása van: egyfajta finomrész tartalomként működik a betonban csökkenti a kivérzést. Más finomrésztartalmat növelő anyagokkal ellentétben az LP-képzőnek nincs külön vízigény szükséglete. Az LP-képzőt tartalmazó beton bedolgozása könnyebb, vibrálási igénye kisebb. Az alkalmazott LP-képzővel előállított beton faggyal szembeni ellenállása megnő, vízzárósága nem romlik. Az LP-képzővel készült betonnal elérhető szilárdság elmarad az LP-képző nélkülötől, de ezt a különbséget a szilárdság tervezésénél figyelembe véve a szerkezet szilárdsága is megfelelő lesz.

Tekintettel a folyamatos bedolgozhatóságra célszerű kötésiasszisztáló szereket is alkalmazni, melyek a folyamatos és egyenletes összedolgozhatóságot/összevibrálhatóságot segítik elő.

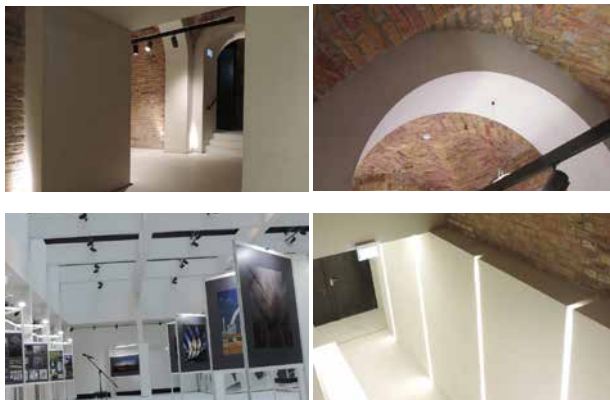
Ki kell emelni a *felületképző szerek alkalmazását*, amelyek a buborékokat tartják távol a felülettől.

#### o Kiegészítőanyagok:

Két féle okból használhatunk kiegészítőanyagot: a szerkezet tulajdonságainak javítására (pernye, szilikapor) vagy pusztán a felület színének megváltoztatásáért (mész-köliszt, festékek). A felületre gyakorolt hatásuk erős, ezért a kiválasztott anyag fajtája és mennyisége menet közben nem változtatható meg az egyben (egyszerre) látható szerkezetek esetén.

A méz-köliszt – a lelőhelytől függően – világosítja az elkészült beton színét és tömörebb felületi struktúrát hoz létre. Használatát azonban érdemes korlátozni (20- 170 kg/m<sup>3</sup>), mert a színhatáson túl egy olyan kiegészítőanyagról beszélünk, amely a szerkezeti betonban ronthatja a friss- és megszilárdult beton tulajdonságait. Túlzott mennyiségben alkalmazva a méz-kölisztet többlet víz, többlet folyósítószer és többlet cement igénye lehet a betonnak. Az öntömörödő betonnal (ÖTB, SCC) és a méz-köliszt adagolásával szerzett kedvező tapasztalatokról a 4.6.16. fejezet szól.

- Keverék összetétel:
- A betonkeveréknek – ha szerkezeti beton is egyben – alapvetően szilárdsági követelménye van. Más szilárdságosztályhoz tartozó betonokat (amelyeknek a szilárdság elérésének okán más összetétele van) együtt szemlélve lehet, hogy a színükben eltérést tapasztalunk. Ilyen esetben a hatást nem tompítani, kiegyenlíteni, hanem felerősíteni javasolt. A színiegyenlítés ugyanis elérhetetlen.
- A szerkezeti követelményeket betartva törekedni kell arra, hogy a beton víztartalma kevés, ugyanakkor jól bedolgozható legyen. Erre a célra használunk folyósító szereket, de nem korlátok nélküli mennyiségben. A  $d_{max}$ -tól függően, az adalékszer nélküli F2 konzisztenciához tartozó víztartalmat ne múljunk alul. Az alkalmazott konzisztenciát függőleges szerkezetek esetén F4 és F5 között javasolt megtervezni. Ebben a tartományban elkerülhető a frissbeton szétüledése és a felületen megjelenő csikozódás. A 60 cm feletti területű – állandó konzisztenciájú - frissbeton gyártása gyakran nehézséget okoz.
- A *kiegészítőanyagok* frissbeton tulajdonságra gyakorolt hátrányos hatását egyensúlyban kell tartani a felület szebb megjelenésével.
- A megtervezett keverékből mindenképpen *ajánlott felületi mintát készíteni a szerkezet bedolgozásával megegyező módon* bedolgozva. A színminta elfogadása után a próba szerkezet beépítés is ajánlott.
- A beton 2-2,5 órás eltarthatósága – a felgyorsult kivitelezési ütemek miatt – alapkövetelmény. A próba betonozások során kialakult vibrálási idő, távolság és alkalmazott frekvencia a föltétele, az állandó konzisztencia teljesülésének.



**4.6.81. ábra: az Országgház Látogatóközpont fehér látványbeton felületei – Szerzők: Kapu László, Sulyok Tamás**

#### 4.6.18. HŐ- ÉS TŰZÁLLÓ BETONOK

(DR. MAJOROSNÉ DR. LUBLÓY ÉVA ESZTER, DR. BALÁZS L. GYÖRGY)

A megszilárdult beton két fő komponensből (adalékanyag és a cementkő) áll, összetett anyag. Hőmérséklet-emelkedésének hatására mindkettőben változások következnek be.

A hőmérséklet emelkedésével romlanak a beton szilárdsági jellemzői. A beton a lehülés során sem nyeri vissza, vagy csak kis mértékben, eredeti tulajdonságait, jellemzőit, mivel a hőterhelés hatására a beton szerkezetében visszafordíthatatlan folyamatok mennek végbe, a beton szerkezete „megbomlik”, és végezetül tönkremegy.

A beton tűzterhelés hatására bekövetkező tönkremenetele alapvetően két okra vezethető vissza (Kordina, 1997):

- a beton alkotóelemeinek kémiai átalakulására, illetve
- a betonfelület réteges leválására (Balázs, Lublói, 2009).

A beton kémiai és fizikai változása hőterhelés hatására

A beton szilárdsági tulajdonságainak változása nagy hőmérsékleten a következő paramétereiktől függ (Thielen, 1994): a cement típusától, az adalékanyag típusától, a víz/cement tényezőtől, az adalékanyag/cement tényezőtől, a beton kezdeti nedvességtartalmától, a hőterhelés módjától (Lublóy, Balázs 2009).

A megfelelő cement és adalékanyag választással hő-, illetve tűzálló betonok is készíthetőek. A tűzálló betonokhoz alumínátcementet és samott adalékanyagot javasolt használni (Strauss, 1993).

Nagy hőmérséklet hatására a beton szerkezete megváltozik. A különböző hőmérsékleti tartományokban a betonban lejátszódó legfontosabb fizikai és kémiai folyamatokat az alábbiakban foglaljuk röviden össze.

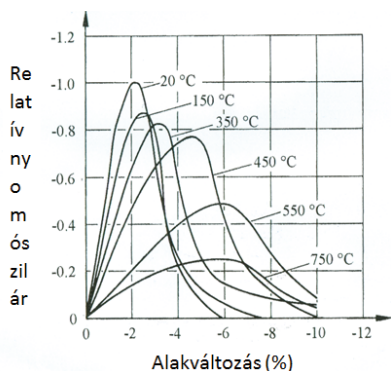
A hőmérséklet-növekedés hatására a betonban lejátszódó kémiai folyamatok alakulását termoanalitikai módszerekkel (TG/DTG/DTA) vizsgálhatjuk. A TG (termogravimetriás) és a DTG (derivált termogravimetriás) görbék segítségével a tömegváltozással járó átalakulások mennyiségi elemzése lehetséges. A DTA (differenciál termoanalízis) görbékkel nyomon követhetjük a mintákban a hőmérséklet növekedésének hatására bekövetkező exoterm (hőtermelő) vagy endoterm (hőelnyelő) folyamatokat.

100°C körül a tömegvesztés a makropórusokból távozó víz okozza. Az ettringit ( $3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$ ) bomlása 50 °C és 110 °C között következik be (Khoury, Graiver, Sullivan, 1985). 200 °C körül további dehidratációs folyamatok zajlanak, ami újabb kismértékű tömegvesztéshez vezet. A különböző kiinduló nedvességtartalmú próbatestek tömegvesztése eltérő lesz egészen addig, amíg a pórusvíz és a kémiaiag kötött víz eltávozik. A kiinduló nedvességtartalom függvényében a tömegvesztés eltérése különösen a könnyűbetonok esetén jelentős.

A kiinduló nedvességtartalomtól függő további tömegvesztés 250-300 °C között már nem érzékelhető. 450 °C és 550 °C között a nem karbonátosodott portlandit bomlása következik be ( $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow \text{CaO} + \text{H}_2\text{O}$ ).

Ez a folyamat endoterm (hőelnyelő) csúcsot, és ezzel egyidejűleg újabb tömegvesztéshez vezet (Schneider, Weiss, 1977). A közönséges betonok esetén a kvarc  $\alpha$ -ból  $\beta$  módosulatba való kristályátalakulása 573 °C-on okoz kis intenzitású endoterm csúcsot. A kvarc átalakulása 5,7%-os térfogat-növekedéssel jár (Waubke, 1973), ami a kvarc adalékú beton lényeges károsodását eredményezi. Ezen hőmérséklet fölött a betonnak már nincs jelentős teherbírási képessége. 700 °C-on a CSH (kalcium-szilikát-hidrát) vegyületek vízleadással bomlanak, ami szintén térfogat-növekedéssel és ezért további szilárdságcsökkenéssel jár (Hinrichsmeyer, 1987).

A beton szilárdsági jellemzőinek változását a hőmérséklet függvényében megadott  $\sigma - \varepsilon$  ábrán mutatjuk be (4.6.82. ábra).



4.6.82. ábra: Kvarc adalékanyagú beton  $\sigma - \varepsilon$  diagramja a hőmérséklet függvényében (Scneider, Lebeda, 2000)

A beton szilárdságcsökkenésének mértékét az MSZ EN 1992-1-2 csökkentő tényezővel adja meg. A beton szilárdsága a hőmérséklet függvényében ( $\Theta$ ) a következő képlettel számolható:

$$f_{ck}(\Theta) = k_c(\Theta) \cdot f_{ck}(20^\circ\text{C})$$

ahol:

$f_{ck}(\Theta)$  a beton nyomószilárdság karakterisztikus értéke  $\Theta$  hőmérsékleten,  
 $f_{ck}(20^\circ\text{C})$  beton nyomószilárdság karakterisztikus értéke  $20^\circ\text{C}$ -on,  
 $k_c(\Theta)$  csökkentő tényező a hőmérséklet függvényében.

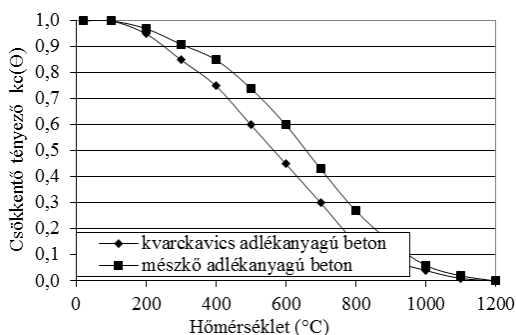
A csökkentő tényezőket ( $k_c(\Theta)$ ) a 4.6.83. ábrán adjuk meg kvarckavics, illetve mészkő adalékanyagú betonok esetén.

*A betonfelület réteges leválása*

A betonfelületek réteges leválásának két oka lehet:

- (1) a betonból távozó vízgőz lefeszíti a felületi rétegeket vagy
- (2) a terhelt zóna már nem tudja a hőtágulásból származó újabb erőket felvenni és lemorzsolódik, leválik (*Winterberg, Dietze, 2004, Fehérvári, 2009*).

A nagyszilárdságú betonok felületének leválását általában a hőmérséklet emelkedésének hatására bekövetkező feszültségek okozzák; a szokványos betonok esetén általában a betonból távozó vízgőz feszíti le a felületi rétegeket. A betonfelület egyik oldalát hőterhelés éri, a betonból távozó vízgőz hatására egy vízgőzzel telített réteg alakul ki, ahol a vízgőz nyomása egyre nő, és lefeszíti a betonrétegeket (jellemzően alagúttűzek esetén). A beton felületek leválásának mechanizmusát a 4.6.84. ábrán ismertetjük.



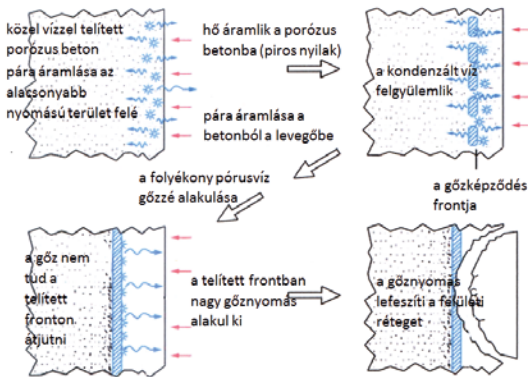
**4.6.83. ábra: A beton nyomószilárdság csökkentő tényezői (MSZ EN 1992-1-2)**

A betonfelület réteges leválásának az esélyét a következő tényezők befolyásolják:

- külső tényezők: a tűz jellege, a szerkezetre ható külső terhek nagysága;
- geometriai jellemzők: a szerkezet geometriai adatai, a betonfedés nagysága, a vasalás betéteinek száma és elhelyezkedése;
- a beton összetétele: az adalékanyag mérete és típusa, a cement és a kiegészítőanyag típusa, a porozitás a polipropilén száladagolás, az acél szálerősítés, a beton nedvességtartalma, áteresztőképessége és szilárdsága (*Silfwerbrand, 2004*).

Alagutak esetén fontos, hogy a betonfelületek réteges leválása tűz esetén lehetőség szerint ne következzen be. Számos kísérlet igazolta, hogy a betonfelület leválásának veszélye műanyagszálak alkalmazásával jelentősen csökken, a szálváz kiégése során létrejövő „csőhálózatos” pórusszerkezet a gőzt kivezeti és a szétrepedezés veszélyét csökkenti (*Majorosné, Balázs, 2006, Richtlinie, 2005, Dorn, 1993*).





**4.6.84. ábra: A betonfelület leválásának mechanizmusa (Winterberg, Dietze, 2004)**

## Felhasznált irodalom

- Balázs L. György, Lublőy Éva: Magas hőmérséklet hatása a vasbeton szerkezetek anyagaira. VASBETONÉPÍTÉS 2009/2, pp. 48-54
- Fehérvári S. (2009): Betonösszetevők hatása az alagútfaalazatok hőtűrésére, PhD értekezés BME
- Hinrichsmeyer, K. (1987): Strukturorientierte Analyse und Modellbeschreibung der thermischen Schädigung von Beton, Heft 74 IBMB, Braunschweig
- Khoury, G. A., Grainger, B. N., Sullivan P. J. E (1985): Transient thermal strain of concrete: literature review, conditions within specimen and behaviour of individual constituents, Magazine of Concrete Research, Vol 37, No. 132
- Kordina, K (1997): Über das Brandverhalten punktgestützter Stahlbetonbalken, Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 479, ISSN 0171-7197, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- Lublőy Éva, Balázs L. György: Vasbetonszerkezetek viselkedése magas hőmérsékleten. VASBETONÉPÍTÉS 2009/4 pp. 113-118
- Majorosné Lublőy Éva, Balázs L. György: Műanyagszál adagolású betonok alkalmazhatósága, különös tekintettel a tűzállóságra. VASBETONÉPÍTÉS 2006/2, pp. 57-63
- MSZ EN 1992-1-2: 2005 Vasbetonszerkezetek tervezése, Általános szabályok, Tervezés tűzterhelésre, Magyar Szabványügyi Testület
- Schneider, U., Lebeda, C. (2000): Baulicher Brandschutz ISBN 3-17-015266-1 W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart
- Schneider U., Weiß R. (1977), „Kinetische Betrachtungen über den thermischen Abbau zementgebundener Betone und dessen mechanische Auswirkungen, Cement and Concrete Research, Vol 11, pp. 22-29
- Silfwerbrand, J. (2004): Guidelines for preventing explosive spalling in concrete structures exposed to fire, Proceedings of Keep Concrete Attractive, Hungarian Group of fib. 2325 Mai 2005, Budapest University of Technology and Economics, Budapest: 2005, pp. 1148-1156. - ISBN 963 420 837 1
- Strauss D. (1993), Benyújtott doktori értekezés Tűz hatásának figyelembevétele vasbeton tartószerkezetek méretezésénél
- Thielen, K. Ch. (1994): Strength and Deformation of Concrete Subjected to High Temperature and Biaxial Stress-Test and Modeling, (Festigkeit und Verformung von Beton bei hoher Temperatur und biaxialer Beanspruchung - Versuche und Modellbildung), Deutscher Ausschuss für Stahlbeton, Heft 437, ISSN 0171-7197, Beuth Verlag GmbH, Berlin
- Waubke, N. V. (1973): Über einen physikalischen Gesichtspunkt der Festigkeitsverluste von Portlandzementbetonen bei Temperaturen bis 1000°C Brandverhalten von Bauteilen, Dissertation, TU Braunschweig
- Winterberg, R., Dietze, R. (2004): Efficient passive fire protection systems for high performance shotcrete, Proceeding for the Second International Conference on Engineering Developments in Shotcrete, Cairns, Australia, October, 2004 ISBN: 0415358981

# 5. FRISS- ÉS MEGSZILÁRDULT BETON VIZSGÁLATOK

(SZEGŐNÉ KERTÉSZ ÉVA)

A frissbeton átadás/átvétele során legalább az alábbiakat kell megmérni: terülés, testsűrűség, légtartalom (a testsűrűségből és a keverési arányból is számítható).

## 5.1. KONZISZTENCIA

A frissbeton kezelhetőségét meghatározó állapotjellemező a konzisztencia, melyet különböző módszerekkel lehet vizsgálni és a konzisztencia-mérőszámokkal számszerűen jellemezni. A konzisztencia-mérőszámmal együtt minden esetben meg kell adni a vizsgálati módszert, amellyel a betonkeveréket vizsgálták.

Az MSZ 4798:2016 szabvány a következő konzisztenciavizsgáló eszközök alkalmazását szabályozza:

- roskadás, amely az összetartó képességre és az alakíthatóságra utal,
- tömörödési mérőszám, a tömöríthetőségi készsége következtethetünk,
- terülés, amely a mozgékonyt és az összetartó képességet jellemzi
- roskadási terülés, a tölcséres kifolyás, az L-szekrényes vizsgálat, a fékezőgyűrűs vizsgálat, valamint az üledékesi stabilitás vizsgálata az öntömörödő (ÖTB, SCC) betonok konzisztenciájának jellemzésére alkalmas.

Fontos tudnivalók

A különböző konzisztencia-mérőszámokat nem lehet, és nem is szabad egymással összehasonlítani. *A betonkeverék megrendelések a felhasználónak előzetesen meg kell egyeznie a gyártóval abban, hogy a tervező által esetenként csak tájékoztató megnevezéssel megadott konzisztenciát milyen módszerrel kell ellenőrizni.* A transzportbeton konzisztenciáját az átvételkor a felhasználónak ugyanazzal a módszerrel kell ellenőriznie, mint amilyennel a gyártó a konzisztenciát méri, megadja és garantálja. Ezért célszerű, ha a mixerkocsi (vagy a szállítójármű) magával viszi a betongyárban alkalmazott konzisztenciavizsgáló eszközt.

### 5.1.1. ROSKADÁS VIZSGÁLATA

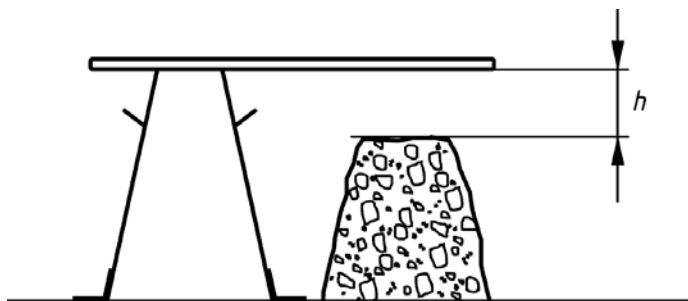
A roskadás vizsgálatának módszerét az MSZ EN 12350-2 szabvány írja le. Ez a módszer 10 és 210 mm közötti roskadási érték esetében ad pontos eredményt a beton konzisztencia változását illetően. Ha a roskadási érték a kúp leemelését követő egy percen belül változik meg, akkor a roskadás vizsgálat nem mértékadó. Ha a betonkeverékhez felhasznált adalékanyag legnagyobb szemnagysága > 40 mm, akkor a vizsgálat nem alkalmazható.

A roskadás vizsgálatához szükséges eszközöket, annak méreteit és mérettűréseit az MSZ EN 12350-2 szabvány részletesen szabályozza.

#### **A vizsgálat menete**

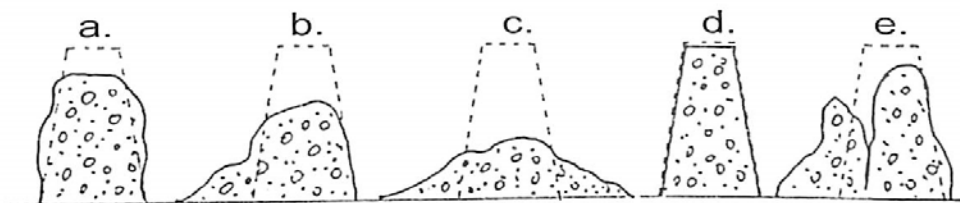
Első lépésként elengedhetetlen a kúpforma (magassága 300 mm) belső falának benedvesítése. Második lépésként ezt a benedvesített kúpformát ráhelyezzük egy merev, sima, vízszintbe állított nem nedvszívó alapra úgy, hogy a kúp és az alap között a vizsgálat ideje alatt cementpép, vagy víz ne folyhasson ki. Ezt követően a betonkeveréket a gondosan előkészített formába három egyenletes vastagságú rétegben betöltjük. Minden egyes réteget a csömösözőlő rúd ( $\varnothing 16 \pm 1$  mm, hossz  $600 \pm 6$  mm, mindkét végén legömbölyített) 25-szöri egyenletes beszurásával kell tömöríteni a réteg teljes mélységében. Az utolsó réteget úgy kell betölteni, hogy az a kúp felső pereme fölé púpozódjon. A tömörítés befejezésével a felső réteget húzzuk le a csömösözőlő rúd fűrészelő és hengerlő mozgásával. A lehúzást követően a formát függőleges irányba mozgatva óvatosan

emeljük le a betonról, ügyelve arra, hogy a betont oldalirányú nyíróhatás ne érje. A forma eltávolítását követően azonnal le kell mérni a betonkúp roskadását, és a mért értéket 5 mm-re kerekítve kell megadni. A roskadás mértékének meghatározását az 5.1. ábra mutatja. *A kúproskadás vizsgálathoz mindig annyi mintát kell kivenni a halmazból, amely elegendő az esetleges ismétléshez, vagy a beton konzisztencia-eltarthatóság vizsgálatához is.*



**5.1.1. ábra: Roskadás vizsgálata**

Az 5.1.2. ábrán néhány jellegzetes vizsgálati eredmény látható.



**5.1.2. ábra: Jellegzetes roskadási képek**

Az *a* ábrán a beton szabályos roskadása látható.

A *b* ábra torz, de még értékelhető eredményt mutat: ilyenkor a beton felső ferde síkjának legmagasabb pontját kell elfogadni.

A *c* ábra szerint a keverék teljesen szétesett: a konzisztencia mérésre ez a módszer nem alkalmas, a terület szabatosabb eredményt ad.

A *d* ábrán a kúp magassága alig-alig csökkent: ez azt jelenti, hogy a keverék túlságosan száraz volt (ún. földnedves). Ebben az esetben ez a módszer a konzisztencia meghatározására nem alkalmazható, inkább a tömörödési mérőszám megadása (5.1.2.) lehet célszerű.

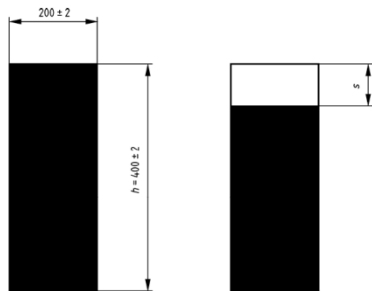
Az *e* ábra szerint, ha a beton egyik oldala leszakad vagy lenyíródik, akkor ezt a vizsgálatot figyelmen kívül kell hagyni, és a minta félretett részéből a vizsgálatot meg kell ismételni. Ha ez is eredménytelen, akkor ez a beton a roskadás mérésre nem alkalmas, ezért a konzisztenciát más módszerrel kell meghatározni.

### 5.1.2. TÖMÖRÖDÉSI TÉNYEZŐ MEGHATÁROZÁSA

A tömörödési tényező (tömörítési mérőszám) vizsgálata a tömöríthetőség meghatározására szolgál, melyet az MSZ EN 12350-4 szabvány szerint kell elvégezni.

### A vizsgálat menete

Egy kellően sima és merev falú, 200×200 mm alapterületű 400 mm magas, hasáb alakú fém tartályt tömörítés nélkül töltünk meg a vizsgálandó betonnal. A tartály pereme feletti betonpúpot óvatosan távolítsuk el, elkerülve a legkisebb tömörítést is. Ezután tömörítő eszközzel – vibroasztal, tűvibrátor – veszteség nélkül tömörítsük a betont mindaddig, amíg további rétegfogatsökkenés már nem észlelhető. Mérjük meg az 5.1.3. ábra szerinti „s” értéket (amely a tartály négy sarkán mért értékek átlaga) mm-re kerekítve.



5.1.3. ábra: Tömörödési tényező meghatározása

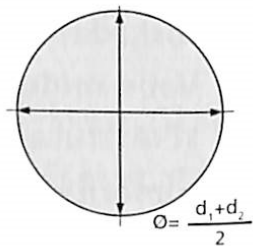
A tömörödési tényező:  $\geq 1,0$

Ez a vizsgálat akkor alkalmas a beton konzisztenciájának jellemzésére, ha a tömörödési tényező értéke  $1,04 \leq c < 1,46$ .

### 5.1.3. TERÜLS VIZSGÁLATA

A terülés vizsgálatának módját az MSZ EN 12350-5 szabvány írja le.

#### A vizsgálat menete



5.1.4. ábra: Terülmérés

A szilárd, vízszintes, fémborítású aljzaton lévő ejtőasztalra rögzített 200 mm magas csonka kúpot két egyenlő rétegben megtöltjük a vizsgálandó betonnal. Az asztal felülete és a csonka kúp belseje mattnedves legyen. Mindkét réteget a farúd 10 könnyű ütésével tömörítjük. A második réteget a farúd 10 könnyű ütésével tömörítjük, majd a kúp tetejéről a fölös betont acélvonalzóval le kell húzni. 30 másodperc várakozás után a csonka kúpot függőleges irányban a betonról lehúzzuk. Ha az asztalra betonhulladék került, akkor azt óvatosan le kell törölni. Ezután az asztal mozgatható felső lapját lassan fel kell emelni a felső ütközőig, majd szabadon le kell ejteni. Az ejtések száma 15, és minden ciklus ideje 1-3 másodperc legyen. Ezután meg kell mérni az asztal oldalával párhuzamos irányokban a szétterült beton legnagyobb kiterjedését ( $d_1$  és  $d_2$ ), 10 mm-re kerekítve (5.1.4. ábra).

A terülés mértékét a két a két átmérő számtani átlaga adja. Ellenőrizni kell a terült beton szétosztályozódását: a nagyobb adalékszemek kiperegnek a lepényből (az oka péphiány lehet), vagy a cementpép kiválhat a durva adalékszemek közül, és akár néhány mm-es pépgyűrű képződhet a lepény körül (oka lehet a kevés lisztfinom – 0,125 mm alatti – szemcse, vagy túl sok a keverővíz, vagy túl sok a folyósító adalékszer). Ilyenkor célszerű a terülési lepényt a mérőszalaggal együtt lefényképezni, mert ez eldöntheti a reklamációs vitát. A jegyzőkönyvben rögzíteni kell, ha emiatt a vizsgálat nem értékelhető. Ha a beton nem terült el, hanem szétgurult, akkor a konzisztenciát más módszerrel kell mérni (pl. tömörödési tényező, 5.1.2 fejezet).

#### 5.1.4. ROSKADÁSI TERÜLÉS VIZSGÁLATA

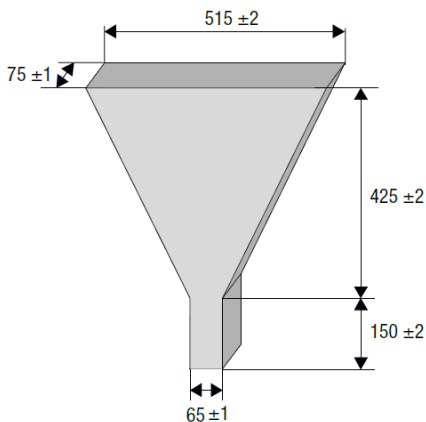
Az MSZ EN 12350-8 szabvány szerinti vizsgálat az öntömörödő beton viszkozitásának jellemzésére szolgál. A szabványban leírt 300 mm magas csonka kúpot a vizsgálat során egy szilárd legalább 900×900 mm méretű vízszintbe állított olyan acéllapra helyezzük, melyen a 210 és az 500 mm-es körök be vannak jelölve. A csonka kúpot tömörítés nélkül egy rétegben 30 sec alatt megtöltjük a betonnal, majd 1-3 sec alatt a kúpot függőleges irányban eltávolítjuk. Feljegyezzük -0,1 sec pontossággal – azt az időt, amikor a szétterülő betonlepleny 500 mm átmérőjű lesz. Amikor a beton „mozgása” befejeződött, két egymásra merőleges irányban 10 mm-re kerekítve lemérjük a betonlepleny átmérőjét. Ha a két átmérő mérete 50 mm-nél nagyobb mértékben tér el egymástól, a mérést meg kell ismételni. Minden esetben meg kell arról győződni, hogy a betonleplenyen nem látható-e szétosztályozódás, vagy a lepleny szélén nincs-e vízkiválás.

#### 5.1.5. TÖLCSÉRES KIFOLYÁS (V-TÖLCSÉR) VIZSGÁLATA

Az MSZ EN 12350-9 szabvány szerinti vizsgálat ugyanúgy az öntömörödő beton viszkozitásának jellemzésére szolgál, mint az MSZ EN 12350-8 szerinti vizsgálat. A vizsgálatához használt tölcsér anyaga rozsdamentes fém és belső felülete minden szennyeződéstől mentes.

##### **A vizsgálat menete**

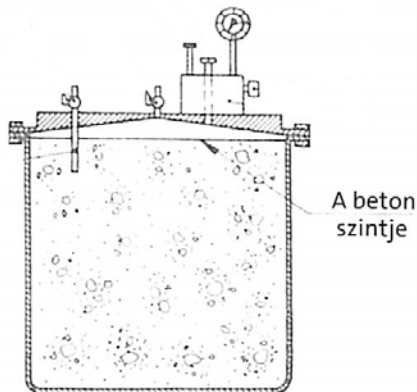
Az 5.1.5. ábra szerinti tölcsért töltjük meg a vizsgálandó betonnal (mechanikai rázkódás és vibrálás nélkül), majd a felszínét simítsuk le. A leházást követően rövid idő belül ( $10 \pm 2$  sec) nyissuk ki a tölcsér alján lévő kaput. 0,1 sec pontossággal mérjük meg azt az időt ( $t_v$ ), amíg a beton tölcsérből teljesen kifolyik, azaz a tölcsér szára „átlátható” lesz. Ha a tölcsér szárában az adalékanyag fennakad (magnövelve ezzel a kifolyási időt), akkor a vizsgálatot meg kell ismételni. A vizsgálatához legalább 12 liter betonra van szükség és a felhasznált adalékanyag legnagyobb szemnagysága nem lehet nagyobb, mint 22,4 mm (24 mm).



**5.1.5. ábra: V-tölcsér**

## 5.2. A FRISSBETON LEVEGŐTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA (NYOMÁSMÓDSZER)

A vizsgálat módját az MSZ EN 12350-7 szabvány írja le. A frissbeton levegőtartalmának mérését az 5.2.1. ábra szerinti ún. „B” típusú, nyomásmódszerű levegőtartalom-vizsgáló készülékkel lehet elvégezni.



### 5.2.1. ábra: Nyomásmódszerű levegőtartalom vizsgáló készülék

Egy ismert térfogatú és nyomású levegő van összehasonlítva a tömített edénybe tömörített beton ismeretlen levegőtartalmával. A mérőedény légnyomásmérője légpórustartalom [%]-ra van kalibrálva. A skálán a légtartalmat térfogat%-ban közvetlenül leolvashatjuk.

A légpórustartalom skála ellenőrzése érdekében az eszköz kalibrálását rendszeresen el kell végezni. A kalibrálás módját a szabvány D melléklete részletesen leírja.

A 8 literes mérőedénybe tömörített beton tömege alapján a *testsűrűség is meghatározható*. A légtartalmat *számítással* is meg lehet határozni a mért testsűrűség és a keverési arány alapján.

## 5.3. A FRISSBETON TESTSŰRŰSÉGÉNEK MEGHATÁROZÁSA

A betonok minősítésekor fontos ismerni a frissbeton testsűrűségét. Ennek vizsgálatát az MSZ EN 12350-6 szabvány szerint kell elvégezni.

