



Sika® Beton Kézikönyv

- Alapanyagok
- Európai betonszabvány
- Beton
- Frissbeton
- Megszilárdult beton
- Lőttbeton
- Formaleválasztás
- Utókezelés

Sika – Hosszú időn át gyűjtött tapasztalat

A Sika már 1910-ben, alapítása évében elkezdte fejleszteni a cement alapú keverékek adalék-szereit. Ekkor a fő célok a következők voltak: lerövidíteni a habarcskeverékek kötési idejét, vízzáróvá tenni azokat, vagy növelni szilárdságukat. E korai sikeres Sika termékek közül némelyek még ma is használatban vannak.

A vízre szükség van a beton bedolgozásához és a cement hidratálásához, de a megszilárdult betonban marad túl sok víz hátrányos. A Sika ezért már a kezdetekkor olyan termékeket fejlesztett ki, amelyek csökkentik a víztartalmat, miközben megtartják, sőt javítják a bedolgozhatóságot (konzisztenciát).

Dátum	Hatóanyag	Tipikus Sika termék	Fő hatások
1930	Ligninszulfonát	Plastocrete®	Vízcsökkentés 10%-ig
1940	Glukonát	Plastiment®	Vízcsökkentés 10%-ig, plusz késleltető hatás
1960		Sika Retarder®, Fro-V	Késleltető hatás és lég-buborékképzés
1970	Naftalin	Sikament®-NN	Vízcsökkentés 20%-ig
1980	Melamin	Sikament®-300/-320	Vízcsökkentés 20%-ig, plusz csökkentett levegő-tartalom
1990	Vinil kopolimerek	Sikament®-10/-12	Vízcsökkentés 25%-ig
2000	Módosított polikarboxilátok	Sika® ViscoCrete®	Vízcsökkentés 40%-ig, SCC betontechnológia, öntömörödés

1. táblázat: Képlékenyítők és folyósítók hatóanyagainak fejlődése

A Sika vállalat – megalapítása óta – mindenütt jelen volt, ahol cementet, adalékanyagot, homokot és vizet használtak habarcs- vagy beton készítésére, ezért válhatott a tartós szerkezetek gazdaságos építésének megbízható partnerévé.

Sika – Jelenlét az egész világon

A svájci Baar székhelyű Sika AG a különleges vegyi anyagok területén, az egész világra kiterjedően, egységesen működő vállalat. A Sika vezető szerepet tölt be az építőipari teherhordó szerkezetekhez és az iparban használt tömítő-, ragasztó-, szigetelő-, erősítő- és védőanyagok előállításában.

A Sika termékpalalettáján szerepelnek – többek között – a nagy teljesítőképességű betonadalék-szerek, a különleges szárazhabarcsok, a tömítő- és ragasztóanyagok, a szigetelő- és erősítő elemek, a szerkezetmegerősítő rendszerek, az ipari padlók anyagai, valamint a vízszigetelő fóliák.

Sika szerzői csoport:

T. Hirschi, H. Knauber, M. Lanz, J. Schlumpf, J. Schrabback, C. Spirig, U. Waeber

Magyar kiadás:

Asztalos István

Tartalomjegyzék

1. Alapanyagok	5
1.1. Fogalmak	5
1.2. Kötőanyagok	6
1.3. Beton adalékanyagok	8
1.4. Betonadalékszerek	12
1.5. Beton kiegészítő anyagok	13
1.6. Beton finomrésztartalma	15
1.7. Keverővíz	16
1.8. Anyagtérfogat számítás	18
2. Európai betonszabvány	20
2.1. Fogalom meghatározások a szabványból	20
2.2. Környezeti hatásoktól függő kitéti (környezeti) osztályok	22
2.3. Konzisztencia szerinti osztályba sorolás	25
2.4. Nyomószilárdsági osztályok	26
2.5. K-érték elve	27
2.6. Klorid tartalom (kloridion-tartalom)	29
2.7. Beton megnevezése	31
2.8. Megfelelőség ellenőrzése	31
3. Beton	32
3.1. Beton legfontosabb alkalmazási területei	32
3.1.1. Helyszínen előállított beton	33
3.1.2. Előregyártás számára készített beton	35
3.2. Különleges betonok	37
3.2.1. Szivattyúzható beton	37
3.2.2. Közlekedésépítési betonok	40
3.2.3. Öntömörödő beton (SCC)	41
3.2.4. Fagy- és olvasztósó-álló beton	43
3.2.5. Nagyszilárdságú beton	46
3.2.6. Csúszózsarus beton	47
3.2.7. Vízáró beton	48
3.2.8. Látszóbeton	50

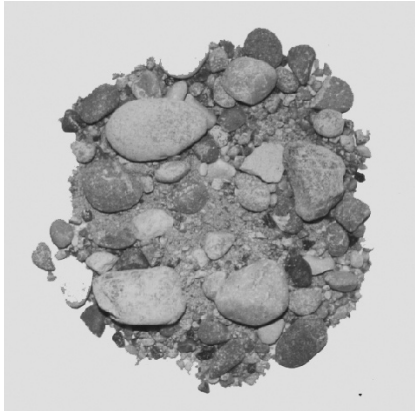
3.2.9. Tömegbeton	52
3.2.10. Szálerősítésű beton	54
3.2.11. Nehézbeton	55
3.2.12. Víz alatti beton	56
3.2.13. Könnyűbeton	57
3.2.14. Hengerelt beton	59
3.2.15. Színezett beton	60
3.2.16. Földnedves beton előregyártott betontermékekhez	61
3.2.17. Hő-, illetve tűzálló beton	69
3.2.18. Alagút tübbing beton	70
3.2.19. Monolit földém- és ipari padlóbeton	71
3.2.20. Kopásálló beton	72

4. Frissbeton	74
4.1. Frissbeton tulajdonságai	74
4.1.1. Bedolgozhatóság	74
4.1.2. Késleltetés, meleg időben történő betonozás	75
4.1.3. Kötés-, illetve szilárdulásgyorsítás, hideg időben történő betonozás	79
4.1.4. Konzisztencia	81
4.1.5. Vértés	82
4.1.6. Felületképzés	82
4.1.7. Frissbeton testsűrűsége	83
4.1.8. Levegőtartalom	83
4.1.9. Szivattyúzhatóság	84
4.1.10. Összetartó képesség	84
4.1.11. Frissbeton hőmérséklete	84
4.1.12. Víz/cement tényező	85
4.2. Frissbeton vizsgálatok	85
4.2.1. Bedolgozhatóság	85
4.2.2. Mintavétel	86
4.2.3. Konzisztencia vizsgálata roskadási mértékkel	86
4.2.4. Konzisztencia vizsgálata tömörítési mértékkel	87
4.2.5. Konzisztencia vizsgálata területi mértékkel	88
4.2.6. Frissbeton testsűrűségének meghatározása	90
4.2.7. Légtartalom meghatározása	90
4.2.8. További frissbeton konzisztencia vizsgálati módszerek	91

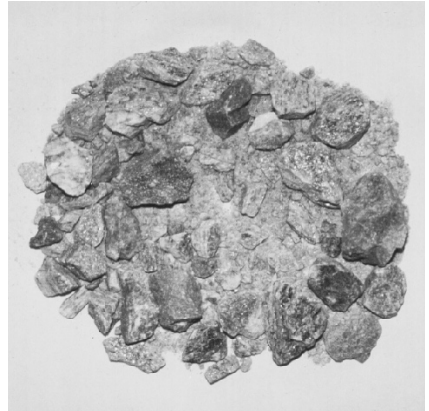
5. Megszilárdult beton	93
5.1. Megszilárdult beton tulajdonságai	93
5.1.1. Nyomószilárdság	93
5.1.2. Nagy kezdőszilárdság	95
5.1.3. Vízáróság	97
5.1.4. Fagy- és fagyolvasztósó-állóság	100
5.1.5. Felületképzés	101
5.1.6. Zsugorodás	102
5.1.7. Szulfátállóság	103
5.1.8. Kémiai ellenállóképesség	103
5.1.9. Kopásállóság	104
5.1.10. Hajlítószilárdság	105
5.1.11. Hidratációs hő fejlődése	105
5.1.12. Alkáli-adalékanyag reakció	106
5.2. Megszilárdult beton vizsgálata	107
5.2.1. Próbatetekre és próbatest sablonokra vonatkozó előírások	107
5.2.2. Próbatetek készítése és utókezelése*	108
5.2.3. Próbatetek nyomószilárdsága	110
5.2.4. Vizsgáló berendezések előírásai	111
5.2.5. Próbatetek hajlítószilárdsága	111
5.2.6. Próbatetek hasító-húzó szilárdsága	113
5.2.7. Megszilárdult beton testsűrűsége	113
5.2.8. Vízbehatolási mélység nyomás hatására	114
5.2.9. Fagy- és fagyolvasztósó-állóság	115
6. Lőttbeton	116
6.1. Meghatározás	116
6.2. Minőségi lőttbeton követelményei	117
6.3. Kezdőszilárdság fejlődése	117
6.4. Lövési eljárások	119
6.5. Vizsgálati, mérési módszerek	125
6.6. Sika nedves lövési eljárás	127
6.7. Acélhaj erősítésű lőttbeton	128
6.8. Szulfátálló lőttbeton	129
6.9. Fokozott hő-, illetve tűzálló lőttbeton	129

7. Formaleválasztás	130
7.1. Formaleválasztók összetétele	130
7.2. Formaleválasztók követelményei	131
7.3. Zsaluzatok típusai	132
7.3.1. Formaleválasztók nedvszívó zsaluzatokhoz	132
7.3.2. Formaleválasztók nem nedvszívó zsaluzatokhoz	133
7.4. Használati utasítás	133
7.4.1. Formaleválasztó szerek alkalmazása	134
7.4.2. A betonozás előtti várakozási idő	135
7.4.3. Betonozási munkák	136
8. Utókezelés	137
8.1. Általános tudnivalók	137
8.2. Utókezelési módszerek	139
8.3. Utókezelési intézkedések	141
8.4. Utókezelési időtartam	142
Betonadalékszerek és a környezet	144
EFCA tagság	145
Tárgymutató	146

1. Alapanyagok



1. fotó: Gömgölyű szemű adalékanyag



2. fotó: Zúzott adalékanyag

1.1. Fogalmak

A beton készítéséhez tulajdonképpen elegendő a három fő alkotórész:

- Kötőanyag (cement)
- Adalékanyag
- Víz

A beton minőségével szemben támasztott folyamatosan növekvő igények (főként a tartósság) és az adalékszerek, valamint a betontechnológia terén elért óriási fejlődések következtében ma már számtalan különféle beton előállítása lehetséges.

■ Közönséges vagy normál beton	A beton legnagyobb szemnagysága $> 8 \text{ mm}$ Testsűrűsége (kiszáritott állapotban) $> 2000 \text{ kg/m}^3$, maximum 2600 kg/m^3
■ Nehézbeton	Testsűrűsége (kiszáritott állapotban) $> 2600 \text{ kg/m}^3$
■ Könnyűbeton	Testsűrűsége (kiszáritott állapotban) $> 800 \text{ kg/m}^3$, maximum 2000 kg/m^3
■ Frissbeton	Megkevert, még bedolgozható és tömöríthető beton
■ Megszilárdult beton	Szilárd állapotú, mérhető szilárdságú beton
■ "Zöld" beton	Frissen bedolgozott beton, a cement kötése már megkezdődött, de még nincs mérhető szilárdsága (előregyártó ipari fogalom)

2. táblázat: Legfontosabb betonfajták

További betonfajták a lőttbeton, a szivattyúzható beton, a konténeres bedolgozású beton stb. Ezeket a betonfajtákat a zsaluzatba való bejuttatás, a bedolgozás és/vagy az építéshelyre való kiszállítás határozza meg (lásd a következő fejezeteket).

1.2. Kötőanyagok

A **cement** a beton előállításához használt hidraulikus kötőanyag (hidraulikus = vízzel keveredve szilárdul), a cement pép (vízzel kevert cement) a hidratáció (vízfelvétel) által megköt és megszilárdul a levegőn vagy víz alatt.

A legfőbb alapanyagok, pl. a *Portlandcementhez* a mészkő, márga és agyag, amelyeket a meghatározott arányban kevernek. Ez egy nyers keverék, amelyet kb. 1 450 °C-on kiégetve *klinker* keletkezik, amelyet később a jól ismert finomságú cementté őrlnek.

Cement szabványok

Európában, így Magyarországon is a cementekre az MSZ EN 197-1 szabvány vonatkozik (összetétel, követelmények és megfelelőségi feltételek). A szabvány az általános felhasználású cementeket a 3. táblázat szerinti 5 fő fajtába sorolja.

CEM I	Portlandcement
CEM II	Összetett portlandcementek (legfőképpen portlandcementből állnak)
CEM III	Kohósalakcement
CEM IV	Puccoláncement
CEM V	Kompozitcement

3. táblázat: Fő cementfajták

A portlandcementklinkert (K) mellett a 3. táblázat szerinti különböző cementfajták tartalmazhatnak egyéb összetevőket is (lásd a 4. táblázatot).

A legfontosabb alkotórészek

Granulált kohósalak	(S)
Szilikapor	(D)
Természetes és ipari (kalcinált) puccolán	(P vagy Q)
Savas és bázikus jellegű pernye	(V vagy W)
Égetett pala (pl. olajpala)	(T)
Mészkő	(L vagy LL)

4. táblázat: A cementek legfontosabb alkotórészei

Mellékalkotórészek

Ezek általában különlegesen válogatott, szervesetlen, természetes ásványi anyagok, amelyek vagy a klinkergyártásból származnak, vagy előírt alkotórészek – kivéve, ha már főalkotórészként a cementben vannak (Lásd az 5. táblázatot).

5. táblázat: Cementfajták és összetételük az MSZ EN 197-1 szabvány szerint

Fő cementfajták			Mennyiségek tömegszázalékban ¹										
			Főalkotórészek										Melléalkotórészek
			Klinker	Granulált kohósalak	Szilikapor	Puccolán		Pernye		Égetett pala	Mészkeő		
						természletes	kalcinált	savanyú	bázikus				
Megnevezés	Jelölés	K	S	D ²	P	Q	V	W	T	L ⁴	LL ⁵		
CEM I	Portlandcement	CEM I	95–100	–	–	–	–	–	–	–	–	0–5	
CEM II	Kohósalak-portlandcement	CEM II/A-S	80–94	6–20	–	–	–	–	–	–	–	0–5	
		CEM II/B-S	65–79	21–35	–	–	–	–	–	–	–	0–5	
	Szilikapor-portlandcement	CEM II/A-D	90–94	–	6–10	–	–	–	–	–	–	0–5	
	Puccolán-portlandcement	CEM II/A-P	80–94	–	–	6–20	–	–	–	–	–	0–5	
		CEM II/B-P	65–79	–	–	21–35	–	–	–	–	–	0–5	
		CEM II/A-Q	80–94	–	–	–	6–20	–	–	–	–	0–5	
		CEM II/B-Q	65–79	–	–	–	21–35	–	–	–	–	0–5	
	Pernye-portlandcement	CEM II/A-V	80–94	–	–	–	–	6–20	–	–	–	0–5	
		CEM II/B-V	65–79	–	–	–	–	21–35	–	–	–	0–5	
		CEM II/A-W	80–94	–	–	–	–	–	6–20	–	–	0–5	
		CEM II/B-W	65–79	–	–	–	–	–	21–35	–	–	0–5	
	Égetettpala-portlandcement	CEM II/A-T	80–94	–	–	–	–	–	–	6–20	–	0–5	
		CEM II/B-T	65–79	–	–	–	–	–	–	21–35	–	0–5	
	Mészkeő-portlandcement	CEM II/A-L	80–94	–	–	–	–	–	–	–	6–20	0–5	
		CEM II/B-L	65–79	–	–	–	–	–	–	–	21–35	0–5	
		CEM II/A-LL	80–94	–	–	–	–	–	–	–	–	6–20	0–5
		CEM II/B-LL	65–79	–	–	–	–	–	–	–	–	21–35	0–5
	Kompozit-portlandcement ³	CEM II/A-M	80–94	6–20									0–5
		CEM II/B-M	65–79	21–35									0–5
CEM III	Kohósalak-cement	CEM III/A	35–64	36–65	–	–	–	–	–	–	–	0–5	
		CEM III/B	20–34	66–80	–	–	–	–	–	–	–	0–5	
		CEM III/C	5–19	81–95	–	–	–	–	–	–	–	0–5	
CEM IV	Puccoláncement ³	CEM IV/A	65–89	–	11–35					–	–	0–5	
		CEM IV/B	45–64	–	36–55					–	–	0–5	
CEM V	Kompozit-cement ³	CEM V/A	40–64	18–30	–	18–30			–	–	–	0–5	
		CEM V/B	20–39	31–50	–	31–50			–	–	–	0–5	

¹ A táblázat értékei a fő- és mellékalkotórészek összegét tartalmazzák.

² A szilikapor aránya legfeljebb 10 tmege% legyen.

³ Az összetett portlandcement CEM II/A-M-ben és CEM II/B-M-ben, a puccoláncement CEM IV/A-ban és CEM IV/B-ben, valamint a kompozitcement CEM V/A-ban és CEM V/B-ben meg kell adni a megnevezésben a klinker mellett található fő- és mellékalkotórészek eredetét és fajtáját.

⁴ A teljes szervesszén-tartalom (TOC) nem haladhatja meg a 0,2 tömege%-ot.

⁵ A teljes szervesszén-tartalom (TOC) nem haladhatja meg a 0,5 tömege%-ot.

Szilárdságok

A cementeket a 28 napos szabványos habarcs nyomószilárdság szerint 3 szilárdsági osztályba soroljuk. A 32,5 / 42,5 / 52,5 N/mm² értékek a szabványos nyomószilárdságot jelentik. Mindhárom osztályon belül a kezdőszilárdság alapján két további osztályt különböztetünk meg egy normált, jele „N” és egy nagy kezdőszilárdsági osztályt, melynek jele „R”.

Az egyes alkotórészekre vonatkozó részletes információk megtalálhatók az MSZ EN 197-1 szabványban:

- 5. fejezet: Alkotórészek
- 5.1. Általános előírások
- 5.2. Főalkotórészek
- 5.3. Mellékalkotórészek

1.3. Beton adalékanyagok

A kavcsok, a kőzúzalékok és a homokok alkotják azt a szemcseszerkezetet, amelyek között a megmaradó teret a kötőanyag pépnek lehetőség szerint teljesen ki kell töltenie. Ezek az adalékanyagok teszik ki megközelítőleg a beton tömeg szerinti 80%-át, ill. térfogat szerinti 70-75%-át. Az adalékanyagok optimális mérete és minősége javítja a beton minőségét.

Az adalékanyagok lehetnek természetesek, mesterségesek vagy korábbi szerkezetekből újra hasznosított anyagok. A jó minőségű beton érdekében ezeket az anyagokat ipari eszközökkel mechanikai folyamatokban feldolgozzák (pl. összekeverik, zúzzák, szitálják, mossák, tisztítják, osztályozzák stb.).

Beton adalékanyagnak mindazok az anyagok alkalmasak, amelyek szilárdsága a tervezett betonminőséghez elegendő, nem befolyásolják károsan a cement szilárdulását, megfelelően erősen tapadnak a cementkőhöz és nem veszélyeztetik a beton ellenállóképességét.

6. táblázat: Közönséges és különleges adalékanyagok

Közönséges adalékanyagok	Szemtestsűrűség ¹ 2000-3000 kg/m ³	Természetes előfordulásokból származók, pl. homokos kavics. Gömbölyű szemű (eredeti) vagy tört anyagok, pl. zúzottkő.
Nehéz adalékanyagok	Szemtestsűrűség ¹ ≥ 3000 kg/m ³	Mint pl. barit, vasérc, acél granulátum. Nehéz beton előállításához, pl. sugárvédő beton.
Könnyű adalékanyagok	Szemtestsűrűség ¹ ≤ 2000 kg/m ³	Mint pl. duzzasztott agyagkavics, tufa, polisztirolgyöngy. Könnyűbeton, hőszigetelő könnyűbeton előállításához.
Kemény adalékanyagok	Szemtestsűrűség ¹ ≥ 2000 kg/m ³	Mint pl. kvarc, korund. Kopásálló beton készítésére.
Újrahasznosított adalékanyagok	Szemtestsűrűség ¹ kb. 2400 kg/m ³	Bontott, tört betonból stb.
¹ Kiszáritott állapotban, az MSZ EN 1097-6 szerint		

Szabványos adalékanyagok

Európában, így Magyarországon is a közönséges és nehéz adalékanyagokat az MSZ EN 12620, a könnyű adalékanyagokat pedig az MSZ EN 13055-1 szabvány tárgyalja. E szabványok igen átfogó jellegűek, ezért az alábbi fogalmakon túl több részlet ismertetése meghaladná jelen kézikönyv terjedelmét. A szabvánnyal kapcsolatos további tudnivalókat a 2. fejezetben adjuk meg.

Fontosabb fogalmak a szabványból (kiegészítő magyarázatokkal):

■ **Természetes adalékanyag**

Ásványi előfordulásokból származik, csak mechanikai előkészítéssel és/vagy mosáson megy keresztül.

■ **Adalékanyag keverék**

Durva és finom szemek (homok) keverékéből összeállított adalékanyag. Az adalékanyag keveréket elő lehet állítani a durva és finom szemek szétválasztása nélkül (osztályozatlan adalékanyag) vagy a durva és finom (homok) frakciók összekeverésével (osztályozott adalékanyag).

■ **Újrahasznosított adalékanyag**

Olyan adalékanyag, amely korábban szervesetlen építőanyagként (pl. betonként) szolgált, majd mechanikailag feldolgozták.

■ **Töltőanyag (kőliszt)**

Olyan adalékanyag, amelynek döntő része áthullott a 0,063 mm nyílású szitán és amelytől különleges tulajdonságok elérését várják.

■ **Szemnagyság**

Az adalékanyag frakció méret szerinti megnevezése, amelyet a szita kisebb (d) és nagyobb (D) mérete szerint, d/D-vel jelölnek.

■ **Finom adalékanyag (homok)**

A kisebb méretű frakciók megnevezése, ahol D nem nagyobb 4 mm-nél. A finom adalékanyagokat a kő vagy kavics természetes töredezéséből, és/vagy a kő vagy kavics zúzásával vagy az ipari gyártásból származó ásványok feldolgozásával lehet előállítani.

■ **Durva homok**

A nagyobb méretű homok frakciók megnevezése, ahol D kisebb, vagy egyenlő 4 mm, d nagyobb, vagy egyenlő 2 mm.

■ **Természetes állapotú adalékanyag 0/8 mm**

Természetes (pl. folyami) előfordulásból származó adalékanyagok megnevezése, melyeknél D nem nagyobb, mint 8 mm (osztályozott adalékanyag frakciók összekeverésével is elő lehet állítani).

■ **Finomrész**

Az adalékanyag MSZ EN 12620 szabvány szerinti azon része, amely áthullott a 0,063 mm nyílású szitán (más előírások a 0,125, illetve 0,25 mm nyílású szitát veszik alapul).

■ **Szemmegoszlás**

Az adalékanyag egyes – szita méret szerinti – szemnagyságainak az egész adalékanyag-mennyiség tömegére vonatkoztatott %-os megoszlása.

Áthullott frakciók, szemmegoszlási görbék

A szemnagyságokat annak a vizsgáló szitának a lyuk-átmérőjében fejezik ki, amin az adott szem éppen áthullott.

Az MSZ EN 933-2 szerint csak négyszögletes lyukú szitát szabad használni.

7. táblázat: Az előírt szita típusai

Lyuk méret ≥ 4 mm	Fém drótháló
Lyuk méret < 4 mm	Perforált fém lemez

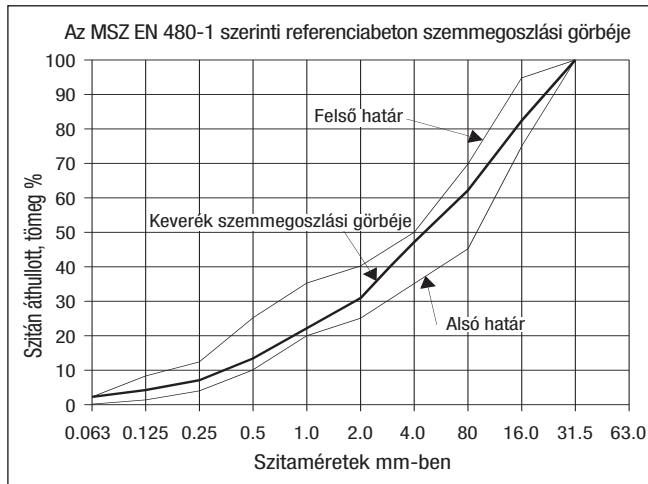
Az egyes sziták lyukméreteit (szita méreteket) az ISO 3310-1 és -2 szabályozza. Példaként választhatjuk az R20 fő-sorozat egyik szabványos szakaszát. Az előírt szita-méretek a következők (lyukméret milliméterben):

Adalékanyag keverék 0-32 mm:

0,063 / 0,125 / 0,25 / 0,50 / 1,0 / 2,0 / 4,0 / 8,0 / 16,0 / 31,5

A szemmegoszlási görbe nem más, mint az áthullott szemek mennyiségét összegző görbe.

Az alábbi példa az MSZ EN 934-2 adalékszer szabványon keresztül mutatja be az MSZ EN 480-1 vizsgálati szabványban, a referenciabetonra előírt szemmegoszlási határgörbéket. Ezek között a határgörbék között helyezkedik el a keverék tényleges szemmegoszlási görbéje.



1. ábra: Példa szemmegoszlási görbére

A fentiekben bemutatott homokos kavics szemmegoszlási görbéje frakciónként a 8. táblázat szerinti anyagmennyiségeket tartalmazza.

Összetevő	Szemnagyság mm-ben	%-os részarány a keverékben
Mészkelet	0 – 0,25	2,5
Gömbölyű szemű homok	0 – 1	18,0
Gömbölyű szemű homok	1 – 4	27,5
Gömbölyű szemű kavics	4 – 8	12,0
Gömbölyű szemű kavics	8 – 16	20,0
Gömbölyű szemű kavics	16 – 32	20,0

8. táblázat: Szemmegoszlási görbe anyagmennyiségei

A homok és a kavics ebben az esetben mosott anyag volt, ezért a bedolgozatosság javítására töltőanyagot adtak hozzá.

Gyakorlati tudnivalók

■ Optimális szemalak, zúzott/kerek

A kocka-, illetve gömbformához közelálló zömök szemek alkalmasabbnak bizonyultak, mint a hosszúkás alakúak, amelyek negatív hatást gyakorolhatnak a konzisztenciára. A zúzott adalékanyagnak nagyobb fajlagos felülete miatt – azonos konzisztencia esetén – egy kissé magasabb a vízigénye, azonban az adalékszemek jobb első összekapcsolódása miatt a beton nagyobb nyomó- és különösen nagyobb húzószilárdságot mutat.

■ Túlnyomóan zúzott adalékanyagok

A kőből, nagyobb darabokból, zúzással nyert anyagok, csak tört felületeket tartalmaznak, míg a zúzott, gömbölyű szemű anyagoknál természetes, lekerekített felületek is előfordulnak.

A zútottkő anyagot ma külföldön főként az alagútépítésben használják. Mottó: „A fejtés helye = A beépítés helye”.

■ Bányahomok

A szemek alakja – a közettől függően – szögletes és ugyanakkor hosszúkás vagy lemezes. A jó bedolgozhatóságra ez káros hatással van és a bányahomok vízigénye is általában magasabb.

■ Káros szennyezőanyagok

A termőföldet, humuszt, márgát, gipszet, szulfátokat, kloridokat és alkáliákat tartalmazó adalékanyagok mind potenciálisan károsak és a várható következményeket tisztázni kell.

Az adalékanyagok fizikai előírásai

Az MSZ EN 12620 szabvány a durva adalékanyagokat a következő kategóriákba osztja:

- Hasadásálló
- Kopásálló
- Ellenálló csiszoló és dörzsölő hatással szemben
- Szemtestsűrűség és vízfelvétel
- Halmazsűrűség
- Tartósság

Tartósság

Ez főként a durva adalékanyagok fagyállóságára, fagy- és olvasztósó állóságára vonatkozik, amelynek megfelelőnek kell lennie a meghatározott célra, és szükség esetén ellenőrizni kell.

Alternatív adalékanyagok (újrahasznosított anyagok)

A nagyterjedésű kavics és homok lerakódások egyidejűleg értékes, nem-megújuló talajvízhordozók. Egyre nehezebbé válik a kavicsok beszerzése az ilyen természetes területekről.

A lehetséges helyettesítők a következők:

- Régi betonok zúzása és feldolgozása, beton granulátum készítése
- Beton mosóvíz berendezésekből a finom részek újrafelhasználása

Az újrahasznosított anyagok alkalmasságát minden esetben meg kell vizsgálni.

1.4. Betonadalékszerek

A beton adalékszerek olyan folyadékok vagy porok, amelyeket a keverés folyamán kis mennyiségben adnak a betonhoz, általában a cement tartalomhoz viszonyítva. Ezek fizikai és/vagy kémiai úton befolyásolják a friss- és/vagy a megszilárdult beton tulajdonságait.

Az MSZ 4798-1 (EN 206-1) Magyarországon alkalmazandó, európai betonszabvány szerint az MSZ EN 934-2 szabvány határozza meg a betonadalékszereket, és ugyanez írja le azok követelményeit is. A szabvány 3.2. Sajátos fogalom meghatározások c. fejezete a következőket tartalmazza (kissé rövidítve):

Adalékszerek – meghatározások és hatások

■ *Képlékenyítő*

Lehetővé teszi egy adott betonkeverék víztartalmának csökkentését a konzisztencia befolyásolása nélkül, vagy a víztartalom változtatása nélkül javítja a bedolgozhatóságot, vagy mindkét hatást egyidejűleg kifejti.

■ *Folyósító*

Lehetővé teszi egy adott betonkeverék víztartalmának jelentős csökkentését a konzisztencia befolyásolása nélkül, vagy a víztartalom változtatása nélkül jelentősen javítja a bedolgozhatóságot, vagy mindkét hatást egyidejűleg kifejti.

■ *Stabilizáló*

A keverővíz veszteségét a frissbetonban a vízkiválás (vérzés) csökkentésével mérsékeli.

■ *Légbuborékképző*

Kisméretű, egyenletes eloszlású és meghatározott mennyiségű légbuborékot hoz létre keverés közben, és ezek a buborékok a beton szilárdulása után is megmaradnak.

■ *Kötésgyorsító*

A keverék képlékenyből szilárd állapotba való átmenetének kezdetét időben előre hozza.

■ *Szilárdulásgyorsító*

A beton korai szilárdulásának ütemét gyorsítja a kötési idő változtatásával vagy anélkül.

■ *Kötéskésleltető*

A keverék képlékenyből szilárd állapotba való átmenetének kezdetét időben későbbre tolja és tartósítja a konzisztenciát.

■ *Tömítő*

Csökkenti a megszilárdult beton kapilláris-vízfelszívását.

■ *Kötéskésleltető/Képlékenyítő*

A képlékenyítő (főhatás) és a kötéskésleltető (mellékhatás) kombinált hatását hozza létre.

■ *Kötéskésleltető/Folyósító*

A folyósító (főhatás) és a kötéskésleltető (mellékhatás) kombinált hatását hozza létre.

■ *Kötésgyorsító/Képlékenyítő*

A képlékenyítő (főhatás) és a kötésgyorsító (mellékhatás) kombinált hatását hozza létre.

Az egyéb termékcsoportokat, mint pl. a zsugorodáscsökkentőket és korróziós inhibitorokat az MSZ EN 934-2 szabvány (még) nem tartalmazza.

9. táblázat: Az adalékszerek adagolása az MSZ EN 4798-1 (EN 206-1) szerint

Megengedett adagolás $\leq 5\%$ a cement tömegéhez viszonyítva.

Ennél nagyobb adagolás hatását a beton viselkedésére és tartósságára ellenőrizni kell.

Kis mennyiségű adagolás $< 0,2\%$ a cement tömegéhez viszonyítva.

Ez csak akkor megengedhető, ha az adalékstert a keverővíz egy részében szétoszlatják.

Adalékszer víztartalmának beszámítása a víz/cement tényezőbe.

Ha a folyékony adalékszer teljes mennyisége $> 3 \text{ l/m}^3$ a betonban, akkor annak víztartalmát bele kell számítani a víz/cement tényező meghatározásába.

Többféle adalékszer egyidejű használata.

Ha egyidejűleg egynél több adalékstert alkalmaznak, akkor azok összeférhetőségét előzetes vizsgálattal ellenőrizni kell.

A fentiekben felsorolt adalékszerek hatásait és használatuk módját részletesen a következő fejezetekben tárgyaljuk.

1.5. Beton kiegészítő anyagok

A beton kiegészítő anyagok olyan finom szemű anyagok, melyeket általában jelentős arányban adnak a betonhoz (körülbelül 5 – 20 tömeg%-ban). A friss- és/vagy a megszilárdult beton tulajdonságainak javítására, különleges feltételeknek való megfeleltetésre használják ezeket. Az MSZ 4798-1 (EN 206-1) szabvány a szervesetlen beton kiegészítő anyagok két fajtájával foglalkozik:

I. típus

Közel inert (kémiai reakcióba nem lépő) kiegészítő anyagok, mint pl. a töltőanyagok (mészkőliszt, kvarcliszt) és színező pigmentek.

■ *Pigmentek*

A beton színezésére pigmentált fénoxidokat (főként vasoxidokat) használnak. Általában a cement tömegére vetített 0,5-5%-os mértékben adagolják; ezeknek szintartóknak és stabilaknak kell maradni a lúgos cement környezetben. Bizonyos pigment-típusoknál a keverék vízigénye megnőhet.

■ *Töltőanyagok (mészkőliszt, kvarcliszt)*

A finomrészben szegény keverékeket javítani lehet a kőlisztek adagolásával. Ezeket az inert anyagokat használják a szemmegoszlási görbe javítására. A keverék vízigénye nagyobb lesz, különösen mészkőliszt esetén.

10. táblázat: A kőlisztek műszaki adatai (DIN 4226-1 szerint)

Parameter	Kőlisztek		
	Kvarcliszt	Mész-kőliszt	Mértékegység
Sűrűség ¹	2650	2600–2700	kg/m ³
Fajlagos felület	≥ 1000	≥ 3500	cm ² /kg
Halmazsűrűség (ömlesztett) ¹	1300–1500	1000–1300	kg/m ³
Izzítási veszteség	0.2	~40	%

¹ Jelenlegi tapasztalati értékek

² Ezt a tényezőt a silók stb. feltöltési kapacitásához kell figyelembe venni.

II. típus

Puccolános (pl. trasz) vagy látens hidraulikus (pl. pernye, szilikapor, kőhósalak) kiegészítő anyagok.

A pernye a széntüzelésű erőművekből származó finom, visszamaradó égéstermék, amelyet mind a cementhez, mind a betonhoz felhasználnak kiegészítő anyagnaként. A pernye összetétele főként a szén típusától és származási helyétől, valamint az égetési feltételektől függ.

A szilikapor főként az amorf szilícium dioxid gömb alakú részecskéiből áll, amely a szilícium és szilícium ötvözetek gyártásából származik. Fajlagos felülete 18-25 m²/gramm és erősen reakcióképes puccolán. A szilikapor szokásos adagolása legfeljebb 5% - 10% a cement tömegére vonatkoztatva.

11. táblázat: Cementek és puccolánok összehasonlítása

Tulajdonság	Termék				
	Cementek		Ipari puccolánok		
	CEM I 42.5*	CEM II A-LL 32.5 R*	Pernyék	Szilikapor	Mértékegység
Sűrűség ¹	~ 3100	~ 3000	2200–2600	~ 2200	kg/m ³
Fajlagos felület	~ 3000	~ 4000	3000–5500	180 000–250 000	cm ² /kg
Halmazsűrűség (ömlesztett) ¹	~ 1200	~ 1100	1000–1100	300–600	kg/m ³
Izzítási veszteség	2.4	2.4	≤ 5	≤ 3	%
SiO ₂ tartalom			40–55	up to 98	%

¹ Jelenlegi tapasztalati értékek a puccolánokra vonatkozóan

² Ezt a tényezőt a silók stb. feltöltési kapacitásához kell figyelembe venni.

³ Véletlenszerűen kiválasztott, szokásos cementek adatai az MSZ EN 197-1

1.6. Beton finomrésztartalma

A beton finomrésztartalma a következőkből áll:

- a cementből,
- az adalékanyag MSZ EN 12620 szabvány szerinti azon részéből, amely áthullott a 0,063 mm nyílású szitán (más előírások a 0,125, illetve 0,25 mm nyílású szitát veszik alapul),
- egyéb beton kiegészítő anyagokból.

A beton finomrésztartalma úgy viselkedik, mint egy kenőanyag a frissbetonban, amellyel javítható a bedolgozhatóság és a vízmegtartó képesség. A keverék szétosztályozódásának veszélye a beépítés folyamán csökken, és a tömörítés könnyebbé válik. A túlságosan nagy finomrésztartalom viszont ragadós betont eredményez. Előfordulhat a nagyobb zsugorodási és kúszási hajlam is (nagyobb víztartalom). A Sika ajánlása szerint a 12. táblázat szerinti finomrésztartalmak váltak be a gyakorlatban.

	Gömbölyű szemű adalékanyag	Zúzott adalékanyag
$D_{\max} = 32$ mm legnagyobb szem- nagyságú betonokhoz	Finomrésztartalom 350 – 400 kg/m ³ között	Finomrésztartalom 375 – 425 kg/m ³ között
$D_{\max} = 16$ mm legnagyobb szem- nagyságú betonokhoz	Finomrésztartalom 400 – 450 kg/m ³ között	Finomrésztartalom 425 – 475 kg/m ³ között

12. táblázat: A Sika ajánlása szerinti finomrésztartalmak

Az ennél nagyobb finomrésztartalmak általában az öntömörödő betonoknál (SCC) fordulnak elő.

1.7. Keverővíz

A víz betongyártásra való alkalmassága annak származási helyétől függ. Az MSZ EN 1008 a víz következő típusait sorolja fel:

■ *Ivóvíz*

Alkalmas a betongyártáshoz. Vizsgálni nem szükséges.

■ *Betongyártásból származó újrahasznosított víz (azaz mosóvíz)*

Általában megfelel a betongyártáshoz, de a szabvány „A” mellékletének meg kell felelnie (vagyis mosóvízben lévő szilárd anyagok mennyisége kevesebb kell legyen, mint a betonkeverékben használt szilárd anyagok tömegének 1%-a).

■ *Talajvíz*

Alkalmas lehet a betongyártásra, de ellenőrizni kell.

■ *Természetes felszíni vizek és ipari folyamatok vizei.*

Alkalmas lehet a betongyártásra, de ellenőrizni kell.

■ *Tengervíz vagy félig sós víz*

Lehet, hogy használható vasalatlan beton esetén, de nem alkalmas vasbeton vagy feszített beton gyártáshoz. A beton legnagyobb megengedett kloridtartalmát minden esetben ellenőrizni kell, különösen acélbetéteket vagy más beágyazott fémeket tartalmazó betonok esetén.

■ *Szennyvíz*

Nem alkalmas a betongyártáshoz.

A keverék víz a betongyártásból származó újrahasznosított víz és az egyéb forrásokból nyert víz keveréke. A keverék vízre vonatkozóan is az előírásokat kell alkalmazni.

Előzetes vizsgálatok (MSZ EN 1008, 1. táblázat)

A vizet először is elemezni kell olaj- és zsírnymok, habzás (mosószerék!), lebegő anyagok, szagok (pl. ne legyen hidrogén szulfid szaga hidrogén klorid (sósav) hozzáadása után), savtartalom ($\text{pH} \geq 4$) és humuszos anyagok szempontjából.

Azokat a vizeket, amelyek nem felelnek meg az MSZ EN 1008 szabvány 1. táblázatában szereplő egy vagy több követelményének, csak akkor lehet használni, ha megfelelnek a következőkben ismertetett kémiai előírásoknak és a használatuk nem gyakorol negatív hatást a kötési időre és a szilárdság kialakulására (a vizsgálati módszereket lásd az MSZ EN 1008 szabványban).

Kémiai előírások

■ Kloridok

A víz klorid tartalmának nem szabad meghaladnia a 13. táblázatban megadott értékeket.

Végfelhasználás	A legnagyobb klorid tartalom mg/l-ben
Előfeszített beton vagy kiöntő habarcs	500
Beton vasalással vagy beépített fém alkatrészekkel	1000
Beton vasalás vagy beépített fém alkatrészek nélkül	4500

13. táblázat: Keverővíz klorid tartalmának határértékei

■ Kén

A víz kén tartalmának nem szabad meghaladni a 2 000 mg/l értéket.

■ Alkáliák

Amennyiben a betonban alkáli-érzékeny adalékanyagokat használnak, a víz alkália tartalmát vizsgálni kell. Az alkália tartalomnak (Na_2O egyenérték) nem szabad meghaladni az 1 500 mg/l értéket. Amennyiben ezt a szintet túllépi, a vizet csak akkor lehet használni, ha bizonyítható, hogy intézkedéseket tettek a káros alkáli-kovász és alkáli-karbonát reakciók megelőzésére.

■ Káros szennyezőanyagok

A cukrokat, foszfátokat, nitrátokat, ólmot és cinket vizsgáló minőségellenőrzéseket előzetesen végre kell hajtani. Amennyiben az eredmények pozitívak, akkor vagy az érintett anyag tartalmát kell meghatározni vagy kötési idő és nyomószilárdság vizsgálatokat kell végezni.

Anyag	Legnagyobb tartalom mg/l-ben
Cukrok 100	
Foszfátok P_2O_5 -ben kifejezve	100
Nitrátok NO_3^- -an kifejezve	500
Ólom Pb^{2+} -ban kifejezve	100
Cink Zn^{2+} -ban kifejezve	100

14. táblázat: Kémiai elemzések határértékei

■ Kötési idő és szilárdság

A kötési idő kezdete a vízzel készített mintákon nem lehet kisebb, mint 1 óra és 25%-nál nagyobb mértékben nem térhet el azon minták kezdeti kötésidejétől, amelyeket desztillált vagy deionizált vízzel készítettek. A kötés vége nem lehet több, mint 12 óra és 25%-nál nagyobb mértékben nem térhet el azon minták kötésének végétől, amelyeket desztillált vagy deionizált vízzel készítettek.

