A BETON NEMZETI KÖRNYEZETI OSZTÁLYAI MAGYARORSZÁGON

Dr. Kausay Tibor

A *fib* Magyar Tagozatának „Concrete Structures" folyóirata 2023. évi számának 68-77 oldalán megjelent „National exposure classes of concrete in Hungary" című cikk (http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2023/cs2023_10.pdf, https://www.betonopus.hu/some/exposure-classes.pdf) magyar szövege.

A beton-, illetve vasbetonszerkezetek megfelelő tartósságának feltétele a környezeti osztályokba sorolt betonok követelményének teljesítése, főleg akkor, ha különleges környezeti hatások érik. Ezért megfelelő összetételű, tömörségű és szilárdságú beton készítendő - valamint a vasbetonok esetén az előírt betonfedés betartása nélkülözhetetlen. Ebben a publikációban az MSZ 4798 magyar nemzeti betonszabvány szerinti, az EN 206 európai szabványon túlmenő szigorúbb környezeti osztályok alkalmazásának feltételeit tárgyaljuk. Elképzelhető, hogy a CEN ezekből az itt javasolt, új „X jelű" osztályokból az EN 206 következő kiadásában egyeseket fel tudna használni.

Kulcsszavak: vegyi hatás, koptatás, víznyomás, betonkorrózió, beton környezeti osztály

1. BEVEZETÉS

Magyarország 2003. január 1. óta a CEN (Comité Européen de Normalisation) teljes jogú tagja, és az EN (Normes Européennes) európai szabványokat a megjelenést követő hat hónapon belül MSZ EN jelzettel változatlan tartalommal bevezeti. Az MSZ jelzet a „magyar szabvány" (hungarian standard) kifejezés szavainak a kezdőbetűjéből származik. Így például az EN 206 európai betonszabvány magyar verziójának jelzete: MSZ EN 206, az MSZ EN 206 szabvány magyar nemzeti alkalmazási dokumentumának a jelzete pedig: MSZ 4798.

A magyar MSZ 4798 szabványban kiemelten foglalkoznak a beton környezeti osztályaival, és bevezettek olyan magyar környezeti osztályokat, amelyek az EN 206 szabvány környezeti osztályainak magyarországi bővítését, kiegészítését jelentik. A magyar környezeti osztályok jele zárójelben tartalmazza Magyarország nemzetközileg jóváhagyott országjelét (H), például:

- az alárendelt szerepű betonok magyar környezeti osztályának jele: XN(H);
- a káros környezeti hatásnak ki nem tett betonok magyar környezeti osztályának jele: N0b(H);
- a karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatásnak ki nem tett gyengén vasalt betonok magyar környezeti osztályának jele: X0v(H);
- a fagyás-olvadás hatásának kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XF2(H) – XF4(H);
- az agresszív csapadékvizek, szennyvizek, folyadékok, kondenzációs vizek és gőzök okozta kémiai korróziónak kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XA4(H) – XA6(H);
- a talajban, nedves környezetben lévő, de víznyomásnak ki nem tett betonok magyar környezeti alosztályának jele: XV1(H)/V0;
- a víznyomásnak kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XV1(H) – XV3(H);
- a koptató hatásnak kitett betonok magyar környezeti osztályának jele: XK1(H) – XK4(H).

Az MSZ 4798 szabványnak a környezeti osztályok szerinti betonösszetételek határértékeit tartalmazó F. melléklete a módosításokkal (például: MSZ 4798:2016/2M:2018) együtt előírás, amelynek betartása kötelező.

2. MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK, HA NINCS KORRÓZIÓS VESZÉLY VAGY HATÁS

Ha káros környezeti hatás nem éri a szilárdsági szempontból alárendelt jelentőségű betont, mint például az aljzatbeton, a betonalapréteg, a cementstabilizáció stb., akkor a betont az XN(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Azt a szilárdsági szempontból jelentősebb betont, mint például az alapbeton, a kitöltő és kiegyenlítő beton, a hátbeton, a kézi falazóelembeton stb., amelyet káros környezeti hatás nem ér, az X0b(H) környezeti osztályba soroljuk.

A gyengén vasalt betonszerkezetek betonja, mint például a kevés betonacélt tartalmazó térhatároló beton stb., az X0v(H) környezeti osztályba sorolható, ha a betont a karbonátosodáson kívül egyéb káros környezeti hatás nem éri. Gyengén vasalt betonszerkezetnek azt a szerkezetet kell tekinteni, amelyben a teherbírási követelmények kielégítésének igazolása során számításba vehető teljes acélbetét-keresztmetszet kisebb a teherhordó vasbeton szerkezetek méretezése, illetve szerkesztési előírásai szerint szükséges legkisebb mennyiségnél.

Az XN(H), X0b(H) és X0v(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetétele az *1. táblázat* szerinti legyen.

1. táblázat: Határértékek a betonok összetételére, ha nincs korróziós veszély vagy hatás

Követelmények	Magyar környezeti osztályok		
	XN(H)	X0b(H)	X0v(H)
Legnagyobb víz-cement tényező	0,90	0,75	0,70
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C8/10	C12/15	C16/20
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	165	230	250
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*		

3. MAGYAR KIEGÉSZÍTÉS A KLORIDOK OKOZTA KORRÓZIÓ KOCKÁZATÁNAK KÖRNYEZETI OSZTÁLYAIHOZ

Az agresszív vízzel (talajvízzel, egyéb természetes vízzel, szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal) érintkező vasbeton vagy feszített vasbeton szerkezet betonját csak akkor kell XD2 környezeti osztályba sorolni, ha az agresszív víz kloridion-tartalma (Cl^-) több, mint 500 mg/liter.