### A vizsgálat menete

A betont ismert térfogatú ( $V$ ) és ismert tömegű ( $m_1$ ) vízzáró tartályba töltjük majd tömörítés és a felület lehűzése után megmérjük a beton és a tartály együttes tömegét ( $m_2$ ). A vizsgálatához használt tartálynak legalább 5l térfogatúnak kell lennie. Célszerű azonban nagyobb (pl. 8 literes) *henger alakú edény (fazék), használata, és nem 200 mm-es (8 liter) kockasablon*. A beton konzisztenciájának és a tömörítés módjának függvényében a tartályt két vagy több rétegben kell feltölteni a teljes betonmennyiség tömörségének eléréséhez, kivéve öntömörödő betonoknál, amikor a tartály egy ütemben történő feltöltése lehetséges.

A testsűrűség a következő képlettel számítható:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

A frissbeton testsűrűségét 10 kg/m<sup>3</sup>-re kell kerekíteni.

Gyártásellenőrző vizsgálatokhoz a szilárdságvizsgálathoz készült próbatestek adataiból is meghatározhatjuk a testsűrűséget, de ebben az esetben fokozottan kell figyelni a sablon méreteire. A próbakockák egyenkénti testsűrűségi adatai fontosak, *de nem helyettesítik a  $\geq 5/8$  literes edényben való mérést.*

## 5.4. A FRISSBETON CEMENTTARTALMÁNAK MEGHATÁROZÁSA

A vizsgálatot a beton keverésétől számított 1 órán belül el kell végezni. A mintavétel során vett 5-10 kg mintát két egyenlő részre osztjuk és 5 g pontossággal külön-külön lemérjük. A részmintákat először a 4 mm-es, majd az 1 mm-es, végül a 0,063 mm-es négyzetlyukú szitán folyóvízzel átmoszuk. A szitákon fennmaradó adalékanyagot tömegállandóságig kiszárítjuk és tömegüket 5 g pontossággal lemérjük. Ahhoz, hogy a cementtartalmat megadhassuk, meg kell határozni a frissbeton víztartalmát (száritással, vagy denaturált szeszre kiégetéssel). A minta tömegvesztése a 0,063 mm-nél kisebb részek és a víztartalom mennyiségét adja.

Számítása a következő:

$$m_{0,063} = m_n - (m_{0a} + m_v) \text{ (g)}$$

ahol:

$m_n$  a minta nedves tömege (g),

$m_v$  a meghatározott víztartalom (g),

$m_{0a}$  a szitán fennmaradt és kiszárított összes adalékanyag (g).

Ha az adalékanyag elhanyagolhatóan kevés (0,063 mm alatti) szemcséjű finomrészt tartalmaz, akkor az  $m_{0,063}$  egyenlőnek tekinthető a cement tömegével.

## 5.5. A BETON SZILÁRDSÁGÁNAK BECSLÉSE SCHMIDT-KALAPÁCCSAL

A beton szilárdságát a felületi keménységen alapuló Schmidt-kalapácsos módszerrel az MSZ EN 12504-2 szabvány szerint vizsgálhatjuk. Ez a vizsgálat a rugalmas ütközés következtében való visszapattanás elvét használja fel, és akkor alkalmazható, ha feltételezhető, hogy a beton felületi kérge és a belseje között – a felületi karbonátosodástól eltekintve – nincs számottevő eltérés. A kisebb, normál és nagyszilárdságú betonok vizsgálatára a gyártó cég több típust (P, M és N) is kifejlesztett. Az építőiparban leggyakrabban az N típusú kalapácsot használjuk, amely 100 mm-nél vastagabb,  $d_{\max} = 32$  mm szemmagyságú, 14-56 napos, 10-70 N/mm<sup>2</sup> nyomószilárdságú beton szilárdságának becslésére alkalmas +10°C...-50°C hőmérsékleten. A vizsgált betonnak merevnek vagy mereven megtámasztottnak kell lenni. A visszapattanási érték függ a beton minőségétől és a kalapács állandóitól, amelyek az alkalmazás szögével is változnak.

A módszer alkalmas egy szerkezet(i rész) betonjának *egyenletességi vizsgálatára.*

### A vizsgálat menete

A vizsgálati helyeket véletlenszerűen kell kiválasztani úgy, hogy egy mérési helynek kb. 300 x 300 mm felületet tekintünk. A vizsgálatra kijelölt helyekről a cementszapot és minden egyéb szennyeződést, továbbá zsaluzat okozta egyenetlenséget csiszoljunk le. Az első leolvasás előtt legalább 3 mérést kell végezni, hogy garantáljuk a helyes működést. Legalább 9 mérést kell végezni egyenletesen elosztva a mérési területen. Rögzíteni kell minden egyes mérés helyét és a visszapattanási értékeket. A mérési helyeknek egymástól és a beton szélétől legalább 25 mm távolságra kell lenni.

Az eredmények értékeléséhez a következő alapadatokra van szükség:

- mérési helyenként 9-9 visszapattanási érték,
- ütésirány,
- a pontosságellenőrzés („kalibrálás”) során meghatározott korrekciós tényező ( $\beta$ ),
- a beton összetételére, állapotára vonatkozó adatok,
- a beton kora.

Azon visszapattanási értékek, amelyek a 9 visszapattanás átlagától  $\pm 5$ -nél nagyobb mértékben eltérnek, az értékelésből ki kell zárni és helyettük új ütést kell végezni.

A vizsgálati eredmények kiértékelését az e-ÚT 09.04.11. (ÚT 2-2.204:1999) útügyi műszaki előírás 4.4 fejezete, vagy az MSZ EN 12504: szabvány szerint kell elvégezni.

## 5.6. A NYOMÓSZILÁRDSÁG MEGHATÁROZÁSA AZ MSZ EN 12390-3 SZABVÁNY SZERINT

A beton nyomószilárdsága a beton legfontosabb szilárdsági jellemzője, s ezt a beton minősítésére, jelölésére, mint legfőbb minősítési számot használjuk. A nyomószilárdságot 150 mm élhosszúságú, vagy 1:2 arányú 150 mm átmérőjű henger alakú próbatesteken állapítjuk meg. Az ellenőrző vizsgálathoz ugyanabból a keverésből – mindegyik előírt korban végrehajtott vizsgálathoz (2, 7, 28 stb. napos korban) – legalább 3 db próbatestet kell készíteni.

A próbatestek készítésekor a következőket vegyük figyelembe:

- A sablon alakja, mérete és tőrése feleljen meg az MSZ EN 12390-1 szabvány követelményeinek.
- A sablonban a betont minimum két rétegben kell tömöríteni, és egyik réteg vastagsága sem haladhatja meg a 100 mm-t.
- A betont a sablonba töltés után azonnal tömörítsük a teljes tömörség eléréséig úgy, hogy közben szétosztályozódás vagy cementpép-elfolyás ne következzen be.
- A próbatest felszínét egyértelműen és letörölhetetlenül jelöljük meg, ugyanakkor kerüljük a felület bárminemű megsértését.
- A jelöléseket is tartalmazó mintavételi jegyzőkönyveket gondosan őrizzük meg.
- Elkészítés után minimum 16 óráig, de maximum 3 napig hagyjuk a próbatestet a sablonban, ezalatt védjük az ütéstől, a rázkódástól és a kiszáradástól.
- A próbatesteket szabványos körülmények között kell tárolni ( $20 \pm 5$  °C hőmérsékleten fóliával letakarva, majd  $20 \pm 2$  °C hőmérsékletű vízben vagy 95%-nál nagyobb relatív páratartalmú térben). Ha a tárolás ettől eltér, azt a vizsgálati jegyzőkönyvben fel kell jegyezni annak érdekében, hogy a beton minősítésénél ezt figyelembe vehessük.

A nyomószilárdság vizsgálat első és legfontosabb lépése a próbatest méreteinek és alakjának ellenőrzése. Azokat a próbatesteket, amelyeknek alakja vagy mérete nem felel meg az MSZ EN 12390-1 szabvány szerinti előírásnak, a vizsgálatból ki kell hagyni, vagy ha lehetséges ki kell igazítani. A szabvány a csiszolással való igazítást nem ajánlja. Az MSZ 4798:2016 szabvány megengedi a próbatestek vegyes tárolását: 7 napos korig  $20 \pm 2$  °C-os vízben, majd legalább 55 % relatív páratartalmú és  $20 \pm 5$  °C-os levegőn.

Ha a próbatesteket vizsgálatig vízben tartottuk, akkor a vizsgálat előtt töröljük le a felületüket matt-nedvesre.

### A vizsgálat menete

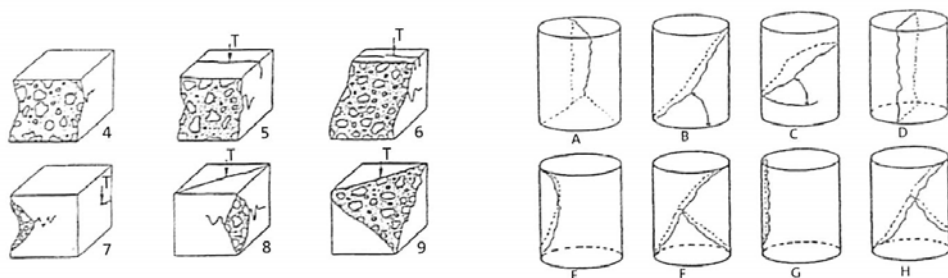
A próbakockákat úgy helyezzük a törőgép nyomólapjai közé, hogy a terhelőerő merőleges legyen bedolgozás irányára. Központosítsuk a próbatestet. Válasszunk egyenletes feszültségnövekedési sebességet 0,2-0,1 MPa/s (N/mm<sup>2</sup>/s) tartományban. Zökkenés nélkül engedjük rá a terhet a próbatestre, és folyamatosan növeljük a kiválasztott állandó sebesség  $\pm 10$  %-án belül a törőerő eléréséig. Kézzel vezérelt vizsgálóberende-



zés alkalmazásakor a próbatest törésének közelébe érve a szabályozó megfelelő igazításával korrigáljuk a kiválasztott terhelési sebesség csökkenését. Jegyezzük fel a törőerőt. Mindig nézzük meg a törésképet. Az 5.6.1-2. ábrákon kocka és henger alakú próbatestek helyes és helytelen törésképei láthatók.



**5.6.1. ábra: Betonkocka és -henger helyes törésképe**

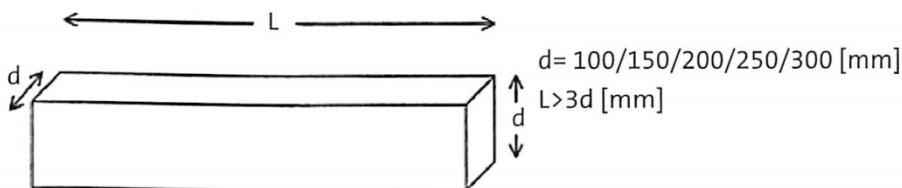


**5.6.2. ábra: Betonkocka és -henger helytelen törésképe**

Figyelem! A törőgépen a terhelési sebességet lehet beállítani, ezért a feszültségnövekedési sebességet mindig át kell számítani terhelési sebességre. A vegyes tárolású próbatest nedvességtartalma befolyásolja az eredményt. Erősen eltérő nedvességtartalmak esetén a töretből mintát kell venni, és a nedvességtartalmat meg kell határozni.

## 5.7. A HAJLÍTÓ-HÚZÓ SZILÁRDSÁG MEGHATÁROZÁSA AZ MSZ EN 12390-5 SZABVÁNY SZERINT

A vizsgálathoz felhasználható próbatestek méretei az 5.7.1. ábra szerintiek.



**5.7.1. ábra: A hajlító-húzó szilárdság meghatározására alkalmas próbatest**

A vizsgálatot végig  $20 \pm 2^\circ \text{C}$  vízben tárolt próbatesteken kell elvégezni. A próbatestek felületéről a felesleges vizet le kell törölni, mielőtt azt a vizsgálógépbe helyeznénk. A terhelés iránya merőleges legyen a beton bedolgozási irányára. A hajlító-húzó szilárdságot meghatározhatjuk kétpontos vagy harmadpontos terheléssel.

Figyelem! Pályaburkolati betonok hajlító-húzó szilárdságának a meghatározásához – az e-ÚT 06.03.31. (ÚT 2-3.201) útügyi műszaki előírás szerint – 150×150×600 mm méretű gerenda próbatestet kell készíteni és a vizsgálatot kétpontos terheléssel kell elvégezni, 450 mm támaszközzel.

Ha a próbatestek méretei vagy alakja nem felel meg az EN 12390-1 4.3. szakaszának, mert a vonatkozó tűréseket túllépik, akkor el kell ezeket vetni vagy ki kell igazítani a következőképpen:

- az egyenlőtlen felületeket csiszolással le kell simítani,
- a szögeltéréseket vágással és/vagy csiszolással ki kell igazítani.

### **A vizsgálat menete**

A terhelőerőt csak akkor engedjük rá a próbatestre, ha valamennyi terhelő és alátámasztó görgő egyenletesen nyugszik a próbatesten. Válasszunk állandó feszültségnövekedési sebességet 0,04 - 0,06 MPa/s között. Lökés nélkül engedjük rá a terhelőerőt, és növeljük folyamatosan a kiválasztott állandó sebességgel ±10 % tűrésen belül egészen a tönkremenetel eléréséig. Jegyezzük fel a kijelzett törőerőt. A vizsgálati jegyzőkönyvben mindig meg kell adni a terhelés módját (kétpontos vagy központos terhelés) és a terhelőgörgőkön kívül bekövetkezett törést. Ilyenkor célszerű fényképet készíteni.

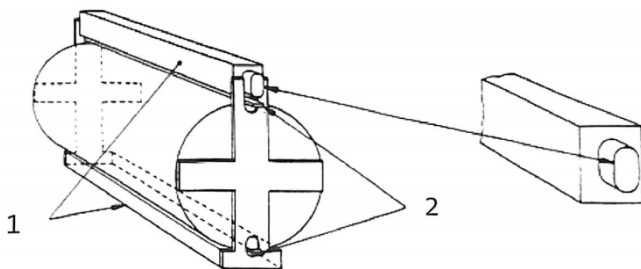
A hajlító-húzó szilárdságot 0,1 N/mm<sup>2</sup>-re kerekítve kell megadni.

## **5.8. A HASÍTÓ-HÚZÓ SZILÁRDSÁG MEGHATÁROZÁSA AZ MSZ EN 12390-6 SZABVÁNY SZERINT**

A próbatestek legyenek henger alakúak és feleljenek meg az MSZ EN 12350-1 szabvány követelményeinek. Szerkezetből kifúrt magok esetén elfogadható az 1/1 hosszúság/átmérő arány is. Ha a próbatestek alakja vagy mérete nem megfelelő, akkor azokat el kell vetni vagy ki kell igazítani. A vízben tárolt próbatestek felületéről minden felesleges nedvességet töröljünk le a vizsgálgéppbe való behelyezést megelőzően.

### **A vizsgálat menete**

A próbatestet az 5.8.1. ábrán látható befogószerkezetbe és a vizsgálgéppbe központosan kell elhelyezni.



#### **5.8.1. ábra: A hasító-húzó szilárdság befogószerkezete**

Gondosan állítsuk be a 2-es számmal jelzett alátét csíkokat, és ha szükséges, a teherátadó elemeket is a próbatest alsó és felső terhelési síkján. Gondoskodjunk arról, hogy a terhelés alatt a felső nyomólemez párhuzamos legyen az alsó nyomólemezzel. Válasszunk állandó feszültségnövekedési sebességet 0,04-0,06 MPa/s között. Lökés nélkül engedjük rá a terhelőerőt, és növeljük folyamatosan a kiválasztott állandó sebességgel ±10% tűrésen belül egészen a törőerő eléréséig. Adjuk meg a hasító-húzó szilárdságot a legközelebbi 0,05 N/mm<sup>2</sup>-re kerekítve.

## 5.9. A VÍZZÁRÓSÁG VIZSGÁLATA

A nyomás alatti víz behatolási mélységének a vizsgálatát a végig víz alatt utókezelt szilárdbeton esetén az MSZ EN 12390-8 szabvány írja le. A próbatestet 28 napos korig az MSZ EN 12390-2 szerint víz alatt kell tárolni, és javasolt közvetlenül a vízből való kivétel után a vízzárósági vizsgálatot elkezdeni.

A vizsgálatára minden olyan készülék használható, amellyel a próbatest vízzel érintkező felületén megfelelő víznyomást lehet létrehozni. Egy ilyen berendezés látható az 5.9.1. ábrán.



**5.9.1. ábra: Vízzáróság vizsgáló berendezés**

A próbatest alakja legalább 150 mm élhosszúságú kocka, hasáb vagy 150 mm átmérőjű henger legyen. Közvetlen a kiszaluzás után a víznyomásnak kitett próbatest-felületet érdesítsük fel. Ha ezt elmulasztottuk, akkor közvetlen a vizsgálat megkezdése előtt éles szerszámmal kell a vizsgálandó felületet felérdesíteni.

### **A vizsgálat menete**

Helyezzük el a próbatestet a berendezésbe, és adjunk rá  $500 \pm 50$  kPa ( $5 \pm 0,05$  bar) víznyomást  $72 \pm 2$  órán keresztül. Vizsgálat közben ellenőrizzük a próbatest víznyomásnak ki nem tett felületeit. 72 óra eltelte után vegyük a próbatestet a berendezésből. Töröljük meg azt az oldalt, amelyre a víznyomás hatott. Hasítsuk félbe a próbatestet a víznyomásnak kitett oldalára merőlegesen. Amikor a hasított felület annyira megszáradt, hogy világosan meg lehet figyelni a vízbehatolási vonalat, akkor jelöljük meg ezt a határvonalat a próbatesten. Mérjük meg a behatolás legnagyobb mélységét és az értéket kerekítsük mm-re.

A beton vízzárósága akkor megfelelő, ha az MSZ EN 12390-8 szerint meghatározott legnagyobb vízbehatolási mélység az 5.9.1 táblázat szerinti értékeket nem haladja meg.

### 5.9.1. táblázat

Környezeti osztály	Vízbehatolás megengedett legnagyobb mélysége, mm	
	átlagérték, legalább három próbatesten vizsgálva	egyedi érték
XV1(H)	50	55
XV2(H)	35	38
XV3(H)	20	22

## 5.10. A BETON FAGY- ÉS OLVASZTÓSÓ-ÁLLÓSÁGÁNAK VIZSGÁLATA

A fagyállóság, illetve a fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatot a beton környezeti osztályától függően általában legalább 28 napos, de legfeljebb 35 napos korú, illetve a beton minősítési korának megfelelő (42, 56 vagy 90 napos) próbatesteken kell elkezdni.

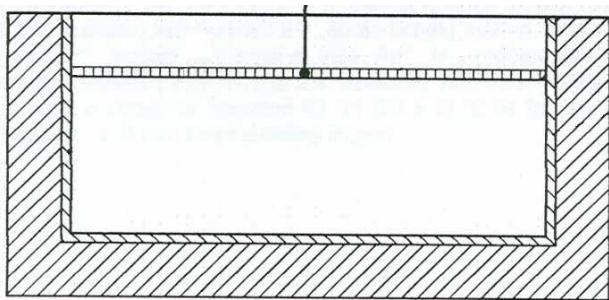
Az MSZ 4798 szabvány a fagyállóság, illetve a fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatára két változatban („A” változat fagyállóság vizsgálat, és „B” változat fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálat esetén) végezhető három-háromféle MSZ CEN/TS 12390-9 szerinti módszert ajánl, amelyek közül az átadás-átvételi eljárás során alkalmazandó módszert az érdekeltek szabadon választhatják ki. Ha két laboratórium vizsgálja ugyanazt a betont, akkor előzetesen meg kell egyezniük abban, hogy ugyanazt a vizsgálati módszert és ugyanazt a mérési eljárást alkalmazzák.

A választható módszerek a következők:

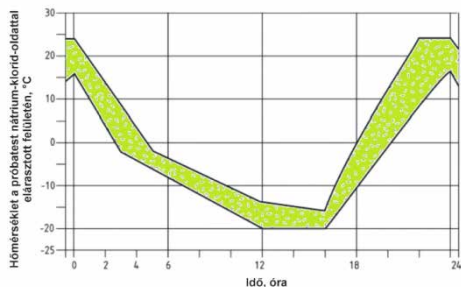
- peremes hámlasztási felületvizsgálat az MSZ CEN/TS 12390 9 5. fejezete szerint;
- bemerítéses kockavizsgálat az MSZ CEN/TS 12390 9 6. fejezete szerint, azzal az eltéréssel,
  - hogy a vizsgálat csúszófedeles sárgaréz vagy rozsdamentes acél tartályok helyett csúszófedeles polipropilén (PP) vagy nagysűrűségű polietilén (HDPE) tartályok (edények) alkalmazásával is elvégezhető;
  - hogy a vizsgálat 100 mm élhosszúságú próbakockák helyett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal is elvégezhető, ebben az esetben azonban a mért vizsgálati tömegvesztéseket 1,5 korrekciós tényezővel meg kell szorozni (lásd a NAD 5.6. táblázat 2. megjegyzését);
- kapilláris felszívásos hámlasztási CF, illetve CDF vizsgálat az MSZ CEN/TS 12390 9 7. fejezete szerint.

### **A beton fagy- és olvasztósó-állóságának vizsgálata – „felületvizsgálat”**

A vizsgálati módszert az MSZ CEN/TS 12390-9 szabvány 5. fejezete írja le. Ennek lényege, hogy a *beton próbatestekből kivágott lemezszerű próbatesteket* fagyasztási olvasztási hatásnak tesszük ki 3 mm mélységű ionmentes víz vagy 3 tömeg%-os nátrium-klorid-oldat jelenlétében. A próbatestek vizsgált felülete legalább 7500 mm<sup>2</sup> és legfeljebb 25000 mm<sup>2</sup>, a próbatestek vastagsága legalább 50 mm, de legfeljebb 103 mm legyen. A próbatesteket a vizsgált felület kivételével gumilappal és hőszigetelő réteggel kell körülvenni. A légkeveréses fagyasztószekrénybe való helyezés előtt 15-30 perccel a peremek közti részt ioncserélt vízzel {XF1, XF3 és XF3(H) környezeti osztály} vagy 3 tömeg%-os nátrium-klorid-oldattal {XF2, XF4 és XF4(H) környezeti osztály} kell feltölteni. A próbatesteket úgy kell letakarni, hogy fagyasztás közben a párolgást megakadályozzuk. A beton fagyállóság, és fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatához előkészített próbatestét az 5.10.1. ábra, míg a próbatest fagyasztási-olvasztási diagramját az 5.10.2. ábra mutatja.) A fagyasztási-olvasztási ciklusok előírt száma a vizsgálati módszertől függetlenül 50 év tervezési élettartam esetén n = 56, 100 év tervezési élettartam esetén n = 84.



**5.10.1. ábra: Fagyállóság vagy fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálatra előkészített próbatetest**



**5.10.2. ábra: Fagyasztási-olvasztási diagram**

A  $(7 \pm 1)$ ,  $(14 \pm 1)$ ,  $(28 \pm 1)$  és 56 ciklus után az olvasztási fázisban minden egyes próbatesten végre kell hajtani a következőket:

- gyűjtjük össze a vizsgálati felületről lehámlott anyagot a gyűjtőedényben, öblítsük le a felületet a vízpermetező palackkal és keféljük le az esetleg felvált anyagrészeket, majd kiszáritás után mérjük le a leomlott anyag mennyiségét (ajánlatos a kipergett nagyobb adalékszemeket külön is megmérni),
- öntsünk friss fagyasztóközeget a vizsgálati felületre. A  $150 \text{ mm} \times 150 \text{ mm}$  nagyságú vizsgálati felülethez 67 ml szükséges,
- a próbatesteket tegyük vissza a fagyasztóba.

A vizsgálat eredménye a kiszáritott mállott részek grammban mért tömegének és a négyzetméterben kifejezett vizsgálati felületnek a hányadosa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ).

Az elfogadási kritériumokat az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 7. táblázat tartalmazza

Célszerű a tömegvesztés méréseket akár minden hetedik ciklus után elvégezni, és a vizsgálati eredményeket a ciklusszám függvényében diagramban feldolgozni, amelyből a folyamat lassulása, állandó sebessége, ill. gyorsulása jól szemléltethető. Egyes előírások megkövetelik, hogy a  $\Delta 56 \leq 2 \times \Delta 28$  tömegvesztéségi arány teljesüljön.

### **A beton fagy- és olvasztósó-állóságának vizsgálata – „kockavizsgálat”**

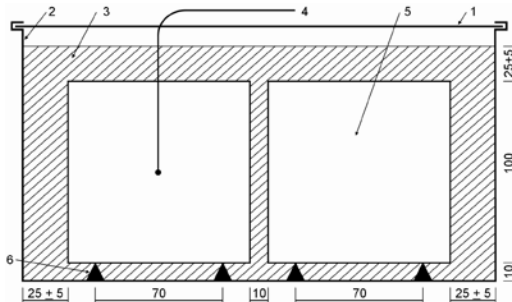
A vizsgálati módszert az MSZ CEN/TS 12390-9 szabvány 6. fejezete írja le. A vizsgálat lényege, hogy ionmentes vízbe vagy a 3%-os konyhasóoldatba merített kocka próbatesteket fagyasztási-olvasztási hatásnak teszszük ki. A fagyállóságot 50 év tervezési élettartam esetén  $n = 56$ , 100 év tervezési élettartam esetén  $n = 84$  fagyasztási-olvasztási ciklus után a kockák tömegvesztésének a mérésével kell értékelni. Az elfogadási

kritériumokat az MSZ 4798:2016 szabvány NAD 8. táblázat tartalmazza.

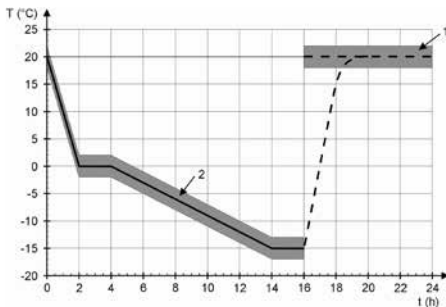
A bemejtéses „kockavizsgálatot” az MSZ CEN/TS 12390-9 6. fejezete szerint kell elvégezni, azzal az eltéréssel,

- hogy a vizsgálat csúszófedeles sárgaréz vagy rozsdamentes acél tartályok helyett csúszófedeles polipropilén (PP) vagy nagysűrűségű polietilén (HDPE) tartályok (edények) alkalmazásával is elvégezhető;
- hogy a vizsgálat 100 mm élhosszúságú próbakockák helyett 150 mm élhosszúságú próbakockákkal is elvégezhető, ebben az esetben azonban a mért vizsgálati tömegvesztéseket 1,5 korrekciós tényezővel meg kell szorozni; és így kell a követelményeket összehasonlítani.

A vizsgálathoz használt tartályt és a próbatestek elhelyezését az 5.10.3. ábra, míg a beton hőmérséklet-változását a kocka közepén az 5.10.4. ábra mutatja.



**5.10.3. ábra: Próbatestek elhelyezése a tartályban**



**5.10.4. ábra: A beton hőmérséklet-változása a kocka közepén**

### **A beton fagy- és olvasztósó-állóságának vizsgálata – „CF” „CDF” vizsgálat**

A vizsgálatot az MSZ CEN/TS 12390-9 szabvány 7. fejezete írja le. A 150 mm-es frissbeton kockaformát a közepén egy PTFE lemezzel kettéosztjuk, és a megszilárdult próbatesteket fagyasztási-olvasztási igénybevételnek vetjük alá, vizsgálati lapjukkal lefelé bemejtve ionmentes vízbe (CF-vizsgálat) vagy 3 tömeg%-os nátrium-klorid-oldatba (CDF-vizsgálat). A fagyállóságot a próbatestekből levált anyag mennyiségének mérésével értékeljük vagy 28 fagyasztási-olvasztási ciklus után [CDF-vizsgálat 3%-os nátrium-klorid-oldattal (NaCl-oldattal)] vagy 56 fagyasztási-olvasztási ciklus után (CF-vizsgálat ionmentes vízzel).

## 5.11. A BETONÖSSZETÉTEL UTÓLAGOS MEGHATÁROZÁSA

A vizsgálati módszert az MSZ 4715-7 szabvány írja le. A vizsgálat célja a megszilárdult cementpépből visszszámítható eredeti cement és adalékanyag tömegének, lehetőség szerint az adalékanyag szemszerkezetének és finomrésztartalmának közelítő meghatározása. A vizsgálat lényege, hogy a betont sósavban oldjuk. A sósavban nem oldható, visszamaradt anyagmennyiségből következtetünk az adalékanyag- és cementtartalomra. A vizsgálat – minthogy a szokásos adalékanyagoknak általában van sósavban oldható része is, valamint a szokásos kötőanyagoknak is van sósavban oldhatatlan része – csak közelítő pontosságú. A pontosság azzal fokozható, ha ismerjük a betonhoz felhasznált adalék- és kötőanyag szükséges alapadatait. A vizsgálat hátránya, hogy csak a betonban lévő cement- és adalékanyag mennyiség meghatározására szorítkozik, és nem ad tájékoztatást a felhasznált víz mennyiségéről, illetve a víz/cement tényezőről. A víztartalmat, ill. a v/c tényezőt frissbeton vizsgálattal lehet megbízhatóan kimutatni.



# 6. BETONKÁROK OKAI ÉS MEGELŐZÉSE

(PLUZZIK TAMÁS, CZIRJÁK JÁNOS, ÓVÁRI ALBERT)

## 6.1. SZÉTOSZTÁLYOZÓDÁS (ÓVÁRI ALBERT)

### Előzmények:

A beton- és vasbeton szerkezetek rendkívüli térhódítása szerte a világon olyan mértékű volt, hogy a legfontosabb és legszélesebb körben alkalmazott építőanyagká vált. Hosszú időn át az a nézet uralkodott, hogy a beton, mint mesterséges kő, gyakorlatilag olyan időálló, ami fenntartást, karbantartást nem igényel, és ezt az egyik előnyös tulajdonságának tekintették. Az utóbbi évtizedekben tapasztalt jelenségek, károsodások azonban azt bizonyították, hogy ez a felfogás ma már nem tartható. A meghibásodások esetenként olyan súlyosak, amelyek komoly beavatkozást igényelnek, a javítási költségek magasak, így szükségessé vált a hibák okainak elemzése, illetve a helyreállítás módszereinek részletes kidolgozása [1].

### Szétosztályozódás

- A szétosztályozódás a beton homogenitásának megváltozása, inhomogenizálódása.
- A jól, kellőképpen megkevert beton homogénnek tekinthető, azaz az alkotórészek térbeli eloszlása egyenletes.
- A szétosztályozódás a frissbetonra vonatkozó tulajdonság.
- A szétosztályozódás a beton nem megfelelő összetartó képességének a hiánya.

### Mi vezethet a beton szétosztályozódásához ?

A betonkeverék szétosztályozódási hajlamán kívül szétosztályozódáshoz vezethet:

**Zsaluzat:** tömítetlen illesztések, hézagok, kapcsolatok, távolságtartók hézagjai.

**Elhelyezési mód:** szegregációt okozó elhelyezés, nem kielégítő tömörítés, víz a zsaluzatban, nedves keverék túlvibrálása, elhelyezéskor hideg környezet.

**Tervezés:** túl sűrű vasalás, túl szűk keresztmetszetek.

**Betonkeverék:** kevés finomrész, túl lassú bedolgozás, túl nedves; túl sovány keverék [3].

A frissbeton mely jellemzőiből következtethetünk annak szétosztályozódási hajlamára?

Konzisztencia: a beton reológiai jellemzőinek vizsgálata.

Az alábbi vizsgálatokkal a frissbeton következő tulajdonságaira következtethetünk:

- **Roskadás:** az összetartóképességre, az alakíthatóságra, és az alakíthatósági hajlamra.
- **Terülés:** átfomálódási készség; összetartóképesség, mozgékonyság, szivattyúzhatóság.
- **Tömörödés:** tömörödési készség; bedolgozhatóság, tömöríthetőség, folyósodási hajlam.
- **Vibrációs idő (Vebe-idő):** pép- és víztartó képesség, szállíthatóság, kivérzési hajlam [2].



### 6.1.1. táblázat: *Sima, tömör látszóbeton felületekhez ajánlott betonösszetételek*

D mm	m	0-1 mm-es homok-tartalom, tömeg%	Cementtartalom, kg/m <sup>3</sup>	Roskadás, mm
8	4,7-5,0	30-35	380	40
12	5,4-5,8	25-30	360	35
16	5,7-6,1	22-27	340	30
24	6,1-6,5	20-25	320	25
32	6,4-6,8	18-23	300	20

**Irodalomjegyzék:** Beton Évkönyv 1998/1999; ÉTK, MÉASZ

- Beton-ismeretek; Ujhelyi János 2.1. Konzisztencia mérőszámok és osztályok,
- MÉASZ ME-04.19:1995 Beton és vasbeton készítése 15. fejezet: Látszóbetonok

#### 6.1.1. ábra: *Példák a nem megfelelő sablonzárás miatt kialakult pépkifolyásokra és fészkes felületre:*



## 6.2. REPEDÉSKÉPZŐDÉS ÉS ZSUGORODÁS (PLUZZIK TAMÁS)

A betonszerkezeteken megjelenő repedések megítélésének elengedhetetlen feltétele az okok kiderítése, valamint annak eldöntése, hogy az adott repedés káros hatással van-e a szerkezet használhatóságára, élettartamára. A repedéseket „nem szeretjük”, ráadásul a kellemetlen esztétikai hatáson túl egy repedés problémákat is jelezhet (pl. nem várt elmozdulás, túlzott igénybevétel), vagy a bekövetkezés okától függetlenül önmagában vezet problémákhoz (pl. felületi leválások, nem megfelelő vízzáróság, betont károsító anyagok behatolása, betonacél korrózió). Van azonban olyan eset is, amikor a berepedést nem lehet elkerülni. Ez a helyzet a közösleges térbetonoknál, ahol a dilatáció (zsugorodás, kihülés) miatt bekövetkező repedés helyét jobb esetben mi magunk jelöljük ki bevágással, vagy például a hajlított vasbeton gerendák húzott övénél, ahol a húzást a betonacél veszi fel. Tartószerkezetek esetén fontos a repedéstágasság, amit szabványokban, előírásokban korlátoznak. A 0,4 mm feletti megnyílás már zavaró, a 0,1 mm-es átmérőjű repedésen például még átszivárog a sós hólé. (Szokásos méretezési előírás pl. 0,2 mm-es repedéstágasság, mint határérték megadása.)