A vízzel készített minták átlagos nyomószilárdsága 7 nap után érje el a nekik megfelelő, desztillált vagy deionizált vízzel készített, minták nyomószilárdságának legalább 90 %-át.

1.8. Anyagtérfogat számítás

Az anyagtérfogat számítás célja, hogy számítással határozza meg a beton térfogatát a nyersanyagok térfogatából. Az anyag térfogata az egyes beton-összetevők térfogatát jelenti. A számítás feltételezi, hogy az 1 m³ frissbeton előállításához tervezett cement, víz, adalékanyag, adalékszer, kiegészítő anyag mennyiségei összekeverve, majd hozzáadva a tömörítés után megmaradó levegőzárványokat, éppen kiadják az 1 m³ betontérfogatot.

15. táblázat: Számított térfogatok és tömegek 1 m³ betonhoz

A tervezett betonhoz felhasznált nyersanyagok	Adagolás %-ban	Kg-szükséglet 1 m³ -hez (keverék-tervezés szerint)	Sűrűség kg/l		Eredmény literben 1 m³-hez
Cement Fajta:		kg	3.15 (ellenőrzendő)	→	
További kötőanyag Fajta:		kg		→	
Kiegészítő szilikapor (további kötőanyag)		kg	2.2 (ellenőrzendő)	→	
1. adalékszer Fajta:		kg			
2. adalékszer Fajta:		kg			
Várt vagy tervezett levegő 1 % = 10 l 1 m³-en		%	—	→	
Keverővíz v/c = (beleértve az adalékanyagok víztartalmát)		kg	1.0	→	
Teljes térfogat literben adalékanyagok és homok nélkül					↓
Adalékanyagok és homok (száraz állapotban)		kg ↓	2.65 (ellenőrzendő)	←	(= Δ 1000 l-hez)
Az összes beton		kg (1 m³-hez)	→ kg/l (a friss beton sűrűsége)	←	1000 l (= 1 m³)

→ = a számítás iránya

Megjegyzés: Amennyiben az adalékszerek teljes mennyisége a betonban meghaladja a 3 l/m³-t, az adalékszer víztartalmát bele kell számítani a víz/cement tényezőbe.

16. táblázat: Példa anyagterfogat számításra

A tervezett betonhoz felhasznált nyersanyagok	Adagolás %-ban	Kg-szükséglet 1 m ³ -hez (keveréktervezés szerint)	Sűrűség kg/l		Eredmény literben 1 m ³ -hez
Cement Fajta: CEM I		kg 325	3.15 (ellenőrzendő)	→	103
További kötőanyag Fajta:		kg		→	
Kiegészítő szilikapor (további kötőanyag)	6	kg 19.5	2.2 (ellenőrzendő)	→	9
3. adalékszer Fajta: ViscoCrete® (cement + szilikaporra számolva)	1.2	kg 4.13			(a víz- tartalomba beleértve)
2. adalékszer Fajta:		kg			
Várt vagy tervezett levegő 1 % = 10 l 1 m ³ -ben		% 3.0	–	→	30
Keverővíz v/c = 0,45 (beleértve az adalékanyagok víztartalmát)		kg 155	1.0	→	155*
Teljes térfogat literben adalékanyagok és homok nélkül					297 ↓
Adalékanyagok és homok (száraz állapotban)		kg 1863 ↓	2.65 (ellenőrzendő)	←	703 (= Δ for 1000 l)
Az összes beton		kg 2362 (1 m ³ -hez)	→ 2.362 kg/l (a frissbeton sűrűsége)	←	1000 l (= 1 m ³)

* Kb. 1 liter vizet kell elméletileg hozzáadni (a közel 25% szárazanyag tartalmú adalékszer helyettesítésére).

2. Európai betonszabvány

Az EN 206-1:2000 Európai Beton Szabványt, mint alapszabványt országonként változó átmeneti időszakokkal és időpontban vezették be Európában. Magyarországon először MSZ EN 206-1:2002 számon jelent meg, majd elkészült hozzá a Nemzeti Alkalmazási Dokumentum (NAD) és azt magyarországi alkalmazásra az alapszabvánnyal egybeszerkesztve, MSZ 4798-1:2004 számon adták ki. A továbbiakban ezért az MSZ 4798-1 hivatkozási számot használjuk.

Ezt a szabványt kell alkalmazni a magas- és mélyépítésben helyszínen készült szerkezetekhez, előre gyártott szerkezetekhez és szerkezeti elemekhez felhasznált betonokra, amelyek elkészíthetők a helyszínen, transzportbetonüzemben és betonelemgyárban.

A szabvány a következő legfontosabb betonfajtákra alkalmazható:

- közönséges (normál) beton,
- nehézbeton,
- könnyűbeton,
- előfeszített beton.

A következő európai szabványok vannak előkészítés alatt:

- löttbeton,
- utakhoz és más közlekedési területekhez alkalmazandó beton (ezek elkészültéig Magyarországon az ÚT jelzetű útügyi műszaki előírások az irányadók).

A szabvány nem alkalmazható a következő betonokra:

- sejtesített beton,
- habbeton,
- nyitott üregeket tartalmazó beton („egyszemcsés” beton),
- habarcsok, melyek maximális szemnagysága ≤ 4 mm,
- 800 kg/m^3 -nél kisebb testsűrűségű betonok,
- hő- és tűzálló beton,
- szálerősítésű beton.

17. táblázat: A betonok gyártó számára történő osztályozása

A betonokat vagy **tervezett betonnak** (a kitéti osztály és előírásainak figyelembevételével) vagy **előírt betonnak** (a beton összetételének megadásával) nevezik.

2.1. Fogalom meghatározások a szabványból

A beton tulajdonságai és az alkalmazók köre

■ Tervezett beton.

Olyan beton, amelynek szükséges tulajdonságait és egyéb kiegészítő jellemzőit a gyártó számára előírják, aki felelős azért, hogy a frissbetont az előírt tulajdonságokkal és az egyéb kiegészítő jellemzőkkel készítse el.

■ *Előírt összetételű beton*

Olyan beton, melynek összetételét és az alkalmazandó alkotóanyagokat a gyártó számára előírják, aki az előírt összetételű beton szolgáltatásáért felelős. Magyarországon receptbetonnak nevezik a legfeljebb C16/20 nyomószilárdsági osztályú, előírt szabványos betont.

■ *Környezeti hatások (→ *kitéti osztályok*)*

Azok a kémiai és fizikai hatások, amelyeknek a beton ki van téve, és olyan igénybevételeket jelentenek a betonra, a vasalásra vagy a beágyazott fémre, amelyeket nem vesznek figyelembe teherként a szerkezet méretezésekor.

■ *Műszaki feltételek*

A gyártó számára a teljesítőképességre vagy az összetételre megadott, dokumentált műszaki követelmények végleges gyűjteménye.

■ *Előírt szabványos beton*

Olyan beton, amelyek szilárdsági jele legfeljebb C16/20, és amelynek összetételét a beton alkalmazási helyén érvényes szabvány adja meg (korábban ezt a betont Magyarországon receptbetonnak hívták).

■ *Előíró*

A friss- és a megszilárdult beton műszaki feltételeit meghatározó személy vagy szervezet.

■ *Gyártó*

A frissbetont készítő személy vagy szervezet.

■ *Felhasználó (kivitelező)*

Az építmény vagy építményrész kivitelezéséhez a frissbetont felhasználó személy vagy szervezet.

A beton vízháztartása

■ *Teljes víztartalom*

A keveréskor adagolt keverővíznek, az adalékanyagban és az adalékanyag szemcséinek felületén lévő víznek, az adalékszerben lévő víznek, a pépalakban használt kiegészítő anyagban lévő víznek és bármilyen jég adagolásából vagy gőzérlelésből keletkező víznek az összege.

■ *Hatékony víztartalom*

A frissbetonban lévő teljes víztartalomnak és az adalékanyagok által (a beton kötése alatt) felszívott víztartalomnak a különbsége.

■ *Víz/cement tényező*

A frissbetonban lévő hatékony víztartalomnak és a cementtartalomnak a tömeg szerinti aránya. Jele a betontechnológiában: $x=v/c$.

Rakodás, szállítás, alkalmazási helyszín

■ *Helyszínen kevert beton*

A beton felhasználója által, saját céljára, az építés helyszínén vagy az előregyártó üzemben készített beton.

■ *Transzportbeton*

Friss állapotban átadott beton, amelyet olyan személy vagy szervezet ké-

szít, aki vagy amely nem a felhasználó. Ez a szabvány transzportbetonként határozza meg:

a felhasználó által nem a helyszínen készített beton;

a helyszínen, de nem a felhasználó által készített betont.

■ **Szállítmány**

Egy járműben (vagy szállítótartályban) szállított, egy vagy több adagból álló betonmennyiség.

■ **Adag**

A keverőgép egy műveleti ciklusa alatt előállított vagy a folyamatosan működő keverőgépből 1 perc alatt ürített frissbeton mennyisége.

2.2. Környezeti hatásoktól függő kitéti (környezeti) osztályok

A környezeti hatásokat a szabvány kitéti (környezeti) osztályokba sorolja. A kitéti (környezeti) osztályok kiválasztása függ a beton felhasználási helyén érvényes előírásoktól. Ez a környezeti osztályozás nem zárja ki a beton felhasználási helyén meglévő különleges feltételek mérlegelését vagy a védőintézkedések alkalmazását, mint pl. a rozsdamentes acél vagy más korrózióálló fém használatát, valamint védőbevonat felhordását a betonra vagy az acélbetétekre, továbbá a betonfedés szükséges mértékének betartását.

A beton a leírt hatások közül egynél többnek is ki lehet téve. Ebben az esetben ezt a tényt a kitéti (környezeti) osztályok kombinációjával kell kifejezni.

18. táblázat: Kitéti (környezeti) osztályok Magyarországon

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a kitéti (környezeti) osztályok előfordulására
1. Nincs korróziós kockázat		
XN(H)	Környezeti hatásoknak nem ellenálló, szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű beton	Korrózióknak ki nem tett, kis szilárdságú aljzatbetonok, beton alaprétegek.
X0b(H)	Környezeti hatásoknak nem ellenálló beton	Vasalás nélküli, korrózióknak ki nem tett kitöltő és kiegyenlítő beton.
X0v(H)	Környezeti hatásoknak nem ellenálló vasbeton	Legfeljebb 35% relatív páratartalmú száraz helyen lévő belső helyiségben vagy levegő hozzájutásától teljesen elzárt, száraz helyen lévő vasbeton esetén.
2. Karbonátosodás okozta korrózió		
XC1	Száraz vagy állandóan nedves helyen	Csekély relatív páratartalmú épületben lévő beton. Állandóan víz alatt lévő beton.
XC2	Nedves, ritkán száraz helyen	Hosszú időn át vízzel érintkező betonfelületek. Sokféle alaptest.

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a kitéti (környezeti) osztályok előfordulására
XC3	Mérsékelten nedves helyen	Mérsékelt vagy nagy relatív páratartalmú épületekben lévő beton. Esőtől védett, szabadban lévő beton.
XC4	Váltakozva nedves és száraz helyen	Víznek kitett betonfelületek, amelyek nem tartoznak az XC2 osztályba
3. Nem tengervízből származó klorid által okozott korrózió		
XD1	Mérsékelten nedves helyen	A levegőből származó kloridnak kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett beton.
XD2	Nedves, ritkán száraz helyen	Úszómedencék. Kloridot tartalmazó ipari vizeknek, talajvíznek kitett, de jégolvasztó sóknak ki nem tett beton.
XD3	Váltakozva nedves és száraz helyen	Hidak azon részei, melyek kloridokat tartalmazó permetnek vannak kitéve, burkolatok, autó parkolók födémei.
4. Tengervízből származó klorid által indított korrózió (Magyarországon nem használt)		
5. Fagyási/olvadási korrózió jégolvasztó anyaggal vagy anélkül.		
XF1	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül	Függőleges betonfelületek esőnek és fagynak kitéve.
XF2	Mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Útépítési szerkezetek függőleges betonfelületei, fagynak és levegő által szállított jégolvasztó anyag permetének kitéve.
XF3	Nagymértékű víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül	Esőnek és fagynak kitett vízszintes betonfelületek.
XF4	Nagymértékű víztelítettség jégolvasztó anyaggal	Útburkolatok és híd pályalemezek jégolvasztó anyagoknak és azok közvetlen permetének kitéve. Fagynak kitett betonfelületek.
6. Kémiai korrózió talaj vagy talajvíz hatására (következő táblázat szerint)		
XA1	Enyhén agresszív kémiai környezet	Szennyvíz tisztító telepek betonjai, zagy-tárolók.
XA2	Mérsékelten agresszív kémiai környezet.	Betonra agresszív talajban lévő elemek.
XA3	Erősen agresszív kémiai környezet	Betonra agresszív ipari szennyvíz telepek, erjesztő tartályok, füstgázkivezető betonszerkezetek.

Az osztály jele	A környezeti hatás leírása	Tájékoztató példák a kitéti (környezeti) osztályok előfordulására
-----------------	----------------------------	---

7. Koptató hatás okozta igénybevétel

XX1(H)	Könnyű szemcsés anyagok mérsékelt koptató hatása	Könnyű anyagok, termények stb. tárolására alkalmas silók, bunkerek, tartályok; járdák, lépcsők, garázspadozatok.
XX2(H)	Gördülő igénybevétel okozta koptató hatás	Betonút; durva, nehéz szemcsés anyagok tárolói; gördülő hordalékkal érintkező betonfelületek.
XX3(H)	Csúsztató-gördülő igénybevétel okozta fokozott koptató hatás	Repülőtéri kifutópályák, felszállópályák, nehézipari szerelőcsarnokok, konténerátrakó állomások.
XX4(H)	Csúszó-gördülő igénybevétel okozta igen erős koptató hatás	Nehéz tehernek és targoncaforgalomnak kitett csarnokok és raktárak kemény felületű, pormentes ipari padlóburkolata.

8. Igénybevétel víznyomás hatására

XV1(H)	Kis üzemi víznyomásnak kitéve (≥ 300 mm vastag beton), vízátszivárgás 24 óra alatt $\leq 0,4$ liter/m ²	Pincefal, csatorna, ≤ 1 m magas víztároló medence, csapadékszállítók és tározók.
XV2(H)	Kis üzemi víznyomásnak kitéve (≤ 300 mm vastag beton) vagy nagy üzemi víznyomásnak kitéve (≥ 300 mm vastag beton), vízátszivárgás 24 óra alatt $\leq 0,2$ liter/m ²	Vízépítési szerkezetek, > 1 m magas víztároló medence, föld alatti garázsok, aluljárók külső határoló szerkezetei, külön szigetelőréteg nélkül.
XV3(H)	Nagy üzemi víznyomásnak kitéve (≤ 300 mm vastag beton), vízátszivárgás 24 óra alatt $\leq 0,1$ liter/m ²	Vasbeton mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei, külön szigetelőréteg nélkül.

19. táblázat: Kitéti (környezeti) osztályok a természetes talaj és talajvíz kémiai korróziót okozó jellemző értékeitől függően

Közismert elnevezése	Kémiai jellemző	Mértékegység	XA1 (enyhén agresszív)	XA2 (mérsékelten agresszív)	XA3 (erősen agresszív)
Talajvíz					
Szulfát	SO ₄ ²⁻	mg/l	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és $\leq 3\,000$	$> 3\,000$ és $\leq 6\,000$
	pH-érték		$\leq 6,5$ és $\geq 5,5$	$< 5,5$ és $\geq 4,5$	$< 4,5$ és $\geq 4,0$
Széndioxid	CO ₂	mg/l	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100 telítettség
	agresszív				
Ammónium	NH ₄ ⁺	mg/l	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60 és ≤ 100
Magnézium	Mg ²⁺	mg/l	≥ 300 és $\leq 1\,000$	$> 1\,000$ és $\leq 3\,000$	$> 3\,000$ telítettség
Talaj					
Szulfát	SO ₄ ²⁻	mg/kg	$\geq 2\,000$ és $\leq 3\,000$	$> 3\,000$ és $\leq 12\,000$	$> 12\,000$ és $\leq 24\,000$

2.3. Konzisztencia szerinti osztályba sorolás

Az alábbi táblázatokban lévő konzisztencia osztályok között nincs közvetlen kapcsolódás. Az alig földnedves (különleges tömörítési eljárásra tervezett, kis víztartalmú) betonok esetére nincs konzisztencia osztály.

20. táblázat: Tömörítési osztályok

Osztály	A tömöríthetőség mértéke (Tömörítési mérték)
C0	$\geq 1,46$
C1	1,45 – 1,26
C2	1,25 – 1,11
C3	1,10 – 1.04
C4	1,10 – 1.04
	$< 1,04$

21. táblázat: Területi osztályok

Osztály	Területi átmérő (Területi mérték), mm
F1	≤ 340
F2	350 – 410
F3	420 – 480
F4	490 – 550
F5	560 – 620
F6	≥ 630

22. táblázat: Roskadási osztályok

Osztály	Roskadás (Roskadási mérték), mm
S1	10 – 40
S2	50 – 90
S3	100 – 150
S4	160 – 210
S5	≥ 220

23. táblázat: Vebe osztályok

Osztály	Vebe-méteres átfarmálási idő, s
V0	≥ 31
V1	30 – 21
V2	20 – 11
V3	10 – 6
V4	5 – 3

2.4. Nyomószilárdsági osztályok

Az osztályozáshoz vagy a 150 mm átmérőjű, 300 mm magas hengerek vagy a 150 mm élhosszúságú kockák 28 napos nyomószilárdságának jellemző (előírt) értékét kell használni. A zárójelben szereplő értékek a próbatestek Magyarországon szokásos vegyes tárolása esetén érvényesek (az eredeti európai szabvány szerint végig víz alatt kell tárolni a próbatesteket).

24. táblázat: Nyomószilárdsági osztályok közönséges- és nehéz-betonokra

Nyomószilárdsági osztály	A hengerszilárdság előírt jellemző értéke $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	A kockaszilárdság előírt jellemző értéke $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
C8/10	8 (10)	10 (11)
C12/15	12 (15)	15 (16)
C16/20	16 (20)	20 (22)
C20/25	20 (25)	25 (27)
C25/30	25 (30)	30 (33)
C30/37	30 (37)	37 (40)
C35/45	35 (45)	45 (49)
C40/50	40 (50)	50 (54)
C45/55	45 (55)	55 (60)
C50/60	50 (60)	60 (65)
C55/67	55 (67)	67 (71)
C60/75	60 (75)	75 (79)
C70/85	70 (85)	85 (89)
C80/95	80 (95)	95 (100)
C90/105	90 (105)	105 (111)
C100/115	100 (115)	115 (121)

25. táblázat: Nyomószilárdsági osztályok könnyűbetonokra

Nyomószilárdsági osztály	A hengerszilárdság előírt jellemző értéke $f_{ck,cyl}$ (N/mm ²)	A kockaszilárdság előírt jellemző értéke $f_{ck,cube}$ (N/mm ²)
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

26. táblázat: Testsűrűségi osztályok könnyűbetonokra

Testsűrűségi osztály	D 1,0	D 1,2	D 1,4	D 1,6	D 1,8	D2,0
A testsűrűség tartománya kg/m ³	≥ 800 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 1200	> 1200 és ≤ 1400	> 1400 és ≤ 1600	> 1600 és ≤ 1800	> 1800 és ≤ 2000

2.5. K-érték elve

Amennyiben **II. típusú kiegészítő anyagokat** használunk (trasz, pernye, szilikapor, kohósalak; lásd az 1.5. fejezetben) a k-érték elve lehetővé teszi, hogy ezeket figyelembe vegyük. A víztartalom, azaz a „víz/cement tényező” ebben az esetben a 27. táblázat szerint helyesbíthető.

Cement esetén	„Víz/cement tényező”
Cement és II. típusú kiegészítő anyag esetén	„Víz/(cement + k x kiegészítő anyag) tényező”

27. táblázat: Víz/cement tényező k-érték elve szerinti helyettesítése

A k tényleges értéke az adott kiegészítő anyagtól függ.

A k-érték elvét Magyarországon gyártott cementek és hazai kiegészítő-anyagok esetén mindaddig nem lehet alkalmazni, ameddig a nemzeti alkalmazási szabályok vizsgálatokkal nincsenek alátámasztva.

K-érték elve az MSZ EN 450-nek megfelelő pernyére

A k-érték elvéhez számításba vehető legnagyobb pernyemennyiségnek ki kell elégítenie az alábbi követelményt:

$$\text{Pernye/cement} \leq 0,33 \text{ tömeg szerint}$$

Ha nagyobb mennyiségű pernyét használnak, akkor a többletet nem szabad figyelembe venni víz/(cement + k x pernye) tényező számításához és a legkisebb cementtartalomban.

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő CEM I cementfajtát tartalmazó beton esetén a 28. táblázat szerinti k-értékeket engedik meg:

CEM I 32,5	k=0,2
CEM I 42,5 és nagyobb	k=0,4

28. táblázat: K-értéke pernye esetén

Az adott kitéti (környezeti) osztály esetén az arra megengedett legkisebb cementtartalomra vonatkozó követelményt legfeljebb k x (legkisebb cementtartalom – 200 kg/m³) mennyiséggel szabad csökkenteni. A (cement + pernye) mennyisége azonban ne legyen kevesebb, mint az előírt legkisebb cementtartalom.

A k-érték elvének alkalmazása nem ajánlatos pernye és szulfátálló CEM I cement kombinációja esetén, ha a kitéti (környezeti) osztály XA2 és XA3 és az agresszív anyag a szulfát.

K-érték elve a prEN 13263:1998-nak megfelelő szilikapor esetén

A szilikapor legnagyobb mennyisége, amelyet a víz/cement tényezőben és a cementtartalomban számításba szabad venni, elégítse ki az alábbi követelményt:

$$\text{Szilikapor/cement} \leq 0,11 \text{ tömeg szerint}$$

Ha ennél több szilikaport alkalmaznak, akkor a többletet nem szabad figyelembe venni a k-érték elve szerinti számításokor.

A 29. táblázat szerinti k-értékeket szabad alkalmazni az MSZ EN 197-1-nek megfelelő CEM I cementfajtát tartalmazó betonhoz.

Előírt víz/cement tényező	
$\leq 0,45$	$k = 2,0$
$> 0,45$	$k = 2,0$ kivéve az XC és XF kitétit (környezeti) osztályokat, ahol $k = 1,0$

29. táblázat: K-értéke szilikapor esetén

Nem engedhető meg, hogy a (cement + k x szilikapor) mennyisége kevesebb legyen, mint az adott kitéti (környezeti) osztályra előírt legkisebb cementtartalom. A legkisebb cementtartalmat legfeljebb 30 kg/m³-rel szabad csökkenteni olyan környezeti hatásnak kitett betonokban, ahol a megengedett legkisebb cementtartalom ≤ 300 kg/m³.

Az MSZ EN 450-nek megfelelő pernye és a prEN 13263:1998-nak megfelelő szilikapor együttes használata

A vasalt és előfeszített betonok pórus-szerkezetének acélkorróziós szempontból megfelelő lúgossága érdekében, a következő előírásokat kell betartani a pernye és a szilikapor legnagyobb mennyiségeire vonatkozólag:

$$\text{Pernye} \leq (0,66 \times \text{cement} - 3 \times \text{szilikapor}) \text{ tömeg szerint}$$

$$\text{Szilikapor/cement} \leq 0,11 \text{ tömeg szerint}$$

2.6. Klorid tartalom (kloridion-tartalom)

A betonban lévő kloridionoknak a cement tömegszázalékában kifejezett mennyisége – azaz a betonnak a cementtartalom tömegszázalékában kifejezett kloridtartalma – legfeljebb a 30. táblázatban az adott osztályra megadott mennyiség legyen.

30. táblázat: A beton legnagyobb kloridtartalma

A beton alkalmazása	Klorid-tartalom-osztály ^a	A legnagyobb Cl - tartalom a cementtartalom tömegszázalékában ^b
Nem tartalmaz acélbetétet vagy más beágyazott fémeket, kivéve a korrózióálló emelőfüleket	Cl 1,0	1,0%
Acélbetétet vagy más beágyazott fémeket tartalmaz	Cl 0,20	0,20%
	Cl 0,40 ^c	0,40% ^c
Feszített acélbetétet tartalmaz	Cl 0,10	0,10%
	Cl 0,20 ^c	0,20% ^c

^a Különleges betonfelhasználás esetén az alkalmazott osztály függ a beton felhasználási helyén érvényes utasításoktól.

^b Ha II típusú kiegészítő anyagot alkalmazunk, és ezt beszámítjuk a cementtartalomba, akkor a cement + teljes mennyiségű kiegészítő anyag tömegszázalékában kifejezett kloridion az a klorid-tartalom, amelyet számításba kell venni.

^c Kizárólag nedvességtől elzárt térben lévő szerkezetek esetén szabad megengedni.

31. táblázat: Magyarországon a beton összetételére és tulajdonságaira vonatkozó, elfertélt határértékek

Kíteti (környezeti) osztályok																														
Nincs korróziós kockázat	Karbonátosodás okozta korrózió				Nem tengervízből származó klorid-korrózió								Talaj kémiai korrózió				Koptató hatás		Víznyomás hatása											
	XN(H)	Xob(H)	Xov(H)	Xov(H)	XC1	XC2	XC3	XC4	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3		XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)	XV1(H)	XV2(H)	XV3(H)				
Kíteti (környezeti) osztály jele	-	-	-	-	0,65	0,60	0,55	0,50	0,55	0,55	0,45	0,55	0,55	0,50	0,45	0,55	0,50	0,45	0,50	0,45	0,40	0,35	0,60	0,55	0,50					
Legnagyobb v/c	C8/10	C12/15	C16/20	C20/25	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55	C25/30	C30/37	C30/37	C30/37					
Legkisebb szilárdítási osztály ^a	-	-	-	-	260	280	280	300	300	300	320	300	300	320	340	300	320	360	310	330	350	370	300	300	300					
Legkisebb cement-tartalom (kg/m ³)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,0 ^a	4,0 ^a	4,0 ^a	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
Legkisebb megengedett levegőtartalom (térfogat%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Legnagyobb megengedett testtűrség	2260	2270	2280	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
A frissbeton megkövetelt testtűrsége (kg/m ³)	-	-	-	-	2350	2350	2380	2390	2360	2360	2400	2360					2360	2380	2380	Kavicsbeton				2370	2390	2380	2400	2360	2390	2410
A kiszáradt szilárd beton megkövetelt testtűrsége (kg/m ³)	-	-	-	-	2260	2270	2310	2330	2290	2290	2350	2290	2180	2200	2230	2290	2320	2330	-	Kavicsbeton				2310	2340	2330	2360	-	-	-
Egyéb követelmények	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
A homokos kavicsot vagy a zúzottkővet, vagy a különleges adaleanyagot az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.7. szakasz szerinti legyen	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Az MSZ EN 12620:2003 szerinti fajtájú kielégítő anyag-olvasztás állóságú adalekanyag				CEM II	Szulfátálló cement ^b				A homokos kavics szemmegoszlása az MSZ 4798-1:2004 szabvány 5.5.3. szakasz szerinti legyen								
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

^a Ha a betonban nincs mesterséges légbuborék, akkor a beton teljesítményét megfelelő módszerrel meg kell vizsgálni, olyan betonnal összehasonlítva, amelyre az adott kíteti (környezeti) osztály esetén a fagyás/olvadás-állóságot bebizonyították. Magyarországon XF2, XF3 és XF4 kíteti (környezeti) osztályú betont légbuborékképző szer nélkül készíteni nem szabad.

^b Ha az SQ² hatása eredményez XF2 és XF4 kíteti (környezeti) osztályt, akkor (énnyeges a szulfátálló cement alkalmazása. Ahol a cementet a szulfátellenállás tekintetében osztályozzák, ott méréselt vagy jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA2 kíteti (környezeti) osztályban (és az XA1 kíteti (környezeti) osztályban, ha ez megfelelő) és jelentős szulfátállóságú cementet kell használni az XA3 kíteti (környezeti) osztályban. Magyarországon az XA1 kíteti (környezeti) osztályban valamennyi MSZ EN 197-1:2000 szerinti CEM I fajtájú kohósalakportlandcement alkalmazható. Az XA2 kíteti (környezeti) osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti MS jellű mérsékelt szulfátálló portlandcementet vagy S jellű szulfátálló portlandcementet (pl. CEM I 32,5 R-S), az XA3 kíteti (környezeti) osztályban az MSZ 4737-1:2002 szerinti S jellű szulfátálló portlandcementet (pl. CEM I 32,5 R-S) vagy S jellű szulfátálló kohósalakcementet (pl. CEM III/B 32,5 N-S) kell alkalmazni.

^c A legkisebb szilárdítási osztály tájékoztató adat.

2.7. Beton megnevezése

A beton jele (megnevezése) Magyarországon független attól, hogy a beton tervezett-, előírt szabványos-, esetleg előírt iparági beton. A beton megnevezései megváltoztak az MSZ 4798-1 bevezetésével (pl. egy tenderkiírásban).

Példa: Szivattyúzott beton födémlemezhez, talajvizet területen

32. táblázat: Az MSZ 4798-1-nek megfelelő jelölés (tervezett beton)

C30/37 – XC4 – 32 – C3 – CI 0,20 – MSZ 4798-1:2004 – szivattyúzható

C30/37 – közönséges (normál) beton nyomószilárdsági osztálya: a hengerszilárdság előírt jellemző értéke 30, a kockaszilárdságé pedig 37 N/mm²

XC4 – kitéti (környezeti) osztály: váltakozva nedves és száraz helyen

32 – szemnagysági osztály: az adalékanyag legnagyobb szemnagysága, $D_{max} = 32$ mm

C3 – konzisztencia osztály: tömörítési mértékben megadva

CI 0,20 – kloridtartalom osztály: a beton megengedett legnagyobb klorid-tartalma (CI) legfeljebb a cementtartalom 0,20 tömeg%-a lehet

MSZ 4798-1:2004 – az európai szabványnak Magyarországon is megfelelő beton

Szivattyúzható – a betont betonszivattyúval juttatják a zsaluzatba

2.8. Megfelelőség ellenőrzése

A megfelelés ellenőrzése azoknak a tevékenységeknek és döntéseknek kombinációját foglalja magában, amelyeket az előzetesen elfogadott megfelelési szabályokkal összhangban kell megtenni a beton előírásoknak való megfelelésének az igazolása érdekében. A megfelelés ellenőrzése szerves része a gyártásközi ellenőrzésnek.

A megfelelésellenőrzés különbséget tesz a tervezett beton és az előírt beton között. A beton típusától függő, további különböző ellenőrzések is ide tartoznak.

A megfelelés ellenőrzését végre lehet hajtani az egyes betonokon, és/vagy betoncsaládokon.

33. táblázat. A mintavétel legkisebb gyakorisága a nyomószilárdság, a testsűrűség és a víztartalom megfelelésének értékeléséhez

Az első 50 m ³ -ig		Az első 50 m ³ -t követően ^a	
		Gyártás-ellenőrzési tanúsítással	Gyártás-ellenőrzési tanúsítás nélkül
Kézdeti gyártás (35 vizsgálati eredményig)	3 minta	1/200 m ³ vagy 2/termelési hét	1/150 m ³ vagy 1/termelési nap
Folyamatos gyártás ^b (35 vizsgálati eredményt követően)		1/400 m ³ vagy 1/termelési hét	

^a A mintavételezés folyamatos és ne gyakoribb legyen, mint 1 minta minden 25 m³-ből.

^b Ha az utolsó 15 vizsgálati eredmény szórása nagyobb, mint 1,37σ, akkor a következő 35 vizsgálati eredményre meg kell növelni a mintavételezési gyakoriságot.

A mintavétel legkisebb gyakoriságát ≥ C55/67 esetén meg kell növelni.

3. Beton



3. fotó: Konténerből történő betonozás

3.1. Beton legfontosabb alkalmazási területei

Ésszerűnek látszik a beton alkalmazási területeit aszerint osztályozni, hogy hol és hogyan állítják elő és mi a felhasználás módja, mivel ezekhez különböző előírások és tulajdonságok tartoznak. Két európai ország 2002. évi cement eladásán keresztül mutatjuk be, hogyan változnak az általános felhasználási módok százalékos megoszlásai a különböző eladási és felhasználási csatornák szerint:

34. táblázat: A beton legfontosabb alkalmazási területei

Svájc	Németország
■ Közelítőleg 72% transport-beton üzemek	■ Közelítőleg 55% transport-beton üzemek
■ Közelítőleg 17% építőanyag kereskedők	■ Közelítőleg 20% betonárú gyártók
■ Közelítőleg 7% előre-gyártó üzemek	■ Közelítőleg 11% egyéb előregyártó üzemek
■ Közelítőleg 4% egyéb csatornák	■ Közelítőleg 14% egyéb csatornák

3.1.1. Helyszínen előállított beton

A transzportbeton üzemek, ahonnan a betont szállítják, mára számos területen olyan széles körben elterjedtek, hogy az építési vállalkozókat gyorsan és megbízhatóan ki tudják szolgálni.

A helyszínen előállított szerkezet jelentős gazdasági és logisztikai előnyökkel jár, különösen nagy építkezéseken, ahol a betonra folyamatosan szükség van. A helyszínen előállított betont különféle változatokban lehet gyártani és sokféle előírásnak kell megfelelnie. Alkalmazását a következő lépésekre lehet felbontani:

Betontechnológiai utasítás (terv) készítése

A terv készítésénél a betonnal szemben támasztott követelményeket az adott projekt és a munkahely adottságainak megfelelően kell meghatározni. A következő paraméterekről kell intézkedni:

- Szilárdsági követelmények
- Tartóssági követelmények
- Esztétikai követelmények
- Legnagyobb szemnagyság
- Az előállítás módszere
- A bedolgozási sebessége
- A beton konzisztenciája
- Általános peremfeltételek (hőmérséklet, stb.)
- A szállítási módja és időtartama
- Utókezelési és pihentetési időtartam
- A szükséges vizsgálatok meghatározása
- A beton összetételének meghatározása
- Előkészítő vizsgálatok elvégzése
- A beton összetételének szükség szerinti korrekciója

A fenti paraméterek alapján meghatározott különleges betonok részletes adatait a 3.2. fejezetben adjuk meg. A frissbeton tulajdonságait és vizsgálatát részletesen a 4. fejezetben, a megszilárdult beton tulajdonságait és vizsgálatát pedig az 5. fejezetben ismertetjük.

Gyártás

A gyártás folyamata az eredményül kapott beton számára meghatározó tényező, amely alapvetően az adagolásból és az alapanyagok összekeveréséből áll. A keverés folyamán a következő paraméterek befolyásolhatják a beton tulajdonságait:

- | | |
|-------------------------|--------------------------------------|
| – A keverő típusa | – Az alapanyagok hozzáadása |
| – A keverő mérete | – A berendezés vezérlése |
| – A keverés intenzitása | – A keverőmester személye |
| – A keverési időtartama | – A keverő tisztítása, karbantartása |

A folyósítókat, mint legfontosabb adalékszereket általában a keverővízbe kell bekeverni vagy legkorábban azzal együtt kell a keverékhez hozzáadni. Az egyéb sajátosságokra és adalékszerekre vonatkozó információk az adott Sika termék adatlapján találhatók.

■ A helyszín előkészítése

A helyszín előkészítése a következőkből áll:

- Szállítóberendezések telepítése
- Zsaluzás elkészítése (beleértve a formaleválasztó szer alkalmazását)
- Vasalás ellenőrzése
- Zsaluzás ellenőrzése (rögzítés, tömítettség, zsalu nyomás)
- A betonozáshoz szükséges eszközök (vibrátorok, simító eszközök stb.) készenlétbe helyezése

■ Szállítás

Amennyiben a betont mixerkocsival szállítják, a következő kiegészítő kritériumokat kell figyelembe venni:

- Szállítás időtartama (forgalmi helyzetek, dugók, stb.)
- A szállítás során szükséges dobfordulatok meghatározása
- Ne hagyja a mixerkocsit a napon állni a várakozási idő alatt
- A maximálisan szállítható betonmennyiségek meghatározása folyós konzisztencia esetén (öntömörödő beton)
- Alapvetően ne adjon utólag a betonhoz vizet vagy külön adag adalékszer (kivéve, ha ez az előírás)
- Ürités előtt alaposan keverje át még egyszer a betont (a keverési időnek m^3 -ként legalább 1 percnél kell lennie)

■ A beton elhelyezése

A beton elhelyezését általában egy korlátozott és meghatározott időszakon belül kell elvégezni. A következő – a beton minősége szempontjából kritikus – tényezők figyelembevétele hozzájárulhat a művelet sikerességéhez:

- Szállítólevél ellenőrzése
- Megfelelő berendezések használata (pl. vibrátorok stb.)
- A beton túlvibrálásának elkerülése
- Folyamatos elhelyezés és tömörítés
- Nagyobb szerkezeti elemeknél utántömörítés
- A betonozás megszakításánál szükséges intézkedésekre legyünk felkészülve
- A bedolgozás szükséges utómunkálatait végezze el (felületképzés, végső ellenőrzés)

■ Utókezelés

Az állandó és következetes betonminőség eléréséhez lényeges a körülményeknek megfelelő és szakszerű utókezelés. Ehhez hozzájárulnak még a következő utókezelő intézkedések:

- Általában óvja a károsító időjárási befolyásoktól (közvetlen nap, szél, eső, fagyás, stb.)
- Kerülje el a rezgéseket (felületképzést követően)
- Használjon utókezelő szereket
- Alkalmazzon fólia- vagy hőszigetelő letakarást
- Tartsa állandóan nedvesen vagy locsolja, ha szükséges
- Tartsa fenn az utókezelést a hőmérséklettől függően

Az utókezelésre vonatkozó további információk
a 8. fejezetben találhatóak meg.

3.1.2. Előregyártás számára készített beton

Az előregyártott betonokat, amelyeket a betonelem előregyártó üzemek használnak elemgyártáshoz a megszilárdulást követően még elszállítják a beépítés helyére. A frissbetont nem kell hosszan szállítani, így jelentősen különbözik a betonszerkezet készítésének folyamata. Az előregyártott szerkezetek készítéséhez használt beton előállításához ipari jellegű betongyártási folyamatra és gondos betonkeverék tervezésre van szükség, továbbá elengedhetetlen a folytonos optimalizálás. Az alábbiakban felsoroltakra figyeljünk a gyártási folyamat során:

■ Betontechnológiai utasítás (terv) készítése

A terv készítésénél a betonnal szemben támasztott követelményeket az adott termék sajátosságainak és a használat rendeltetésének megfelelően kell meghatározni. A következő paraméterekről kell intézkedni:

- Szilárdsági követelmények
- Tartóssági követelmények
- Esztétikai követelmények
- Legnagyobb szemnagyság
- Az előállítás módszere
- A bedolgozási sebessége
- A beton konzisztenciája
- Általános peremfeltételek (hőmérséklet, stb.)
- A beton kezelése és az elhelyezés távolsága
- A szükséges vizsgálatok meghatározása
- Az adott betonelem paramétereinek figyelembevétele
- Utókezelés meghatározása
- A beton összetételének meghatározása
- Előkészítő vizsgálatok elvégzése
- A beton összetételének szükség szerinti korrekciója

A fenti paraméterek alapján meghatározott különleges betonok részletes adatait a 3.2. fejezetben adjuk meg. A frissbeton tulajdonságait és vizsgálatát részletesen a 4. fejezetben, a megszilárdult beton tulajdonságait és vizsgálatát pedig az 5. fejezetben ismertetjük.

■ Gyártás

A gyártás folyamata az eredményül kapott beton számára meghatározó tényező, amely alapvetően az adagolásból és az alapanyagok összekeveréséből áll. A keverés folyamán a következő paraméterek befolyásolhatják a beton tulajdonságait:

- A keverő típusa
- A keverő mérete
- A keverés intenzitása
- A keverési időtartama
- Az alapanyagok hozzáadása
- A berendezés vezérlése
- A keverőmester személye
- A keverő tisztítása, karbantartása

A folyósítókat általában a keverővízbe kell bekeverni vagy legkorábban azzal együtt kell a keverékhez adni. További információk a vonatkozó Sika termék adatlapokon található.

■ Előkészítő munkálatok

Az előkészítő munkálatok az előregyártó üzemben a következőkből állnak:

- A Zsaluzat és a kezeléshez szükséges eszközök készenléti helyezése
- Zsaluzás elkészítése (beleértve a formaleválasztó szer alkalmazását)
- Vasalás ellenőrzése
- Zsaluzás ellenőrzése (rögzítés, tömítettség)
- A betonozáshoz szükséges eszközök (vibrátorok, simító eszközök stb.) készenléti helyezése

■ A beton elhelyezése

A beton elhelyezését általában egy időben korlátozott és meghatározott időszakon belül kell elvégezni. A következő – a beton minősége szempontjából kritikus – tényezők figyelembevétele hozzájárulhat a művelet sikerességéhez:

- Az elhelyezendő beton ellenőrzése
- Megfelelő berendezések használata (pl. vibrátorok stb.)
- A beton túlvibrálásának elkerülése
- Folyamatos elhelyezés és tömörítés
- Nagyon körültekintő utómunkálatok (simítás stb.)
- Végső ellenőrzés

■ Utókezelés

Mivel az előregyártás folyamatos termeléssel jár, rövid idő esik a gyártás minden szakaszára, tehát az utókezelésnek itt kiemelt jelentősége van:

- Az utókezelést vegye figyelembe a betontechnológiai tervnél
- Esetleg vegyen figyelembe gőzérlelést
- Kerülje el a rezgéseket (felületképzést követően)
- Használjon utókezelő szereket
- Alkalmazzon fólia- vagy hőszigetelő letakarást
- Tartsa állandóan nedvesen vagy locsolja, ha szükséges
- Tartsa fenn az utókezelést a hőmérséklettől függően

Az utókezelésre vonatkozó további információk
a 8. fejezetben találhatóak meg.

3.2. Különleges betonok

3.2.1. Szivattyúzható beton

A szivattyúzható betont ma sokféle és eltérő körülmények között alkalmazzzák. Lényeges a megfelelő betontechnológiai terv, hogy a betont szétosztályozódás és a vezetékek eldugulása nélkül lehessen szivattyúzni.