Azokat a betonokat, amelyeket fagy és olvasztósó hatása is éri, az XD környezeti osztály helyett az XF2, XF2(H), XF4 vagy XF4(H) környezeti osztályok valamelyikébe kell sorolni.

4. MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK FAGYÁS-OLVADÁS OKOZTA KÁROSODÁS KOCKÁZATA ESETÉN

Az EN 206 európai szabvány F,1 táblázata szerint a fagyhatásnak kitett XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú betont legalább 4,0 térfogatszázalék levegőtartalmú friss betonból kell készíteni, ami azt jelenti, hogy az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú beton légbuborékképző adalékszerrel készített légbuborékos beton kell legyen.

Magyarországon megengedik a fagyhatásnak kitett beton készítését légbuborékképző adalékszer nélkül is, ha az nem út vagy repülőtéri pályaburkolat. Az ilyen mesterséges légbuborék nélküli beton MSZ 4798 szabvány szerinti környezeti osztályának jele: XF2(H), XF3(H) és XF4(H).

Az XF2(H) környezeti osztályba (jellemzője a mérsékelt víztelítettség jégolvasztó anyaggal) akkor soroljuk a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő, függőleges vagy 5%-nál meredekebb felületű közlekedési (például hídépítési, útépítési) és egyéb monolit szerkezeteket és előregyártott elemeket, ha azokat fagy és sós víz permete éri.

Az XF3(H) környezeti osztályba (jellemzője a nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyag nélkül) akkor soroljuk a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű közlekedési (például hídépítési, útépítési) és egyéb monolit szerkezeteket és előregyártott elemeket, ha azokat fagy és csapadék vagy víz éri.

Az XF4(H) környezeti osztályba (jellemzője a nagymérvű víztelítettség jégolvasztó anyaggal) akkor soroljuk a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő, vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű közlekedési (például hídépítési, útépítési) és egyéb monolit szerkezeteket és előregyártott elemeket, ha azokat fagy és csapadék vagy sós víz éri.

Az 5%-os emelkedésű, illetve lejtésű felület hajlásszöge arctg(0,05) ~ 2,86°.

Az XF2(H), XF3(H) és XF4(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *2. táblázatban* tüntettük fel.

2. táblázat: Határértékek a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok összetételére

Követelmények	Magyar környezeti osztályok		
	XF2(H)	XF3(H)	XF4(H)
Legnagyobb víz-cement tényező	0,50	0,45	0,40
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C35/45	C40/50	C40/50
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	320	340	360
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*		
Egyéb követelmény	E környezeti osztályok alkalmazása út és repülőtéri pályaburkolatok esetén tilos. A beton adalékanyaga fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló legyen.		

A közlekedési pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő olyan vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű felülettel rendelkező betonokat, amelyeket a közlekedési felületről felfröccsenő víz vagy a közlekedési felületről származó vízpermet éri, az XF3 vagy XF3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

Ha a közlekedési felületről felfröccsenő víz vagy a vízpermet sót is tartalmaz, akkor a pályaburkolattól legfeljebb 10 méterre lévő vízszintes vagy legfeljebb 5%-os lejtésű felületű betonokat XF4 vagy XF4(H) környezeti osztályba soroljuk.

Az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú betonokat szilikaporral csak akkor szabad készíteni, ha a cement/kötőanyag tényező értéke legfeljebb 0,37, és az ilyen betonok kötését lassítani adalékszerrel általában nem szabad.

Valamennyi XF és XF(H) környezeti osztályú beton fagyállóságát, illetve fagy- és olvasztósó-állóságát peremes hámlasztással vagy bemerítéses kockavizsgálattal vagy kapilláris felszívásos hámlasztással a CEN/TS 12390-9 műszaki specifikáció szerint meg kell vizsgálni. A vizsgálat elvégzésének feltételei a *3. táblázatban* szerepelnek, a lehámlott anyag megengedett mennyiségére vonatkozó előírások pedig a *4. táblázatban* láthatók.

3. táblázat: A beton CEN/TS 12390-9 műszaki specifikáció szerinti fagyállósági, illetve fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálata elvégzésének feltételei Magyarországon

Fagyállósági vizsgálat
XF1 környezeti osztályú beton
A fagyállósági vizsgálat megegyezés esetén elhagyható, ha a beton összetétele az XF1 környezeti osztály szerinti követelményeknek megfelel.
XF3 környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF3 környezeti osztályú betonra vonatkozó fagyállósági követelménynek. A fagyállósági vizsgálat megegyezés esetén elhagyható, ha a szilárd beton légbuborék szerkezete az *5. táblázatban* szereplő követelményeknek megfelel.
XF3(H) környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF3(H) környezeti osztályú betonra vonatkozó fagyállósági követelménynek.
Fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat
XF2 környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF2 környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. A fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat megegyezés esetén elhagyható, ha a szilárd beton légbuborék szerkezete az *5. táblázatban* szereplő követelményeknek megfelel.
XF2(H) környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF2(H) környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek.
XF4 környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF4 környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. A fagy- és olvasztósó-állóság vizsgálata megegyezés esetén elhagyható, ha a szilárd beton légbuborék szerkezete kielégíti az *5. táblázatban* szereplő követelményeket.
XF4(H) környezeti osztályú beton
A beton a *4. táblázat* valamelyik vizsgálati módszere szerint feleljen meg az XF4(H) környezeti osztályú betonra vonatkozó fagy- és olvasztósó-állósági követelménynek. Az EN 12390-8 szabvány szerint meg kell vizsgálni a szilárd beton vízzáróságát is, és a legalább 3 próbatesten meghatározott legnagyobb egyedi vízbehatolás mélysége legfeljebb 20 mm legyen.