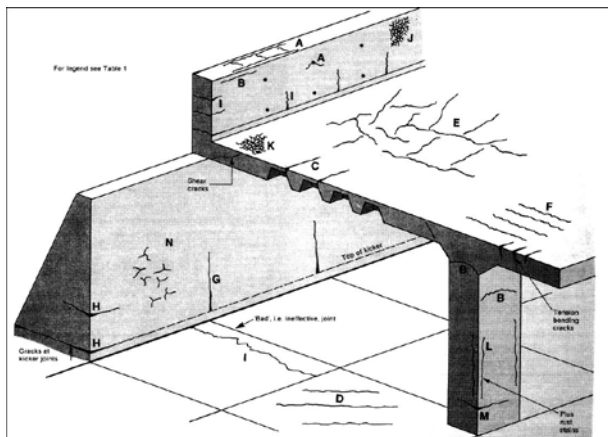
A repedésképződésnek számtalan, esetenként igen összetett hatásból eredő oka lehet, viszont mindegyik ok visszavezethető arra a tényre, hogy a megszilárdult beton húzószilárdsága csekély, jóval kisebb, mint a nyomó-

szilárdsága. Ha a külső, vagy belső igénybevételekből eredő húzófeszültség eléri ezt a bizonyos csekély határt, a beton bereped. Szerencsés esetben a létrejövő repedés csak felületi, súlyos esetben a teljes keresztmetszetre kiterjedő ún. 'átmenő repedéssel' kell számolni.

A beton (szerkezet) berepedésének a következő okai lehetnek:

- tartószerkezeti problémák, túlterhelés, ill. alulméretezés, azaz elégtelen betonszilárdság,
- gátolt alakváltozás, nem tervezett elmozdulás, süllyedés (földrengés),
- nem tervezett dinamikus igénybevételek, rezgések, rezonancia,
- vasalási hiba, rossz méretezés, vagy téves betonacél elhelyezés,
- munkahézagok, dilatációs hézagok hibája, vagy nem megfelelő helye (elrendezése),
- hőmérséklet-különbség által okozott feszültségek, egyenlőtlen hőmérséklet-változás, frissbeton kötésekor keletkező hidratációs hő (4.6.8. fejezet Nagytömegű betonok),
- beton zsugorodása kötésekor,
- bedolgozásnál elkövetett hibák, rossz utókezelés, a kötő és szilárduló beton kiszáradása,
- fagyhatás (pl. sózott burkolatok réteges megfagyása (6.5. fejezet),
- agresszív, a beton egyes összetevőivel reakcióba lépő anyagok hatása (szulfátduzzadás, alkáli-szilika reakció).

A 6.2.1. ábrán a nem szerkezeti okokból bekövetkező repedésfajták jellemző megjelenési képe látható. Az egyes repedésképekhez tartozó magyarázatot és egyéb részleteket a 6.2.1. táblázat tartalmazza.



**6.2.1. ábra: Repedésfajták (nem szerkezeti okokból)**

### 6.2.1. táblázat: Repedésfajták (nem szerkezeti okokból)

Repedés fajták		Betűjel (lásd 6.2.1. ábra)	A repedés jellemző helye	Elsődleges ok	Másodlagos ok	Megelőzés lehetséges módja	Megjelenés ideje
Plasztikus töppedés	vasalás felett	A	mélyebb rétegek	tűzolt kivérzés	gyors korai kiszáradás	kivérzés csökkentés (légpórusképző adalékanyag alkalmazása) vagy utóvíbírálás	10 perc – 3 óra
	boltozatos	B	oszlop teteje				
	változó mélységű	C	bordás és kazettás födémek				
Plasztikus zsugorodás	átlós	D	utak és födémek	gyors korai kiszáradás	kismértékű kivérzés	intenzív utókezelés a korai időszakban	30 perc – 6 óra
	véletlenszerű	E	vasbeton födémek	gyors korai kiszáradás és kis betonfedés			
	vasalás felett	F	vasbeton födémek				
Korai termikus zsugorodás	külső feszültségből (gátolt alakváltozás)	G	vastag falak	nagy hőfejlődés	gyors lehülés	hőfejlődés csökkentése és/ vagy hőszigetelés	1 nap – 3 hét
	belső feszültségből	H	vastag födémek	nagy hőmérséklet különbség			
Hosszú idejű száradási zsugorodás	-	I	vékony födémek és falak	nem megfelelő táblakapcsolat	nagy zsugorodás, nem megfelelő utókezelés	víz/cement tényező csökkentése, intenzív utókezelés	néhány hét vagy hónap
Térképszerű repedezés	zsaluzat mögött	J	látszóbeton	nem nedvszívó zsaluzat	pépdús keverék, gyenge utókezelés	intenzív utókezelés és simítás	1 – 7 nap, néha sokkal később
	úsztatott betonon	K	födémek	túlsimítás			
Betonacél korróziója	természetes	L	oszlopok és gerendák	betonfedés hiánya	gyenge betonminőség	okok megszüntetése	több, mint 2 év
	kalcium-klorid miatt	M	előgyártott betonok	túl sok kalcium-klorid			
Alkáli-szilika reakció	-	N	páras helyeken	reakcióképes adalékanyag és nagy alkálitartalmú cement		okok megszüntetése	több, mint 5 év

Általában a beton tönkremeneteléről beszélünk akkor, amikor a beton egy hirtelen, vagy tartós hatás(ok) következtében a tervezett funkcióinak már nem képes megfelelni.

A repedések okozhatnak részleges tönkremenetelt, amikor a betonszerkezet korlátozottan, kisebb igényeknek (igénybevételeknek) megfelelően még használható marad, esetleg javítható is, vagy lehet a tönkremenetel teljes, amikor az egyetlen lehetőség a bontás.

Az erőtani okokból bekövetkező repedéseknél meg szoktunk különböztetni ún. 'dolgozó', és 'nem dolgozó' repedéseket. A veszélyesebbnek mondható 'dolgozó repedések' a beton folyamatos károsodását jelzik, a repedést okozó hatás folyamatosan fennáll, a repedés mérete változik, azaz vagy egyre inkább nő, vagy váltakozva tágul és szűkül. A 'nem dolgozó' repedés mérete nem változik, a repedést kiváltó hatás vagy megszűnt, vagy az adott szerkezetre nincs már hatással.

A 6.2.2. táblázat a frissbeton, a szilárduló és a megszilárdult beton lehetséges repedés típusait mutatja be a fő okok feltüntetésével.

## 6.2.2. táblázat: Repedések oka a betonban

beton	repedés típusa	fő ok
frissbeton	képlékeny ülepedési	túlzott kivérezés (finomrész kevés)
	képlékeny zsugorodási	korai kiszáradás (rossz utókezelés)
megszilárdult beton	betonacél korrózió*	kis betonfedés (rozsdaterfogatl!)
	alkáli-adalék reakció*	magas alkáli tart. + reakcióképes adalékanyag (adalék aktív kovásva tartalmával reakció)
	kristályosodás*	kristálynövekedés a betonban
	fagy hatására*	nagy pórusok (jég térfogatl!)
szilárduló és megszilárdult.beton	kéreg-, vagy átmenő repedés	egyenlőtlen hőmérséklet, ill. hőmérséklet-változás, dilatációs mozgási lehetőség hiánya
	technológia	pl. zsalsüllyedés, munkahézag
	erőtani okokból	nyomás, nyírás, hajlítás (erőjáték)
	erőtani okokból bekövetkező zsugorodás miatt	erő bevezetésnél, keresztmetszet változásnál

\*Lásd 6.1-6.7 fejezetek

A repedések ún. 'roncsolásmentes' vizsgálata, a repedési helyek megállapítása történhet ultrahanggal (betonoszkóp), annak eldöntésére pedig, hogy 'dolgozó', vagy 'nem dolgozó' repedéssel van dolgunk, legegyszerűbb módszer egy gipsz pecsét vagy lakk folt, amelyek megrepedése folytatódó mozgást jelez. A mintavétellel járó ún. 'roncsolásos' vizsgálatok a beton egyéb vizsgálatait is lehetővé teszik.

A repedések okozta károsodások egy része megelőzhető a szerkezet megfelelő kialakításával és méretezésével, a betonösszetétel adott esetre történő helyes megválasztásával, megfelelő technológiájú bedolgozással és utókezeléssel, valamint később a nem tervezett hatásokkal szembeni védelemmel. A méretezés folyamán figyelembe kell venni a kivitelezés közbeni állapotot is, a betonban jelentkező feszültségek nagyságát és a beton szilárdságának fejlődési ütemét, vagy pl. repedésmentes beton igénye esetén feszített szerkezetben kell gondolkodni. Fontos a betonozás ütemezése (időjárás figyelembe vétele is), szerkezetrészek betonozásának sorrendje, a dilatációs- és munkahézagok helyes kialakítása, vagy pl. a tartószerkezeti okokból vasalást nem igénylő aljzatbetonok hálós vasalása (4. fejezet Transzportbeton készítés).

A beton zsugorodására külön is érdemes kitérni.

A gyakorlat alapján három féle zsugorodást érdemes megkülönböztetni:

- *Képlékeny (plasztikus) zsugorodásnak* hívjuk azt, amikor a víz a még meg nem szilárdult lágy- vagy frissbetonból párolog el.
- *Kiszáradási zsugorodás* történik, amikor a víz a már megszilárdult betonból párolog el.
- *Termikus zsugorodás* a kötés során történő felmelegedést követően, a lehűlési fázisban következik be.

A 6.2.3. táblázat az egyes zsugorodás típusokat mutatja be a lehetséges intézkedésekkel együtt.

### 6.2.3. táblázat: Zsugorodások típusai

A zsugorodás típusa	Repedésveszély		Az egyes intézkedések hasznossága/hatékonyasága		
	A fellépés időpontja	A repedés fajtája	Betonösszetétel	Utókezelés	Vasalás
Plasztikus, képlékeny zsugorodás (kezdő, vagy kapilláris zsugorodás is)	a kötés előtt, vagy alatt	felületi	csekély	nagyon nagy	-
Termikus zsugorodás	10 órától 1 hétig terjedően a betonozás után	felületitől átmenőig	nagyon nagy	nagyon nagy	közepes
Kiszáradási zsugorodás - rövid időn belül, nem kielégítő utókezeléssel	A betonozás utáni néhány naptól hetekig terjedően	felületitől átmenőig	nagyon nagy	nagyon nagy	közepes
- hosszú idő alatt, helyes utókezeléssel	A betonozás utáni néhány hónaptól éveken át terjedően	átmenő	nagy	nagyon nagy	nagy

A bedolgozott frissbeton gyors vízvesztése jelentősen ronthatja a tömörséget, mivel a száradási folyamat eredményeként a frissbeton *képlékenyen zsugorodik*. Hirtelen, vagy gyors vízvesztést okozhat a vizet elszívó zsaluzat, vagy adalékanyag is. A szilárdulás kezdeti fokán álló betonnak még nincs olyan húzószilárdsága, ami a száradó betonban ébredő húzó igénybevétellel szemben elégséges lehetne, tehát bereped, ún. képlékeny, vagy plasztikus zsugorodási repedések alakulnak ki. Ezek a ~1 mm széles, vagy kissé szélesebb repedések vízszintes szerkezeteken (pl. födémek) hálószerűen (térképszerűen) jelentkeznek. A felső vasak képe gyakran kirajzolódik, kidomborodik a friss betonfelületen, mivel gátolják a tömörödést, ülepedést. A képlékeny zsugorodásból adódó repedések kialakulását polipropilén szálak bekeverésével, utóvibrálással és a frissbetonban lévő víz benntartásával lehet megelőzni, ami folyamatos nedvesítést és takarást, vízzel történő elárasztást, párazáró szerek felpemetezését jelenti, különösen napnak, szélnek kitett térburkolatok és pl. csúszószalus silófalak esetében.

Külön érdemes kiemelni az ún. autogén (kémiai, vagy önkiszáradási) zsugorodást. Amikor az amúgy párolgási veszteséget nem szenvedő szilárduló betonban, a hidratáció során a szabad víz kalcium-szilikát-hidrátokba épül be, a reakció térfogatcsökkenést eredményez, amit autogén zsugorodásnak hívunk. Ez a kémiai zsugorodás csak a beton víz/cement tényezőjétől (v/c) függ. A kisebb v/c fajlagosan nagyobb térfogathányt és nagyobb autogén zsugorodást eredményez. [Beton szakmai havilap VI. évf. 10. szám 1998. október – Dr. Erdélyi Attila: Nagyteljesítményű (HP = high performance) betonok mikroszerkezete és nedveségtechnikai tulajdonságai.]

A száradási zsugorodás általában a bedolgozás utáni lassú kiszáradás következménye, kis mértékben a cement hidratációjából is adódik, mivel az vizet köt meg. Magát a zsugorodást az okozza, hogy a pórusokban csökken a szabad víz mennyisége, így a beton tömörödni tud. A 0,3-0,8 mm széles repedések ritkán jelentkeznek. A folyamatot befolyásolja a keverővíz mennyisége, a levegő páratartalma és az utókezelés módja. Tapasztalat szerint az adalékanyag nagy homok- és finomrész tartalma, valamint a nagy és a 0,4 alatti víz/cement (v/c) tényező is növeli a száradási zsugorodás kockázatát. Megelőzés kis vízigényű adalékanyaggal, 0,4-0,5 közötti víz/cement tényezővel (képlékenyítő adalékszer alkalmazásával), vasalással, acélszálakkal és megfelelő utókezeléssel lehetséges.

A *termikus zsugorodás*, valamint az egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlás általában a nagytömegű betonoknál jelent nagy problémát. Az egyenlőtlen hőmérséklet-eloszlásból általában ún. felületi, vagy kéregrepedések jönnek létre, míg a hőmérséklet-különbségből átmenő repedések keletkeznek. Ezzel a témakörrel a 4.6.8 fejezet foglalkozik részletesen.

Az előbbieket összefoglalva, ismerni kell a repedésekhez vezető esetleges hatásokat, a szerkezet és a betonösszetétel tervezésekor azokat figyelembe kell venni, ami viszont sok esetben az előbbieknél is fontosabb, gondosan ügyelni kell a beton megfelelő bedolgozására és az utókezelésre (4.2 fejezet). A már bekövetkezett repedések esetén, ha lehetséges és célravezető a javítás, azt csak az okok megszüntetése után szabad megkezdeni, a műszaki szempontoknak (biztonság, tartósság) pedig felül kell írniuk az alacsony költségekre szorítózkodó érveket. Bizonyos esetekben pedig még az apró repedések jelenlétét sem szabad bagatellizálni (lekicsinyelni), mert azok utat nyitnak a kedvezőtlen környezetből származó agresszív, károsító, korrozív hatású anyagoknak a beton mélyebb rétegei felé, ami a nagy támadási felület miatt gyors tönkremenetelhez, pl. a betonacél korróziójához vezet.

### 6.3. BETONFEDÉS, KARBONÁTOSODÁS, BETONACÉL KORRÓZIO (CZIRJÁK JÁNOS)

A vasbeton szerkezetek tönkremenetele során az egyik legnagyobb veszélyforrás az acélbetétek korróziója. A betonban lévő acélbetétet a korrózió ellen passzíváló réteg védi, ami a beton erős alkalikusságának ( $\text{pH} > 12$ ) köszönhető. Az alkalikus (lúgos) környezet az acélbetét felületén egy igen vékony oxidréteget hoz létre, ami megvédi a korróziótól, még akkor is ha egyébként az acélkorrózió feltételei megvannak (oxigén és víz). A betonban lévő alkalikus környezet elsősorban a cement hidratációja során az egyes klinkerásványokból ( $\text{C}_3\text{S}$ ,  $\text{C}_2\text{S}$ ) keletkező kalcium-hidroxidnak (portlandit) köszönhető. Ha tehát a beton alkalikussága kritikus szint ( $\text{pH} \leq 9$ ) alá csökken, akkor a passzíváló réteget fenntartó környezet megszűnik és az acélbetét korróziója megindulhat.

A passzíváló réteg sérülhet karbonátosodás, klord behatolás hatására, valamint az alkalikusságot csökkentő ún. kilúgozás hatására. A kilúgozás során a betonszerkezetet tartósan érő, áramló víz kimossa a betonban lúgos környezetet fenntartó alkáliákat.

A karbonátosodás folyamata az alkalikusságot az által csökkenti, hogy a beton pórusaiba bejutó levegőben jelenlévő szén-dioxid ( $\text{CO}_2$ ) reakcióba lép az alkalikusságot fenntartó kalcium-hidroxiddal.

A reakció eredményeként kalcium-karbonát (mészkö) keletkezik, ami már nem tartja fenn az alkalikus környezetet. Ez a folyamat a betonszerkezet felületétől kiindulva fokozatosan egyre mélyebbre hatol a beton belsőjébe (sebessége az idő négyzetgyökével arányos). Ha a karbonátosodott betonréteg eléri az acélbetétet a korrózió beindulásának egyre nagyobb a valószínűsége.

Az acélbetét korróziós folyamata egyszerűsítve két részre bontható, egy katódos és egy anódos folyamatra. Az anódos folyamatban pozitív vas ionok ( $\text{Fe}^{2+}$ ) oldatba mennek, míg az acélban lévő többlet elektron a katódos oldalon egyesül a vízzel és az oxigénnel és hidroxil-ionokat képez. Néhány közbelső folyamat után a hidroxil ionok rozsdává alakulnak. Maga a rozsdá többféle, víztartalmú vasvegyületből áll. Alapvetően a korróziós folyamatban csak az oxigén vesz részt a víz csak az elektrolitikus folyamatok kialakulását teszi lehetővé. A legkorrozívabb állapot a váltakozva nedvesedő, száradó betonszerkezetben lép fel.

A korróziós folyamat eredményeként az acélbetét keresztmetszete csökkenhet, a betonfedés lerepedhet (a rozsdá térfogata nagyobb mint az acélé). Az acélbetét keresztmetszet csökkenése teherbírásának csökkenését eredményezi. Ehhez képest az acélbetét alakváltozó képessége és fáradási szilárdsága jelentősen nagyobb mértékben csökken, ami azt mutatja, hogy ez utóbbi tulajdonságok érzékenyebbek a korrózióra.

A karbonátosodás (de más acélbetét korróziót okozó hatásoknál is) okozta acélbetét korrózió elleni védekezés kulcsa elsősorban az alkalmazott beton pórusstruktúrája. A pórusstruktúra jelentősége a beton áteresztőképességében jelentkezik, azaz milyen mértékben (adott betonkorban, mennyi idő alatt, milyen mélyen) tudnak behatolni a betonba a károsító tényezők. Adott – jól megválasztott – betonstruktúra esetén a következő lépcső a

védekezésben azon betonréteg vastagsága, ami az acélbetét felett helyezkedik el. Ezt nevezzük betonfedésnek. A megfelelő pórusstruktúrával (alacsony víz/cement tényező, kevés kapilláris pórus) rendelkező betonból készült, megfelelő rétegvastagságú (az adott pórusstruktúra ennél a rétegvastagságnál eredményezi a kívánt áteresztőképességet) betonfedéssel a korróziós folyamat nagy valószínűséggel meggátolható a szerkezet tervezett élettartama alatt.

A betonfedés szükséges nagyságát ezenfelül még befolyásolja az acélbetétek és a beton közötti tapadás mértéke, valamint a szerkezettel szemben támasztott tűzbiztonsági követelmények is.

A betonfedés gyakorlati értékeire az MSZ 4798:2016 szabvány N melléklete ad tájékoztatást.

A névleges betonfedés ( $c_{nom}$ ) az előírt legkisebb betonfedésnek ( $c_{min}$ ) a  $\Delta c_{dev}$  kötelező ráhagyással megnövelt értéke ( $c_{nom} = c_{min} + \Delta c_{dev}$ ). Mértékegysége: mm.

A  $c_{min}$  előírt legkisebb betonfedés a következő értékek közül a legnagyobb:

- az acélbetét tapadása miatt szükséges legkisebb betonfedés ( $c_{min,b}$ ),
- a környezeti hatások miatt szükséges legkisebb betonfedés ( $c_{min,dur}$ ),
- 10 mm.

6

## 6.4. KIVIRÁGZÁSOK (PLUZZIK TAMÁS)

A betonnal szemben támasztott követelmények között egyre inkább előtérbe kerül az esztétikus megjelenés, ami nem csak az ún. látszó- (vagy látvány-) betonok esetén fontos, hanem minden olyan betonfelületnél, amelyet nem takarunk el. Különösen fontos ez az előregyártásban, ahol a termék értékesítésekor a 'kinézet' is számít, a vevő ez alapján alkot véleményt a termékről, annak minőségéről. A beton felületén megjelenő ún. kivirágzások, elszíneződések leginkább térköveknél, beton burkolóelemeknél okoznak problémát, de más előregyártott termékeknél és elemeknél is gyakrabbra adnak okot.

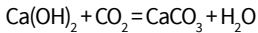
A gyakorlatban kivirágzásnak nevezzük a megszilárdult beton felületén megjelenő, a beton színétől elütő olyan foltosodást, amely közvetlen a beton anyagából, vagy a környezettel történő kölcsönhatásból ered. Nem soroljuk ide a ráfröccsenő szennyeződést, vagy például a fizikai hatásokból adódó kopásokat. A kivirágzásnak nevezet foltok lehetnek fehéres, szürkés, vagy barnás színű kiválások, vékony fátyolszerűek, de lehetnek több milliméter vastag kéregszerűek is, amelyek idővel akár el is válhatnak a beton felületétől. Az esetek nagyobb részében csak kellemetlen esztétikai hatással kell számolnunk, szélsőséges esetben viszont a beton felülete és keresztmetszete is károsodhat, ami viszont már élettartam csökkenéshez is vezethet.

Adódik a kérdés: Mi okozhat kivirágzást, miért és mikor keletkeznek, meg lehet-e előzni, vagy mit lehet tenni, ha már megjelent?

A beton alapanyagai, a cement, a víz, az adalékanyagok, az esetleg alkalmazott adalékszer vagy más kiegészítőanyagok tartalmaznak és tartalmazhatnak olyan vegyületeket, sókat, amelyek akár önmagukban, akár pedig más anyagokkal reakcióba lépve vízben oldódnak. Még a legjobban tömörített beton cementkövében is vannak kapillárisok, amelyeken keresztül a folyadékmozgás révén a vízben oldott anyagok a beton felületére kerülnek, ahol a víz elpárolgását (száradást) követően megtapadnak és mennyiségtől függő intenzitású elszíneződést okoznak. A folyamatot és annak sebességét befolyásolja az oldott anyag fajtája és mennyisége, a beton minősége (tömörség, porozitás), valamint a környezet, vagy az időjárás (napsütés, hőmérséklet, szél, eső), amely a beton nedvességtartalmára és a párolgásra van hatással. Előregyártásnál a környezeti hatásokat a gyártási körülmények jelentik, a gyártó csarnok 'klímája', az 'érelés', majd pedig a tárolás módja.

Összességében a kivirágzások létrejöttéhez a beton összetételével kapcsolatos belső, valamint a környezeti hatásoktól függő külső okok, illetve ezek összessége vezethet.

A kivirágzások legnagyobb része ún. mészkivirágzás, amiért a cement hidratációja során keletkező kalcium-hidroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), vagy más néven portlandit a felelős. A portlandcement klinkert alkotó kalcium-szilikát (főleg alit) hidratációja során ~20 m% kalcium-hidroxid keletkezik, azaz minden 100 portlandcementből 20. Ez egy elkerülhetetlen folyamat, viszont jó is, mert az amúgy erősen lúgos kalcium-hidroxid ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) lúgos kémhatású (pH ~13) kölcsönöz a betonnak, ami a betonacélok korrózióval szembeni védelmében játszik fontos szerepet. A kalcium-hidroxidot a víz oldja, ezért a kapillárisokon keresztül a felszínre jutva, a levegő széndioxidjával ( $\text{CO}_2$ ) reagálva kalcium-karbonáttá ( $\text{CaCO}_3$ ), azaz mészkővé alakul.



Ezt a jelenséget hívjuk karbonátosodásnak, ami a frissbeton sötét szürke színéből a megszilárdult beton esetén világosabb szürkét eredményez. Ha ez nem egyenletes, vagy foltokban intenzívebb, akkor már mészkivirágzásnak nevezük. A karbonátosodás idővel a kapillárisok és pórusok elzáródásához vezet, így a folyamat leggyakrabban magától megszakad. Meg kell említeni, hogy tiszta mészkivirágzással ritkán találkozhatunk, általában kisebb-nagyobb mennyiségben a lekapart mintákban kálium-, nátrium-, magnézium-, vas- és kalcium-szulfátokat, valamint  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{MgCO}_3$ -okat is azonosítunk.

A mészkivirágzás a páratartalom és a hőmérsékleti viszonyok váltakozása miatt jellemzőbb tavasszal és ősszel, megjelenésében az időjárásnak nagy szerepe van. (A kalcium-hidroxid a legtöbb sóoldattal ellentétben kis hőmérsékleten jobban oldódik vízben, a felületre jutva, nagyobb hőmérsékleten kiválik.) A cement alkáli- és szulfáttartalma növeli a kivirágzási hajlamot.

Míg a mészkivirágzás elsődleges kivirágzásként többnyire a frissbeton szilárdulását követően közvetlenül jelentkezik, a sókivirágzások általában másodlagos kivirágzásként (újabb mészkivirágzással együtt) a későbbiekben, előregyártott beton esetén a tárolótereken, vagy beépítés után jelentkeznek. Ezek a sók az alapanyagokkal együtt is a betonba kerülhetnek, leggyakrabban viszont a talajjal, vagy szennyezett vízzel érintkezve szivódnak fel. A folyamatban szerepe van a légkörben lévő gázoknak, a légszennyezésnek is.

Kivirágzást okozó sók lehetnek:  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{MgCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{KCl}$ ,  $\text{CaCl}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{KNO}_3$ ,

Ahogy a fejezet elején már utaltam rá, a kellemetlen esztétikai hatás mellett főleg a térfogat-növekedéssel járó sókivirágzások (pl. a glaubersó ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ), vagy a keserűsó ( $\text{MgSO}_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ )) okozhatják a beton súlyos, felületről induló, vagy belül is jelentkező mállásos károsodását is.

Azt, hogy adott esetben milyen kivirágzással van dolgunk, a kiválásból lekapart por röntgen-pordiffrakciós fáziselemzésével (röntgen-diffraktométerrel) lehet biztonsággal megállapítani.

Régi praktikával élve a mészkivirágzást a folt felületére öntött ecet pezsgése is jelzi, amely gyanút igazolhat fenofitalein alkoholos oldata is, amely a beton lúgos felületén lila színre vált, viszont a karbonátosodott felületen szintelen marad. Fontos, hogy a pezsgő ecet a felületen kivált kalcium-karbonátot jelzi, amely viszont tartalmazhat sókat is!

A kivirágzások megelőzésére, főleg az előregyártásban a legtöbb cég nagy erőfeszítéseket tesz. A megoldások biztonságával párhuzamosan a költségek is nőnek.

A kockázatot csökkenti a gondos alapanyag választás, a frissbeton kis víztartalma (így elérhető nagyobb tömörség), a megfelelő bedolgozásnak is köszönhető kisebb porozitás. Az elvárt konzisztenciától függően a frissbeton kis víztartalma, képlékenyítő, vagy folyósító adalékszerek alkalmazásával is biztosítható, amelyek



között vannak olyanok is, amelyek kivirágzás ellen hatásos egyéb komponenst (pl. hidrofóbizáló anyag) is tartalmaznak. További lehetőségek a speciális, kimondottan a tömörséget és vízzáróságot javító adalékszerek használata, az elkészült betonelem, vagy termék impregnálása, a beállított páratartalmú és hőmérsékletű zárt térben történő érlelés, fedett helyen történő tárolás, vagy termékek esetén zsugorfóliába csomagolás. (Tapasztalat, hogy a széljárás irányába eső, napsütést és csapóesőt is kapó felületeken a kivirágzások megjelenése gyakoribb és erőteljesebb.)

Fontos megjegyezni, hogy az előregyártott elemek utókezelése során nem jó, ha a fólia részben hozzáér a felülethez, mert a felület így foltosodni fog. Célszerű légrést hagyva a fóliát távtartókra helyezni.

Az alapanyagok kiválasztásakor az egyes sók jelenléte, pl. az adalékanyag esetén, laboratóriumban ellenőrizhető. Főleg az előregyártásban a nagy korai szilárdság miatt előnyben szokták részesíteni a CEM I jelű portlandcementeket, viszont az összetett-portlandcementek esetén, pl. a pernye, vagy a puccolán, megkötik a mészkivirágzást okozó kalcium-hidroxid jelentős részét, csökkentik a kapillárisok mennyiségét és megbontják azok folytonosságát. (Természetesen az említett kedvező hatások mellett más szempontokat is figyelembe kell venni a cementválasztásnál.)

A legtöbb kivirágzás „nem tart örökké”; jobb esetben magától eltűnik, lekopik a beton felületéről.

Mészkivirágzás, a környezeti hatásoktól függően általában a megszilárdult beton első hónapjaiban jelenik meg, majd el is tűnik, ritkán, de azért jelentkezhet később is. Sókivirágzás a 'szennyezéstől' függően bármikor bekövetkezhet, ezért ha utólagos szennyeződésről van szó (pl. lerakott térkő által talajból felszívott sóoldat esetén) a szennyezés forrását kell megszüntetni. Felületekről legegyszerűbb eltávolítási mód a drótkéfével történő mechanikus tisztítás, de vannak kereskedelmi forgalomban speciális betontisztító szerek is. Mészkivirágzás esetén gyenge savval (pl. híg sósav) is lehet próbálkozni, de az egészségügyi kockázatokon túl a színes felületek foltokban történő fakulása problémát jelenthet. Szerkezeti betonok, vasbeton szerkezetek esetén betontechnológus jóváhagyása nélkül szigorúan tilos ilyen beavatkozásokkal élni!

## 6.5. FAGY ÉS OLVASZTÓSÓ HATÁSA (CZIRJÁK JÁNOS)

Kora tavaszi, késő őszi, de különösen téli időszakban gyakori, általános jelenség a fagy. A hőmérséklet  $0^{\circ}\text{C}$  alá csökken és a legszembetűnőbb jelenség ilyenkor, hogy a víz megfagy, azaz jéggé alakul. A közlekedésnek (gyalogos, gépjármű) ez minden bizonnyal kihívást jelentő probléma. Ezen probléma megoldását jelenti a jégmenetesítés. Erre a célra különböző jégolvasztó anyagokat alkalmaznak, amit valamilyen érdesítő anyaggal (pl.: kvarchomokkal, mészkő zúzalékkal stb.) keverve juttatnak a közlekedési burkolatokra. A fagyás után következő jelenség az olvadás, amikor a szilárd halmazállapotú jég a hőmérséklet-emelkedés hatására visszaalakul folyékony vízzé. Magyarországon ez a folyamat sokszor napi rendszerességgel ismétlődik akár több héten át is a hideg időszakokban. Valójában ez az összetett ismétlődő folyamat az, ami a betonszerkezeteket igénybe veszi és károsítja (a jégolvasztó anyagokkal együtt vagy azok nélkül).

A víz a földfelszín közelében fennálló légköri nyomáson, közel  $0^{\circ}\text{C}$ -on halmazállapot-változáson megy át, azaz megfagy. Ezen folyamat során az adott mennyiségű vízből 1/11-ed résszel nagyobb térfogatú jég keletkezik. A jég kialakulásával létrejövő térfogat-növekedés gátoltsága esetén a kialakuló kristályosodási nyomás a beton pórusait szétfészítheti. A folyamat a betonszerkezeten repedezés, felületi lehámlás, „feltáskásodás” formájában, mint látható hibajelenségeként jelenik meg.

A betonban lévő pórusstruktúra méretbeli eloszlása nagyban befolyásolja a víz fagyáspontját. Az egyes pórusokban lévő vizet a pórusok felülete adszorpciós erővel köti meg. Az adszorpciós erő annál nagyobb, minél kisebb a pórus átmérője. A nagyobb adszorpciós erő a pórusokban lévő víz csökkenő helyzeti energiáját eredményezi és ez az ott lévő víz alacsonyabb fagyáspontját jelenti. A betonban lévő cementkőben a pórusstruktúra eloszlásának (a

betonban lévő pórusok mérettartománya:  $10^{-10}$  –  $10^{-2}$  m) megfelelően a víz egy jelentős része olyan körülmények között van, ahol a fagyáspont jóval  $0^\circ\text{C}$  alatt van ( $-30$  ...  $-60^\circ\text{C}$ ). Ugyanakkor a kapillárisokban (átmérő kb.  $10^{-6}$  m) már  $0^\circ\text{C}$ -hoz közeli a víz fagyáspontja. Méretükből és alakjukból kifolyólag a kapilláris pórusok telítődnek legkorábban vízzel és itt viszonylag gyorsan meg is fagy, ha a hőmérséklet fagypontra ( $\sim 0^\circ\text{C}$ ) alá csökken. A kisebb pórusokban lehűléskor, a víz hidraulikus nyomása csökken, és ez megindítja a még meg nem fagyott víz áramlását a nagyobb pórusokba. Ez azt jelenti, hogy a betonszerkezetnek (a cementkő pórusrendszerének) nem kell teljes mértékben vízzel telítődni ahhoz, hogy a kapillárisokban a víztelítettség elérje a kritikus szintet (kritikus telítettség) és fagyhatás esetén a károsodást.