Összetétel

■ Adalékanyag

- A maximális szemmagyság, $D_{\max}$ < legyen a csővezeték névleges átmérőjének 1/3-ánál.
- A szivattyúzható keverékben lévő finom habarcs jó összetartó képességgel kell rendelkezzen annak érdekében, hogy megakadályozza a beton szétosztályozódását a szivattyúzás során.

Az európai betonszabvány svájci kiadása (SN EN 206-1:2000) irányértékeket határoz meg a beton finomrésztartalmára ($\leq 0,125$ mm) vonatkozóan a 35. táblázatnak megfelelően.

$D_{\max} = 8$ mm	$D_{\max} = 16$ mm	$D_{\max} = 32$ mm
450 kg/m ³	400 kg/m ³	350 kg/m ³

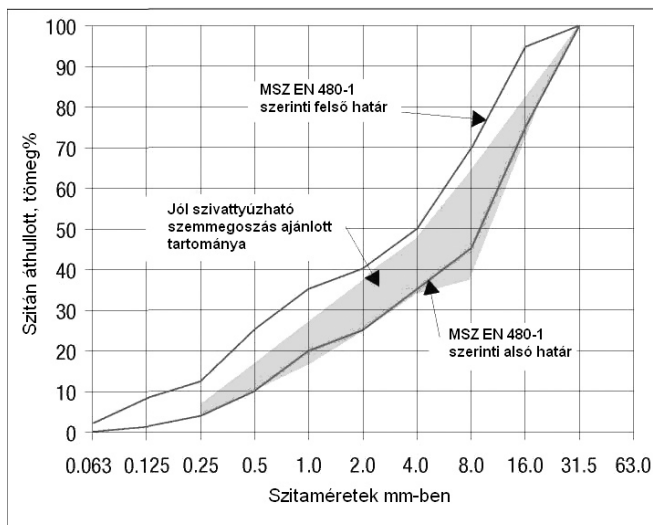
35. táblázat: A beton finomrésztartalma az SN EN 206-1 szerint

A Sika a 36. táblázat szerinti mennyiségeket ajánlja.

$D_{\max}$	Gömbölyű szemű adalékanyag	Zúzott adalékanyag
8 mm	500 kg/m ³	525 kg/m ³
16 mm	425 kg/m ³	450 kg/m ³
32 mm	375 kg/m ³	400 kg/m ³

36. táblázat: A Sika ajánlása a beton finomrésztartalmára

Szemmegoszlási görbe: A szivattyúzható betont, ha lehetséges, különféle egyedi frakciókból kell összeállítani. Fontos, hogy a szemmegoszlási görbe folyamatos legyen. A 4-8 mm közötti frakció mennyiségét alacsonyan kell tartani, de ne legyen lépcsős a görbe.



2. ábra: Szivattyúzható beton ajánlott szemmegoszlási görbéje
■ Cement

D_{max}	Gömbölyű szemű adalékanyag	Zúzott adalékanyag
8 mm	380 kg/m ³	420 kg/m ³
16 mm	330 kg/m ³	360 kg/m ³
32 mm	300 kg/m ³	330 kg/m ³

37. táblázat: Szivattyúzható beton ajánlott legkisebb cementtartalma

■ Víz/kötőanyag tényező

Túl magas víztartalom esetén szétosztályozódás és vízkiválás jelenik meg a szivattyúzás alatt és ez dugulásokhoz vezethet. A víztartalmat mindig csökkenteni kell folyósítókkal.

Bedolgozhatóság

A frissbetonnak mindig képlékeny legyen a konzisztenciája, amely garantálja a jó belső összetartóképességet. Ideális esetben a szivattyúzott beton konzisztenciáját a tömörítési mértékkel kell meghatározni.

■ A frissbeton konzisztenciája

Vizsgálati módszer	Konzisztencia osztály	Mértéke
Tömörítési mérték	C2 – C3	1,04 – 1,25
Területi mérték	F3 – F4	420 – 550 mm

38. táblázat: Szivattyúzható beton ajánlott konzisztenciája

Szivattyúzást segítő szerek

Nehéz adalékanyagokhoz, változó alapanyagokhoz, nagy szállítási távolságokhoz vagy nagy szintkülönbségű telepítésekhez szivattyúzást segítő szerekre van szükség. Ezek lecsökkentik a sűrűlódást és az ellenállást a csővezetékben, továbbá csökkentik a szivattyú és a csővezeték kopását és növelik a szivattyúzási teljesítményt.

■ A szivattyú csővezetékei

- Ø 80 – 200 mm (általában Ø 100,125 mm)
- Minél kisebb a cső átmérője (Ø), annál nagyobb a szivattyúzási igény (felület/keresztmetszet).
- A csőkötéseket szorosan kell illeszteni, hogy elkerüljük a nyomás és a finomrésztartalom elvesztését.
- Az első néhány méter lehetőség szerint legyen vízszintesen, könyök nélkül vezetve. Ez különösen fontos a felszálló ág előtt.
- Nyáron védjük a csővezetéseket az erős napsugárzástól.

■ Kenő keverékek

A kenő keverék célja, hogy a csővezeték belső falát egy nagyon finom réteggel vonja be, amely lehetővé teszi a kezdeti könnyű szivattyúzást.

- Hagyományos keverék: Habarcs 0 – 4 mm, cement tartalom, ugyanaz, mint a következő betonhoz vagy kissé magasabb. A mennyiség függ a cső átmérőjétől (Ø) és a vezeték hosszától.

■ A levegő tartalom hatása a szivattyúzott betonra

A fagy- és olvasztósó álló, mikro méretű légbuborékokat tartalmazó betont akkor lehet szivattyúzni, ha a levegő tartalom < 5%, mivel a nagyobb levegő tartalommal egy „rugózó-hatás” jön létre.

39. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Vízcsökkentés. Megnövelt szilárdság és tömörség, garantált konzisztenciával (bedolgozhatóság) és szivattyúzhatósággal.
Sika® FM Sika® ViscoCrete®	Folyósító adalékszerek	Vízcsökkentés. Megnövelt szilárdság és tömörség, garantált konzisztenciával (bedolgozhatóság) és szivattyúzhatósággal.
SikaFume® Sika® Silicoll	Szilikapорок	Nagy szilárdság, fokozott tömörség, feljavított szivattyúzhatóság.
SikaPump®	Szivattyúzást segítő szer	Segíti a nehéz adalék anyagok szivattyúzását és védi a berendezést az erős kopástól.
Sika® ST Sika® Control	Stabilizáló adalékszerek	Fenntartja a belső összetartó erőt. Segíti a nehéz adalékanyagok szivattyúzását és védi a berendezést az erős kopástól.

3.2.2. Közlekedésépítési betonok

A közlekedési felületek készítéséhez használható betonoknak számos alkalmazási területe van, gyakran használják a fekete, aszfalt burkolatok helyett tartóssága és egyéb előnyei miatt.

Közlekedésépítési betonok alkalmazási területei:

- Hagyományos útépités
- Beton körforgalmak
- Repülőtéri kifutópályák
- Ipari csarnokok padlói

Amikor a betont ilyen alkalmazási területeken használják, akkor a beton réteg egyidejűleg teherhordó és kopóréteggént is működik. A kétféle funkció követelményeinek való megfelelés érdekében a betonnak a következő tulajdonságokkal kell rendelkeznie:

- Nagy húzó-hajlító szilárdság
- Fagy- és olvasztósó-állóság
- Jó csúszásállóság
- Csekély kopás

Az összetétel meghatározó jelentőségű tényező a kívánt tulajdonságok eléréséhez. A különböző összetevők kiválasztásának szempontjai a következők:

■ Adalékanyag

- Finomrész szegény keverékek használata
- Egyenletes szemmegoszlási görbe használata
- A zúzott vagy részben zúzott adalékanyagok használata növeli a csúszásállóságot és a húzó-hajlító szilárdságot

■ Cement

- Mennyisége 350–370 kg/m³, általában CEM I 42,5 (Magyarországon CP burkolati betonok)

■ Kiegészítő anyagok

- Szilikaport a nagy forgalmi igénybevételnek kitett felületekhez vagy általában a tartósság növelésére használnak
- A csúszásállóság növelésére szilíciumkarbidot vagy kemény zúzalékot szórnak a felületre.

A közlekedési felületekhez használt beton különleges beton fajta, ezért a következő pontokban leírtakra különösen oda kell figyelni:

- A nagy felületeket általában gépekkel, ún. finiserrel készítik. A konzisztencia a gép típusától függ.
- A csúszásállóság növelhető keresztirányú barázdákkal vagy kefék felületképzéssel.
- Az intenzív és alapos utókezelés elengedhetetlen.

40. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Vízcsökkentés. Megnövelt nyomó- és húzó-hajlító szilárdság. Feljavított konzisztencia.
Sika® FM Sika® ViscoCrete®	Folyósító adalékszer	Vízcsökkentés. Megnövelt nyomó- és húzó-hajlító szilárdság. Feljavított konzisztencia.
SikaFume® Sika® Silicoll	Szilikapor	Nagy szilárdság, fokozott tömörség.
SikaAer® Sika® LP	Légbuborék-képző adalékszer	Légbuborékképzés a fagy- és olvasztósó-állóság növelésére.
Sika Rapid® Sika® BE	Szilárdulásgyorsító adalékszer	A szilárdság korai fejlődésének gyorsítása.
Sika Retarder® Sika® VZ	Kötéskésleltető adalékszer	A kötés kezdetének késleltetése.
Antisol® Sika® NB	Utókezelőszerszer	A korai kiszáradás elleni védelem.
Rugasol®	Felületi késleltető- és utókezelőszerszer	Kimosással történő felületi érdesítés és a korai száradás elleni védelem.

3.2.3. Öntömörödő beton (SCC)

Az öntömörödő beton (SCC) finomrésztartalma – a nagyobb kötőanyag tartalom és az eltérő szemmegoszlási görbe miatt – nagyobb, mint a hagyományos betoné. Ezek az eltérések, valamint a különlegesen hozzáigazított folyósító adalékszerek páratlan folyékonyt és belső öntömörödő képességet hoznak létre. Az öntömörödő beton új lehetőségeket nyit meg a hagyományos beton alkalmazásokon túl:

- Sűrű vasalású szerkezetekhez
- Igényes geometriai kialakítású szerkezetekhez
- Karcsú elemeknél
- Általában ott, ahol a beton tömörítése nehézkes
- Homogén betonszerkezetet igénylő követelmények esetén
- Gyors építési igények esetén
- Zaj (vibráció) csökkentésének igénye esetén
- Csökkenti az egészségkárosodást (vibráció kiküszöbölésével)

Összetétel

■ Adalékanyag

Előnyben kell részesíteni a kisebb szemnagyságokat, kb. 12 – 20 mm, de elvileg minden adalékanyag-méret lehetséges.

Adalékanyag frakciók	SCC 0/8 mm	SCC 0/16 mm	SCC 0/32 mm
0/4 mm	60%	53%	45%
4/8 mm	40%	15%	15%
8/16 mm	-	32%	15%
16/32 mm	-	-	30%

41. táblázat: Példa az adalékanyag szemmegoszlására

SCC 0/4 mm	$\geq 650 \text{ kg/m}^3$
SCC 0/8 mm	$\geq 550 \text{ kg/m}^3$
SCC 0/16 mm	$\geq 500 \text{ kg/m}^3$
SCC 0/32 mm	$\geq 475 \text{ kg/m}^3$

42. táblázat: Finomrész tartalom $\leq 0,125 \text{ mm}$ (cement és kiegészítő anyagok is)

■ Kötőanyag tartalom

A finomrész tartalom alapján a következő cement és kiegészítő anyag tartalmakat lehet meghatározni, az előírt beton-minőségtől és a használt homoktól függően:

SCC 0/4 mm	550-600 kg/m ³
SCC 0/8 mm	450-500 kg/m ³
SCC 0/16 mm	400-450 kg/m ³
SCC 0/32 mm	375-425 kg/m ³

43. táblázat: Cement és kiegészítő anyag tartalom (összesen)

■ Víztartalom

Az öntömörödő beton (SCC) víztartalma a beton minőségi előírásaitól függ, és azt a következők szerint lehet meghatározni:

$S > 200 \text{ l/m}^3$	alacsony beton minőség
$180 - 200 \text{ l/m}^3$	átlagos beton minőség
$< 180 \text{ l/m}^3$	magas beton minőség

44. táblázat: Víztartalom

■ Beton Adalékszerek

Ezen víztartalmak beállításához és a homogenitás biztosításához, valamint a viszkozitás beállításához különleges, **Sika® ViscoCrete®** típusú folyósítót irányozzunk elő.

Az öntömörödő beton (SCC) bedolgozása

■ Zsaluhéj

Az öntömörödő beton fogadására szolgáló zsaluhéjnak tisztának és hézagmenteseknek kell lennie. A zsaluhéjra ható nyomások nagyobbak lehetnek, mint a normál, vibrátorral tömörített betonoknál. A zsaluhéjra ható

nyomás függ a beton viszkozitásától, a betonozás sebességétől és a betöltési ponttól. A zsaluzat általános tervezésekor a beton teljes hidrosztatikus nyomását figyelembe kell venni.

■ Az elhelyezés módja

Az öntömörödő beton elhelyezése hasonlóan történik, mint a hagyományos betoné. Az öntömörödő betont sem szabad 1,50 m-nél nagyobb magasságból szabadon ejteni. Nagyon jó eredményt lehet elérni a betöltési lehetőségek és felületi megjelenés vonatkozásában a zsaluzat alulról való feltöltésével. Ezt a zsaluzat lábához csatlakozó csúszdával vagy betonozó csövekkel lehet elérni.

45. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® ViscoCrete®-5 Neu	SCC folyósító (transzportbetonhoz)	A szilárdság és tömörség növelése. Erős víz-csökkentés. Az önterülés, öntömörödés segítése, az összetartó képesség fokozása.
Sika® ViscoCrete®-20 HE	SCC folyósító (előregyártáshoz)	
SikaFume®	Szilikapor	Nagy szilárdság, megnövelt tömörség.
Sika® Silicoll		Segíti a bevitt légbuborékok stabilitását.
Sika® ST	Stabilizáló	Az összetartó képesség fokozása.
Sika® Control	adalékszer	Pótolja a finomrésztartalmat.
SikaAer®	Légbuborékképző	Légbuborékok bevitel. Fagy- és olvasztósó álló SCC előállítás.
Sika® LP	adalékszer	
Sika® Rapid, Sika® BE	Szilárdulásgyorsító	Kötéskésleltető Az SCC kötési és szilárdulási folyamatának szabályozása.
Sika® Retarder, Sika® VZ		
Antisol®	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.
Sika® NB		

3.2.4. Fagy- és olvasztósó-álló beton

Mindig fagy- és olvasztósó-álló betont kell használni, ha a beton felületek ki vannak téve az időjárás hatásainak (nedvességnek) és a felület hőmérséklete a fagyponthoz alacsonyabb lehet.

- Építészeti látszóbeton homlokzatoknál
- Hídszerkezeteknél
- Alagút portál területeken
- Közlekedési felületeknél
- Támfalaknál

A légbuborékképzők hozzáadásával, a keverési folyamat közben kis méretű, gömbölyű, zárt légbuborékok keletkeznek a betonban, illetve annak finomhabarcs részében (cement, finomrész, víz). Ennek az a célja, hogy biztosítsa a megszilárdult beton fagy- és olvasztósó-állóságát (azáltal, hogy helyet teremt a megfagyó víz kiterjedésének).

A légbuborékok típusa, mérete és eloszlása

A közönséges (normál) betonban lévő légzárványok általában túl nagyok ($> 0,3$ mm) ahhoz, hogy megnöveljék a beton fagyással, olvadással szembeni ellenállását. A **hatékony légbuborékokat** különleges légbuborékképző adalékszerekkel vezetjük be a betonba. A légbuborékok fizikai úton jönnek létre a keverési folyamat során. Hatásuk teljes kifejtéséhez nem szabad, hogy túl messze legyenek egymástól. A „hatékony távolságot” az un. **távolsági tényezővel** határozzuk meg.

Gyártás/Keverési idő

A nagymértékű fagy- és olvasztósó-állóság biztosításához a nedves keverési időt a szokásos betonhoz képest meg kell növelni, miután a légbuborékképzőt a betonba teszik. A keverési időt 60 – 90 másodpercre kell növelni annak érdekében, hogy a légbuborék-tartalom 100 %-os mértékben létrejöjjön.

A légbuborékok szükséges mennyisége

A megfelelő fagyállóság eléréshez a cementkőnek körülbelül 15% légbuborékot kell tartalmaznia. Az évek hosszú tapasztalata azt mutatja, hogy elegendő hatékony légbuborék akkor van a betonban, ha a vizsgálati eredmények (légtartalom mérő edény) a következő légtartalmakat mutatják:

- A beton maximális szemnagysága, $D_{\max} = 32$ mm: 3 – 5%
- A beton maximális szemnagysága, $D_{\max} = 16$ mm: 4 – 6%

A 7% vagy annál nagyobb légtartalommal rendelkező betonokat csak részletes vizsgálat és tesztelés után szabad beépíteni.

A légbuborékképződést befolyásoló tényezők

■ Szemszerkezet

A légbuborékok legfőképpen a 0,25 - 0,5 mm méretű homokfrakció körül helyezkednek el. A nagyobb szemcsék nem gyakorolnak hatást a légbuborékképződésre. A homok összetevők finom részei vagy a cementek és bizonyos finom kiegészítő anyagok gátolhatják a légbuborékképződést.

■ Konzisztencia

Az optimális légbuborékképződést a kissé képlékenytől a képlékeny tartományig lehet elérni. A többletvízzel képlékenyített beton a légbuborékokat kevésbé jól és kevesebb ideig tartja meg, mint az eredeti beton.

■ Hőmérséklet

A légbuborékképzési képesség csökken, ha a frissbeton hőmérséklete növekszik és megfordítva.

■ Szállítás

A levegő tartalom megváltozására számítani lehet szállítás közben. A szállítás módjától és az útközben keletkező rezgésektől függően keverési vagy szétosztályozódási folyamatok történhetnek a betonban. A légbuborékos betont beépítés előtt újból meg kell keverni és a mértékadó levegő tartalmat csak ekkor kell meghatározni.

■ A légbuborékos beton tömörítése

Szakszerű vibrálás esetén mindenképp a beépítés során „csapdába ejtett” levegő legnagyobb része távozik el a betonból, beleértve a beton durva légzárványait is. A kifejezett túlvibrálás 10 – 30%-kal csökkentheti a mesterségesen létrehozott légtartalmat. A szétosztályozódásra érzékeny beton ekkor elveszítheti majdnem az összes légtartalmát, illetve ez felületi habzáshoz vezet.

■ Finomrész helyettesítés

1% bevezetett levegő beton m³-enként helyettesíthet kb. 10 kg finomrészt (< 0,2 mm). A légbuborékok javíthatják a durva, finomrész szegény keverékek bedolgozhatóságát.

A légbuborékos beton tervezése

A pontos követelmények, mint a szilárdság, a levegő tartalom és a vizsgálati módszerek meg kell adni. A nagyobb projekteknel előzetes vizsgálatokat kell végrehajtani a tényleges feltételek között. A betonozási munkák során a levegő tartalmat a telepen és a bedolgozás előtt ellenőrizni szükséges.

A légbuborékok jellemzői	Forma: gömbformájú és zárt Méret: 0,02 – 0,30 mm Távolsági tényezők: ≤ 0,20 mm fagyálló ≤ 0,15 mm fagy- és olvasztósó-álló
Pozitív mellékhatások	Javul a bedolgozhatóság Megszakítja a betonban lévő kapilláris pórusokat (vízzáróság) Javul a frissbeton összetartó képessége
Negatív hatások	A mechanikai szilárdság csökken (nyomószilárdság)

46. táblázat: Légbuborékos beton jellemzői

47. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	A kapilláris porozitás csökkentése, és ezáltal kevesebb víz bevitel
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszer	A kapilláris porozitás csökkentése, és ezáltal kevesebb víz bevitel
SikaAer® Sika® LP	Légbuborékképző adalékszer	Légbuborékképzés a fagy- és olvasztósó-állóság biztosítására
SikaFume® Sika® Silicoll	Szilikapor	A cementkő tömörségének fokozására, valamint az adalékanyag és a cementkő közötti tapadás javítására.

3.2.5. Nagyszilárdságú beton

Nagy nyomószilárdság

A nagy nyomószilárdságú ($> 60 \text{ N/mm}^2$) betonokat a nagy teljesítőképességű betonok közé sorolják és számos különböző szerkezetben használják. Gyakran alkalmazzák nagy teherbírású pillérek készítésére és előregyártó üzemek számos egyéb termékében.

Hagyományos nagyszilárdságú beton keverékek

A hagyományos nagyszilárdságú beton gyártásában a bedolgozhatóság mellett különös gondot kell fordítani a keverékekre és az alapanyagokra.

- Nagyszilárdságú adalékanyagok használata, megfelelő szemalakkal (szögletes) és csökkentett szemnagysággal ($< 32 \text{ mm}$).
- A víztartalom nagyon erős csökkentése következtében nagy tömörségű és ezáltal nagy szilárdságú a cementkő.
- Erősen szilárdságnövelő, különleges kötőanyagok használata az adalékanyag szemcsék felületéhez történő jó tapadás érdekében (szilikapor).
- Képlékeny betonkonzisztencia használata betonadalékszerek segítségével, a teljes légtelenítés biztosítására.

CEM I 52,5	450 kg/m ³
Szilikapor	45 kg/m ³
Adalékanyagok zúzott mészkő	0-16 mm
Víz/cement tényező ¹	0,28
7 napos szilárdság	95 N/mm ²
28 napos szilárdság	110 N/mm ²
90 napos szilárdság	115 N/mm ²

¹ A k-érték elve alapján meghatározva (lásd a 2.5. fejezetet)

48. táblázat: Beton recept minta

Újszerű nagyszilárdságú beton keverékek

A hagyományos beton keverékek mellett számos különböző, alternatív nagyszilárdságú beton (és habarcs) recept kifejlesztésére került sor. Mindegyikben közös a nagyszilárdságú összetevők és a minimális víztartalom utáni kutatás. Különleges adalékanyag szemcséket és szemmegoszlásokat nagy hatású folyósítókkal együtt használnak fel ennek elérésére. A szilárdság további növelését segítették elő az új szárítási és szilárdítási technikák is (mint pl. a nyomással történő szilárdítás). Az ilyen módon készített betonok, melyek inkább habarcsnak tekinthetők, elérhetik akár a $150 - 200 \text{ N/mm}^2$ -nél nagyobb szilárdságokat is.

Különös gondot fordítsunk a következőkre:

- A nagyszilárdságú beton mindig nagy tömörségű beton is egyben.
- Tehát a nagyszilárdságú betonok utókezelése még fontosabb (nem elegendő a betonban lévő nedvességtartalom)

- A nagyszilárdságú beton rideg is, a szilárdsága és a megnövelt me-revsége miatt (hatás a nyírási tulajdonságokra)
- A víztartalom 0,38 alá csökkentésével egyes cement szemcsék ada-lékanyagként viselkednek, mert nem lehet az egész cementet hidratálni.
- A nagyszilárdságú betonban a portlandcement mellett nagy mennyi-ségű hidraulikus és puccolános anyagot használunk, amelyeknek kiváló utószilárdulási tulajdonságaik vannak.

49. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® FM	Nagy hatású	A víztartalom maximális csökkentése és ezzel a cementkő szilárdságának növelése
Sika® ViscoCrete®	folyósító adalékszer	
SikaFume®	Szilikapor	A cementkő további tömörítése, szilárdítása, és az adalékanyag valamint a cementkő közti tapadás javítása.
Sika® Silicoll		
Antisol®	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.
Sika® NB		

3.2.6. Csúszózsalus beton

A csúszózsalus építéstechnológia esetén a zsaluzatot folyamatosan moz-gatják a betonozási folyamattal egyidejűleg a nap 24 órájában. A zsaluzat, a munkapadozattal és a belül vagy kétoldalt rögzített függőállvánnyal együtt van rögzítve az emelőkerethez a fal közepén. A hidraulikusan működtetett emelőgép – a hőmérséklettől függően – óránként 15 – 30 cm-es sebes-séggel emeli a zsaluzatot. A felül csőhüvelyben elhelyezett emelőkereteket a már megszilárdult beton támasztja alá. A keretek és a hüvelyek is folya-matosan emelkednek. Ezeket a munkákat a gyakorlatban kizárólag erre szakosodott vállalkozók hajtják végre.

A csúszózsalus építéstechnológia gyors és hatékony. A módszer különö-sen alkalmas az egyszerű, állandó keresztmetszetű és magas létesítmé-nyekhez, mint például:

- magas raktárak, silók,
- torony- és kémény szerkezetek,
- akna szerkezetek.

Mivel a zsaluzat magassága általában csak 1,20 m körül van, és a haladási teljesítmény óránként 20 – 30 cm, ez azt jelenti, hogy az alatta lévő beton kora mindössze 4 – 6 órás és elég merevnek kell lenni ahhoz, hogy önhordó legyen (korai, zöld szilárdság). Mindazonáltal nem szilárdulhat meg annyira, hogy valamely része az emelkedő zsaluzathoz ragadjon („leválások”). A problémamentes csúszózsaluszás fő követelménye, hogy a betonozás azo-nos magasságban egyidőben történjen és azután ezek a rétegek egy ütem-ben szilárduljanak. Tehát a hőmérsékletnek és az optimális víz/cement tényezőnek nagy a befolyása.

Összetétel

■ Adalékanyag

- 0-32 mm, vagy 0-16 mm sűrű vasalás esetén.
- Habár a csúszózsalsú beton főképpen daruzott beton, a finomrésztartalomnak olyannak kell lennie, mint a szivattyúzható betonnál.

■ Cement

- Legalább 300 kg/m³
- CEM I 42,5 sűrű vasalás és a nagyobb geometriai méretek esetén, CEM I 52,5 kisebb méreteknél (tornyoknál, kéményeknél).

Bedolgozhatóság

Legjobban bedolgozhatónak a kissé képlékeny beton bizonyult, 35 – 41 cm területi mértékkel (F2 konzisztencia osztály) és alacsony víztartalommal.

Különös gondot fordítson arra, hogy

a 14 cm-nél kisebb falvastagság problémát okozhat (leválások, az emelőkört lehorgonyozása, stb.)

A frissen kizsaluzott felületeket amennyire csak lehetséges védeni kell a szélről és napsugárzástól, stb.

50. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Nagyobb szilárdság és tömörség, víz-csökkentés
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek (magasabb hőmérsékletek, nagyobb folyósítóerő)	Nagyobb szilárdság és tömörség, erős vízcsökkentés, nagyobb kezdőszilárdság
SikaFume® Sika® Silicoll	Szilikapor	Nagy szilárdság, nagyobb tömörség, finomrész pótlás
Sika® ST Sika® Control	Stabilizáló adalékszer	Az összetartó képesség fokozása, finomrész pótlás
SikaAer® Sika® LP	Légbuborékképző adalékszer	Légbuborékok bevitele. Fagy- és olvasztósó álló csúszózsalsú beton előállítás
Sika® Rapid, Sika® BE Sika® Retarder, Sika® VZ	Szilárdulásgyorsító, kötés-késleltető adalékszer	A csúszózsalsú beton kötési és szilárdulási folyamatának szabályozása.

3.2.7. Vízáró beton

A vízáró beton normál körülmények között egy tömör beton. A tömör beton eléréséhez megfelelő szemmegoszlási görbét kell előállítani és csökkenteni kell a kapilláris porozitást. A vízáróság vizsgálatát az 5.1.3. fejezetben tárgyaljuk.

A kapilláris porozitás csökkentéséhez a következő intézkedések szükségesek:

- a víz/cement tényező csökkentése,
- a pórusok további lezárása puccolános anyagokkal.

A vízzáróságot befolyásolja továbbá a beton kiszáradással szembeni védelme, azaz megfelelő utókezelése.

Összetétel

■ Adalékanyagok

- Egyenletes szemmegoszlási görbe
- Az adalékanyagok finomrésztartalma alacsony legyen
- A megfelelő finomrésztartalom eléréséhez szükséges a kötőanyag tartalomhoz való igazodás

■ Cement

Az MSZ 4798-1 szabvány szerinti legkisebb cementtartalomnak való megfelelés

■ Kiegészítő anyagok

Használjon puccolános vagy látens hidraulikus kiegészítő anyagokat

■ Víz/cement tényező

Alacsony víz/cement tényező a kapilláris porozitás csökkentésére

Bedolgozás

■ A vízzáró beton előállításához ajánlatos a kissé képlékeny, képlékeny betonkonzisztencia használata.

■ Lényeges a munkahézag nélküli, egy ütemben történő betonozás. Fontos még a beton gondos és egyenletes tömörítése.

Utókezelés

■ Elengedhetetlen az azonnali és alapos utókezelés; lásd a 8. fejezetben.

51. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Nagyobb szilárdság és tömörség, víz- és a kapilláris porozitás csökkentése
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	Nagyobb szilárdság és tömörség, erős víz csökkentés, a kapilláris porozitás csökkentése
SikaFume® Sika® Silicoll	Szilikaporok	Nagy szilárdság, nagyobb tömörség
Sika® DM Sika® Hydrofuge HW	Tömítő adalékszerek	A kapilláris porozitás csökkentése
SikaAer® Sika® LP	Légbuborékképző adalékszer	Légbuborékok bevitelle, a kapilláris pórusok megszakítása, a vízfelvétel csökkentése
Antisol® Sika® NB	Utókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.

3.2.8. Látszóbeton

A modern építészetben a betont nemcsak mechanikai tulajdonságai miatt alkalmazzák, hanem egyre gyakrabban használják formai elemként, esztétikai okokból is. Ez azt jelenti, hogy a felületképzéssel szemben magasabb követelményeket támasztunk. Számos módja van annak, hogy különleges hatásokat érjünk el ezen a területen:

- Alkalmas betonkeverék kiválasztása.
- A zsaluzat anyagának és típusának meghatározása (a zsaluzatnak a legteljesebb mértékben hézagmentesnek kell lennie).
- Helyes fajtájú és mennyiségű formaleválasztó szer használata.
A formaleválasztó szer felhordási módjának helyes kiválasztása.
- Szükség esetén stuktúrált zsalubetétek használata.
- Adott esetben utólag, kőszerűen megmunkált felületek készítése.
- Pigmentek használatával színes felületek is előállíthatók.
- A bedolgozás legyen megfelelő (betöltés, tömörítés, stb.).
- Az utókezelés legyen gondos és alapos.

A fentiekben felsorolt tényezőkön kívül még az alábbiak betartása fontosak a betonkeverék készítésénél:

■ Adalékanyag

- Használjon finomrészben gazdag keverékeket.
- A minimális finomrésztartalom ugyanaz, mint szivattyúzható beton esetén (lásd a 3.2.1. fejezetet).
- Válasszon kiegyensúlyozott szemmegoszlási görbét.
- Lehetőség szerint használjon gömbölyű szemű adalékanyagot.
- Vegye figyelembe az adalékanyagban lévő színeltéréseket.

■ Cement

- Alapvetően bármilyen fajta cement alkalmazható.
- Vegye figyelembe a cement látszóbeton felületre gyakorolt hatását.
- Mennyisége általában $> 300 \text{ kg/m}^3$.

■ Kiegészítő anyag

- Használjon különleges kiegészítő anyagokat a beton tulajdonságainak szükség szerinti javítására.

■ Víz

- Az építészeti látszóbeton víztartalmával kapcsolatban nagy gondosságra és következetességre van szükség (kerülje a víztartalom ingadozását).
- Előzze meg a vízkiválást, mert az lecsorgás következtében foltosodást okozhat

Beépítés

A betont 300 - 500 mm-es egyenletes rétegekben dolgozza be. Minden réteget össze kell vibrálni az alatta lévővel (jelölje a vibrátoron).

Megfelelő méretű rúdvrátort használjon:

< 20 cm falvastagság	Rúdátmérő Ø ≤ 40 mm
20 – 40 cm falvastagság	Rúdátmérő Ø 60 mm
> 50 cm falvastagság	Rúdátmérő Ø 80 mm

52. táblázat: Rúdvrátor használata látszóbetonhoz

A beépítési konzisztencia képlékeny, kissé képlékeny legyen.

Az állandó minőség érdekében gondolja át öntömörödő beton (SCC) alkalmazását.

Válasszon megfelelő betöltési módszert és sebességet.

Utókezelés

Írjon elő gondos és alapos utókezelést a 8. fejezetben leírtak szerint.

Vegye számításba be az aktuális időjárási viszonyokat.

Övintézkedések

Jelentős kötési késleltetést okozhat új, kezeletlen fa zsaluzat esetén a facukor felületi kiválása, amely felületi elszíneződéshez és porzáshoz vezet. Amennyiben a beton víztartalma beépítéskor túl nagy, ez buborékos felületet, hólyagosodást eredményezhet.

A nem megfelelően tömörített beton felületén a vibrálás hatására ún. vibrációs porozitás jelenhet meg, kemény, vastag cement filmmel.

Amennyiben a betonozási rétegek túl vastagok, fennáll a veszélye annak, hogy a levegő az elégtelen vibráció miatt nem tud eltávozni.

Túl sok formaleválasztó szer felhordása megakadályozza a (vibráció által keltett) légbuborékok eltávozását.

53. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Javítják a konzisztenciát és a bedolgozhatóságot
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalék szerek	Javítják a konzisztenciát és a bedolgozhatóságot
Sika® PerFin	Felületminőség javító szerek	Javítja a felület minőségét, csökkenti a felületi buborékképződést
Sika® ColorCrete®	Folyékony beton festékek	Felület színezése, bedolgozhatóság javítása
Sika® TR, Separol®	Formaleválasztó szerek	Megkönnyítik a kiszalasztást és a zsaluzat tisztítását
Rugasol®	Felületi kötés késleltető szerek	Látszó adalékanyagú betonfelületek készítése kimosással

3.2.9. Tömegbeton

A tömegbeton alatt a nagyon vastag szerkezeteket (> 80 cm) értjük. E szerkezeteknek nagy méretei vannak, ami általában azt jelenti, hogy nagy mennyiségű betont kell beépíteni rövid idő alatt. Ez különösen jó tervezést és hatékony folyamatokat igényel.

A tömegbeton felhasználásai:

- Nagy terhelésű szerkezetek alapozásai
- Vízépítési szerkezetek
- Felúszás (ált. talajvízben) elleni szerkezetek, illetve alapozások
- Sugárvédő nehéz- és hidrátbetonok
- Kitöltő betonok

Ezeknél a nagytömegű szerkezeteknél a következő legfontosabb problémák merülnek fel:

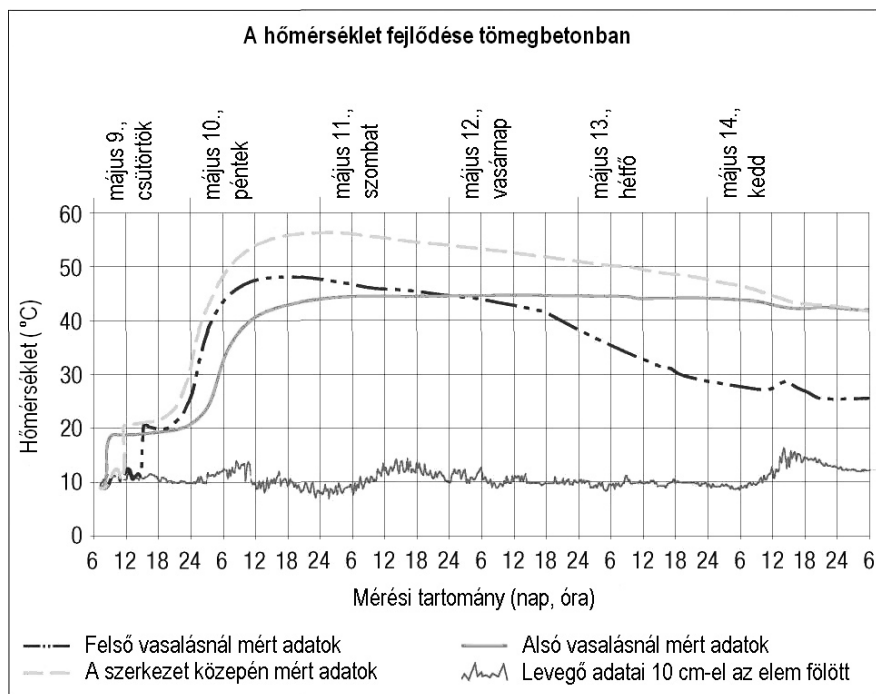
- Nagy hőmérséklet-különbségek jönnek létre a belső rétegek és külső felület között a kötés és szilárdulás során.
- Nagyon gyorsok a maximális hőmérsékletek.
- Kiszáradás következtében nagy különbségek jönnek létre a nedvességtartalomban belül és kívül, ezáltal erős a zsugorodás.
- A beton plasztikus ülepedése, illetve zsugorodása következtében repedések jönnek létre a felső vasbetétek felett és bemélyedések azok alatt.

Kockázatok

Mindezek a folyamatok repedéseket és cementkő hibákat okozhatnak. Úgynevezett „térkép-repedések” jelenhetnek meg, ha a külső és belső hőmérséklet különbsége nagyobb, mint $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ vagy ha a külső rétegek kiszáradása következtében azok összehúzódnak. A „térkép-repedések” általában csak néhány centiméter mélyek és később újra összezáródnak, ha a hőmérséklet-különbség megszűnik.

Óvintézkedések

- Használjon alacsony hőfejlesztésű cementeket
- Dolgozzon kis víztartalommal (víz/cement tényező csökkentése)
- A lehető legnagyobb szemnagyságot használja (pl. $D_{\max}=50$ mm $D_{\max}=32$ mm helyett)
- Szükség esetén hűtse az adalékanyagokat, hogy alacsony legyen a frissbeton kiindulási hőmérséklete.
- A betont rétegesen építse be (rétegvastagság < 80 cm)
- Késleltesse az alsó rétegek kötését, hogy ezáltal biztosítható legyen a legfelső réteggel való összevibrálás
- Használjon hőszigetelő módszereket az utókezelésben
- Biztosítsa az illesztési fugák és a betonozási munkahézagok helyes megtervezését és kiosztását, hogy ezáltal lehetővé váljon a hőeloszlás és a hőmozgás



3. ábra: A hidratációs hő mérése egy 160 cm vastag alaplemezben, három szinten

54. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Vízcsökkentés
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	Erős vízcsökkentés
Sika Retarder®	Kötéskésleltető adalékszer	A kötési folyamat meghosszabbítása
Sika® VZ Antisol® Sika® NB	Útókezelőszer	A korai kiszáradás elleni védelem.

3.2.10. Szálerősítésű beton

A friss- és a megszilárdult beton számos különféle tulajdonságát hatékonyan lehet befolyásolni szálak hozzáadásával. A szálaknak számtalan különféle típusa van, különféle anyagjellemzőkkel és formákkal. Nagyon fontos a különböző alkalmazási területekhez a megfelelő szálak kiválasztása. A szálak tényleges anyagának kiválasztása mellett azok alakja ugyan csak fontos tényezője a sikeres felhasználásnak.

Szálerősítésű betont a következő célokra használnak

- Ipari padlók
- Lőttbeton
- Vékony falú szerkezetek (előregyártás)
- Tűzálló szerkezetek

Szálerősítésű beton tulajdonságai

- Szerkezetek szívósságának javítása
- Hajlító- és húzószilárdság növelése
- Későbbi repedezettséggel szembeni ellenállás
- Repedés eloszlás javítása
- Zsugorodás csökkenése a beton fiatal korában
- Beton tűzállóságának javítása
- Bedolgozhatóság befolyásolása

Betonkészítés

A szálerősítésű betonok gyártásánál a szál gyártójának utasításait kell követni. A szálak nem megfelelő időben való hozzáadása, vagy helytelen bekeverése nagy problémákat okozhat, sőt akár használhatatlanná is teheti a szálakat.

- Tegyen eleget a gyártó által előírt hozzáadási időpontnak (azaz a betongyárban vagy a mixekkocsiban)
- Tartsa be a keverési időtartamot (a szálak csomósodása, ill. törése)
- Ne lépje túl az ajánlott maximális szál-tartalmat (jelentős romlás a bedolgozhatóságban)
- A szálak általában növelik a keverék vízigényét (ezt egyenlítsé ki folyósítóval)

Szál típusok

- Acél szál
- Műanyag szál
- Üveg szál
- Szén szál
- Természetes szálak

3.2.11. Nehézbeton

A nehézbetont ($> 2600 \text{ kg/m}^3$) általában sugárvédelemre használják. A nehézbeton mértékadó tulajdonságai a következők:

- Egyenletes sűrűség és térbeli zártság (tömörség)
- Repedésektől, öntési hibáktól mentes (fészekmentesség)
- A nyomószilárdság gyakran csak másodlagos követelmény a szerkezet nagy méretei következtében
- Légpórusoktól mentes, amennyire csak lehetséges
- Tartsa alacsony szinten a zsugorodást

Összetétel

■ Adalékanyag

- Használjon baritokat, vasércet, nehézfém salakokat, ferro-szilíciumokat, acél-granulátumot vagy -sörétet

■ Cement

- Számoljon a hidratációs hő fejlődésével, amikor a cement típust és a tartalmat megválasztja

■ Víztartalom

- Törekedjen kis víz/cement tényezőre

Bedolgozhatóság

A teljesen zárt beton-test biztonságos előállításához, alaposan át kell gondolni a beépítést (tömörítést).

Utókezelés

Az utókezelés módszerének megválasztásánál figyelemmel kell lenni a nagy tömegű szerkezet következtében létrejövő jelentős mértékű hőfejlődésre. Az utókezelést egyébként a 8. fejezetben leírtak szerint kell elvégezni.

55. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Vízcsökkentés A bedolgozhatóság javítása
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	Erős vízcsökkentés A bedolgozhatóság javítása
SikaFume® Sika® Silicoll	Szilikaporok	Nagyobb tömörség
Sika® Control	Zsugorodást csökkentő szer	A zsugorodás csökkentése
Antisol® Sika® NB	Utókezelő szer	A korai kiszáradás elleni védelem.

3.2.12. Víz alatti beton

Ahogy a neve is mutatja a víz alatti betont a víz szintje alá építik be.

Víz alatti betont a következő célokra használnak

- Kikötői, hajórakodói létesítmények
- Hidak folyóban álló pilléralapjai
- Vízépítési műtárgyak
- Metró szerkezeti rendszerek
- Mélyaknák instabil talajban, ahol a vízszint belső süllyesztése hidraulikus talajtöréshez vezethet, stb.

