

A3.29. sz. útmutató

**Üzemelő atomerőművi nukleáris
környezetben lévő beton- és vasbeton
szerkezetek**

Verzió száma:

2.

2020. január

Kiadta:

Fichtinger Gyula
az OAH főigazgatója
Budapest, 2020.

A kiadvány beszerezhető:
Országos Atomenergia Hivatal
Budapest

FŐIGAZGATÓI ELŐSZÓ

Az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) az atomenergia békés célú alkalmazása területén működő, önálló feladat- és hatáskörrel rendelkező, országos illetékességű, központi kormányzati igazgatási szerv, kormányzati főhivatal. Az OAH-t a Magyar Köztársaság Kormánya 1990-ben alapította.

Az OAH jogszabályban meghatározott közfeladata, hogy az atomenergia alkalmazásában érdekelt szervektől függetlenül ellássa és összehangolja az atomenergia békés célú, biztonságos és védett alkalmazásával, így a nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények, nukleáris és más radioaktív anyagok biztonságával, nukleárisveszélyhelyzet-kezeléssel, nukleáris védettséggel kapcsolatos hatósági feladatokat, valamint az ezekkel összefüggő tájékoztatási tevékenységet, továbbá javaslatot tegyen az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos jogszabályok megalkotására, módosítására, és előzetesen véleményezze az atomenergia alkalmazásával összefüggő jogszabályokat.

Az atomenergia alkalmazása hatósági felügyeletének alapvető célkitűzése, hogy az atomenergia békés célú felhasználása semmilyen módon ne okozhasson kárt a személyekben és a környezetben, de a hatóság az indokoltnál nagyobb mértékben ne korlátozza a kockázatokkal járó létesítmények üzemeltetését, illetve tevékenységek folytatását. Az alapvető biztonsági célkitűzés minden létesítményre és tevékenységre, továbbá egy létesítmény vagy sugárforrás élettartamának minden szakaszára érvényes, beleértve létesítmény esetében a tervezést, a telephely-kiválasztást, a létesítést, az üzembe helyezést és az üzemeltetést, valamint a leszerelést, az üzemen kívül helyezést és a bezárást, radioaktív hulladék-tárolók esetén a lezárást követő időszakot, radioaktív anyagok alkalmazása esetén a szóban forgó tevékenységekhez kapcsolódó szállítást és a radioaktív hulladék kezelését, míg ionizáló sugárzást kibocsátó berendezések esetén azok üzemeltetését és karbantartását.

Az OAH a jogszabályi követelmények teljesítésének módját az atomenergia alkalmazóival egyeztetett módon, világos és egyértelmű ajánlásokat tartalmazó útmutatókban fejti ki, azokat az érintettekhez eljuttatja, és a társadalom minden tagja számára hozzáférhetővé teszi. Az atomenergia alkalmazásához kapcsolódó követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról (www.oah.hu) töltheti le.

ELŐSZÓ

Az atomenergia békés célú, biztonságos alkalmazására vonatkozó legmagasabb szintű szabályozást az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) tartalmazza.

A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló rendelkezéseket a 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Rendelet) és mellékletei, a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban: NBSZ) határozzák meg.

A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések betartása mindazok számára kötelező, akik az Atv. 9. § (2) bekezdése szerinti folyamatos hatósági felügyelet alatt állnak, valamint e törvényben előírt hatósági engedélyhez kötött tevékenységet folytatnak, ilyen tevékenységben közreműködnek, vagy ilyen tevékenység folytatásához engedély iránti kérelmet nyújtanak be. A nukleáris biztonsági követelmények és rendelkezések mellett a követelmények közé tartoznak az egyedi hatósági előírások, feltételek és kötelezettségek, amelyeket az OAH a nukleáris létesítmény nukleáris biztonsága érdekében határozatban állapíthat meg.

Az NBSZ-ben foglalt követelmények teljesítésére az OAH ajánlásokat fogalmazhat meg, amelyeket útmutatók formájában ad ki. Az útmutatókat az OAH a honlapján közzéteszi. Jelen útmutató az engedélyesek önkéntes alávetésével érvényesül, nem tartalmaz általánosan kötelező érvényű normákat.

A Rendelet 3. § (4) bekezdése alapján, ha a kérelmező a nukleáris biztonsággal összefüggő engedély iránti kérelmét az útmutatókban foglaltak szerint terjeszti elő, továbbá ha az engedélyes a nukleáris biztonsággal összefüggő tevékenységét az útmutatókban foglaltak szerint végzi, akkor az OAH a választott módszert a nukleáris biztonság követelményei teljesítésének igazolására alkalmasnak tekinti, és az alkalmazott módszer megfelelőségét nem vizsgálja.

Az útmutatókban foglaltaktól eltérő módszerek alkalmazása esetén az OAH az alkalmazott módszer helyességét, megfelelőségét és teljes körűségét részleteiben vizsgálja, ami hosszabb ügyintézési idővel, külső szakértő igénybevételével és további költségekkel járhat.

Ha az engedélyes által választott módszer eltér az útmutató által ajánlottól, akkor az eltérés indokolása mellett igazolni kell, hogy a választott módszer legalább ugyanazt a biztonsági szintet biztosítja, mint az útmutatóban ajánlott.

Az útmutatók felülvizsgálata az OAH által meghatározott időszakonként, vagy az engedélyesek javaslatára soron kívül történik.

A fenti szabályozást kiegészítik az engedélyesek, illetve más, a nukleáris energia alkalmazásában közreműködő szervezetek (tervezők, gyártók stb.) belső szabályozási dokumentumai, amelyeket az irányítási rendszerükkel összhangban készítenek.

1. BEVEZETÉS	8
1.1. Az útmutató felépítése	8
1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások	8
2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK	9
2.1. Meghatározások	9
2.2. Rövidítések	9
3. SUGÁRVÉDŐ BETONBÓL TERVEZENDŐ SZERKEZETEK	9
4. ANYAGOK ÉS TERMÉKEK (A)	12
4.1. Anyagokra és termékekre vonatkozó általános szempontok (A1)	12
4.2. Fogalom meghatározások (szabvány, MÉASZ ME-04.19) (A2)	12
4.3. Osztályozás (A3)	15
4.4. Beton, vasbeton és feszített beton alapanyagok (A4)	15
4.4.1. Cement	15
4.4.2. Adalékanyag	16
4.4.3. Keverővíz	19
4.4.4. Adalékszerek	19
4.4.5. Kiegészítőanyagok (beleértve az ásványi töltőanyagokat és pigmenteket)	19
4.4.6. Betonacél	20
4.4.7. Feszítőhuzal és segédanyagok	20
4.5. Betonösszetétel tervezési feltételei (A5)	20
4.6. A betonösszetétel (A6)	22
4.6.1. A nehézbeton összetétele	22
4.6.2. A hidrátbeton összetétele	22
4.7. A környezeti osztályokra vonatkozó szempontok (A7)	23
4.8. A frissbeton (A8)	23
4.8.1. Levegőtartalom (légtartalom) és testsűrűség	23
4.9. Szilárd beton (A9)	23
4.9.1. Nyomószilárdság és a testsűrűség	23
4.10. Műszaki feltételek a betonra (A10)	24
4.10.1. Általános előírások	24
4.10.2. Műszaki feltételek az előírt összetételű betonra	24
4.11. A friss beton átadása (A11)	24
4.12. Előírt összetételű beton megfelelőségének ellenőrzése és a megfelelőségi feltételek (A12)	24

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

4.13. Gyártásközi ellenőrzés (A13)	25
4.14.A megfelelőség értékelése (A14)	26
5. A BETONSZERKEZET TERVEZÉSÉNEK ALAPJAI (T)	26
6. BETONSZERKEZETEK KIVITELEZÉSE (K)	28
6.1. Bevezetés (K1)	28
6.2. Fogalommeghatározás (K2)	29
6.3. Kivitelezés (K3)	31
6.3.1. Dokumentáció	31
6.3.2. Minőségirányítás	31
6.4. Állványzat és zsaluzat (K4)	31
6.5. Vasalás (K5)	31
6.6. Feszítés (K6)	31
6.7. Betonozás (K7)	31
6.8. Kivitelezés előregyártott betonelemekkel (K8)	37
6.9. Geometriai tűrések (K9)	37
7. AZ ELKÉSZÜLT BETONSZERKEZET ELLENŐRZÉSE (SZ)	37
M1. MELLÉKLET	38
ELTÉRÉS A 2+ GYÁRTÁSELLENŐRZÉSI RENDSZERTŐL	38

1. BEVEZETÉS

A nukleáris környezetbe kerülő betonszerkezetek műszaki feltételei az általános rendeltetésű betonokra vonatkozó szabályozásból vezethetők le. A speciális követelmények megfogalmazása előtt a betonok általános feltételrendszerét szükséges összeállítani a hazai szabályozás még hiányzó elemeinek kidolgozásával. A nukleáris területen egyéb műszaki feltételek megfogalmazása is szükséges és a normálbetonokra általában megengedett feltételeket, lehetőségeket egyes esetekben korlátozni kell. A műszaki feltételeket tárgyaló alapszabványok alapján (azok felépítéséhez igazodva) a specifikus szempontokat, a fontosabb részeket kiemelve az útmutató tartalmazza. Egyes esetekben az általános szabályok nem, vagy csak korlátozva vehetők figyelembe.

Az útmutató az elérhető hazai nemzeti szabványokra, ezek hiányában külföldi előírásokra és egyéb műszaki specifikációkra való hivatkozással adja meg a nukleáris környezetbe kerülő beton- és vasbeton szerkezetek készítésére vonatkozó szempontokat.

Az útmutatóban a szabványhivatkozások évszám nélküliek, ezért a legutóbb érvényes kiadást kell figyelembe venni, vagy ha szükséges, hivatkozni kell egy korábbi szabályozásra.

Megjegyzendő, hogy az építés-tervezéstől eltelt időszakban a szabványok szellemükben és rendszerükben is megváltoztak, így adataik egyszerűen nem számíthatók át számszerűen. Felújítások, javítások folyamán sokszor szükséges összevetésük, ezért megadjuk az építéskori és a jelenlegi szabványok jeleit is. (Lásd. 2. ábra)

1.1. Az útmutató felépítése

Az útmutató az anyagok, a tervezés, a kivitelezés, a szerkezet vonatkozásában tárgyalja a beton témakörét.

A betonra vonatkozó szabványok kapcsolatrendszerét az 1. ábra mutatja be.

1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások

A nukleáris biztonsági követelmények jogszabályi hátterét az Atv. és a Rendelet biztosítja.

Az NBSZ 3. kötet 3.3.4.0100. pontja alapján:

„Az atomerőmű építményei tervezése során az építészeti-műszaki tervezésre vonatkozó általános szabályokat a nukleáris biztonsági követelmények figyelembevételével kell alkalmazni.”

2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 10. számú mellékletében ismertetett meghatározásokat alkalmazza.

2.2. Rövidítések

Étv.	1997. évi LXXVIII. törvény az épített környezet alakításáról és védelméről
MSZ	Magyar szabvány
MÉASZ ME	Magyar Építőanyag-ipari Szövetség Műszaki Előírás

3. SUGÁRVÉDŐ BETONBÓL TERVEZENDŐ SZERKEZETEK

Minden beton- vagy vasbeton szerkezetet, amelyet a biológiailag káros sugárzások valamelyik fajtája elleni védelem céljára készítenek, az adott célra alkalmas sugárvédő betonból kell tervezni. Egyéb műszaki okokból is készülnek sugárgátló szerkezetek. Sugárzó térben működő minden vasbeton szerkezet sugárállósága követelmény.

Az alábbiakban – tájékoztatás céljából – a sugárvédő betonból tervezendő szerkezetek vannak felsorolva a teljesség igénye nélkül:

Reaktorok sugárvédő szerkezetei

- stabil reaktorok,
- mobil reaktorok.