A fentiek alapján látható, hogy a fagyás-olvadási ciklusok roncsoló, károsító hatása szempontjából a pórusstruktúra méretbeli eloszlása, és ezen belül a kapilláris pórusok ( $\approx 1\mu\text{m}$  átmérő), mennyisége jelentős hatással van a cementkő fagyással szembeni ellenálló képességére.

A jégtelenítő anyagok (a gyakorlatban a nátrium-klorid [ $\text{NaCl}$ , kősó], de lehet kálium-klorid, kalcium-klorid vagy magnézium-klorid is) hatására a betonfelületen megfagyott víz olvadni kezd, miközben az olvadás környezetében a hőmérséklet jelentősen lecsökken (hősokk). Másfelől az olvadás során kialakuló sóoldat bejut a felületi kapilláris pórusrendszerbe is, aminek eredményeként ott a fagyáspont lecsökken. Ugyanakkor mélyebb rétegekben, ahol a sóoldat jelenléte kisebb, a fagyáspont még továbbra is  $0^\circ\text{C}$  körüli a kapillárisokban. Ez azt eredményezi, hogy a beton felületi rétegei különböző hőmérsékleti körülmények között fagyhatnak meg. A mélyebb rétegek hamarabb, mint a felszíniek, így a mélyebben lévő fagyhatás eredményeként a felszín lemezesen leválik, „feltáskásodik”. Kősó esetében a megfelelő koncentráció esetén a vízzel alkotott oldata közel  $-20^\circ\text{C}$ -ig lehűlhet anélkül, hogy megfagyana.

A jégolvasztó sók alkalmazásánál a hőmérséklet emelkedésével a kiszáradó betonfelület kapillárisaiban az oldott állapotban lévő sók lassan kikristályosodnak. A kristályosodás gátoltságából származó feszültség szintén károsító tényezőként lép fel és tovább roncsolhatja a betonszerkezet felületi rétegeit.

A jégolvasztó sók másik jelentős hatása az acélbetétek korróziós károsítása a kloridionok diffúziója által. Az alkalmazott jégolvasztó sók vízben való oldódásakor komponenseikre disszociálnak, azaz például a kősó esetében az oldatban  $\text{Na}^+$  és  $\text{Cl}^-$  ionok lesznek. A  $\text{Cl}^-$  ionok az acélbetétet passzíváló réteget csak egy kis területen roncsolják (depasszíválódás) és így lyukkorroziós hatás lép fel. Ez a jelenség az acélbetét keresztmetszetének lokális, de jelentős csökkenésével jár.

Az előbbieken tárgyalt tényezők károsító hatásait elsősorban a betonszerkezet megfelelő pórusstruktúrájának kialakításával lehet csökkenteni a kívánt élettartam és a várható környezeti igénybevételek keretei között. Másfelől a betonszerkezet funkciójától függően a szerkezet kialakításával is elő lehet segíteni a károsító tényezők hatásának csökkenését. A betonszerkezetek tervezésénél és kialakításánál figyelemmel kell lenni a megfelelő vízvezetés biztosítására azért, hogy ne alakulhassanak ki pangó vízzel borított, illetve víz által rendszeresen áztatott betonfelületek (megfelelő mértékű lejtések, vízorr, vízvezetők stb.).

A megfelelő (kevesebb kapilláris pórust tartalmazó) pórusstruktúrát elsősorban a víz/cement tényező csökkentésével lehet elérni. A frissbetonban lévő víznek csak mintegy 20-22 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>-a használódik el a cement hidratációs folyamatában. A többi vízmennyiség a kívánt konzisztencia eléréséhez szükséges. Ez utóbbi víz a betonból az idő előrehaladtával eltávozik kapilláris rendszert hagyva maga után. Ennek a vízmennyiségnek a csökkentésére nyílik lehetőség különböző képlékenyítő, de sokkal inkább folyósító adalékszerek alkalmazásával, miáltal kevesebb kapilláris pórus is keletkezik. A pórusstruktúra rendszerének magasabb szintű kialakítását jelenti, amikor a csökkentett víz/cement tényező mellett mesterségesen (a keverékképzés folyamán, légpórusképző adalékszer által) képzett pórusokat hozunk létre a betonban egy szűkebb mérettartományban (200 – 300  $\mu\text{m}$  átmérő). Ezek a kapillárisoknál nagyobb méretű, egymástól megfelelő távolságban lévő (távolsági tényező;  $\sim 0,1 - 0,3$  mm) gömb alakú pórusok megszakítják a kapilláris rendszert. Fagyhatás esetén a kapillárisokban megfagyó víz ezen képzett pórusok irányába tud kiterjedni és ezzel a kapillárisokban, a fagyás okozta térfogatváltozásból származó feszítő erők hatása leépül, roncsoló hatása nem tud érvényesülni.

Jelenleg a fagyás károsító hatásainak csökkentésére mindkét módszert alkalmazzák: kis víz/cement tényező vagy kis víz/cement tényező és mesterséges pórusok, légpórusképző adalékszer által. egymáshoz viszonyított hatékonyságuk kérdése még nem lezárt téma a betontechnológiában.

Meg kell még említeni, hogy a cementkő megfelelő struktúrája mellett az alkalmazott adalékanyagoknak is fagyállónak kell lenniük ahhoz, hogy a betonszerkezet fagyhatással szembeni ellenálló képessége megfelelő legyen. Az adalékanyagok fagyállóságára vonatkozó követelményekre és a vizsgálati módszerekre az MSZ 4798:2016 szabvány 5.1.3. szakasza és E melléklete ad tájékoztatást.

A fagyállóság szükséges mértékét a betonszerkezet tervezett használati ideje, valamint a várható időjárási körülmények adják meg. A fagy különösen károsító olyan szerkezeteknél, ahol a nedvesedés és kiszáradás feltételei folyamatosan fennállnak.

A fagyásnak, illetve a fagnak és olvasztóanyagoknak ellenálló betonok követelményeire, valamint a vonatkozó vizsgálati módszerekre az MSZ 4798:2016 szabvány 5.5.5. szakasza ad tájékoztatást.

[Újhelyi János: Beton Ismeretek]

## 6.6. SZULFÁTOK HATÁSA (PLUZZIK TAMÁS)

A szulfátok közösleges betonokra gyakorolt hatásának tárgyalása előtt tisztázni kell mik azok a szulfátok, hol és miért vannak jelen a környezetünkben.

A szulfátok szulfationt ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) tartalmazó vegyületek, a kénsav ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sói, amelyek között vannak vízben oldható és nem, vagy nehezen oldódóak is. Oldhatatlan pl. a bárium-szulfát és az ólom-szulfát, nehezen oldódik pl. a kalcium-szulfát. A szilikátkémiában, pl. cementek kapcsán (így a betontechnológiában is), több más alkotórészhez hasonlóan a szulfátokat oxidos formában, „ $\text{SO}_3$ ” alakban jelöljük.

Eredetüket tekintve megkülönböztethetünk ásványi eredetű, emberi tevékenységből származó, és biológiai eredetű szulfátokat. Mindezekből szulfátos vizek keletkezhetnek.

Beton anyagú építményeinkre a Föld felszínén, vagy a felszín közelében az ásványok mállási folyamatának eredményeként létrejövő szulfátok jelentik a legnagyobb veszélyt.

Ezek a gipsz tartalmú vizek ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), Glaubersó tartalmú vizek ( $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ), a keserűs tartalmú vizek ( $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) és a vas-szulfát tartalmú vizek ( $\text{Fe}_2\text{SO}_4$ ).

A talajokban jelen lévő szulfátok létrejöhetnek vas-szulfidok és szerves vegyületek oxidációjának, illetve a kén-dioxid oldódásának eredményeként, valamint nem szabad megfelelkezni az ipari tevékenységekből adódó (kén-) savas esőről sem. Az emberi tevékenységek során létrejövő kén-dioxid ( $\text{SO}_2$ ) és kén-trioxid ( $\text{SO}_3$ ) gyakorlatilag a vizekbe és talajba szivárgó szulfátokat eredményez.

A szulfátok a megszilárdult beton kötőanyagát duzzadás révén teszik tönkre. A tönkremenetel gyorsasága és mértéke függ a szulfát alakjától, oldhatóságától is, mivel az oldatban lévő szulfátok a beton pórusain keresztül behatolva, annak belsőbb rétegeit is károsítják. Az oldható szulfátok mellett még kénsav is keletkezik, amely további, a későbbiekben részletezett veszélyt jelent a betonra (6.7. fejezet).

A szulfátkorrózió a betonban a következők szerint zajlik:

Egyrésztől a szulfátok lekötik a beton kötőanyagául szolgáló, a cement kötése során keletkező kalcium-hidroxiidot, ún. portlanditot ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ), és azt gipszzé alakítják. A gipsz keletkezése térfogat-növekedéssel jár, a labilissá váló cementkötés mellett viszont megnő a beton porozitása, ami szilárdságcsökkenést eredményez.

Másrésztől a felhasznált cement leggyorsabban kötő klinkerásványa a trikálcium-aluminát ( $\text{C}_3\text{A}$ ) felelős a beton tönkremenetelért, mivel az az oldat formában a pórusokba felszivódó szulfátokkal reakcióba lépve nagy térfogat-növekedéssel jár, ún. másodlagos ettringit (szokás cement bacilusnak is nevezni) képződést indít be. Valójában ugyanaz az ettringit keletkezik, mint a cementkötésnél, csak itt már egy korábban megszilárdult rideg kővázban játszódik le a folyamat, amely a jelentős duzzadás miatt szétrepeszti, szétporlasztja azt.

Az előbbiekből következik, hogy ha a cementben nincs trikálcium-aluminát (C<sub>3</sub>A), vagy mennyisége nagyon kicsi, az előbbiekből leírt reakció a szulfátokkal nem következik be, a beton anyaga nem megy tönkre (lásd 1.1.11. fejezetben a szulfátálló cementeket).

A legnagyobb veszélynek a szulfátos talajjal érintkező beton alaptestek, picefalak, földalatti műtárgyak, vízepítési műtárgyak vannak kitéve. A problémára tehát a szulfátálló (trikálcium-aluminát mentes) cementek alkalmazása és a speciális betontechnológiai szempontok betartása jelent megoldást (4.6.7 fejezet).

## 6.7. VEGYI ANYAGOK HATÁSA (ÓVÁRI ALBERT)

A betonnal érintkezésbe kerülő vegyi anyagok veszélyt jelenthetnek annak tartósságára vonatkozóan. Ezért célszerű ezeket sorra venni és hatásukat az adott körülmények esetén mérlegelni. A hazai viszonyokra vonatkozóan ez részletesen kidolgozásra került az 1995-ben kiadott MÉASZ ME-04.19 Műszaki Előírás 10. fejezetében, ezért jelen fejezetben ennek útmutatásait kivonatosan ismertetjük.

Fenti előírás a károsító közegek koncentrációja alapján négy osztályba sorolja azokat:

I. Nem agresszív osztály

II. Gyengén agresszív osztály

III. Közepesen agresszív osztály

IV. Erősen agresszív osztály

és a gyengén agresszív osztályt további három alosztályba (II/1, II/2, II/3) sorolja.

Az I. és II. agresszivitási osztályokba tartozó korróziós hatásoknak a beton külön védelem nélkül ellenáll, ha összetétele és készítése kielégíti az MI 17215-4, a szerkezet tervezése pedig az MI 17215-3 követelményeit (primervédelem). A III. és IV. agresszivitási osztályba tartozó korróziós hatásoknak csak azok a beton- vagy vasbeton szerkezetek állnak ellen, amelyeket felületkezeléssel, impregnálással, bevonással vagy burkolással külön is megvédenek (szekundervédelem).

A beton- és vasbeton szerkezetekkel érintkező anyagokat összetételük alapján kell az agresszív osztályokba vagy alosztályokba besorolni. Az ismeretlen összetételű vagy koncentrációjú anyagokat meg kell vizsgálni az MI-04-88-4-6 szerint és a vizsgálatok eredményeiből kell meghatározni a korróziót okozó közeg kalcium-ionnal képzett vegyületének a vízdoldhatóságát. Ennek segítségével kell megállapítani a betonkorrózió csoportját és alcsoportját. Ehhez ad segítséget néhány fontosabb anyagra a 6.7.1. táblázat.

A vizsgálatokkal meghatározott koncentráció-érték alapján a közegeket a 6.7.2-9. táblázatok szerint lehet az agresszivitási osztályba besorolni.

A táblázatokkal kapcsolatosan meg kell jegyezni a következőket:

### Folyadék esetén

- az osztályozás legfeljebb +40°C hőmérsékletű és legfeljebb 0,1 MPa nyomású folyadékra vonatkozik,
- ha a folyadékban található különböző vegyületek koncentrációja alapján az osztályozás egymástól eltérő agresszivitási osztályokat, ill. alosztályokat eredményez, akkor a folyadékot a betonkorrózió szempontjából veszélyesebb osztályba, ill. alosztályba kell sorolni,
- az A és a B típusú betonkorrózió esetén, ha a folyadék pH-értéke <6,0 vagy >9,0, akkor B típusú, ill. ha szerves anyagot is tartalmaz, akkor D típusú betonkorróziót is figyelembe kell venni,
- Dc csoportja esetén a szerves vegyületek vizes oldatait a 6.7.2-5. táblázatok szerint kell osztályozni.

### Szilárd közeg esetén

- a legfeljebb +40°C hőmérsékletű talajok agresszivitását a ható vegyületek koncentrációja alapján a 6.7.7. táblázat szerint kell osztályozni,
- ha a talaj pH-értéke <6,0 vagy >9,0, akkor a B típusú betonkorróziót is figyelembe kell venni a 6.7.4. táblázat sze-

- rint, ill. ha a talaj szerves anyagot is tartalmaz, akkor a D típusú betonkorrozíót a 6.7.6. táblázatnak megfelelően, az egyéb szilárd közegeket a bennük lévő vegyületek tömény oldatának a hatása alapján kell a 6.7.2-6. táblázatok alapján osztályozni.

### Gázok esetén

- A legfeljebb +50°C hőmérsékletű gázokra először a 6.7.8. táblázat alapján kell megállapítani az agresszív gázok csoportját, majd a légtér relatív nedvességtartalma alapján a 6.7.9. táblázat szerint kell az agresszivitást osztályozni. Megjegyzendő, hogy a szerves oldószerek gőzei általában nem agresszívek a betonra. Amennyiben egyéb okok miatt korrózióvédelem szükséges, akkor azt egyedileg kell elbírálni.
- A 6.7.9. táblázattal kapcsolatban megjegyzendő, hogy a belső terek relatív nedvességtartalom szerinti besorolása a következő: száraz a térség, ha a relatív nedvességtartalma legfeljebb 60%, páras a térség, ha a relatív nedvességtartalma 60–75%, nedves a térség, ha a relatív nedvességtartalma legalább 75%.

A biológiai korróziót okozó közegeket a mikroorganizmusok életfunkciói során keletkező vegyületek és azok töménysége alapján kell a 6.7.2-6. táblázatok szerint osztályozni.

A kóboráram-korróziót okozó közegeket az alábbi agresszivitási osztályokba kell sorolni:

- I. Nem agresszív, ha a kóboráram erőssége legfeljebb 100  $\mu\text{A}/\text{m}^2$ ,
- III. Közepesen agresszív, ha a kóboráram erőssége nagyobb, mint 100  $\mu\text{A}/\text{m}^2$ .

Az agresszivitás lehetséges előfordulásait és a korrózióvédelem változatait a 6.7.11. táblázat foglalja össze.

### 6.7.1. táblázat: A betonkorrozio típusai, csoportjai és jelölésük (az MSZ 17215/1 és az MI 17215/2 szerint)

A betonkorrozio			
típusának jele	csoportja	csoportjának jele	alcsoportjának jele
	A beton tulajdonságainak a romlását okozó, az agresszív vegyületek kationjai és a cementkőben lévő kalcium kationok cserebomlása folytán bekövetkező cserebomlási korrózió	Ab*	Ab1 Ab2 Ab3
B	Savkorrozio: savak, savanyúan hidrolizáló sók hatására (a beton teljes vagy részleges oldását okozó) betonkorrozio	Ba	Ba1 - Ba2 <sup>xx</sup> Ba3
	Szénsavkorrozio: a korróziós közeg hatására képződő, a nem oldódó kalciumvegyületekből szénsv hatására keletkező, másodlagosan jól oldódó kalciumvegyületek által okozott betonkorrozio	Bb	-
	Lúgkorrozio: lúgok, bázikusan hidrolizáló sók hatására a beton teljes vagy részleges oldódása folytán bekövetkező betonkorrozio	Bc	-
C	A beton akotórészeinek a térfogat-növekedése az agresszív közeg által okozott kémiai reakciók következtében	Ca	-
	A beton akotórészeinek a térfogat-növekedése az agresszív közeg által okozott kristályosodás következtében	Cb	-
D	Ásványolajok és származékaik által okozott betonkorrozio	Da	-
	Vízben oldódó, nem disszociáló és vízben oldhatatlan szerves vegyületek által okozott betonkorrozio	Db	Db1 Db2
	Vízben oldott, disszociáló szerves vegyületek által okozott betonkorrozio	Dc <sup>xxx</sup>	

x a képződő kalciumvegyületek oldhatósága vízben, g/100ml-ben:

- az 1. alcsoportban 1,000 felett
- a 2. alcsoportban 0,002-től 1,000-ig
- a 3. alcsoportban 0,002 alatt

xx a B típusú betonkorrozio esetében az 1. és 2. szerinti alcsoportokat össze kell vonni

xxx az A és B, valamint C típusú betonkorrozio szerint kell osztályozni

### 6.7.2. táblázat: Néhány fontosabb agresszív anyag csoportba-alcsoportba sorolása

Betonkorrózió		A ható közeg agresszív komponense
csoportja	alcsoportja	
Aa		Lágyvíz, ionszegény víz. Nátrium-, kalcium-, kálium-kation. Ammónium-, magnézium-kation
Ab	Aa1 Ab1	Klorid-, nitrát-, acetát-, formiát-anion
	Aa2 Ab2	Hidrogén-foszfát-, tartarát-, citrát-anion
	Aa3 Ab3	Karbonát-, foszfát-, oxalát-, sziliko-fluorid-anion
Ba	Ba1	Sósav, salétomsav, kénsav, ecetsav, hangyasav, citromsav, borkósav
	Ba2	Kénhidrogénes víz
	Ba3	Oxálasav, hidrogén-sziliko-fluorid
Bb		Szénsav
Bc		Lúgok, bázikusan hidrolizáló sók
Ca		Szulfát-, benzonát-, fenolát-ionok
Cb		Nátrium-karbonát, magnézium-klorid, nátrium-nitrát, réz-szulfát
Da		Ásványolaj-származékok
Db	Ab1-Db3	Nem disszociáló szerves vegyületek oldata. Észterek, glicerinek, savak
Dc <sup>x</sup>		Formiátok, acetátok

A besorolást az A, B és C típusú betonkorrózió szerint kell megadni

x Csak vasbeton szerkezetre kell figyelembe venni

### 6.7.3. táblázat: Agresszivitási osztályok értékei az Aa típusú betonkorrózió esetén

Agresszivitást okozó vegyület, mg/l		Agresszivitási osztály, alosztály			
		II. Gyengén agresszív			III. Közepesen agresszív
		II/1	II/2	II/3	
Összes sótartalom		-	100-200	50-100	>50
Kation mennyiség <sup>x</sup>	Aa1 alcsoport	-	1000-2000	2000-5000	>5000
	Aa2 alcsoport	-	2000-5000	>5000	-
	Aa3 alcsoport	-	-	-	-

x Nátrium-, ill. egyenértékű kation, az ammónium kivételével

### 6.7.4. táblázat: Agresszivitási osztályok értékei az Ab típusú betonkorrózió esetén

Korróziót okozó kation, mg/l		Agresszivitási osztály, alosztály			
		II. Gyengén agresszív			III. Közepesen agresszív
		II/1	II/2	II/3	
Mg <sup>++</sup>	Ab1 alcsoport	500-1000	1000-2000	2000-3000	>3000
	Ab2 alcsoport	1000-2000	2000-3000	3000-5000	>5000
	Ab3 alcsoport	>1000	-	-	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ab1 alcsoport	100-200	200-300	300-500	>500
	Ab2 alcsoport	200-400	400-600	600-1000	>1000
	Ab3 alcsoport	>2000	-	-	-

### 6.7.5. táblázat: Agresszivitási osztályok értékei B típusú betonkorrozó esetén

Korróziót okozó vegyület		Agresszivitási osztály, alosztály				
		II. Gyengén agresszív			III. Közepesen agresszív	IV. Erősen agresszív
		II/1	II/2	II/3		
		pH-érték			tömegszázalék	
Savkorrozó Ba1 és Ba2 alcsoportban	nem oxidáló	-	6,0-6,5	5,0-6,0	<8,0	>8,0
	oxidáló				<5,0	>5,0
Savkorrozó Ba3 alcsoport		5,5-6,0	5,0-5,5	4,5-5,0	<15	>15
Lúgok, bázikus sók		9	9-10,5	-	<10	>10
Szénsavkorrozó		CO <sub>2</sub> tartalom mg/l				
		-	5-30	30-70	<70	-

### 6.7.6. táblázat: Agresszivitási osztályok értékei C típusú betonkorrozó esetén

Korróziót okozó anionok, ill. vegyületek	Agresszivitási osztály, alosztály			
	II. Gyengén agresszív			III. Közepesen agresszív
	II/1	II/2	I/3	
SO <sub>4</sub> - mg/l	500-1000	1000-3000	3000-6000	>6000
Cl <sup>-</sup> mg/l <sup>x</sup>	-	700-1500	1500-300	>3000
Kristályosodó semleges sók <sup>xx</sup> tömeg%	-	1-3	-	>3

x Csak vasbeton szerkezetek esetében kell figyelembe venni

xx Szabad párolgási felület esetén kell figyelembe venni

Jelmagyarázat: Az agresszivitási osztály, alosztály nincs értelmezve: -

### 6.7.7. táblázat: Agresszivitási osztályba sorolás feltételei a D típusú korrozó esetén

Korróziót okozó vegyületek		Agresszivitási osztály	
Ásványolajok és származékaik (Da)			
Savszám mgKOH/g	0,5-ig	II. Gyengén agresszív	
	0,5 felett	IV. Erősen agresszív	
Vízben oldódó, nem disszociáló szerves vegyületek (semleges oldatok)		Db1 alcsoport	III. Közepesen agresszív
		Db2 alcsoport	II. Gyengén agresszív
		Db3 alcsoport	-
Vízben oldhatatlan szerves vegyületek		Db1 és Db2 alcsoport	IV. Erősen agresszív

### 6.7.8. táblázat: Agresszivitási osztályok értékei talajok esetén

Vízben oldható vegyület mennyisége mg/kg	Agresszivitási osztály, alosztály			
	II. Gyengén agresszív			III. Közepesen agresszív
	II/1	II/2	II/3	
Mg <sup>++</sup>	-	1000-3000	3000-5000	5000 felett
NH <sup>+</sup>	400-800	800-1200	1200-2000	2000 felett
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1000-2500	2500-5000	5000-8000	8000 felett
Cl <sup>x</sup>	-	1000-2500	2500-5000	5000 felett

x Csak vasbeton szerkezetek esetén kell figyelembe venni

Jelmagyarázat: az agresszivitási osztály nincs értelmezve: -

### 6.7.9. táblázat: Gázok agresszív csoportba sorolása koncentrációjuk alapján

Gázok megnevezése	Koncentráció mg/m <sup>3</sup>	Agresszív gázok csoportja
szén-dioxid kén-dioxid hidrogén-fluorid gáz nitrogén oxidok kén-hidrogén szilícium-fluorid sósav-gáz klór	2000-ig <sup>x</sup> 200-ig <sup>x</sup> 10-ig 5-ig 10-ig 100-ig 0,1-ig 1-ig	G <sub>A</sub>
szén-dioxid kén-dioxid hidrogén-fluorid gáz nitrogén oxidok kén-hidrogén szilícium-fluorid sósav-gáz klór	2000 felett 200 felett 10 felett 50-ig 5 felett 25-ig 10 felett 100 felett 0,1 felett 5-ig 1 felett 10-ig	G <sub>B</sub>
hidrogén-fluorid gáz nitrogén oxidok sósav-gáz klór	50 felett 8000-ig 25 felett 7000-ig 5 felett 15 000-ig 10 felett 28 000-ig	G <sub>C</sub>
hidrogén-fluorid gáz nitrogén oxidok sósav-gáz klór	8000 felett 7000 felett 1500 felett 28 000 felett	G <sub>D</sub>

x MAK értéket meghaladó koncentráció

### 6.7.10. táblázat: Gázok besorolása agresszivitási osztályokba

Agresszív gázok csoportja	Légtér relatív nedvességtartalma, %	Agresszivitási osztály
G <sub>A</sub>	75 felett	II. Gyengén agresszív
G <sub>B</sub>	75-ig	
G <sub>B</sub>	75 felett	III. Közepesen agresszív
G <sub>C</sub>		
G <sub>D</sub>		IV. Erősen agresszív

### 6.7.11. táblázat: A beton- és vasbeton szerkezetekre ható külső közegek agresszivitásának előfordulásai és a korrózióvédelem változatai

Agresszivitási osztály, alosztály	Kémiai korrózió												Bioló-giai	Kóbor-áram	A korrózióvédelem szükséges változata	
	A betonkorrózió csoportjele <sup>x</sup>															
	Folyékonyközegek									Szilárd		Gáz közeg				korrózió
Aa	Ab	Ba	Bb	Bc	Ca	Cb	Da	Db	Dc	Ab	Ca					
I. Nem agresszív	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	Korrózióvédelem nem szükséges
II. Gyengén agresszív	II/1	+	+	+	+	+					+	+	+	+	-	Primer korrózióvédelem elegendő
	II/2	+	+	+	+	+	+	+	+		+	+	+	+		
	II/3	+	+	+	+	+	+				+	+	+	+		
III. Közepesen agresszív	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	Primer és szekunder védelem szükséges
IV. Erősen agresszív	-	-	+	-	+	-	-	+	+	+	+ <sup>xx</sup>	+ <sup>xx</sup>	+	+	-	

x a jellemző anyagokat a 6.7.2. táblázat tartalmazza

xx Talajokat kivéve

Jelmagyarázat: + az agresszivitás értelmezve van, - az agresszivitás nincs értelmezve



## Vonatkozó műszaki szabályozások

- MI 17215-2 Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Agresszív közegek osztályozása
- MI 17215-3 Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Tervezési előírások
- MI 17215-4 Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Primer korrózióvédelem
- MI-04-88-19 Építményszerkezetek korrózióvédelme. Betonok termoanalitikai vizsgálata
- MI-07-3406 Közúti hidak beton és vasbeton szerkezeteinek korrózióvédelme
- MSZ 17213-1 Építőipari korrózióvédelem fogalmmeghatározásai. Beton és vasbeton szerkezetek
- MSZ 17215-6 Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. A beton acélt védő hatásának vizsgálata és minősítése
- MSZ 17215-7 Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. A betonacél korróziós állapotának helyszíni vizsgálata
- MSZ 17215-9 Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Megszilárdult betonok termoanalitikai vizsgálata
- MSZ EN 13529 Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. Ellenálló képesség erős vegyi hatással szemben
- MSZ EN 13577 Vegyi hatásnak kitett beton. A víz agresszív szén-dioxid-tartalmának meghatározása
- MSZ EN 15183 Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Vizsgálati módszerek. A korrózióvédelem vizsgálata
- ÚT 2-2.203 [e-UT 07.04.12] Közúti hidak korrózióvédelme I. Betonszerkezetek primer (technológiai) védelme
- ÚT 2-2.206 [e-UT 07.04.13] Közúti hidak korrózióvédelme II. Kész betonszerkezetek
- ÚT 2-3.401 [e-UT 07.00.21] Közúti hidak tervezése. Általános előírások
- ÚT 2-3.414 [e-UT 07.01.14] Közúti hidak tervezési előírásai IV. Beton, vasbeton és feszített vasbeton közúti hidak tervezése



# 7. FORGALMAZÁS – ÜZEMI GYÁRTÁS ELLENŐRZÉS TANÚSÍTÁSA ÉS A BETON MEGFELELŐSÉGÉNEK ÉRTÉKELÉSE

(DR. KARSAINÉ LUKÁCS KATALIN, URBÁN FERENC)

## 7.1. AZ ÉPÍTÉSI TERMÉKEK JOGSZERŰ FORGALMAZÁSÁNAK HÁTTERE

„Az Európai Parlament és Tanács 305/2011/EU Rendelete (2011. március 9.) az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályaon kívül helyezéséről” (CPR), valamint „A Kormány 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelete az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól” hatályba lépésével 2013. júliustól megváltozott az építési termékek jogszerű forgalmazásának szabályozása. A legfontosabb változás, hogy a 305/2011/EU Rendelet már nem irányelv, így minden EGT tagországban hatályos és lefedi az EU területén harmonizált szabványokkal szabályozott vagy Európai Műszaki Engedéllyel (EME) rendelkező termékek körét, így a tagországoknak azokkal kapcsolatban teendői nincsenek. Ugyanakkor az előzőekben nem eső építési termékek esetén a tagállamoknak meg kellett alkotniuk a nemzeti műszaki előírásokkal szabályozott építési termékek jogszerű forgalmazásának és beépítésének jogi hátterét, melyet a 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet fed le. Másik fontos változás, hogy a Szállítói/Gyártói megfelelőségi nyilatkozatot felváltotta a Teljesítménynyilatkozat, ami már nem az építési termék megfelelőségét, hanem teljesítményének állandóságát igazolja, valamint új követelményként megjelent a természeti erőforrások fenntartható használata. A CE jelölést azonban a továbbiakban is csak a harmonizált szabvány által szabályozott építési termék, vagy ha a termék megfelel egy, a termék vonatkozásában kiadott európai műszaki értékelésnek esetekben alkalmazhatja a gyártó, forgalmazó.

Átmeneti rendelkezésként a jogszerűen forgalmazott építési termékek 2018. június 30-ig a régi (89/106/EGK tanácsi irányelv, CPD-építési termék irányelv és a 3/2003.(I.25.) BM-GKM-KvVM együttes rendelet) alapján kiállított dokumentumok is használhatóak a CPR alatt, de a 2013. július 1. után forgalomba hozott termékek esetében már nem. Ugyanakkor építési termék már csak Teljesítménynyilatkozattal hozható forgalomba, függetlenül attól, hogy kiállításának alapja a régi vagy az új rendszer.

A rendelettel kapcsolatos fontosabb fogalmak:

„**építési termék**”: bármely olyan termék vagy készlet, amelyet azért állítottak elő és hoztak forgalomba, hogy építményekbe vagy építmények részeibe állandó jelleggel beépítsék, és amelynek teljesítménye befolyásolja az építménynek az építményekkel kapcsolatos alapvető követelmények tekintetében nyújtott teljesítményét;

„**alapvető jellemzők**”: az építési termék azon jellemzői, amelyek az építményekre vonatkozó alapvető követelményekkel függnek össze;

„**építési termék teljesítménye**”: a termék releváns alapvető jellemzőire vonatkozó, szintekkel, osztályokkal, illetve leírással kifejezett teljesítménye;

„**szint**”: az építési termék alapvető jellemzői tekintetében vizsgált teljesítménye értékelésének számértékben kifejezett eredménye;

„**osztály**”: az építési termékek teljesítményszintjeinek egy alsó és egy felső érték által határolt tartománya;

„**terméktípus**”: meghatározott alapanyagok kombinációjából vagy más elemek felhasználásával, egy bizonyos gyártási folyamat eredményeként előállított építési termék, amely az alapvető jellemzőivel összefüggésben tipikus teljesítményszintekkel vagy -osztályokkal jellemezhető;

„**harmonizált szabvány**”: a 98/34/EK irányelv I. mellékletében felsorolt valamelyik európai szabványügyi testület által, ugyanezen irányelv 6. cikkének megfelelően a Bizottság kérelme alapján elfogadott szabvány;

„**honosított harmonizált szabvány**”: a nemzeti szabványként közzétett harmonizált szabvány;

„**nemzeti szabvány**”: meghatározott ország szintjén közzétett szabvány;

„**nem harmonizált szabvány**”: amit az EU Bizottsága nem nyilvánított harmonizálttá;

„**rendeltetés**”: az építési termékek az alkalmazandó műszaki előírásban meghatározottak szerinti rendeltetése;

„**gyártó**”: az a természetes vagy jogi személy, aki az építési terméket gyártja, vagy aki saját nevében vagy védjegye alatt egy ilyen terméket terveztet vagy gyártat és értékesít;

„**forgalmazó**”: az értékesítési láncban a gyártótól vagy importőrtől eltérő természetes vagy jogi személy, aki forgalmazza az építési terméket;

„**akkreditálás**”: a 765/2008/EK rendelet fogalommeghatározása szerinti eljárás;

„**üzemi gyártásellenőrzés**”: az üzemi gyártás folyamatos, dokumentált, a vonatkozó harmonizált műszaki előírásoknak megfelelően történő belső ellenőrzése;

„**terméktanúsító szerv**”: olyan állami vagy nem állami bejelentett/kijelölt szerv, amely rendelkezik a kellő szakértelemmel és felelősséggel a terméktanúsítás megadott eljárási és irányítási szabályok szerinti elvégzéséhez;

„**üzemi gyártásellenőrző tanúsító szerv**”: olyan állami vagy nem állami bejelentett/kijelölt szerv, amely rendelkezik a kellő szakértelemmel és felelősséggel az üzemi gyártásellenőrzés tanúsításának megadott eljárási és irányítási szabályok szerinti elvégzéséhez;

„**TÁÉE rendszere**”: A termékek teljesítmény állandóságának értékelésére és ellenőrzésére szolgáló (TÁÉE) rendszere, melynek módozatait a termékre vonatkozó jóváhagyott műszaki specifikáció határozza meg.