Összetétel (Szemmagyság: 0/32 mm)

■ Adalékanyag

- Szivattyúzható betonokhoz alkalmas adalékanyagot használjon (lásd 3.2.1. fejezetet)
- A finomrész mennyisége (lásd 1.6. fejezetet) a cementtel együtt legyen $> 400 \text{ kg/m}^3$

■ Cement

- A legkisebb cement tartalom 350 kg/m^3 legyen

Különleges követelmények

A víz alatti beton bevált bedolgozási módszere, amelynek során a beton minimális veszteséggel elhelyezhető az ún. betonozó tölcéses módszer. Ennek során a betont egy $\varnothing 20 - 40 \text{ cm}$ átmérőjű csövön keresztül juttatják be a már beépített betonba. A csövet folyamatosan emelik, de az alsó végének elég mélyen bele kell merülnie a betonba, hogy megakadályozza a víz visszaáramlását a csőbe.

Manapság egy másik szokásos módszer, hogy egy megfelelően módosított betonkeveréket szivattyúznak szokásos betonszivattyún keresztül. A beton szállító cső végét itt is elegendő mélységben kell a frissbetonban tartani.

Egyéb fontos szempontok

- Ahogy a víz áramlási sebessége nő, úgy jelenhet meg egyre több kimosódás. A legjobb, ha nincs áramlás.
- Kerülje a nyomáskülönbségeket a csőben (vízszint különbség az aknában).

Különleges víz alatti beton

Előre durva kő zsákokat vagy sodronyhálókat ún. gabionokat helyeznek el, amit azután később meg lehet tölteni a módosított cement szuszpenzióval (zsák módszer).

56. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV	Képlékenyítő	Javítják a konzisztenciát
Plastiment®	adalékszerek	Csökkentik a víztartalmat
Sika® FM	Folyósító	Javítják a konzisztenciát
Sika® ViscoCrete®	adalékszerek	Csökkentik a víztartalmat
SikaPlast®		
Sika® ST	Stabilizáló	Javítják az összetartó képességet
Sika® Control	adalékszerek	Megakadályozzák a finomrésztartalom kimosódását Alkalmazhatók álló- és kismértékben folyó vízben
Sika® UW	Adalékszer víz alatti betonok előállításához	Javítja az összetartó képességet Megakadályozza a finomrésztartalom kimosódását Alkalmazható erősen folyó vízben

3.2.13. Könnyűbeton

Könnyűbeton alatt kis testsűrűségű ($< 2000 \text{ kg/m}^3$) betont és habarcsot kell érteni. Vagy kisebb testsűrűségű adalékanyagokat használnak, vagy mesterséges légzárványokat (buborékokat) hoznak létre a testsűrűség csökkentésére. A választott módszer legfőképpen a könnyűbeton alkalmazási területétől és a megkívánt tulajdonságoktól függ.

Könnyűbetont a következő célokra használnak

- Hőszigetelés
- Könnyűszerkezetes építési mód (födémek, falak, hídgerendák)
- Előregyártott termékek (pl. virágládák)
- Kiegyenlítő betonok
- Kitöltő betonok

Könnyűbeton tulajdonságai

- A frissbeton testsűrűségének csökkentése
- A megszilárdult beton testsűrűségének csökkentése
- Amikor a könnyűbetont kis teherbírási követelményekkel kitöltő betonnak használják (legfontosabb követelmény az alaktartóság), akkor általában nagy porozitású betonokat és habarcsokat készítenek (habbeton)
- Amikor a könnyűbetonnak jó mechanikai tulajdonságokra (nyomószilárdságra) van szüksége, akkor különleges adalékanyagokat használnak, amelyek porózusak, de alaktartók (könnyű adalékanyag, nagy hézagterfogatú betonok).

Könnyűbeton készítése

- A porózus könnyű adalékanyagokat, mint pl. a duzzasztott agyagkavicsot előzetesen be kell nedvesíteni, hogy a keverés folyamán megakadályozzuk a túl sok víz elszívását a betonból.
- A konzisztencia ne legyen túlságosan folyós a szétosztályozódás veszélye miatt.
- Azoknál a könnyűbetonoknál, melyek testsűrűsége $< 1600 \text{ kg/m}^3$, nehézségek léphetnek fel a szivattyúzásnál
- A rúdvrátórok helyes kezelése különösen fontos (gyors bemeíítés, lassú kiemeelés) a bezáródó levegő elkerülése céljából.
- Az utókezelést azonnal meg kell kezdeni és alaposan kell elvégezni. Megfelelő módszerek, a nedvesen tartás és fóliával való letakarás vagy az utókezelőszórral való beszórás. Megfelelő utókezelés nélkül a száradási különbségek miatt nagy a repedésképződés veszélye.
- A habbetonok zsugorodása gyakran jelentős és kicsi az alaktartásuk.

Könnyűbeton előállításához használt anyagok

- Duzzasztott agyagkavics
- Duzzasztott polisztirol gyöngy
- Gyaluforgács (fűrészpor)
- Különleges légbuborékképző adalékszerek, amelyek nagy mennyiségű stabil légbuborékot hoznak létre
- Habképző adalékszerek

Testsűrűség

A betonreceptek és a felhasznált alapanyagok függvényében a következő testsűrűségi osztályokat és tulajdonságokat lehet elérni.

Alapanyag	Testsűrűség	Tulajdonság
Adalékanyag	$> 1800 \text{ kg/m}^3$	Jó mechanikai tulajdonságok
Duzzasztott agyagkavics	$> 1500 \text{ kg/m}^3$	Korlátozott mechanikai tulajdonságok
Légbuborék-képzők	$> 1200 \text{ kg/m}^3$	Mechanikai tulajdonságok nélkül (könnyen előállítható habbeton)
	$> 1500 \text{ kg/m}^3$	Habbeton alacsony szintű mechanikai tulajdonságokkal
Habképzők	$> 800 \text{ kg/m}^3$	Mechanikai tulajdonságok nélkül, mint pl. kitöltő habarcs
Duzzasztott polisztirol gyöngy	$> 800 \text{ kg/m}^3$	Csekély mechanikai tulajdonságok

57. táblázat: A könnyűbetonok testsűrűsége

Sejtbeton

Duzzadást okozó kiegészítőket (pl. alumínium port) kevernek a habarcsba, hogy sejtbetont nyerjenek. A sejtbetont általában iparilag állítják elő. A sejtbeton nem igazán beton, valójában inkább habarcs.

58. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
SikaAer® és Sika® SB	Légbuborékképző és habképző adalékszerek	Habbeton előállítására, melynek levegőtartalma elérheti a 40%-ot.
Sika® SB	Habképző adalékszerek	Habbeton előállítására, melynek testsűrűsége akár 400-2000 kg/m ³ között változhat.
SikaPump®	Szivattyúzást segítő szer	Könnyűbeton szivattyúzhatóságának és összetartó képességének javítására
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Könnyűbeton tömörségének és bedolgozhatóságának javítására.
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	Könnyűbeton tömörségének és bedolgozhatóságának javítására.
Sika® ST	Stabilizáló adalékszer	A vérzés és a szétosztályozódási hajlam csökkentésére.

3.2.14. Hengerelt beton

A hengerelt beton olyan betonfajta, amit a szokásos (aszfalt) útburkolat készítő berendezésekkel készítenek és azután sima felületű, vibrátoros hengerekkel szinteznek és tömörítenek. A hengerelt betont legfőképpen az USA-ban használják (de Németországban is) gátépítéseknel, nagy felületek (autóparkolók) és útfelületek építésére. A beton összetétele hasonló a közönséges (normál) betonéhoz. Földnedves konzisztencia, zúzott adalékanyag ajánlatos a jó korai szilárdság érdekében.

A durva anyagot, a homokot, a kötőanyagot (szabványos cement) és a víztartalmat egyeztetni kell. Különösen a víztartalmat kell állandó értéken és pontosan betartani, hogy a hengerezés a lehető legjobb tömörséget hozza létre.

3.2.15. Színezett beton

A színezett betont pigmentált fémoxidok (főként vasoxidok) hozzáadásával állítják elő. A pigmentek por alakban, mint kis portartalmú finom granulátumok vagy folyadék formában használhatók.

Adagolásuk általában a cement tömegére vetítve 0,5 – 8,0%. Nagyobb adagolások esetén figyelemmel kell lenni a beton minőségére.

Szokásos színek a következők

- Vasoxid sárga
- Vasoxid vörös/barna
- Krómoxid zöld
- Fehér (titán-dioxid; általános fehéritő, világosító)
- Fekete (vasoxid fekete; Megjegyzés: a szénfekete károsan befolyásolhatja a légbuborékok képződését)

A színezést fokozni lehet

- Világos színű adalékanyag használatával
- Fehér cement használatával

A por alakú pigmenteket a cement után adjuk a keverékbe és szárazon keverjük meg (kb. 1 percig). A víz hozzáadása után a keverési idő további 1 perc legyen. A színes pigmentek, mindenekelőtt a por alakúak növelhetik a vízigényt (mindenekelőtt a sárga: hosszúkás szálak), használjunk folyósító szereket. A betont gondosan utókezeljük.

A színezett beton színét csak megszilárdult és kiszáradt állapotban lehet megbízhatóan elérni és ez a következő tényezőktől függ:

- A színező anyag típusától, mennyiségétől és finomságától
- A cement típusától
- Az adalékanyagoktól
- A betonkeverék összetételétől

A színezett beton használatával kapcsolatos további információkat a 3.2.8. fejezetben (Látszóbeton) adjuk meg.

59. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	A szilárdság és tömörség növelése Vízcsökkentés, optimalizált pigment eloszlás (a felületeken)
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	A szilárdság és tömörség növelése Erős vízcsökkentés, optimalizált pigment eloszlás (a felületeken)
Sika® ColorCrete®	Folyékony festék színezett beton előállításához	Beton, illetve látszóbeton felületek színezése

3.2.16. Földnedves beton előregyártott betontermékekhez

Általános tudnivalók

A földnedves betont kisméretű előregyártott betontermékek gyártásához használják.

- Betonkő burkolatok, térkövek
- Szegélyek
- Járdalapok
- Kertészeti termékek
- Csövek

A fő alkalmazás a betonkő burkolatok, térkövek.

A földnedves beton különleges jellemzői a következők:

- Azonnal kivehető a zsaluból
- Állékony még a hidratáció előtt
- Alaktartó közvetlenül a tömörítés után (zöld szilárdság)

A folyamat előnyei a következők:

- Termékfajtánként csak egy forma szükséges (kis tökebefektetés)
- Az összes termékhez csak egy tömörítő berendezés szükséges
- Termékváltáskor a forma gyorsan cserélhető (rugalmas gyártás)

Földnedves betontechnológia

Hogyan lehet ezeket a különféle frissbeton jellemzőket technológiailag elérni?

- Finomrész szemmegoszlási görbe (maximális nagyság 8 mm, víztartalommal kapcsolatos magas követelmények)
- Kis víz/cement tényező (0,35 – 0,40)
- Alacsony kötőanyag tartalom
- Nagyszilárdságú cement (42,5 R)
- Cement kiegészítő anyagok (pernye, mészkő liszt)

Ez alacsony cementpép tartalmat és ezáltal szemcsés konzisztenciát eredményez a friss állapotban. Az eredmények:

- Nehéz tömöríteni
- Csekély légbuborékképződés
- Érzékeny a korai vízleadásra, kiszáradásra

A szilárdság a betontechnológia általános szabályai szerint fejlődik és hasonló a nagyszilárdságú betonokéhoz.

Anyag/m ³	C 45/55	Földnedves magbeton
Konzisztencia (tömörítés nélkül)	Folyós (terülés: 56 cm)	Szemcsés, széteső
Adalékanyag	1860 kg	1920 kg
Homok 0/2	38%	55%
Kavics 2/8	18%	45%
Kavics 8/16	44%	-
k-érték	4,14	3,10
Kötőanyag összesen (cement és kiegészítők)	360 kg	320 kg
Cement	100%	75%
Pernye	-	25%
Víz	162	kg 120 kg
Víz/kötőanyag tényező	0,45	0,38
Betonadalékszer		
(cementtömegre vetítve)	1,5% (folyósító)	0,4% (képlékenyítő)
Pórus(lég)tartalom	1,5%	3,9%
Frissbeton testsűrűsége	2,38 kg/dm ³	2,36 kg/dm ³
Nyomószilárdság 1 napos korban	Kb. 33 N/mm ²	Kb. 33 N/mm ²
Nyomószilárdság 28 napos korban	Kb. 68 N/mm ²	Kb. 68 N/mm ²

60. táblázat: A szabványos- és földnedves beton összehasonlítása

A szabványos betonnal való összehasonlítás jelzi a földnedves konzisztencia okát:

- Sűrűbb az alacsonyabb víz/cement tényező következtében (merev)
- Az adalékanyag szemcsék felületén közel 40 – 50%-kal kisebb nedvességtartalmú a cementpép, kevesebb a kötőanyag, alacsonyabb a víz/cement tényező és finomabb az adalékanyag

Beton burkolókövek és kisméretű betonáruk gyártási eljárása

Ezt a szemcsés betont nem lehet tömöríteni a szokásos vibrátoros eszközökkel. Speciális gépekre van szükség, amelyek vibroprésként működnek: a betont egyidejűleg sajtolják és vibrálják.

- Mozgatható tojógéppel történő gyártás (a tömörítés közvetlenül a gyár padlójára történik).
- Többsoros gyártás (korábbi tömegtermelés, frissen gyártott termékeket közvetlen egymás tetejére rakják (fennállt az egész rakat összeomlásának veszélye).
- Gyártólapos eljárás (modern tömeggyártás, a gépek helyhez kötöttek, folyamatos gyártást tesznek lehetővé, a termékeket fa vagy acélgyártólapokra tömörítik, szállítják és kb. 24 óráig magasraktárban érlelik).

A beton burkolóköveket gyakran két rétegben gyártják:

- Magbeton = a burkolókő alsó betonrétege, amelynek a statikus terhelést kell hordania
- Kopóréteg vagy feltétbeton = a burkolókő felső finombeton rétege, amely vonzó megjelenést ad az elemnek és főleg a tartósságért (kopás, fagyás, stb.) felel.

Bizonyos területeken a beton burkolóköveket monolit betonból is gyártják, ez esetben valamivel finomabb magbetont használnak.

Betonáru minősége

Betonáru követelményei

- Gazdaságosság
- Zárt felületek és éles szélek
- Megfelelő „zöld beton” szilárdság
- Fokozott tömörség
- Nagy korai és végszilárdság
- Megfelelő fagy- és olvasztósó-állóság
- Minimális hajlam a kivirágzásra és elszíneződésre
- Homogén és egyforma színezés

A betonáru minőségét befolyásoló tényezők

A földnedves beton minősége legnagyobb részt a beton tervezésén és a gyártáson múlik. A tömörítés létfontosságú és a gyártási eljárástól, valamint a keveréktervezéstől függ.

Folyamat tényezők

- A gyártóformák állapota
- A tömörítési gyártólapok állapota
- A betöltési módszer
- Tömörítési idő és intenzitás
- A frissbetontermékek érlelése közbeni klimatikus viszonyok
- A szabadtéri tárolás időjárási körülményei és időtartama

Betontechnológiai tényezők

- Az adalékanyagok típusa, mennyisége és szemmegoszlási görbéje
- A cement típusa, mennyisége és finomsága
- A frissbeton víztartalma
- A kiegészítő anyagok adagolása
- Az adalékszerek adagolása
- A keverés sorrendje

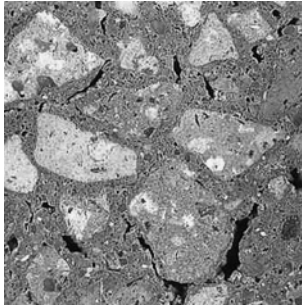
Az állandó minőség eléréséhez minden tényezőt állandó értéken kell tartani.

Tömörítés

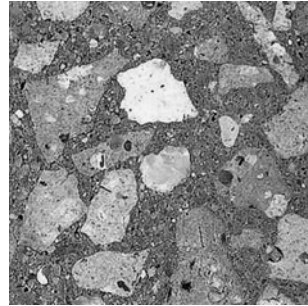
A tömörítés minősége a fent említett tényezőktől függ. A tömöríthetőség általában a következő esetekben javul:

- a tömörítési energia növelése (időtartam, frekvencia, stb.),
- a víztartalom növelése,

- nagyobb kötőanyag tartalom,
 - adalékszerek hozzáadása (tömörítés segítők) esetén.
- Mintegy 3,5 – 5,0 térfogat% pórustartalommal kell számolni a keverék tervezésénél



4. fotó:
Adalékszerek nélkül



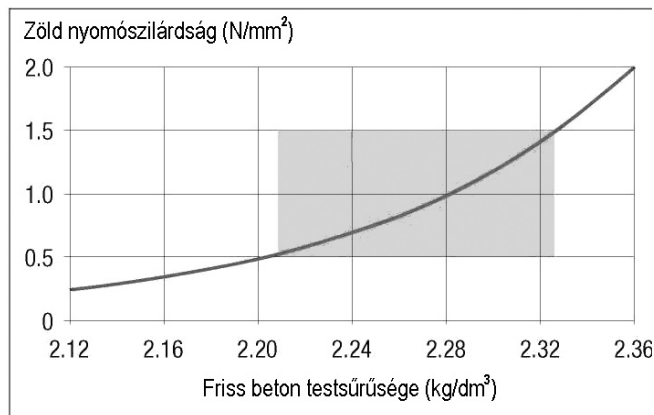
5. fotó:
0,4% **SikaPaver® C-100 Eco**
adalékszerrel

Az adalékszerek lehetővé teszik a gyorsabb és intenzívebb tömörítést. Megtakarítást lehet elérni tehát ezáltal a tömörítési időben, továbbá homogénebb betont lehet előállítani.

Zöld szilárdság

A földnedves beton a tömörítés után azonnal kiszaluzható. Az újonnan formázott beton termékek jó zöld szilárdsággal rendelkeznek tehát megtartják a formájukat. A szabványos burkolóköveknél (térkő) ez a zöld szilárdság kb. a 0,5-1,5 N/mm² tartományban van.

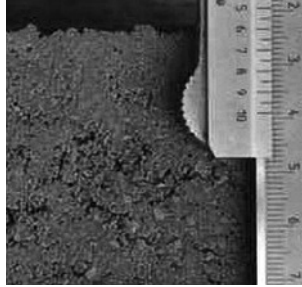
Ebben az időpontban a cement még általában nem kezdett hidratálódni (a szilárdság fejlődése). Ezt a hatást a talajmechanika törvényeiből lehet levezetni (látszólagos kohézió)



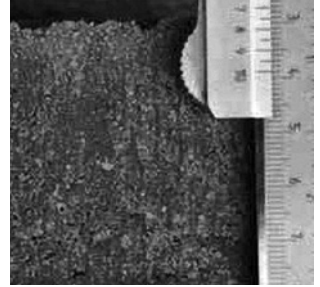
4. ábra: A zöld szilárdság alakulása a testsűrűség függvényében

Az élek minősége

A elégtelen tömörítés fészkeséget és durva felületet okoz. Az adalékszerek javítják a tömöríthetőséget. Az intenzív tömörítés az adalékanyag szemcséket közelebb nyomja egymáshoz. A cement pép ekkor a felületre nyomódik, és függőlegesen eloszlik az élek felé a kiszaluzáskor (a forma felemelésekor). Ez a folyamat segít a sima felület kialakításában. A különleges adalékszerek fokozzák a pépképződést.



6. foto: Durva felület
adalékszer nélkül



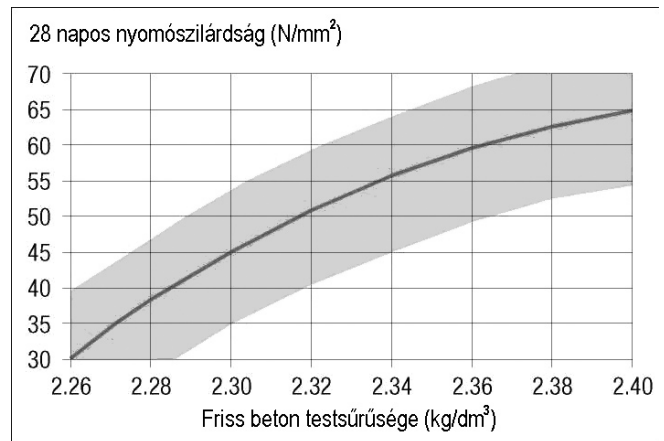
7. foto: Sima felület
0,25% SikaPaver® HC-210-el

Ez a kenőfilm (cementpép) csökkenti a súrlódást is a tömörített beton és a minta között, ami meghosszabbítja a szalu élettartamát.

Szilárdság

A földnedves beton burkolóköveket a gyártás után, mintegy 24 órán keresztül, állványokon tárolják egy utókezelő kamrában. Ezután el kell viselniük a rakatképzés során fellépő igénybevételeket. Ezért a korai szilárdság alapvető követelmény.

Általában a szilárdság növekszik a testsűrűség növekedésével.

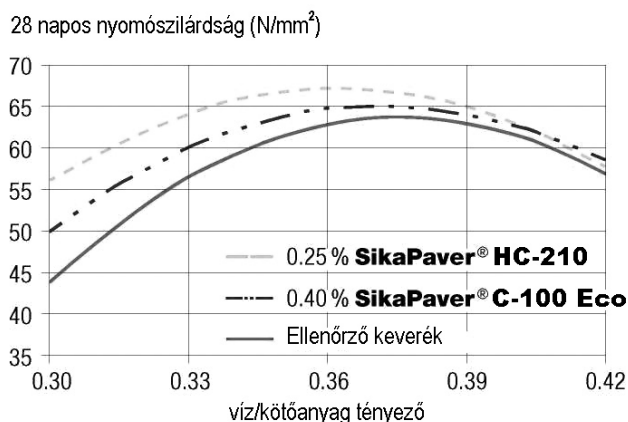


5. ábra: A nyomószilárdság alakulása a testsűrűség függvényében

Mindazonáltal ha túllépjük az optimális víztartalmat, a szilárdság romlik a növekvő testsűrűség ellenére is. Ez a szilárdságcsökkenés a kapillaris pórusok miatt jelenik meg, amelyek a víztöbblet hatására alakulnak ki és semlegesítik a kismértékű testsűrűség növekedést. Minél több cement kiegészítőt használnak, és minél alacsonyabb a cement tartalom, annál gyakrabban és hamarabb lép fel ez a jelenség – még viszonylag alacsony víz/cement tényező esetén is.

Nagyon fontos tehát az optimális víztartalom megtalálása és betartása az aktuális alapanyagokhoz és a használt betonkeverékhez.

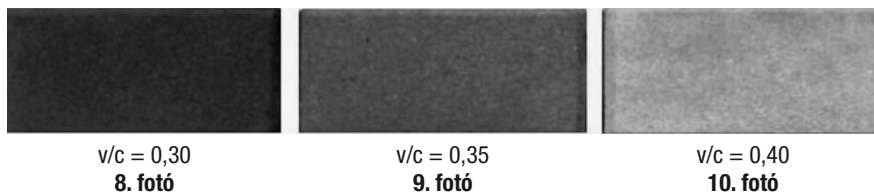
A **SikaPaver®** adalékszer technológiával az eredmények szórási tartománya minimalizálható, miközben a szilárdság tovább növekszik. A beton keverékek erőteljesebbek, lehetővé teszik a végtérkép előírásainak elérését az alapanyagok elkerülhetetlen változásai – pl. a víztartalom – ellenére. A betonkeverék optimalizálható.



6. ábra: A SikaPaver® termékek hatása a nyomószilárdságra

Színezett beton

Ma az előregyártott betonárúk 80%-a színezett. Fontos figyelembe venni azt a tényt is, hogy a cementkő színe is változik a víz/cement tényező függvényében (világosabb vagy sötétebb szürke). A víztartalom olyan kismértékű változása, mint 0,02 víz/cement tényező, már szabad szemmel is világosan látható. A szín intenzívebbé válik a cementkő világosabbá válásával.



Kivirágzás

A kivirágzás problémája jól ismert; ezek a fehér só kivirágzások különösen a sötétre színezett termékek látványát rontják. A legrosszabb eset az, amikor változik a kivirágzás intenzitása, ami általános esetnek tekinthető. Még ma sincs költség-hatékony módja a jelenség teljes megszüntetésének. Mi okozza a kivirágzást?

- Szabad kalcium-hidroxid Ca(OH)_2
- Vízzel töltött kapilláris pórusok (egészen a beton felületéig)
- A beton felületén álló víz
- Csekélyebb párolgási sebesség (ősszel – télen)
- Nem tökéletes hidratáció

Ez azt jelenti, hogy a kivirágzás általában akkor jelenik meg, ha a terméket szabad téren, egymásra rakva tárolják.

A kalcium-hidroxid a nedvességben lévő kalcium ionok koncentrációjának gradiense (helytől függő mennyiségi változása) miatt szállítódik beton felületére. A víz az elsődleges szállító közeg. Minél több víz tud felszívódni a megszilárdult betonba, annál nagyobb a többlet kalcium ionok szállításának esélye, ami a kivirágzás valószínűségét növeli.

A következő lépésekkel lehet megelőzni/csökkenteni a kivirágzást:

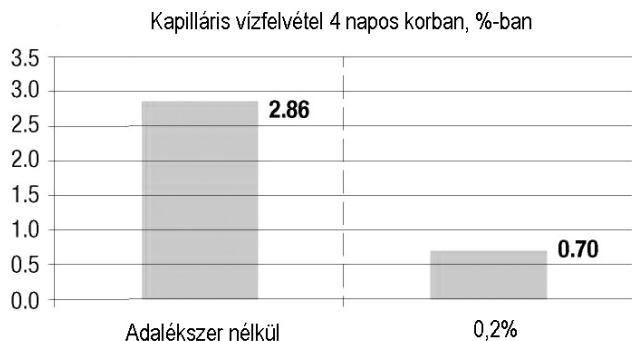
- Kis párolgási sebesség a tárolás folyamán (huzatmentesség)
- Korlátozatlan levegő (széndioxid) keringés a szilárdulás kezdetén
- CEM III cement használata
- Tömör betonszerkezet (cementkő tartalom + tömörítés)
- Esőtől és páralecsapódástól való védelem, és a levegő keringésének szellőztetéssel való fenntartása



11. fotó: Térkövek raktározása

Víztaszító adalékszerek használata mind a kopórétegben, mind a magbetonban

A SikaPaver® víztaszító adalékszer technológia segítségével a betonkövek kapilláris vízfelszívása nagymértékben csökken, ami a kivirágzás esélyét jelentősen csökkenti.



SikaPaver® AE-310

7. ábra: A SikaPaver® AE-310 hatása a vízfelvételre

Vonatkozó szabványok, előírások

- MSZ EN 1338 Beton útburkoló elemek
- MSZ EN 1339 Beton járdalapok
- MSZ EN 490 Beton tető- és idomcserepek tetőfedésre és falburkolásra
- MSZ EN 1916 Vasalatlan, acélszálal és vasalt betoncsövek és idomok
- MSZ EN 1917 Vasalatlan, acélszálal és vasalt betonból készült tisztító- és ellenőrző aknák

61. táblázat: SikaPaver® tömörítést segítő adalékszerek hatásai

	SikaPaver® C-100 Eco	SikaPaver® HC-210	SikaPaver® AE-310
Térkitöltő hatás javítása	0	00	0
Tömörítő hatás javítása	0	000	00
Bedolgozhatósági idő-tartam növelése	0		
Él- és pépképző hatás javítása		00	00
Tapadás csökkentése		0	00
Kezdőszilárdság növelése (24 órá)	0	00	0
Végyszilárdság növelése (28 napos)	0	000	00
Kivirágzás és vízfelvétel csökkentése			000
Színintenzitás fokozása			00

62. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa
SikaPaver® C-100 Eco	Költség-hatékony tömörítést segítő
SikaPaver® HC-210	Erős pépképző hatású adalékszer
SikaPaver® AE-310	Kivirágzást csökkentő, színfokozó szer

3.2.17. Hő-, illetve tűzálló beton

Maga a beton nem tud égni, de bizonyos hőmérsékletek felett először elveszti víztartalmát, majd mechanikai tulajdonságait, végül az alakját is. Különleges intézkedések nélkül a normálbeton +80 °C hőmérsékletig a tekinthető hőállóknak. A mérsékelt hőálló beton +200 °C -tól +500 °C-ig, a hőálló beton +500 °C -tól +800 °C-ig terjedő hőmérsékleti hatásoknak áll ellen. A tűzálló beton olyan betont jelent, amely + 800 °C feletti hőmérsékleti hatásoknak is ellenáll. Vasbeton- illetve feszített beton esetén figyelembe kell venni a feszítő- illetve vasbetét tulajdonságait, valamint azt is, hogy a betonok hőtágulása kisebb, mint az acélbetéteké.

A hő-, illetve tűzálló beton felhasználási területei

- Zárt létesítmények vesz-területei tűzálló betonok (alagút véskijáratok)
- Az infrastruktúra mérnöki szerkezetei hőálló betonok
- A teherhordó szerkezeti elemek vagy azok burkolata tűzálló betonok

A hő-, illetve tűzálló beton tulajdonságai

- A frissbeton a bedolgozás időtartama alatt általában úgy viselkedik, mint a normálbeton.
- A megszilárdult betonban a szokásosnál kissé lassabban fejlődik a szilárdság, de a tulajdonságok itt is ugyanazok, mint a normálbetonnál.

A hő-, illetve tűzálló beton gyártása

- A beton gyártása nem különbözik a normálbeton gyártásától.
- A keverési folyamatot figyelni kell az általában bevitt szálak következtében.
- A beton jövőbeni tűzállósága szempontjából előnyös, ha a lehető legjobban ki tud száradni.

A hő-, illetve tűzálló beton gyártásához szükséges alapanyagok

- A maximális tűzállóság elérése a felhasznált adalékanyagok összetételén alapszik.
- A tűzállóságot jelentősen meg lehet növelni különleges adalékanyagok használatával.
- A különleges műanyag szálak (PP) használata jelentősen megnöveli a tűzállóságot.
- A granulált kohósalak használata megnöveli a cementkő tűzállóságát.

A beton tűzben való viselkedésének mechanizmusa

A kapilláris pórusokban lévő és a felületeken adszorbeálódott víz a forráspont feletti (> +100 °C) hőmérsékleten elkezd párologni. A gőznek nagyobb térre van szüksége, ezért nyomást gyakorol a betonra. A cementkő +700 °C körüli hőmérsékleteken kezd el változni. Az adalékanyagok hő hatására történő változása leginkább eredetüktől függ. A homokos kavics (kvarc) tönkremenetele +600 °C körül robbanásszerűen történik. A beton +1200 °C körül kezd „megolvadni”.

63. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	A vízcsökkentés következtében kevesebb felesleges víz van a betonban
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	A jelentős vízcsökkentés következtében kevesebb felesleges víz van a betonban

3.2.18. Alagút túbging beton

A modern alagútépítési módszerek az instabil kőzetben, illetve talajban megkívánják a gyors és azonnal terhelhető burkolatokat a teljesen kibányászott alagútszakaszban. Erre a feladatra előregyártott vasbeton elemeket, ún. túbgingeket használnak, amelyek közvetlen teherviselő elemként és burkolatként is szolgálnak.

Gyártás

A nagy darabszám és a jelentős súly (darabonként több tonna) miatt az alagút túbgingeket majdnem mindig az alagút bejárata közelében, külön e célra létesített előregyártó berendezésekkel gyártják. A túbgingeknek nagy pontossági követelményeket kell teljesíteniük. A nehéz acél zsaluzat ezéért alapvető követelmény.

Mivel a kiszaluzás már 5 – 6 óra múlva bekövetkezik, és ekkorra a betonnak már $>15 \text{ N/mm}^2$ nyomószilárdságot kell elérnie, ennek a kezdőszilárdságnak a gyors kialakulása lényeges követelmény.

E követelmény teljesítésének számos módja van. Az ún. gőzöléses hőkezelési eljárásban a betont $28\text{--}30^\circ\text{C}$ -ra melegítik fel a keverés folyamán (meleg vízzel vagy gőzzel), majd beöntik a sablonba és rövid időn belül elvégzik a felületképzést. Ezután kb. 5 órán keresztül egy gőzölő kamrában vagy alagútban $50\text{--}60^\circ\text{C}$ -on érlelik, hogy elérje a kiszaluzáshoz szükséges szilárdságot.

Összetétel

Adalékanyag

- Normál körülmények között az MSZ EN 480-1 szerinti 0-32 mm szemmegeloszlás

Cement

Cement tartalom 325 vagy 350 kg/m^3

CEM I 42,5 vagy 52,5

Bedolgozás

A frissbetonkeverék a nagy hőmérséklet miatt gyorsan köt, amely megnehezíti a szakszerű tömörítést és a felületképzést.

A gyors és iparosított folyamat következtében a frissbeton konzisztenciáját kissé képlékenyre lehet beállítani. A megkívánt kezdőszilárdságot csak a kis értékű, $< 0,48$ víz/cement tényezővel lehet elérni.

Különleges követelmények

A frissen kiszaluzott tübbingeket letakarással vagy utókezelőszer felhordásával, mint pl. **Antisol®** kell utókezelni.

Mindazonáltal a változó talajkörülmények között a maximális tartósság és az optimális utókezelés kombinációjának elérése céljából a tübbingek felületeit gyakrabban a kiszaluzás után azonnal a speciális **Sikagard®** védőbevonattal kezelik. Ezzel a kémiai támadások elleni plusz védelemmel különlegesen tartós betonfelületeket érnek el ezeknél a tübbingeknél.

64. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® ViscoCrete® -20 HE	Folyósító adalékszer	Megnövelt kezdőszilárdság és vízzáróság, javuló konzisztencia
SikaFume®	Szilikapor	Nagy szilárdság, javuló vízzáróság
Sika® Silicoll		Megnövelt szulfátállóság
SikaAer®	Légbuborékképző	Levegő bevitel, fagy- és fagyol-vasztósó-álló
Sika® LP	adalékszer	beton előállítása
Antisol®	Utókezelőszerek	Utókezelés
Sika® NB		
Sikagard®	Védőbevonatok	Kémiai támadások elleni védelem

3.2.19. Monolit földem- és ipari padlóbeton

A monolit földem- és ipari padlóbetonok az építés helyszínén előállított beton- és vasbeton szerkezetek. Az ipari padlóbetonok fő jellemzője a kopásállóság, az egyenletes minőség és gyors elkészíthetőség. Ezek a padlószerkezetek sokszor vákuumozással készültek. A monolit földem- és ipari padlóbetonok teljes egészében ugyanazzal a kiváló minőséggel rendelkeznek és készítésük különösen gazdaságos.

Összetétel

A beton keveréket bármilyen egyedi követelményhez alkalmazni lehet (vízzáró beton, fagyálló beton, stb.)

Bedolgozás

Szokásos bedolgozás és merülő vibrátorral való tömörítés. Simítás vibrogerendával. A bedolgozási folyamat végén a felületet gépi úton lesimítják

Utókezelés

Az utókezelést a lehető legkorábban el kell kezdeni, amelynek szokásos módja **Antisol®** utókezelőszer permetezésével és letakarással történik. (Figyelem! A megfelelő utókezelőszer kiválasztása attól is függ, hogy milyen burkolat jön a felületre.)

Megjegyzések

- Vizsgálja meg az acélszálak használati lehetőségét a monolit beton lemezek kialakításánál.
- A felületképzés javítására ajánljuk a **Sikafloor®** termékcsalád kéreg-erősítő termékeinek, az ún. beszóró anyagoknak a használatát, amit a felületre szórva besimítanak a felületképzés során.
- A bedolgozhatóság meghosszabbítására használt betonadalék-szerek nem mindig alkalmasak a monolit padlóbetonokhoz.

65. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Javuló szilárdság, vízzáróság, be-dolgozhatóság és zöld szilárdság
Sika® FM Sika® ViscoCrete® SikaPlast®	Folyósító adalékszerek	Javuló szilárdság és vízzáróság Jó bedolgozhatóság Jó zöld szilárdság
SikaRapid® Sika® BE	Kötésgyorsító adalékszerek	A kötési folyamat szabályozása alacsony hő-mérsékleten
Sikafloor®-1/-2/-3	Kéreg-erősítő termékek	Megnövelt kopásállóság Színezési lehetőség
Sikafloor® -ProSeal	Utókezelő és felület-keményítő a kéreg-erősítő termékekhez	Vízvesztesség csökkentése Szilárdulás segítése
Antisol®, Sika® NB	Utókezelőszerek	Vízvesztesség csökkentése

3.2.20. Kopásálló beton

A kopásálló betont – gazdaságossági megfontolásból – általában kétrétegű kopásálló betonburkolatok felső rétegeként alkalmazzák (természetesen az egyrétegű alkalmazás is lehetséges). A kopásálló beton nagy koptató hatásnak kitett, cementkötésű ipari padlók és forgalmi területek felső rétege, amelynek legkisebb vastagsága 20 mm. A kopóréteg készülhet friss aljzatbetonra és megszilárdult rétegre. Ha megszilárdult aljzatbetonra (azaz a régi betonra) készítik, akkor azt tapadóhíddal kell összekötni. A kopásálló beton testsűrűsége > 2100 kg/m³ legyen. Amennyiben a kopóréteg vastagsága meghaladja az 50 mm-t, akkor általában egy könnyű hegesztett hálót (legalább Ø 4,0 x 100 / Ø 4,0 x 100) is be kell építeni.

Összetétel

■ Adalékanyag

- 0 – 4 mm szemmagyság 30 mm rétegvastagságig
- 0 – 8 mm szemmagyság 30 – 100 mm rétegvastagság esetén

■ Cement

- 400-500 kg/m³

Tapadás az alapfelülethez

Ha a kopásálló betont, mint kopóréteget alkalmazzák, akkor a megszilárdult aljzatbetonra történő beépítése előtt egy tapadóhidat kell felhordni a mattnedves (előnedvesített) alapfelületbe.

A kopásálló beton kopóréteget, mint „nedveset a nedvesre” hordják fel az elkészített tapadóhídra és gondosan tömörítik, simítják és gépi simítóval képezik a felületet.

A kopásállóságot tovább javítja, ha száraz beszóró anyagot, kéregerősítőt alkalmaznak a felületképzési művelet során. A keverékbe adagolt polipropilén szálak (PP) gátolják a zsugorodási repedések kialakulását.

Utókezelés

Mindig alkalmazzon utókezelő szereket (későbbi bevonat vagy burkolat esetén mechanikailag eltávolítandó) és takarja le a felületet, lehetőleg több napra.

66. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® BV Plastiment®	Képlékenyítő adalékszerek	Javuló szilárdság, vízzáróság, bedolgozhatóság és zöld szilárdság
Sika® FM	Folyósító	Javuló szilárdság és vízzáróság
Sika® ViscoCrete®	adalékszerek	Jó bedolgozhatóság
SikaPlast®		Jó zöld szilárdság
SikaRapid®	Kötésgyorsító	A kötési folyamat szabályozása alacsony hőmérsékleteken
Sika® BE	adalékszerek	
SikaCem® -810	Habarcsvjavító adalékszer és tapadóhíd	Javuló szilárdság és kopásállóság Tapadóhíd régi betonra
Sikafloor® -1/-2/-3	Kéregerősítő termékek	Kopásállóság nő, színezzhető
Sikafloor® -ProSeal	Utókezelő és felületkeményítő a kéregerősítő termékekhez	Vízvesztesség csökkentése Szilárdulás segítése
Antisol®, Sika® NB	Utókezelőszer	Vízvesztesség csökkentése

4. Frissbeton

4.1. Frissbeton tulajdonságai

4.1.1. Bedolgozhatóság

A konzisztencia meghatározza a frissbeton viselkedését a keverés, mozgatás, szállítás és helyszíni beépítés során, valamint a tömörítés és felületképzés alatt is. A bedolgozhatóság tehát egy viszonylagos tulajdonság és alapvetően a konzisztencia határozza meg.

67. táblázat: Bedolgozhatósági követelmények

■ A frissbeton költség-hatékony mozgatása, szállítása és beépítése	
■ Lehetőleg kissé képlékeny konzisztencia („folyékonyság”), folyósítók használata	
■ Jó összetartó képesség	
■ Csekély legyen a szétosztályozódás veszélye, a felületképzés könnyű legyen (jó simíthatóság)	
■ Meghosszabbított bedolgozhatóság	→ a kötés késleltetése/ meleg időben történő betonozás
■ A kötési folyamat gyorsítása	→ a kötés és szilárdulás gyorsítása/ hideg időben történő betonozás

4.1.2. Késleltetés, meleg időben történő betonozás

A betont meg kell védeni a kiszáradástól a mozgatás alatt.

Magas hőmérsékleten csak akkor lehet betonozni, ha meghozzák a szükséges különleges védőintézkedéseket. Ezeknek a betonkészítés kezdetétől az utókezelés végéig folyamatosan jelen kell lenniük. A különleges intézkedések a külső hőmérséklettől, a levegő páratartalmától, a szél erősségétől, a frissbeton hőmérsékletétől, a hőfejlődéstől és a hőelnyeléstől, valamint a betonozás méreteitől függenek. A különleges intézkedések meghozatala elengedhetetlen, ha a beton hőmérséklete mozgatás és bedolgozás közben meghaladja a +30 °C–ot.

Lehetséges nehézségek, szükséges feladatok

Ha a levegő hőmérséklete +25 °C fölé emelkedik, a késleltetés nélküli betonon történő munkavégzés nehézségeket okozhat.

■ A hidratáció a cementnek vízzel történő kémiai reakciója. Ennek folyamata az érintkezéssel azonnal megkezdődik és folytatódik a kötésen keresztül a szilárdulásig (korai szilárdulás) egészen a cementpép teljes megkötéséig.

■ Magas hőmérsékleten minden kémiai reakció felgyorsul.

Ez az építési folyamat számára azt jelenti, hogy a beton korai kötése (mevedése) megnehezíti, adott esetben lehetetlenné teszi a betonozási munkálatokat.

Mindenek előtt ez azt jelenti, hogy kifogástalan, szakszerű tömörítés ebben az esetben már nem lehetséges.

Normál ellenintézkedésnek tekinthető a kötéskésleltető mellékhatású folyósítók használata vagy a folyósító adalékszerek kötéskésleltetőkkel való kombinálása.