4. táblázat: A beton CEN/TS 12390-9 műszaki specifikáció szerinti fagyállósági, illetve fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálatának előírásai Magyarországon

	Fagyállósági vizsgálat	Fagy- és olvasztósó-állósági vizsgálat
Peremes hámlasztás		
Fagyasztó folyadék	3 mm mély ionmentes víz	3 mm mély 3%-os NaCl-oldat
Lehámlott anyag megengedett legnagyobb tömege, g/m^2	XF1 osztályban	XF2 és XF2(H) osztályban
	átlag: 1500, egyedi érték: 2000	
	XF3 és XF3(H) osztályban	XF4 és XF4(H) osztályban
	átlag: 1000, egyedi érték: 1350	
Bemerítéses kockavizsgálat		
Fagyasztó folyadék	A próbatestet 25 ± 5 mm magasan ellepő ionmentes víz	A próbatestet 25 ± 5 mm magasan ellepő 3%-os NaCl-oldat
Lehámlott anyag megengedett legnagyobb tömege, tömegszázalék	XF1 osztályban	XF2 és XF2(H) osztályban
	átlag: 6,5, egyedi érték: 7,5	
	XF3 és XF3(H) osztályban	XF4 és XF4(H) osztályban
	átlag: 4,0, egyedi érték: 5,0	
Kapilláris felszívásos hámlasztás		
Fagyasztó folyadék	10 mm mély ionmentes víz	10 mm mély 3%-os NaCl-oldat
Lehámlott anyag megengedett legnagyobb tömege, g/m^2	XF1 osztályban	XF2 és XF2(H) osztályban
	átlag: 1500, egyedi érték: 2000	
	XF3 és XF3(H) osztályban	XF4 és XF4(H) osztályban
	átlag: 1000, egyedi érték: 1350	

A légbuborékképző adalékszerrel készített szilárd, fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok légbuborék szerkezetének magyar követelményei az *5. táblázatban* találhatók.

5. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készített szilárd, fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló betonok légbuborék szerkezetének követelményei Magyarországon

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Távolsági tényező, legfeljebb, mm,	0,22	0,18
0,3 mm-nél kisebb névleges átmérőjű (hatékony) légbuborékok mennyisége, legalább, térfogatszázalék	1,2	2,2
Megjegyzés: A szilárd légbuborékos beton távolsági tényezőjét és a hatékony légbuborékok mennyiségét az EN 480-11 szabvány szerint kell megmérni.		

5. A FRISS BETON LEVEGŐTARTALMÁNAK ÉS A SZILÁRD LÉGBUBORÉKOS BETON LÉGBUBORÉK SZERKEZETÉNEK KÖVETELMÉNYÉRE VONATKOZÓ MAGYAR KIEGÉSZÍTÉSEK

Az EN 206 európai szabvány F,1 táblázatában az XF2, XF3 és XF4 környezeti osztályú betonra előírt legalább 4,0 térfogatszázalék levegőtartalom – bár ezt a szabványban nem írták le, de realitás érzékünk szerint bizonyára – a friss beton tömörítési módtól függő légpórustartalmának és légbuborékképző adalékszerrel bevitt légbuboréktartalmának együttes összegére vonatkozik. Ez a számérték bizonyos esetekben nagyon kevés lehet, de egyéb pontosabb adat hiányában alkalmas arra, hogy első közelítésben felhasználjuk a friss fagyálló, illetve fagy- és olvasztósó-álló beton hozzávetőleges összetételének megtervezéséhez.

Magyarországon az MSZ 4798 szabvány készítői pontosították a légbuborékképző adalékszer nélkül készülő friss betonok levegőtartalmára (*6. táblázat*) és a légbuborékképző adalékszerrel készülő friss betonok összes levegőtartalmára (*7. táblázat*) vonatkozó előírásokat.

6. táblázat: A légbuborékképző adalékszer nélkül készülő friss betonok tervezett levegőtartalma Magyarországon

Kon-zisz-tencia	Roskadási osztály	—	S1	S2, S3	S4, S5
	Tömörítési osztály	C1	C2	C3	C4
	Terülési osztály	F1	F2	F3	F4, F5, F6
Nyomószilárdsági osztály		Friss beton tervezett levegőtartalma, legfeljebb, térfogatszázalék			
C8/10		5,0	4,0	3,0	2,0
C12/15		4,0	3,0	2,0	1,5
C16/20		3,5	2,5	1,5	1,0
C20/25		3,0	2,0	1,0	1,0
C25/30		2,0	1,5	1,0	1,0
C30/37		1,5	1,0	1,0	1,0
C35/45 – C100/115		1,0	1,0	1,0	1,0
Feszített vasbeton esetén a friss beton levegőtartalma a fenti értékeknél – ha azok értéke ≥ 1,5 térfogatszázalék – 20%-kal kisebb legyen. Zúzottkőbeton esetén a friss beton levegőtartalma – kivéve az XK2(H), XK3(H) és XK4(H) környezeti osztályt – a fenti értékeknél 25%-kal nagyobb lehet.					