A Teljesítménynyilatkozat (a CPR módosított III. melléklete) tartalmi elemei:

- A teljesítménynyilatkozat száma: a gyártó határozza meg.
- A terméktípus egyedi azonosító kódja: a terméktípushoz, ennek következtében pedig az építési termékek teljesítményszintjeihez vagy -osztályaihoz kapcsolódik.
- Felhasználás célja(i): gyártó által meghatározott rendeltetésének vagy rendeltetéseiének felsorolása az alkalmazandó műszaki előírásoknak megfelelően.
- Gyártó: a gyártó feltüntetett neve, bejegyzett kereskedelmi neve vagy bejegyzett védjegye és értesítési címe.
- A meghatalmazott képviselő: csak akkor kell felvenni és kitölteni, ha meghatalmazott képviselőt jelöltek ki.
- A TÁÉE-rendszer(ek): a teljesítmény állandóságának értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszerek(i).
- A vonatkozó szabvány: szabvány hivatkozási száma és kibocsátásának dátuma.
- Kijelölt/Bejelentett tanúsító szerv(ek): neve/azonosító száma.
- A nyilatkozatban szereplő teljesítmény(ek): a 2. pontban feltüntetett egy vagy több rendeltetés vonatkozásában a szóban forgó műszaki előírások szerinti alapvető jellemzők.
- A fent azonosított termék teljesítménye megfelel a bejelentett teljesítmény(ek)nek. A 305/2011/EU rendeletnek megfelelően e teljesítménynyilatkozat kiadásáért kizárólag a fent meghatározott gyártó a felelős.
- A gyártó nevében és részéről aláíró személy.

Amennyiben az építési termék harmonizált szabványokkal szabályozott vagy Európai Műszaki Engedéllyel (EME) rendelkező termékek körébe tartozik és a gyártó teljesítménynyilatkozatot állított ki, akkor jogosult

a csomagoláson, illetve kísérő dokumentációkon a CE jel használatára. A rendelettel egyidejűleg a CE jelölés tartalma is módosult, melynek felépítése, ill. a közlendő információk építési termék esetén a következők:

- CE megfelelőségi jelölés, amely a 93/68/EGK irányelv szerinti „CE” jelből áll.
- A tanúsító szerv azonosító száma.
- A gyártó cég neve, bejegyzett címe vagy azonosító jele.
- A megjelölés elhelyezési évének utolsó két jegye.
- A teljesítménynyilatkozat hivatkozási száma.
- Az alkalmazott európai szabvány száma, ahogy a hivatalos lapban (OJ) közzétették.
- A terméktípus szabványos megnevezése, amely megadja a lényeges jellemzők szintjeit és osztályait.
- A termék tervezett felhasználási területei az alkalmazott európai szabvány szerint.
- Megadott teljesítményértékek.

A rendelet előírja az egyes gazdasági szereplők kötelezettségeit, melyek jellemzően a következők:

### **A gyártók:**

A teljesítménynyilatkozat alapjaként elkészítik a teljesítmény állandóságára vonatkozó előírás szerinti értékelési és ellenőrzési rendszerrel kapcsolatos valamennyi releváns elemet feltüntető műszaki dokumentációt, kiállítják a teljesítménynyilatkozatot, elhelyezik a CE jelölést (harmonizált szabvány, EME esetén). Az építési termék forgalomba hozatalát követően 10 évig kötelesek megőrizni a műszaki dokumentációt és a teljesítménynyilatkozatot.

Megfelelő eljárásokat kell alkalmazni annak biztosítására, hogy a sorozatgyártás során fenntartsák a nyilatkozatban szereplő teljesítményt, kezeljék a terméktípus és az alkalmazandó műszaki előírások változásait.

A gyártók biztosítják, hogy az építési termékeken, – vagy ha annak mérete, jellege nem teszi lehetővé – csomagolásán vagy a kísérő dokumentációján azonosításukat lehetővé tevő információkat, a termék típus-, tétel- vagy sorozatszámát vagy egyéb ilyen elemeket helyezzenek el.

### **A meghatalmazott képviselők:**

A gyártók írásbeli megbízással meghatalmazott képviselőt nevezhetnek ki, aki(k)nek a megbízása a műszaki dokumentáció elkészítésére nem terjedhet ki. A megbízásukban meghatározott feladatokat látják el, különös tekintettel a teljesítménynyilatkozat és a műszaki dokumentáció megőrzésére, az illetékes hatóságoknak történő átadására, a vonatkozó előírások betartásának igazolására a dokumentumok átadása az illetékes hatóságnak.

### **Importőrök:**

Kizárólag a rendelet alkalmazandó követelményeinek megfelelő építési termékeket hozhatnak forgalomba a nemzeti vagy uniós piacon. Az építési termék forgalomba hozatala előtt meggyőződnek arról, hogy a gyártó elvégezte a teljesítmény állandóságának értékelését és ellenőrzését, rendelkezik az előírt dokumentumokkal. Az építési terméken (vagy kísérődokumentumokon) feltüntetik adataikat, gondoskodnak az érintett tagállam nyelvén a használati utasítás és a biztonsági tájékoztatók mellékeléséről, valamint a már ismertetett forgalomba hozatali és dokumentáció kezelési előírások betartásáról.

## 7.2. TÁÉE (AVCP) RENDSZEREK

Az építési termékek teljesítménye állandóságának az alapvető jellemzőik tekintetében való értékelését és ellenőrzését a TÁÉE rendszerek valamelyikének megfelelően kell elvégezni. A Bizottság meghatározhatja és felülvizsgálhatja, hogy az adott építési termék vagy építésitemék-család, illetve az adott alapvető jellemző esetében melyik rendszer vagy rendszerek alkalmazandók. A meghatározott rendszert vagy rendszereket a szabványokban, műszaki előírásokban rögzítik, míg az ún. nem szabályozott területen a Bizottság határozatait kell figyelembe venni az adott termékre, termékcsaládra. Amennyiben a Teljesítménynyilatkozat kiállításának alapja az építési termék Európai vagy Nemzeti Műszaki Engedélye, az azt kiállító műszaki értékelést végző szerv (TAB) határozza meg az alkalmazott TÁÉE rendszert, figyelembe véve a Bizottság határozatait.

A gyártó elkészíti a teljesítménynyilatkozatot, és meghatározza a terméktípust a teljesítményállandóságnak a következő rendszerek szerint elvégzett értékelése és ellenőrzése alapján:

TÁÉE rendszer	Gyártó végzi	Tanúsító szerv végzi
1+.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az üzemi gyártásellenőrzést;</li> <li>– a gyártó üzemben a gyártó által vett minták meghatározott vizsgálati terv szerint történő további vizsgálatát.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az építési termék teljesítményének értékelését vizsgálatok, számítások, táblázatba foglalt értékek vagy a termék leíró dokumentációja alapján;</li> <li>– a gyártó üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát;</li> <li>– az üzemi gyártásellenőrzés folytatódó felügyeletét, vizsgálatát és értékelését;</li> <li>– a gyártó üzemben vagy a gyártó raktárhelyiségeiben vett minták szűrőpróbaszerű vizsgálatát.</li> </ul>
1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az üzemi gyártásellenőrzést;</li> <li>– a gyártó üzemben a gyártó által vett minták meghatározott vizsgálati terv szerint történő további vizsgálatát.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az építési termék teljesítményének értékelését vizsgálatok, számítások, táblázatba foglalt értékek vagy a termék leíró dokumentációja alapján;</li> <li>– a gyártó üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát;</li> <li>– az üzemi gyártásellenőrzés folytatódó felügyeletét, vizsgálatát és értékelését.</li> </ul>
2+.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az építési termék teljesítményének értékelését vizsgálatok, számítások, táblázatba foglalt értékek vagy a termék leíró dokumentációja alapján;</li> <li>– az üzemi gyártásellenőrzést;</li> <li>– a gyártó üzemben a gyártó által vett minták meghatározott vizsgálati terv szerint történő további vizsgálatát.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– a gyártó üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálatát;</li> <li>– az üzemi gyártásellenőrzés folytatódó felügyeletét, vizsgálatát és értékelését.</li> </ul>
3.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az üzemi gyártásellenőrzést;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az építési termék teljesítményének értékelését vizsgálatok, számítások, táblázatba foglalt értékek vagy a termék leíró dokumentációja alapján;</li> </ul>
4.	<ul style="list-style-type: none"> <li>– az építési termék teljesítményének értékelését vizsgálatok, számítások, táblázatba foglalt értékek vagy a termék leíró dokumentációja alapján;</li> <li>– az üzemi gyártásellenőrzést;</li> </ul>	

Azok az építési termékek, amelyekre európai műszaki értékelést állítottak ki az 1+., az 1. és a 3. rendszerben feladatokat ellátó bejelentett/kijelölt szervek, csakúgy, mint az 2+ és a 4. rendszerben feladatokat ellátó gyártók a szóban forgó építési termék vonatkozásában kiállított európai műszaki értékelést a termék teljesítményértékelésének tekintik. Ezért azt a bejelentett szerveknek és a gyártóknak nem kell elvégezniük.

A gyakorlatban elterjedt az a félreértelmezés, hogy 2+ rendszerben a tanúsító szerv igazolja a termék teljesítményét, ezt gyakran építésvezetők, műszaki ellenőrök kérik számon a gyártótól. A táblázatból egyértelmű, hogy a termék típusazonosságát, teljesítményét a gyártó igazolja, a tanúsító szerv által kiállított tanúsítvány azt jelenti, hogy a gyártó képes a terméket a vonatkozó szabványok szerint előállítani, és ezt szabályozottan (a vonatkozó szabványnak megfelelő Gyártásszabályozási kézikönyvben dokumentáltan, mely részét képezheti a gyártó ISO rendszerének is), előírt üzemi gyártásellenőrzési rendszert működtetve teszi.

A bejelentett/kijelölt tanúsító szerv az építési termék teljesítményének állandóságára vonatkozó tanúsítvány, illetve az üzemi gyártásellenőrzés megfelelőségi tanúsítványának kiállításáról, korlátozásáról, fenntartásáról, felfüggesztéséről, illetve visszavonásáról az általa elvégzett értékelések és ellenőrzések eredménye alapján határoz.

## 7.3. SZÁLLÍTÁS, FORGALOMBA HOZATAL, BEÉPÍTÉS

Transzportbeton esetén a forgalomba hozatal, beépíthetőség dokumentumai a Szállítólevél és a Teljesítménynyilatkozat.

### 7.3.1. SZÁLLÍTÓLEVÉL

Transzportbeton esetén a Szállítólevél tartalmi elemeit az MSZ 4798 beton szabvány 7.3. fejezete adja meg. A gyártónak minden betonszállítmányt szállítólevél kíséretében kell átadnia, amely legalább a következő tájékoztatást tartalmazza:

- a transzportbetonüzem megnevezését, címét, elérhetőségét;
- a szállítólevél számát;
- a szállítójárműbe való betöltés napját és befejezésének az időpontját, továbbá a cement és a víz első érintkezésének az időpontját az első adagban;
- a szállítójármű számát vagy rendszámát;
- a vásárló nevét;
- a betonozás helyét és megnevezését;
- a műszaki követelmények részleteit vagy ezekre hivatkozást, pl. az összetétel azonosítási számát, a rendelési számot;
- a beton mennyiségét köbméterben;
- a teljesítménynyilatkozatot vagy elérhetőségének módját, hivatkozva a műszaki követelményekre és az MSZ 4798 szabványra;
- a tanúsító szervezet nevét vagy cégjelét, ha szükséges;
- a beton felhasználási helyre való érkezésének az időpontját;
- az ürítés kezdetének az időpontját;
- az ürítés befejezésének az időpontját.

A szabvány mindezekon felül további kiegészítéseket is tartalmaz (MSZ 4798 7.3. fejezet (2)-(8) pontok).

A szállítólevélre a megkívánt megfelelő tájékoztatás a helyszínen kevert betonra is érvényes, ha a helyszín nagy kiterjedésű vagy többféle beton készül, vagy a betont készítő szervezet más, mint a beton bedolgozásáért felelős szervezet.

### 7.3.2. TELJESÍTMÉNNYILATKOZAT

Az MSZ 4798 szabvány részletesen taglalja a dokumentált üzemi gyártásellenőrzési rendszer kialakítását és működtetését; az építési termék teljesítményének értékelését; a minták meghatározott vizsgálati terv szerinti vizsgálatát; valamint az üzemi gyártásellenőrzési rendszer tanúsítását, felügyeletét, mely alapfeltétele a teljesítménynyilatkozat gyártó általi kiállításának. Teljesítménynyilatkozatot valamennyi forgalmazott, beépített termékhez mellékelni kell nyomtatott vagy elektronikus formában.

A teljesítménynyilatkozat másolatát a Bizottság 157/2014/EU felhatalmazáson alapuló rendelete – az építési termékek teljesítménynyilatkozatának weboldalon való közzétételére vonatkozó feltételekről – szerint az

interneten is közzé lehet tenni és annak a tagállamnak a nyelvén vagy nyelvein kell rendelkezésre bocsátani, amelyben a terméket forgalmazzák.

A Teljesítménynyilatkozat tartalmi elemeit a CPR (módosított) III. melléklete határozza meg, mely alapján a Transzportbeton esetében pl:

### Teljesítménynyilatkozat

**Száma: 000-CPR-T0000-00**

1. A terméktípus egyedi azonosító kódja (pl. szabványos megnevezése):

**Transzportbeton – a szállítólevélén meghatározott jelölés szerint**

2. A felhasználás célja(i): **Tervezett és rendelt, a magas- és mélyépítésben helyszínen készített, előre gyártott beton-, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetekhez és szerkezeti elemekhez az MSZ EN 206, MSZ 4798 szabványban meghatározott feltételek teljesülése esetén.**

3. Gyártó:

4. Meghatalmazott képviselő: **Nincs**

5. A TÁÉE-rendszer: **2+. rendszer**

6. A vonatkozó szabvány: **MSZ 4798:2016 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon**

A kijelölt tanúsító szerv: **neve; azonosítója: xxx.**

7. A teljesítménykövetelmények értékelése

#### A beton konzisztenciája átadáskor (mm):

	F2	F3	F4	F5	F6
Min.	350	420	490	560	630
Max.	410	480	550	620	

A beton testsűrűsége: megfelel  
A beton eltarthatósága: általános  
körülmények esetén 90 perc

Lényeges jellemzők:

A gyártó által vállalt jellemző szilárdság 28 napos korban, vegyes tárolással (N/mm<sup>2</sup>)

C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C50/60
11	16	22	27	33	40	49	54	60	65

Megfeleléségi feltételek (a jelöléseket és rövidítéseket lásd az MSZ 4798 szabványban):

Kezdeti gyártás esetén:  $f_{cm, test} \geq f_{cm} = f_{ck} + 4$  és  $f_{cl} \geq f_{ck} - 4$

Folyamatos gyártás esetén:  $f_{cm, test} \geq f_{cm} = f_{ck} + 1,48 \cdot s$  és  $f_{cl} \geq f_{ck} - 4$

A beton egyéb tulajdonságai a beton jelében megadott követelmény szerint: megfelel

A termék az elvárt használati élettartamot csak megfelelő bedolgozás és utókezelés esetén teljesíti, ha a terméket érő hatások mértéke nem lépi túl a termék jelében megadott környezeti osztályokra vonatkozó határértékeket.

Az 1. pontban meghatározott termék megfelel a 7. pontban feltüntetett, teljesítménynyilatkozat szerinti teljesítményeknek. E teljesítménynyilatkozat kiadásáért kizárólag a 3. pontban meghatározott gyártó a felelős. A gyártó nevében és részéről aláíró személy: (név)(a kiállítás helye és dátuma)(aláírás)

### 7.3.3. CE JEL

Azon építési termékek esetén, melyre a 305/2011/EU rendelet szerint teljesítménynyilatkozatot állítottak ki, a termék csomagolásán vagy kísérő dokumentációján elhelyezhető a CE jel. A 275/2013. (VII. 16.) Korm.

rendelet szerint kiállított teljesítménynyilatkozat esetén a CE jel nem helyezhető el még akkor sem, ha annak rendelkezései a 305/2011/EU rendeletre utalnak – ezen építési termékek jellemzően a nem harmonizált szabványok és a nemzeti műszaki értékelések alapján előállított építési termékek.

A CE jelölésre a 765/2008/EK rendelet 30. cikkében megállapított általános elvek vonatkoznak. A CE jelölés építési terméken való elhelyezésével vagy elhelyeztetésével a gyártóknak az arra vonatkozóan vállalt felelősségüket kell jelezniük, hogy az adott termék megfelel a teljesítménynyilatkozatban foglaltaknak. A CE jelölés az egyetlen olyan jelölés, amely tanúsítja, hogy az építési termék megfelel a teljesítménynyilatkozatnak és az uniós harmonizációs jogszabályok értelmében alkalmazandó követelményeknek.

## EGYÉB

Az építési termékek csomagolására, kísérő dokumentációjára vonatkozó előírások alapján egyéb információk elhelyezésére is kötelezettek lehetnek a gyártók, forgalmazók. Ilyenek pl.:

- alkalmazási leírás;
- mechanikai szilárdság és állékonyság;
- tűzbiztonság;
- higiénia, egészség és környezetvédelem;
- biztonságos használat és akadálymentesség;
- zajvédelem;
- energiatakarékosság és hővédelem;
- a természeti erőforrások fenntartható használata.

## 7.4. AKKREDITÁLÁS, KIJEJELŐLÉS, BEJEJELENTÉS

### 7.4.1. AKKREDITÁLÁS

Az európai unió tagállamai kijelölik akkreditációs szervezetüket (Magyarországon 2016. január 1-től: Nemzeti Akkreditáló Hatóság), mely az akkreditálási tevékenységet ellátja. Az akkreditálás az akkreditációs szervezet tanúsítása arról, hogy az akkreditált szervezet megfelel a meghatározott megfelelésértékelési tevékenységek ellátásához a harmonizált szabványokban megállapított követelményeknek és amennyiben alkalmazandó, bármely további követelménynek, beleértve a vonatkozó ágazati szabályozásokban meghatározottakat is.

Az akkreditált státusz odaítéléséről szóló határozat jogerőre emelkedése napján az akkreditációs szervezet az erre a célra rendszeresített akkreditálási okiratot (részletező mellékletet) ad ki, mely az alábbiakat tartalmazza:

- az akkreditációs szervezet jelét,
- az akkreditált szervezet elnevezését, székhelyét, valamint telephely adatait, ahol az akkreditált tevékenységet végzi,
- az akkreditálás egyedi nyilvántartási számát,
- az akkreditált státusz odaítélésének és lejáratának időpontját,
- az akkreditált tevékenység megnevezését,
- a megfelelésre vonatkozó nyilatkozatot,
- azon szabványra, egyéb dokumentumra történő hivatkozást, amely alapján a szervezet értékelése történt.

Az akkreditációs szervezet az akkreditált státusz odaítélésének alapjául szolgáló körülmények fennállását, valamint az akkreditált szervezet alkalmasságát meghatározott rendszerességű felülvizsgálat keretében, illetve indokolt esetben rendkívüli vizsgálat keretében ellenőrzi.

A 2015. évi CXXIV. törvény a nemzeti akkreditálásról alapján a következő szervezetek és természetes személyek



akkreditálhatók (a vonatkozó szabvány szerint):

- vizsgálólaboratórium,
- mintavevő szervezet,
- kalibrálólaboratórium,
- jártassági vizsgálatot szervező szervezet,
- terméktanúsító szervezet,
- irányítási rendszereket tanúsító szervezet,
- személyzettanúsító szervezet,
- ellenőrző szervezet, a hatóságok kivételével,
- referenciaanyag-gyártó szervezet,
- a környezetvédelmi vezetési és hitelesítési rendszert hitelesítő szervezet vagy természetes személy,
- az üvegházhatású gázok közösségi kereskedelmi rendszerében és az erőfeszítés-megosztási határozat végrehajtásában történő részvételről szóló törvény szerinti hitelesítő szervezet.

Építési termék gyártása, forgalmazása szempontjából a vizsgálólaboratóriumok, mintavevő szervezetek, kalibráló laboratóriumok és jártassági vizsgálatot szervező és a tanúsító szervezetek akkreditálása lehet jellemző. Az akkreditált státusz megszerzésének szükségessége elsősorban az adott építési termékre, annak gyártójára vagy a közreműködő szervezetre vonatkozó előírásoktól függ. Ilyen lehet pl. az állami közbeszerzésekben történő részvétel, megrendelői elvárás, szabványok, dokumentumok által előírt kritérium, illetve a szervezet partnereinek elvárása, vagy a szervezet saját stratégiai döntése. Bizonyos esetekben a vonatkozó szabvány szerinti akkreditált státusz egyéb jogosultságok (pl. kijelölés/bejelentés a teljesítmény állandóságának értékelési és ellenőrzési folyamatában harmadik félként ellátandó feladatok elvégzésére) megszerzésének is alapja lehet. Amennyiben egy szervezet/szervezeti egység nem akkreditált, de tevékenysége során felmerül annak szükségessége, dönthet úgy is, hogy megbíz egy megfelelő jogosítványokkal rendelkező külső akkreditált szervezetet az adott tevékenység ellátásával. Az akkreditált szervezetek listáját, státuszát (jogosítványait részletező okiratban) az akkreditációs szervezet honlapján közzéteszi.

#### *Akkreditált vizsgálólaboratóriumok*

Az akkreditált vizsgálólaboratóriumokra vonatkozó követelményeket az MSZ EN ISO/IEC 17025:2005 szabvány tartalmazza, mely alapján a vizsgálólaboratórium kialakítja és működteti minőségirányítási rendszerét (MIR), ugyanakkor nem foglalkozik a laboratóriumok működésével kapcsolatos jogszabályok és biztonsági követelmények kielégítésével, melyeknek a laboratóriumnak működése során szintén meg kell felelnie.

A vizsgálólaboratóriumnak (vagy annak a szervezetnek, amelynek része) jogilag felelőssé tehető egységnek kell lennie, és a MIR-nek ki kell terjednie mindazon munkákra, amelyeket a laboratórium állandó telephelyén vagy azon kívül a telephelyen lévő vagy hordozható eszközökkel végeznek.

A vizsgálólaboratóriumnak:

- rendelkeznie kell olyan irányító és műszaki személyzettel, amelynek megvan a hatásköre és erőforrásai ahhoz, hogy elvégezze feladatait,
- rendelkezni kell olyan intézkedésekkel, melyek biztosítják a pártatlanságot,
- rendelkeznie kell olyan üzletpolitikával és eljárásokkal melyek biztosítják a bizalmas adatkezelést és nem teszi lehetővé olyan tevékenységben való részvételt, amely csökkentené a bizalmat,
- meg kell határozni a szervezeti egységének és vezetésének struktúráját, szervezetben elfoglalt helyzet, viszonyát a minőségirányítás, a műszaki műveletek és a kiegészítő tevékenységek között,
- előírást kell készíteni a személyzet felelőségéről, hatásköréről, kölcsönös kapcsolatairól,
- gondoskodnia kell a vizsgáló személyzet munkájának figyelemmel kíséréséről,
- rendelkeznie kell a műszaki műveletekért felelős vezetőséggel, a megkövetelt minőség biztosításához szükséges erőforrásokkal,
- ki kell neveznie a minőségirányítási vezetőt, és a fontosabb vezetőségi beosztások helyetteseit,

• biztosítania kell a személyzet tudatosságát a tevékenységével, MIR céljainak elérésével kapcsolatban. Sok tényező együttesen dönti el a laboratórium által végzett vizsgálatok helyességét és pontosságát. Éppen ezért a laboratóriumnak a módszerek, eljárások kialakítása, továbbá a munkatársak képzése és minősítése során, valamint a berendezések kiválasztásakor ezeket a tényezőket figyelembe kell venni. A mérési eredmények megbízhatóságának biztosítására meg kell határozni az ismétlési és összehasonlítási feltételeket, melynek célja a mérés véletlen hibáinak korlátozása, a mért értékek összeférhetőségének, a mérési eredmények pontosságának megítélése, ami a tapasztalati terjedelem és a megengedett terjedelem összevetése alapján történik. A betonvizsgálatok vonatkozásában az alábbiakat jelenti:

- Az „ismételhetőség” az a megengedett terjedelem (vagy hozzá tartozó megengedett szórás), amelynél egy laboráns (egyzon személy) által ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon, ugyanazzal az eszközzel, rövid időn belül végzett ún. összeférhető vizsgálatok terjedelme (vagy szórása), 5 %-os gyakorisággal (20 eset közül legfeljebb egyszer) szabad, hogy nagyobb legyen.
- Az „összehasonlíthatóság” az a megengedett terjedelem (vagy hozzá tartozó megengedett szórás), amelynél több laboráns (különböző személyek) által ugyanabból a betonkeverékből vett mintákon, azonos típusú, de külön-külön eszközzel, rövid időn belül végzett ún. összeférhető vizsgálatok terjedelme (vagy szórása), 5 %-os gyakorisággal (20 eset közül legfeljebb egyszer) szabad, hogy nagyobb legyen.

Az ismétellhetőség és az összehasonlíthatóság tehát az 5 %-os felső küszöbértéknek megfelelő követelmények, azaz „minősítési értékek”, amelyeket az összeférhető egyes mérési eredményekből – vagy a több mérési eredményének átlagaként kapott – összeférhető vizsgálati eredményekből kiszámított matematikai statisztikai jellemzők (terjedelem vagy szórás), mint tapasztalati „jellemző értékek” a megengedett hibahatárnál (5 %) nagyobb gyakorisággal nem szabad, hogy meghaladjanak. Ellenkező esetben a mérési vagy vizsgálati eredmények egymással nem összeférhetőek.

Az MSZ EN ISO/IEC 17025:2005 szabvány a vizsgálati eredmények minőségének biztosítása érdekében előírja, hogy a vizsgálólaboratóriumnak rendelkezni kell minőségszabályozási eljárásokkal a végzett vizsgálatok érvényességének figyelemmel kísérésére. A kapott adatokat elemezni kell, figyelni kell a változási irányokat, és ha szükséges statisztikai módszereket kell alkalmazni az eredmények átvizsgálásához, mely pl. a következőkből állhat:

- belső minőség-ellenőrzés tanúsított és/vagy másodlagos anyagmintákkal,
- laboratóriumok közötti összehasonlító vizsgálat végzése, vagy részvétel jártasságvizsgáló programokban,
- megismételt vizsgálatok (ugyanazzal vagy más módszerrel),
- a vizsgált minta különböző jellemzőire kapott eredmények közötti korreláció vizsgálata.

Aminőség-ellenőrzés adatait meg kell őrizni, és amennyiben annak eredménye kivül esik az előre meghatározott kritériumokon, meg kell tenni a szükséges intézkedéseket a probléma feltárására, megoldására.

Jól látszik, hogy a vizsgálati eredmények hitelességét a vizsgálólaboratórium saját maga is biztosíthatja, ugyanakkor akkreditálási elvárás, és a megrendelői bizalmat is erősíti, ha az ellenőrzéseket laboratóriumok közötti összemérésekkel, körméréseken (egyes szabványok ezt elő is írják), illetve akkreditált jártassági vizsgálatokon való részvétellel igazolja a vizsgálólaboratórium.

#### 7.4.2. KIJELÖLÉS, BEJELENTÉS

Kijelölés: a 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelete vonatkozásában a felhatalmazott kijelölő hatóság (Magyarországon a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal – MKEH) a termékek teljesítménye állandóságának értékelésével és ellenőrzésével kapcsolatos feladatok ellátására harmadik félként felhatalmazott szervezetek értékeléséhez és kijelöléséhez szükséges eljárások kialakításáért és végrehajtásáért felelős kijelölő hatóság (amely egyúttal felügyeli is a kijelölt szervezeteket) eljárási folyamata.

Bejelentés: a 305/2011/EU Rendelete vonatkozásában a tagállamokban felhatalmazott bejelentő hatóság (Magyarországon a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal – MKEH) a termékek teljesítménye állandóságának értékelésével és ellenőrzésével kapcsolatos feladatok ellátására harmadik félként felhatalmazott

szervezetek értékeléséhez és bejelentéséhez szükséges eljárások kialakításáért és végrehajtásáért felelős bejelentő hatóság (amely egyúttal felügyeli a bejelentett szervezeteket) eljárási folyamata.

A kijelölés és bejelentés eljárások – függetlenül attól, hogy két külön rendelet képezi az alapját, és különbözőek a jog- és hatáskörök – gyakorlatilag ugyanazt a folyamatot jelentik. A bejelentés – tekintettel arra, hogy a tevékenység és műszaki terület harmonizációs uniós jogi aktus hatálya alá tartozik – a kijelölési folyamaton túl, utolsó fázisként az Európai Bizottságnak történő bejelentést is magában foglalja.

A szervezetekre vonatkozó követelményeket a 305/2011/EU rendelet és a hatályos magyar törvények (2009. évi CXXXIII. Törvény), rendeletek (315/2009. (XII. 28.) Korm., 5/2010. (I. 14.) NFGM rendelet) részletesen tartalmazzák. Az a szervezet, amely a teljesítmény állandóságának értékelési és ellenőrzési folyamatában harmadik félként ellátandó feladatok elvégzésére kíván felhatalmazást kapni, kérelmet nyújt be a hatósághoz (MKEH), melyhez mellékelni kell a végzendő tevékenységek és azon értékelési és/vagy ellenőrzési eljárások leírását, amelyek tekintetében szakmailag alkalmasnak tekinti magát. Továbbá az adott tevékenységre vonatkozó, az akkreditációs szervezet által kiállított érvényes akkreditálási okiratot. Amennyiben az érintett szervezet nem tud akkreditálási okiratot csatolni, mindazokat az igazoló dokumentumokat be kell nyújtania, amelyek annak ellenőrzéséhez, elismeréséhez és felügyeletéhez szükségesek, hogy teljesíti a meghatározott követelményeket. A hatóság a kérelmező szervezet alkalmasságának, felkészültségének megítélésére szakértőként kirendeli az akkreditációs szervezetet, majd annak szakvéleménye alapján hozza meg döntését. Amennyiben a tevékenység és műszaki terület harmonizációs uniós jogi aktus hatálya alá tartozik, a hatóság megteszi az Európai Bizottság által működtetett NANDO elektronikus rendszeren történő bejelentést és közzétételt is. Ha a Bizottság és az EGT tagállamok a kérelmező szervezet bejelentett szervezetté válása ellen nem emelnek kifogást (akkreditáción alapuló bejelentés esetén 2 héten, nem akkreditált alapú bejelentés esetén 2 hónapon belül), a Bizottság a kérelmező szervezetet nyilvántartásba veszi, és az e célra kialakított honlapon közzéteszi. A hatóság a kijelölt, bejelentett szervezeteket és a határozatokat (a megfelelőségértékelési terület megjelölésével) honlapján közzéteszi (<http://mkeh.gov.hu/megfeleloseg/kozvetetelek>).

A szervezeteknek minden év január 31-ig meg kell küldeniük az előző évben végzett megfelelőségértékelési tevékenységükről készített jelentésüket a hatóságnak, továbbá a hatóság a feltételek folyamatos teljesülésének ellenőrzésébe meghatározott időközönként szakértőként kirendeli a az akkreditációs szervezetet.

## 7.5. A TRANSPORTBETON MEGFELELŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE, A MEGFELELŐSÉG IGAZOLÁSA

A transzportbeton műszaki követelményeit, tulajdonságait, készítését és megfelelőségét az MSZ 4798 szabvány írja le (mely egységes szerkezetben tartalmazza az MSZ EN 206 Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség EU szabványt és a nemzeti kiegészítéseket).

### 7.5.1. A TERVEZETT BETON MEGFELELŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

A megfelelőség ellenőrzését az elfogadott megfelelőségi szabályokkal összhangban kell elvégezni annak érdekében, hogy egyértelműen megállapítható legyen a beton megfelel-e az előírásoknak. A megfelelőség ellenőrzése a gyártásellenőrzés szerves részét képezi (de a gyártó a leszállított beton megfelelőségének a megállapítására más vizsgálati adatokat is használhat), az alkalmazott betontulajdonságok azok, amelyeket szabványosított eljárásokkal állapítanak meg.

#### A megfelelőség ellenőrzés lépései

A beton szabványos megfelelőségének ellenőrzése az alábbi lépésekből áll:

- szemrevételezés,
- tétel kiválasztása,
- mintavétel,
- megfelelőség vizsgálata,
- megfelelőség értékelése,
- megfelelőségi feltételek igazolása.

A tételbe tartozó betonkeverék a vizsgált friss- és megszilárdult beton tulajdonságok szempontjából megfelelő, ha a tapasztalati jellemző értékek kielégítik a szabványos megfelelőségi feltételeket.

### Mintavétel

A beton mintáit véletlenszerűen kell kiválasztani és kivenni az MSZ EN 12350-1 szabvány előírásainak megfelelően. A mintát az egyedi betonösszetételekből vagy minden egyes betoncsalád azonos körülmények között gyártott betonjából kell venni.

A megfelelőségi vizsgálatokhoz a mintavétel helyét úgy kell kiválasztani, hogy a vizsgált betontulajdonságok és betonösszetételek a mintavételi és az átadási helyen egymástól lényegesen ne térjenek el. A vízzel nem telített adalékanyaggal készített könnyűbeton esetén a mintavétel helye az átadási hely legyen.

Amennyiben a gyártásellenőrzési vizsgálatok megegyeznek a megfelelőség vizsgálatára előírtakkal, úgy ezek figyelembe vehetők a megfelelőség értékeléséhez. A gyártó a leszállított beton megfelelőségének a megállapítására más vizsgálati adatokat is használhat.