Késleltetési fogalmak és adagolási táblázatok

A késleltetés célja: A bedolgozhatóság időtartamának egy adott hőmérsékleten történő meghosszabbítása.

A bedolgozhatóság időtartama: Az a keverés utáni időtartam, amely alatt a betont még kifogástalanul lehet vibrálni.

Késleltetés nélkül: A kötés egy bizonyos idő után biztosan elkezdődik.

Késleltetéssel: A kötés csak egy megadott idő után kezdődik el.

Biztonságosan késleltetni csak előzetes vizsgálatok után lehet!

Szerkezeti elem és késleltetés	Mértékadó hőmérséklet
Közepes betonkeresztmetszetek	Frissbeton hőmérséklete
Kis betonkeresztmetszetek	Levegő hőmérséklete a beépítés helyén

A magasabb hőmérséklet (frissbeton, vagy levegő hőmérséklet) kritikus lehet közepes betonkeresztmetszeteknél hosszabb, kis betonkeresztmetszeteknél rövidebb késleltetés esetén.

Késleltetés nélküli betonok

A kötés kezdete leginkább a cement típusától függ. Pl. egy CEM II/A-LL 32,5 R típusú cement kb. 10%-al később kezd kötni, mint egy CEM I 42,5 N típusú cement.

68. táblázat: Szerkezeti elemek és a mértékadó hőmérséklet

Az alábbi tájékoztató táblázat adagolási irányértékeket tartalmaz CEM I 42,5 N-S cementtel készített betonhoz (régí jelölés S-54 350 pc):

Sika® VZ 2 adagolása %-ban a cement tömegére vetítve					
A beton bedolgozhatósági ideje órákban	Beton hőmérséklete (°C)				
	10	15	20	25	30
3	-	-	-	0,2	0,3
5	-	-	0,2	0,3	0,4
7	-	0,2	0,3	0,4	-
9	0,2	0,3	0,4	-	-
12	0,4	0,7	-	-	-

CEM II/B-S és CEM III/A cementek esetén a fent megadott értékek csökkenthetők.

CEM I 42,5 R cement esetén a megadott értékeket 0,3 %-kal növelni kell.

Példa: 300 kg/m³ CEM I 42,5 N-S cement; 20 °C betonhőmérséklet;

9 óra bedolgozhatóság: $0,4\%/100 \cdot 300 \text{ kg} = 1,2 \text{ kg Sika® VZ 2/m}^3$.

Szárazabb beton esetén, továbbá ha nagyobb a cementtartalom – az előzetes vizsgálatoktól függően az adagolás nagyobb is lehet.

69. táblázat: Sika® VZ 2 adagolási táblázat

Befolyásoló tényezők

A késleltetést különböző tényezők befolyásolják:

A hőmérséklet hatása (lásd a mértékadó hőmérsékletet)

- A hőmérséklet növekedése csökkenti, a hőmérséklet csökkenés növeli a késleltetés időtartamát

Közelítő ökölszabály:

+20 °C alatt minden fok kb. 1 órával növeli a késleltetési időt.

+20 °C fölött minden fok kb. 0,5 órával csökkenti a késleltetési időt.

Biztonságosan késleltetni csak előzetes vizsgálatok után lehet!

A víz/cement tényező hatása

A 300 kg/m³ cement tartalom és 1% **Sika® Retarder®** adagolása esetén:

- A víz/cement tényező 0,01-el történő növelése további fél óra késleltetést okoz

Sika® FM, Sika® ViscoCrete®, SikaPlast® kombinációja

- A Sika® késleltetők egy nem késleltető folyósítóval kombinálva a késleltetést kissé növelik.
- A Sika® késleltetők egy késleltető mellékhatású folyósítóval kombinálva a késleltetést hozzáadódva növelik.

A nagyobb projekteknél az előzetes vizsgálatokat mindig végre kell hajtani.

A cement hatása

A különféle cementek hidratációs folyamata változhat a különböző alapanyagok és őrlési finomságok következtében. A késleltető hatás mértéke ugyancsak érzékeny ezekre a változásokra, amelyek 1% adagolás fölött jelentősek is lehetnek.

A tendencia:

- Tiszta, finom portlandcementek esetén a késleltető hatás csökken
- Durvább cementek és egyes heterogén cementek esetén a késleltető hatás növekszik

A biztonság kedvéért:

- Előzetes vizsgálatok szükségesek
- 1% fölötti adagolásnál előzetes vizsgálatok mindig szükségesek

A beton tömegének hatása

Amennyiben a teljes betonmennyiség késleltetett, és a mértékadó hőmérsékletek azonosak, a tömeg mértéke nem befolyásolja a késleltető hatást. A különböző időpontban egymás mellé kerülő betonok esetén az érintkezési zónában megváltozhat a beton késleltetése az eltérő mértékadó hőmérsékletek következtében. Például egy éjszakai alacsonyabb hőmérsékletű földémbeton mellé betöltött magasabb hőmérsékletű beton az érintkezési zónában a késleltető hatás csökkenését fogja okozni.

A késleltetett beton jellemzői

- Szilárdulás

Amikor a késleltetés megszűnése után megkezdődik a szilárdulás, annak üteme gyorsabb lesz, mint a nem késleltetett betonnál lenne.

- Zsugorodás/kúszás

A zsugorodás vagy kúszás végső értéke kisebb lesz, mint a nem késleltetett betonnál lenne.

- Korai zsugorodás

A késleltetés időtartama alatt fellépő vízvesztesség (felületi párolgás) következtében létrejövő korai zsugorodás zsugorodási repedéseket okozhat. A késleltetett beton vízvesztesség elleni védelme ezért rendkívül fontos! Lényeges a helyes utókezelés!

Késleltetett betonnal készülő betonozási példák

1. Éjszakai késleltetés

- Alaplemezek
- Födémek, gerendák, stb.

A normál napi betonozás vége felé 3 db 1,20 m széles, növekvő késleltetésű sávot öntenek.

1. sáv: Az adagolási táblázat szerinti fő adagolás 1/3-a
2. sáv: Az adagolási táblázat szerinti fő adagolás 2/3-a
3. sáv: Az adagolási táblázat szerinti fő adagolás vagy az előzetes vizsgálatok alapján meghatározva

A betonozást éjszakára felfüggesztik, majd következő reggel folytatják a betonozást:

1. sáv: (az előző napi 3. mellett) a fő adagolás 1/3-a

2. Késleltetés az egyidejű kezdeti kötés érdekében

Ez történik nagy felületű hidaknál, alaplemezeknél, stb.

Fontos előkészítő műveletek:

- Pontos betonozási program meghatározása a mérnökkel és a kivitelezővel egyeztetve
- Ennek alapján a munka szakaszokra osztása és ütemterv készítése
- A cél: minden munkaszakaszon betonja egyszerre kössön
- Amikor meghatároztuk az időket, meg kell határozni az egyes szakaszok adagolásait is az előzetes vizsgálatok és a pontos hőmérsékleti információk alapján

Előzetes vizsgálatok

Az előzetes vizsgálatok csak a késleltetett szakasz beton összetételére vonatkoznak:

- Ugyanazzal a víz/cement tényezővel és cementtel, ugyanazzal az adagolással

A vibrálási képességet (összevibrálhatóság) a helyszínen kell ellenőrizni, adagolásonként számos beton mintával (minimum 20 literes edényekben) a bedolgozási körülményeknek megfelelő hőmérsékleti viszonyok között.

Az eljárás, az ún. „vödörös-módszer”:

- Határozza meg a késleltető adagolását a táblázatból
- Töltsön meg legalább 5 edényt ezzel a beton keverékkel
- Vibrálja az első edény tartalmát 2 órával korábban a feltételezett kezdeti kötésnél
- Vibrálja a következő edényt egy órával később minden esetben (mindegyik edény tartalmát csak egyszer vibrálja)
- Amikor a következő edény tartalmát nem lehet tovább vibrálni, a beton elkezdett kötni.
- Jegyezze fel az így nyert időket és ellenőrizze, hogy megegyeznek-e az előrejelzésekkel (a táblázatban)
- Amennyiben a különbségek túl nagyok, ismételje meg a vizsgálatot a megváltoztatott adagolással.

A késlettetett betonnal kapcsolatos intézkedések

Zsaluzat

Az első ízben használt fa zsaluzat láthatatlan szennyeződései felületi foltosodást, porzást, stb. okozhatnak, főként a csomók környékén a facukor felületi kiválása miatt.

Az erősen nedvszívó fa zsaluzat, amely nem eléggé nedvesített és nincs kellőképpen kezelve formaleválasztó szerrel, túlságosan sok vizet szív el a beton felületéről. A következmény: leváló vagy morzsolódó részek és porló felület. A fentiekben említett károsodások késlettetett beton esetén felerősödnek, mert a negatív hatások fellépése tovább tart.

A szakszerűen előkészített és **Sika® Separol®** formaleválasztó szerrel megfelelően kezelt fa zsaluzat késlettetett beton esetén is szép és tiszta betonfelületet eredményez.

Tömörítés és utókezelés

A késlettetett betont gondosan kell tömöríteni. A következő szakaszt (azaz a másnap reggelit) össze kell vibrálni az előző réteggel. A késlettetett területeket együtt kell tömöríteni, és a felületeket együtt kell kialakítani.

Az utókezelésnél nagyon fontos, hogy a késlettetett, tömörített és azt követően szilárduló beton a lehető legkevesebb nedvességet veszítse el.

A késlettetett felületek (padlók, stb.) legjobb módszere a következő:

■ Takarja a felületet műanyag fóliával vagy hőszigetelő takaróval.

A késlettetett területeken, amelyeket később újra kell vibrálni:

■ Teljes takarás műanyag fóliával vagy nedves jutavászonnal. Védje a felületet a huzattól. A felület további nedvesítése kimosódásokat okozhat a késlettetett betonban.

4.1.3. Kötés-, illetve szilárdulásgyorsítás, hideg időben történő betonozás

A betont a teljes beépítési folyamat alatt meg kell védeni az esőtől és a fagytól. Fagy esetén csak akkor lehet betonozni, ha meghozzák a szükséges különleges védőintézkedéseket. Ezeknek a betonkészítés kezdetétől az utókezelés végéig folyamatosan jelen kell lenniük.

A különleges intézkedések a külső hőmérséklettől, a levegő páratartalmától, a szél erősségétől, a frissbeton hőmérsékletétől, a hőfeljődéstől és a hőelnyeléstől, valamint a betonozás méreteitől függnek.

A szükséges különleges védőintézkedések nélkül az elhelyezés és a beépítés során a friss beton hőmérséklete +5 °C-nál nem lehet hidegebb. A keverő vizet és az adalékanyagokat szükség esetén elő kell melegíteni.

Helyzetelemzés

Az alacsony hőmérséklet késletteti a beton kötését. A -10 °C alatti hőmérsékletnél a cement kémiai folyamatai leállnak (felmelegedés után azonban bizonyos mértékig folytatódhatnak). Veszélyes helyzet akkor lép fel, ha a beton kötés közben, azaz egy bizonyos minimális szilárdság elérése előtt megfagy. Ekkor a szerkezeti struktúra károsodik, a szilárdság csökken és a minőség romlik.

Azt a minimális szilárdságot, amelyet elérve a beton károsodás nélkül túlélhet egy fagyási folyamatot: az un. 10 N/mm² fagyási szilárdságnak nevezzük. A fő cél az kell legyen, hogy ezt a minimális fagyási szilárdságot minél hamarabb elérjük.

A frissbeton hőmérsékletét (t_{beton}) a következő egyenlettel lehet becsülni:

$$t_{\text{beton}} = 0,7 \times t_{\text{adalekanyag}} + 0,2 \times t_{\text{víz}} + 0,1 \times t_{\text{cement}}$$

Intézkedések

1. Minimális hőmérséklet

Az MSZ 4798-1 szerint a frissbeton hőmérséklete a leadás (ürítés) időpontjában általában, vagy ha az átlagos környezeti hőmérséklet +2 °C-nál nagyobb, ne legyen +5 °C-nál kevesebb. Ha az átlagos környezeti hőmérséklet kisebb, mint +2 °C, akkor a bedolgozott betonkeverék hőmérsékletének, az átlagos környezeti hőmérséklettől függően +10 °C és +30 °C között kell lennie. A frissbeton szükséges hőmérséklete az MSZ 4798-1 szabvány L6.1. fejezete szerint számítható. Ezek a minimális hőmérsékletek azért fontosak, hogy a kötés egyáltalán megtörténjen. A betont az elhelyezés és a beépítés során meg kell védeni a hőveszteségtől (lásd védőintézkedések).

2. A víz/cement tényező csökkentése

A lehető legkisebb víztartalom a korai szilárdulást gyorsítja. Ezáltal kevesebb nedvesség van jelen, ami megfagyjon. A folyósítók kis víz/cement-tényezőt tesznek lehetővé, miközben megtartják a jó bedolgozhatóságot.

3. Szilárdulásgyorsítás

A Sika® FS 1 vagy Sika® Ö 1 fagyásgátlók használatával fokozható a kötésző, gyorsítható a hidratáció. Ezáltal gyorsabban elérhető a fagy káros hatásának már ellenálló, un. fagyási szilárdság. A Sika® Rapid-1 szilárdulásgyorsító használatával biztosíthatók a nagy korai szilárdsági követelmények.

70. táblázat: A 10 N/mm² érték elérésének ideje 0 °C –on napokban

Beton	Idő napokban		
	Ell. keverék 1%	Sika® FS 1 1%	Sika® Rapid-1
CEM I 300 kg/m ³ v/c = 0,40	4	2	1
CEM I 300 kg/m ³ v/c = 0,50	8	4	2

4. CEM I 52,5 használata

Közismert, hogy a finomabbra őrlött, nagy értékű cementek gyorsítják a beton korai szilárdulását. A kis v/c-tényezőt lehetővé tevő folyósítók garantálják a legjobb bedolgozhatóságot.

A helyszínen hozott védőintézkedések

1. Nem lehet betonozni fagyott beton mellé vagy fagyott betonra.
2. A vasalás hőmérséklete 0 °C-nál magasabb legyen.
3. Töltse a betont gyorsan és azonnal védje meg a hőveszteségtől és párolgástól (ugyanolyan fontos, mint nyáron). A hőszigetelő takarók a legalkalmasabbak erre a célra.

71. táblázat: Példa

A külső hőmérséklet -5 °C és a frissbeton hőmérséklete +11 °C

Szerkezeti elem	Időtartam (óra), mialatt a beton hőmérséklete +5 °C alá esett	
beton födém, vtg.: d=12 cm fa zsaluzat	kb. 4 óra szigetelő takarók nélkül	kb. 16 óra szigetelő takarókkal

- Födémek esetén: fűtse a zsaluzatot alulról, ha szükséges.
- Ellenőrizze a levegő és a beton hőmérsékletét és a szilárdság fejlődését rendszeresen (pl. egy Schmidt-kalapáccsal).
- Tegye későbbre a zsaluzat és az állványzat lebontását.

Következtetés: A téliesítési intézkedéseket jó előre meg kell szerveznie az összes érdekelt félnek.

72. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Sika® FM, SikaPlast® Sika® ViscoCrete®	Folyósító adalékszerek	A fagyási szilárdság gyors elérése a víz-csökkentés következtében
Sika® FS 1 Sika® Ö 1	Fagyásgátló adalékszerek	A fagyási szilárdság gyors elérése
Sika® Rapid-1	Szilárdulásgyorsító adalékszer	A nagyon nagy korai szilárdság igen gyors elérése

4.1.4. Konzisztencia

A bedolgozhatósággal szemben a frissbeton konzisztenciáját – vagy alakíthatóságát – mérni lehet. Az MSZ 4798-1 szabvány – a vizsgálati módszertől függően – 4 féle konzisztenciaosztályt határoz meg, amelyek a földnedvestől az önthetőig 4-6 konzisztencia osztályba sorolják a frissbetonokat (lásd a 2.3. fejezetet).

73. táblázat: A konzisztencia célértékeinek tűrései az MSZ 4798-1 szabvány szerint

Vizsgálati módszer	Tömörítési mérték			Területi mérték	Roskadási mérték		
A célértékek tartományai	≥ 1,26	1,25...1,11	≤ 1,10	Minden érték	≤ 40 mm	50... 90 mm	≥ 100 mm
Tűrés	± 0,10	± 0,08	± 0,05	± 30 mm	± 10 mm	±20 mm	± 30 mm

A konzisztencia vizsgálatok általában azon beton ellenőrző paraméterek között vannak, amelyeket az adott alkalmazásokhoz elvégzett előzetes vizsgálatokban állapítanak meg.

A konzisztenciát befolyásoló tényezők

- Szemalak/szemmegoszlás
- Cement tartalom/típus
- Víztartalom
- Kiegészítő anyagok használata
- Betonadalékszerek használata
- Hőmérsékleti feltételek
- Keverési idő/intenzitás
- Mérés ideje

A vizsgálatok ideje és helye

A frissbeton konzisztenciáját az átadás időpontjában kell meghatározni, azaz a helyszínen a beépítés előtt (a bedolgozhatóság ellenőrzése). Amennyiben a konzisztenciát mind a keverési folyamat után (gyártási konzisztencia ellenőrzés), mind a helyszínen a beépítés előtt megméri, akkor a konzisztencia változását össze lehet hasonlítani a frissbeton korának függvényében.

Amennyiben a betont egy mixerkocsiban szállítják, szabad a konzisztenciát véletlenszerű mintán ellenőrizni, amit kb. 0,3 m³ anyag kibocsátása után vesznek.

4.1.5. Vérzés

A víz megjelenése a felületen a beton szétosztályozódását jelenti. A vérzés gyakran az adalékanyagban lévő finomrészek hiányának eredményeképpen alacsony cementtartalmú vagy magas víztartalmú keveréknél jelenik meg.

Következmények

- Egyetlen, porzó, porózus felületek.
- A betonfelület ellenállása nem megfelelő a környezeti hatásokkal és a mechanikai kopással szemben.
- A felület „kivirágzik” vagy felhősödik.

A vérzés csökkentése

- A víztartalom csökkentése
- A finomrész tartalom ellenőrzése
- **Sika® Control vagy Sika® ST** stabilizáló adalékszer használata
- A szemmegoszlási görbe optimalizálása

4.1.6. Felületképzés

A bedolgozás során gondoskodni kell arról, hogy a betont ne tömörítsék túlságosan hosszú ideig, hogy megelőzzék a túl sok víz és cementpép feljvetelét a felületre.

A felületképzést nem szabad túl korán elkezdeni. Meg kell várni, amíg a felület mattnedvessé válik.

A felület kopásállóságát általában javítani lehet, ha a felület simítóval történő simítását másodszor, illetve harmadszor is elvégzik.

4.1.7. Frissbeton testsűrűsége

A frissbeton testsűrűsége alatt a friss, szokás szerint tömörített beton m^3 -kénti tömegét kell érteni kg/m^3 -ben kifejezve, beleértve a benne maradt légzárványokat is.

Adott mennyiségű cement és adalékanyagok esetén a frissbeton kisebb testsűrűsége kisebb szilárdságot jelez, mivel a testsűrűség csökken, ha a víz- és levegő tartalom megnő.

A frissbeton testsűrűsége csökken

- a víztartalom növekedésével
- a légtartalom növekedésével

A frissbeton testsűrűsége növekszik

- a cement tartalom növekedésével
- a víz/cement tényező csökkenésével
- a légtartalom csökkenésével

A frissbeton testsűrűségének meghatározását az MSZ EN 12350-6 szabvány szerint lásd a 4.2.6 fejezetben.

4.1.8. Levegőtartalom

Minden beton tartalmaz légzárványokat. Még gondos tömörítés esetén is a bennmaradó levegőtartalom, 32 mm legnagyobb szemmagyságnál 1-2 térfogat%. Ez a jellemző bennmaradt levegőtartalom 4 térfogat%-ra is nőhet, a betonban lévő finomrésztartalom által.

A légzárványok különböző típusai

- Tömörítési légzárványok
- Nyitott és zárt kapilláris pórusok
- Gélpórusok
- A fagy- és fagyolvasztósó-állóság javítására mesterségesen bevitt légbuborékok
- Könnyűbeton előállítása céljából bevitt jelentős mennyiségű légbuborék
- A beton vagy a habarcs légtartalmát mesterségesen növelni lehet a légbuborékképző vagy habképző adalékszerekkel. A mesterséges légtartalom növelés termékei:
- **SikaAer®**, **Sika® LP** légbuborékképző adalékszerek 4-6 térfogat% levegőtartalom elérésére fagy- és fagyolvasztósó-állóság céljából.
- **Sika® SB** habképző adalékszerek jelentősebb mennyiségű levegőtartalom elérésére könnyűbeton előállítás céljából.

A frissbeton légtartalmának meghatározását az MSZ EN 12350-7 szabvány szerint lásd a 4.2.7 fejezetben.

4.1.9. Szivattyúzhatóság

A beton szivattyúzhatósága alapvetően a keverék összetételétől, a felhasznált adalékanyagoktól és a szállítás módjától függ. A szivattyúzott beton szállításával és bedolgozásával kapcsolatban jelentősen csökkenteni lehet a szivattyú nyomását és növelni a kimenő teljesítményt a szivattyúzást segítő szerek szakszerű hozzáadásával, különösen a zúzott-, az újrahasznosított- és az erősen nedvszívó adalékanyagoknál.

A keverék tervezés finomítása (lásd a 3.2.1. fejezetet) és a szivattyúzást segítő szerek **SikaPump®** használata lecsökkentheti a csőfal és a beton közötti súrlódási ellenállást, ami végső soron kisebb szivattyúzási nyomást és a nagyobb kimenő teljesítményt eredményez. Járulékos haszonként könnyelhető el a csőfal kisebb kopása.

4.1.10. Összetartó képesség

A keverék összetartó képessége a frissbeton keveréknek az a tulajdonsága, hogy mozgítás közben nem osztályozódik szét. Az összetartó képesség hiánya szétosztályozódáshoz, az alkotóanyagok különválásához és megnehezített bedolgozáshoz vezet.

Az összetartó képesség javításának módszerei

- A finomrésztartalom növelése (cement + finom homok, lásd az 1.6. fejezetet)
- A víztartalom csökkentése → folyósító adalékszerek használata → **Sika® FM, Sika® ViscoCrete®, SikaPlast®**
- Stabilizáló adalékszerek használata → **Sika® ST**
- Légbuborékképző adalékszerek → **SikaAer®, Sika® LP**

4.1.11. Frissbeton hőmérséklete

A frissbeton hőmérsékletének nem szabad sem túl alacsonynak sem túl magasnak lennie. A beton minél hamarabb érje el a fagyási szilárdságot és ne szenvedjen károsodást a fagytól a korai időszakban.

- A frissbeton hőmérséklete nem csökkenhet $+5\text{ °C}$ alá a mozgítás és bedolgozás során.
- A frissen bedolgozott betont meg kell védeni a fagytól. A fagyállóságot kb. 10 N/mm^2 nyomószilárdságon éri el.
- A túl magas betonhőmérsékletek beépítési problémákat és a megszáradt beton tulajdonságainak romlását okozhatják. A frissbeton hőmérséklete nem emelkedhet 30 °C fölé a mozgítás és beépítés során.

Óvintézkedések alacsony hőmérsékleten

→ Lásd a hideg időben történő betonozásnál (4.1.3. fejezet)

Óvintézkedések magas hőmérsékleten

→ Lásd a meleg időben történő betonozásnál (4.1.2. fejezet)

4.1.12. Víz/cement tényező

A víz/cement tényező (v/c) a víz: cement tömeg szerinti aránya a frissbetonban. Számítása úgy történik, hogy a teljes vízmennyiség tömegét (v) elosztjuk a hozzáadott cement tömegével (c). A k-érték elve (lásd 2.5. fejezetet) – Magyarországon csak korlátozással – megengedi a II. típusú kiegészítő anyagok figyelembevételét.

A víz/cement tényező egyenlete tehát:

$$v/c = \frac{v}{c} \text{ vagy } \frac{v}{c_{\text{eqv.}}} = \frac{v}{c + (k \times \text{II. típusú kiegészítő anyag})}$$

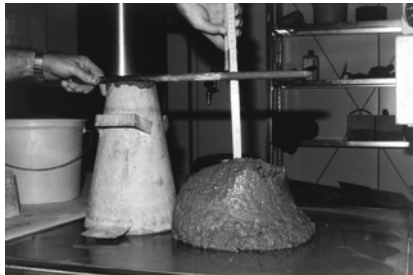
A keverék hatékony víztartalmát a frissbetonban lévő teljes vízmennyiség (v_0) és az adalékanyagban elnyelt vízmennyiség (v_g) különbségéből számítjuk (v_g -t az MSZ EN 1097-6 szerint határozzuk meg).

A víz/cement tényező egyenlete ennek figyelembevételével:

$$v/c = \frac{v_0 - v_g}{c}$$

A szükséges víz/cement tényezőt jelentősen befolyásolják a használt adalékanyag szemek (gömbölyű szemű vagy zúzott) és azok megoszlása. A víz/cement tényező kiválasztását befolyásolják a környezeti hatások is (kitéti osztályok) az MSZ 4798-1 szerint.

4.2. Frissbeton vizsgálatok



12. fotó: Roskadás mérése



13. fotó: Öntömörödő beton vizsgálata

4.2.1. Bedolgozhatóság

A „bedolgozhatóság” a frissbeton viselkedését jelenti a keverés, kezelés, szállítás és a beépítési helyen történő betöltés során, valamint a tömörítés és felületképzés alatt is. Ez a tulajdonság a frissbeton alakíthatóságát fejezi ki. Ezt az ún. „konzisztenciát” mérhető számokkal határozzák meg.

Az MSZ 4798-1 szabvány a konzisztenciát 4-6 osztályba sorolja a mérési módszertől függően. Ezek szolgálnak a földnedvestől az önthetőig terjedő konzisztencia meghatározására és mérésére (lásd a 2.3. fejezetet: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás).

A konzisztencia vizsgálatokat a frissbeton rendszeres megfigyelésére használják. A vizsgálat gyakoriságát a szerkezet fontossága alapján kell megállapítani és úgy kell elrendezni, hogy az adott betonminőséget következetesen el lehessen érni.

Az MSZ 4798-1 szabvány 8., 9. és 10. fejezetei részletes információkat adnak ezekről a megfelelőségi ellenőrzésekről.

4.2.2. Mintavétel

A frissbeton vizsgálatokhoz elvégzendő mintavételről: **az MSZ EN 12350-1 szabvány (A frissbeton vizsgálata. – 1. rész: Mintavétel)** intézkedik.

■ **Összeállított minták:**

Olyan betonmennyiségek, melyek bizonyos számú egyedi mintából állnak, amelyeket egyenletesen vételeztek a keverőből vagy egy betonadagból és utána alaposan összekevernek.

■ **Véletlenszerű minták:**

Egyedi minták, melyeket a keverő vagy a betonadag egy részéből vételeznek, és amelyeket ezután alaposan összekevernek.

■ **Egyedi minták:**

Egyes, megfelelő helyről vett minta.

A véletlenszerű vagy összeállított mintavételezés felőli döntés annak céljától függ. A minta teljes mennyisége legalább a vizsgálathoz szükséges beton mennyiség **1,5-szerese legyen** (egy 60 liter úrtartalmú tele talicska normál körülmények között elegendő).

4.2.3. Konzisztencia vizsgálata roskadási mértékkel

Alapelv:

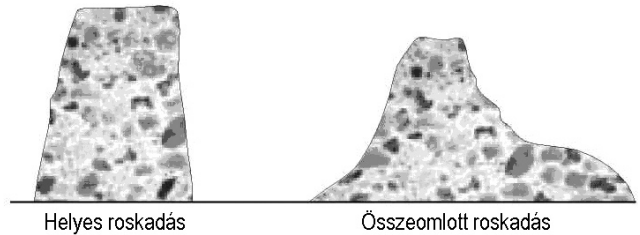
A frissbetont kb. három egyforma vastagságú rétegben egy alul, felül nyitott kúp alakú formába töltik és tömörítik. A tömörítés rétegenként 25 egyforma és egyenletes szúrkálás legyen a tömörítő rúddal. Amikor a formát felemelik a roskadás mértéke megadja a beton konzisztencia osztályba sorolását. A roskadási mérték a forma magassága és a formából kivett frissbeton kúp magassága közti különbség milliméterben.

Szabvány: MSZ EN 12350-2 A frissbeton vizsgálata. – 2. rész:

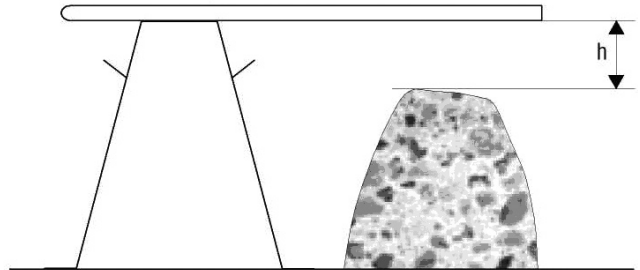
Roskadásvizsgálat

Az egész folyamatnak a formába töltéstől és a forma felemeléséig 150 másodpercen belül végbe kell mennie. A vizsgálat csak akkor érvényes, ha a visszamaradó roskadó kúp nagyjából érintetlen és szimmetrikus marad a forma eltávolítása után, azaz a beton kúp formájában állva marad (vagy kúpra emlékeztető testben). Amennyiben a beton összeomlik (lásd a következő oldal ábráját) egy másik mintát kell venni. Amennyiben két minta összeomlik két egymást követő vizsgálatban, akkor a beton nem rendelkezik a roskadási vizsgálathoz szükséges képlékenységgel és összetartó képességgel.

A roskadás alakja



A roskadás mérése



8. ábra: A roskadás jellemzői és mérése

A roskadási osztályokat lásd a 2.3 fejezetben: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás.

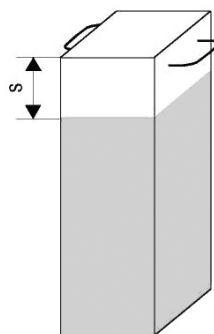
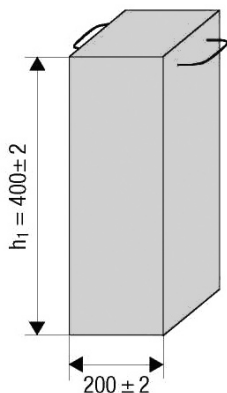
4.2.4. Konzisztencia vizsgálata tömörítési mértékkel

Alapelv:

A frissbetont óvatosan egy acél négyzet alapú hasáb vizsgáló-tartályba helyezik. A tömörítést el kell kerülni. Amikor a tartály teljesen tele van, a betont felesleget lehúzzák róla a tartály felső élével egy magasságban. Ezután a betont tömörítik, pl. egy rúdvráttórral (max. rázófej átmérő 50 mm). A tömörítés után a beton felület és a tartály felső éle közötti távolságot lemérik mind a négy oldal közepén. A mért értékek átlagát használják a tömörítési mérték meghatározásához.

MSZ EN 12350-4 szabvány

Tartály	Alaplemez	200 x 200 mm	(±2)
méreték	Magasság	400 mm	(±2)



Méreték mm-ben

**9. ábra: Beton a tartályban
Tömörítés előtt**

Tömörítés után

Tömörítési mérték: $c = \frac{h_1}{h_1 - s}$ (mértékegység nélküli érték)

A tömörítési osztályokat lásd a 2.3 fejezetben: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás.

4.2.5. Konzisztencia vizsgálata területi mértékkel

Alapelv:

Ez a vizsgálat a frissbeton konzisztenciáját egy vízszintes acéllemezen méri a beton szétterülésével. A frissbetont először egy kúp alakú formába töltik (2 rétegben), közben a tömörítő rúddal tömörítik (rétegenként 10-szer) és lesimítják a forma tetejével egy szintbe. Ezután a formát óvatosan eltávolítják függőlegesen fölfelé. A lemezen lévő betont, miután felvette szabad alakját a lemezzel együtt, annak egyik éle mentén kézzel vagy gépi úton 15-ször egymás után ütközésig fel-emelik, majd leejtik. A beton szétterülésének átmérőjét két egymásra merőleges irányban megméri.

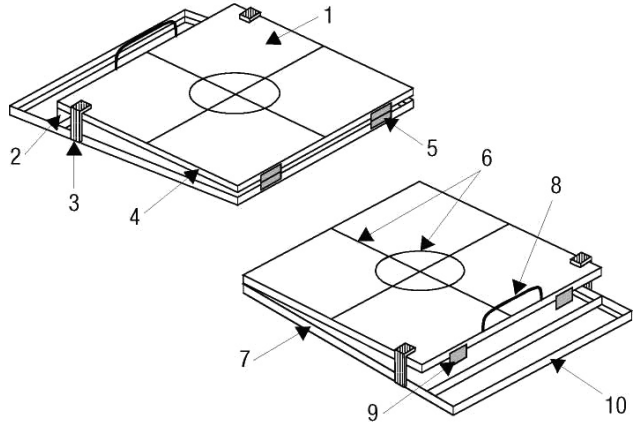
MSZ EN 12350-5 szabvány

A területi osztályokat lásd a 2.3 fejezetben: Konzisztencia szerinti osztályba sorolás.

10. ábra: Terülmérő asztal

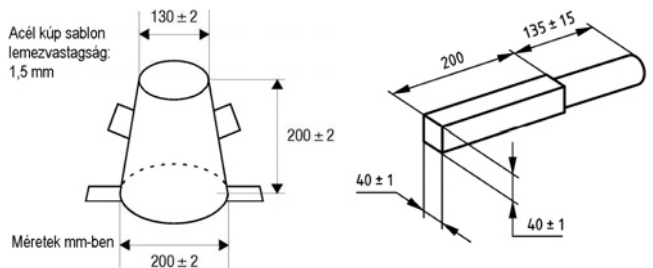
Méretei: $700 \pm 2 \times 700 \pm 2$ mm

Tömege: $16 \pm 0,5$ kg



1 Fémlemez vastagság min. 2 mm	6 Kereszt és 210 ± 1 mm kör alakú vésett jelzés
2 Emelési magasság 40 ± 1 mm-ben korlátozva	7 Asztal alsó kerete
3 Felső ütköző	8 Fogantyú
4 Asztal mozgó része	9 Alsó ütköző
5 Oldható csuklópántok (kívül)	10 Lábtámasz

11. ábra: Terülmérő kúp és tömörítő rúd



4.2.6. Frissbeton testsűrűségének meghatározása

Alapelv:

A frissbetont egy merev vízzáró tartályban tömörítik, majd lemérik a tömegét.

MSZ EN 12360-6 szabvány

A tartály legkisebb méretének legalább a legnagyobb durva adalékanyag névleges mérete ($D_{\max}$) négyszeresének kell lennie, de nem lehet kisebb, mint 150 mm. A tartály térfogata legalább 5 liter legyen. Felső élének és az alaplapjának párhuzamosnak kell lennie.

(A 8 liter űrtartalmú légtartalom mérő edények is alkalmasnak bizonyultak erre a célra).

A betont mechanikusan tömörítik egy rúdvráttorral, vagy egy vibrátor-asztalon, vagy kézzel egy rúddal vagy egy döngölővel.

4.2.7. Légtartalom meghatározása

Két vizsgálati módszer van, amely ugyanazon az elven működő berendezést használ (Boyle-Mariotte törvénye): ezek a vízoszlop- és a nyomáskiegyenlítéses módszerek. Az alábbi leírás a **nyomáskiegyenlítéses módszert** ismerteti, mert ezt gyakrabban használják.

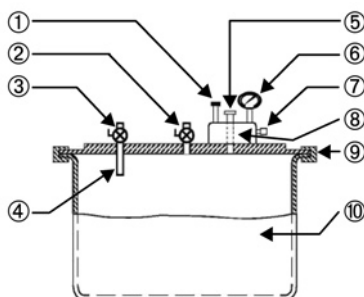
Alapelv:

Az ismert térfogatú levegőt ismert nyomáson kiegyenlítik a beton mintában lévő ismeretlen térfogatú levegővel egy szorosan tömített kamrában. Az eredményül kapott nyomást a nyomásmérő műszer átkalibrálja a betonminta levegő tartalmának százalékává.

MSZ EN 12360-7 szabvány

12. ábra: Nyomáskiegyenlítéses módszert használó mérőberendezés

- 1 Szivattyú
- 2 "B" szelep
- 3 „A” szelep
- 4 Táglási csövek kalibrációs ellenőrzés céljából
- 5 Fő levegőszelep
- 6 Nyomásmérő
- 7 Levegő kiengedő szelep
- 8 Légtér
- 9 Szorítóbilincs tömítés
- 10 Tartály



A légtartalom mérő berendezések tartályai általában 8 liter űrtartalmúak. A tömörítést rúdvrátórral vagy vrátórasztalon lehet elvégezni. Rúdvrátórok használata esetén biztosítani kell, hogy a mesterségesen létrehozott légbuboréktartalmat ne hajtja ki a túlzott vrálás.

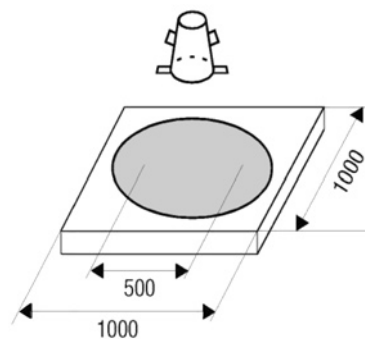
Egyik módszer sem alkalmas a könnyű adalékanyagból, a granulált kohósalakból vagy a nagy porozitású adalékanyagból készített betonoknál történő mérésre.

4.2.8. További frissbeton konzisztencia vizsgálati módszerek

Az utóbbi években a fent leírtakon túl új vizsgálati módszereket fejlesztettek ki az öntömörödő betonokra. Ezek még nem szerepelnek a szabványokban, de hatékonynak mutatkoznak a gyakorlatban. A mindennapi használatban lévő vizsgálati módszereket az alábbiakban ismertetjük.

A roskadási terület mérése

Ténylegesen a roskadás- és a területmérés kombinációja, mert ugyanazt a kúpot használják, mint a roskadásmérésnél. A roskadási kúpot megtöltik betonnal egy, a területméréshez használ fémlemeznél nagyobb lapon, lehúzzák, majd lassan leemelik. A mérés szokásos módszere az, hogy megméri az időt másodpercben, amikor a lepeny átmérője eléri a $\varnothing 50$ cm kört és ezután két egymásra merőleges irányban megméri a lepeny átmérőjét annak mozgása végén.



13. ábra: Roskadási területmérés eszköz

Egy néha alkalmazott alternatív módszer a roskadási kúpot megfordítása. Ez könnyebbé teszi a munkát, mivel nem kell tartani a formát töltés közben.

Ez a módszer mind laboratóriumi, mind helyszíni használatra alkalmas.

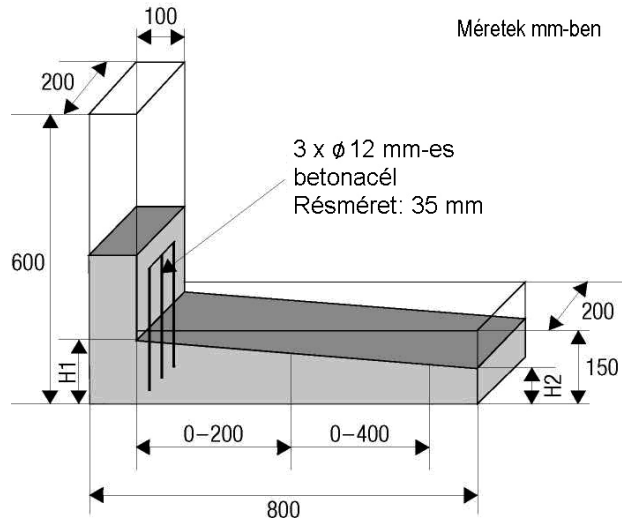
További mérési módszer, amikor a beton akadállyal szembeni viselkedését vizsgáljuk. Ehhez egy acél blokkoló gyűrűt helyezünk el a lapra, melybe –

a beton legnagyobb szemnagyságától függő darabszámú és távolságú – bordázott acél van erősítve, hogy szimulálja a folyási viselkedést a vasalás körül.

Az L-doboz

Az L-doboz a függőlegestől a vízszintes felé irányuló folyási viselkedés elemzésére alkalmas. Itt ismét a szokásos módszer az első 50 cm vízszintes elérésének idejét mérni és ugyancsak a csatorna túlsó oldalának elérése idejét, továbbá a beton mélységét a túlsó oldalon lévő kivezetőnél. A folyási sebességet a 2 különböző mérési ponton, pl. elektronikusan is lehet mérni.

14. ábra: L-doboz kialakítása és méretei

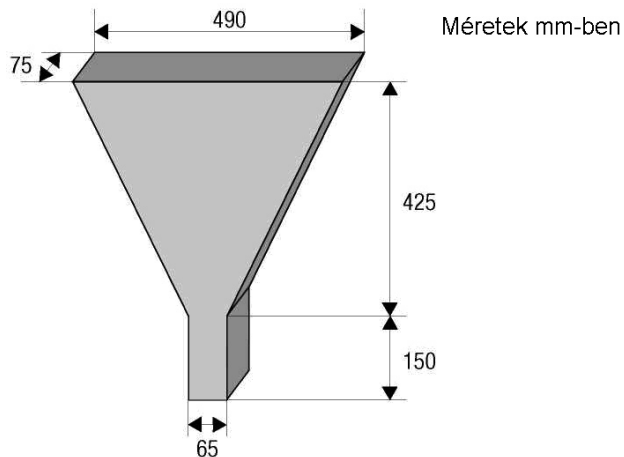


A függőleges és a vízszintes csatorna csatlakozásához – ahol az átfolyás történik – az ábrán látható vasalást szokták elhelyezni.

Ez a módszer is mind laboratóriumi, mind helyszíni használatra alkalmas.

A V-tölcsér

A tölcser alján lévő lemez zárva van, amikor a betont betöltik. Ezután kinyitják a lemezt és a kifolyás időtartamát mérik.



15. ábra: V-tölcsér kialakítása és méretei

Ez a módszer alkalmasabb laboratóriumi, mint helyszíni használatra, mivel a kifolyási töcsért általában egy állványhoz rögzítik. Magyarországon szokás a helyszínen is használni.