7. táblázat: A légbuborékképző adalékszerrel készülő friss betonok tervezett összes levegőtartalma (légpórustartalom + légbuborék-tartalom) Magyarországon

Környezeti osztály	XF2 és XF3	XF4
Az adalékanyag legnagyobb szemnagysága, mm	A friss beton összes levegőtartalma (légpórustartalom + légbuborék-tartalom), térfogatszázalék	
8 és 12	4,0 – 6,0	6,0 – 10,0
16	3,0 – 5,0	4,5 – 8,5
24 és 32	2,5 – 5,0	4,0 – 8,0
63	2,0 – 4,0	3,0 – 7,0
Feszített vasbeton esetén a friss beton levegőtartalma a fenti értékeknél – ha azok értéke ≥ 1,5 térfogatszázalék – 20%-kal kisebb legyen. Zúzottkőbeton esetén a friss beton levegőtartalma – kivéve az XK2(H), XK3(H) és XK4(H)		

környezeti osztályt – a fenti értékeknél 25%-kal nagyobb lehet.

6. MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYOK KÉMIAI KORRÓZIÓ KOCKÁZATA ESETÉN

Az EN 206 európai szabvány 1. táblázatában és F,1 táblázatában a betonnak csak a talaj és a természetes talajvíz okozta kémia korróziójával foglalkoznak, és az ilyen veszélynek kitett betonokat az XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolják. A magyar MSZ 4798 szabványban megfogalmazták az agresszív csapadékvízzel, kommunális vízzel, ipari és mezőgazdasági szennyvízzel, kondenzációs vízzel és egyéb agresszív folyadékokkal, gázokkal, gőzökkel, permetekkel és erjedő anyagokkal érintkező betonok XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolásának feltételeit.

Az XA4(H) környezeti osztályba soroljuk

a) a közcsatornába bocsátható, *enyhén* agresszív szennyvizekkel érintkező betonokat;
- Ilyen az *új létesítésű* szennyvíztisztító telepek harmadlagos (fizikai-kémiai) tisztítási műtárgyainak betonja, függetlenül a *8. táblázat* szerinti kémiai jellemzőktől.
- Ha a *meglévő, enyhén agresszív* szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

b) és az *enyhén* agresszív vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonokat. Az enyhén agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, csapadékvíztároló (esővíztároló) műtárgyak stb. betonja a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

A savas esők időszakosan hatnak, ezért a velük érintkező betont általában elegendő az XA4(H) környezeti osztályba sorolni.

Az XA5(H) környezeti osztályba soroljuk

a) a közcsatornába bocsátható, *közepesen* agresszív szennyvizekkel érintkező betonokat;
- Ilyen az *új létesítésű*, közcsatornába bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, közterületi átemelők és szennyvíztisztító telepi elsődleges (mechanikai és másodlagos (biológiai)) tisztítási műtárgyak, valamint szennyvíziszap-kezelési műtárgyak betonja, függetlenül a *8. táblázat* szerinti kémiai jellemzőktől.
- Ha a *meglévő, közepesen agresszív* szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

b) és a *közepesen agresszív* vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonokat. A közepesen agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, hígtrágyatároló és kezelő medencék, istállópadozatok, hulladéklerakók csurgalékvíz-tároló medencéi, terménytárolók, kéményfedkoszorúk stb. betonja a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

Az XA6(H) környezeti osztályba soroljuk

a) a közcsatornába *nem* bocsátható, *fokozottan agresszív* szennyvizekkel érintkező betonokat;
- Ilyen az *új létesítésű,* közcsatornába nem bocsátható szennyvizekkel érintkező csatornák, aknák, átemelők és szennyvíztisztító telepi műtárgyak betonja, függetlenül a *8. táblázat* szerinti kémiai jellemzőktől.
- Ha a *meglévő, fokozottan agresszív* szennyvizekkel érintkező műtárgyat felújítják vagy bővítik, akkor az új beton a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

b) és a *fokozottan agresszív* vizek és folyadékok, gázok, gőzök, permetek, erjedő anyagok környezetében lévő betonokat. A fokozottan agresszív kemikáliákkal érintkező egyéb betonok, füstgázelvezetéssel rendelkező vagy nem rendelkező hűtőtornyok, állatetető vályúk, takarmánysilók, mezőgazdasági erjesztősilók, faanyagszárító csarnokok, vasúti

kocsimosók, veszélyes hulladék tárolók stb. betonja a *8. táblázat* szerint sorolandó környezeti osztályba.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályok kémiai jellemzőinek határértékei a *8. táblázatban* szerepelnek.

Az XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *9. táblázat* tüntettük fel.

8. táblázat: A környezeti osztályok határértékei szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok okozta kémiai korrózió esetén

Kémiai jellemző	Vizsgálati módszer	Magyar környezeti osztályok		
		XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
pH-érték Oldódásos korrózió Kénsavkorrózió esetén járulékos duzzadásos korrózió is	EN ISO 10523 (Referencia-módszer) EN 15933 MSZ 260-4 MSZ 1484-22	≤ 6,5 és ≥ 5,0	< 5,0 és ≥ 4,0	< 4,0 és ≥ 3,5
Vízkeménység Oldódásos korrózió	MSZ 448-21	≥ 3 és ≤ 7 nkº, illetve ≥ 0,54 és ≤ 1,25 mmol/liter lágy víz	< 3 nkº, illetve < 0,54 mmol/liter nagyon lágy víz	
Vízben oldott agresszív szén-dioxid (CO_2), mg/liter Oldódásos korrózió	EN 13577 (Referencia-módszer) MSZ 448-23	≥ 15 és ≤ 40	> 40 és ≤ 100	> 100
Magnéziumion (Mg^{2+}), mg/liter Oldódásos korrózió	EN ISO 7980 (Referencia-módszer) EN ISO 14911 MSZ 260-52 MSZ 1484-3	≥ 100 és ≤ 1000	> 1000 és ≤ 2500	> 2500
Ammóniumion (NH_4^+), mg/liter Oldódásos korrózió	ISO 7150-1 (Referencia-módszer) EN ISO 14911 MSZ 260-9	≥ 15 és ≤ 30	> 30 és ≤ 60	> 60
			Szennyvizek esetén:	
			> 30 és ≤ 100	> 100
SO_4^{2-}-tartalom, mg/liter Duzzadásos korrózió	EN 196-2	≥ 200 és ≤ 600	> 600 és ≤ 1500	> 1500