Helyiségek sugárvédő szerkezetei

- röntgen besugárzók,
- izotópos besugárzók,
- gyorsítók (lineáris és ciklotron),

amelyek lehetnek kutatási célúak, ipari alkalmazásra készített vagy mezőgazdaságban alkalmazott helyiségek, végül

- életvédelmi helyiségek (óvóhelyek).

Különleges rendeltetésű **fülkék és fülkesorok**

- gamma-fülkék,
- bontó- és átrakófülkék,
- ciklotron (besugárzó) fülkék,

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

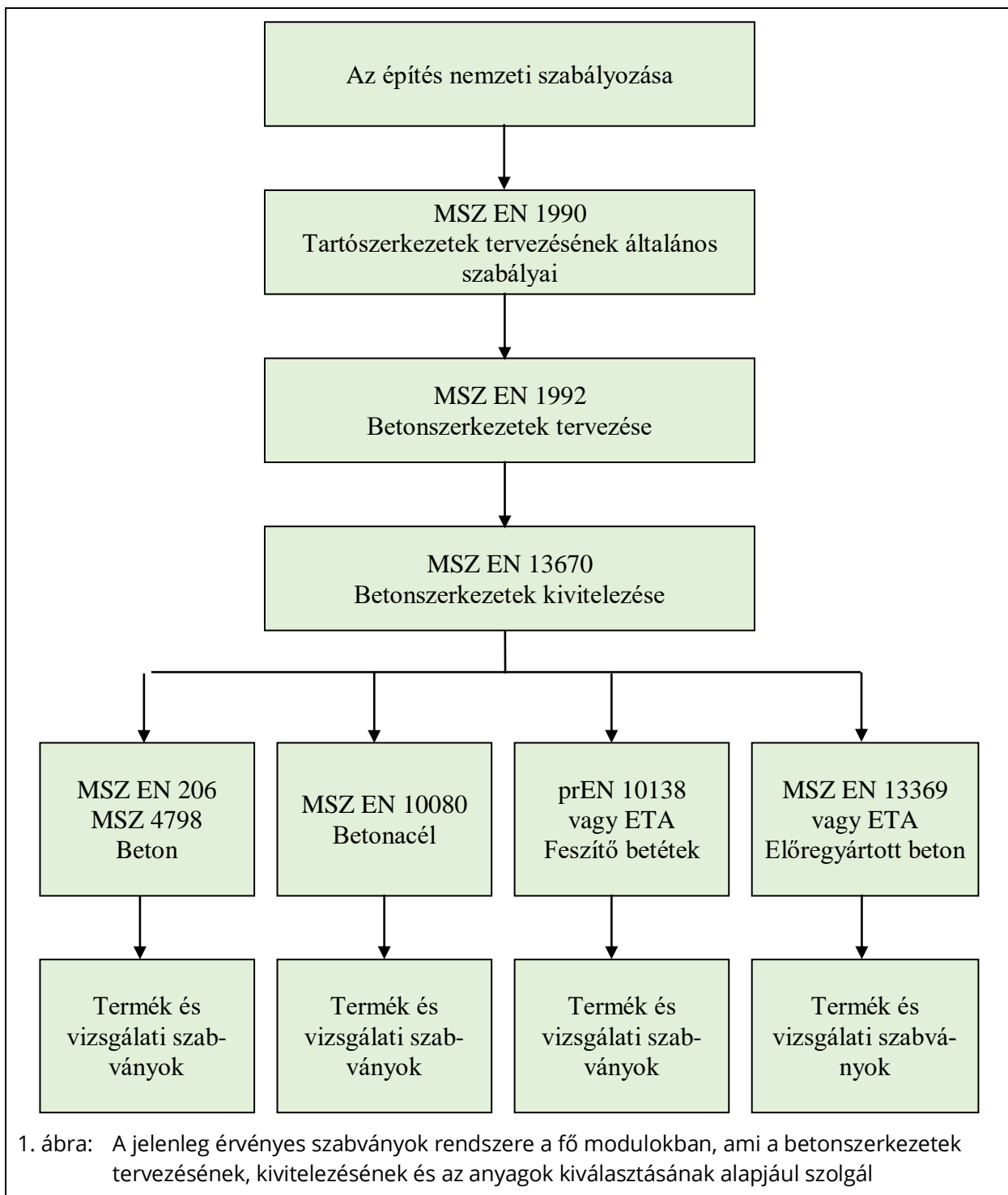
- d) trezorok,
- e) speciális **szállítócsatornák és liftek.**

Hulladékkezelés célját szolgáló tárolók

- a) szilárdhulladék-tároló bunkerek,
- b) folyadék-hulladék-tároló tartályok.

Nyílászáró és határoló sugárvédő szerkezetek

- a) stabil nyíláshatárolók,
- b) mobil nyílászárók.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

4. ANYAGOK ÉS TERMÉKEK

4.1. Anyagokra és termékekre vonatkozó általános szempontok

A betonra vonatkozó alapszabvány az MSZ 4798 *Beton. Műszaki követelmények, tulajdonságok, készítés és megfelelés*, valamint az EN 206 alkalmazási feltételei Magyarországon. Ezt a szabványt kell alkalmazni a magas- és mélyépítési helyszínen készült (monolit) szerkezetekhez, előregyártott szerkezetekhez, illetve előregyártott szerkezeti elemekhez gyártott betonokra. A beton lehet helyszínen kevert és transzportbeton is. Az MSZ 4798 követelményeket ír elő a normálbetonokra, könnyű- és nehézbetonokra. Az MSZ 4798 az előregyártott beton- és vasbeton elemek betonjára csak akkor vonatkozik, ha az érvényben lévő termék- és tervezési szabványok erre a szabványra hivatkoznak.

A beton tervezésére, kivitelezésére, illetve az alkotóanyagokra és vizsgálati módszerekre vonatkozó szabványok közötti kapcsolatot a 2. ábra mutatja.

A termékek forgalmazásának feltételeit a 2011.04.24-én hatályba lépett és 2013. július 1-től kötelező érvényű, az Európai Parlament és a Tanács 305/2011/EU rendelete tartalmazza, meghatározza továbbá az építési termékek értékelésére vonatkozó követelményeket, valamint a CE-jelölés használatának feltételeit.

Az anyagok beépítésének, betervezésének feltételeit, valamint a teljesítményigazolás részletes szabályait a 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet tartalmazza.

4.2. Fogalommeghatározások (MSZ 4798, MÉASZ ME-04.19)

szokványos vagy normál testsűrűségű beton

Kiszáritott állapotában 2000 kg/m^3 -nél nagyobb, de legfeljebb 2600 kg/m^3 (értékre tervezett) testsűrűségű, szilárd beton. A normálbetont szokták egyszerűen betonnak vagy (kevésbé helyesen) normálbetonnak is nevezni.

Megjegyzés: Ha nincs külön megadva, akkor a szilárd beton testsűrűsége a beton 28 napos korára értendő, egyéb esetben pedig a kort célszerű megadni. Kiegészítésként közölni lehet, hogy a testsűrűséget a beton légszáraz, $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ hőmérsékleten tömegállandóságig szárított vagy vízzel telített állapotában mérték-e.

A sugárvédelmi célra készített normálbeton annyiban különbözik az egyéb célra készített normálbetonoktól, hogy előírt testsűrűsége a C jelhez tartozó felső határ közelében van megkötve. A felső határ közelében lévő testsűrűségű "normálbeton" csak nagy sűrűségű kőzetből származó adalékanyaggal - pl. gránitzúzalékkal - készíthető.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

sugárvédő beton

Az ionizáló sugárzások valamely fajtája ellen biológiai védelmet nyújtó betonfajta; megfelelően megválasztott összetételének a következtében elnyeli a röntgen-, a gamma- és/vagy a neutronsugarakat. A sugárvédő beton fajtái: nehézbeton, hidrátbeton és normálbeton.

nehézbeton

Kiszáritott állapotában 2600 kg/m^3 -nél nagyobb testsűrűségű beton. A kiszáritást $60 (\pm 5) \text{ C}$ hőmérsékleten, tömegállandóságig végzik. Főleg nagy rendszámú elemekből áll; elsősorban a röntgen és a gamma-sugarak ellen nyújt védelmet. Legfontosabb jellemzője a testsűrűség. Sugárvédő képessége a testsűrűség növekedésével nő.

hidrátbeton

Kis és nagy rendszámú elemeket egyaránt tartalmaz és a neutronsugárzás ellen nyújt védelmet. Legfontosabb jellemzője a kémiaileg kötött víztartalom (hidrátvíz).

nehéz adalékanyag

Adalékanyag, amelynek kiszáritott állapotában az MSZ EN 1097-6 szerint megállapított szem-testsűrűsége $\geq 3000 \text{ kg/m}^3$. Nagy rendszámú elemekből álló különleges adalékanyag (pl. barit, hematit).

hidrátvíz-tartalmú adalékanyag

Kémiaileg kötött vizet nagyobb mennyiségben tartalmazó különleges adalékanyag (pl. szerpentinit, limonit).

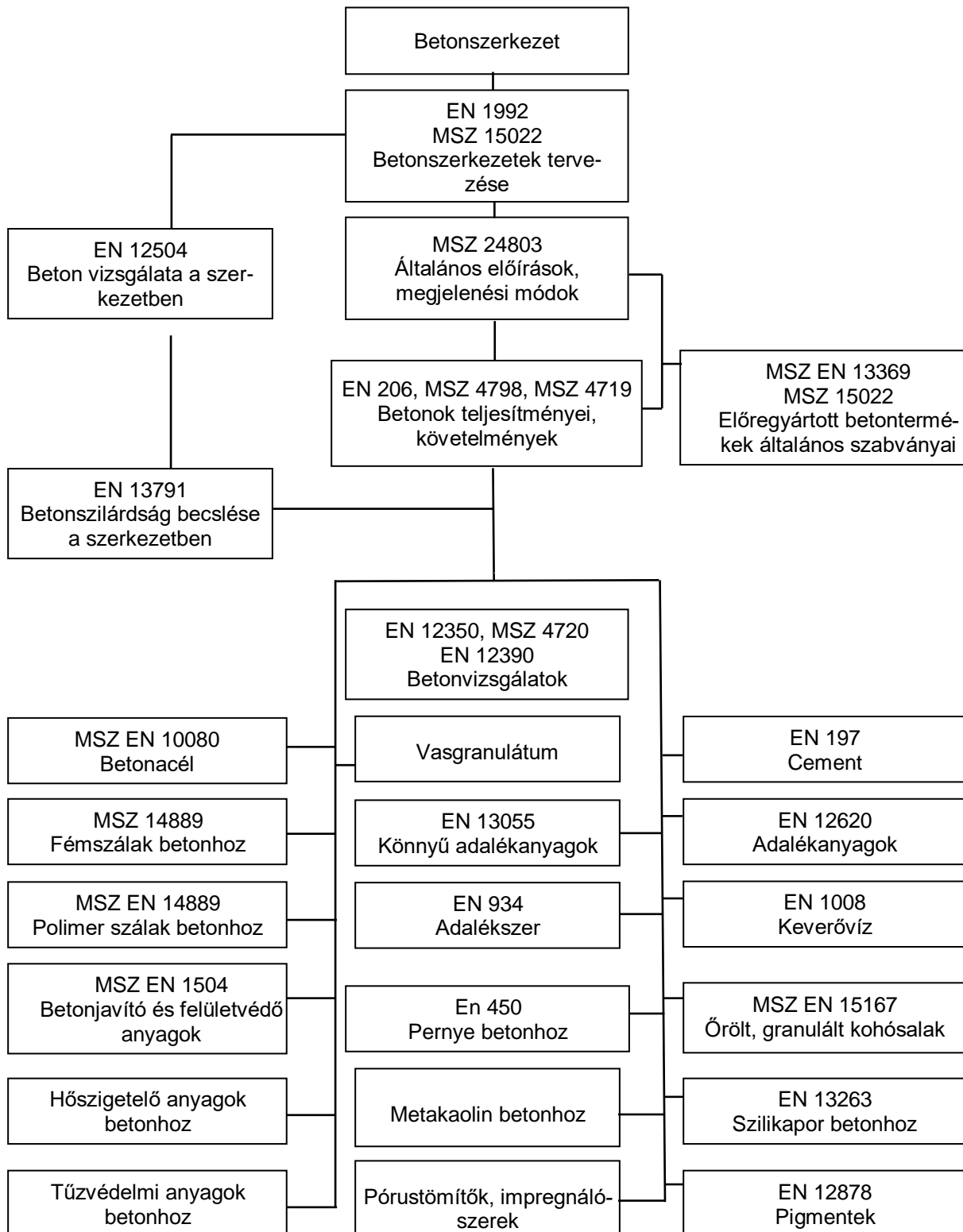
bórtartalmú kiegészítő anyag

A lassú és a termikus neutronok befogására adagolt különleges anyag (pl. kolemanit, borokalcit).