5. Megszilárdult beton

5.1. Megszilárdult beton tulajdonságai

5.1.1. Nyomószilárdság

Nyomószilárdság osztályok az MSZ 4798-1 szerint

Lásd a 2.4 fejezetben

A megszilárdult beton egyik fontos tulajdonsága a nyomószilárdság. Értékét külön előállított mintadarabokon (kockákon vagy hengereken) vagy a szerkezetből vett magmintákon nyomásvizsgálatokkal határozzák meg. A nyomószilárdságot befolyásoló fő tényezők a cement típusa, a víz/cement tényező és a hidratáció foka, amelyre főként az utókezelés időtartama és módszere hat. A beton szilárdsága tehát a hidratált cement szilárdságából, az adalékanyagok szilárdságából, a két összetevő közötti tapadásból és az utókezelésből származik. A nyomószilárdság fejlődésének tájékoztató értékeit az alábbi táblázatban adtuk meg.

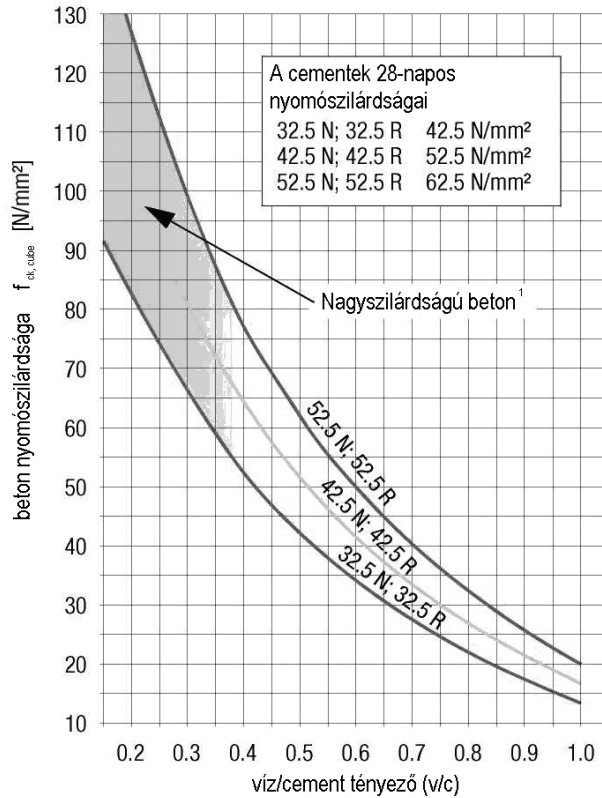
74. táblázat: A szilárdság fejlődése a betonban (Tájékoztató értékek¹)

Cement szilárdsági osztályok	Folyamatos tárolás hő-mérséklete	3 nap N/mm ²	7 nap N/mm ²	28 nap N/mm ²	90 nap N/mm ²	180 nap N/mm ²
32,5 N	+20 °C	30...40	50...65	100	110...125	115...130
	+5 °C	10..20	20...40	60...75		
32,5 R; 42,5 N	+20 °C	50...60	65...80	100	105...115	110...120
	+5 °C	20...40	40...60	75...90		
42,5 R; 52,5 N	+20 °C	70...80	80...90	100	100...105	105...110
52,5 R	+5 °C	40...60	60...80	90..105		

¹ A 28 napos nyomószilárdság 20 °C folytonos tárolásnál megfelel a 100%-os értéknek.

16. ábra: A beton nyomószilárdsága, a cement szabványos szilárdsága és a víz/cement tényező közötti összefüggés

(A német Cement Kézikönyv 2000, 274. oldala szerint)



¹ Nagyszilárdságú betonnál a cement szabványos nyomószilárdságának kisebb a jelentősége

Megjegyzések a diagrammhoz:

$f_{ck, cube}$: - 150 mm élhosszúságú kockán mért 28 napos szilárdság
- Az MSZ 4798-1 szerint kizsalzás után 7 napig vízben, majd levegőn tárolva

Az utókezelésnek a nyomószilárdságra gyakorolt hatását lásd a 8. fejezetben.

5.1.2. Nagy kezdőszilárdság

Nagy kezdőszilárdság alatt órákkal (max. 24 órával) a beton gyártása utáni nagy nyomószilárdságot értjük.

Nagy kezdőszilárdságú beton előregyártott szerkezetekhez

A nagy kezdőszilárdság gyakran fontos az előregyártott szerkezeteknél.

A nagyobb korai szilárdság a következőket jelenti:

- Korábbi kiszaluzás
- A zsaluzat gyorsabb forgási ciklusa
- Az előregyártott szerkezetek korábbi kezelése
- A cement gazdaságosabb használata
- Kevesebb hőenergia, stb.

Nagy kezdőszilárdságú transzportbeton

Ezzel kapcsolatban gyakran fordulnak elő szöges ellentétben álló követelmények. Egyrészt gyakran van szükség hosszú bedolgozási időre (szállítás/beépítés), másrészt a korai szilárdságot már 6 óra után igénylik. Ezeket a követelményeket csak a legújabb fejlesztésű folyósítókval, kötésgyorsítókkal és különleges betonkeverékek használatával lehet elérni.

Nagy kezdőszilárdságú transzportbetonok használata

Minden transzportbeton alkalmazás esetén, amelynél nagy korai szilárdságot igényelnek, a következőkre lehet szükség:

- Rövid kiszaluzási idők, különösen télen
- Korai terhelhetőség (közlekedésépítési betonok, alagút belső héjbetonok, vízszintes teherhordó szerkezetek stb.)
- Csúszózszerű betonozás
- Korai felületképzés (pl. műkö beton a tél folyamán)
- Kisebb mértékű téliesítési intézkedések

Nagy kezdőszilárdságú betont befolyásoló tényezők

A szilárdság fejlődését és a bedolgozhatóságot (konzisztencia) a következő tényezők befolyásolják:

- Cement típusa és mennyisége
- A beton-, a környezet- és az alapfelület hőmérséklete
- Víz/cement tényező
- Szerkezeti elem méretei
- Utókezelés
- Adalékanyag összetétele
- Betonadalékszerek

75. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése, típusa	5 °C óra: N/mm ²	10 °C óra: N/mm ²	20 °C óra: N/mm ²	30 °C óra: N/mm ²
Referenciabeton:	CEM: 350 kg/m ³ 18: 0 24: 2 48: 10	CEM: 350 kg/m ³ 12: 0 18: 3 24: 14	CEM: 325 kg/m ³ 9: 2 12: 5 18: 17	CEM: 325 kg/m ³ 6: 5 9: 9 12: 13
Sika® FS 1 fagyásgátló	CEM: 350 kg/m ³ Adag: 1% 18: 1 24: 3 48: 12	CEM: 325 kg/m ³ Adag: 1% 12: 2 18: 5 24: 16	CEM: 325 kg/m ³ Adag: 1% 9: 3 12: 6 18: 18	
Sika® Rapid-1 szilárdulásgyorsító	CEM: 350 kg/m ³ Adag: 1% 18: 1 24: 4 48: 16	CEM: 325 kg/m ³ Adag: 1% 12: 3 18: 7 24: 15	CEM: 325 kg/m ³ Adag: 1% 9: 4 12: 10 18: 23	CEM: 300 kg/m ³ Adag: 1% 6: 12 9: 16 12: 20
Sika® ViscoCrete-20 HE folyósító, nagy kezdő-szilárdsággal			CEM: 325 kg/m ³ Adag: 0,4% 24: 27	CEM: 325 kg/m ³ Adag: 0,8% 24: 34

Szilárdság vizsgálatok

Annak érdekében, hogy a szerkezet korai szilárdságáról megbízható adatokat nyerjünk a mintákat nagy gondossággal kell előállítani. A következő módszerek és eszközök alkalmasak:

- Lehetőleg olyan mintákat kell előállítani, amelyeknek méretei illeszkednek a szerkezethez és ezekből a fúrt magmintákat röviddel a vizsgálat előtt kell venni.
- Másik lehetőség, hogy ugyanolyan tárolási körülmények között kell a mintákat előállítani. Fontos, hogy tudatában legyünk, a korai szilárdságok jóval kisebbek a kis méretek miatt.
- Különleges lengőkalapácsos készüléket is lehet alkalmazni a szerkezeten. Nem megfelelő a korai szilárdság vizsgálatát beton vizsgáló Schmidt-kalapáccsal végezni.

Beton összetétele

Csak általános információt lehet adni, mivel a pontos összetétel főként a különleges követelményektől függ.

- **Cement típus:** Használjon CEM I 52,5-et CEM I 42,5 helyett. A szilikapor gyorsítja a szilárdság kialakulását, a pernye azonban hajlamos késleltetni azt.
- **Cement tartalom:** $D_{\max}=32$ mm szemnagyság esetén növelje meg kötőanyag tartalmat 300-ról 325-350 kg/m³-re.
- **Beton hőmérsékletek:** Amennyiben lehetséges, növelje meg a hőmérsékletet a magas szintű előírásokhoz.

- **Szemmegoszlási görbe:** Kis finomrész tartalmú görbékét válasszon, általában a homoktartalom csökkentésével, hogy csökkentse a víz-igényt.
- **Víz/cement tényező:** Alaposan csökkentse a víztartalmat folyósító használatával.
- **Gyorsítás:** Gyorsítsa fel a szilárdság kialakulását szilárdulásgyorsítóval (**Sika® Rapid-1**) a végszilárdság csökkentése nélkül.
- **Utókezelés:** Tartsa meg a hidratációs hőt a betonban a hővesztés- és kiszáradás elleni védelemmel.

5.1.3. Vízjáróság

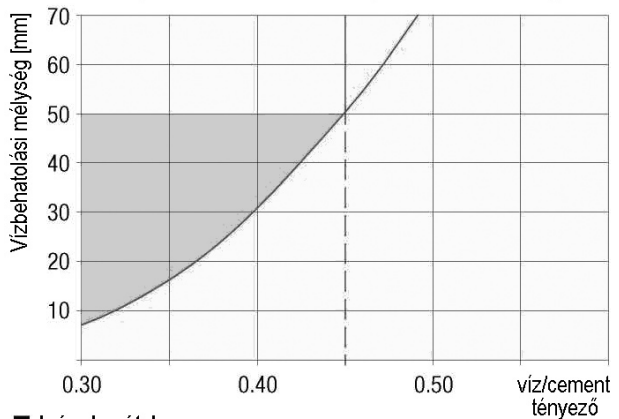
A vízjárósággal jellemezzük a betonszerkezet ellenállását a víz behatolásaival szemben.

A beton vízjáróságát a hidratált cement vízjárósága (kapilláris porozitása) határozza meg.

A vízjáróság meghatározása az MSZ EN 12390-8 szerint

- A víz maximális behatolása a betonba: 50 mm.
- Követelmény: Jó betonminőség és korrekt műszaki megoldások a csatlakozások, hézagok kialakítására.

(Sika Schweiz AG szabványos keverék-tervezés)



■ Igénybevétel

Víznyomás

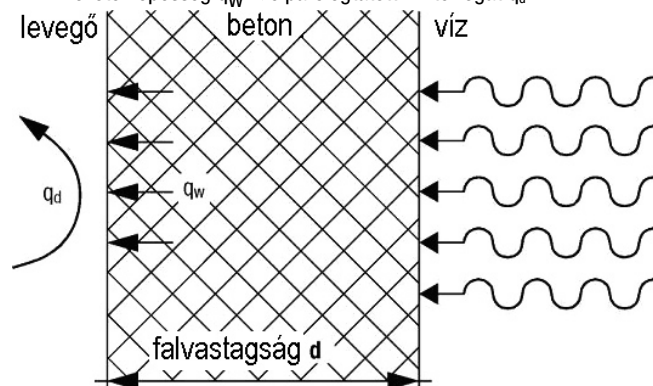
■ Vizsgálat

Maximális behatolási mélység mérése (MSZ EN 12390-8)

17. ábra: A víz/cement tényező és a vízbehatolási mélység összefüggése

A vízzáróság meghatározása

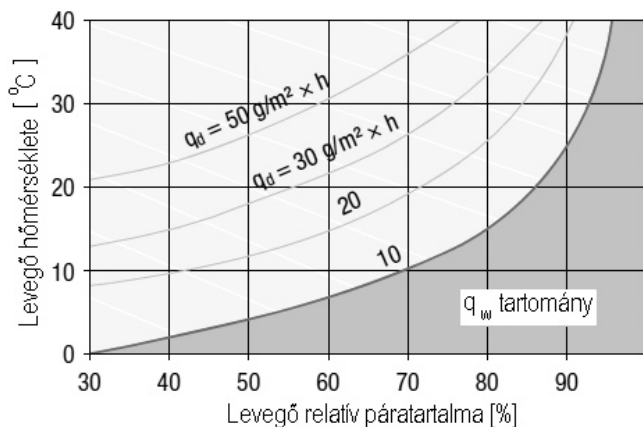
■ Vízvezető képesség $q_w < \text{elpárolgatott víz térfogat } q_d$



Minél nagyobb „d”, annál nagyobb a vízzáróság.

18. ábra: A vízzáróság fogalma

■ A vízzáró szerkezetek ajánlott tartománya: $q_w \leq 10 \text{ g/m}^2 \times h$



■ Igénybevétel

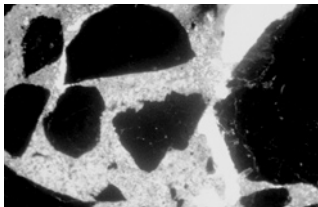
Változó víztelítődés a vízzel való tartós kapcsolat miatt

■ Vizsgálat

A q_w vízvezető képesség mérése

19. ábra: A levegő hőmérsékletének és a levegő relatív páratartalmának hatása a vízzáróságra

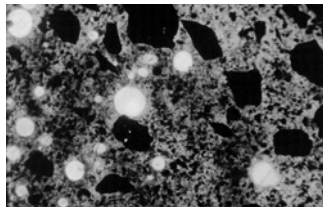
A kapilláris pórusok és üregek redukálása vízcsökkentéssel



14. fotó:

Nagy v/c tényező > 0,60

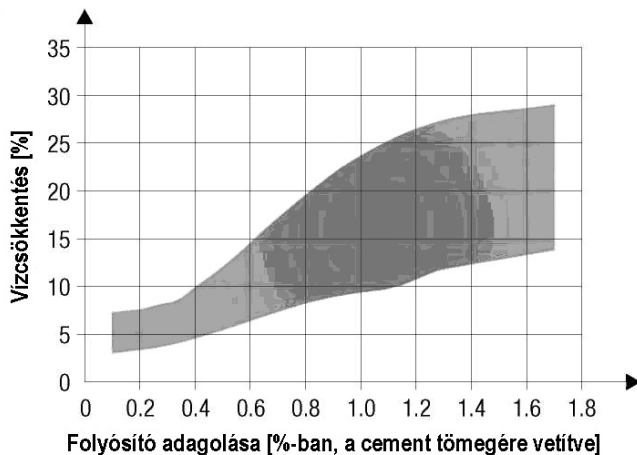
Nagy pórusok a finom homok és a finom részek hiánya miatt.



15. fotó:

Kis v/c tényező > 0,40

Nagyon tömör cementkő



20. ábra: Vízcsökkentés %-ban Sika® folyósító használatával

A megfelelő hidratálás a vízzáró beton számára elsődleges fontosságú. Ezért lényeges a beton helyes utókezelése (lásd a 8. fejezetet).

5.1.4. Fagy- és fagyolvasztósó-állóság

Fagyhatás

A beton szerkezetek fagy által okozott károsodására általában akkor lehet számítani, ha azok nedvességgel átitatottak, és ebben az állapotukban gyakori fagyás/olvadás ciklusok érik. A konkrét károsodás annak a víznek ciklikus megfagyása és felolvadása következtében jelenik meg, amelyet a kapilláris szívó hatás következtében nyelt el a beton. Ezután következik be a károsodás a külső betonrétegekben a víz térfogat-növekedése [jég] miatt.

Fagyállóság feltétele

- Fagyálló adalékanyagok
- Tömör betonszerkezet és/vagy
- Mikro méretű légbuborékokban gazdag beton
- Alapos és azonnali utókezelés
- Lehetőség szerint a beton hidratációs foka minél nagyobb legyen (nem jó ötlet közvetlenül a fagyos időszakok előtt betonozni).

Vizsgálati módszerek

A beton fagyállóságának vizsgálatára jelenleg érvényes európai szabvány még nem áll rendelkezésre (a prEN 12390-9:2002 irányadó lehet). Magyarországon az MSZ 4798-1 szerint legalább 28 napos, de legfeljebb 35 napos korú és vízzel telített próbatesteken vizsgálható a fagy- és fagyolvasztósó-állóság.

■ Fagyállóság („A” eset)

A fagyasztási-olvasztási ciklusok száma XF1 környezeti osztályban legalább 50, az XF3 környezeti osztályban legalább 100 legyen. A próbatestek tömegvesztése legfeljebb 5 tömeg%, nyomószilárdság-csökkenése pedig legfeljebb 20% lehet.

■ Fagy- és olvasztósó-állóság („B” eset)

A próbatestek 5 oldalára gumiréteget és hőszigetelést kell ragasztani, 6. oldalán pedig 3%-os 3 mm mélységű NaCl oldat álljon. A fagyasztási-olvasztási ciklusok száma 56 legyen. A próbatestek tömegvesztésének átlaga az XF2 környezeti osztályban legfeljebb 500 g/m², az XF4 környezeti osztályban pedig legfeljebb 250 g/m² lehet.

Fagy- és fagyolvasztósó-állóság

Télen a közlekedési felületek csúszásmentesítése érdekében főként jégolvasztó sókat használnak (általában NaCl-ot). A betonfelület ennek hatására – hőelvonás következtében – nagyon gyorsan lehűl. A fagyott és nem-fagyott rétegek közötti kölcsönhatások szerkezeti meghibásodásokat, leválásokat okoznak a beton felületén.

Fagy- és fagyolvasztósó-állóság feltételei

- Fagyálló adalékanyagok
- Tömör és mikro méretű légbuborékokban gazdag beton
- Alapos és gondos és utókezelés
- Kerülje el a felületen a finomhabarcs feldúsulásokat
- Betonozzon minél korábban az első fagyás/olvadás igénybevétel előtt, hogy a beton addigra ki tudjon száradni.

5.1.5. Felületképzés

A beton felületével szemben különféle változó, de magas követelményeket szoktak támasztani a vízzáróságtól kezdve a megjelenésig bezárólag. Ahhoz, hogy ezek a követelmények teljesíthetők legyenek, a szerkezetet és annak kivitelezését részletesen meg kell tervezni.

Az összes tartóssági követelmény teljesítéséhez egy lehetőség szerint minél tömörebb felület szükséges. A károsító hatások mindig kívülről befelé irányulnak. A túlvibrálás vagy a nem megfelelő utókezelés gyengíti ezt a felületi zónát. A megjelenéssel szemben támasztott magas követelmények elvezetnek az ún. látszóbeton fogalmához.

Beton felületek esztétikai megjelenése

Látszóbeton → lásd a 3.2.8. fejezetet.

Mosott beton felület

A mosott beton felületű látszóbeton népszerű felületképzési lehetőség, pl. támfalaknál, homlokzati paneleknél, kerti berendezéseknél, stb. Az adalékanyag struktúrája a cementfilm lemosásával jelenik meg a felületen. Ehhez felületi késeltetésre van szükség, amelynek néhány milliméter mélységig hatékonynak kell lennie.

A helyesen megtervezett mosott betonnal a durva adalékanyag szemek 2/3 részben mindig benne vannak a cementkőben.

76. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Alkalmazás célja
Rugasol®	Felületi kötésekszeltető szerek	Látszó adalékanyagú betonfelületek készítése kimosással

Megjegyzések

- A maximális szemnagyságot esztétikai okok miatt hozzá kell igazítani az elem méreteihez (pl. 0-16 mm karcsú elemekhez).
- A cement tartalom az adalékanyag összetételétől függően 300-450 kg/m³ legyen (finom adalékanyag → több cement)
- Víz/cement tényező 0,40-0,45 között legyen
(→ **Sika® FM**, **Sika® ViscoCrete®**, **SikaPlast®** folyósítóval)
- Általában növelje a betonfedést 1 cm-rel.

A Sika vízzáró betonról alkotott álláspontja szerint a fogasságok és a munkahézagok mentén létrejövő vízátfolyások veszélye mosott beton esetén jelentősen megnő.

5.1.6. Zsugorodás

Zsugorodás alatt a beton rövidülését vagy térfogatának csökkenését értjük. A zsugorodási alakváltozás időbeli lefolyását és nagyságát főként a kiszáradás kezdete, a környezeti feltételek és a beton összetétele befolyásolja.

A zsugorodás időbeli alakulása a következőképpen történik:

- A fiatal beton kémiai töppedése/zsugorodása csak a reakciótermékek és az alapanyagok térfogatának különbségéből adódik. A zsugorodás csak a cementkővet érinti, az adalékanyagokat nem.
- A fiatal beton plasztikus zsugorodása a kötés és szilárdulás korai fázisától függ. A kötés kezdete után a beton párolgással vizet veszít, amely térfogatcsökkenéshez vezet és a beton minden irányból megrovidül. A deformáció általában megáll, ha a beton eléri az 1 N/mm² nyomószilárdságot.
- Száradási zsugorodás → a szilárduló beton lassú kiszáradása okozza, azaz minél gyorsabban csökken a szabad víz mennyisége a struktúrában, annál jobban zsugorodik a beton.

A zsugorodás mértékét befolyásoló tényezők

- A betonozási fázisok és munkahézagok megtervezése
- Optimalizált keverék tervezés
- Lehetőség szerint kis víztartalom (→ **Sika® FM**, **Sika® ViscoCrete®**, **SikaPlast®** folyósítóval)
- Zsugorodás csökkentése (→ **Sika® Control-40**) a hidratáció megkezdése után
- A víz eltávozásának megelőzése a zsaluzat és az alapfelület előnedvesítésével
- Utókezelés: letakarás műanyag fóliával, hőszigetelő, illetve vízmegtartó takarókkal (juta, geotextília) vagy folyékony utókezelőszerekkel való permetezés **Sika® NB**, **Antisol®**.

I. szakasz	II. szakasz	III. szakasz
Kémiai zsugorodás	Plasztikus zsugorodás	Száradási zsugorodás
Után-tömörítés	Vízvesztés csökkentése	Utó kezelés
kb. 4-6 óra	kb. 1 N/mm ²	

77. táblázat: A zsugorodás időbeli alakulásának szakaszai

5.1.7. Szulfátállóság

A szulfáttartalmú víz időnként a talajból jön vagy oldódik a talajvízben és megtámadhatja a megszilárdult betont.

Hatásmechanizmus

A szulfáttartalmú víz reakcióba lép a cementben lévő trikálcium-alumináttal (C_3A) és ettringit (bizonyos körülmények között taumazit) jön létre, amely térfogatnövekedéshez vezet és nagy belső nyomást okoz a betonban, miáltal repedezések és leválások jelennek meg.

Intézkedések

- Lehetőség szerint tömör beton struktúra, azaz csekély porozitás → **SikaFume®**, **Sika® Silicoll**
- Kis víz/cement tényező $\leq 0,45$ (→ **Sika® FM**, **Sika® ViscoCrete®**, **SikaPlast®** folyósítóval)
- Használjon kis trikálcium-aluminát (C_3A) tartalmú cementet
- Létesítménynek megfelelő utókezelés

Megjegyzés: A különleges követelményeket minden létesítménynél projektre szabottan kell tisztázni. A természetes talajból és talajvízből származó anyagok kémiai korróziós határértékeit kitéti osztályonként a 2.2. fejezet és a 19. táblázat tartalmazza.

Vizsgálati módszer

ASTM C 1012

5.1.8. Kémiai ellenállóképesség

A betont megtámadhatják a vizekben és a talajban lévő szennyezőanyagok vagy a gázok (azaz levegő). Veszélyek léphetnek fel használat közben is (tartályokban, ipari padlóknál, stb.).

- A felszíni és talajvizek, károsító talajszennyező anyagok, a levegő szennyezések, és növényi vagy állati anyagok kémiai úton megtámadhatják a betont.
- A kémiai támadásokat két típusba lehet besorolni:
 - Oldószer támadás: a lágy víz, savak, sók, lúgok, olajok és zsírok, stb. okozzák.
 - Duzzadási támadás: főképpen a vízben oldható szulfátok hatásai (szulfát duzzadás) okozzák, lásd az 5.1.7. fejezetet.

Lásd a 2.2. fejezetet és a 19. táblázatot.

Intézkedések

- A lehetőség szerint minél tömörebb beton struktúra, azaz alacsony porozitás → használjon Sika szilikapor technológiát → **SikaFume®**, **Sika® Silicoll**
- Kis víz/cement tényező $\leq 0,45$ (→ **Sika® FM**, **Sika® ViscoCrete®**, **SikaPlast®** folyósítóval)
- Növelje a betonfedést legalább 1 cm-rel.

A beton csak a nagyon gyenge savakkal szemben ellenálló. A közepes erősségű savak károsítják a betont.
A betont tehát különleges védőbevonattal kell ellátni közepesen és erősen agresszív savak támadása esetén. Schleifend

5.1.9. Kopásállóság

Kopási igénybevételek

A beton felületeket gördülő igénybevételek (kerekek/forgalom), csiszoló hatások (csúszás/abroncsok) és/vagy ütések (nagy súlyok/ledobott anyagok) érik. A cementkő, az adalékanyagok és ezek tapadása együttesen igénybevétel alatt állnak. A támadás tehát elsődlegesen mechanikai.

A jobb kopásállóság feltételei

A hidratált cementkő kopásállósága kisebb, mint az adalékanyagé, különösen porózus cementkő esetén (nagyobb víztartalom). Ugyanakkor ha a víz/cement tényező csökken, a hidratált cement porozítása ugyancsak csökken és az adalékanyagokhoz való tapadása javul.

- Víz/cement tényező $\leq 0,45$ az ideális
- A cementkő tömörségének javítása, valamint az adalékanyag és a cementkő közötti tapadás javítása (**SikaFume®**, **Sika® Silicoll**).
- A megfelelő szemmegoszlási görbe és legnagyobb szemnagyság (D_{max}) kiválasztása, alapos utókezelés
- A kopásállóság további növeléséhez különleges adalékanyagokat is kell használni

78. táblázat: Kopásálló beton összetétele

Szabványos habarcs-homok keverék	Szemnagyság
Rétegvastagság 30 mm	0-4 mm
Rétegvastagság 30-100 mm	0-8 mm
Cement tartalom 400-500 kg/m ³	

Amennyiben a réteg vastagsága meghaladja az 50 mm-t, akkor általában egy könnyű hegesztett hálót (legalább Ø 4,0 x 100 / Ø 4,0 x 100) is be kell építeni.

Tapadás az alapfelülethez és felületképzés

- Beépítés előtt egy tapadóhidat kéfélnek a mattnedves (előnedvesített) alapfelületbe.
- A kopásálló beton kopórétegét, mint „nedveset a nedvesre” hordják fel az elkészített tapadóhidra és gondosan tömörítik, simítják és gépi simítóval képezik a felületet.

Utókezelés

Sika® Antisol® utókezelőszerral (Ezt mechanikailag el kell távolítani, ha egy későbbi időpontban a felületre további réteget, burkolatot hordanak fel) és takarja le a felületet, lehetőleg több napra.

5.1.10. Hajlítószilárdság

A betont általában nyomó igénybevételre használják és a húzó igénybevételeket a betonacélok veszik fel. Maga a beton is rendelkezik valamennyi hajlítószilárdsággal, amely erősen függ a keverék összetételétől. Döntő tényező az adalékanyagszemek és a cementkő közötti tapadás. A beton hajlítószilárdsága kb. 2-7 N/mm².

A hajlítószilárdságot befolyásoló tényezők

A hajlítószilárdság növekszik

- A cement nyomószilárdságának növelésével (CEM 32,5; CEM 42,5; CEM 52,5)
- A víz/cement tényező csökkentésével
- Zúzott adalékanyagok felhasználásával

Alkalmazási terület

- Acélhaj beton
- Pálya beton
- Héj beton

Vizsgálati módszer

- MSZ EN 12390-5, lásd 5.2.5 fejezetet.

5.1.11. Hidratációs hő fejlődése

A vízzel érintkezve megkezdődik a cement kémiai reakciója. Ezt a cement hidratációjának nevezzük.

A szilárdulás kémiai folyamata a megszilárdult cementkő kialakulásának, azaz a betonnak az alapja. A keverővízzel lefolytatott kémiai reakció új vegyületeket hoz létre a klinkerásványokból → hidratáció.

Elektronmikroszkóp alatti megfigyeléssel a hidratációs folyamat három fázisát tudjuk megkülönböztetni, amely erősen exotermikus, azaz hőenergia kibocsátással jár.

A hidratáció 1. fázisa

Általában a keverést követő 4 – 6 óráig tart

A képlékeny cement pépben lévő gipsz jelenlétében a trikalcium-aluminát (C₃A) triszulfáttá (ettringitté) alakul, amely egy vízben oldhatatlan réteg, amely kezdetben gátolja a többi összetevő átalakulási folyamatát. A 2 – 5% gipsz hozzáadásának tehát késleltető hatása van. A cementszemcséből kinövő tűkristályok, amelyek ebben a fázisban jönnek létre, összekötik a különálló cementszemcséket és ezáltal a beton merevedését okozzák.

A hidratáció 2. fázisa

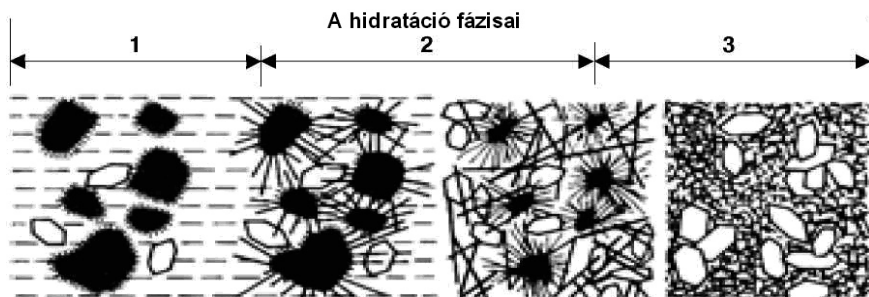
Általában a keverést követő 4 – 6 órától egy napig tart

Néhány óra múlva megkezdődik a klinkerásványok erőteljes hidratációja, különösen a trikalcium-szilikátoké (C₃S), amelyek hosszú, egymásba fonódó kalcium-szilikát-hidrát kristályokat képeznek és amelyek tovább szilárdítják a struktúrát.

A hidratáció 3. fázisa

Kb. egy nap után

A cementkő szerkezete és struktúrája kezdetben még hézagos. Ahogy a hidratációs folyamat előre halad, a hézagok kitöltődnek további hidratációs termékekkel és a szilárdság tovább növekszik.



A hidratációs fázisok sematikus ábrázolása és a struktúra cement-hidratáció következtében létrejövő fejlődése

21. ábra: A cement-hidratáció sematikus ábrázolása

5.1.12. Alkáli-adalékanyag reakció

A cementből származó alkáliák (Na_2O és K_2O) és az adalékanyagok reakciója (AAR = Alkali-Aggregate Reaction), amely a beton pórus oldatainak az adalékanyagokkal történő reakcióját jelenti. Ez a folyamat térfogatnövekedéssel jár és a beton repedezését, majd teljes tönkremenetelét okozza. Az adalékanyagok típusától függően a reakció formája és sebessége változó lehet:

- Alkáli-kovász reakció (ASR = Alkali-Silica Reaction) vulkanikus adalékanyagokban.
- Alkáli-karbonát reakció (ACR = Alkali-Carbonate Reaction) mészkő adalékanyagokban.
- Alkáli-szilikát reakció kristályos adalékanyagokban.

Alkáli-adalékanyag reakció

E reakció veszélye akkor áll fenn, ha alkáliakra érzékeny adalékanyagokat használunk. A problémát nyilvánvalóan megoldja, ha nem használjuk ezeket az adalékanyagokat, de ez sokszor megvalósíthatatlan gazdasági és ökológiai okok miatt. Alkalmas cementek és nagyértékű betontechnológia használatával ezt a reakciót meg lehet akadályozni vagy legalábbis csökkenteni lehet annak veszélyét.

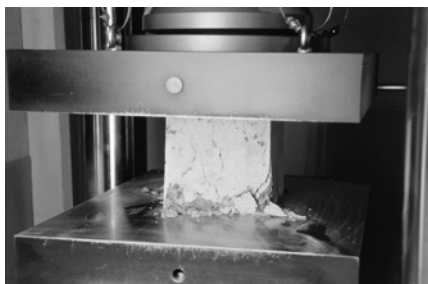
A pontosan lejárászódo folyamatokat részletesen kell elemezni. Leegyszerűsítve a folyamatot, az alkáli ionok vízelnyelés útján behatolnak az adalékanyagokba és belső nyomást generálnak, amely az adalékanyag és később a cementkő repedezését és „szétrobbanását” okozza, aminek hatására a beton teljesen tönkremegy. Ezt egyszerű kifejezéssel élve a nyomás vagy a robbanás hatásának lehet leírni. Ennek tartama és intenzitása

a cement reakcióképességétől, az adalékanyagok típusától és porozításától, a beton porozításától és az alkalmazott védekező intézkedésektől függ.

Intézkedések a következők:

- A portlandcement részleges felváltása kohósalakkal vagy egyéb olyan kiegészítő anyagokkal (szilikapor, pernye), amelyeknek Na_2O -egyenértéke (alkáli-tartalma) csekély.
- Az adalékanyagok alkáli-adalékanyag reakció potenciáljának elemzése és azok osztályba sorolása (kőzettani elemzés, mikrobár vizsgálat, teljesítőképesség ellenőrzés stb.).
- Az adalékanyagok cseréje vagy részleges cseréje (a rendelkezésre álló adalékanyagok keverése).
- Akadályozza meg vagy csökkentse a beton nedvességgel való érintkezését (szigetelés, elterelés stb.).
- Tervezze meg a beton vasalását a repedések jó elosztására (csak nagyon finom repedések jelenjenek meg).
- Vízáró beton tervezése a nedvesség behatolásának minimalizálására.

5.2. Megszilárdult beton vizsgálata



16. fotó: Betonkocka törése



17. fotó: Fúrt magminta

A megszilárdult beton vizsgálatait az MSZ EN 12390 szabvány sorozat szabályozza.

5.2.1. Próbatestekre és próbatest sablonokra vonatkozó előírások

Szabvány: MSZ EN 12390-1

Fogalommeghatározások a szabványból:

- Névleges méret:

Az általában szokásos próbatestméret.

- Előírt méret:

A szabvány alkalmazója által, a névleges méret megengedett tartományából kiválasztott és a számítások alapjául szolgáló próbatest méret mm-ben.

79. táblázat: A próbatestek használható névleges méretei (mm-ben)

Kockák ¹	Élhossz	100	150	200	250	300	
Hengerek ²	Átmérő	100	113 ³	150	200	250	300
Hasábok ^{1,4}	Homlokfelület élhossz	100	150	200	250	300	

¹ Az előírt méretek nem különbözhetnek a névleges méretektől.

² Az előírt méretek a névleges méretek 10%-án belül legyenek.

³ Ez 10 000 mm² teherátadási felületet ad.

⁴ A hasábok hossza $L \geq 3,5 d$ legyen

80. táblázat: A próbatestek megengedett tűrései

Megengedett tűrések	Kockák	Hengerek	Hasábok
Előírt méret	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$	$\pm 0,5\%$
A fedlap és az alaplap közti előírt méret	$\pm 1,0\%$		$\pm 1,0\%$
A teherátadó felületek egyenletessége	$\pm 0,0006 d$, mm-ben	$\pm 0,0005 d$, mm-ben	
Az oldalak merőlegessége az alaplaphoz viszonyítva	$\pm 0,5 \text{ mm}$	$\pm 0,5 \text{ mm}$	$\pm 0,5 \text{ mm}$
Magasság		$\pm 5\%$	
A hasító vizsgálatra használt hengereknél a hengerpalást egyenestől való megengedett eltérése		$\pm 0,2 \text{ mm}$	
A támaszokon lévő felület egyenessége hajlító vizsgálatoknál			$\pm 0,2 \text{ mm}$
A terhelést átadó felület egyenessége hajlító-szilárdság vizsgálatoknál			$\pm 0,2 \text{ mm}$

Próbatest sablonok

A sablonoknak víztömörnek kell lenniük és nem lehetnek nedvszívók. A hézagokat megfelelő anyaggal lehet tömíteni.

Kalibrált sablonok

Ezeket acélból vagy öntvényből, mint referencia anyagból kell készíteni. Amennyiben más anyagokat használnak, akkor azok hosszú távú összehasonlíthatóságát az acél vagy öntvény sablonokkal bizonyítani kell.

A kalibrált sablonokra vonatkozó mérettűrések szigorúbbak, mint a fent megadott próbatestekre megengedett tűrések.

5.2.2. Próbatestek készítése és utókezelése*

***Megjegyzés:** Ajánlott, hogy ezt a szabványt alkalmazzák minden össze-hasonlító beton-vizsgálatra, nemcsak a szilárdsági vizsgálatokra.

Szabvány: MSZ EN 12390-2

A próbatestek készítésére vonatkozó megjegyzések

■ Toldókeret

A beton sablonokba való betöltése egyszerűbb egy toldókeret segítségével, *de ennek használata opcionális.*

■ **Tömörítés**

Rúdvrátór legalább 120 Hz frekvenciával (7200 rezgés percenként).
(rázófej átmérő $\leq$ a próbatest legkisebb méretének $\frac{1}{4}$ -e).

Vagy

Vibrátorasztal legalább 40 Hz frekvenciával (2400 rezgés percenként).

Vagy

$\varnothing$ 16 mm köracél döngölő, hossza kb. 600 mm, lekerekített sarkokkal.

Vagy

Acél tömörítő rúd, négyszögletes vagy kerek, kb. 25 x 25 mm, hossza kb. 380 mm.

■ **Formaleválasztó szerek**

Ezeket kell használni, hogy megakadályozzuk a beton próbatest sablonhoz való ragadását.

Megjegyzések a betöltéshez

A próbatesteket legalább két rétegben kell betölteni és tömöríteni, de a rétegek nem lehetnek 100 mm-nél vastagabbak.

Megjegyzések a tömörítéshez

Vibrátorral történő tömörítés esetén, a teljes tömörítést akkor érjük el, ha már több nagyobb légbuborék nem jelenik meg a felszínen és a felszínnek fényes, sima kinézete van. Kerülje a túlvibrálást (légbuborékok kiengedése!). Kézi tömörítés rúddal vagy döngölővel: Az egy rétegre eső ütések száma a konzisztenciától függ, de legalább 25 ütés rétegenként.

A próbatestek azonosítása

Fontos a kiszaluzott próbatestek világos és tartós címkézése, különösen, ha ezután hosszabb ideig tárolásra kerülnek.

A próbatestek tárolása

A próbatesteknek legalább 16 órát, de 3 napnál nem hosszabb ideig a sablonban kell maradniuk $20 (\pm 2) ^\circ\text{C}$ vagy meleg időjárású országokban $25 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ hőmérsékleten. Meg kell védeni őket a fizikai vagy időjárási hatásoktól és a kiszáradástól.

A kiszaluzás után a mintadarabokat a vizsgálat megkezdéséig $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ hőmérsékleten vízben, vagy $20 (\pm 2) ^\circ\text{C}$ hőmérsékleten és $\geq 95\%$ relatív páratartalmú klímasekrényben kell tárolni.

Magyarországon szabad a próbatesteket vizsgálatukig vegyesen tárolni, azaz 7 napos korig $20 (\pm 2) ^\circ\text{C}$ hőmérsékletű vízben, majd $\geq 55\%$ relatív páratartalmú, $20 (\pm 5) ^\circ\text{C}$ hőmérsékletű levegőn.

5.2.3. Próbatetek nyomószilárdsága

Szabvány: MSZ EN 12390-3

Vizsgáló berendezés: MSZ EN 12390-4 szerinti nyomószilárdság vizsgáló berendezés.

A próbatest előírásai

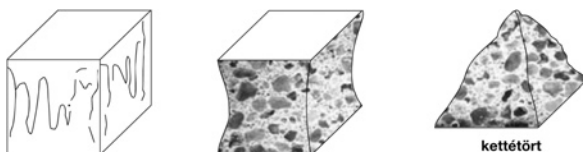
A próbatetek kocka, henger vagy hasáb alakúak legyenek. Meg kell felelniük az MSZ EN 12390-1 szerinti méretpontossági előírásoknak.

Amennyiben a próbatetek a tűréshatárokat túllépik, azokat külön kell választani és adaptálni kell vagy szűrni a szabvány „B” melléklete szerint (tájékoztató). A „B” melléklet részletesen megadja, hogyan kell meghatározni a geometriai méreteket.

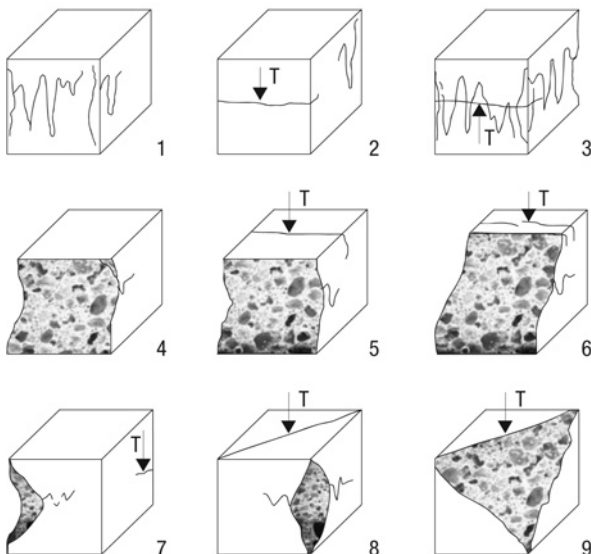
Az „A” mellékletben (tájékoztató) leírt egyik módszert használjuk az adaptációra (vágás, marás vagy kiegyenlítő anyag felhordása). A próbakockákat a készítés kori bedolgozás irányára merőlegesen kell vizsgálni.

A vizsgálat végén értékelni kell a törés típusát. Amennyiben az szokatlan, ezt rögzíteni kell a típuszámmal.

22. ábra: Szabványos törésminták (illusztrációk a szabványból)



23. ábra: Szokatlan kocka törésminták (illusztrációk a szabványból)



T = Feszültség okozta repedés

5.2.4. Vizsgáló berendezések előírásai

Szabvány: MSZ EN 12390-4

Ez a szabvány főképpen mechanikai adatokat tartalmaz: nyomólapok, erőmérés, erőszabályozás, erőátvitel. A részletes információt lásd a szabványban.