A 8. táblázat folytatódik

További követelmények agresszív szennyvizekkel érintkező meglévő, felújítandó vagy bővítendő műtárgyak új betonjának szennyvizek okozta kémiai korróziója esetén				
A dikromátos kémiai oxigénigény (DCOD) és az 5 napos biokémiai oxigénigény (BOD5) aránya, DCOD/BOD5 Oldódásos korrózió	DCOD, mg/liter esetén: ISO 6060 BOD5, mg/liter esetén: EN ISO 5815-1, EN 1899-2	≥ 4	< 4,0 és ≥ 2,5	< 2,5
Redoxpotenciál (ORP), mV Oldódásos korrózió	ASTM D1498-14	≤ -50 és ≥ -100	< -100 és ≥ -150	< -150

9. táblázat: Határértékek a szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok, gázok, gőzök, permetek és erjedő anyagok korróziós hatásának kitett betonok összetételére

Követelmények II. típusú kiegészítőanyag adagolása esetén	Magyar környezeti osztályok		
	XA4(H)	XA5(H)	XA6(H)
Legnagyobb víz/(hatékony kötőanyag) tényező	0,45	0,43	0,40
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C30/37	C30/37	C35/45
Cementtartalom, kg/m^3	320-365	330-380	345-395
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*		
Vízbehatolás legnagyobb mélysége az EN 12390-8 szabvány szerint vizsgálva, legfeljebb, mm	átlag: 20, egyedi érték: 22		

7. SZULFÁT-TARTALOM MEGHATÁROZÁS

Az EN 206, illetve az MSZ 4798 szabvány előírásának megfelelően az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány szerinti vizsgálati módszerrel meg kell határozni mind a beton XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolásához a talajok és talajvizek, mind a beton XA4(H), XA5(H) és XA6(H) környezeti osztályba sorolásához a szennyvizek és egyéb agresszív vizek, folyadékok szulfátion- (SO_4^{2-})-tartalmát.

Tekintettel arra, hogy ebben az esetben a szulfát-tartalom meghatározást nem cementeken, hanem betonkorróziót okozó anyagokon végezzük, az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány szerinti vizsgálati módszer néhány lépését ennek megfelelően kell szabályozni.

7,1. Talajok szulfát-tartalmának a meghatározása

7,1,1. Talajok szulfát-tartalmának meghatározása sósavas eljárással

A beton XA1, XA2 és XA3 környezeti osztályba sorolásához a vizsgálandó talajból vett legalább 2 kg tömegű talajmintát lépésenként negyedeléssel 250 g-ra kell csökkenteni. Ezt a részt 110 ± 5 °C hőmérsékleten ki kell szárítani, majd 0,5 mm-nél kisebb szemnagyságúra kell aprítani. A vizsgálathoz 50 g szárított, aprított talajmintát használunk fel, amelyet 150 ml desztillált vízzel felöntve 24 órán át állni hagyunk. Másnap a desztillált vízzel felöntött

talajmintát rázógépen 1 órán át rázni kell, majd 250 ml térfogatú mérőlombikba kell szűrni, és a 250 ml térfogat eléréséig további desztillált vízzel kell mosni. Ha a szűrlet zavaros, akkor centrifugálással kell ülepíteni, és az oldat tiszta részét kell a további vizsgálatokhoz használni.

A szulfátionoknak az EN 196-2 szabvány 4,4,2,2. szakasza szerinti gravimetriás meghatározásához ebből a szűrletből 100 ml-t kell kimérni, amelynek hidrogénion-koncentrációját 1+11 hígítású sósavval (HCl) pH = 1,0-1,5 értékre kell beállítani.

A minta sósavas feltárasakor keletkező szulfátionokat az EN 196-2 szabványban leírtaknak megfelelően 1,0-1,5 pH-értéken bárium-klorid- ($BaCl_2$-) oldattal választjuk le. A leválasztott és finom pórusú szűrőpapíron átszűrt oldatot forrásban lévő vízzel klorid-mentesre mossuk, majd 950 ± 25 ºC hőmérsékleten tömegállandóságig izzítjuk. Az így kapott bárium-szulfát tömegét ($m_{\text{báriumszulfát}}$) 0,343 értékkel megszorozva az SO_3 (kén-trioxid) tömegét kapjuk meg, amelyből a talaj SO_3-ban kifejezett szulfit-tartalmát százalékban a következő egyenlettel számítjuk ki:

$$SO_3{}^{[\%]} = \frac{m_{\text{báriumszulfát}} \times 0{,}343046 \times 100}{m_{\text{talajminta}}} = 34{,}30 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}} = \frac{SO_3{}^{[\text{mg/kg}]}}{10000}$$

A képletben szereplő 0,343 értékű átszámítási tényező a szulfition (SO_3) és a bárium-szulfát ($BaSO_4$) relatív molekulatömegének a hányadosa: 80,06/233,38 = 0,343046.