műszaki feltételek

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

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek



2. ábra: Az EN 206, valamint a tervezésre és a kivitelezésre, illetve az alkotóanyagokra és a vizsgálati módszerekre vonatkozó szabványok közötti kapcsolat

betontechnológus

Lásd az MSZ 4798 9.6.1 fejezetét

betontechnológiai utasítás

A betonozási munkákhoz a munkahelyi adottságokat figyelembe vevő betontechnológiai utasítást kell készíteni. A betontechnológiai utasítást a betontechnológus készíti, tárgykörébe tartoznak az alkotóanyagokkal és a betonnal szemben támasztott követelmények, a munkahely előkészítése, a beton keverése, szállítása és bedolgozása, az utókezelés, a minőség ellenőrzése, továbbá a vonatkozó munkavédelmi és környezetvédelmi előírások.

Megjegyzés: A betonozási munkákkal kapcsolatos egyéb munkák, úgymint a zsaluzási és a betonacélszerelési munkák külön technológiai előírások tárgykörébe tartoznak.

4.3. Osztályozás

A használati élettartamot, továbbá azokat a várható környezeti hatásokat, amelyek alapján a környezeti osztályokat ki kell jelölni, az építetőnek kell meghatároznia.

Ha nincs előírva az élettartam, akkor a tervezőnek 50 év használati élettartamot kell figyelembe vennie. Nukleáris környezetben 100 év legyen a szigorúbb követelmények miatt (és nem az elvárható tényleges üzemidő miatt).

A környezeti hatásoktól függő környezeti osztályokat az MSZ 4798 1., 2., NAD 2., F1. és NAD F1. táblázatai tartalmazzák. A környezeti hatások között nem szerepel a nukleáris környezet terhelése. Ez különleges követelménynek számít. Így különleges környezeti hatásnak számít a sugárzás és a magas üzemi hőmérséklet.

4.4. Beton, vasbeton és feszített beton alapanyagok

4.4.1. Cement

Az MSZ EN 197-1-nek megfelelő cementek általában felhasználhatók. Az általános alkalmasságon túlmenően a kivitelezési feltételek figyelembevételével és az évszaktól, a környezeti osztálytól, az építés ütemétől, a betonszerkezet vagy a betonelem utókezelési (érlelési) körülményeitől függően kell az adott esetben alkalmazandó cement követelményeit meghatározni (például kémiai összetétel korlátértékei, őrlésfinomság, hőfejlődés, szilárdulási sebesség). A cementfajta és befolyásolása megválasztásánál figyelembe kell venni a szerkezet méreteit a hidratációs hőfejlődés miatt, illetve azokat a környezeti

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

körülményeket, amelyeknek a szerkezet a használatbavétel után ki lesz téve.

A sugárvédő betonok kötőanyagául felhasználhatók a CEM II jelű kohósalak-portlandcementek, pernye-portlandcementek és puccolán-portland-cementek, a szulfátálló, valamint a kis hőfejlesztésű portlandcementek. A cement minősége feleljen meg az MSZ EN 197-1 szabvány követelményeinek. Előnyben kell részesíteni a minél kisebb hőfejlesztésű és zsugorodású cementeket.

4.4.2. Adalékanyag

A normál és nehézbeton adalékanyagaina vonatkozó általános feltételeket az MSZ EN 12620 szabvány tartalmazza.

Nukleáris környezetbe kerülő betonszerkezetekhez betontörésből származó visszanyert adalékanyag és osztályozatlan adalékanyag nem használható fel.

A **nehézbeton** készítéséhez legalább 3500 kg/m^3 testsűrűségű természetes (pl. barit, magnetit, hematit) vagy mesterséges (pl. vas adalékanyag, színesfémsalak,) nehéz adalékanyagot kell használni. Vas adalékanyagra általában akkor van szükség, amikor a rendelkezésre álló nehéz adalékanyag testsűrűsége nem elegendő az előírt testsűrűségű beton előállítására. Ilyen esetben a vas adalékanyag mennyisége a nehézbetonban nem lehet kevesebb, mint 400 kg/m^3 (kb. 50 liter), mert ennél kisebb mennyiség nem keverhető el egyenletesen. A vas adalékanyag önmagában is felhasználható.

A **hidrátbeton** készítéséhez kémiaailag kötött vizet tartalmazó adalékanyagot (szerpentinit, limonit, bauxit) kell alkalmazni. A bauxit tartalmazza a legtöbb hidrátvizet, de kis szilárdsága miatt csak homokként használható, továbbá a testsűrűsége is viszonylag kicsi.

A sugárvédő célra készített **normálbeton** adalékanyaga a tömör struktúrájú, természetesen aprózódott (pl. homokos kavics) és/vagy mesterségesen aprított (pl. bazalt, andezit) kőzet. A szemcsék felülete nem lehet mállott, poros vagy tapadó szennyeződéssel bevont. Szemrevételezéssel is megállapítható szerves szennyeződést (pl. lomb, gyökér, fadarab), valamint a betonra vagy a betonacélra káros anyagokat nem tartalmazhat. A kedvezőtlen alakú (lemezes és/vagy hosszúkás) szemcsék mennyisége legfeljebb 30 tömeg % lehet.

A **barit** (súlypát) vulkanikus eredetű, rideg kőzet. Lényegében tiszta bárium-szulfátot (BaSO_4) tartalmaz, a vasoxidtartalma (Fe_2O_3) 4-9 %. Színe fehér, sárgás-szürke, barna, esetleg vörös. Nyomószilárdsága viszonylag kicsi ($25\text{-}55 \text{ N/mm}^2$), kopási ellenállása csekély. A beszerezhető barit testsűrűsége

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

3700-4200 kg/m³. Aprításkor porzik, célszerű hengeres törőn aprítani. Vízoldható báriumot és szulfátiont nem tartalmazhat.

A **magnetit** (Fe²⁺Fe₂³⁺O₄) szürkés-fekete színű vasérc, legalább 60 % vastartalommal. Szemcsézett szövetszerkezetű, tömör, rendkívül kemény és szívós. Nyomószilárdsága általában nagyobb, mint 200 N/mm². Testsűrűsége 4300-5200 kg/m³.

A **hematit** (Fe₂O₃) szürkés, gyakran vörösesbarna, a friss törési felületen szürkésfekete színű vasérc, mintegy 50 % vastartalommal. Nyomószilárdsága 20-80 N/mm², testsűrűsége 3500-4500 kg/m³.

A különböző **fémzalakok** (pl. ólom-, réz-, krómzalak) alkalmazása akkor lehetséges, ha nem okoznak egymáshoz és főleg az acélaromatúrához képest mérhető galvanikus eltéréseket. Átlagos testsűrűségük 3700 kg/m³, nyomószilárdságuk rendszerint nagyobb, mint 60 N/mm².

A **vas adalékanyag** részben ipari hulladék (pl. lyukasztási maradék), részben vas anyagok feldarabolásából származik, részben sörét. Beton készítéséhez csak szabályos alakú (gömb, félgömb, kocka, zömök henger vagy hasáb) szemcsék alkalmasak, a túszerű, ágas-bogas, lyukas, fogazott, fésűs vasanyagot nem szabad felhasználni, mert ilyen anyaggal a betonkeverék nem tömöríthető megfelelően. A vas nem lehet olajjal, zsírral szennyezett, ezért égetéssel, vegyszerrel vagy gőzsugárral meg kell tisztítani (a tisztításra használt vegyszer nyomokban sem maradhat a vas-adalékanyagban, ezért vegyszeres kezelés után erős vízszugárral le kell mosni).

A vas adalékanyagról a szennyeződések jóval a felhasználás előtt el kell távolítani, majd ezt követően a szemcsék felületét vékony tapadásközvetítő és korróziógátló anyaggal szükséges bevonni. Ez növeli a beton szilárdságát és megakadályozza a vas további rozsdásodását a betonban. A laza, revés rozsdától meg kell tisztítani a vas-adalékanyagot.

A vas adalékanyag testsűrűsége 7400-7800 kg/m³, a vassörété azonban ritkán haladja meg a 7300-7400 kg/m³ értéket. Szemmagysága ne legyen 16 mm-nél nagyobb. Általában csak akkor alkalmazzuk, ha más módon nem lehet elérni az előírt testsűrűséget, mert költséges eljárás.

A **szerpentin** tömeges, szálás vagy táblás megjelenésű, túlsúlyban agyagásványokat tartalmazó, zöldes színű kőzet, amelynek MgO tartalma kb. 40 %, SiO₂ tartalma kb. 40 % és hidrátvíztartalma 11-14 %. A kőzet meghatározott hidrotermális körülmények között keletkezett. Testsűrűsége kb. 3500 kg/m³, nyomószilárdsága kb. 60 N/mm². Hidrátvíztartalmát kb. +350 °C hőmérsékletig megtartja.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A **limonit** ($2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3 \text{ H}_2\text{O}$) barna, sárgásbarna, néha vöröses vagy szürke vasérc (általában magnetittel és hematittal keveredve fordul elő). Vastartalma kb. 60 %, hidrátvíztartalma 10-15 % (de a lelőhelytől függően vastartalma 40 %-ig, hidrátvíztartalma 4 %-ig csökkenhet). Kémiaileg kötött víztartalmát kb. +150 °C hőmérsékletig megtartja.

A limonit puha, laza, valamint kemény, tömör szövetű változatban egyaránt található, így szilárdsága 10-60 N/mm², testsűrűsége 3200-3800 kg/m³ között változhat. A túlzott porképződés elkerülése érdekében célszerű hengeres törőn aprítani. Sokszor csak 0-4 mm-es homokként használható; a limonithabarcos összetartóképesége igen jó, ezért az ebbe ágyazódó vas adalékanyag szétkeveredési veszélye csekély. A vörös színű anyag 4-5 %, a sárgás színű 8-10 % hidrátvíztartalmú s utóbbi kéntartalma óvatosságra intő mértékben nagy.

A **bauxit** ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2 \text{ H}_2\text{O}$) vörös színű, puha, porózus kőzet, kémiaileg kötött víztartalma 20-25 %, vízfelvétele 10-25 % lehet. A bauxit víztartalma annál nagyobb, minél több benne a timföld, mennél kevesebb az agyagtartalma és mennél inkább hidrargillites. A kis szilárdságú kőzet - nyomószilárdsága csak 3-25 N/mm², testsűrűsége 2700-3000 kg/m³ - nagyon könnyen aprózódik, ezért csak 0-4 mm-es homokként használható. Ragacsos habarcst képez.

A sugárvédő betonok adalékanyagának legnagyobb szemnagysága nem lehet nagyobb a szabad acéltávolság 3/4-énél, a falszerkezetek legkisebb keresztmetszeti méretének 1/5-énél 63 mm-nél nagyobb szemnagyságot nem célszerű alkalmazni. A vas adalékanyag legnagyobb mérete legfeljebb 16 mm lehet.