Alapelv

A próbatestet egy felső mozgatható nyomólap (gömbcsukló) és egy alsó nyomólap közé helyezik és tengelyirányú nyomóerőt alkalmaznak, amíg a törés megtörténik.

Fontos megjegyzések

A próbatesteket pontosan be kell igazítani a nyomás síkjához képest. Az alsó nyomólapot tehát pl. el kell látni központosító hornyokkal.

A vizsgáló berendezés külső ellenőrzésének részeként (a minőségbiztosítási rendszer értelmében) a beton törőgépet **kalibrálni** kell a kezdeti összeszerelés után (vagy szétszerelés és újra összeszerelést követően), de legalább évente egyszer. Ezt egy olyan alkatrész cseréje után is el kell kezni, amely befolyásolja a vizsgálati jellemzőket.

5.2.5. Próbatestek hajlítószilárdsága

Szabvány: MSZ EN 12390-5

Alapelv

A hajlítónyomatékot hasáb alakú próbatesteken vizsgáljuk a felső és alsó görgőkön keresztül történő terheléssel.

■ Hasáb méretek:

Szélesség = magasság = d

Hossz $\geq 3,5 d$

Kétféle vizsgálati eljárást alkalmaznak:

■ Kétpontos terhelés alkalmazása

Terhelés **felül 2 hengeren keresztül**, egymástól „ d ” távolságban (mindkettő távolsága $\frac{1}{2}d$ a hasáb közepétől).

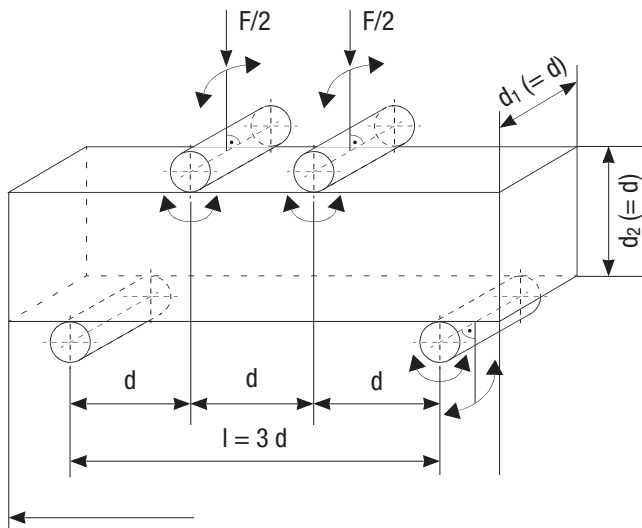
A referencia módszer a kétpontos terhelés alkalmazása.

■ Központos terhelés alkalmazása

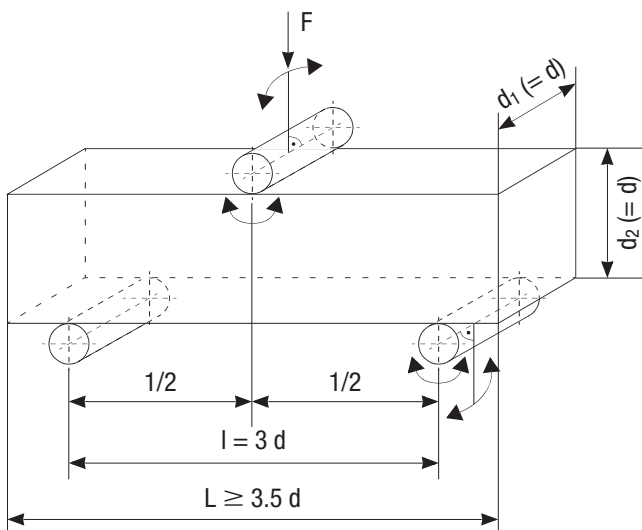
Terhelés **felül 1 hengeren keresztül**, a hasáb közepén.

Mindkét módszernél az alsó hengerek $3d$ távolságban vannak egymástól (mindegyik $\frac{1}{2}d$ távolságra a hasáb közepétől).

24. ábra: Kétpontos terhelés



25. ábra: Központos terhelés



A vizsgálati eljárások elemzése kimutatta, hogy a központos terhelés mintegy 13%-kal nagyobb eredményt ad, mint a kétpontos terhelés. A terhelést a próbatestek készítés kori bedolgozás irányára merőlegesen kell alkalmazni.

5.2.6. Próbatetek hasító-húzó szilárdsága

Szabvány: MSZ EN 12390-6

Alapelv

A hengeres próbatetet a hossza mentén szűk területre alkalmazott nyomóerőnek tesszük ki. Az ennek eredményeként nyert merőleges húzóerő a próbatest húzásra való tönkremenetelét okozza.

Próbatetek

A próbatetek legyenek henger alakúak az MSZ EN 12390-1-nek megfelelően, de kifűrt magok esetén el kell fogadni a hosszúság / átmérő = 1 arányt.

Amennyiben a vizsgálatokat kocka vagy hasáb alakú próbatesteken hajtják végre, a terhelés közvetítésére szabad acél íves közdarabokat használni (a hagyományos sík lapok helyett).

Az eltört próbatetek kinézetét meg kell vizsgálni és bármilyen rendelkezésséget, valamint a vizsgálati eljárás típusát fel kell jegyezni.

5.2.7. Megszilárdult beton testsűrűsége

Szabvány: MSZ EN 12390-7

Alapelv

A szabvány leírja a megszilárdult beton testsűrűségének meghatározási módszerét.

A testsűrűsége a tömegből (súlyból) és a térfogatból számoljuk, amit a megszilárdult beton próbatest segítségével határozzunk meg.

Próbatetek

Legalább 1 liter térfogatú próbatestre van szükség. Amennyiben az adalékanyag legnagyobb névleges szem nagysága ($D_{\max}$) 25 mm-nél nagyobb, a próbatest minimális térfogatának $50 D_{\max}^3$ -nél nagyobbnak kell lennie, ahol $D_{\max}$ az adalékanyag legnagyobb szem nagysága. (Példa: $D_{\max}=32$ mm, ez legalább 1,64 literes térfogatot igényel.)

A tömeg meghatározása

A szabvány 3 állapotot határoz meg, amelyben a próbatetek tömegét meg lehet vizsgálni:

- Ahogy a próbatestet szállították
- Vízzel telített próbatest
- Szárító szekrényben kiszáritott próbatest (állandó tömegre)

A térfogat meghatározása

A szabvány 3 módszert határoz meg a próbatest térfogatának megállapítására:

- Vízkiszorítással (referencia módszer)
- A ténylegesen mért tömegből számítással
- A ellenőrzött megadott tömegből számítással (kockák esetén)

A vízkiszorítással végzett térfogat meghatározás a legpontosabb módszer és az egyetlen módszer, amely alkalmas a szabálytalan alakú mintákhoz.

Vizsgálati eredmény

A testsűrűséget a próbatest segítségével kapott tömegből és térfogatból számítjuk:

$$\rho = m/V$$

ρ = testsűrűség kg/m³-ben

m = a próbatest tömege a vizsgálat idején kg-ban

V = a megfelelő módszerrel meghatározott térfogat m³-ben

Az eredményt 10 kg/m³ pontossággal kell megadni.

5.2.8. Vízbehatolási mélység nyomás hatására

Szabvány: MSZ EN 12390-8

Alapelv

A megszilárdult beton felületét nyomás alatt lévő vízzel terhelik. A vizsgálati időszak végén a próbatestet széthasítják és megméri a legnagyobb vízbehatolást.

Próbatestek

A próbatestek lehetnek kockák, hengerek vagy hasábok, amelyek minimális él-hossza vagy átmérője 150 mm.

A próbatesten a vizsgálati terület egy 75 mm átmérőjű kör (a víznyomást szabad alulról vagy felülről alkalmazni).

Vizsgálat feltételei

- A víznyomást nem szabad simított vagy felületképzett felületre alkalmazni (a vizsgálat céljára előnyben részesítendő egy zsuzuzott oldalsó felület) A jegyzőkönyvnek meg kell adnia a víznyomás irányát a próbatest készítésekor alkalmazott bedolgozási irányhoz viszonyítva (derékszögben vagy párhuzamosan).
- A víznyomásnak kitett felületet egy drótkéfével érdesíteni kell (lehetőleg közvetlenül a mintadarab kizsaluzását követően).
- A próbatestnek legalább 28 napos korúnak kell lennie a vizsgálat idején.

Vizsgálat

Álladó víznyomást kell alkalmazni 72 órán keresztül: 500 (± 50) kPa (5 bar).

A próbatesten rendszeresen ellenőrizni a nedves területeket és a mérhető vízvesztéséget.

A vizsgálat után a próbatesteket azonnal el kell távolítani és felhasítani a nyomás irányában. Hasításkor a víznyomásnak kitett területnek alul kell lennie.

Amennyiben a hasított felületek kissé szárazak, a víz behatolási irányát meg kell jelölni a próbatesten.

A maximális behatolást a vizsgálati terület alatt kell mérni és 1 mm pontossággal kell megadni.

5.2.9. Fagy- és fagyolvastósó-állóság

Szabvány: prEN 12390-9 (előszabvány)

A szabvány leírja, hogyan kell a beton fagyállóságát vízzel, valamint fagy- és olvasztósó-állóságát NaCl oldattal („sós vízzel”) vizsgálni. Egy meghatározott ciklus számú fagyás/olvadás után azt a beton mennyiséget mérik meg, amely a felülettől elvált.

Alapelv

A mintadarabokat ismételten lehűtik, részben -20 °C alá majd felmelegítik $+20\text{ °C}$ -ra vagy még jobban (vízben, vagy közönséges só oldatban). Az eredményül kapott anyagleválás jelzi a beton meglévő fagyállóságát vagy fagy- és olvasztósó-állóságát (lásd az 5.1.4 fejezetet).

Három módszer van leírva:

- Lemez vizsgálati módszer
- Kocka vizsgálati módszer
- CD/CDF vizsgálati módszer
- A lemez vizsgálati módszer a referencia módszer.

Fogalommeghatározások az előszabványból

■ Fagyállóság:

Ismételt fagyás/olvadás ciklusoknak való ellenállás vízzel érintkezve

■ Fagy- és olvasztósó-állóság:

Ismételt fagyás/olvadás ciklusoknak való ellenállás olvasztószerrel érintkezve

■ Leválások:

Anyagvesztés a beton felületén a fagyás/olvadás ciklusok hatása következtében

■ Belső szerkezeti károsodás:

A betonon belüli repedezések, amelyek nem láthatók a felületen, de, amelyek megváltoztatják a beton jellemzőit, mint pl. a dinamikus rugalmassági modulus (E) csökkenése.

6. Lőttbeton



18. fotó: Munkagödör partfal megtámasztása lőtt betonnal



19. fotó: Zárt építési módszerű (NATM) alagút fejtés utáni nedves eljárású lőtt beton biztosítása

6.1. Meghatározás

A lőttbeton vagy más néven lövellt beton a betonszivattyúzás különleges formája, melynek során a betont a beépítés helyére nyomásálló csőben szállítják, majd nagy erővel lövik fel a felületre. Ennek hatására a beton rögtön tömörített is lesz.

Felhasználási terület

- A lőttbetont főképpen a következő célokra használják:
- Fejtések biztosítására alagútépítésnél
- Kőzet- és rézsű szilárdítás
- Nagyértékű megtámasztások (pl. munkagödör)
- Javítási és felújítási munkák

6.2. Minőségi lőttbeton követelményei

- A gazdaságosság javítása a visszahullási veszteségek csökkentésével
- A nyomószilárdság növelése
- Vastagabb lőtt rétegek a belső összetartó erő növelésével
- A vízzáróság javítása
- A fagy- és olvasztósó-állóság fokozása
- A tapadó- és húzószilárdság növelése

81. táblázat: Hogyan lehet a minőségi lőttbeton követelményeit elérni?

MIT	HOGYAN	Alkalmazható Sika termékek
Kezdőszilárdság	Kötésgyorsító	Sigunit®-49 AF, Sigunit®-L53 AF
Végaszilárdság	Folyósító, SiO ₂ , alkáli-mentes kötésgyorsító	Sika® ViscoCrete® SC-305, SikaTard®-930, SikaFume® HR/TU, Sika® Silicoll, Sigunit®-L53 AF
Szulfátállóság	Folyósító, SiO ₂	SikaTard®, Sika® ViscoCrete®, SikaFume®, Sika® Silicoll
Kémiai ellenálló-képesség	Folyósító, SiO ₂ , műanyag szálak	Sika® ViscoCrete®, SikaFume®, Sika® Silicoll
Kopásállóság	Folyósító, SiO ₂ , acél szálak	SikaTard®, Sika® ViscoCrete®, SikaFume®, Sika® Silicoll
Vízzáróság	Folyósító a kis víz/cement tényező érdekében	SikaTard®, Sika® ViscoCrete®
Kis visszahullás	SiO ₂ , szivattyúzást segítő	SikaFume®, SikaPump®
Hosszú bedolgozási idő	Kötéskésleltető	SikaTard®
Nagy alkalmazási teljesítmény	Folyósító, szivattyúzást segítő (nedves szórás)	SikaTard®, Sika® ViscoCrete®, SikaPump®
Nagyfokú rugalmasság és késleltetés a fennakadások a kezelésében	Kötéskésleltető	Sika® ViscoCrete®, SikaTard®

6.3. Kezdőszilárdság fejlődése

A lőttbeton minőségét leginkább annak tulajdonságai határozzák meg. Az MSZ EN 14487 és 14488 szabánysorozat foglalkozik a lőttbetonokra vonatkozó különleges előírásokkal. Az MSZ 4798-1 szabvány általános előírásait kell alkalmazni a lőttbetonra, ahol az megfelelő.

Gyakran használják Európában a lőttbeton kezdőszilárdságának meghatározására az Osztrák Beton Egyesület lőttbeton műszaki irányelvének J1, J2 és J3 kezdőszilárdsági osztályait.

J1 kezdőszilárdsági osztály

Vékony rétegekben, száraz alapfelületre alkalmazott lőttbeton tartószerkezeti követelmények nélkül.

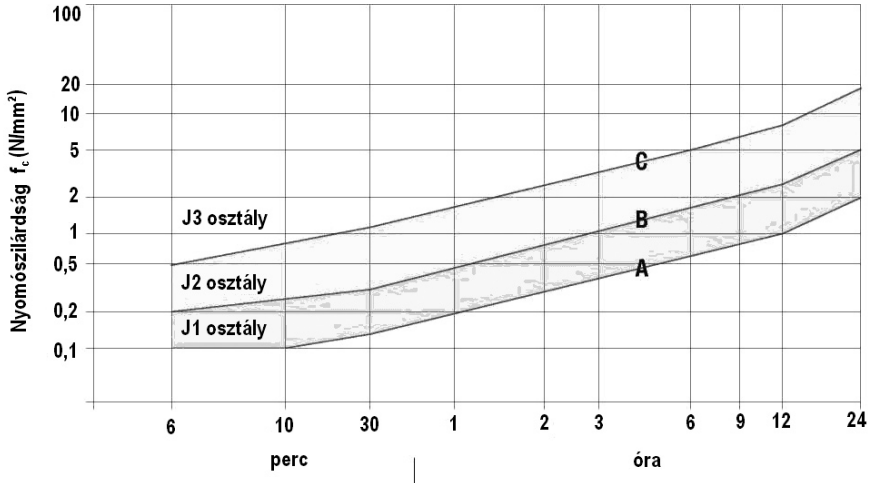
J2 kezdőszilárdsági osztály

Vastagabb rétegekben, beleértve a fej fölé, nagy teljesítménnyel, csekély vízbetörés mellett történő alkalmazást. A frissen lőtt beton következő munkák általi igénybevétele.

J3 kezdőszilárdsági osztály

Biztosítási munkákhoz vagy erős vízbetörések esetén. Csak különleges helyzetekben alkalmazható, a megnövelt porképződés miatt.

26. ábra: Lőttbeton kezdőszilárdsági osztályok az idő függvényében



Az „A” és „B” görbe között: J1 osztály
A „B” és „C” görbe között: J2 osztály
A „C” görbe fölött: J3 osztály

Forrás: Lőttbeton műszaki irányelvek, Osztrák Beton Egyesület

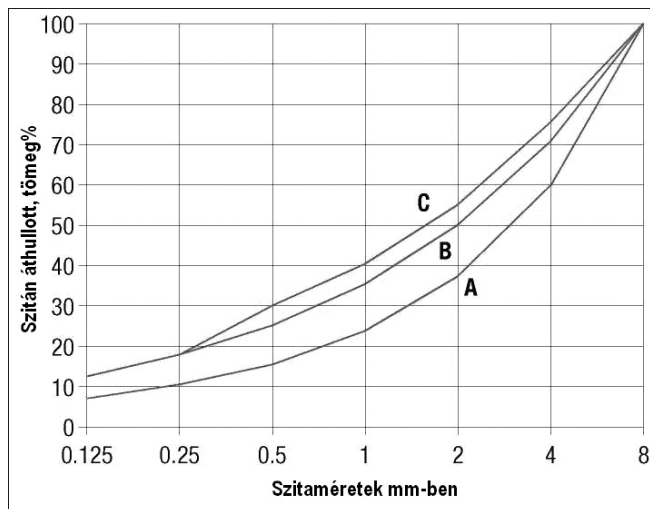
6.4. Lövési eljárások

Száraz lövési eljárás

A vékony sugarú eljárásban (levegővel történő szállítás) a földnedves alapkeveréket sűrített levegővel szállítják és a szórófejben vízzel vagy víz és kötőgyorsító keverékével nedvesítik és ezt a keveréket lövik a felületre. Az alapkeverékben az adalékanyagok nedvesség tartalma nem haladhatja meg a 6%-ot, mivel a tényleges szállítási teljesítmény a kéreg- és hídkepződés miatt erősen lecsökkenhet és megnő az eltömődés veszélye.

82. táblázat: Különálló adalékanyag frakciókból számított szemmegoszlás

Részarány	Összetevő	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
	„A” szemmegoszlási tartomány	7	10,4	15,6	23,9	37,5	60,4	100
	„B” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	25	35,4	50	70,7	100
	„C” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	30	40,4	55	75,7	100
100%	0-8 mm	5,8	12,5	19,0	28,0	40,5	62,2	100



27. ábra: Szemmegoszlási görbe ábrázolása

Cement tartalom:

1000 liter száraz keverék előállításához 280 kg cementet és 800 liter adalékanyagot adagoltak.

1250 liter száraz keverékelőállításához 350 kg cementet és 1000 liter adalékanyagot adagoltak.

83. táblázat: Példa 1 m³ száraz keverék tervezésére

Száraz lőttbeton, 0-8 mm szemnagyságú adalékanyag 1000 liter,
lőttbeton nyomószilárdsági osztálya C 30/37, CEM I 42,5 cement 350 kg,
szilikapor 20 kg

Cement		350 kg
SikaFume® HR/TU szilikapor		20 kg
0-4 mm frakció (4% nedvességtartalom)	(55%)	kb. 680 kg
4-8 mm frakció (2% nedvességtartalom)	(45%)	kb. 560 kg
Nedves száraz keverék m³		kb. 1540 kg*
* Kiadóssági vizsgálatokkal ellenőrizni kell		

Adalékszerek:

Folyósító hatású készletetű:

SikaTard®-930, adagolás 0,2-2,0%

Kötésgyorsító (alkáli-mentes és nem mérgező):

Sigunit®-L53 AF, adagolás 3-6%

Az 1 m³ száraz keverékből a falon marad:

Sigunit®-L53 AF-el 0,58-0,61 m³

(Visszahull 16-20%)

A lőttbeton cement tartalma a falon 450 -460 kg/m³

Nedves lövési eljárás

A nedves lövési eljárásnál két különböző módszer van, nevezetesen a vastag- és vékony sugarú eljárás. A vastag sugarú eljárásnál az alapkeveréket vastag sugárban szivattyúzzák a szórófejhez egy lőttbeton szivattyúval, majd sűrített levegővel egy átalakítóban diszpergálják és vékony sugárba átalakítva lövik. A kötésgyorsítót általában a sűrített levegőben adják hozzá az átalakító előtt. Ez biztosítja, hogy a lőttbeton a kötésgyorsítóval egyenletesen nedvesített legyen.

A vékony sugarú eljárásnál ugyanazt az alapkeveréket átszivattyúzzák a forgórészen, és mint a száraz eljárásnál sűrített levegővel továbbítják (levegővel történő szállítás). A kötésgyorsítót egy külön fúvókán keresztül, sűrített levegővel adják hozzá.

Feltételezve, hogy ugyanazokat a követelményeket írták elő az alkalmazott betonra, mindkét módszer – a vastag- és a vékony sugarú eljárás is – ugyanazt az alapkeveréket igényli a szemmegoszlás, a víz/cement tényező, az adalékszerek, a kiegészítő anyagok és a cement tartalom tekintetében.

84. táblázat: Különálló adalékanyag frakciókból számított szem-megoszlás

Résarány	Összetevő	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	8,0
	„A” szemmegoszlási tartomány	7	10,4	15,6	23,9	37,5	60,4	100
	„B” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	25	35,4	50	70,7	100
	„C” szemmegoszlási tartomány	12,5	17,7	30	40,4	55	75,7	100
100%	0-8 mm	5,8	12,5	19,0	28,0	40,5	62,2	100

85. táblázat: Példa 1 m³ nedves keverék tervezésére

Nedves lőttbeton, 0-8 mm szemnagyságú adalékanyag 1000 liter, lőttbeton nyomószilárdsági osztálya C 30/37, CEM I 42,5 cement 425 kg, szilikapor 20 kg, acélhaj 40 kg

Cement	425 kg	135 l
SikaFume® HR/TU	20 kg	9 l
Adalékanyagok		
0-4 mm frakció 4% nedvességtartalom (55%)	967 kg	358 l
4-8 mm frakció 2% nedvességtartalom (45 %)	791 kg	293 l
Keverő víz (v/c= 0,48)	155 kg	155 l
Légtartalom (4,5%)		45 l
Acélhaj	40 kg	5 l
Lőttbeton		1000 l
Testsűrűség egy m³-re	2398 kg	

Adalékszerek:

Folyósító hatású készletetű:

SikaTard®-930, adagolás 0,2-2,0%

Kötésgyorsító (alkáli-mentes és nem mérgező):

Sigunit®-L53 AF, adagolás 3-6%

Az 1 m³ száraz keverékből a falon marad:

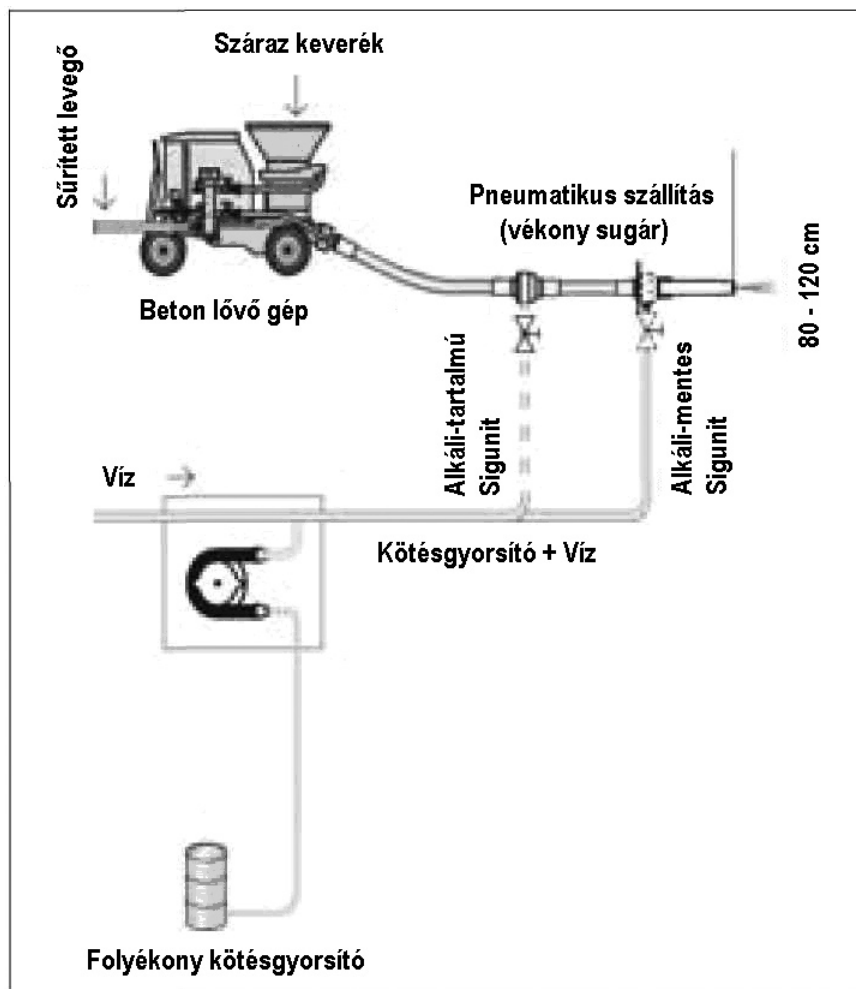
Sigunit®-L53 AF-el 0,90-0,94 m³

(Visszahull 5-10%)

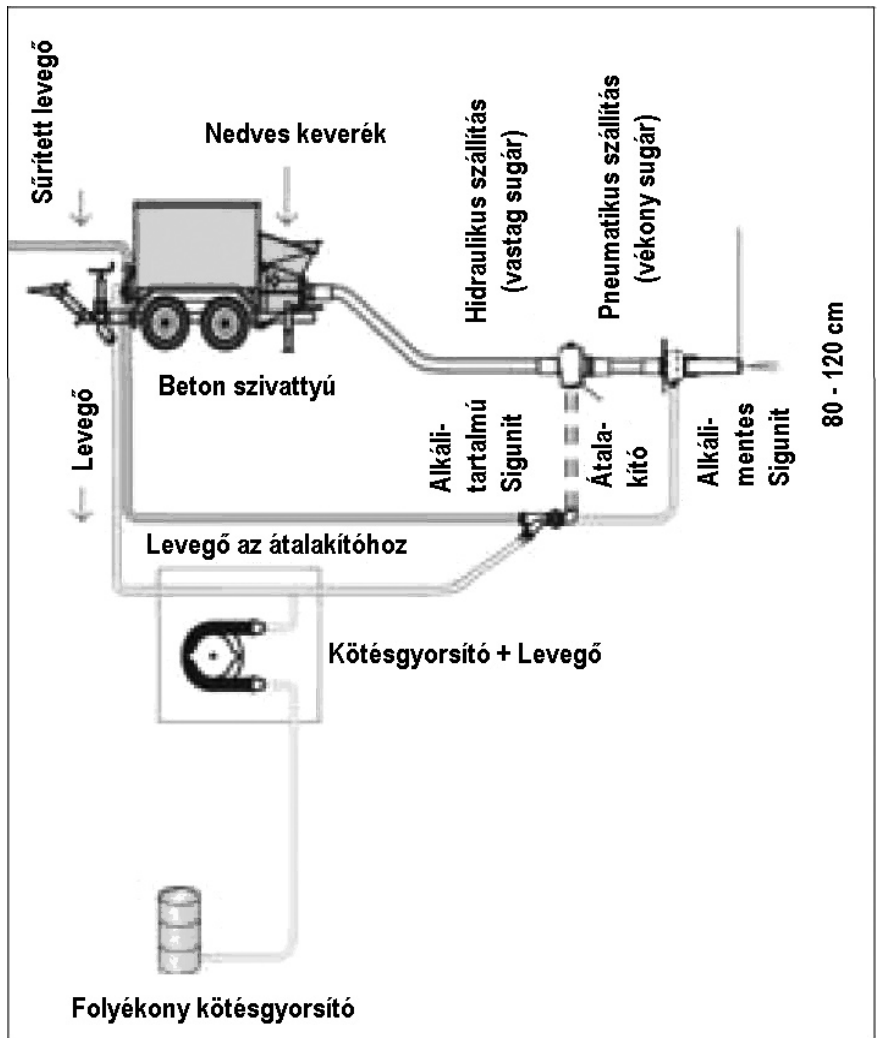
A lőttbeton cement tartalma a falon 450 -470 kg/m³

A lőttbeton acélhaj tartalma a falon 30 -36 kg/m³

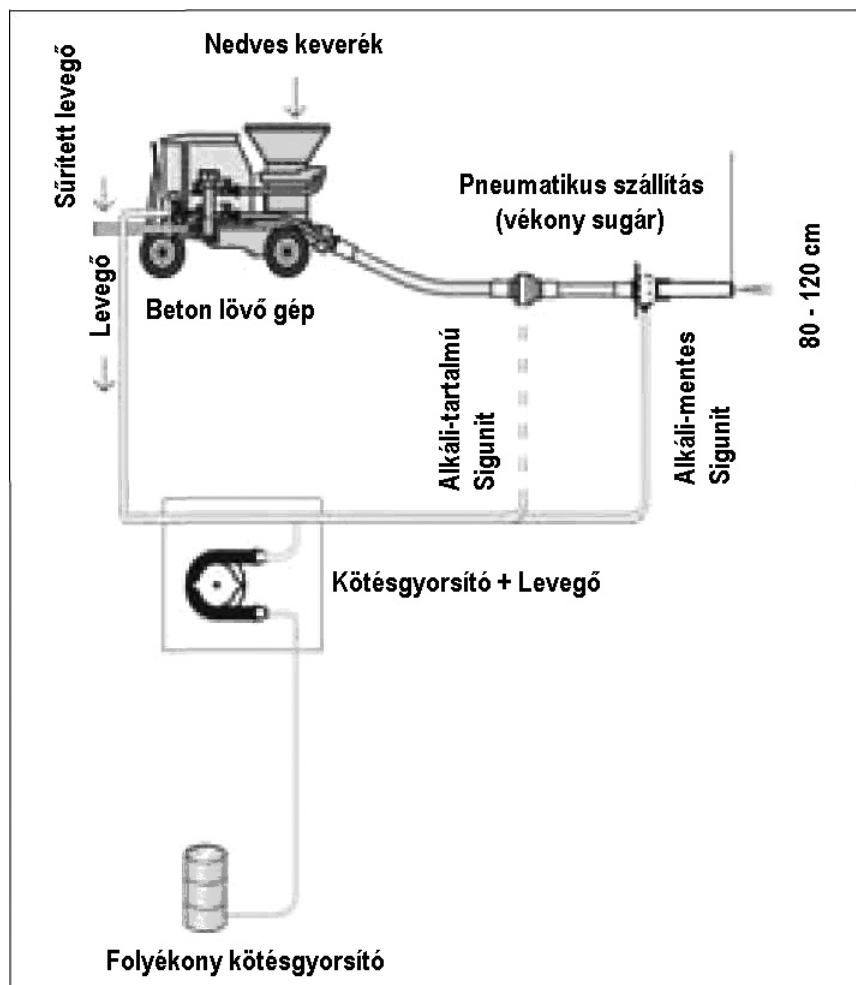
28. ábra: Száraz eljárású beton lövő gép



29. ábra: Vastag sugarú nedves eljárású beton lövő gép



30. ábra: Vékony sugarú nedves eljárású beton lövő gép



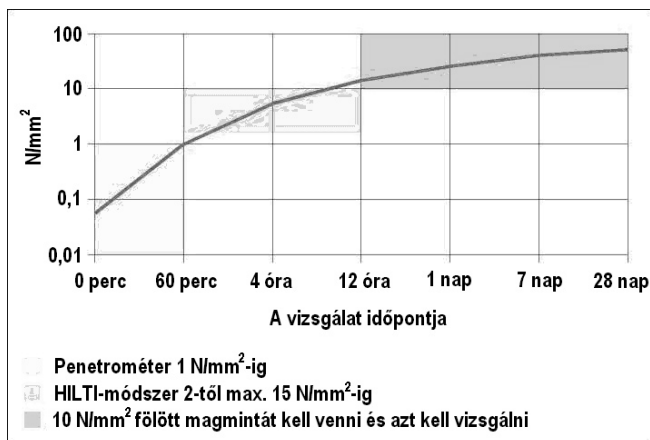
6.5. Vizsgálati, mérési módszerek

Kezdőszilárdságok meghatározása

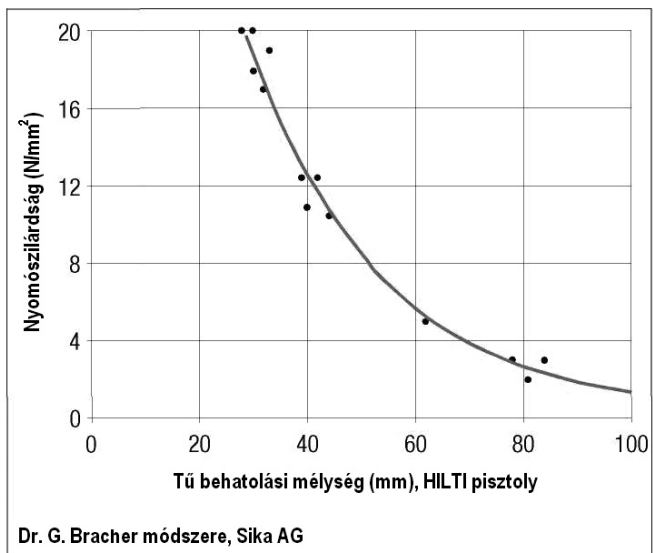
A nagyon korai szilárdságok meghatározására (a $0 - 1 \text{ N/mm}^2$ tartományban) a Proctor- vagy penetrométer-tűt használják.

A $2 - 10 \text{ N/mm}^2$ nyomószilárdsági tartomány mérésére a következő módszerek ismertek:

- **Kaindl/Meyco:** a belőtt csavarok kihúzó erejével történő meghatározás.
- **HILTI (Dr. Kusterle):** a HILTI DX 450L szögbelövő géppel való szögbelövés után a szögek behatolási mélységével (I) és a kihúzó erővel (P) történő meghatározás (lövési energia és szög méret szabványosítva).
- **Egyszerűsített HILTI-módszer (Dr. G. Bracher, Sika AG):** a HILTI DX 450L szögbelövő géppel való szögbelövés után a szögek behatolási mélységével (I) történő meghatározás (lövési energia és szög méret szabványosítva). Az előírt kezdőszilárdság meghatározása ezzel a módszerrel $\pm 2 \text{ N/mm}^2$ pontosságú.



31. ábra: A kezdőszilárdságok meghatározása



32. ábra: A szilárdság fejlődése 1-től x napig

10 N/mm² fölött magmintát lehet venni a vizsgálati mintából. Az Ø és a magasság értéke 50 mm. Az átlagot 5 magmintából számítják.

6.6. Sika nedves lövési eljárás

		Ajánlott átlagos adagolási tartomány
Meghosszabbított nyitott idejű folyósító és stabilizáló	Sika® ViscoCrete® SC-305 SikaTard®-930	0,4% – 1,8% 0,2% – 3,0%
Alkáli-mentes kötésgyorsító	Sigunit®-L49 AF Sigunit®-L53 AF	4,0% – 7,0% 3,0% – 7,0%
Szilikapor	SikaFume® HR/TU	5% – 10%

86. táblázat: Alkalmazható Sika adalékszerek

Folyósító stabilizáló szerrel

A **SikaTard®-930** és **Sika® ViscoCrete® SC-305** segítségével hosszan késleltetett kötésű és stabilizált löttbeton bedolgozhatósága optimális.

Folyósító

■ Sika® ViscoCrete® SC-305

A löttbetonok folyósítói eltérnek a hagyományos folyósítóktól. Az alábbi kiigéző követelményeknek is meg kell felelniük:

- Jó szivattyúzhatóság kis víz/cement tényező mellett
- Meghosszabbított nyitott idő
- Jó kombinálhatóság a kiválasztott löttbeton kötésgyorsítóval, hogy segítse a szilárdság fejlődését

Kötésgyorsító

Sigunit®-L49 AF	Alkáli-mentes kötésgyorsító
Sigunit®-L53 AF	Alkáli-mentes kötésgyorsító maximális kezdő-szilárdsággal

87. táblázat: Alkalmazható Sika kötésgyorsítók

Szilikapor

A szilikaporban lévő SiO_2 reakcióba lép a kalcium-hidroxiddal, hogy további kalcium-szilikát-hidrátot termeljen. Ezáltal a cementkő tömörebb, keményebb és ellenállóbb lesz. Szilikapor nélkül a löttbeton mai követelményei, mint a vízzáróság és a szulfátállóság nem könnyen teljesíthetők.

6.7. Acélhaj erősítésű lőttbeton

Meghatározás

Az acélhaj erősítésű lőttbeton, akárcsak a hagyományos vasalt lőttbetonok, cementből, adalékanyagokból, vízből és acélból áll. Az acélhaj hozzáadásával a lőttbeton **homogén vasalást kap**.

Az acélhaj erősítésű lőttbeton használatának okai:

- Megtakarítás érhető el a beépítésnél és a vasalásnál
- A megnőtt kezdőszilárdság miatt csökken az ülededés
- A betonacél hálóra való szórásnál fellépő „szórási árnyék” kiküszöbölhető
- Nagyobb a munkabiztonság érhető el azáltal, hogy a vasalás beépítésénél nincsenek kieső részek
- A homogenitása következtében az acélhajjal erősített lőttbeton keresztmetszete bármely pontján ellenállhat a különféle erőknek, amelyek különböző irányból jönnek

88. táblázat: Ajánlott Sika-recept a nedves, acélhaj erősítésű lőtt betonhoz:

■ Adalékanyag	0-8 mm
■ Cement tartalom	425-450 kg/m ³
■ SikaFume® HR/TU min.	15 kg/m ³
■ SikaTard®-930	1,2%
■ Sika® ViscoCrete® SC-305	1%
■ Sigunit® -L53 AF	3-6%
■ Acélhaj	40-50 kg/m ³
■ SikaPump®-Start 1	Szivattyútól függően

További megjegyzések:

- A cement tartalmat lehetséges, hogy meg kell emelni, mert az acélhajjalas lőttbeton finomrész-tartalmának nagyobbnak kell lennie, mint a szabványos nedvesen lőtt betonnak, hogy lehorgonyozza a szálakat.
- A szilikapor hozzáadása segít a lőttbeton kívánt értékeinek elérésében, mert ez is javítja a szálak lehorgonyozását.
- A SikaPump® segédanyag jelentősen javítja a szivattyúzhatóságot (ne keveredjen a betonba).
- A szivattyú vezeték minimális átmérőjének legalább a maximális szálhossz kétszeresének kell lennie.
- Az ajánlott szivattyú tömlő átmérő minimálisan 65 mm legyen.
- A lőttbetonban fellépő szálveszteség 10–20 % közötti.
- Száraz eljárásnál a szálveszteség akár 50%-os is lehet. Ezen kívül a szivattyú töltési kapacitása leromolhat, amely kisebb lövési teljesítményt és nagyobb kötőgyorsító felhasználást eredményezhet.
- Az acélhaj erősítésű lőttbeton próbatestjei 10 cm vastag, 60 x 60 cm oldalú lapok.

6.8. Szulfátálló lőttbeton

A szokásos 400-450 kg/m³ cement-tartalmú lőttbetonnak nagy a szulfát-állósága, ha a következőket használjuk:

- Kohósalak-portlandcement **Sika® ViscoCrete® SC-305** folyósítóval vagy
- szabványos portlandcement **Sika® ViscoCrete® SC-305** folyósítóval és **SikaFume® HR/TU** szilikaporrall kombinálva >5%-ban hozzáadva, vagy
- CEM III-S cement.

Követelmény: Víz/cement tényező < 0,50

89. táblázat: Ajánlott Sika-recept a nedves lőttbetonhoz:

■ Adalékanyag	0-8 mm
■ Cement-tartalom	425 kg/m ³
■ SikaFume® HR/TU	30 kg/m ³
■ SikaTard®-930	1,6%
■ Sika® ViscoCrete® SC-305	1,2%
■ Sigunit®-L53 AF	3-5%
■ SikaPump®-Start 1	Szivattyútól függően

6.9. Fokozott hő-, illetve tűzálló lőttbeton

A polipropilén (PP) száakkal javított lőtt beton fokozott tűzállósággal rendelkezik. Tűz esetén a PP szálak elolvadnak, és szabad utakat hagynak a keletkező gőzök diffúziójának, amivel megakadályozzák a cementkő belső gőzök nyomása általi tönkremenetelét. A megfelelő adalékanyagok lényegesek a hő-, illetve tűzállóság szempontjából. Alkalmasságukat előzetes vizsgálatokkal kell ellenőrizni.

90. táblázat: Ajánlott Sika-recept fokozott hő-, illetve tűzálló lőttbetonhoz:

■ Adalékanyag	0-8 mm
■ Cement típus	CEM III / A-S
■ Cement tartalom	425 kg/m ³
■ SikaTard®-930	1,5%
■ Sika® ViscoCrete® SC-305	1,2%
■ Sigunit®-L53 AF	3-6%
■ Polipropilén szálak	2,7 kg/m ³ , típus szerint
■ SikaPump®-Start 1	Szivattyútól függően

7. Formaleválasztás



20. fotó: Zsaluzott monolit vasbetonszerkezet

A betonfelület minőségét számos tényező befolyásolja. Ezek a beton összetétele, a beton alapanyagai, a használt zsaluzat, a beton tömörítése, a hőmérséklet, az utókezelés és a használt formaleválasztó szerek. Az alábbiakban leírjuk a formaleválasztó szerek hatását és tanácsokat adunk ezek kiválasztásával és helyes használatával kapcsolaitban.

7.1. Formaleválasztók összetétele

A formaleválasztó szereket három különböző anyagcsoportból lehet összeállítani (lásd a 33. ábrát).