Az EN 206 szabvány 2. táblázatában a beton környezeti osztályba sorolásához a talaj szulfát-tartalmának határértékei nem $SO_3^{[\%]}$ (szulfit), hanem $SO_4^{[\text{mg/kg}]}$ (szulfát) alakban szerepelnek; ezért az EN 196-2 szabvány szerinti százalékos szulfition-tartalmat mg/kg mértékegységben kifejezett szulfation-tartalomra át kell számítani. Az átszámítás képlete: $SO_4^{[\text{mg/kg}]} = 1{,}2\times SO_3^{[\text{mg/kg}]} = 1{,}2\times10^4\times SO_3^{[\%]}$, mert a szulfation ($SO_4^{2-}$) relatív molekulatömege 96,06, a szulfition (SO_3^{2-}) relatív molekulatömege 80,06, ezek hányadosa pedig: 1,2.

A talajoknak a beton EN 206 szabvány szerinti XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba sorolásához szükséges, mg/kg mértékegységben kifejezett szulfation-tartalmát úgy kapjuk meg, hogy az EN 196-2 szabvány szerinti, százalékos, $SO_3^{\%}$-ban kifejezett vizsgálati eredményt $1{,}2\times10^4$ értékkel megszorozzuk:

$$SO_4{}^{\left[\frac{\text{mg}}{\text{kg}}\right]} = 1{,}2 \times 10^4 \times SO_3{}^{[\%]} = 411655 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

Ha az 50:250 = 1:5 arányú talajminta-extraktum vizsgálata során a szulfation-tartalom több, mint 6000 mg/kg, akkor a vizsgálatot 1:10 arányú talajminta-extraktummal meg kell ismételni.

7,1,2. Talajok szulfát-tartalmának meghatározása vizes eljárással

Az EN 206 szabvány 2. táblázata szerint a talajok szulfáttartalmát sósavas eljárás helyett vizes eljárással is meg szabad határozni, ha erre van tapasztalat.

Ebben az esetben a meghatározást az EN 1744-1 szabvány szerint előkészített mintával végezzük. A legalább 2 kg tömegű talajmintát lépésenként negyedeléssel 250 g-ra kell csökkenteni. Ezt a részt 110 ± 5 °C hőmérsékleten ki kell szárítani, majd 0,125 mm-nél kisebb szemnagyságúra addig kell aprítani, amíg legalább 20 g talajminta át nem hullik a 0,125 mm lyukbőségű szitán.

Ezután a vizsgálatot az EN 196-2 szabvány 4,4,2,2. szakasza szerint végezzük 2,00 + 0,05 g porított minta bemérésével. A vizsgálati eredmény ezúttal is:

$$SO_4^{\left[\frac{mg}{kg}\right]} = 411655 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

7,2. Talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalmának a meghatározása

A szulfát-tartalmú talajvízzel érintkező betont az XA1, XA2 vagy XA3 környezeti osztályba, a szulfát-tartalmú szennyvízzel vagy egyéb agresszív folyadékkal érintkező betont pedig az XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba soroljuk.

A beton XA1, XA2, XA3, XA4(H), XA5(H) vagy XA6(H) környezeti osztályba sorolásához a betont körülvevő talajvíz, illetve csapadékvíz, szennyvíz vagy egyéb agresszív folyadék stb. szulfát-tartalmát az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány szerinti módszerrel meg kell határozni, és mg/liter mértékegységben kell megadni.

Talajvizek, csapadékvizek, szennyvizek vagy egyéb agresszív folyadékok stb. szulfáttartalmának meghatározásakor az EN 196-2 cementvizsgálati szabvány 4,4,2,2. szakasza szerinti eljárás annyiban módosul, hogy a méréshez cementpép helyett 250 ml szűrt talajvizet, illetve szennyvizet vagy egyéb agresszív folyadékot stb. használunk, melynek pH értékét 1+11 hígítású sósavval 1,0-1,5 értékre állítjuk be. A szulfátionok gravimetriás meghatározásához ezt az oldatot használjuk, melyet a továbbiakban az EN 196-2 szabvány 4,4,2,2. szakaszának „Forraljuk az oldatot 5 percig.” kezdetű negyedik bekezdése szerint kezelünk.

A vizsgálati eredmény ebben az esetben is:

$$SO_4^{\left[\frac{mg}{kg}\right]} = 411655 \times \frac{m_{\text{báriumszulfát}}}{m_{\text{talajminta}}}$$

8. VÍZZÁRÓ BETONOK ÉS A VÍZFELSZÍVÁS VESZÉLYÉNEK KITETT BETONOK MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYA

Az MSZ 4798 szabvány szerint a betont

- ha vízoszlopnyomása > 100 mm és < 2000 mm, akkor XV1(H) környezeti osztályba;
- ha vízoszlopnyomása ≥ 2000 mm és ≤ 10000 mm, akkor XV2(H) környezeti osztályba;
- ha vízoszlopnyomása > 10000 mm, akkor XV3(H) környezeti osztályba kell sorolni.

XV1(H) környezeti osztályba soroljuk a betont, ha a vízoszlop nyomása 2 m-nél kisebb (például pincefalak, csapadékelvezetők, víztároló medencék, átereszek, csapadékcsatornák, záportározók, esővízgyűjtő aknák).

XV2(H) környezeti osztályba soroljuk a betont, ha a vízoszlop nyomása 2 m és 10 m közé esik (például csatornák, gátak, partfalak, föld alatti garázsok és aluljárók külső határoló szerkezetei, víztároló medencék, vízépítési szerkezetek).