Az adalékanyagok szemeloszlási görbéje az MSZ 4798 E mellékletében feltüntetett határgörbék A-B tartományának felső felében haladjon. A szemeloszlást eltérő testsűrűségű adalékanyagok (pl. nehéz adalékanyag és folyami homok) használatakor a tömeg szerinti keverési arány helyett térfogat szerinti keverési arány figyelembevételével kell megtervezni. A szemeloszlási görbét a vas adalékanyag nélkül kell meghatározni. A színesfémsalakok szemalakja általában nem kedvező, ezért a 4 mm-nél kisebb szemcséi helyett természetes homokot kell használni.

Az adalékanyagok alkálikovasav-reakciós passzivitását vizsgálattal igazolni kell.

Az MSZ 4798: szabvány E melléklete az adalékanyag-szemmegoszlási határgörbéit foglalja össze.

4.4.3. Keverővíz

A keverővízre vonatkozó követelményeket az MSZ EN 1008 szabvány tartalmazza. Nukleáris környezetbe kerülő betonszerkezetekhez a betongyártásból származó újrahasznosított víz nem használható fel.

4.4.4. Adalékszerek

A felhasznált adalékszerek az MSZ EN 934-1 szabvány követelményeinek feleljenek meg. A keverővíz csökkentése érdekében képlékenyítő vagy folyósító adalékszer adagolható, amelynek következtében mérséklődik a párolgás miatti levegőtartalom és javul a beton tömörsége. A munkahézag elkerülésére – szükség esetén – kötékésleltető adalékiszert kell adagolni; ennek eredményeképpen a betonban késleltetve fejlődik ki a hidratációs hő. A felhasznált adalékszer semmiképpen nem növelheti a beton légtartalmát.

4.4.5. Kiegészítőanyagok (beleértve az ásványi töltőanyagokat és pigmenteket)

Általában a betonkészítéshez felhasználható kiegészítőanyagokat az alkalmasságuk elbírálása után szabad felhasználni.

Az MSZ 4798-ban részletezett k-érték elve és a beton egyenértékű teljesítőképességének elve nem alkalmazható a sugárvédő betonok esetében.

A lassú és a termikus neutronok befogására, valamint a neutronok befogásakor keletkező nagy energiájú gamma-sugarak sugárzásának mérséklésére előnyösen használhatók a bórtartalmú kiegészítő anyagok, mint a kolemanit, a borokalcit és a bórax. Ezek bór tartalomra számított adagolása $5-20 \text{ kg/m}^3$ legyen (pl. a B_2O_3 -ban lévő elemibór-tartalom 31 %). A bór alkalmazásakor figyelembe kell venni, hogy késleltetheti a cement kötését és szilárdulását, továbbá a kötékésleltető adalékszerekkel ellentétben csökkenti a beton végszilárdságát is.

A **kolemanit** ($2 \text{ CaO} \cdot 3 \text{ B}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{ H}_2\text{O}$) fehéres színű, kalciumborátot tartalmazó ásvány. A beszerezhető kolemanit B_2O_3 tartalma kb. 30 %, kémiaileg kötött víztartalma 28-30 %. A 0,125 mm-nél finomabb szemeket ki kell szitálni az adalékanyagból, mert lassítja a szilárdulást és csökkenti a végszilárdságot.

A **borokalcit** ($\text{CaO} \cdot 2 \text{ B}_2\text{O}_3 \cdot 4 \text{ H}_2\text{O}$) kalcium-borátot tartalmazó ásvány, B_2O_3 tartalma 40-50 %, kémiaileg kötött víztartalma átlagosan kb. 17 %. Finom szemcséi kevésbé oldódnak a kolemaniténál, ezért kevésbé kell tartani a kötékésleltetéstől és a végszilárdság csökkenésétől.

A **bórax** ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10 \text{ H}_2\text{O}$) a bórsav színtelen, fehér, kristályos nátriumsója. Bórtartalma 10-11 %, testsűrűsége általában 1700 kg/m^3 . Kötés- és szilárduláskésleltető hatása erőteljes; nagyon kell vigyázni az adagolásával,

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

mert a szilárdulás esetleg meg sem indul. Változatlan összetétel mellett a bóraxot is tartalmazó beton 28 napos szilárdsága a bóraxot nem tartalmazóhoz viszonyítva 75-90 %. Számítani kell a betonfelület kivirágzására is.

4.4.6. *Betonacél*

A betonacélra vonatkozó követelményeket az MSZ EN 10080 szabvány tartalmazza. Az ETAG 001 foglalkozik a betonnál használt fémhorgonyok követelményeivel.

Galvanizált acélbetét alkalmazása esetén meg kell akadályozni, hogy a cinkbevonat kémiai reakcióba lépjen a cementtel, vagy a betont csak olyan cementből szabad készíteni, amelynek nincs káros hatása a galvanizált acélbetéthez való tapadásra.

Egyéb vegyszeres közegetől (pl. bórsavak) óvni kell a cinkbevonatot.

A vasalásra vonatkozó megfelelőség a CEN/TR 15481 műszaki jelentés (Acélbetétek hegesztése – Hegeszthetőség – Vizsgálati módszerek és a végrehajtás követelményei) alapján bírálható el. A betonacélok hegesztésére az MSZ EN ISO 17660 és az MSZ EN ISO 15630 szabványok vonatkoznak.

4.4.7. *Feszítőhuzal és segédanyagok*

A feszítőacélok (huzal, pászma, rúd) feleljenek meg az EN 10138 szabványnak. A feszítőacélra a nemzeti szabványokat kell alkalmazni (MSZ 5720) vagy a nemzeti szabványok helyett az ISO 6934 alkalmazható. Az acélszalagból készült burkolócsövek feleljenek meg az MSZ EN 523 szabványnak. Az ETAG 013 ad útmutatást a szerkezetek feszítésére készített utófeszítő eszközökre vonatkozó követelményekről. A kábelcsatornák és lehorgonyzások kitöltéséhez használt közönséges injektálóhabarcok követelményeit az MSZ EN 447 és az MSZ EN 446 szabványok tartalmazzák.

Magas hőmérsékletű alkalmazásoknál a relaxációt figyelembe kell venni.

4.5. Betonösszetétel tervezési feltételek (A5)

Nukleáris környezetbe kerülő betonok összetételét alkalmassági vizsgálatokkal kell megállapítani. A beton csak előírt összetételű beton lehet. Az előírt összetételű beton meghatározását lásd az MSZ 4798 3.1.1.10 fejezetében. Minden beton legyen péptelített, amely biztosítja a hézagmentes bedolgozhatóságot a csomópontokban és a zsalucsatlakozásoknál is. Az MSZ 4798 **A mellékletében** részletezett (Típusvizsgálat) tulajdonságok mellett a különleges tulajdonságokra vonatkozó teljesítőképességet is igazolni kell. Meg kell adni a hidratációs

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

hőfejlődést, a szükséges utókezelési időtartamot. A beton hőfejlesztése bizonyítható kísérleti úton, vagy speciális számítógépes programokkal.

A nehézbetonoknál a szokásostól eltérő betontervezési feltételeket szükséges figyelembe venni.

A betonkeverék **alapkonzisztenciája**, amelyet a vízadagolás számításakor kell figyelembe venni, kissé képlékeny legyen. Területtel mérve F2-F3, roskadással mérve S1-S2. Ha a pórusmentes bedolgozás érdekében képlékeny vagy folyós konzisztenciájú beton szükséges, akkor ezt a konzisztenciát képlékenyítő vagy folyósító adalékszerrel kell beállítani. Vas adalékanyagot tartalmazó nehézbeton konzisztenciája az adalékszer adagolása után se legyen képlékenynél (F3-nál, vagy S2-nél) lágyabb. A konzisztenciát célszerű a roskadás vagy a vibrációs idő mértékével jellemezni.

A **testsűrűség** a sugárvédő betonok legfontosabb tulajdonsága. A tervdokumentációban a száraz állapotú (tömegállandóságig szárított) beton testsűrűsége van előírva (ρ_e). A bedolgozott, friss sugárvédő beton ρ_k testsűrűsége a következő összefüggésből számítható:

$$\rho_k = \rho_e + m_{wp} + 1,645 \times s \quad \text{kg/m}^3 \quad (1)$$

ahol m_{wp} = a betonból elpárolgó víz, kg

s = a testsűrűség feltételezett szórása, kg/m^3 (ennek értéke a munkahelyi adottságoktól függően - begyakorlottság, az ellenőrzés szintje - 15-60 kg/m^3 lehet).

A betonból elpárolgó víz a keverővíz és a cement által kémiaailag kötött víz különbsége (a cement kémiaailag kötött víztartalma 28 napos korban, normális környezeti körülmények mellett kb. 15 %, teljes hidratáció után 23 %).

A hidrátbeton **kémiaailag kötött víztartalmának** el kell érnie a tervben előírt értéket. A cement kémiaailag kötött víztartalma általában nem elegendő a terv szerinti követelmény kielégítéséhez, ezért kell a hidrátbeton készítéséhez hidrátvíztartalmú adalékanyagot (szerpentinit, limonit, bauxit) felhasználni. A kémiaailag kötött víztartalom a következő összefüggésből számítható:

$$m_{wk} = m_{wc} + m_{wa} \quad \text{kg/m}^3 \quad (2)$$

ahol m_{wc} = a cement által kémiaailag kötött víz, kg/m^3

m_{wa} = az adalékanyag hidrátvíztartalma, kg/m^3

A beton kémiaailag kötött víztartalmához 30 kg/m^3 adszorbeált - fizikailag kötött - vizet hozzá szabad számítani, ha a várható környezeti hőmérséklet legfeljebb +30°C. Megjegyzendő, hogy a cement +100°C felett fokozatosan veszít a kémiaailag kötött víztartalmából is. Mivel a frekventált helyeken az

üzemi hőmérséklet 60°C feletti, az adszorpciós víz mennyisége változóan csökken.

Bizonyos esetekben a sugárvédő beton **kémiai összetétele** is követelmény lehet. Ilyenkor a beton adalékanyagait és a betonkeverék összetételét ezt figyelembe véve kell kiválasztani. Ehhez a munkához szakértőt kell igénybe venni.

A szilárd sugárvédő betonnak el kell érnie a statikai tervben rögzített szilárdsági jelhez tartozó minősítési értéket. A tervben előírható szilárdsági jelek az MSZ 4798 szerintiek.

A hidrátbeton jelölését a beton kiírásban szövegesen lehet megadni.

A nehéz- és a hidrátbetonok a fagy és olvasztósó, valamint az agresszív oldatok, talajok és gázok hatásával szemben nem ellenállóak. Ilyen követelmények esetén ezeknek a betonoknak a megfelelő védelméről gondoskodni kell.

4.6. A betonösszetétel

4.6.1. A nehézbeton összetétele

A nehézbetonok összetételét mindenkor kísérleti úton (próbakeveréssel és próbabetonozással) kell meghatározni, a tervező által előírt testsűrűségből kiindulva (kiszárított állapotra értelmezett testsűrűség), a (1) képlet segítségével. Mivel a nehézbeton szilárdsági jele legalább C 16/20, ezért az előírt testsűrűség elérésekor megfelelő szilárdság várható.

A kísérletekhez az alapkeveréket úgy kell megtervezni, hogy a beton telített legyen, mert adott testsűrűségű adalékanyagot alkalmazva annak a betonkeveréknek lesz a testsűrűsége a legnagyobb, amely éppen telített. A telítetlen keverékben a péphiány miatti levegőtartalom következtében csökken a testsűrűség, a túltelített keverékben pedig azért, mert a cement sűrűsége legfeljebb 3150 kg/m³, a nehéz adalékanyagoké pedig általában nagyobb, mint 3600 kg/m³.