A szokványos beton ( $\leq C50/60$ ) mintavételének és vizsgálatának legkisebb gyakorisága a 7.5.1. táblázat szerinti mintaszámot adja a kezdeti vagy a folyamatos gyártás esetén.

### 7.5.1. táblázat

Gyártó	A mintavétel legkisebb gyakorisága		
	A gyártás első 50 m <sup>3</sup> -ére	Az első 50 m <sup>3</sup> gyártását követően <sup>a</sup>	
		beton, gyártásellenőrzési tanúsítással	beton, gyártásellenőrzési tanúsítás nélkül
Kezdeti (amíg nincs legalább 35 vizsgálati eredmény)	3 minta	1 mintavétel/200 m <sup>3</sup> vagy 1/3 termelési nap <sup>d</sup>	1 mintavétel/150 m <sup>3</sup> -ként vagy 1 mintavétel/ termelési nap <sup>d</sup>
Folyamatos <sup>b</sup> (amikor már legalább 35 vizsgálati eredmény van)	---	1 mintavétel/400 m <sup>3</sup> vagy 1/5 termelési nap <sup>c,d</sup> vagy 1/naptári hónap	

<sup>b</sup> A mintákat a termelés során folyamatosan kell venni és nem nagyobb gyakorisággal, mint 1 minta minden 25 m-ből.

Amikor a szórás az utolsó 15 vizsgálati eredményből számítva 1,37s-nál nagyobb, akkor meg kell növelni a mintavétel gyakoriságát a következő 35 vizsgálati eredményig, hogyan az a kezdeti gyártásra van előírva.

<sup>c</sup> Vagy egyszer naptári hetenként, ha 7 egymást követő napon belül több mint 5 termelési nap van.

<sup>d</sup> A „termelési nap” kifejezést az alkalmazás helyén érvényes előírások szerint kell megállapítani.

Mintavétel engedélyezhető a gyártó felelősségére a betonhoz adott víz és adalékszer adagolása után is. A konzisztencia beállítására alkalmazott képlékenyítő vagy folyósító adalékszer adagolása előtti mintavétel akkor megengedhető, ha a kezdeti vizsgálat bizonyítja, hogy az adagolandó mennyiségű képlékenyítőnek vagy folyósítóknak nincs negatív hatása a beton szilárdságára.

A vizsgálat eredménye az egyedi próbatest vizsgálatából kapott érték, vagy az egy mintából készített két, illetve több próbatestet ugyanazon korú vizsgálatából azok átlagagaként számított érték.

Ha egy mintából két vagy több próbatest készül és a vizsgálat terjedelme 15%-nál jobban eltér azok átlagától, akkor az eredményeket el kell vetni, kivételt képez, az az eset, amikor a vizsgálat eredményeképpen elfogadható ok igazolja az egyik egyedi vizsgálati érték elvetését.

### Frissbeton megfelelőségének ellenőrzése, konzisztencia ellenőrzése

A konzisztencia, a viszkozitás, az átfolyási képesség és a szétosztályozási ellenállás tervezett jellemzőinek megfelelőségét a beton felhasználásának az időpontjában, illetve transzportbeton esetében az átadás időpontjában kell gyűjtőmintán vagy egyedi mintán vizsgálni.

A tulajdonságok előírása történhet osztályok megadásával transzportbetonok esetében az alábbiak szerint:

#### 7.5.2. táblázat

Osztály	Roskadás az MSZ EN 12350-2 szerint vizsgálva, mm
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5	≥ 220

#### 7.5.3. táblázat

Osztály	Tömöríthetőség mértéke az MSZ EN 12350-4 szerint vizsgálva
C0	≥ 1,46
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1,04
C4 <sup>a)</sup>	< 1,04

a) A C4 csak a könnyűbetonra vonatkozik.

#### 7.5.4 táblázat

Osztály	A területi átmérő (területi mérték) az MSZ EN 12350-5 szerint vizsgálva mm
F1	≤ 340
F2	350 – 410
F3	420 – 480
F4	490 – 550
F5	560 – 620
F6	≥ 630

#### 7.5.5. táblázat

Osztály	A roskadási terület <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva mm
SF1	550 – 650
SF2	660 – 750
SF3	760 – 850

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

Az öntömörödő betonokat viszkozitásuk, átfolyási képességük vagy szétosztályozási ellenállásuk szerint az alábbiak szerint soroljuk osztályokba.

#### 7.5.6. táblázat

Osztály	Viszkozitási (roskadási területéhez kapcsolódó) $t_{500}$ <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-8 szerint vizsgálva s
VS1	< 2,0
VS2	≥ 2,0

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

### 7.5.7. táblázat

Osztály	Vizskozitási (tölcséres kifolyási) $t_v^{(a)}$ az MSZ EN 12350-9 szerint vizsgálva s
VF1	< 9,0
VF2	9,0 – 25,0

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

### 7.5.8. táblázat

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

### 7.5.9. táblázat

Osztály	Átfolyási képesség osztályai fékezőgyűrűs (J-gyűrűs) érték <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-12 szerint vizsgálva mm
PJ1	$\leq 10$ (12 db fékező acélrúd alkalmazásával)
PJ2	$\leq 10$ (16 db fékező acélrúd alkalmazásával)

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

### 7.5.10. táblázat

Osztály	Szétosztályozódási ellenállás osztályai szétosztályozódott hányad <sup>a)</sup> az MSZ EN 12350-11 szerint vizsgálva tömeg%
SR1	$\leq 20$
SR2	$\leq 15$

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

A különböző összetételű, bár azonos alapanyagokból készített és szemre azonos konzisztenciájának tűnő betonkeverék esetében – még ugyanazzal a vizsgálóeszközzel mérve is – különböző konzisztencia értékek adódhatnak. A betonkeverék konzisztenciáját a gyártónak és a kivitelezőnek azonos konzisztencia-vizsgálati módszerrel kell meghatározni, és erre vonatkozóan – ha a beton jeléből nem következik – írásban kell megállapodni.

### 7.5.2. A NYOMÓSZILÁRDSÁG MEGFELELŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE

A megszilárdult beton nyomószilárdságának megfelelőségét az MSZ EN 12390-3 szabvány szerint kell ellenőrizni 150 mm átmérőjű, 300 mm magas henger alakú, vagy 150 mm élhosszúságú kocka alakú próbatesteken. Eltérő méretű próbatestek törése esetén a két fél egyeztetéses szükséges. Az MSZ EN 206 szabvány szerint a nyomószilárdság vizsgálati próbatesteket az MSZ EN 12390-2 szabvány szerint kizsaluzásuktól szilárdságvizsgálatukig  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  hőmérsékletű vízben vagy  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$  hőmérsékletű és legalább 95% relatív páratartalmú klímakamrában kell tárolni, és közvetlenül a törés előtt kell a vízből vagy a klímakamrából kivenni.

Az MSZ 4798 szabvány szerint a próbatesteket szabad vegyesen, azaz kizsaluzásuktól 7 napos korrig víz alatt, utána szilárdságvizsgálatukig laboratóriumi levegőn tárolni, de a vegyesen tárolt próbatestek nyomószilárdságát át kell számítani a végig víz alatt tárolt próbatestek nyomószilárdságára.

Az MSZ 4798 szabvány szerint a kizsaluzás után vegyesen tárolt 150 mm élhosszúságú próbakocka tapasztalati (mért) egyedi nyomószilárdságát ( $f_{ci,cube,test,H}$ ) a következő összefüggéssel kell a kizsaluzás után végig víz alatt tárolt

150 mm élhosszúságú próbakocka egyedi nyomószilárdságára ( $f_{c,cube,test}$ ) átszámítani:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq C50/60$ , akkor:  $f_{c,cube,test,H} = 0,92 \times f_{c,cube,test}$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq C55/67$  (nagy szilárdságú beton), akkor:  $f_{c,cube,test,H} = 0,95 \times f_{c,cube,test}$

### A nyomószilárdság megfelelésének értékelése

A beton nyomószilárdságának megfelelését a 28 napos korban vizsgált próbatestek eredményeiből kell értékelni. A nyomószilárdsági vizsgálatok, külön megállapodás esetében ettől eltérő korban is vizsgálhatók, de ez esetben mind az értékelés módjában, mind pedig a megfeleléségi feltételekben külön megállapodás szükséges.

A betonok nyomószilárdság szerinti osztályozása esetében a nyomószilárdsági osztály követelményértékeit/karakterisztikus (jellemző) értékeit a következő táblázatok foglalják össze:

#### 7.5.11. táblázat

Nyomószilárdsági osztály	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt $\varnothing 150 \times 300$ mm méretű próbahengerek esetén A legkisebb karakterisztikus (jellemző) hengerszilárdság $f_{ck,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén A legkisebb karakterisztikus (jellemző) kockaszilárdság $f_{ck,cube}$ N/mm <sup>2</sup>
C8/10	8	10
C12/15	12	15
C16/20	16	20
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C30/37	30	37
C35/45	35	45
C40/50	40	50
C45/55	45	55
C50/60	50	60
C55/67	55	67
C60/75	60	75
C70/85	70	85
C80/95	80	95
C90/105	90	105
C100/115	100	115

## 7.5.12. táblázat

Nyomószilárdsági osztály	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt Ø 150×300 mm méretű próbahengerek esetén A legkisebb karakterisztikus (jellemző) hengerszilárdság $f_{ck,cyl}$ N/mm <sup>2</sup>	Nyomószilárdság előírt karakterisztikus (jellemző) értéke a szilárdságvizsgálatig víz alatt tárolt 150 mm élhosszúságú próbakockák esetén A legkisebb karakterisztikus (jellemző) kockaszilárdság <sup>a)</sup> $f_{ck,cube}$ N/mm <sup>2</sup>
LC8/9	8	9
LC12/13	12	13
LC16/18	16	18
LC20/22	20	22
LC25/28	25	28
LC30/33	30	33
LC35/38	35	38
LC40/44	40	44
LC45/50	45	50
LC50/55	50	55
LC55/60	55	60
LC60/66	60	66
LC70/77	70	77
LC80/88	80	88

<sup>a)</sup> Szabad használni más előírt karakterisztikus (jellemző) kockaszilárdsági értékeket, ha ezek és a táblázatban megadott referencia hengerszilárdságok közötti összefüggést megállapították és dokumentálták.

### Az egyedi eredmények feltételei

Minden egyes vizsgálati eredménynek ( $f_{ci,cyl,test}$ ) mind a kezdeti, mind a folyamatos gyártás során a következő feltételt kell teljesítenie:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  C50/60 és a kizsaluzás után a próbatesteket végig víz alatt tárolták

$$f_{ci,cyl,test} \geq (f_{ck} - 4,0) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  C50/60 és kizsaluzás után a próbakockákat vegyesen tárolták

$$f_{ci,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,92 - 4,5) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  C55/67 (nagyszilárdságú beton) és kizsaluzás után a próbatesteket végig víz alatt tárolták

$$f_{ci,cube,test} \geq (f_{ck} - 5,0) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq$  C55/67 (nagyszilárdságú beton) és kizsaluzás után a próbakockákat vegyesen tárolták

$$f_{ci,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,95 - 5,5) \text{ N/mm}^2$$

### Az átlageredmények feltételei

Az előírt karakterisztikus (jellemző) szilárdság elérését a következő módszerek egyikével kell igazolni.

#### „A” módszer: Kezdeti gyártás

A kezdeti gyártás esetében három, egymást nem átfedő vagy egymást átfedő, egymás után következő vizsgálati eredményből származó nyomószilárdsági átlagértéknek ( $f_{cm,test}$ ) a következő feltételt kell teljesítenie:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  C50/60 és a próbatesteket kizsaluzás után végig víz alatt tárolták

$$f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + 6,0) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq$  C50/60 és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták

$$f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,92 + 6,5) \text{ N/mm}^2$$



- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq C55/67$  (nagy szilárdságú beton) és a próbatesteket kizsaluzás után végig víz alatt tárolták

$$f_{cm,cube,test} \geq (f_{ck,cube} + 8,0) \quad \text{N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq C55/67$  (nagy szilárdságú beton) és a próbakockákat kizsaluzás után vegyesen tárolták

$$f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,95 + 8,5) \quad \text{N/mm}^2$$

A megfelelés feltételét a nem átfedő vizsgálati eredmények alapján alakították ki. A feltételeket az átfedő vizsgálati eredményekre alkalmazva növekszik az elutasítás kockázata.

A kezdeti gyártás időszaka során meghatározott, legalább 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredményből meg kell határozni a  $\sigma_{test}$  szórását.

Ha a kezdeti gyártás időszakában készített betont átadják, akkor annak nyomószilárdságát az átadás-átvételi folyamatban az MSZ 4798 szabvány szerint kell vizsgálni és értékelni.

### „B” módszer: Folyamatos gyártás

A „B” módszer választási lehetőséget jelent, ha a folyamatos gyártás feltételei megalapozottak.

A megfelelés értékelését azokon a vizsgálati eredményeken kell elvégezni, amelyeket egy olyan értékelési időszak alatt nyertek, amely nem lépte túl a következő, a vizsgálati gyakoriságtól függő lehetőség egyikének feltételeit sem:

- a kis vizsgálati gyakorisággal rendelkező gyártóüzemeknél (a vizsgálati eredmények száma tervezett betonra három hónap alatt kevesebb 35-nél) az értékelési időszak tartalmazzon legalább 15 eredményt és a legfeljebb 6 hónapig tartó időszakban kapott nem több, mint 35 egymást követő eredményt;
- nagy vizsgálati gyakorisággal rendelkező gyártóüzemeknél (a vizsgálati eredmények száma tervezett betonra három hónap alatt legalább 35) az értékelési időszak legalább 15 egymást követő eredményt tartalmazzon és legfeljebb 3 hónapig tart.

Az egyedi betonra vagy egy betoncsaládra nyert egymás után következő nyomószilárdság vizsgálati eredmények nem átfedő vagy átfedő csoportjainak átlagszilárdsága ( $f_{cm,test}$ ) az értékelési időszak alatt az

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck} + 1,48s_{test}) \quad \text{N/mm}^2$$

feltételt kell teljesítenie, ha a vizsgálati eredmények (száma legalább 15 darab, és a próbatesteket kizsaluzás után végig víz alatt tárolták, ahol:

$\sigma_{test}$  a nyomószilárdság kezdeti gyártás során – 35 egymás utáni, kihagyás nélküli vizsgálati eredményből – meghatározott szórása, feltéve, hogy a folyamatos gyártás során a következő feltétel teljesül.

### 7.5.13. táblázat

A vizsgálati eredmények száma (n)	Határértékek az $S_n$ számára
n = 15 – 19	$0,63s \leq s_n \leq 1,37s$
n = 20 – 24	$0,68s \leq s_n \leq 1,31s$
n = 25 – 29	$0,72s \leq s_n \leq 1,28s$
n = 30 – 34	$0,74s \leq s_n \leq 1,26s$
n = 35 <sup>a)</sup>	$0,76s \leq s_n \leq 1,24s$

a) Több mint 35 vizsgálati eredmény esetén az MSZ 4798 szerinti képletet kell alkalmazni  $S_n$  számítására.

A nyomószilárdság szórásának ( $\sigma_{test}$ ) számításba vehető legkisebb értéke, ha a próbatesteket végig vízben tárolták

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq C50/60$   $\sigma_{cube,test,min} = 3,0 \text{ N/mm}^2$
- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq C55/67$   $\sigma_{cube,test,min} = 5,0 \text{ N/mm}^2$

A nyomószilárdság szórásának ( $\sigma_{test}$ ) számításba vehető legkisebb értéke ha a próbakockákat vegyesen tárolták

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\leq C50/60$

$$f_{cm,cube,test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,92 + 1,48 \times \sigma_{cube,test,H}) \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{képletben } \sigma_{cube,test,min,H} = 3,3 \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya  $\geq C55/67$

$$f_{cm,cube, test,H} \geq (f_{ck,cube} / 0,95 + 1,48 \times \sigma_{cube, test,H}) \text{ N/mm}^2$$

$$\text{képletben } \sigma_{cube, test, min, H} = 5,3 \text{ N/mm}^2.$$

Ha a folyamatos gyártás során a beton együtt értékelhető nyomószilárdság vizsgálati eredményeinek száma bármely okból kevesebb, mint 15, akkor az alulmaradási tényező 1,48 értéke helyett a vizsgálati eredmények n számától függő  $\lambda_n$  értéket kell alkalmazni.

#### 7.5.14. táblázat

Vizsgálati eredmények száma n	Alulmaradási tényező $\lambda_n$
3	2,67
4	2,20
5	1,99
6	1,87
7	1,77
8	1,72
9	1,67
10	1,62
11	1,58
12	1,55
13	1,52
14	1,50
15	1,48

Ha a folyamatos gyártás időszakában készített betont átadják, akkor annak nyomószilárdságát az átadás-átvételi folyamatban az MSZ 4798 szabvány szerint kell vizsgálni és értékelni.

Ha az átadás-átvételi folyamatot egy betoncsaládra alkalmazzák, akkor a családhoz tartozó minden egyes beton összes át nem számított vizsgálati eredményének az átlagát ( $f_{cm}$ ) a táblázatban megadott feltételek szerint kell értékelni. Minden olyan betont, amelyik nem teljesíti ezt a feltételt, el kell távolítani a betoncsaládból, majd ezek megfelelőségét külön kell értékelni.

#### 7.5.15. táblázat

A nyomószilárdság vizsgálati eredmények „n” száma az egyes családtagokra	A egyes családtaghoz tartozó „n” eredmény átlaga ( $f_{cm}$ ) az egyes családtagokra N/mm <sup>2</sup>
2	$\geq f_{ck} - 1,0$
3	$\geq f_{ck} + 1,0$
4	$\geq f_{ck} + 2,0$
5	$\geq f_{ck} + 2,5$
6	$\geq f_{ck} + 3,0$
7 – 9	$\geq f_{ck} + 3,5$
10 – 12	$\geq f_{ck} + 4,0$
13, 14	$\geq f_{ck} + 4,5$
$\geq 15$	$\geq f_{ck} + 1,48s$

A családból eltávolított betont (vagy betonokat) a kezdeti gyártásra vonatkozó megfelelőségi feltételek („A” módszer) alkalmazásával kell egyedejüleg a megfelelőség szempontjából értékelni. Az eltávolított betonok újbóli visszavétele a családba csak akkor történhet meg, ha elvégzik a családból eltávolított betonösszetétel és a referencia beton közötti összefüggés felülvizsgálatát.

A betoncsaládok kiválasztására vonatkozó útmutatást az MSZ 4798 szabvány adja meg.

A kezdeti gyártás befejezésekor a sokaság szórását ( $s$ ) legalább 35 egymást követő olyan vizsgálati eredményből kell megbecsülni, amelyeket három hónapnál hosszabb időszakban nyertek. A folyamatos gyártás kezdetekor, az első értékelési időszak során a szórásnak ezt az értékét kell felhasználni a megfelelőség ellenőrzésére. Az első, és majd ezt követően minden további értékelési időszak végén az szórást ellenőrizni kell a

### 7.5.16. táblázat

A vizsgálati eredmények száma (n)	Határértékek az $S_n$ számára
n = 15 – 19	$0,63s \leq s_n \leq 1,37s$
n = 20 – 24	$0,68s \leq s_n \leq 1,31s$
n = 25 – 29	$0,72s \leq s_n \leq 1,28s$
n = 30 – 34	$0,74s \leq s_n \leq 1,26s$
n = 35 <sup>b)</sup>	$0,76s \leq s_n \leq 1,24s$

a) Több mint 35 vizsgálati eredmény esetén az MSZ 4798 szerinti képletet kell alkalmazni  $S_n$  számítására.

táblázat szerinti határértékek felhasználásával annak megállapítására, hogy az jelentősen megváltozott-e. Ha a szórás nem változott jelentősen, akkor ezt az értéket kell alkalmazni a következő értékelési időszak során. Ha a  $s$  szórás jelentősen változott, akkor az új szórás a legutolsó 35 egymást követő vizsgálati eredmény alapján kell kiszámítani, és a következő értékelési időszak során alkalmazni. Amennyiben az érték felfelé tér el, úgy a mintavétel gyakoriságát sűríteni kell.

#### „C” módszer: Minőségyszabályozási kártyák alkalmazása

A „C” módszer egy lehetőség a megfelelőség értékelésére minőségyszabályozási kártyák alkalmazásával, amennyiben a folyamatos gyártás feltételei megalapozottak, és a beton gyártását harmadik fél tanúsítja.

Az irányítási rendszernek a minőségyszabályozási kártyák egy elismert modelljét kell alkalmazni. Az MSZ 4798 szabvány bemutatja a cumsum és a Shewhart minőségyszabályozási kártyák alkalmazását.

#### „D” módszer: Folyamatos gyártás a típusvizsgálat eredménye alapján

Az MSZ 4798 szabvány szerint folyamatos gyártást lehet végezni a típusvizsgálat feltételeit kielégítő betonösszetétellel. A „D” módszer alkalmazása során minden minta esetén meg kell határozni az  $s_{\text{cube, test}}$  és  $s_{\text{cube, test, H}}$  szórás.

A beton nyomószilárdsága akkor megfelelő,

- ha teljesülnek az egyedi eredmények szerinti feltételek, és
- ha a (1), illetve (2) és (3) összefüggésekbe a  $\sigma_{\text{cube, test}}$ , illetve  $\sigma_{\text{cube, test, H}}$  szórás helyébe az  $s_{\text{cube, test}}$  illetve  $s_{\text{cube, test, H}}$  szórás értékét írva, az átlageredmények kielégítik ezeket az összefüggéseket.

A „D” módszer alkalmazása esetén a szórás számításba vehető legkisebb értéke:

- $s_{\text{cube, test, min}} = 3,0 \text{ N/mm}^2$  (ha  $< C50/60$ )
- $s_{\text{cube, test, min, H}} = 3,3 \text{ N/mm}^2$  (ha  $< C50/60$ )
- $s_{\text{cube, test, min}} = 5,0 \text{ N/mm}^2$  (ha  $\geq C55/67$ )
- $s_{\text{cube, test, min, H}} = 5,3 \text{ N/mm}^2$  (ha  $\geq C55/67$ )

Ha a típusvizsgálat eredménye alapján végzett folyamatos gyártás időszakában készített betont átadják, akkor annak nyomószilárdságát az átadás-átvételi folyamatban az MSZ 4798 szabvány szerint kell vizsgálni és értékelni.

### 7.5.3. A HASÍTÓ/HAJLÍTÓ-HÚZÓ SZILÁRDSÁG MEGFELELŐSÉGEK ELLENŐRZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

Minden egyes betonösszetételt külön kell értékelni.

A hasító/hajlító-húzó szilárdság megfelelésének ellenőrzését az MSZ EN 12390-6 és az MSZ EN 12390-5 szabványok előírásai alapján kell végezni.

Amennyiben a beton hasító-húzó szilárdságát és a hajlító-húzó szilárdságát előírták, akkor a megfelelést olyan értékelési időszak alatt vett minták vizsgálati eredményeiből kell megállapítani, amely – a vizsgálati gyakoriságtól függően – nem lépte túl a következő lehetőségek egyikének vizsgálati időszakát sem:

- kis vizsgálati gyakorisággal rendelkező gyártóüzemeknél (a vizsgálati eredmények száma tervezett betonra három hónap alatt kevesebb 35-nél) az értékelési időszak tartalmaz legalább 15 eredményt és a legfeljebb 6 hónapig tartó időszakban kapott nem több, mint 35 egymást követő eredményt;
- nagy vizsgálati gyakorisággal rendelkező gyártóüzemeknél (a vizsgálati eredmények száma tervezett betonra három hónap alatt legalább 35) az értékelési időszak legalább 15 egymást követő eredményt tartalmaz és legfeljebb 3 hónapig tart.

A beton hasító-húzó szilárdságának és a hajlító-húzó szilárdságának megfelelését 28 napos korban vizsgált próbatestek eredményeiből kell értékelni, hacsak nincs eltérő kor előírva.

A hasító-húzó szilárdság megfelelésének értékelése esetében a következő feltételek egyidejű teljesítése szükséges mind a kezdeti, mind pedig a folyamatos gyártás során:

- egymás után következő nem átfedő vagy átfedő  $n$  számú csoport  $f_{ctm,sp}$  átlagos vizsgálati eredményéből (1. feltétel);
- minden egyes egyedi  $f_{cti,sp}$  vizsgálati eredményből (2. feltétel).

#### 7.5.17. táblázat

Gyártás	Az eredmények „n” száma a csoportban	1. feltétel	2. feltétel
		„n” eredmény átlaga ( $f_{ctm,sp}$ ) N/mm <sup>2</sup>	Bármely egyedi vizsgálati eredmény ( $f_{cti,sp}$ ) N/mm <sup>2</sup>
Kezdeti	3	$\geq f_{ctk,sp} + 0,5$	$\geq f_{cti,sp} - 0,5$
Folyamatos	legalább 15	$\geq f_{ctk,sp} + 1,48s$	$\geq f_{cti,sp} - 0,5$

A hajlító-húzó szilárdság megfelelésének értékelése esetében a következő feltételek egyidejű teljesítése szükséges mind a kezdeti, mind pedig a folyamatos gyártás során:

- egymás után következő, nem átfedő vagy átfedő  $n$  számú csoport  $f_{ctm,fl}$  átlagos vizsgálati eredményéből (1. feltétel);
- minden egyes egyedi  $f_{cti,fl}$  vizsgálati eredményből (2. feltétel).

#### 7.5.18. táblázat

Gyártás	Az eredmények „n” száma a csoportban	1. feltétel	2. feltétel
		„n” eredmény átlaga ( $f_{ctm,fl}$ ) N/mm <sup>2</sup>	Bármely egyedi vizsgálati eredmény ( $f_{cti,fl}$ ) N/mm <sup>2</sup>
Kezdeti	3	$\geq f_{ctk,fl} + 0,5$	$\geq f_{cti,fl} - 0,5$
Folyamatos	legalább 15	$\geq f_{ctk,fl} + 1,48s$	$\geq f_{cti,fl} - 0,5$

Megjegyzés: A hajlító-húzó szilárdság jele az MSZ EN 1992-1-1 szabvány szerint  $f_{ct,fl}$ , az MSZ EN 12390-5 szabvány szerint  $f_{ct}$ .

Ha a folyamatos gyártás során a beton együtt értékelhető hajlító-húzó szilárdság vagy együtt értékelhető hasító-húzó szilárdság vizsgálati eredményeinek száma kevesebb, mint 15, akkor a vizsgálati eredmények  $n$  számától függő  $\lambda_n$  értéket kell alkalmazni.

Ha a folyamatos gyártás során a hajlító-húzó szilárdság vagy a hasító-húzó szilárdság vizsgálati eredményeket legfeljebb 50%-os elfogadási valószínűség elve alapján értékeli, akkor a 7.5.17. és a 7.5.18. táblázatokban szereplő alulmaradási tényező 1,48 értéke helyett a 7.5.19. táblázat szerinti, a vizsgálati eredmények  $n$  számától függő  $t_n$  alulmaradási tényező értéket kell alkalmazni.

#### 7.5.19. táblázat

Vizsgálati eredmények száma $n$	Alulmaradási (Student) tényező $t_n$
3	2,920
4	2,353
5	2,132
6	2,015
7	1,943
8	1,895
9	1,860
10	1,833
11	1,812
12	1,796
13	1,782
14	1,771
15	1,761
20	1,729
$\infty$	1,645

A szórásra vonatkozó követelmények esetében az alábbiakat kell figyelembe venni.

A kezdeti gyártás befejezésekor a sokaság szórását ( $s$ ) legalább 35 egymást követő olyan vizsgálati eredményből kell megbecsülni, amelyeket három hónapnál hosszabb időszakban nyertek. A folyamatos gyártás kezdetekor, az első értékelési időszak során a szórásnak ezt az értékét kell felhasználni a megfelelés ellenőrzésére. Az első, és majd ezt követően minden további értékelési időszak végén a  $s$  szórást ellenőrizni kell a

#### 7.5.20. táblázat

A vizsgálati eredmények száma ( $n$ )	Határértékek az $S_n$ számára
$n = 15 - 19$	$0,63s \leq S_n \leq 1,37s$
$n = 20 - 24$	$0,68s \leq S_n \leq 1,31s$
$n = 25 - 29$	$0,72s \leq S_n \leq 1,28s$
$n = 30 - 34$	$0,74s \leq S_n \leq 1,26s$
$n = 35^a)$	$0,76s \leq S_n \leq 1,24s$

<sup>a)</sup> Több mint 35 vizsgálati eredmény esetén az MSZ 4798 szerinti képletet kell alkalmazni  $S_n$  számítására.

táblázat szerinti határértékek felhasználásával annak megállapítására, hogy az jelentősen megváltozott-e. Ha a szórás nem változott jelentősen, akkor ezt az értékét kell alkalmazni a következő értékelési időszak során. Ha a  $s$  szórás jelentősen változott, akkor az új szórást a legutolsó 35 egymást követő vizsgálati eredmény alapján kell kiszámítani, és alkalmazni a következő értékelési időszak során. Amennyiben az érték felfelé tér el, úgy a mintavétel gyakoriságát sűríteni kell.

#### 7.5.4. EGYÉB TULAJDONSÁGOK MEGFELELŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE

Ha más betontulajdonságokat is előírtak, akkor a testsűrűség, a konzisztencia, a viszkozitás, az átfolyási képesség, az szétosztályozódási ellenállás, a levegőtartalom, valamint a keverő gépjárműbe történő szálak adagolása esetén a friss betonban történő homogén száeloszlás megfelelésének értékelését egyedi szállítmány alapján kell elvégezni, a 7.5.21. táblázatban előírtak alapján. Más tulajdonságok esetén a megfelelés értékelését a

7.5.22. táblázatban előírtak alapján kell elvégezni az értékelési időszakon túli, de 6 hónapnál nem hosszabb gyártási időszakra vonatkozóan.

Ha azonosító vizsgálatot végeznek annak megállapítására, hogy egy meghatározott betonmennyiség egy megadott sokasághoz tartozik-e, amelyről megállapították, hogy a beton konzisztenciája, a frissbeton levegőtartalma vagy az előírt legkevesebb száltartalom megfelel a követelményeknek, akkor az MSZ 4798 szabvány szerinti azonosító vizsgálatokra megadott ellenőrzési és megfelelésértékelési eljárást kell alkalmazni.

### Mintavételi és vizsgálati terv

A vizsgálatra szánt adagokat véletlenszerűen kell kiválasztani, és a beton mintavételt az MSZ EN 12350-1 szabványban előírtaknak megfelelően kell végrehajtani. Mintát kell venni minden egyes, feltételezhetően azonos körülmények között gyártott betoncsaládból. A minták legkisebb száma és a vizsgálat módja legyen a 7.5.21., illetve a 7.5.22. táblázatnak megfelelő, ha alkalmazható.

### Egyéb tulajdonságok megfeleléségi feltételei

Az előírt tulajdonság akkor felel meg a követelményeknek, ha

- valamennyi egyedi vizsgálati eredmény a 7.5.21. és a 7.5.22. táblázatban megadott legnagyobb megengedett eltérésen belül van, vagy a tervezett értékek túrése megfelel a 7.5.23. táblázatnak;
- a 7.5.22. táblázatban megadott tulajdonságokra, azaz az előírt határértéken, az osztály határértékén vagy az tervezett érték túrésein kívül eső vizsgálati eredmények száma, amelyik az adott esetben helyénvaló, nem nagyobb a 7.5.24. táblázatban lévő átvételi számnál. Alternatívaként a követelményt az ISO 3951-1 (AQL = 4 %) szerinti változók vizsgálatára lehet alapozni.

Ha egy adag az egyedi eredményekre vonatkozó feltételt nem teljesíti, akkor azt „nem megfelelő”-nek kell nyilvánítani és ezt az eredményt ki kell hagyni a beton további megfelelésértékeléséből.

A 7.5.21. táblázat megfeleléségi értékelési követelményeket tartalmaz a konzisztencia osztályokra, az SCC (ÖTB) tulajdonságaira, a levegőtartalomra, és a frissbeton száltartalmának a homogenitására az átadás helyén.

A 7.5.22. táblázat megfeleléségi értékelési követelményeket tartalmaz a száltartalomra, a testsűrűsége, a legnagyobb víz/cement tényezőre és a legkisebb cementtartalomra.

A 7.5.23. táblázat a konzisztencia és a viszkozitás tervezett értékeinek a megfeleléségi feltételeit tartalmazza.