XV3(H) környezeti osztályba soroljuk a betont, ha a vízoszlop nyomása 10 m-nél nagyobb (például mélygarázsok, alagutak külső határoló szerkezetei, vízépítési szerkezetek)

Az EN 12390-8 szabvány szerint három próbatesten vizsgált vízbehatolás megengedett legnagyobb egyedi mélysége az XV1(H), XV2(H) és XV3(H) környezeti osztályú betonban a 10. táblázatban található érték

Nyomás nélkülinek tekintjük a vizet, ha vízoszlopnyomása ≤ 100 mm. Nyomás nélküli víz éri például a nedves közegbe ágyazott betont, talajnedvesség veszi körül a talajvízszint feletti alaptestek betonját, amelyeket vízfelvételük alapján az MSZ 4798 szabvány szerinti XV1(H)/V0 környezeti alosztályba soroljuk. Ilyen például a talajnedvességnek, talajpárának

kitett, talajvízszint felett fekvő alapozás vagy pincefal, vagy olyan mélygarázs, amelynek környezetében például vízelszívással, talajvíz-mentesítéssel (drénezés) tartósan megszüntették a víznyomást. Az XV1(H)/V0 környezeti alosztály általában más környezeti osztállyal társítva a földdel egy oldalon érintkező szerkezetek, például betontámfalak vízfelvételének korlátozására is alkalmas lehet.

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton nem tekinthető vízzáró betonnak.

XV1(H)/V0 környezeti alosztályba sorolható a nedves környezetű, de víznyomásnak ki nem tett szerkezeti elem betonja, ha az EN ISO 15148 szabvány szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója (angolul: water absorption coefficient): $W_{wt} \leq 2{,}0$ kg/(m^2·óra^{½}).

Az XV1(H)/V0 környezeti alosztályú beton – a szerkezeti elem vastagságának és a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés az EN ISO 17892-11 szabvány szerinti Darcy-féle vízáteresztő-képességének mértékétől, illetve annak időbeni változásától, valamint a vízszint nem várt emelkedésétől függően – átnedvesedhet. A falszerkezeti elem ajánlott vastagsága legalább 200 mm, az alaplemez ajánlott vastagsága legalább 150 mm, a környező talaj vagy ágyazóréteg, munkagödör feltöltés ajánlott EN ISO 17892-11 szerinti Darcy-féle vízáteresztési együtthatója legalább $k = 5 \cdot 10^{-5}$ m/s, azaz a betont körülvevő közeg vízáteresztő legyen.

A fentieken túlmenően a szerző szerint az esetleges átnedvesedés ellen az építtető saját költségén belső (légtér felöli) víztaszító vakolattal védekezhet, például:

- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $W_{wt} \leq 0{,}5$ kg/(m^2·óra^{½}), akkor *ajánlott* a beton belső (légtér felöli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni;
- ha a beton vízfelvételi együtthatójának (kapilláris vízfelszívási szám) értéke: $0{,}5 < W_{wt} \leq 2{,}0$ kg/(m^2·óra^{½}), akkor *nyomatékkal ajánlott* a beton belső (légtér felöli) felületét megfelelő víztaszító bevonattal ellátni.

Az XV1(H)/V0, XV1(H), XV2(H) és XV3(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *10. táblázatban* tüntettük fel.

10. táblázat: Határértékek a vízzáró és a vízfelszívás veszélyének kitett betonok összetételére

Követelmények	Magyar környezeti osztályok			
	Igénybevétel vízfelvétel hatására	Igénybevétel víznyomás hatására		
	XV1(H)/V0	XV1(H)	XV2(H)	XV3(H)
Legnagyobb víz-cement tényező [Maximum water/cement ratio]	0,55	0,55	0,50	0,45
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C25/30	C25/30	C30/37	C30/37
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	300	300	300	300
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*			
Egyéb követelmények	A beton EN ISO 15148 szabvány szerint meghatározott vízfelvételi együtthatója $W_{wt} \leq 2{,}0$ kg/(m^2·óra^{½}) legyen.*	Legalább 3 próbatesten az EN 12390-8 szabvány szerint vizsgált legnagyobb egyedi vízbehatolás mélysége, legfeljebb, mm		
		50	35	20

* Az átnedvesedést gátló belső vakolatra lásd a fenti szövegrészt.

9. KOPTATÓ HATÁSNAK KITETT BETONOK MAGYAR KÖRNYEZETI OSZTÁLYA

Az MSZ 4798 szabvány szerint, ha a betont csiszoló, csúszó, gördülő, súrlódó, ütő igénybevétel vagy vízáramlással mozgatott gördülő hordaléknak a koptató hatása éri, akkor a betont a körülményektől függően az XK1(H), XK2(H), XK3(H) vagy XK4(H) környezeti osztályba kell sorolni, amely osztályokban a 28 napos korú betonnak az MSZ 18290-1 szabvány (MSZ EN 14157 szabvány B módszere) szerinti *Böhme*-féle eljárással meghatározott ΔV térfogatvesztesége 71 ± 1,5 mm élhosszúságú próbakocka esetén nem lépheti túl:

- száraz koptatás esetén rendre a 14000, 12000, 10000, 8000 mm^3 értéket;
- vizes koptatás esetén rendre a 21000, 18000, 16000, 14000 mm^3 értéket.

XK1(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha könnyű szemcsés anyagok, gyalogos forgalom, fúvott kerekes járművek koptató hatása éri. Ilyen például a könnyű adalékanyagok, mezőgazdasági termények stb. tárolására szolgáló silók, bunkerek, tartályok, valamint a járdák, lépcsők, garázspadozatok stb. betonja.

XK2(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha nehéz terhek okozta gördülő igénybevétel, tömör kerekes járművek koptató hatása éri. Ilyen például a betonutak, a villástargoncák pályájának, a görgetett hordalékkal érintkező építmények stb. betonja.

XK3(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha nagyon nehéz terhek okozta csúsztató-gördülő igénybevétel, acél-kerekes targoncák koptató hatása éri. Ilyen például a repülőtéri le- és felszálló pályák és guruló utak, valamint a konténerátrakó állomások és a nehézipari szerelőcsarnokok padlóburkolatának stb. betonja.