4.6.2. A hidrátbeton összetétele

A hidrátbeton összetételének olyannak kell lennie, hogy mind az előírt száraz állapotban mért testsűrűséget, mind az előírt hidrátvíztartalmat kellő biztonsággal el lehessen érni. A hidrátbeton összetételét is próbakeveréssel és próbabetonozással kell meghatározni. Az összetétel attól is függhet, hogy a beton készítésétől a szerkezet üzemszerű igénybevételéig mennyi idő telik el, mert a cement kémiaiilag kötött víztartalma a szilárdulás (a hidratáció) időtartamától függ.

A betonösszetétel változatainak a kiszámítása után az adalékanyag hidrátvíztartalmából és a cement kötött víztartalmából meghatározható a szilárd beton hidrátvíztartalma is. Azokat a betonösszetétel-változatokat kell a próbakeverés során ellenőrizni, amelyek mind az előírt testsűrűséget, mind az előírt hidrátvíztartalmat tekintve megfelelőknek mutatkoznak.

Ha a számítások eredményei szerint a rendelkezésre álló nehéz adalékanyaggal az előírt testsűrűséget és az előírt hidrátvíztartalmat nem lehet egyidejűleg elérni, akkor más – nagyobb hidrátvíztartalmú és/vagy nagyobb testsűrűségű – adalékanyagot kell keresni.

4.7. A környezeti osztályokra vonatkozó szempontok

A környezeti osztályokhoz tartozó követelményeket a teljesítőképesség szerinti tervezési módszerekből kell levezetni. **Az MSZ 4798 a nukleáris környezetbe kerülő betonokra nem ad összetételi határértékeket**, így ezt tapasztalati (kísérleti) úton kell meghatározni, és a vonatkozó szabványok szerint igazolni.

4.8. A frissbeton

4.8.1. Levegőtartalom (légtartalom) és testsűrűség

Meg kell határozni a beton összes levegőtartalmát az MSZ EN 12350-7 szerint. A levegőtartalmat a keverési arányból és a bedolgozott friss beton testsűrűségéből is ki szabad számítani. Magyarországon a friss beton bennmaradt levegőtartalmának (a levegőzárványoknak) ajánlott tervezési értéke legfeljebb 2 térfogatszázalék.

4.9. Szilárd beton

4.9.1. Nyomószilárdság és a testsűrűség

A szilárd beton levegőtartalma a sugárelnyelés szempontjából lehet jelentős. A beton kiszárított állapotban mért testsűrűségét az MSZ EN 12390-7 szerint kell meghatározni.

A vegyesen tárolt, szilárd próbatestek testsűrűségét légszáraz állapotban, ugyancsak szilárdságvizsgálat előtt kell megmérni.

Normálbeton esetén a kiszárított állapotban mért testsűrűség 2000 kg/m^3 -nél nagyobb legyen, de 2600 kg/m^3 -nél ne legyen nagyobb. A nehézbeton kiszárított állapotban mért testsűrűsége 2600 kg/m^3 -nél nagyobb legyen. Ha a nehézbeton testsűrűségét tervezett értékkel írják elő, akkor a tőrés $\pm 100 \text{ kg/m}^3$.

4.10. Műszaki feltételek a betonra

4.10.1. Általános előírások

Sugárvédő betonok esetén a betonösszetételre, valamint az alapanyagokra (például fajta, származási hely) kiegészítő feltételek szükségesek, amelyekben előzetesen meg kell egyeznie az előírónak (a tervezőnek), a felhasználónak (a kivitelezőnek) és a gyártónak. Sugárvédő betont előírt összetételű betonként kell kiírni.

4.10.2. Műszaki feltételek az előírt összetételű betonra

Az előírt összetételű betont minden esetben az MSZ 4798 6.3.2. szakasza szerinti alapkövetelményeivel kell megadni, és szükség esetén azt az MSZ 4798 6.3.3. szakasza szerinti kiegészítő követelményekkel is ki kell egészíteni. Az előírt összetételű betonra vonatkozó alap és kiegészítő követelményeket (a beton összetételét) vagy az építető vagy a szerkezettervező vagy a felhasználó betontechnológusának kell előíróként teljes felelősséggel megadnia, de mindegyikük beleegyező nyilatkozatára szükség van. A betonösszetétel tervezésének vagy előírásának az alapja az első típusvizsgálat eredményei legyenek.

A beton sugárgátlását, esetleges felakvitálódását a tervezett modellanyagon meg kell mérni. Minden összetételi és anyagváltozást jegyzőkönyveztetni kell.

4.11. A friss beton átadása

Az MSZ 4798-ban foglaltak szerint kell eljárni.

4.12. Előírt összetételű beton megfelelésének ellenőrzése és a megfelelési feltételek

Az előírt összetételű beton cementtartalmának, legnagyobb névleges szemnagyságának, az adalékanyag szemmegoszlásának, valamint a víz/cement tényező értékének és az adalékszer vagy a kiegészítőanyag mennyiségének a megfelelését minden adag esetében értékelni kell. A cement, az adalékanyag (minden előírt szemnagyságra), az adalékszer és a kiegészítőanyag, a termelési jelentésben feljegyzett vagy a keverési adagnak a nyomtató által kiírt mennyiségei az MSZ 4798 27. táblázatában megadott tűréseken, a víz/cement tényező eltérése az előírt értéktől $\pm 0,04$ értéken belül legyen. A megfelelés igazolását végre kell hajtani. Az egyes tulajdonságok ellenőrzését dokumentálni szükséges. Az eltérési határok túllépése esetén a műszaki vezetőnek azonnali intézkedési kötelezettsége van.

4.13. Gyártásközi ellenőrzés

Az MSZ 4798 9. fejezete tartalmazza a normál és nehézbetonok ellenőrzését.

A sugárvédő betonok minőségének az ellenőrzésére minőségellenőrzési tervet kell készíteni, amelyet a tervdokumentációhoz kell csatolni. A minőségellenőrzési tervben meg kell adni az alkotóanyagok, a betonkeverék, a bedolgozott friss beton és a szilárd beton vizsgálatának a módját és gyakoriságát.

Ha a betonkeverék az **építéshelyen** készül, akkor a következő vizsgálatokat kell előírni:

- a) a keverővíz ellenőrzését az építkezés megkezdése előtt. Amennyiben a víz szaga, színe, íze, továbbá a felrázás során észlelt viselkedése (pl. habzás) kétségeket támaszt, akkor a minőséget hivatalos anyagvizsgáló laboratóriummal kell megvizsgáltatni,
- b) a cement ellenőrzését az átvételkor: a teljesítménynyilatkozat ellenőrzése, a cement szemrevételezése, a csomósodás, kérgesedés ellenőrzése,
- c) az adalékanyag vizsgálatát átvételkor: a minőségi bizonylat (szállítólevél) ellenőrzése, szemrevételezés, a szennyezettség, a testsűrűség, a hidrátvíztartalom, a szemeloszlás és a vízfelvétel vizsgálata,
- d) a cement vizsgálatát szállítmányonként: őrlésfinomság, vízigény, kötésidő és térfogatállandóság meghatározása,
- e) az adalékszer ellenőrzését szállítmányonként,
- f) az adalékanyag vizsgálatát naponként úgy, hogy az eredmény az első keverék készítése előtt rendelkezésre álljon: szemeloszlás és nedvességtartalom vizsgálata,
- g) a betonkeverék konzisztenciájának az ellenőrzését 10 m³-enként,
- h) a friss betonkeverék ellenőrzését: a készítési testsűrűség vizsgálata minden műszak kezdetekor 3 db próbakockán, a víztartalom ellenőrzése naponta egy alkalommal,
- i) 3-3 db próbakocka készítését 50 m³-enként (de legalább műszakonként egyszer) a 28 napos nyomószilárdság és a kiszáritott állapotban mért testsűrűség ellenőrzésére.

Ha a betonkeverék **központi betonüzemben** készül, akkor elő kell írni, hogy az üzem a sugárvédő betonkeverékek összetételét részletesen bizonylatolja. Mivel a sugárvédő beton csak **rendelt összetételű** lehet, a betonüzemnek szavatolnia kell a rendelés szerinti összetételi adatokat. Meg kell adni a

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

felhasznált cement fajtáját és gyártási idejét, az adalékanyag jellemzőit (szennyezettség, szemeloszlás, testsűrűség, hidrátbeton esetén a hidrátvíztartalom), az adalékszer és a kiegészítő anyag fajtáját, továbbá a beton tömeg szerinti keverési arányát és a betonkeverék konzisztenciájának a mérőszámát. A betonszerkezet készítője írja elő, hogy a transzportbeton-üzem mindazokat a vizsgálatokat végezze el, amelyek az építéshelyi betonkészítés esetére elő vannak írva.

Transzportbeton alkalmazása esetén, az építéshelyen a következő vizsgálatokat kell elvégezni:

- a) a konzisztencia ellenőrzését szállítmányonként ugyanazzal az eszközzel, mint amelyet a betongyár használ (ebben előzetesen meg kell állapodni),
- b) a készítési testsűrűség ellenőrzését minden műszak kezdetekor 3 db próbakocka készítésével,
- c) 50 m³-enként, de műszakonként legalább egy alkalommal a 28 napos nyomószilárdság és a száraz állapotú testsűrűség vizsgálatára 3-3 db próbakockát kell készíteni.

A sajátellenőrzés keretében végzett ellenőrzésen kívül külső ellenőrző labort is meg kell bízni a sugárvédő beton minőségének a vizsgálatával.

4.14. A megfelelésértékelése

Az MSZ 4798 a teljesítmény igazolására a 2+ módozatot írja elő. Sugárvédő betonoknál a 2+ módozat az **1. mellékletben** leírt szigorításokkal együtt érvényes (lásd még az MSZ 4798 szabvány **C melléklet A** gyártásellenőrzés értékelésére, felügyeletére és tanúsítására vonatkozó utasítások).

5. A BETONSZERKEZET TERVEZÉSÉNEK ALAPJAI

Az építési engedélyezési eljárásban és az építési közbeszerzéseknél az Étv. alapvető követelményeinek teljesülését a hatályos szabványok alapján vélelmezni lehet. A tartószerkezetek tervezésére a hatályos szabványsorozat 2010. április 1-től az Eurocode.

A betontervezési szabványok alkalmazásának egyik feltétele, hogy az egymásra épülő, illetve egymást kiegészítő szabványok rendelkezésre álljanak. Ezért a különböző időpontokban kiadott szabványokat akkor lehet alkalmazni, ha az ún. szabványpakethez (csomag/sorozat-hoz) tartozóakat már kiadták és bevezették. A betonszerkezetek tervezési szabványa az MSZ EN 1992 Eurocode 2: Betonszerkezetek tervezése, amely a normál és könnyűbetonokra vonatkozik.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A beton-szabványcsomaghoz/sorozathoz az alábbiak tartoznak:

- a) MSZ EN 1990 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai
- b) MSZ EN 1991 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások
- c) MSZ EN 1997 Eurocode 7: Geotechnikai tervezés
- d) MSZ EN 1998 Eurocode 8: Tartószerkezetek tervezése földrengésre
- e) MSZ EN 13670: Betonszerkezetek kivitelezése

Az MSZ EN 1992 nem vonatkozik a speciális építmények tervezésére (pl. a nukleáris létesítmények, gátak, stb.). A szerkezettervezésre általában viszont alapként figyelembe vehető.

A tervezési alapelveket, a szerkezetek biztonságával, használhatóságával és tartósságával kapcsolatos követelményeket az MSZ EN 1990 szabvány tartalmazza. A szerkezetek megbízhatóságával az ISO 2394 szabvány foglalkozik.

Az MSZ EN 1990 szabvány alapján a nukleáris erőműveknél

- a) az előírt tervezési élettartamot 100 évre kell felvenni,
- b) a kárhányad szerinti osztály CC3 vagy annál magasabb legyen,
- c) a megbízhatósági osztály RC3 vagy annál magasabb legyen,
- d) a tervellenőrzési szint a DSL3 vagy annál magasabb legyen.