## 7.5.21. táblázat

Tulajdonság	Vizsgálati módszer vagy meghatározás módszere	Minták vagy meghatározások legkisebb száma	Egyedi vizsgálati eredmények megengedett legnagyobb eltérése <sup>a)</sup> a határértékektől, vagy az előírt konzisztencia-osztály határaitól az átadás helyén	
			Alsó határ	Felső határ
Külső megjelenés	A beton megjelenésének összehasonlítása szemrevételezéssel a szokványos megjelenéshez képest	Minden adag; transzportbeton esetében minden szállítmány	-	-
Roskadás	MSZ EN 12350-2	i) Gyakoriság, a 7.5.1. táblázatban megadottak szerint a nyomószilárdságra ii) A levegőtartalom vizsgálata esetén iii) Kétséges esetben a szemrevételezéses vizsgálat után	-10 mm	+10 mm
Tömörödési fok	MSZ EN 12350-4		-20 mm <sup>b)</sup>	+20 mm <sup>b)</sup>
Terület	MSZ EN 12350-5		-0,03	+0,03
			-0,04 <sup>b)</sup>	+0,04 <sup>b)</sup>
Roskadási terület	MSZ EN 12350-8	-10 mm -20 mm <sup>b)</sup>	+10 mm +20 mm <sup>b)</sup>	
Viszkozitás	MSZ EN12350-8 vagy MSZ EN12350-9	Ha előírták	Az eltérés nem megengedett	Az eltérés nem megengedett
Átfolyási képesség	MSZ EN12350-10 vagy MSZ EN12350-12			
Szétosztályozódási ellenállás	MSZ EN12350-11			
Légbuborék-képzőt tartalmazó frissbeton összes levegőtartalma <sup>d)</sup>	MSZ EN 12350-7 szokványos és nehézbeton és ASTM C 173 könnyűbeton esetén	1 minta/gyártási nap <sup>c)</sup>	-0,5 térfogat%	+1,5 térfogat%
	számítással	Gyakoriság, mint a 7.5.1.táblázat megadja a nyomószilárdságra	eltérés az MSZ 4798 szabvány szerinti határértéktől	
Légbuborékot nem tartalmazó, szokványos frissbeton levegőtartalma	számítással	Gyakoriság, mint a 7.5.1.táblázat megadja a nyomószilárdságra	-	+ 1,5 térfogat% eltérés az MSZ 4798 szabvány szerinti határértéktől
Szálak homogenitása a frissbetonban ha a mixerkocsiba adagolták a szálakat	MSZ 4798 MSZ EN 14721 MSZ EN 14488-7	Gyakoriság <sup>c)</sup> , a 7.5.1. táblázatban megadottak szerint a nyomószilárdságra	MSZ 4798 szerint	

a) Ha az adott konzisztencia osztályban nincs alsó vagy felső határ, akkor ezek az eltérések nem alkalmazhatóak.  
b) Csak olyan minták konzisztenciájának vizsgálatához alkalmazható, amelyeket a mixerkocsi vagy a keverőberendezéssel ellátott szállítójármű ürítésének kezdetekor vettek.  
c) Kivéve, ha a felhasználás helyén érvényes előírások nagyobb vizsgálati gyakoriságot írnak elő.  
d) Lásd az MSZ 4798 szabvány 6.2.3. szakasz (1) bekezdésének negyedik előírását.

## 7.5.22. táblázat

Tulajdonság	Vizsgálati módszer vagy meghatározás módszere	Minták vagy meghatározások legkevesebb száma	Átvételi szám	Egyedi vizsgálati eredmények legnagyobb eltérése a határértékektől, a tervezett értékek túréseitől vagy az előírt osztály határértékeitől	
				Alsó határ	Felső határ
Afrissbeton acélszál-tartalma	MSZ 4798 5.4.4. szakasz.	1 meghatározás naponta	A 7.5.24. táblázatban megadottak szerint.	-5 tömeg%	Nincs határérték. <sup>a)</sup>
Afrissbeton polimerszál-tartalma	MSZ 4798 5.4.4. szakasz.	1 meghatározás naponta	A 7.5.24. táblázatban megadottak szerint.	-10 tömeg%	Nincs határérték. <sup>a)</sup>
Afrissbeton testsűrűsége	MSZ EN 12350-6	A 7.5.1. táblázatban megadottak szerint a nyomószilárdságra.	A 7.5.24. táblázatban megadottak szerint.	-1,5 %	Nincs határérték
A nehézbeton testsűrűsége	MSZ EN 12390-7	A 7.5.1. táblázatban megadottak szerint a nyomószilárdságra.	A 7.5.24. táblázatban megadottak szerint.	-1,5 %	Nincs határérték. <sup>a)</sup>
A könnyűbeton testsűrűsége	MSZ EN 12390-7	A 7.5.1. táblázatban megadottak szerint a nyomószilárdságra.	A 7.5.24. táblázatban megadottak szerint.	-2 %	+2 %
A legnagyobb víz/cement tényező, vagy a legnagyobb víz/(cement+kiegészítőanyag) tényező <sup>b)</sup> , vagy a legnagyobb víz/(cement+kiegészítőanyag) tényező <sup>b)</sup>	MSZ 4798 5.4.2. szakasz.	1 meghatározás naponta	A 7.5.24. táblázatban megadottak szerint.	Nincs határérték. <sup>a)</sup>	+0,02
A legkisebb víz/cement tényező, vagy a legkisebb víz/(cement+kiegészítőanyag) tényező <sup>b)</sup> , vagy a legkisebb víz/(cement+kiegészítőanyag) tényező <sup>b)</sup>	MSZ 4798 5.4.2. szakasz.	1 meghatározás naponta	A 7.5.24. táblázatban megadottak szerint.	-10 kg/m <sup>3</sup>	Nincs határérték. <sup>a)</sup>

<sup>a)</sup> Ha határértékeket nem határoztak meg.  
<sup>b)</sup> A kiegészítőanyagokra alkalmazott elvtől függően, az MSZ 4798 szabvány 5.4.2. szakaszát.

## 7.5.23. táblázat

Szokványos beton esetén			
<b>Roskadás</b> (7.5.2. táblázat értékeihez viszonyítva)			
Tervezett érték mm-ben	≤ 40	50 – 90	≥ 100
Tűrés mm-ben	± 10	± 20	± 30
<b>Tömöríthetőség mértéke</b> (7.5.3. táblázat értékeihez viszonyítva)			
Tervezett érték	≥ 1,26	1,25 – 1,11	≤ 1,10
Tűrés	± 0,13	± 0,11	± 0,08
<b>A terülés átmérője</b> (7.5.4. táblázat értékeihez viszonyítva)			
Tervezett érték mm-ben	Minden érték		
Tűrés mm-ben	± 40		
<b>Öntömörödő beton esetén</b>			
<b>A roskadási terülés átmérője</b> (7.5.5. táblázat értékeihez viszonyítva)			
Tervezett érték mm-ben	Minden érték		
Tűrés mm-ben	± 50		
<b>Roskadási terülés t<sub>500</sub> értéke</b> (7.5.6. táblázat értékeihez viszonyítva)			
Tervezett érték s-ban	Minden érték		
Tűrés s-ban	± 1		
<b>Tölcséres kifolyás t<sub>1</sub> értéke</b> (7.5.7. táblázat értékeihez viszonyítva)			
Tervezett érték s-ban	< 9	≥ 9	
Tűrés s-ban	± 3	± 5	

<sup>a)</sup> Ezek az értékek akkor érvényesek, ha az MSZ 4798 szabványban vagy a felhasználás helyén érvényes előírásokban nem szerepelnek más tűrés értékek.



## 7.5.24. táblázat

AQL = 4 %	
Vizsgálati eredmények száma	Átvételi szám
1 – 12	0
13 – 19	1
20 – 31	2
32 – 39	3
40 – 49	4
50 – 64	5
65 – 79	6
80 – 94	7
95 – 100	8

Ha a vizsgálati eredmények száma nagyobb, mint 100, akkor a megfelelő átvételi számok kiválaszthatók az MSZ ISO 2859-1:2008 2-A táblázatából.

### 7.5.5. AZ ELŐÍRT ÖSSZETÉTELŰ ÉS ELŐÍRT SZABVÁNYOS BETON MEGFELELŐSÉGÉNEK ELLENŐRZÉSE

Az előírt összetételű beton cementtartalmának, legnagyobb névleges szemmagyságának és adalékanyag-arányának a megfelelőségét minden adagnál vagy szállítmánynál értékelni kell, ha azt előírták, és ahol szükséges, a víz/cement tényező értékének és az adalékszer vagy a kiegészítőanyag mennyiségnek a megfelelőségét is. A vizsgálati módszerekben és a megfelelőségi határookban a felhasználónak és a gyártónak kell megegyeznie, figyelembe véve a követelményeket és a vizsgálati módszereket. Az egyes alkotók megfelelőségét úgy kell értékelni, hogy összehasonlítjuk az alkotóanyagok gyártási jegyzőkönyveit és szállítólevelének adatait az előírt követelménnyel.

### 7.5.6. INTÉZKEDÉSEK NEMMEGFELELŐSÉG ESETÉN

Amennyiben a gyártó nemmegfelelőséget állapít meg, a következőképpen kell intézkednie:

- a vizsgálati eredmények ellenőrzése, ha hibás, ki kell küszöbölni;
- ha a nemmegfelelőség megerősödik, akkor helyesbítő tevékenységet (beleértve a gyártásellenőrzés vezetőségi felülvizsgálatát is) kell végeznie,
- ha az ellenőrzés megerősíti a beton előírásnak való nemmegfelelőségét, akkor értesíteni kell az előíró(ka)t, felhasználó(ka)t,
- a megtett intézkedéseket minden esetben dokumentálni kell.

Amennyiben a beton nemmegfelelősége a bedolgozás helyén a keverékhez adagolt víz vagy adalékszer miatt következett be, akkor a gyártó csak akkor köteles intézkedni, ha erre az adagolásra felhatalmazást adott.

### 7.5.7. GYÁRTÁSKÖZI ELLENŐRZÉS

Az előzőekben már ismertettük a TÁÉER rendszereket, melyből a vonatkozó 275/2013 (VII. 16.) Korm. rendelet alapján csak 2+.-os TÁÉER-el rendelkező tanúsított betonüzemek hozhatnak jogszerűen forgalomba transzportbetont. A gyártásellenőrzés a gyártó felelősége, és minden olyan intézkedést magában kell foglalnia, amelyek az előírt követelményeknek megfelelő tulajdonságú transzportbeton előállításához szükségesek:

- az alkotóanyagok kiválasztása;
- a betonösszetétel és annak tervezése;

- a beton gyártása;
- az ellenőrzés és vizsgálatok;
- az alkotóanyagok, a friss- és a megszilárdult beton vizsgálati eredményeinek ellenőrzése és felhasználása;
- ahol felmerül, a frissbeton szállítására használt eszközök ellenőrzése;
- a megfelelés ellenőrzése.

### Gyártásellenőrzési rendszer

A gyártó gyártásellenőrzési kézikönyvben (mely képezheti az ISO minősítés részét is) dokumentálja a beton minőségét befolyásoló munkákat irányító, végrehajtó és igazoló személyek felelősségét, jogkörét és kölcsönös függését. A kézikönyvnek dokumentált, egyedi azonosítóval ellátott eljárásokat és utasításokat kell tartalmaznia, főként a vizsgálatok és az ellenőrzések eredményeinek jegyzőkönyvezésére, gyakoriságára.

### Jegyzőkönyvezett adatok és dokumentumok

A gyártásellenőrzésből származó valamennyi fontos adatot jegyzőkönyvezni kell:

Tárgy	Jegyzőkönyvezett adatok és más dokumentumok
Előírt követelmények	Szerződéses előírás vagy a követelmények összegezése
Alkotóanyagok	A szállító neve, a termékek eredete és a teljesítménynyilatkozat
A keverővíz vizsgálata (ivóvízre nincs megkövetelve),	A mintavétel helye és időpontja Vizsgálati eredmények
Alkotóanyagok vizsgálata	A vizsgálatok időpontja és eredményei (pl. az adalékanyag szemmegoszlása)
A beton összetétele	A beton leírása Az alkotóanyagok tömegének az adatai adagonként vagy szállítmányonként (pl. cementtartalom) Víz/cement tényező Kloridtartalom, ha előírták A családhoz tartozó tag jele
A frissbeton vizsgálatai	A mintavétel időpontja és helye A beton tervezett felhasználási helye a szerkezetben, ha ismert Konzisztencia [alkalmazott módszer (szabvány) és az eredmények] Viszkozitás, ha előírták Szétosztályozódási ellenállás, ha előírták Átfolyási képesség, ha előírták Testsűrűség, ha előírták Szál tartalom, ha előírták Betonhőmérséklet, ha előírták Levegőtartalom, ha előírták A vizsgált betonadag vagy szállítmány térfogata A vizsgálandó próbatestek száma és jele Víz/cement tényező, ha előírták
A szilárd beton vizsgálata	A vizsgálat időpontja A próbatestek jele és kora A testsűrűség-vizsgálat és a szilárdságvizsgálat eredményei Megjegyzések (pl. szokatlan töréskép a próbatesten)
A megfelelésértékelése	Megfelel / nem felel meg a beton az előírásoknak
Kiegészítések transzportbetonokra	A vásárló neve A munka helye, pl. az építkezés helye A vizsgálatokhoz kapcsolódó szállítólevelek száma és dátuma Szállítólevelek
Kiegészítések előre gyártott betonra	A vonatkozó termékszabványok kiegészítő vagy eltérő adatokat igényelhetnek

### Vizsgálat

A vizsgálatokat az MSZ 4798 szabványban megadott vizsgálati módszer szerint kell elvégezni a gyártóhelyeken külön-külön, hacsak az összefüggést nem adja meg a felhasználás helyén érvényes utasítás. Más vizsgálati módszer is alkalmazható, amennyiben azok korrelációját vagy megbízható összefüggését meghatározták.

## A betonösszetétel és típusvizsgálat

Új betonösszetétel esetén a gyártó feladata a terméktípus meghatározása, az építési termék teljesítményének értékelése vizsgálatok (többek között mintavétel), számítások, táblázatba foglalt értékek vagy a szóban forgó termék leíró dokumentációja alapján. A típusvizsgálat célja annak alátámasztása, hogy a beton az előírt vagy tervezett tulajdonságokat megfelelő tűréssel eléri. Amennyiben hasonló betonra vagy betoncsaládra hosszabb időszak tapasztalata áll rendelkezésre, akkor típusvizsgálatra nincs szükség, kivétel az öntömörödő beton. Amennyiben az alkotóanyagok lényegesen megváltoznak, a beton összetételét újra meg kell tervezni.

## Személyzet, eszközök és felszereltség

A termeléssel és a gyártásellenőrzéssel foglalkozó személyzetnek olyan dokumentált, aktív tudással, tapasztalattal és képzettséggel kell rendelkeznie, hogy az megfeleljen a gyártott betonfajtá(k)nak.

Az alkotóanyagok tárolása és kezelése során – figyelembe véve az alkotóanyagok szállítóinak az utasításait, az alkotókra vonatkozó előírásokat – úgy kell eljárni, hogy azok tulajdonságai jelentősen ne változzanak meg, egyértelmű jelöléseket kell alkalmazni, és biztosítani kell a reprezentatív mintavétel lehetőségét.

Az adagolóberendezés(ek)e)t úgy kiválasztani és üzemeltetni, hogy az alkotóanyagok pontos adagolása a megadott tűréseken belül biztosítva legyen, és feleljen meg az alábbi követelményeknek:

<b>Tömeg szerinti adagolás esetén</b>		
<b>Terhelés a legnagyobb terhelés %-ában</b>	<b>A legkisebb terhelés<sup>a)</sup> és a legnagyobb terhelés 20 %-a között</b>	<b>A legnagyobb terhelés 20 %-a és a legnagyobb terhelés<sup>a)</sup> között</b>
A legnagyobb megengedett eltérés a terhelés %-ában	± 2 %	± 1 %
<i>Térfogat szerinti adagolás esetén</i>		
Mért térfogat	< 30 liter	≥ 30 liter
A legnagyobb megengedett eltérés a térfogat %-ában	± 3 %	± 2 %
<sup>a)</sup> A legkisebb és a legnagyobb terhelést az adagolóberendezés gyártója adja meg.		

A keverőgép(ek)nek a keverési időn belül, a megadott legnagyobb keverési teljesítmény mellett is biztosítania kell az alkotóanyagok egyenletes elosztását és a beton egyenletes konzisztenciájának az elérését. A mixerkocsinak és a keverő gépkocsinak a szállítás alatt biztosítaniuk kell a beton homogén állapotban tartását, illetve – ha a gyártó felelősségére vizet, adalékszert, szálakat kell adagolni a felhasználás helyén – rendelkeznie kell megfelelő mérő- és adagoló berendezéssel is.

A gyártónak rendelkeznie kell az adalékanyagok és a beton ellenőrzéséhez, vizsgálatához szükséges minden eszközzel, melyeknek a megfelelőségét dokumentáltan kell biztosítania, igazolnia.

## Az alkotóanyagok adagolása

Az üzemnek a helyszínen rendelkeznie kell keverési (adagolási) utasítással, amely megadja az alkotóanyagok fajtáit és azok adagolásának mennyiségeit. Az 1 m<sup>3</sup>-nél kisebb adagok adagolására vonatkozó tűrési értékeket a felhasználás helyén érvényes előírások határozzák meg, míg e felett – kivéve ha a felhasználás helyén érvényes előírások más tűréseket adnak meg – az alábbi táblázat szerinti értékeket kell alkalmazni:

Alkotóanyag	Tűrés
Cement Víz Az adalékanyag teljes mennyisége A cement tömegére vonatkoztatott > 5% mennyiségben adagolt kiegészítőanyagok és szálak	az előírt mennyiség $\pm$ 3%-a
A cement tömegére számított $\leq$ 5% mennyiségben adagolt adalékszerke, kiegészítőanyagok és szálak	az előírt mennyiség $\pm$ 5 %-a
MEGJEGYZÉS: A tűrés a tervezett érték és a mért érték közötti különbség.	

A cementeket, a szokványos testsűrűségű és nehéz adalékanyagokat és a szálakat valamint a por alakú kiegészítőanyagokat tömeg szerint kell adagolni (kivéve, ha az előírt adagolási tűréseket el lehet érni más módszerrel is, és ezt dokumentálják), míg a keverővizet, a könnyű adalékanyagokat, az adalékszerkeket és a szuszpenzió formájában használt kiegészítőanyagokat tömeg vagy térfogat szerint kell adagolni.

### A beton keverése

Az alkotóanyagokat a keverőgépben – maximálisan annak keverési kapacitásáig – addig kell keverni, amíg a beton homogénné válik. Amennyiben olyan intézkedést hoztak, hogy bizonyos alkotóanyagokat a fő keverési folyamat után kell adagolni, akkor a betont addig kell ismételtlen keverni, amíg a hozzáadott alkotóanyag tökéletesen el nem oszlik, illetve adalékszer esetén az teljes mértékben hatékony nem lesz.

Amennyiben a könnyűbetonhoz vízzel nem telített adalékanyagot adagolnak, a keverés végéig tartó szakaszt addig kell meghosszabbítani, amíg az adalékanyagok vizet vesznek fel és a könnyű adalékanyagokból az ezt követően eltávozó levegőnek már nincs számottevő negatív hatása a szilárd beton tulajdonságaira. A frissbeton összetétele nem szabad, hogy megváltozzék a keverőgép elhagyása után.

### Gyártásellenőrzési eljárások

A gyártónak olyan gyártásellenőrzési eljárást kell kialakítania, dokumentálnia és működtetnie, amely feltárja a tulajdonságokat befolyásoló lényeges változásokat, és megfelelő javító/megeelőző intézkedéseket tartalmaz. Ellenőrizni kell, hogy az alkotóanyagok, az eszközök, a gyártási eljárások és a beton megfelel-e a beton műszaki előírásainak és a szabvány követelményeinek, biztosítania kell az alkotóanyagok megfelelő szállítását, tárolását és felhasználását, továbbá:

- a beszállított anyag megrendeléssel megegyezőségének ellenőrzését,
- lerakás helyét,
- nem megfelelő anyag lerakásának és felhasználásának megakadályozását,
- tárolási körülményeket (szennyeződés, állagromlás kockázatának minimalizálását),
- a szállítmány dokumentálását,
- gyanús szállítmányok vizsgálatát,
- az adalékanyag víztartalmának vizsgálatát.

Amennyiben a gyártó saját adalékanyagot állít elő, akkor annak gyártójának tekintendő, és be kell tartania az adalékanyagokra vonatkozó európai szabvány előírásait.

Az ellenőrzéseknek ki kell térnie a gyártásra, az átadás helyére való szállításra és az átadásra, vonatkoznia kell az eszközök, tároló, mérő és adagoló berendezésekre, a keverő és ellenőrző eszközökre, a teljes gépparkra, berendezésekre és a szállító eszközökre is.

## A berendezések ellenőrzése:

	Berendezés	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság
1	Anyagtárolók, tartályok stb.	Ellenőrzése szemrevételezéssel.	Megbizonyosodni a követelményeknek való megfelelésről.	Hetenként egyszer.
2	Mérlegek	A működés ellenőrzése szemrevételezéssel.	Megbizonyosodni, hogy a mérleg tiszta és szabatosan működik.	Naponta.
3		A mérőeszköz vizsgálata.	Kielégíteni a 7.5.7.5 szerinti követelményeket.	Beszereleskor. Időszakosan <sup>a)</sup> a használat helyén érvényes utasítástól függően. Kétség esetén. <i>Legalább évente.</i>
4	Adalékszer-adagoló (beleértve a mixerkocsira felszerelt adagolót)	A működés ellenőrzése szemrevételezéssel.	Megbizonyosodni, hogy a mérőberendezés tiszta és szabatosan működik.	Minden egyes adalékszer napenkénti első alkalmazásakor.
5		A mérőeszköz vizsgálata és a teljes kiürítés ellenőrzése.	Kielégíteni a 7.5.7.5 szerinti követelményeket.	Beszereleskor. A beszerelés után időszakosan. <sup>a)</sup> Kétség esetén. <i>Legalább évente.</i>
6	Vízmérő és a mixerkocsira szerelt vízadagoló	A mérőeszköz vizsgálata	Kielégíteni a 7.5.7.5 szerinti követelményeket.	Beszereleskor. A beszerelés után időszakosan <sup>a)</sup> a használat helyén érvényes utasítástól függően. Kétség esetén.
7	Berendezés a finom adalékanyagok víztartalmának folyamatos mérésére	A tényleges mennyiség összehasonlítása a mérő leolvasással.	Megbizonyosodni a helyes értékekről.	Beszereleskor. A beszerelés után időszakosan. <sup>a)</sup> Kétség esetén.
8	Adagolási rendszer	Ellenőrzés szemrevételezéssel.	Megbizonyosodni arról, hogy az adagoló berendezés szabatosan működik.	Naponta.
9		Az alkotóanyagok tényleges tömegének összehasonlítása a tervezett tömeggel és automatikus adagolási adatgyűjtő esetén a regisztrált tömeggel (az adagolási rendszertől függő megfelelő módszer segítségével).	Kielégíteni a 7.5.7.6 szerinti követelményeket.	Beszereleskor. A beszerelés után időszakosan. <sup>a)</sup> Kétség esetén.
10	Vizsgáló eszközök	Az idevágó nemzeti vagy MSZ EN szabványok szerinti kalibrálás, <i>ellenőrzés.</i>	A megfelelőség ellenőrzése.	Időszakosan <sup>a)</sup> Szilárdságvizsgáló eszköz esetén legalább évente egyszer.
11	Keverőgépek (beleértve a mixerkocsit)	Ellenőrzés szemrevételezéssel.	A keverőgép kopásának az ellenőrzése.	Időszakosan <sup>a)</sup>
12		<i>Egyenletesség.</i>	<i>A keverék egyenletességének ellenőrzése.</i>	<i>Időszakosan <sup>a)</sup> a használat helyén érvényes utasítástól függően. Szükség és kétség esetén</i>

<sup>a)</sup> A gyakoriság a berendezés fajtájától, a használati érzékenységtől és az üzem termelési feltételeitől függ.

## A gyártási eljárások és a betontulajdonságok ellenőrzése:

	A vizsgálat fajtája	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság
1	A tervezett beton tulajdonságai	Típusvizsgálat	Bizonyítani, hogy a tervezett beton az előírt tulajdonságokat megfelelő határok között teljesíti.	Új betonösszetétel alkalmazása előtt.
2	A finom adalékanyag víztartalma	Folyamatos mérési rendszer, szárítási vagy ezzel egyenértékű vizsgálat.	Meghatározni az adalékanyag tömegét száraz állapotban és az adagolandó vizet.	Ha nem folyamatos, akkor naponta, de a helyi és időjárási körülményektől függően a vizsgálatok gyakoriságát növelve vagy csökkentve lehet előírni.
3	Durva adalékanyag víztartalma	Szárítási vagy ezzel egyenértékű vizsgálat.	Meghatározni az adalékanyag tömegét száraz állapotban és az adagolandó vizet	A helyi és az időjárási körülményektől függően.
4	A frissbeton víztartalma	Az adagolt <sup>(4)</sup> vízmennyiség ellenőrzése.	Adatokat kapni a víz/cement tényezőre	Minden adag vagy szállítmány.
5	A beton kloridtartalma	Kezdeti meghatározás számítással	Megbizonyosodni arról, hogy a maximális kloridtartalmat nem lépték túl.	A típusvizsgálat elvégzésekor. Az alkotóanyagok kloridtartalmának a növekedése esetén.
6	Konzisztencia	Szemrevételezés	Összehasonlítás a szokásos megjelenéssel	Minden adag vagy szállítmány.
7		Konzisztencia vizsgálat az MSZ EN 12350-2, MSZ EN 12350 4, vagy MSZ EN 12350-5 szerint	Megállapítani a konzisztencia előírt értékének teljesülését és ellenőrizni pl. a víztartalom lehetséges változásait	Ha a konzisztenciát előírták, akkor, mint a 7.5.1. táblázat szerint a nyomószilárdságra. Amikor levegőtartalmat vizsgálnak. Kétség esetén a szemrevételezést követően.
8		Konzisztencia vizsgálat az MSZ EN 12350-8 szerint		Legalább naponta egyszer. A nyomószilárdság vizsgálat elvégzésekor (ugyanaz a gyakoriság). Amikor levegőtartalmat vizsgálnak. Kétség esetén a szemrevételezést követően.
9	A beton viszkozitása	MSZ EN 12350-8 vagy MSZ EN 12350-9	Az előírt konzisztencia elérésének a megállapítása.	A típusvizsgálat elvégzésekor. Új beton összetétel használata előtt. Az alkotóanyagok megváltozása esetén. Kétség esetén a szemrevételezést vagy a roskadási terület vizsgálatát követően
10	Átfolyási képesség	MSZ EN 12350-10 vagy MSZ EN 12350-12		
11	Szétosztályozódási ellenállás	MSZ EN 12350-11		
12	A frissbeton testsűrűsége	Testsűrűség vizsgálat az MSZ EN 12350-6 szerint	Szokványos-, könnyű- és nehézbeton esetén az adagolás és a testsűrűség felülvizsgálati ellenőrzése.	Szokványos (normál testsűrűségű) beton esetén, mint a nyomószilárdság ellenőrzésekor. Könnyű- és nehézbeton esetén naponta.
13	A friss beton cementtartalma	Az adagolt <sup>(4)</sup> cement tömegének az ellenőrzése.	A cementtartalom ellenőrzése és adatok szolgáltatása a víz/ cement tényezőre.	Minden adag vagy szállítmány.
14	A frissbeton kiegészítőanyag-tartalma	Az adagolt <sup>(4)</sup> kiegészítőanyagok tömegének az ellenőrzése.	A kiegészítőanyag-tartalom ellenőrzése és adatok szolgáltatása a víz/cement tényezőre (lásd az 5.4.2. szakaszt).	Minden adag vagy szállítmány.
15	A frissbeton adalékszer tartalma	Az adagolt <sup>(4)</sup> adalékszer tömegének vagy térfogatának az ellenőrzése	Az adalékszer tartalom ellenőrzése	Minden adag vagy szállítmány.
16	A frissbeton víz/cement tényezője	Számítással vagy vizsgálati módszerrel, lásd az 5.4.2. szakaszt.	Az előírt víz/cement tényező teljesülésének a megállapítása.	Naponta, ahol elő van írva.

17	A frissbeton levegő tartalma, ahol előírták	Szokványos ( <i>normál testsűrűségű</i> ) betonra és nehézbetonra az MSZ EN 12350-7 szerinti vizsgálat és a e szabvány 5.4.3. szakasza szerinti számítás, könnyűbetonra az ASTM C 173 szerinti vizsgálat.	A képzett levegő előírt mennyisége elérésének a megállapítása.	Légbuborék tartalmú beton esetén: minden gyártási napon az első adag vagy szállítmány, amíg az értékek állandósulnak. Számítással minden esetben, amikor nyomószilárdság vizsgálat céljára próbatest készül.
18	A frissbeton hőmérséklete	Hőmérsékletmérés	Az elérendő 5 °C legkisebb hőmérséklet vagy az előírt határ elérésének a megállapítása	Kétség esetén Ha a hőmérsékletet előírták: – időszakosan, a helyzettől függően; – minden adag vagy szállítmány, amikor a beton hőmérséklete közel van a határértékhez.
19	A szilárd könnyű- és nehézbeton testsűrűsége	Vizsgálat az MSZ EN 12390-7 <sup>a)</sup> szerint.	Az előírt testsűrűség teljesülésének a megállapítása.	Ha a testsűrűséget előírták, akkor olyan gyakorisággal, mint a nyomószilárdság vizsgálatakor.
20	Sablonban készített beton próbatestek nyomószilárdság-vizsgálata	Vizsgálat az MSZ EN 12390-3 szerint.	Az előírt szilárdság elérésének a megállapítása	Ha a nyomószilárdságot előírták, akkor olyan gyakorisággal, mint a megfelelés ellenőrzésekor
<p><sup>a)</sup> Vízrel telített állapotban is szabad vizsgálni, ha megállapították ennek a megbízható összefüggését a kiszáritott állapotban mért testsűrűséggel.</p> <p><sup>b)</sup> Ha nem használnak adatkiíró berendezést és az adagolási tűréseket az adagban vagy a szállítmányban túllépik, akkor az adagolt mennyiséget a gyártási nyilvántartásban kell feljegyezni.</p>				

## 7.6. A MEGFELELŐSÉG ÉRTÉKELÉSE - A GYÁRTÁSKÖZI ELLENŐRZÉS ÉRTÉKELÉSE, FELÜGYELETE ÉS TANÚSÍTÁSA

A gyártó felelős a beton előírt követelményeknek való megfeleléséért, ezért a jogszerű forgalomba hozatalhoz elkészíti a teljesítménynyilatkozatot, és meghatározza a terméktípust, elvégzi az építési termék teljesítményének értékelését, kialakítja, dokumentálja és működteti üzemi gyártásellenőrzési rendszerét, illetve végzi a gyártó üzemben az általa vett minták meghatározott vizsgálati terv szerint történő további vizsgálatát.

A teljesítménynyilatkozat alapja a kijelölt terméktanúsító szervnek az építési termék teljesítményének állandóságára vonatkozó tanúsítványa, amelynek kiállításáról, korlátozásáról, felfüggesztéséről, illetve visszavonásáról az általa elvégzett alábbi értékelések és ellenőrzések eredménye alapján határoz:

- a gyártó üzem és az üzemi gyártásellenőrzés alapvizsgálata;
- az üzemi gyártásellenőrzés folytatólagos felügyelete, vizsgálata és értékelése;

Előre gyártott betontermékek esetén a megfelelésértékelésére a követelményeket és előírásokat a vonatkozó műszaki előírások (termékszabványok és műszaki engedélyek) adják meg.

## 7.7. A BEÉPÍTETT BETONOK MEGFELELŐSÉGE

A beépített betonok szerkezeti nyomószilárdságának megfelelése a kivitelezett betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek esetén az MSZ EN 13791 szabvány alapján ítéhető meg. A szabvány az EN 206 szerinti betonok és az EN 13670 betonszerkezetek kivitelezése között képez kapcsolatot a kifűrt hengerek és a roncsolásmentes vizsgálatok segítségével. Az alábbi felsorolások és példák mutatják azokat az eseteket, hogy mikor szükséges és mikor lehetséges ennek a szabványnak az alkalmazása:

- abban az esetben, ha nem felel meg a szabványos próbatesteken mért szilárdság,

- ha komoly kétség merül fel a szerkezetben lévő beton szilárdságával szemben,
- ha a szerkezetet módosítják vagy áttervezik,
- ha a betont tűz vagy más károsító hatás érte,
- ha az összefüggés a megkövetelt betonszilárdságot vizsgáló módszer és a helyszíni vizsgálati módszer között bizonyított (megalapozott),
- ha a helyszíni betonszilárdságot nagyobb területre, más szerkezetekre kívánják kiterjeszteni (pl. feszítés, bontás).

### 7.7.1. A SZABVÁNY ALKALMAZÁSI TERÜLETE

- ez a szabvány egy módszert ad a beton szilárdságának meghatározására szerkezetben vagy elemekben, áttekintést nyújt a szerkezeti beton vizsgálati előírásáról,
- előírást ad az eredmények kiértékelésére,
- azonos értékű követelményeket ad a nyomószilárdság elbírálására a szerkezetekben és elemekben,
- utasítást ad az eljárás menetére, a használandó összefüggésre, a közvetett módszerek és a helyszínen az elemekben vagy szerkezetekben mért szilárdságra és leírja a betonszilárdság kiértékelésének módját.

A kifűrt hengerek eredménye adja a szerkezeti betonszilárdság legjobb meghatározását. Más módszerek csak áttételesen becsülik a szilárdságot, ha nincs a kifűrt mag szilárdsággal kapcsolatuk. Egy közvetett módszer alkalmazása előtt meg kell állapítani a szerkezeti beton szilárdságával való összefüggést.