XK4(H) környezetei osztályba akkor soroljuk a betont, ha rendkívül nehéz terhek okozta csúsztató-gördülő igénybevétel koptató hatása éri, vagy ha nagy felületi pontosságra és pormentességre van szükség. Ilyen például a rendkívül nehéz terheknek, hernyótalpas járművek forgalmának kitett csarnokok, raktárak és térburkolatok, a kopóréteg, illetve kéregerősítés nélküli kemény felületű pormentes ipari padlóburkolatok stb. betonja.

Az XK1(H), XK2(H), XK3(H) és XK4(H) környezeti osztályba sorolt betonok összetételének követelményét a *11. táblázatban* tüntettük fel.

11. táblázat: Határértékek a kopásálló betonok összetételére

Követelmények	Magyar környezeti osztályok			
	XK1(H)	XK2(H)	XK3(H)	XK4(H)
Legnagyobb víz-cement tényező	0,50	0,45	0,40	0,38
Legkisebb nyomószilárdsági osztály	C30/37	C35/45	C40/50	C45/55
Legkisebb cementtartalom, kg/m^3	310	330	350	370
A friss beton tervezett levegőtartalma	Lásd a *6. táblázatot*			

ÖSSZEFOGLALÁS

A beton, vasbeton és feszített vasbeton szerkezetek tartóssága érdekében a betont az EN 1992-1-1, EN 206, MSZ 4798 szabványok szerint környezeti osztályokba kell sorolni, és a beton összetételét úgy kell megtervezni, hogy az a környezeti osztályokhoz tartozó követelményeknek megfeleljen.

A környezeti osztály *nem a betonnak*, *hanem a betont körülvevő környezetnek* az állapotjellemzője. A „környezeti osztály jelével ellátott beton" kifejezés a szóban forgó *környezeti osztályhoz rendelt követelményeket kielégítő betont* jelenti (X jelek, F melléklet).

Az EN 206 európai szabványban található környezeti osztályok: X0, XC1 – XC4, XS1 – XS3, XD1 – SD3, XF1 – XF4, XA1 – XA3.

Ezeket az MSZ 4798 magyar nemzeti szabványban bővítettük és hozzáadtuk a: XN(H), X0b(H), X0v(H), XF2(H), XF3(H), XF4(H), XA4(H), XA5(H), XA6(H), XV1(H)/V0, XV1(H), XV2(H), XV3(H), XK1(H), XK2(H), XK3(H), XK4(H) *osztályú betonokat – ahol az A(H) jelűek a szigorúbb vegyi hatású környezetet jelentik.*

Az MSZ 4798 szabványban és módosításaiban (például: MSZ 4798:2016/2M:2018) *az új környezeti osztályokba sorolás szempontjait* a beton vagy acélbetét-korróziót okozható környezeti hatások, mint például a *nedvesség és megjelenési formái* (például, víz, jég, gőz), a betonnal érintkező levegő vagy víz vagy más folyadék *kémiai összetétele*, *a víznyomás* és a *koptatás* mértéke stb. képezik.

A magyar környezeti osztályok követelményei ***egyrészt a beton összetételére***, nevezetesen a megengedett legnagyobb víz-cement vagy víz-hatékony kötőanyag tényezőre (v/c, illetve v/k), a megengedett legkisebb – oldódásos betonkorrózió veszélye esetén a legkisebb és legnagyobb – cement- vagy hatékony kötőanyag-tartalomra, a levegőtartalomra, (esetenként a beton összetevőinek tulajdonságaira), ***másrészt a megszilárdult beton tulajdonságaira***, mint a nyomószilárdsági osztályra, a megengedett kloridtartalomra vagy a fagyállóságra, illetve a fagy- és olvasztósó-állóságra, a légbuborékszerkezetre, a vízfelvételre, a vízzáróságra, a kopásállóságra vonatkoznak.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikk szerzője hálás köszönetet mond

elsősorban *Csányi Erika* okl. vegyésznek, vegyészeti tanácsadónak, egyetemi tudományos munkatársnak, korábban hosszú esztendőkig az Építőanyagok Tanszék laboratórium vezetőjének, aki – többek közt - a talajok, valamint a talajvizek, szennyvizek és egyéb agresszív folyadékok szulfát-tartalma meghatározása módszerének kidolgozásában volt a segítségünkre.

Továbbá *Prof. Dr. Balázs L. György* okl. építőmérnöknek, a *fib* tiszteletbeli elnökének [honorary president of *fib*], a *fib* Magyar Tagozata elnökének, a Concrete Structures folyóirat főszerkesztőjének, korábban majdnem húsz esztendőig az Építőanyagok és Magasépítés Tanszék vezetőjének, aki a szabványosítási bizottság elnökeként hathatósan támogatta a MSZ 4798 magyar nemzeti betonszabvány elkészítését, és

Prof. h.c. Dr. Erdélyi Attila okl. építőmérnöknek, *fib* Magyar Tagozata Palotás László-díjjal kitüntetett tudományos kutatónak, korábban négy évig az Építőanyagok Tanszék vezetőjének, aki a szabványkészítés során a szerzőt fontos tanácsokkal látta el.

Prof. h.c. Dr. Erdélyi Attila 90. életévét, *Prof. Dr. Balázs L. György* 65. életévét 2023 áprilisában töltötte be. Mindkettőjüket Isten éltesse sokáig!

A hivatkozott szabványok jegyzéke itt található:
(http://fib.bme.hu/folyoirat/cs/cs2023/cs2023_10.pdf,
https://www.betonopus.hu/some/exposure-classes.pdf)