A betonfedésre vonatkozó feltételeket az MSZ 4798-1 szabvány N melléklete és az MSZ EN 1992 szabvány 4. fejezete tartalmazza. A tartósság és a betonfedés tekintetében a szerkezeti osztály S6.

A tervezés minőségbiztosításánál az MSZ EN ISO 9001 szabvány alkalmazható.

A minőségügyi terv és az ellenőrzés fogalommeghatározásai az MSZ EN ISO 9000 szabvány szerint értelmezhető. A minőségügyi tervek készítéshez az ISO 10005 szabvány ad útmutatást.

Az alábbi területekre még nem készültek európai szabványok:

- a) meglévő szerkezetek felülvizsgálatára
- b) szerkezettervezés a tartóssági követelmény szempontjából
- c) magas hőmérsékletnek kitett betonszerkezetekre
- d) szélsőséges veszélyesetek elleni védelemre.

Minden olyan esetben, amikor az újjólag tervezett szerkezet fizikai, technológiai, sugárvédelmi, tűzvédelmi kapcsolatba kerül egy már meglévővel, kötelező a két szerkezet együtthatását vizsgálni. A vizsgálatot ki

kell terjeszteni a meglévő szerkezet építéskori és a jelenkori előírásai, szabványai szerinti értékelésére is.

Ezek a területek a nukleáris erőművek szempontjából relevánsak. Jelenleg a tervezéshez felhasználható a Nuclear containments (fib 2001 Bulletin 13 p. 130) jelentés, amely a konténmentek európai tervezési irányelveit, gyakorlatát tartalmazza.

Az élettartamra való tervezésnél figyelembe vehető a Model Code for Service Life Design (fib 2006 Bulletin 34 p. 110). és az ISO 15686 szabvány.

6. BETONSZERKEZETEK KIVITELEZÉSE

6.1. Bevezetés

A betonszerkezetek kivitelezésére vonatkozó általános előírásokat az MSZ EN 13670 szabvány tartalmazza. Mivel csak általános követelményeket ad a betonszerkezetek kivitelezésére, ezért a műszaki tervben kell előírni, ha más alkotóanyagokat (pl. nehéz adalékanyag sugárvédő betonokhoz) és speciális technológiákat (pl. öntömörödő beton) alkalmaznak.

Az MSZ EN 13670 a tervezéskor lefektetett követelményeket továbbítja a kivitelezőnek, azaz a tervező és a kivitelező közötti kapcsolatot biztosítja, megadja a kivitelezés szabványos követelményeit és egyben a tervező ellenőrző listájaként is szolgál annak ellenőrzésére, hogy minden szükséges műszaki adatot megadott-e a szerkezet kivitelezőjének (lásd az MSZ EN 13670 A fejezetét).

Az olyan területek, mint a személyzet alkalmassága részletes követelményeinek leírása és a minőségirányítással kapcsolatos részletek a tagállamok hatáskörébe tartozik. Ezért a szabványhoz nemzeti mellékletet kell készíteni. Ennek a szabványnak a nemzeti melléklete tartalmazhat nemzeti előírásokat vagy hivatkozhat rájuk a következő esetekben:

- a) A kivitelezés irányítása: az építkezési munkálatok megszervezésére és a különböző feladatokat végző munkaerő képességére vonatkozó előírások.
- b) A projekt dokumentációja: az elkészítendő és tárolandó dokumentációra vonatkozó minimális előírások.
- c) Minőségirányítás: a kivitelezési osztályok használatához, az előírt felülvizsgálat kiterjesztéséhez és típusához kapcsolódó előírások, 3. táblázat és B melléklet.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

- d) Vasalás: megadja az EN 1992 nemzeti mellékletével összhangban lévő vasalási típusokat és hivatkozik a vasalás kivitelezésének megfelelő NDP-kre.
- e) Betonozás: az utókezelésre és az utókezelési osztályok kiválasztásra vonatkozó követelmények.
- f) Felületi befejezés: a felületi befejezés leírásainak rendszerére vonatkozó hivatkozások
- g) Geometriai tűrések: az EN 1992-vel és NDP-vel összhangban lévő tűrés a vasalás minimális takarására, a második tűrési osztály értékei, ahol egyébként ilyen értékeket nem adnak, és speciális szerkezetekre (pl. hidakra és silókra).

A kivitelezésre vonatkozó jogszabály a 191/2009 (IX.15.) Korm. rendelet. A rendelet hatálya kiterjed többek között az építőipari kivitelezési tevékenység folytatására, a tevékenységben résztvevők feladataira, az építési napló és a kivitelezési dokumentáció tartalmi követelményeire.

6.2. Fogalommeghatározás

kivitelezési osztály

Osztályozott követelmények, amelyek meghatározzák a kivitelezési munkálatok minőségi szintjeit általában vagy egyedi esetekre lebontva.

kivitelezési leírás

Azok a dokumentumok, amelyek tartalmazzák mindazokat a rajzokat, műszaki adatokat és követelményeket, amelyek egy speciális projekt kivitelezéséhez szükségesek, kiegészítik és megfelelnek az MSZ EN 13670 európai szabvány követelményeinek, valamint hivatkoznak a használat helyére érvényes nemzeti előírásokra.

Megjegyzés: a kivitelezési leírás nem egy dokumentum, hanem a munkák kivitelezéséhez szükséges dokumentumok összessége, amely tartalmazza a műszaki leírást, és azt tervben megkapja a kivitelező.

kivitelezési dokumentáció (191/2009.(IX.15.) Korm. rendelet)

Az Étv. 31. §-ának (2) bekezdésében meghatározott követelmények kielégítését bizonyító, az építmény megvalósításához – minden munkarészre kiterjedően az építők, szerelők, gyártók számára kellő részletességgel – a szükséges és elégséges minden közvetlen információt, utasítást tartalmazva bemutatja az építmény részévé váló összes anyag, szerkezet, termék, berendezés stb. helyzetét, méretét, minőségét, mérettűrését, továbbá tanúsítja az összes vonatkozó előírásban, valamint az építésügyi hatósági

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

engedélyezésnél és az ajánlatkérési műszaki dokumentációban részletezett követelmények teljesítését.

építmény műszaki leírása

Egyedi létesítményre követelményeket összefoglaló dokumentum.

minőségügyi terv

Olyan dokumentum, amely meghatározza milyen munkafolyamatokat és szükséges forrásokat kell alkalmazni, mikor és kinek, hogy kielégítsék az adott létesítményre vonatkozó előírásokat.

nyilatkozat a módszerről (technológiai utasítás)

A munka végrehajtásához használt módszereket és eljárásokat leíró dokumentum.

műszaki leírás

A 312/2012 (XI.8.) Korm. rendelet 8. melléklete ismerteti az építményre vonatkozó, a tervlapokat kiegészítő információkat, valamint többek között a jogszabályban meghatározott esetekben a terv készítésekor már ismert, az építménybe betervezett építési célú termékekre, berendezésekre, szerkezetekre vonatkozó jóváhagyott műszaki specifikációra (magyar nemzeti szabvány, honosított harmonizált szabvány, európai műszaki engedély vagy építőipari műszaki engedély) történő hivatkozást.

tartószerkezet

Olyan építményszerkezet, szerkezeti elem, amelynek feladata az erőhatások felvétele és továbbítása (pl. a talajra). A tartószerkezet az építmény „erőtani vázát” alkotja, ezért erőtani (statikai) tervezéssel az egyensúly megtartására úgy kell méretezni, hogy a várható hatások (terhek) következtében a megengedett mértéket meghaladó mértékű elmozdulás, törés, repedés, folyás ne keletkezzék.

tartószerkezeti műszaki leírás (312/2012 (IX.8.) Korm. rendelet 8. melléklete)

A tervezett tartószerkezet jellemzőit tartalmazza. Készülhet a tartószerkezeti terv kiegészítéseként, és önállóan, ha egyedül ez adja meg a tervezett építmény tartószerkezetének leírását, jellemzőit. A tartószerkezeti műszaki leírás tartalmaz minden olyan fontos jellemzőt, amelyet a tervező a szerkezet megtervezésénél figyelembe vett, illetve amelyet a kivitelezés során be kell tartani, így különösen:

- a) a szerkezet alapvető rendszerének leírása,
- b) az alkalmazott számítási modell,
- c) a szerkezet típusa, méretei,

- d) a társtervezők által megadott adatszolgáltatás (talajmechanika, gépészet stb.).

6.3. Kivitelezés

A kivitelezés előfeltételeit az MSZ EN 13670 szabvány 4.1. pontja tartalmazza.

6.3.1. Dokumentáció

A kivitelezéshez szükséges dokumentációkat az MSZ EN 13670 szabvány 4.2. pontja tartalmazza.

6.3.2. Minőségirányítás

A minőségbiztosítási feladatokat az MSZ EN 13670 szabvány 4.3. és 4.4. pontjai tartalmazzák.

6.4. Állványzat és zsaluzat

Az állványzat és a zsaluzat készítésével kapcsolatban az MSZ EN 13670-ben foglaltakat (5. fejezet, C melléklet, MSZ EN 12812 és MSZ EN 12813 szabványok) kell figyelembe venni.

Gondoskodni kell a benmaradó zsaluzatok (acélzsalu) hosszútávú korrózióvédelméről. Figyelembe kell venni a zsaluzat galvánelemes hatásait a vasbetétek tekintetében.

6.5. Vasalás

A vasalás elkészítésére vonatkozó műszaki feltételeket az MSZ EN 13670 6. fejezete és a D melléklete foglalja össze.

6.6. Feszítés

A feszítés kivitelezését az MSZ EN 13670 7. fejezete és az E melléklete tárgyalja. A CEN Workshop Agreement CWA 14646:2003 „A szerkezetek megfeszítésére készített utófeszítő eszközök szerelésére vonatkozó követelmények, szakértő cég és személyzetére vonatkozó minősítő előírások” című munkabizottsági megállapodást figyelembe kell venni.

Vizsgálni kell a sugárterhelés és a magas hőmérséklet hatását a relaxációra.

6.7. Betonozás

A betonozásra vonatkozó általános szabályokat az MSZ EN 13670 8. fejezete és az F melléklete tartalmazza.

A sugárvédő betonok készítésére az alábbi szabályok érvényesek.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A betonozás megkezdése előtt ellenőrizni kell a zsaluzat teherbírását, terv szerinti helyzetét és méreteit, a beépített gépészeti berendezések helyzetét, azok rögzítésének módját. Az ellenőrzés arra is terjedjen ki, hogy a gépészeti szerelvények (pl. szellőző csatorna) és azok tartóelemei nem akadályozzák-e a betonszerkezet hézagmentes elkészítését. Ellenőrizni kell a betonnal érintkező gépészeti egységek akadálymentes, autonóm hőtani mozgását. Nem szabad megengedni, hogy a levegőt eltávozni nem engedő zugokban (pl. lefelé nyitott U-szelvény esetében) betonnal ki nem töltött részek maradjanak. Hasonló okokból kerülni kell a hüvelyes távolságtartók használatát, mert a bennmaradó hüvelyek kitöltése nehéz (sugárvédő) habarccsal alig lehetséges.

A zsaluzatnak a betonnal érintkező felületét, az acélbetéteket, valamint a betonban maradó szerelvényeket és azok tartóelemeit minden szennyeződéstől meg kell tisztítani. A zsaluzat esetleges hézagait a habarcselfolyás elkerülése végett gondosan tömíteni kell.

A betonozás megkezdése előtt - az utólagos viták elkerülése érdekében - célszerű a gépészeti berendezéseket építő vállalattól írásbeli nyilatkozatot kérni a munka befejezésének és a beépített szerelvények kipróbálásának (nyomáspróba) időpontjáról.