### 7.7.2. FOGALMAK

A beépített betonok és az előregyártott betonok esetében az alábbi fogalmak szerint különböztethetjük meg a beton nyomószilárdságát;

- Szabványos nyomószilárdság: a szabványos nyomószilárdság az, amelyet szabályos próbatesten mértünk, szabályos mintavétellel vettünk, készítettünk, tároltunk és vizsgáltunk az MSZ EN 12350 és az MSZ EN 12390 szabvány előírásai szerint.
- Kifűrt mag szilárdság: a nyomószilárdság értéke, amelyet kifűrt magmintákon határoztunk meg az MSZ EN 12504 szabvány szerint.
- Potenciális (beton) szilárdság: az MSZ EN 12390-2 előírásainak megfelelő laboratóriumi feltételek között gyártott és érlelt próbakockákon vagy hengereken az MSZ EN 12390-3 szabvány szerint elvégzett vizsgálatokból származó betonszilárdság. Előregyártott beton potenciális nyomószilárdságát a 28. napon kell megvizsgálni. A korai szilárdság meghatározására kiegészítő vizsgálatok végezhetőek a 28. nap előtt, ha ezt a gyártási folyamat különleges műveletei (feszítés, kizsaluzás, emelés stb.) megkövetelik.
- Szerkezeti (valós beton) szilárdság: a késztermékből vett próbatesteken (fűrt maghengereken vagy vágott hasábokon) végzett vizsgálatokból származó betonszilárdság (közvetlen szerkezeti szilárdság), vagy a potenciális szilárdság megállapításához alkalmazottakkal azonos, de a szerkezeti termékhez lehető legközelebb álló gyári körülmények között érlelt szabványos próbatesteken végzett vizsgálatokból származó betonszilárdság (közvetett szerkezeti teherbírási). A beépített betonok szerkezeti szilárdságát közvetett módszerekkel is meghatározhatjuk.
- Jellemző szilárdság: az a szilárdsági érték, amely alá várhatóan a vizsgált betonmennyiségek összes lehetséges szilárdság meghatározásainak 5%-a esik.
- Tervezési szilárdság: a jellemző szilárdságnak a hozzátartozó részleges biztonsági tényezővel osztott értéke.
- Közvetlen szerkezeti szilárdság: a közvetlen szerkezeti szilárdságot vagy a végtermékből fűrt magmintákon állapítjuk meg az MSZ EN 12504-1 szabvány szerint; vagy a végtermékből vágott



hasábokból állapítjuk meg, melyeket kocka vagy henger alakra alakítunk át és alkalmazzuk a megfelelő korrekciós tényezőt; vagy a teljes termék vizsgálata alapján állapítjuk meg.

- Közvetett szerkezeti szilárdság: előregyártásban állandósult termelési folyamatok esetén, amikor a beton összetétele és utókezelési módszerei nem változnak, a közvetett szerkezeti szilárdságot olyan próbatestekből lehet meghatározni, amelyeket frissbetonból vettek, a termékhez lehető legközelebb álló üzemi körülmények között utókezelték és tárolták, feltéve, hogy egy előzetes vizsgálat a közvetlen szerkezeti szilárdsággal való összefüggést meghatározta. A közvetett szilárdság a közvetett vizsgálati módszerekkel (rugalmas visszapattnás, ultrahang terjedési sebesség, kihúzó erő mérése) meghatározott szilárdság is.

### 7.7.3. SZERKEZETI BETONSZILÁRDSÁGI OSZTÁLYOK

A szerkezeti betonszilárdság esetében meg kell adni a „szerkezeti betonszilárdsági osztályokat”, amelyek gyakorlati összefüggésben vannak a szabványos próbatesteken mért szilárdsági osztályokkal. A vizsgálati eredményekből kiszámítva a szerkezeti tapasztalati jellemző szilárdságokat, összevetve az előírt szerkezeti betonszilárdsági osztályokkal, eldönthető a beton nyomószilárdságának a megfelelősége. A szerkezeti betonok szilárdsági osztályainak követelményei, hasonlóan a szabvány követelményeihez, az előírt jellemző szilárdságok a teljes beton mennyiséghez tartozó 5 %-os alulmaradási valószínűségéhez tartozó szilárdsági értékek.

A táblázatban szereplő szilárdsági osztályok megfelelnek, mind a szabványos beton, mind a beépített beton (monolit és előregyártott) előírt jellemző szilárdságainak.

#### 7.7.1. táblázat

Szilárdsági osztály	Terv szerinti előírt jellemző szilárdság N/mm <sup>2</sup>		A szerkezeti előírt és a terv szerinti előírt szilárdság viszonya	Szerkezeti előírt jellemző szilárdság N/mm <sup>2</sup>	
	$f_{ck, cyl}$	$f_{ck, cube}$		$f_{ck, cyl}$	$f_{ck, cube}$
C 8/10	8	10	0,85	7	9
C 12/15	12	15	0,85	10	13
C 16/20	16	20	0,85	14	17
C 20/25	20	25	0,85	17	21
C 25/30	25	30	0,85	21	26
C 30/37	30	37	0,85	26	31
C 35/45	35	45	0,85	30	38
C 40/50	40	50	0,85	34	43
C 45/55	45	55	0,85	38	47
C 50/60	50	60	0,85	43	51
C 55/67	55	67	0,85	47	57
C 60/75	60	75	0,85	51	64
C 70/85	70	85	0,85	60	72
C 80/95	80	95	0,85	68	81
C 90/105	90	105	0,85	77	89
C 100/115	100	115	0,85	85	98

Az azonos keverékből származó beton szerkezeti szilárdsága alacsonyabb lehet, mivel a tömörítése és az utókezelése más. A tervezésben ezt a különbséget figyelembe vették a biztonsági tényező megadásakor a MSZ EN 1992 szabvány sorozatban. Így a szerkezeti betonszilárdságot redukálni lehet anélkül, hogy a biztonsági szint csökkenne.

A táblázatban szereplő viszonzyszámok tartalmazzák, hogy a kifúrt magminta a szerkezetből, vagy az elemből származik és a tényleges, jó értéket mutatják. Más viszonzyszám is használható a 0,85 helyett a szokásostól eltérő tömörítés és utókezelés esetében.

### 7.7.4. A SZERKEZETI BETONSZILÁRDSÁG MEGHATÁROZÁSA KIFÚRT HENGEREKKEL

A beépített beton szilárdságát két kritérium alapján lehet meghatározni: „A” vagy „B”. Az „A” kritériumot akkor alkalmazható, amikor a szerkezetekből (gerenda, lemez, oszlop stb.) 3-14 db mag mintavételére kerül sor. A „B” kritériumot akkor alkalmazható, amikor legalább 15 db fúrt mag mintavétele történik több elemből azonos vizsgálati régióból.

„A” kritérium

A megfeleléség elbírálása az alábbi feltételek szerint:

- átlag ( $f_{m(n),is}$ ) n db egymást nem átfedő eredményből számítva (1 feltétel)
- minden vizsgálati eredmény ( $f_{is}$ ) (2 feltétel)

$$f_{m(n),is} \geq f_{ck,is} + K_1 \quad (1)$$

$$f_{is} \geq f_{ck,is} - 4 \quad (2)$$

$f_{m(n),is}$  = az n helyszíni vizsgálati eredmény átlaga  
 $f_{is}$  = helyszíni vizsgálati eredmény

$f_{ck,is}$  = a helyszíni eredmények előírt jellemző értéke

$K_1$  = az n-től függő tényező  
 $K_1$  = 5, ha n = 10-14  
 $K_1$  = 6, ha n = 7-9  
 $K_1$  = 7, ha n = 3-6

„B” kritérium

A megfeleléség elbírálása az alábbi feltételek szerint:

- átlag ( $f_{m(n),is}$ ) n db egymást nem átfedő eredményből számítva (1 feltétel)
- minden vizsgálati eredmény ( $f_{is}$ ) (2 feltétel).

$$f_{m(n),is} \geq f_{ck,is} + 1,48 \times s \quad (1)$$

$$f_{is} \geq f_{ck,iss} - 4 \quad (2)$$

s = a vizsgálati eredmények szórása, de nem kisebb mint 2 N/mm<sup>2</sup>.

A kifúrt hengereken meghatározott szilárdsági értékek felhasználhatók a közvetett módszerekkel kapott eredmények érvényesítéséhez is. A közvetett módszerek (Schmidt kalapácsos vizsgálat, ultrahang terjedési sebesség és kihúzó erő mérése) közvetett eredményei a kifúrt magokon meghatározott közvetlen szilárdságok adataival együtt (vagy korábbi adatok alapján megbízható korreláció mellett) alkalmas csak elfogadható pontosságú szilárdságbecslésre. Közvetett módszerek önálló alkalmazását lehetőleg kerülni kell.

A vizsgálatok elvégzése és az eredmények értékelése tekintetében független (harmadik fél) akkreditált vizsgálólaboratórium bevonása ajánlott, elsősorban vitás esetekben nemmegfeleléség esetén. A gyártó és a felhasználó között a beton megfeleléségével kapcsolatban felmerülő nemmegfeleléség esetén a független elismert laboratórium eredménye és értékelése alapján a következtetések levonása mindkét fél számára elfogadható lehet.

## 7.7.5. A KIVITELEZÉSRE VONATKOZÓ MEGFELELŐSÉGI FELTÉTELEK

Jelenleg a betonszerkezetek kivitelezésére az MSZ EN 13670 szabvány van érvényben.

A szabvány célja, hogy a tervező és a kivitelező között a kapcsolatot kialakítsa, megadja a kivitelezés szabványosított műszaki követelményrendszerét és biztosítsa azt, hogy a kivitelező a tervezőtől a kivitelezéshez minden szükséges információt megkapjon.

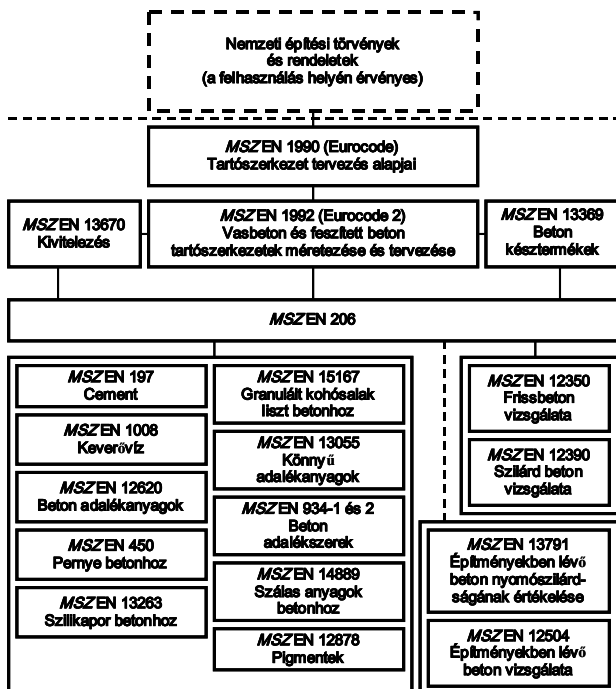
A szabvány általános követelményeket ad a betonszerkezetek kivitelezésére. Alkalmazható mind a helyszíni, mind pedig az előre gyártott betontermékekre vonatkozóan.

A szabvány foglalkozik a kivitelezés irányítással, a minőségbiztosítással, a teherhordó állványzat és zsaluzat témakörével, a vasszereléssel, a feszítéssel, a betonozással, előre gyártott betonelemekkel történő kivitelezéssel, a geometriai tűrésekkel.

A szerkezet felülvizsgálatával és ellenőrzésével igazolni kell, hogy az építkezést a kivitelezés előírásainak megfelelően végezték. Az ellenőrzés a beépített anyagok és a termékek tulajdonságai megfelelőségének az igazolására vonatkozik, valamint a műtárgy kivitelezésének ellenőrzésére.

Az építménynek, mint egésznek vagy egyedi összetevőknek a kivitelezésére felülvizsgálati osztályokat határoz meg, amely megmutatja az ellenőrzés fajtáját, dokumentumait a beépített anyagokra és a kivitelezés fázisaira vonatkozóan.

## 7.8. AZ MSZ EN 206, VALAMINT A TERVEZÉSRE ÉS A KIVITELEZÉSRE, ILLETVE AZ ALKOTÓANYAGOKRA ÉS A VIZSGÁLATI MÓDSZEREKRE VONATKOZÓ SZABVÁNYOK KÖZÖTTI KAPCSOLAT



## FELHASZNÁLT IRODALOM

Az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete az építési termékek forgalmazására vonatkozó harmonizált feltételek megállapításáról és a 89/106/EGK tanácsi irányelv hatályon kívül helyezéséről (2011. március 9.)

A Bizottság 157/2014/EU felhatalmazáson alapuló rendelete az építési termékek teljesítménynyilatkozatának weboldalon való közzétételére vonatkozó feltételekről (2013. október 30.)

A Bizottság 568/2014/EU felhatalmazáson alapuló rendelete a 305/2011/EU európai parlamenti és bizottsági rendelet V. mellékletének az építési termékek teljesítménye állandóságának értékelése és ellenőrzése tekintetében történő módosításáról vonatkozó teljesítménynyilatkozat elkészítése során használt minta tekintetében történő módosításáról (2014. február 18.)

A Bizottság 574/2014/EU felhatalmazáson alapuló rendelete a 305/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet III. mellékletének az építési termékekre (2014. február 21.)

A Kormány 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelete az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól

MSZ EN ISO/IEC 17025/2005 Vizsgáló- és kalibráló laboratóriumok felkészültségének általános követelményei

A Kormány 320/2010. (XII. 27.) Korm. rendelete a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatalról és a területi mérésügyi és műszaki biztonsági hatóságokról

A Kormány 315/2009. (XII. 28.) Korm. rendelete a megfelelőségértékelő szervezetek kijelöléséről, valamint a kijelölt szervezetek tevékenységének részletes szabályairól

2009. évi CXXXIII. Törvény a megfelelőségértékelő szervezetek tevékenységéről

5/2010. (I. 14.) NFGM rendelet az iparügyekért felelős miniszter szabályozási feladatkörébe tartozó forgalmazási követelmények tekintetében eljáró megfelelőségértékelő szervezetek kijelölésének, valamint a kijelölt szervezetek tevékenységének különös szabályairól

A 2015. évi CXXIV. törvény a nemzeti akkreditálásról

Dr. Kausay Tibor: Ismétlési és összehasonlítási feltételek, mérési eredmények pontossága (BETON lap XI. évf. 9. szám)

MSZ EN 206:2014 Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelőség

MSZ 4798:2015 Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelőség, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon





A hivatkozott szabványok érvényességéről mindenki győződjön meg az MSZT honlapján!

Hivatkozási szám	Szabványcím	Megjegyzés
MSZ 4798-1:2004	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az MSZ EN 206-1 alkalmazási feltételei Magyarországon	Visszavont
MSZ 4798:2016	Beton. 1. rész: Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon	
MSZ EN 206:2014	Beton. Műszaki feltételek, teljesítőképesség, készítés és megfelelés	
MSZ EN 12390-1:2013	A megszilárdult beton vizsgálata. 1. rész: A próbatestek és sablonok alak-, méret- és egyéb követelményei	
MSZ EN 12390-2:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 2. rész: Szilárdságvizsgálati próbatestek készítése és tárolása	
MSZ EN 12390-3:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 3. rész: A próbatestek nyomószilárdsága	
MSZ EN 12390-5:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 5. rész: A próbatestek hajító-húzó szilárdsága	
MSZ EN 12390-6:2010	A megszilárdult beton vizsgálata. 6. rész: A próbatestek hasító-húzó szilárdsága	
MSZ EN 12390-8:2009	A megszilárdult beton vizsgálata. 8. rész: A vízzáróság vizsgálata	
MSZ CEN/TS 12390-9:2007	A megszilárdult beton vizsgálata. 9. rész: Fagyállóság, Lehámlás	
MSZ EN 196-1:2005	Cementvizsgálati módszerek. 1. rész: A szilárdság meghatározása	Visszavont
MSZ EN 196-1:2016	Cementvizsgálati módszerek. 1. rész: A szilárdság meghatározása	
MSZ EN 196-2:2013	Cementvizsgálati módszerek. 2. rész: A cement kémiai elemzése	
MSZ EN 196-3:2005+A1:2009	Cementvizsgálati módszerek. 3. rész: A kötési idő és a térfogat-állandóság meghatározása	
MSZ EN 196-5:2011	Cementvizsgálati módszerek. 5. rész: A puccoláncementek puccolánosságának meghatározása	
MSZ EN 196-6:2010	Cementvizsgálati módszerek. 6. rész: Az őrlési finomság meghatározása	
MSZ EN 196-7:2008	Cementvizsgálati módszerek. 7. rész: A cement mintavételi és minta-előkészítési eljárásai	
MSZ EN 196-8:2010	Cementvizsgálati módszerek. 8. rész: Hidratációs hő. Oldásos módszer	
MSZ EN 196-10:2016	Cementvizsgálati módszerek. 10. rész: A cement vízzoldható króm(VI) tartalmának meghatározása	
MSZ EN 197-1:2011	Cement. 1. rész: Az általános felhasználású cementek összetétele, követelményei és megfelelési feltételei	
MSZ EN 451-1:2004	Pemeyvizsgálati módszerek. 1. rész: A szabad kalcium-oxid meghatározása	
ISO 9277:2010	Determination of the specific surface area of solids by gas adsorption	
MSZ EN 13639:2003	A mészkő összes szervesszén-tartalmának meghatározása	
MSZ EN 933-1:2012	Kőanyag-halmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A szemmegoszlás meghatározása. Sztízvizsgálat	
MSZ EN 933-3:2012	Kőanyag-halmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A szemalak meghatározása. Lemezességi szám	
MSZ EN 933-7:2000	Kőanyag-halmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 7. rész: A kagylóhéj-tartalom meghatározása. A kagylóhéjak százalékos mennyiségének meghatározása durva kőanyag-halmazokban	

MSZ EN 933-9:2009+A1:2013	Kőanyag-halmazok geometriai tulajdonságainak vizsgálata. 9. rész: A finomszem-tartalom meghatározása. Metilénkék-módszer	
MSZ EN 934-1:2008	Adalékszerek betonhoz, habarcs- és injektálóhabarcs-hoz. 1. rész: Közös követelmények	
MSZ EN 934-2:2009+A1:2012	Adalékszerek betonhoz, habarcs- és injektálóhabarcs-hoz. 2. rész: Betonadalékszerek. Fogalom meghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés	
MSZ EN 934-3:2009+A1:2013	Adalékszerek betonhoz, habarcs- és injektálóhabarcs-hoz. 3. rész: Adalékszerek falazóhabarcs-hoz. Fogalom meghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés	
MSZ EN 934-4:2009	Adalékszerek betonhoz, habarcs- és injektálóhabarcs-hoz. 4. rész: Adalékszerek feszítőbetétek injektálóhabarcs-hoz. Fogalom meghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés	
MSZ EN 934-5:2008	Adalékszerek betonhoz, habarcs- és injektálóhabarcs-hoz. 5. rész: Adalékszerek lőtt betonhoz. Fogalom meghatározások, követelmények, megfelelőség, jelölés és címkézés	
MSZ 4737-1:2013	Különleges cementek. 1. rész: Mérsékelt szulfátálló cementek	
MSZ EN 14216:2015	Cement. Nagyon kis hőfejesztésű különleges cementek összetétele, követelményei és megfelelőség feltételei	
UNI 11259:2008.	Determination Of The Photocatalytic Activity Of Hydraulic Binders - Rodamina Test Method	
UNI 11247:2010.	Determination Of The Catalytic Degradation Of Nitrogen Oxides In Air By Photocatalytic Inorganic Materials.	
DIN 1164-10:2013-03	Zement mit besonderen Eigenschaften – Teil 10: Zusammensetzung, Anforderungen und Übereinstimmungsnachweis von Zement mit niedrigem wirksamen Alkaligehalt	
MSZ EN 13369:2013	Előregyártott betontermékek általános szabályai	
MSZ EN 13055-1:2003	Könnyű kőanyag-halmazok. 1. rész: Könnyű kőanyag-halmazok (adalékanyagok) betonhoz, habarcs- és injektálóhabarcs-hoz	Visszavont
MSZ EN 13055-2:2004	Könnyű kőanyag-halmazok. 2. rész: Könnyű kőanyag-halmazok (adalékanyagok) aszfaltkeverékekhez és felületkezelésre, valamint kötőanyag nélküli és kötőanyagossal alkalmazásokhoz	Visszavont
MSZ EN 13055:2016	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálata. 1. rész: A fagyállóság meghatározása	
MSZ EN 1367-2:2010	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időjárás-állóságának vizsgálati módszerei. 2. rész: Magnézium-szulfátos eljárás	
MSZ EN 1367-4:2008	Kőanyag-halmazok termikus tulajdonságainak és időállóságának vizsgálata. 4. rész: A száradási zsugorodás meghatározása	
MSZ EN 1097-1:2012	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: A kopásállóság vizsgálata (mikro-Deval)	
MSZ EN 1097-2:2010	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 2. rész: Az aprózódással szembeni ellenállás meghatározása	
MSZ EN 1097-3:2000	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 3. rész: A halmazűrőség és a hézagterfogat meghatározása	
MSZ EN 1097-6:2013	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: A testsűrűség és a vízfelvétel meghatározása	

MSZ EN 1097-8:2009	Kőanyag-halmazok mechanikai és fizikai tulajdonságainak vizsgálata. 8. rész: A csiszolóadási érték meghatározása	
MSZ EN 1744-1:2009:2013	Kőanyag-halmazok kémiai tulajdonságainak vizsgálata. 1. rész: Kémiai elemzés	
MSZ EN 1744-5:2007	Kőanyag-halmazok kémiai tulajdonságainak vizsgálata. 5. rész: Savban oldható kloridok meghatározása	
MSZ EN 1744-6:2007	Kőanyag-halmazok kémiai tulajdonságainak vizsgálata. 6. rész: Újrahasznosított kőanyag-halmaz-extraktum hatásának meghatározása a cement kötési idejének kezdetére	
MSZ EN 1008:2003	Keverővíz betonhoz. A betonkeverékhez szükséges víz mintavétele, vizsgálata és alkalmazásának meghatározása, beleértve a betongyártási folyamatból visszanyert vizet is	
MSZ EN 480-1:2015	Adalékszerek betonhoz, habarcszhoz és injektálóhabarcszhoz. Vizsgálati módszerek. 1. rész: Referenciabeton és referenciahabarcs vizsgálathoz	
MSZ EN 1504-1:2006	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalom meghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelésértékelés. 1. rész: Fogalom meghatározások	
MSZ EN 1504-2:2005	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalom meghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelésértékelés. 2. rész: A beton felületvédelmi rendszerei	
MSZ EN 1504-5:2013	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalom meghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelésértékelés. 5. rész: Betoninjektálás	
MSZ EN 1504-6:2007	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalom meghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelésértékelés. 6. rész: A betonacél rudak lehorgonyozása	
MSZ EN 1504-8:2005	Termékek és rendszerek a betonszerkezetek védelmére és javítására. Fogalom meghatározások, követelmények, minőség-ellenőrzés és megfelelésértékelés. 8. rész: Minőség-ellenőrzés és megfelelésértékelés	
MSZ EN 12878:2014	Pigmentek cement- és/vagy mészalapú építőanyagok színezésére. Műszaki követelmények és vizsgálati módszerek	
MSZ EN 450-1:2013	Pernye betonhoz. 1. rész: Fogalom meghatározások, követelmények és megfeleléségi feltételek	
MSZ EN 13263-1:2005+A1:2009	Szilikapor betonhoz. 1. rész: Fogalom meghatározások, követelmények és megfeleléségi feltételek	
MSZ EN 15167-1:2007	Őrölt, granulált kohósalak betonban, habarcsban és injektálóhabarcsban való felhasználásra. 1. rész: Fogalom meghatározások, előírások és megfeleléségi feltételek	
ASTM C618-15	Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete	
CEN/TR 16639:2014	Use of k-value concept, equivalent concrete performance concept and equivalent performance of combinations concept	
ISO 4316:1977	Surface active agents – Determination of pH of aqueous solutions – Potentiometric method	
MSZ EN ISO 10523:2012	Vízminőség. A pH meghatározása (ISO 10523:2008)	
MSZ EN 13577:2007	Vegyí hatásnak kitett beton. A víz agresszív szén-dioxid-tartalmának meghatározása	
MSZ ISO 7150-1:1992	Az ammónium meghatározása vízben. Manuális spektrofotometriás módszer	



MSZ EN ISO 7980:2000	Vízminőség. A kalcium és a magnézium meghatározása. Atomabszorpciós spektrometriás módszer (ISO 7980:1986)	
MSZ EN 16502:2015	Vizsgálati módszer a talaj savassági fokának meghatározására Baumann-Gully-féle módszerrel	
MSZ EN 15933:2013	Iszap, kezelt biohulladék és talaj. A pH meghatározása	
MSZ 260-4:1971	Szennyvizek vizsgálata. Hidrogén-ion koncentráció (pH-érték) meghatározása	
MSZ 1484-22:2009	Vízminőség. 22. rész: A pH és az egyensúlyi pH meghatározása	
MSZ 448-21:1986	Ívóvízvizsgálat. Az összes, a karbonát- és a nemkarbonát-keményesség meghatározása	
MSZ EN 1899-1:2000	Vízminőség. A biokémiai oxigénigény meghatározása n nap után (BOIn). 1. rész: Hígításos és oltásos módszer allil-tiokarbamid hozzáadásával (ISO 5815:1989, módosítva)	
MSZ EN 1899-2:2000	Vízminőség. A biokémiai oxigénigény meghatározása n nap után (BOIn). 2. rész: Módszer hígítottan mintákhoz (ISO 5815:1989, módosítva)	
MSZ ISO 6060:1991	A víz kémiai oxigénigényének meghatározása	
MSZ 12750-21:1971	Felszíni vizek vizsgálata. Oxigénfogyasztás, kémiai oxigénigény (KOl) meghatározása	
MSZ 448-23:1983	Ívóvízvizsgálat. A szabad, a kötött, az egyensúlyi és a részre agresszív szén-dioxid meghatározása	
MSZ 260-52:1989	Szennyvizek vizsgálata. A kalcium- és magnéziumtartalom meghatározása komplexometriás módszerrel	
MSZ 260-9:1988	Szennyvizek vizsgálata. Az ammóniumion-tartalom meghatározása	
MSZ EN ISO 14911:2000	Vízminőség. Az oldott $\text{Li}^{+}$ , $\text{Na}^{+}$ , $\text{NH}_4^{+}$ , $\text{K}^{+}$ , $\text{Mn}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Sr}^{2+}$ és $\text{Ba}^{2+}$ meghatározása ionkromatográfiás módszerrel. Víz- és szennyvízvizsgálati módszer (ISO 14911:1998)	
MSZ 1484-3:2006	Vízvizsgálat. 3. rész: Az oldott, a lebegő anyaghoz kötött és az összes fémtartalom meghatározása AAS- és ICP-OES-módszerrel	
MSZ EN ISO 10304-1:2009	Vízminőség. Az oldott anionok meghatározása ionkromatográfiával. 1. rész: A bromid, a klorid, a fluorid, a nitrát, a nitrit, a foszfát és a szulfát meghatározása (ISO 10304-1:2007)	
MSZ EN 12350-1:2009	A friss beton vizsgálata. 1. rész: Mintavétel	
MSZ EN 12350-2:2009	A friss beton vizsgálata. 2. rész: Roskadásvizsgálat	
MSZ EN 12350-3:2009	A friss beton vizsgálata. 3. rész: Vebe-vizsgálat	
MSZ EN 12350-4:2009	A friss beton vizsgálata. 4. rész: Tömörödési tényező	
MSZ EN 12350-5:2009	A friss beton vizsgálata. 5. rész: Terülmérés	
MSZ EN 12350-6:2009	A friss beton vizsgálata. 6. rész: Testsűrűség	
MSZ EN 12350-7:2009	A friss beton vizsgálata. 7. rész: Levegőtartalom. Nyomásmódszerek	
MSZ EN 12350-8:2010	A friss beton vizsgálata. 8. rész: Öntömörödő beton. A roskadási terület vizsgálata	
MSZ EN 12350-9:2010	A friss beton vizsgálata. 9. rész: Öntömörödő beton. Tölcséres kifolyási vizsgálat	
MSZ EN 12350-10:2010	A friss beton vizsgálata. 10. rész: Öntömörödő beton. L szekrényes vizsgálat	
MSZ EN 12350-11:2010	A friss beton vizsgálata. 11. rész: Öntömörödő beton. Az ülepedési stabilitás szítás vizsgálata	
MSZ EN 12350-12:2010	A friss beton vizsgálata. 12. rész: Öntömörödő beton. Fékezőgyűrűs vizsgálat	
MSZ EN 480-11:2006	Adalékszerek betonhoz, habarcsához és injektálóhabarcsához. Vizsgálati módszerek. 11. rész: A megszilárdult beton légbuborék-jellemzőinek meghatározása	

MSZ EN 1992-1-2:2005	Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése. 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre	Visszavont
MSZ EN 1990:2011	Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai	
ASTM C 289-07	Standard Test Method for Potential Alkali-Silica Reactivity of Aggregates (Chemical Method)	Visszavont
ASTM C173	Standard Test Method for Air Content of Freshly Mixed Concrete by the Volumetric Method	
MSZ EN 13791:2007	Betonszerkezetek és előre gyártott betonelemek helyszíni nyomószilárdságának becslése	
MÉASZ ME-04. 19:1995	Magyar Építőanyag Szövetség, Műszaki Előírások - Beton és vasbeton készítése	
MSZ EN13877-1:2005	Betonburkolatok. 1. rész: Anyagok	Visszavont
MSZ EN13877-2:2005	Betonburkolatok. 2. rész: Betonburkolatok rendeltetésnek megfelelő követelményei	Visszavont
[e-UT 06.03.31]	Beton pályaburkolatok építése. Építési előírások, követelmények	ÚT 2-0.007
[e-UT 07.00.21]	Közüti hidak tervezése. Általános előírások	ÚT 2-3.401
[e-UT 07.04.12]	Közüti hidak korrózióvédelme I. Betonszerkezetek primer (technológiai) védelme	ÚT 2-2.203
[e-UT 07.04.13]	Közüti hidak korrózióvédelme II. Kész betonszerkezetek	ÚT 2-2.206
[e-UT 07.02.11]	Közüti hidak építése I. Beton, vasbeton és feszített vasbeton híd szerkezetek építése	ÚT 2-3.402
[e-UT 07.01.14]	Közüti hidak tervezési előírásai IV. Beton, vasbeton és feszített vasbeton közüti hidak tervezése	ÚT 2-3.414
[e-UT 09.04.11]	Közüti betonburkolatok és műtárgyak roncsolásmentes vizsgálata Schmidt-kalapáccsal és ultrahanggal	ÚT 2-2.204
MSZ 15022-1;-2;-3;-4;-7	Építmények teherhordó szerkezeteinek erőtani tervezése.	Visszavont
MSZ 4719:1982	Betonok	Visszavont
MSZ 4720-1;-2;-3	A beton minőségének ellenőrzése.	Visszavont
MSZ EN 197-2:2014	Cement. 2. rész: A megfelelőség értékelése	
MSZ EN 14845-1:2008	Betonban lévő szálak vizsgálati módszerei. 1. rész: Referenciabetonok	
MSZ EN 14845-2:2007	A betonban lévő szálak vizsgálati módszerei. 2. rész: A betonra gyakorolt hatás	
MSZ EN 12620:2002+A1:2008	Kőanyag-halmazok (adalékanyagok) betonhoz	
MSZ EN 14889-1:2007	Szálak betonhoz. 1. rész: Acélszálak. Fogalom meghatározások, előírások és megfelelőség	
MSZ EN 14889-2:2007	Szálak betonhoz. 2. rész: Polimer szálak. Fogalom meghatározások, előírások és megfelelőség	
MSZ EN 14651:2005+A1:2008	Fémszálak beton vizsgálati módszere. A hajlító-húzó szilárdság mérése [arányossági határ (LOP), maradó hajlító-húzó szilárdság]	
ASTM C1609, 2012	Fiber-Reinforced Concrete Flexural Test Equipment	
ASTM C1202-12	Standard Test Method for Electrical Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration	
ASTM C227	Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)	
DIN 1045-2:2014-08	Tragwerke aus Beton, Stahlbeton und Spannbeton - Teil 2: Beton - Festlegung, Eigenschaften, Herstellung und Konformität - Anwendungsregeln zu DIN EN 206	
ÖNORM B 4710-1:2007-10-01	Beton - Teil 1: Festlegung, Herstellung, Verwendung und Konformitätsnachweis (Regeln zur Umsetzung der ÖNORM EN 206-1 für Normal- und Schwerbeton)	

MSZ 18290-1:1981	Építési kőanyagok felületi tulajdonságainak vizsgálata. Kopási vizsgálat Böhme módszerrel	
MSZ EN 771-4:2011+A1:2015	Falazóelemek követelményei. 4. rész: Pórusbeton falazóelemek	
MSZ EN 13670:2010	Betonszerkezetek kivitelezése	
MSZ EN 12504-1;-2;-3;-4	A beton vizsgálata szerkezetekben	
MSZ 4715-1;-2;-3;-4;-5;-6;-7	Megszilárdult beton vizsgálata.	
MSZ 17213-1:1989	Építőipari korrózióvédelem fogalom meghatározásai. Beton- és vasbeton szerkezetek	
MSZ 17215-6:1984	Beton- és vasbetonszerkezetek korrózióvédelme. A beton acélt védő hatásának vizsgálata és minősítése	
MSZ 17215-7:1984	Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. A betonacél korróziós állapotának helyszíni vizsgálata	
MSZ 17215-9:1989	Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Megszilárdult betonok termoanalitikai vizsgálata	
MI 17215-2:1986	Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Agresszív közegek osztályozása	Visszavont
MI 17215-3:1986	Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Tervezési előírások	Visszavont
MI 17215-4:1986	Beton- és vasbeton szerkezetek korrózióvédelme. Primer korrózióvédelem	Visszavont
MI-04-88-19	Építményszerkezetek korrózióvédelme. Betonok termoanalitikai vizsgálata	
MI-07-3406	Közüti hidak beton és vasbeton szerkezeteinek korrózióvédelme	
MSZ EN ISO/IEC 17025:2005	Vizsgáló- és kalibrálólaboratóriumok felkészültségének általános követelményei (ISO/IEC 17025:2005)	
ISO 3534-1:2006	1. rész Általános statisztikai és valószínűségi fogalmak	





## Magyar Cement-, Beton- és Mészipari Szövetség

H-1034 Budapest, Bécsi út 120. | H-1300 Budapest, Pf. 230

tel: +36 (1) 250 1629 | fax: +36 (1) 368 7628

[www.cembeton.hu](http://www.cembeton.hu)