Leválasztófilm-képző szerek

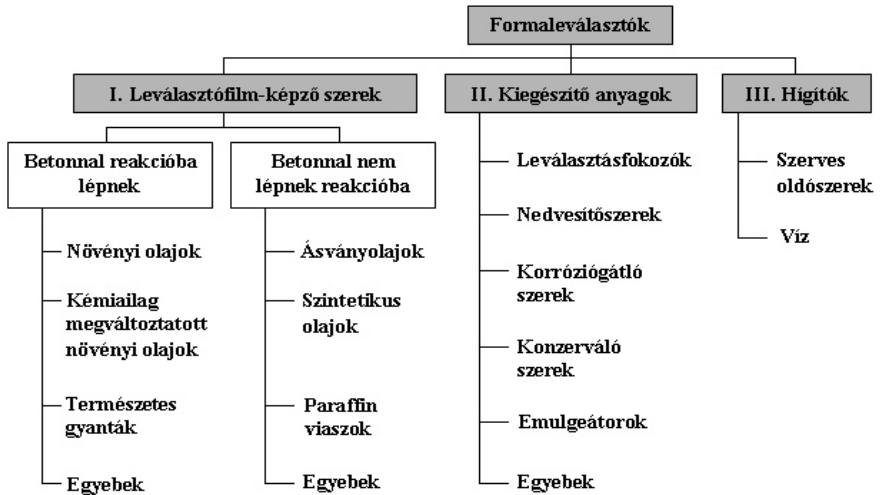
Ezek olyan anyagok, amelyek a leválasztási hatásokért felelős alapanyagok nagy csoportját jelentik. Ezek például a különböző olajok, mint az ásványolajok (fehérolajok, illetve paraffin olajok), szintetikus olajok, növényi olajok, továbbá a paraffin viaszok.

Kiegészítők anyagok

Ezekkel az anyagokkal további vagy intenzívebb hatásokat lehet elérni. Ezek közé tartoznak a leválasztásfokozók (főként a zsírsavak vagy származékaik), a nedvesítőszer, a korróziógátló szerek, konzerválószer és az emulziókhoz szükséges emulgeátorok. A ma használatos legtöbb formaleválasztó szer kiegészítő anyagokat is tartalmaz, amelyek közül egyesek kémiai reakcióba lépnek a betonnal (célzott kötőmagszakítás). Ezáltal sokkal könnyebb a beton leválasztása a zsaluzatról és a termék univerzálisan alkalmazható.

Hígítók

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



33. ábra: A formaleválasztók összetétele

7.2. Formaleválasztók követelményei

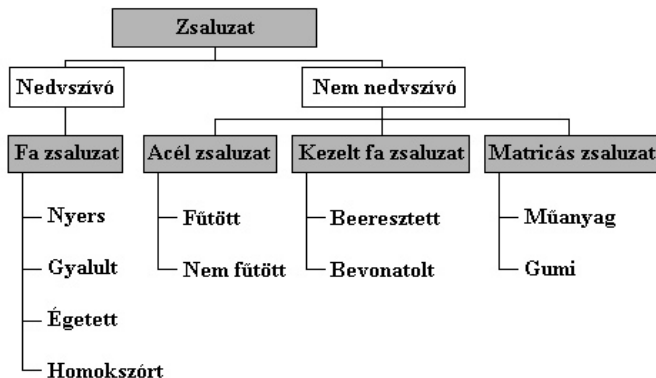
Mind az építés helyszínén, mind az előregyártó üzemben a formaleválasztó szerekkel szemben az alábbi követelményeket támasztjuk:

- A betonok a zsaluzatról könnyen és tisztán leválaszthatók legyenek (a beton nem tapad fel, a zsaluzat nem károsodik)
- A betonfelületek vizuálisan kifogástalanok legyenek (tömör felületi kéreg, egyöntetű szín, csökkentett pórusképződés)
- A beton minősége nem károsodhat a felületen (a kötőanyag szakadás nem lehet túlzott, nem lehet a probléma a bevonatok vagy festékek későbbi felhordásakor)
- A zsaluzat legyen védett a korrózióval és az idő előtti öregedéssel szemben
- Könnyen alkalmazhatóak legyenek

Egyéb fontos követelmény, különösen az előregyártó üzemben, a magas hőállóság, amikor fűtött zsaluzatot vagy meleg betont használnak. A kellemetlen szag keletkezése ugyancsak nem kívánatos, különösen előregyártó üzemben. Az építés helyszínén történő használatához egy másik fontos követelmény a formaleválasztó szer felhordása után a megfelelő esőállóság és a járhatóság (koptató hatással szembeni ellenállóképesség). Ez utóbbi adott esetben előregyártó üzemben is követelmény lehet.

7.3. Zsaluzatok típusai

A megfelelő formaleválasztó szer kiválasztásának fegfontosabb szempontja a zsaluzat típusa. A különböző zsaluzat típusokat a 34. ábrán foglaltuk össze.



34. ábra: A zsaluzatok típusai

7.3.1. Formaleválasztók nedvszívó zsaluzatokhoz

A korábban nem használt, új, fa zsaluzatoknál a faanyag nedvszívó-képessége igen nagy. Amennyiben a fa zsaluzatot nem helyesen készítették elő, a frissbeton felületén keresztül kiszívja a cementpépből a vizet. Ennek látható eredménye a beton zsaluzatra való feltapadása és a megszilárdult beton későbbi porlása lesz a cement hidratálásának hiánya miatt. A felülettel érintkező beton réteg is károsodhat a zsaluzatban lévő összetevők miatt (pl. a fában lévő facukor). Ez a megszilárdult betonfelület porlásában, szilárdságának csökkenésében és elszíneződésében mutatkozhat meg, és különösen akkor jelenik meg, ha a zsaludeszkákat védelem nélkül szabad téren tárolták és bizonyos ideig közvetlen napsugárzásnak voltak kitéve. Az itt leírt hatások főként akkor jelentkeznek, ha a zsaluzatot először használják, de fokozatosan csökkennek minden egyes következő használattal.

Az új, fa zsaluzatoknál e problémák elkerülésének van egy egyszerű módja, amely hatékonyan bizonyult a gyakorlatban. Az első használat előtt a fa zsaluzatot formaleválasztó szerrel kezeljük és bevonjuk cement péppel. A cementréteget annak megszilárdulása után lekeféljük. Ez után a mesterséges öregítés után néhány betonozási fordulón keresztül egy tömítő hatású formaleválasztó szert kell alkalmazni. Általában egy oldószerben szegény, vagy oldószer-mentes, kémiaiilag gyengén reaktív formaleválasztó olajat kell használni erre a célra.

Amikor a fa zsaluzatot már több alkalommal használták, a felület nedvszívó képessége fokozatosan lecsökken a felületi tömítettség növekedésével, ahogy felületének pórusait megtöltik a cementpép és a formalevá-

lasztó szer maradványai. A régi fa zsaluzat tehát csak egy vékony formaleválasztó szer bevonatot igényel. Ezen a régebbi zsaluzaton lehet oldószer tartalmú formaleválasztó szereket vagy formaleválasztó szer emulziókat is használni.

7.3.2. Formaleválasztók nem nedvszívó zsaluzatokhoz

A felületkezelt vagy szintetikus gyantával módosított fa, műanyag vagy acél zsaluzatok nem nedvszívóak, ezért nem tudják magukba szívní a formaleválasztó szert, a vizet vagy a cement pépet. Ezenél az anyagoknál különlegesen fontos, hogy a formaleválasztó szert takarékosan, egyenletesen és vékonyan alkalmazzuk. A tócsa-szerű anyag-felhalmozódásokat el kell kerülni. Ezek nemcsak megnövelik a pórusképződést, de a betonfelület elszíneződését vagy porlását is okozhatják.

A zsaluzat felületén szükséges vékony, egyenletes formaleválasztó-film eléréséhez, általában kiegészítő anyagokkal kombinált, kis viszkozitású olajokat alkalmaznak, amelyeket látszóbeton igénye esetén gyakran oldószerekkel is hígítanak. A formaleválasztó szer kiegészítő anyagai javítják a leválasztást (mint pl. a zsírsavak vagy bizonyos nedvesítő szerek) és ugyanakkor a film sima, függőleges zsalu felületekhez történő jobb tapadását is biztosítják. Ez különösen ott fontos, ahol magas zsalu-falak vannak, jelentős a beton betöltési magassága, amely mechanikai kopást okoz a zsalu felületén, vagy ki van téve az időjárási hatásoknak, mert sokat kell várni a formaleválasztó szer alkalmazása és a beton beépítése között.

A fűtött acél zsaluzatok különleges alkalmazást jelentenek. A zsaluzaton kialakult leválasztó filmnek nem szabad elpárolognia a magasabb hőmérséklet miatt. A formaleválasztó szer olyan kell legyen, hogy hő hatására ne jöjjön létre erősödő kémiai reakció (mészszerű képződés) a beton és a formaleválasztó szer összetevői között.

A matricás zsaluzatok, amelyek speciális gumiból vagy szilikon-kaucsukból készülnek, nem mindig igényelnek formaleválasztó szert, mert a beton a sima, víztaszító felületre nem tapad. Amennyiben szükség van formaleválasztó szerre a zsaluzat textúrája vagy növekvő öregedése következtében, oldószereket vagy speciális emulziókat tartalmazó termékeket kell használni a matrica textúrájától függően. Vékony bevonatra van szükség, hogy elkerüljük a formaleválasztó szer tócsákat a matrica mélyebb részében. Alkalmazhatósági próbát kell végrehajtani annak érdekében, hogy meggyőződjünk: a formaleválasztó szer nem fogja a mátrica károsodását okozni (dagadás vagy részleges oldódás).

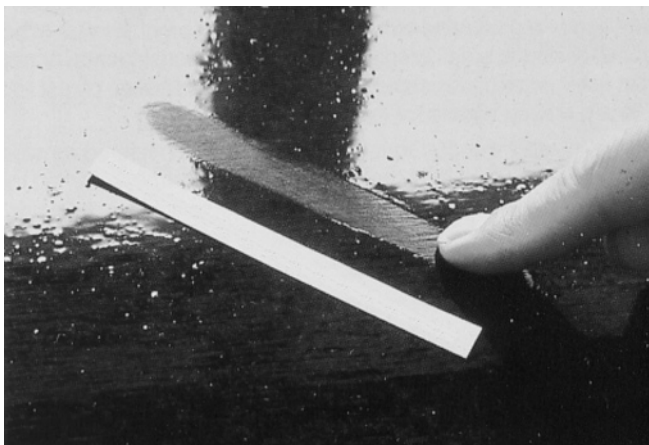
7.4. Használati utasítás

Az adott formaleválasztó szer termékinformációján felül van néhány általános használati tanács, amit célszerű figyelembe venni.

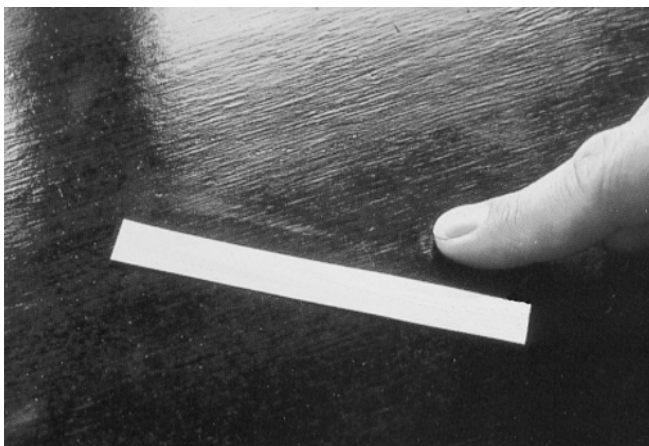
7.4.1. Formaleválasztó szerek alkalmazása

A legfontosabb szabály, hogy a lehetséges legkevesebb mennyiséget alkalmazza a lehető legegyszerűsebb felhordással. A formaleválasztó szer felviteli módja legfőképpen a termék állagától, konzisztenciájától függ. A kis viszkozitású (hígan folyó) termékeket ajánlatos kisnyomású szóróberendezéssel felhordani (4-5 bar nyomással). A formaleválasztó szer oldószer-tartalmától függő finomságú, legyezőalakú (rés) szórófejet használjon, amely lehetőleg egy golyósszelepes szűrővel van kombinálva, hogy megakadályozza a megfolyásokat, csepegéseket, stb.

Formaleválasztó helyes felhordási mennyiség meghatározása



21. fotó: Túl sok felhordási mennyiség



22. fotó: Megfelelő felhordási mennyiség

Sima zsalufelületen a megfelelő, egyenletes formaleválasztó szer mennyiséget un. „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 hab lehúzóval és a felületet át kell dörzsölni. Amennyiben túl sok anyagot vittek fel egy függőleges vagy lejtős felületre, a felületen megfolyások fognak megjelenni vagy anyagfelgyülemlések jelennek meg a zsaluzat alján. Ezt is el kell távolítani ronggyal vagy szivaccsal.

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

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 nedv szívó zsaluzatok több formaleválasztó szert igényelhetnek erős nap-sütésben vagy szárazság, illetve erős szél esetén. A formaleválasztó emulziók veszélyben vannak fagy, illetve havas idő esetén, mert az emulzió szét-eshet, ha felolvad, mielőtt a betont beönténék.

7.4.2. A betonozás előtti várakozási idő

A betonozás előtt – a formaleválasztó szer felhordása után – szükséges várakozási időt nem lehet általánosan meghatározni, mivel az számos tényezőtől függ, mint pl. a zsaluzat típusától, a hőmérséklettől, az időjárás-tól és a formaleválasztó szer fajtájától. Az oldószer-tartalmú szerek és a víz alapú emulziók előírt várakozási idejét azonban mindig be kell tartani, mert egyébként a kívánt leválasztási hatást nem érjük el. A beton felülete károsodhat, mert a betonba kerülő oldószer, illetve víz maradványok megnövelhetik a pórusok kialakulását.

A párolgási sebesség az oldószer típusától függően változik. Az egyes termékek felhordás utáni várakozási idejét a termék műszaki adatlapja tartalmazza.

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

7.4.3. Betonozási munkák

Általában fontos annak biztosítása, hogy a betonozás során a formaleválasztó szer a lehető legkisebb mechanikai igénybevételt szenvedje el. Függőleges zsaluzat esetén – amennyiben lehetséges – a betont ne töltsük be átlósan, hogy elkerüljük a formaleválasztó film helyi kopását. A betöltést – amennyire csak lehet – tartsuk távol a zsaluzattól betontölcsérek, csövek, stb. használatával. Tömörítés közben ügyeljünk, hogy a rudvibrátorok ne menjenek túl közel a zsaluzathoz, és ne érintsék azt. Amennyiben mégis így történik, akkor nagy mechanikai igénybevételt gyakorolnak a zsaluzat felületére, amely a formaleválasztó szer lekopását, és később a beton helyi feltapadását eredményezheti.

Összefoglalás

A betonipar nem működhet formaleválasztó szerek nélkül. 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, akárcsak az alkalmatlan alapanyagok és azok összetétele hiányosságokat és hibákat okozhatnak a beton felületén.

91. táblázat: Alkalmazható Sika termékek

Termék megnevezése	Termék típusa	Az alkalmazás feltételei
Sika® TR 1	Sokoldalú, oldószermentes formaleválasztó és keverőgépvédő	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
Sika® TR 6	Oldószermentes formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
Sika® TR 23	Sokoldalú, biológiailag lebomló formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 80 °C-ig
Separol®	Oldószerben szegény, -10 °C-ig használható formaleválasztó	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz
Separol® N	Oldószer tartalmú, -20 °C-ig használható formaleválasztó	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
Sika® Separol® AR-2 Eco	Oldószer tartalmú, koptató hatásnak ellenálló formaleválasztó	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 80 °C-ig
Sika® Separol® WB-21	Sokoldalú, biológiailag lebomló formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig
Sika® Separol® WB-3	Sokoldalú, biológiailag lebomló formaleválasztó emulzió	Acél, műanyag, kezelt- és kezeletlen fa zsaluzathoz, hőálló 70 °C-ig

8. Utókezelés



23. fotó: Utókezelőszer felhordása frissen simított betonfelületre

8.1. Általános tudnivalók

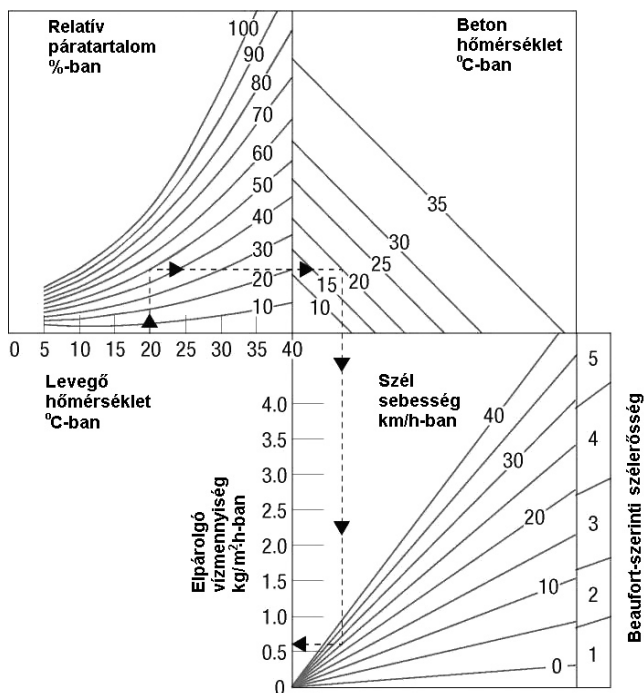
A tartósság fokozása érdekében a betonnak nemcsak „erősnek”, hanem tömörnek is kell lennie, különösen a felületközeleli részeken. Minél kisebb a porozitás és minél tömörebb a megszilárdult cementkő, annál nagyobb az ellenállása a külső behatásokkal, igénybevételekkel és támadásokkal szemben. Ennek eléréséhez olyan intézkedéseket kell tenni, amely megvédi a frissbetont, különösen a következőktől:

- korai száradás, a szél, a nap, az alacsony páratartalom, stb. miatt
- szélsőséges hőmérsékletek (hideg, meleg) és károsan gyors hőmérsékletváltozások
- eső
- hőmérsékleti- és fizikai sokkhatások
- kémiai behatások
- mechanikai feszültségek

A túl korai kiszáradás elleni védelem azért szükséges, hogy a beton szilárdságának kialakulását ne befolyásolja a víz eltávoztása. A túl korai vízvesztés következményei a következők:

- csekély szilárdság a felületközeleli részeken
- porlási hajlam
- nagyobb vízáteresztő képesség
- csökkentett időjárásállóság
- csekély ellenállás a kémiai támadásokkal szemben
- korai ülepedési repedések megjelenése
- megnő a későbbi zsugorodási repedések veszélye

Az alábbi diagram bemutatja a beton négyzetméterenkénti felületi párolgását különböző körülmények között. Az ábrából látható (nyílal jelölve), hogy 20 °C-os levegő és beton hőmérséklet, 50%-os relatív páratartalmú levegő, átlagosan 20 km/h szélesség esetén 0,6 liter víz tud elpárologni óránként 1 m² betonfelületről. Nagyobb betonhőmérsékletek és egyidejűleg nagyobb levegő hőmérsékletek, valamint jelentősebb hőmérséklet-különbségek esetén a víz párolgási sebessége jelentősen megnövekszik. Ugyanilyen körülmények között, de 25 °C beton hőmérséklet esetén 50%-kal nagyobb a párolgás, azaz 0,9 liter víz párolog el 1 m² felületről 1 óra alatt.



35. ábra: A levegő relatív páratartalmának, a levegő és a beton hőmérsékletének, valamint szél sebességének hatása a párolgásra
[Forrás: VDZ=Német Cementgyártók Szövetsége]

Egy példával illusztráljuk ezeket a számokat

Ha a frissbeton 180 liter/m³ vizet tartalmaz, akkor 1,8 liter/m² víz van az 1 cm vastag felületi rétegben. A 0,6 liter/m²•óra párolgási sebesség azt jelenti, hogy a beton az 1 cm vastag rétegben lévő vízzel egyenlő vízmennyiséget veszít el 3 óra alatt és 3 cm vastagsággal egyenértékű 9 óra alatt. Ez a vastagság meghaladja az európai tervezési szabvány (Eurocode) által külső szerkezetekre előírt legkisebb betonfedés értékét. Az elpárolgott víz „utánpótlása” a beton mélyebb rétegeiből csak korlátozott mértékű lehet.

A vízvesztésnek a felületközeleli rétegekben jelentős mértékű negatív hatása van a szilárdságra, a kopásállóságra és a tömörségre.

A *szélsőséges hőmérsékleti hatások* a beton deformálódását okozzák, a hő hatására kitágul, a hideg hatására összehúzódik. Ez a deformáció feszültségeket okoz, amelyek repedésekhez vezethetnek, ugyanúgy, mint a zsugorodás okozta kényszerítő hatás. Nagyon fontos tehát, hogy megakadályozzuk a nagy hőmérséklet-különbségeket ($>15\text{ K}$) a mag és a felület között egy fiatal betonban, valamint a hirtelen hőmérséklet-változásokat a részben megszilárdult betonban.

A *mechanikai feszültségek*, mint pl. a heves rezgések és erős ütések a kötés és a korai szilárdulási időszakában, károsítani tudják a betont, ha a szerkezete fellazul. Az esővíz vagy a folyóvíz gyakran okoz maradandó károsodást a friss- vagy fiatal betonban. Az utómunkálatok folyamán fellépő károsodásokat meg kell akadályozni az élek védelmével és a zsaluzatlan beton felületek letakarásával és a zsaluzott beton felületek kizsaluzás előtti pihentetésével.

A *kémiai támadások*, melyek a talajvízben, a talajban vagy a levegőben lévő anyagoktól származnak, károsíthatják a betont, sőt rendeltetési céljára alkalmatlanná is tehetik, még a megfelelő keverék-összetétel és a helyes bedolgozás esetén is, ha az igénybevétel túl korán éri a betont. Ezeket a károsító anyagokat a lehető leghosszabb ideig távol kell tartani a betontól, pl. árnyékolással, vízeláraztással vagy takarással.

8.2. Utókezelési módszerek

A korai kiszáradás elleni védőintézkedések a következők:

- Folyékony utókezelő szerek alkalmazása (pl. **Antisol**®)
- Zsaluzatban tartás
- Fóliával való letakarás
- Vízmegtartó takarókkal való lefedés
- Vízrel való folyamatos permetezés, vízbe merítés és
- Az összes módszer kombinációja

A *folyékony utókezelő szerek* az utókezelés korszerű eszközei. A folyékony utókezelő szereket, mint pl. az **Antisol**®-t, egyszerű eszközökkel lehet a felületre permetezni (pl. kis nyomású permetezőkkel). Ezeket a lehető leg hamarabb alkalmazni kell az egész felületre. A zsaluzatból kilátszó beton felületeken azonnal, mielőtt a frissbeton „fényes” felülete „mattá” válik kezelni kell és a zsaluzott felületeken pedig a kizsaluzását követően. Mindig fontos, hogy egy egybefüggő, zárt réteg alakuljon ki a felületen és az előírásnak megfelelő mennyiség (g/m^2) alkalmazásra kerüljön a használati útmutatónak megfelelően. Függőleges beton felületeken több szer felhordására van szükség.

Az **Antisol**®-E utókezelőszer pl. tejfehér színű, így felhordáskor könnyű felismerni az esetleges folytonossági hiányokat vagy egyenetlenségeket. Amikor megszárad átlátszó védőfilmet képez.

A *zsaluzatban tartás* azt jelenti, hogy a nedvzívó 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 betonból. A műanyag fólia használata különösen ajánlott a látszóbetonoknál, mivel azok nagymértékben gátolják a nem kívánatos kivirágzást. A fóliának ebben az esetben nem szabad közvetlenül a frissbetonon feküdnie. Az ún. „kérményhatást” is el kell kerülni, amely légáramlás a fólia és a beton felülete között és amely a frissbeton kiszáradását okozhatja.

Amikor a beton felületeket *vízmeztartó takarókkal fedjük le*, mint pl. jutaszövet, nád- vagy szalmagyékény stb. a takarót folyamatosan nedvesen kell tartani, vagy szükség esetén műanyag fóliával kell további védelmet nyújtani a gyors nedvesség veszteség ellen.

A korai száradást meg lehet akadályozni *vízzel való folyamatos permetezéssel, vízbe merítéssel* is. A nedvesség és kiszáradás váltakozása azonban feszültségeket okoz, amelyek repedésekhez vezethetnek a fiatal betonban. Kerüljük el ezért a vízsugárral történő közvetlen locsolást. Ez mikrorepedések létrejöttét eredményezheti, amely esetleg csak később fog megjelenni látható módon a beton felületén. Ha a beton felülete hirtelen kihűl a víz kisebb hőmérséklete miatt, miközben a beton hidratációs hő termel, különösen tömegbeton szerkezeteknél ez komoly belső feszültségeket, majd repedéseket okoz. Megfelelő eszközök lehetnek a szórófejekkel ellátott vagy perforált tömlők, amelyeket a kerti füvek locsolására szoktak használni. A vízszintes felületeket víz alatt lehet utókezelni, ahol ez lehetséges (pl. a beton felület szélén létesített agyaggát segítségével).

8.3. Utókezelési intézkedések

Módszerek	Intézkedések	Külső hőmérséklet (°C)				
		-3 °C alatt	-3-tól +5 °C-ig	+5-től +10 °C-ig	+10-től +25 °C-ig	+25 fölött
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás, permetezés utókezelő szerrel és nedvesítés. Fa zsaluzat nedvesítése, acél zsaluzat napfénytől való védelme.					X
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás, permetezés utókezelő szerrel.			X	X	
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás, permetezés utókezelő szerrel és hőszigetelés. Hőszigetelő zsaluzat – pl. fa – használata, ha szükséges.		X*			
Fólia, folyékony utókezelő szer	Takarás és hőszigetelés. Munkaterület lezárása (sátor) vagy fűtés (hősugárzó, -légbefúvó). Tartsa a beton hőmérsékletét legalább 3 napig +10 °C-on.	X*	X*			
Víz	Nedvesen tartás, folyamatos permetezéssel vagy vízbemerítéssel				X	

* Az utókezelés és a kiszaluzhatóság meghosszabbodik a fagyos napok számával.

A betont legalább 7 napig meg kell védeni a csapadéktól.

92. táblázat: Hőmérséklettől függő utókezelési módszerek és szükséges intézkedések

Alacsony hőmérsékleteken nem elég, ha csak a vízvesztéseket 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 hőszigetelő letakarások, mint pl. deszkazsaluzat, száraz nád- és szalmagyékények, hőszigetelő építési táblák és műanyagpaplanok megfelelő védelmet nyújtanak. A letakarást lehetőleg műanyag fóliával meg kell védeni mindkét oldalán a nedvességtől. A fóliára kasirozott műanyag paplanok a legalkalmasabbak és könnyű a kezelése. 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 zárni és zárt munkasítrakat kell használni).

8.4. Utókezelési időtartam

Az utókezelés időtartamát úgy kell meghatározni, hogy a felületközele 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. Az európai tervezet alapelvei benne vannak a DIN 1045-3 német szabványban. Ennek az a lényege, hogy a beton utókezelését addig kell folytatni, amíg az a nyomószilárdság legkisebb jellemző értékének (f_{ck}) 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. A DIN 1045-3 szerint előírt minimális utókezelési időtartam ezeken a szilárdságfejlődési arányokon alapul. Az alábbi táblázat a minimális utókezelési időtartamot a beton szilárdságának alakulása és a beton felületi hőmérsékletének függvényeként mutatja be.

Utókezelési módszerek

93. táblázat: Utókezelési módszerek a DIN 1045-3 és az MSZ 4798-1 szerint

DIN 1045-3	- Levegő relatív páratartalma $\geq 85\%$ - Zsaluzatban tartás - Párázáró fóliával való letakarás - Vízmegtartó takarókkal való lefedés - Víz-film fenntartása a felületen - Utókezelőszert
MSZ 4798-1	- Beton nedvesen tartása - Permetezés - Elárasztás - Letakarás nedvesen tartott anyagokkal - Keverővíz elpárolgásának megakadályozása - Zsaluzatban tartás - Letakarás ponyvával vagy műanyag fóliával - Párázáró bevonat felhordása

94. táblázat: Utókezelési időtartamok a DIN 1045-3 előírásai szerint

A kitéti (környezeti) osztályokat lásd a 2.2. fejezetben

Kitéti osztályok	X0; XC1	XC2-XC4; XD1-XD3; XF1-XF4; XA1-XA3
Az utókezelés szükséges legkisebb időtartama	12 óra	Amíg a felülethez közel eső beton szilárdsága el nem éri az f_{ck} előírt jellemző érték legalább 50%-át
A legkisebb utókezelési időtartam egyszerűsített meghatározása	Ha a DIN 1045-3 német szabvány 2. táblázatában (lásd alább) meghatározott időszakot betartják, a szükséges szilárdságot elértnek kell tekinteni	

DIN 1045-3 német szabvány 2. táblázata

Felületi, illetve levegő hőmérséklet (T)	Az utókezelés szükséges legkisebb időtartama napokban, a beton r^1 szilárdságfejlődésének függvényében			
	$r \geq 0,50$	$r \geq 0,30$	$r \geq 0,15$	$r < 0,15$
$T \geq 25\text{ °C}$	1	2	2	3
$25 > T \geq 15\text{ °C}$	1	2	4	5
$15 > T \geq 10\text{ °C}$	2	4	7	10
$10 > T \geq 5\text{ °C}$	3	6	10	15

¹ A közbenső értékeket szabad interpolálni.

Az r érték ($r = f_{CM\ 2}/f_{CM\ 28}$ – a beton átlagos nyomószilárdságának aránya 2 és 28 nap után) mutatja a betonszilárdság értékének fejlődését és azt alkalmassági vizsgálattal kell megállapítani.

A legkisebb utókezelési időtartam pontos meghatározása	Megengedhető a szerkezet szükséges szilárdságfejlődésének pontos meghatározása (pl. érleléssel)	
	Általánosan alkalmazandó követelmények	Bedolgozhatóság 5 órán túl
	Hőmérséklet 5 °C alatt	→ Meg kell határozni az utókezelési időtartam meghosszabbítását
	Hőmérséklet 0 °C alatt	→ $T < 5\text{ °C}$ alatti időtartamot nem lehet az előírt utókezelési időtartamba beleszámítani → Téliesítési intézkedéseket kell hozni, amíg a beton el nem érte legalább a 10 N/mm^2 nyomószilárdságot.

Betonadalékszerek és a környezet

A betonadalékszerek folyadék vagy por formájú kiegészítői a betontechnológiának. Cementtömegre vetített kis mennyiségben adják hozzá a betonhoz általában különleges követelmények elérése céljából:

- A tartósság növelése céljából
- A bedolgozhatóság javítására
- A cement kötési és szilárdulási folyamatának megváltoztatására

Az adalékszerek hatása mindig javítja a beton tulajdonságait. Mennyiségben kifejezve, a folyósítók és a képlékenyítők manapság a használt adalékszerek 80%-át teszi ki (Magyarországon ez az arány 2008-ban 66% volt).

Mekkora a betonadalékszerek kimosódásának, biológiai lebomlásának vagy kipárolgásának mértéke?

A képlékenyítők és folyósítók nem mérgezőek, vízben oldódnak és biológiailag lebomlanak.

A porított beton mintákon végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a kis mennyiségű képlékenyítők és folyósítók és azok bomlástermékei elvileg lúgos hatásúak. Mindazonáltal ezek az anyagok biológiailag jól lebomlanak és nem okoznak semmilyen talajvíz szennyezést. Még a legszélsőségesebb körülmények között is csak kis mennyiségű szerves karbon oldódik a vízbe.

- A vizsgálat következtetése: a képlékenyítők és folyósítók nem szennyezik a környezetet.

Összefoglalva: mennyire környezetbarátok a képlékenyítők és folyósítók?

A betonadalékszerek megfelelnek az alkalmazásuknak és helyesen használva ártalmatlanok az emberre, állatokra és a környezetre.

A képlékenyítők és folyósítók műszaki előnye a betonelőállítók és az építőipari szakemberek számára nagyobb jelentőségű, mint a használat során fellépő kis mennyiségű, de ellenőrizhető kibocsátások. A betonadalékszerek érdemben környezetbarátok, mert elhanyagolható mértékű levegő, talaj és talajvíz szennyeződést hoznak csak létre.

Lásd a következő kiadványokat:

- „Environmental Compatibility of Concrete Admixtures”
Report by the Association of Swiss Concrete Admixtures Manufacturers (FSHBZ)
July 1995
- EU Project ANACAD
Analysis and Results of Concrete Admixtures in Wastewater Final report BMG Engineering AG Zürich
February 2000

EFCA tagság

A Sika tagja az EFCA-nak, a Betonadalékszerek Európai Szövetségének.

A Sika adalékszerek megfelelnek az EFCA környezeti minőségi szabvány-nak.



Conforms to the EFCA environmental quality standard

Konform mit den Umwelt-richtlinien der EFCA

Conforme aux directives écologiques de l'EFCA

Tárgymutató

A

Acélhaj erősítésű lőttbeton	128
Acélhaj	128
Adalékanyagok	8
- Beton adalékanyagok	8
- Kőzúzalékok	11, 37
- Fagyálló adalékanyag	100
- MSZ EN 12620	9
- Gömbölyű szemű	11, 38
Adalékszerkek	12
Adalékszerkek adagolása	13
Alagút tübbing beton	70
Alkáli-adalékanyag reakció	106
Alkáli-mentes kötőgyorsító	117, 127
Anyagtérfigyelő számítás	18

B

Bedolgozhatóság	74, 85
- Követelmények	74
- Időtartama	75
Behatolási mélység	125
Belső öntömörödő képesség	41
Beszűrő anyagok	72
Beton	32
- Előírt	21
- Fagy- és olvasztósó álló	43
- Fagyálló	43
- Hő-, ill. tűzálló	69
- Közlekedésképzés	40
- Nagy kezdőszilárdság	95
- Nagyszilárdság	46
- Öntömörödő	41, 91
- Színezett	60
- Tervezett	20
- Vízáró	48
Beton adalékanyagok	8
Betonadalékszerkek	12
- Környezet	144
- MSZ EN 934-2	12
Betonadalékszerkek és a környezet	144
Betonfajták	5
Beton felület	101
Beton fő alkotórészei	5
Beton hőmérséklete	84
Beton hőmérséklet esése	81
Beton jele	31
Beton kiegészítő anyagok	13
Beton megnevezése	31
Betonozó tölcserés módszer	56

Beton összetétele	30
Burkoló kövek, térkövek	61-68

C, CS

Cementfajták	7
Cement mellékalkotórészek	6
Csőfal kisebb kopása	84
Csúszózsálas beton	47

E, É

Ettringit	103
Előregyártás	35
Előregyártott szerkezetek	35
Előzetes késleltetési vizsgálatok	78
Éjszakai késleltetés	78

F

Facukor	51
Fagy- és fagyolvasztósó-állóság	100, 117
Fagy- és olvasztósó-álló beton	43
Fagyálló adalékanyagok	11, 100
Fagyállóság	100, 117
Fagyási szilárdság	80
Fagyhatás	100
Fajlagos felület	14
Fejtések biztosítása	116
Felületi kötéskésleltető	101
Felületképzés	82
Finomrésztartalom	15
Folyósítók	12
Formaleválasztók	130
- Felhordási egyenletesség	134
- Felhordási mennyiség	134
Frissbeton	74
Frissbeton hőmérséklete	84
Frissbeton testsűrűsége	83
- Meghatározása	90

G

Gélpórusok	83
Gőz	69
Gőzöléses hőkezelési eljárás	70

H

Hajlítószilárdság	105, 111
Halmazsűrűség	11, 14
Hasábok	108
Hasító-húzószilárdság	113
Helyszínen előállított beton	33
Hengerelt beton	59
Hideg időben történő betonozás	79
Hidratáció fázisai	105

Hidratációs hő	105	Kötőanyagok	6
HILTI módszer	125	Közlekedési felületek	40
Homok	9	Kritikus hőmérséklet	75
Hőmérséklet-különbségek	138-139		
Hővesztesség	80		
I		L	
Inert kiegészítő anyagok	13	Látszóbeton	50
Ivóvíz	16	L-doboz	91
		Legkisebb cementtartalom	27, 30
		Lengőkalapács	96
		Letakarás	71, 73, 139
		Levegőtartalom	83
		- Meghatározása	90
		Légbuborékképzők	12
		Légbuborékok	44
		- Jellemzői	44
		- Hatékony	44
		Légzárványok	83
		Lőttbeton	116
		- Fokozott hő-, illetve tűzálló	129
		- Kezdőszilárdsági osztályok	117-118
		- Stabilizáló	127
		- Stabilizált	127
		- Szulfátálló	129
		Lövési eljárások	119
		M	
		Magas hőmérséklet	75
		Megfelelőség ellenőrzése	31
		Megszilárdult beton	93
		Megszilárdult beton testsűrűsége	113
		Megtámasztások (munkagödör)	116
		Meleg időben történő betonozás	75
		Mészköliszt töltőanyag	13-14
		Mikro méretű légbuborékok	100
		Minimális hőmérséklet	80
		Mintavétel	86
		Monolit földem- és ipari padlóbeton	71
		Mosott felületű látszóbeton	51, 101
		Mosóvíz	16
		MSZ 4798-1	20
		MSZ EN 197-1	6
		MSZ EN 206-1	20
		MSZ EN 934-2	12
		MSZ EN 12620	9
		N, NY	
		Nagy kezdőszilárdságú beton	95
		Nagyszilárdságú beton	46
		Nedveset a nedvesre	73
		Nedves lövési eljárás	120
		Nedvszívó zsaluzat	132
		Nehéz adalékanyagok	8
		Nehézbeton	55

Nyomószilárdság	93, 110	Szítán áthullott mennyiség	10
Nyomószilárdsági osztályok	26	Szivattyúzható beton	37
O, Ö		Szivattyúzhatóság	84
Osztály (kitéti) jele	22	Szulfátálló löttbeton	129
Öntömörödő beton	41, 91	Szulfátállóság	103
Összetartó képesség	84	T	
Összevibrálás	52	Talajvíz	16
P		Tapadóhíd	104
Párolgás	138	Tapadó-húzószilárdság	117
Pernye	14, 27	Taumazit	103
Plasztikus zsugorodás	102	Terhelés: kétpontos, központos	111
Polipropilén szálak	69, 129	Területi mérték	25, 81
Portlandcement	6-7	- Vizsgálat	88
Próbatestek	108	Téli intézkedések	80-81
- Hasábok	108	Térkép-repedések	52
- Hengerek	108	Térkövek	61-68
- Kockák	108	Tömegbeton	52
- Tárolása	108-109	Tömítők	12
- Utókezelése	108-105	Tömörítési légzárványok	83
Puccolánok	14	Tömörítési mérték	25, 81
R		- Vizsgálat	87
Rendszeres megfigyelés	86	Törésminták	110
Roskadási mérték	25, 81	Transzportbeton	33
- Vizsgálat	86	Tűzállóság	54, 69, 129
Rúdvibrátor mérete	51	U	
Nyomószilárdság	93, 110	Utókezelés	137
S, SZ		Utókezelési időtartam	142
SCC	41, 91	Utókezelési intézkedések	141
Schmidt-kalapács	81	Utókezelési módszerek	139
Síka nedves lövési eljárása	127	Utókezelőszerek	139
Stabilizálók	12, 82	V	
Szabványos adalékanyagok	9	v/c tényező	85
Szálerősítésű beton	54	Vékony sugarú eljárás	120
Száradás	137	Vérzés	82
Száradási zsugorodás	102	Vibráció kiküszöbölése	41
Száraz keverék	119	Vibrációs porozítás	51
Száraz lövés	119	Visszahullás	117
Szemcseszervezet	8	Víz alatti beton	56
Szemmegoszlás	9	Vízbehatalási mélység	114
Szemmegoszlási görbék	10	Víz/cement tényező	85
Szemnagyság	9	V-tölcser	92
Szétoosztályozódás	82, 84	Vízzáró beton	48-49
Szilárdság fejlődése	93	Vízzáróság	97-99
Szilárdulásgyorsítók	12, 79-81	Vizsgáló berendezések	111
Szilikapor	14, 28	Z, ZS	
Színezett beton	60	Zúzott adalékanyagok	11, 37-38
Színezés	60	Zsalu nyomások	42
Szita méretek	10	Zsugorodás	102



Megoldások Sika rendszerekkel

Beton- és habarcs technológia

Hézag-tömítési rendszerek

Betonjavítás, megerősítés és felületvédelem

Vízszigetelési, és tömítési rendszerek

Padlóbevonati- és ragasztási rendszerek

Acélkorrózió- és tűzvédelem

Műanyag tetőszigetelő rendszerek

Alagútépítési termékrendszerek

Kapcsolódó gépek és berendezések

Sika beton- és habarcsadalékszerek

Sika lőttbeton rendszerek és berendezések

Sika vízszigetelési rendszerek



Világszerte közel vagyunk Önhez

A Sika egy világszerte jelenlévő cég, a különleges- és építési vegyi anyagok területén. Leányvállalatain keresztül, több, mint 70 országban végez gyártást, eladást és műszaki tanácsadást.

A Sika piacvezető a globális- és a technológiai piacon a tetőszigetelések, tömítések, ra-

gasztások, vízszigetelések, szerkezetmegerősítések, valamint az épületek- és a mérnöki műtárgyak állagmegóvása területén. A Sikanak több, mint 10 000 alkalmazottja van világszerte, így jól ki tudja szolgálni ügyfeleit.



Sika Hungária Kft.

1117 Budapest,
Prielle Kornélia u. 6.
Telefon: (+36 1) 371 2020
Fax: (+36 1) 371 2022
E-mail: info@hu.sika.com
www.sika.hu

Szállításainkat mindig az aktuális Általános Üzleti Feltételeink szerint végezzük. Használat és alkalmazás előtt mindig kérje a termék érvényben lévő műszaki- és biztonsági adatlapját.

Beton Üzletág

Termékrendelés:

Boross Márta, logisztikai ügyintéző

Telefon: (+36 1) 382 7345
Mobil: (+36 20) 222 3558
Fax: (+36 1) 382 7344 E-mail: boross.marta@hu.sika.com

Műszaki tanácsadás:

Asztalos István, üzletágvezető

Telefon: (+36 1) 382 7340
Mobil: (+36 20) 943 3620
E-mail: asztalos.istvan@hu.sika.com
Német Ferdinánd, műszaki tanácsadó,
Dél-Magyarország,
Mobil: (+36 20) 983 1661
E-mail: nemet.ferdinand@hu.sika.com

Tóth László, műszaki tanácsadó,

Észak-Magyarország,
Mobil: (+36 20) 444 6359
E-mail: toth.laszlo@hu.sika.com



**KÖRNYEZETIRÁNYÍTÁSI
RENDSZERÜNK**

önkéntesen tanúsítva
rendszeres felügyelettel
ISO 14001 szerint



**MINŐSÉGÜGYI
RENDSZERÜNK**

önkéntesen tanúsítva
rendszeres felügyelettel
ISO 9002 szerint