Az alapanyagok tárolására és a beton keverésére az MSZ 4798 előírásai vonatkoznak. A sugárvédelmi célra készülő normálbetonok előállíthatók központi betonkeverő telepen és az építés helyén egyaránt. A speciális adalékanyagokat tartalmazó sugárvédő betonokat azonban csak az építés helyén szabad keverni.

A beton szabadonejtő vagy kényszerkeverőben egyaránt keverhető. A speciális adalékanyagokat tartalmazó betonkeverékeket hosszabb ideig kell homogenizálni, mint a normálbeton-keverékeket; a szükséges keverési idő a keverőgép és a beton fajtájától függően 2,5-4 perc között változik. A szükségesnél rövidebb keverési idő veszélyezteti a beton homogenitását, a túl hosszú keverés szegregációt okoz, ha az adalékanyag morzsolódásra hajlamos, továbbá a nehéz adalékanyag a keverőlapátok gyors kopását okozhatja. Az optimális keverési időt kísérleti úton kell meghatározni.

A nehézbetonok keverésekor figyelembe kell venni, hogy a nehéz adalékanyag a keverőgép lapátjaira, a keverőedény falára, valamint az egész keverőgépre nagyobb mechanikai hatást gyakorol, mint a közönséges adalékanyag. Az ebből eredő károsodások és balesetek elkerülése végett a nehézbeton megkeverendő adagjait a testsűrűséggel fordított arányban kell csökkenteni és kísérletileg kell beállítani.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A betonkeveréket lehetőleg átrakás nélkül, a lehető legrövidebb útvonalon kell a bedolgozás helyére szállítani, ezért a keverőgépet a bedolgozási hely közelében kell elhelyezni. A szállítást úgy kell megoldani, hogy ennek során a betonkeverék minősége ne változzék meg. A betonkeveréket szállítás alatt figyelni kell. Szétosztályozódott betonkeveréket nem szabad bedolgozni.

A szállítóeszköz lehet keverőgépkocsi, betonszivattyú, szállítószalag vagy betonszállító konténer. Csak terelőlappal kombinált ejtőcsővel ellátott szállítószalagot szabad használni. A betonszállító konténer legyen jól tömített és tegye lehetővé az ürítés szakaszolását. Betonszivattyúhoz alumínium csővezetéket nem szabad alkalmazni, mert a csőfalról leváló alumínium részecskék a betonban lévő mészhidráttal reakcióba lépnek és ennek során hidrogéngáz fejlődik, amely pórusokat hoz létre, következésképpen csökken a beton testsűrűsége és szilárdsága.

A szállítóeszközt a konzisztenciától függően kell kiválasztani (pl. folyós konzisztenciájú betont szállítószalagon nem szabad szállítani).

Vas adalékanyagot tartalmazó betonkeveréket csak konténerben szabad szállítani. A betonszállító konténert tehergépkocsi rakfelületén, esetleg motoros targoncával lehet a daru hatósugarába vinni. A motoros targonca csak kiépített, megfelelő állapotú úton, rövid (legfeljebb 150 m) távolságra használható. Hosszabb (> 200 m) szállítási távolság esetén a nehézbetonkeverék szétosztályozódásának elkerülése végett a tehergépkocsi gumibroncsait az előírt nyomásnál kisebb levegőnyomással célszerű feltölteni.

A nehézbeton-keveréket szabadon ejteni legfeljebb 1,0 m magasságból szabad. Ennél nagyobb magassághoz ormánycövet kell használni.

A betonkeveréket a hőmérséklettől függően a keverővíz hozzáadásától számított 1-2 órán belül be kell dolgozni. Állni hagyott betonkeveréket, amelynek a konzisztenciája szemmel láthatóan megváltozott, nem szabad beépíteni. Az eredeti konzisztenciát nem szabad víz hozzáadásával helyreállítani.

A betonkeveréket 30-40 cm vastag vízszintes rétegekben kell a zsaluzatban elteríteni és merülő vibrátorral kell tömöríteni. A rázófejet legalább 15 cm-re az előzőleg tömörített rétegbe is be kell vezetni. A vibrátor bemenési távolságát és a vibrálás időtartamát próbavibrálással kell meghatározni. A szükségesnél hosszabb vibrálást a szétosztályozódási veszély miatt kerülni kell.

Folyamatosan, megszakítás nélkül kell betonozni. Az egymásra vagy az egymás mellé kerülő betonrétegek tömörítésekor ügyelni kell arra, hogy mindig friss beton kerüljön friss betonra, hogy így a két réteg

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

összedolgozható legyen. Az összedolgozhatóság érdekében betartandó időhatárok megegyeznek az általános szabályokkal. Ha az egyes rétegek átfedése az előírt időtartamon belül nem lehetséges, akkor a beton kötését késleltetni kell. A megfelelő mértékű késleltetéshez szükséges kötés-késleltető adalékszer mennyiségét helyszíni kísérlettel kell meghatározni.

Falak betonozásakor, valamint munkahézagra való betonozásakor az első 20-25 cm vastag réteget olyan betonkeverékkel kell készíteni, amely abban különbözik az egyébként használttól, hogy abból a legnagyobb szemnagyság felénél nagyobb adalékanyag-szemcséket kirostáltuk. Ezzel a lágyabb konzisztenciájú betonkeverékkel lehetővé válik a csatlakozó felületek fészektelen kivitelezése. A finomított szemcsézetű keverék tulajdonságait külön kell ellenőrizni (pl. sugárgátlásra).

Vibrálásakor ügyelni kell arra, hogy a rázófej az acélbetéteket huzamosabb ideig ne érintse. A betonozás alatt – különösen falak betonozásakor – gondoskodni kell arról, hogy a rázófejek teljesítménye szemmel is jól ellenőrizhető legyen (pl. megvilágítással).

A munkahézagot csak előre megtervezett helyen szabad létesíteni, váratlan keletkezését – hacsak lehet – meg kell akadályozni. Munkahézagot csak ott szabad kialakítani, ahol a betonban számottevő húzó- és nyíróerő nem lép fel és ahol a betonozás megszakítása a szerkezet egységes működését nem zavarja. A munkahézagot kellően merev, ideiglenes zsaluzattal kell elhatárolni. A munkahézag alakját a radiológus tervező határozza meg.

A betonozás folytatása előtt a munkahézag felületét szakszerűen kell kiképezni: a cementben és vízben dús fedőréteget el kell távolítani oly mértékben, hogy a durva adalékanyag-szemcsék a felületből kiálljanak. Az ily módon kiképzett felületről a keletkezett törmelék el kell távolítani, majd a felületet a betonozás folytatásáig nedvesen kell tartani. A betonozás megkezdése előtt a munkahézag felületéről az esetleg tócsában álló vizet el kell távolítani, majd meg kell várni, amíg a víztől fényes betonfelület matt-nedvessé válik. Ezt követően haladéktalanul meg kell kezdeni a betonozást. Ha szükséges, kellősíteni kell a felületet.

A cement kötésekor hő fejlődik, amelynek következtében a betonszerkezet felmelegszik. A hőmérséklet emelkedésével hőmérsékletkülönbségek lépnek fel a szerkezet különböző rétegeiben és ez feszültséget okoz, továbbá párolgás kezdődik. Nagy tömegű (kis felületi modulusú) szerkezetekben ezek a feszültségek olyan mértékűek lehetnek, hogy a beton megreped. A repedések felületiek és átmenők lehetnek. A felületi repedések a betonszerkezet külső és belső rétegei közötti hőmérsékletkülönbségek következményei. Az átmenő repedések keletkezése arra vezethető vissza,

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

hogyan a betonszerkezet a környezetnél magasabb hőmérsékleten szilárdul meg, majd lehűlésekor összehúzódik. Ha az összehúzódás gátolva van (pl. falak esetében), akkor a betonszerkezet bizonyos távolságokban teljes keresztmetszetében átreped.

A betonszerkezetekben kialakuló hőmérsékletet a következő módokon lehet csökkenteni:

- a) a betonösszetétel helyes megválasztásával (kis hőfejlesztésű cement alkalmazása, a cementtartalom csökkentése),
- b) a betonozás időpontjának helyes megválasztásával a levegőhőmérsékletet figyelembe véve (a levegő hőmérséklete ne legyen +15°C-nál magasabb),
- c) az adalékanyag hűtésével (pl. vízzel, de ez esetben a vízadagolásakor az adalékanyag nedvességtartalmát figyelembe kell venni), vagy folyékony nitrogénnel,
- d) a betonkeverék hűtésével (pl. a keverővíz egy részének jéggel való helyettesítésével),
- e) lassú, folyamatos betonozással,
- f) szakaszolt betonozással,
- g) a bedolgozott beton hűtésével a hidratáció kezdeti időszakában (pl. csővezetékben áramoltatott vízzel).

Az (a) és (b) szerintiék kellő szakértelemmel és gondos építésszervezéssel könnyen megoldhatók. Az adalékanyag permetezése vízzel ronthatja a víz/cement tényező egyenletességét, az adalékanyag hűtése levegővel költséges, a folyékony nitrogénes hűtés költséges és pontos szabályozást kíván. Ugyancsak költséges a (d) alatti eljárás. Az (e) szerinti lassú betonozás alatt legfeljebb 0,5 m/nap sebességű, folyamatos (munkahézag nélküli) betonozást kell érteni, ez a módszer kötési késleltető adalékszer adagolását igényli. Szakaszolni általában az alakváltozásban gátolt betonszerkezetek (pl. falak) betonozását lehet; a szakaszolás lehet vízszintes vagy függőleges irányú. A függőleges irányú szakaszolás azt jelenti, hogy naponta kb. 1,0 m vastag betonréteg készül, majd ezt követően munkahézag kerül kialakításra. A betonozás akkor folytatható, ha a beton hőmérséklete a szerkezet belsejében is mérséklődött (a betonozási szünet 3-6 nap). A vízszintes irányú szakasz hossza a hőmérséklet függvénye.

Szakaszolt betonozáskor a hőmérsékletet a beton belsejében a felszín közelében mérni kell. Ismerni kell továbbá annak a betonszerkezetnek (pl. alaptestnek) a hőmérsékletét, amely a készülő szerkezettel érintkezik.

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

A bedolgozott beton hűtése csővezetékben áramoltatott vízzel a káros feszültségek elkerülése szempontjából eredményes, de igen költséges módszer. A sugárgátlás egyenetlensége miatt kétséges. (A csöveket injektálni kell.) A beton megrepedése elkerülhető, ha

- a) a beton belsejének és a felületközeli rétegnek a hőmérséklet-különbsége nem több, mint 20°C,
- b) a készülő és a vele érintkező betonszerkezet átlagos hőmérséklet-különbsége 10, 20, 30 és 40 m hosszúságú betonozási szakaszok esetén rendre nem több, mint 30, 25, 20 és 15°C.

Hideg vagy meleg időjárás esetén a MÉASZ ME-04.19 20. és 21. fejezeteiben leírt követelményeket kell értelemszerűen figyelembe venni.

A zsugorodási repedések elkerülése és a minél nagyobb kémiaileg kötött víztartalom elérése érdekében a sugárvédő betonszerkezeteket megszakítás nélkül, folyamatosan nedvesen kell tartani. Az utókezelés lehetséges módozatai a következők:

- a) állandó nedvesen tartás locsolással, vízpermetezéssel, folyamatosan nedvesített zsákvászonnal, nemezzel, stb. való letakarással,
- b) párolgás elleni védelem szorosan záró műanyag fóliával való letakarással,
- c) párolgásgátló bevonat felhordásával,
- d) zsaluzatban tartással.

Ezeket a módszereket kombinálva is lehet alkalmazni, figyelembe véve, hogy a fenti sorrend egyúttal az utókezelés hatékonyságának a sorrendje is (azaz legjobb az állandó nedvesítés). Kis felületi modulusú, nagy tömegű betonszerkezetek locsolására használt víz hőmérséklete ne térjen el a szerkezet hőmérsékletétől 10°C-nál nagyobb mértékben. Az utókezelés szükséges időtartama legalább 14 nap. Az utókezelési osztályt jelezni kell a kivitelezési leírásban.

A zsaluzatot csak akkor szabad eltávolítani, ha a szerkezet belső és felületi rétegei között a hőmérsékletkülönbség nem több, mint 15°C. Hőmérsékleti adatok hiányában a betonszerkezeteket egy hetes kor előtt nem szabad kiszaluzni.

A kiszaluzás után a sugárvédő betonszerkezetek felületét gondosan meg kell vizsgálni és a felderített hibahelyeket (fészkeket, üregeket) véséssel a szilárd, tömör betonig fel kell tárni, majd az eredetivel megegyező minőségű betonnal pótolni. A javítóanyagot 5 cm mélységig vakolatszerűen, ennél nagyobb mélységű hibákat zsebes zsaluzattal végzett betonozással kell

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

kijavítani. A hibák helyét és azok kijavításának módját az építési naplóban hitelt érdemlően részletezni kell és a tervezővel jóvá kell hagyni.

A betonfelületekre vonatkozó követelményeket az MSZ 24803 Épületszerkezetek megjelenési módjának előírásai szabványsorozat szabványlapja tartalmazza.

Az öntömörödő betonok készítésére vonatkozó szabályokat a European Guidelines for Self Compacting Concrete May 2005 és a CEN TS 14754-1 tartalmazza. Az öntömörödő betonokra európai szabvány készült (MSZ EN 206-9 „Kiegészítő szabványok öntömörödő betonhoz”) melyhez az alábbi vizsgálati szabványok tartoznak:

- a) MSZ EN 12350-8 „Öntömörödő beton. A roskadási terület vizsgálata”
- b) MSZ EN 12350-9 „Öntömörödő beton. Tölcséres kifolyási vizsgálat”
- c) MSZ EN 12350-10 „Öntömörödő beton. L szekrényes vizsgálat”
- d) MSZ EN 12350-11 „Öntömörödő beton. Az ülepedési stabilitás szítás vizsgálata”
- e) MSZ EN 12350-12 „Öntömörödő beton. Fékezógyűrűs vizsgálat”

6.8. Kivitelezés előregyártott betonelemekkel

Az előregyártott betonelemekre vonatkozó feltételeket az MSZ EN 13670 9 fejezete foglalja össze.

6.9. Geometriai tűrések

A geometriai tűrésekre vonatkozó előírásokat az MSZ EN 13670 10. fejezete és G melléklete részletezi. A geometriai tűréseknek az MSZ 24803-6-3 szabvány és a funkció alapján meghatározott követelményszint (alap, normál, magas, különleges) szerinti tűrési értékeken belül kell maradniuk.

7. AZ ELKÉSZÜLT BETONSZERKEZET ELLENŐRZÉSE

A meglévő szerkezetek értékelésénél az ISO 13822 szabványt lehet alkalmazni.

A kész szerkezet kiterjesztett ellenőrzését a Model Code for Service Life Design (fib 2006 Bulletin 34 p. 110) alapján CCL3 osztályba kell sorolni.

Az elkészült betonszerkezetek értékelésére MSZ EN 13791 szabvány vonatkozik. A beton vizsgálatát szerkezetben az MSZ EN 12504 szabványsorozat tartalmazza.

M1. Melléklet

ELTÉRÉS A 2+ GYÁRTÁSELLENŐRZÉSI RENDSZERTŐL

GYÁRTÁSKÖZI ELLENŐRZÉS: SZIGORÍTOTT 2+

A beton csak tanúsított gyártásellenőrzéssel rendelkező betonüzemből származhat. A teljesítmény értékelésére és ellenőrzésére szolgáló rendszer 2+ módozatú, melyet az MSZ 4798 szabvány részletesen tárgyal.

E melléklet az MSZ 4798 szabványhoz képest további szigorításokat ír elő.

A) A gyártásellenőrzés kezdeti és folyamatos ellenőrzését és tanúsítását csak **akkreditált és kijelölt tanúsítószervezet** végezheti.

B) A betonüzem gyártásellenőrzéséhez szükséges vizsgálatokat csak akkreditált vizsgálólaboratórium végezheti, mely az **MSZ EN /IEC 17025** szerinti minőségirányítási rendszerrel rendelkezik

C) **Az alkotóanyagok ellenőrzésének** és vizsgálatának módszerét és gyakoriságát az 1. táblázat szerint kell megválasztani.

A betonfajták jelölése a következő:

C szokványos, szerkezeti beton (testsűrűsége 2000-2500 kg/m³)

HCC nagyszilárdságú beton (szilárdsági jel \geq C50/60)

HC nehézbeton (testsűrűség kiszárított állapotban \geq 2600 kg/m³)

D nehézbeton testsűrűséggel meghatározandó minősége

D) **A berendezések ellenőrzését** a 2. táblázat szerint kell előírni. A berendezések ellenőrzésének milyensége és gyakorisága független a betonfajtától.

E) **A mintavétel legkisebb gyakorisága** az üzemi gyártásellenőrzés során a megfelelésértékeléséhez a 3-5. táblázat szerinti. A mintavétel során ellenőrizni kell a frissbeton konzisztenciáját, testsűrűségét és víztartalmát, valamint a szilárdbeton törési testsűrűségét és nyomószilárdságát. A konzisztencia ellenőrzését az ellenőrző labornak és a külső labornak ugyanazzal a módszerrel (eszközzel) kell végrehajtani. Mintavételkor mérni kell a levegő és a friss beton hőmérsékletét, és ezt a mintavételi lapon vagy mintavételi jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

A próbakockák tárolásának módja:

a gyártást követő 24 ± 2 óráig $20 \pm 5^\circ\text{C}$ -on, páratelt térben

7 napos korig (kizsaluzás után) $20 \pm 2^\circ\text{C}$ -os vízben

28 napos korig $20 \pm 5^\circ\text{C}$ -os, $> 50\%$ relatív páratartalmú térben

A nyomószilárdságot lehet 28 napon túli más időpontban is vizsgálni és minősíteni, de ebben az esetben az időpontban előre meg kell állapodni.

F) A nyomószilárdság megfelelőségi feltételei

F1) Típusvizsgálat

Az első típusvizsgálat elvégzésének feltételeit az MSZ 4798:2004 szabvány A melléklete szabályozza. A típusvizsgálat során a legalább három, egymás után vizsgált próbatest átlagos nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételeket:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya < C50/60, akkor

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck}/0,92 + 6,5) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, akkor

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck}/0,95 + 8,5) \text{ N/mm}^2$$

Más tulajdonságok ellenőrzésekor (vízzáróság, fagyállóság, kopásállóság) a betonnak ki kell elégítenie az MSZ 4798:2016 szabványban előírt értékeket.

F2) Gyártásközi egyedi eredmények feltételei

A beton nyomószilárdságának megfelelőségét a próbatestek 28, 56,... de akár 360 napos korban vizsgált 150×150 mm élhosszúságú próbakocka törési eredményeiből értékeljük. Minden egyes vizsgálati eredménynek ($f_{ci, test}$) mind a kezdeti, mind a folyamatos gyártás során a következő feltételeket kell teljesítenie:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya < C50/60, akkor

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,92 - 4,5) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, akkor

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,95 - 5,5) \text{ N/mm}^2$$

F3) Gyártásközi átlageredmények feltételei kezdeti gyártásban

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya < C50/60, akkor

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,92 + 6,5) \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, akkor

$$f_{ci,test} \geq (f_{ck}/0,95 + 8,5) \text{ N/mm}^2$$

F4) Gyártásközi átlageredmények feltételei folyamatos gyártásban

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya < C50/60, akkor a próbakockák átlagos nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételt:

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck}/0,92 + 1,48 \times \sigma_{test}) \text{ N/mm}^2$$

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, akkor a próbakockák átlagos nyomószilárdsága elégítse ki a következő feltételt:

$$f_{cm,test} \geq (f_{ck}/0,95 + 1,48 \times \sigma_{test}) \text{ N/mm}^2$$

A próbakockák nyomószilárdsága szórásának (σ_{test}) számításba vehető legkisebb értéke:

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya $<$ C50/60, Akkor

$$\sigma_{test} = 3,3 \text{ N/mm}^2$$

- ha a beton nyomószilárdsági osztálya \geq C50/60, Akkor

$$\sigma_{test} = 5,3 \text{ N/mm}^2$$

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

1. táblázat: Az alkotóanyagok ellenőrzése

	Alkotó- anyagok^{g)}	Betonfajta	Szemrevételezés/vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
1.	Cementek	C HCC^{a)}	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt	Mebizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű.	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény- nyilatkozat	diszpécser (keverőmester)
		HC^{a)}	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt Fajlagos felület Kötésidő Hőfejlesztés Szilárdság (korai és minősítő)		Szállítólevél ellenőrzése minden szállítmánynál Az alábbi cementtulajdonságok ellenőrzése legalább 1000 tonnánként: fajlagos felület, vízigény, kötéskezdet és kötésvég ^{f)} .	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény- nyilatkozat Vizsgálati jegyzőkönyvek	üzemvezető

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

	Alkotó-anyagok^{e)}	Betonfajta	Szemrevételezés/vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
2.	Homok, homokos kvarckavics ^{e)}	C	A szállítólevél ellenőrzése ürités előtt.	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű.	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény-nyilatkozat	diszpécser (keverőmester)
3.			Az adalékanyag szemrevételezése ürités előtt.	Összevetni a normális megjelenéssel szemmegoszlása, szemalakja és szennyezettsége tekintetében	Minden szállítmány. Szállítószalag esetén a helyi vagy a szállítási körülményektől függően.		
4.			Szítavizsgálat az MSZ EN 933-1 szerint.	Megállapítani a szabványnak vagy más elfogadott szemmegoszlásnak való megfelelést	Kétség esetén a szemrevételezést követően.		
5.		HCC	Szennyezettség vizsgálata	Megállapítani a szemmegoszlás esetleges változását.	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
6.			HC	Víztartalom vizsgálata, folyamatos mérési rendszer, szárítási vagy ezzel egyenértékű vizsgálat	Megállapítani a szennyeződés jelenlétét, vagy esetleges változását	Csak folyamatosan regisztráló szondával ellátott adalékanyag-depóból lehet a betont készíteni (0/1, 0/4, 0/8 frakció). Gyanú esetén	Keverési program
				Meghatározni az adalékanyag száraz és vizes tömegének arányát és az adagolandó vizet	víz-tartalom-ellenőrzés kiszáritásos módszerrel.	Vizsgálati jegyzőkönyv	

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

	Alkotó- anyagok^{g)}	Betonfajta	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
7.	Nehéz adalékanyagok	HC	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény- nyilatkozat	diszpécser (keverőmester)
			Szennyezettség vizsgálata	Megállapítani szennyeződés jelenlétét	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
			MSZ EN 1097-3 szerinti vizsgálat	Laza halmazsűrűség és hézagterfogat meghatározása	Kétség esetén a szemrevételezést követően. Időszakonként a helyi, illetve szállítási körülményektől függően.	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
			Hidrátbeton esetén a hidrátvíz-tartalom ellenőrzése röntgen diffrakciós módszerrel Vízfelvétel meghatározása az MSZ EN 1097-6 szerint	neutronsugárzás elleni védelem ellenőrzése	Tanúsított gyártásellenőrzésből származó anyagnál gyanú esetén. Nem tanúsított gyártásellenőrzésből származó anyag esetén minden szállítmányból.	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

	Alkotó- anyagok^{a)}	Betonfajta	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
8.	Adalékszerek	C HCC	A szállítólevélnek és a tartály ólomzárának ellenőrzése ürités előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelően van megjelölve	Minden szállítmány	Szállítólevél	diszpécser (keverőmester)
			Azonosítóvizsgálatok az MSZ EN 480-1 szerinti referenciabetonnal	A gyártó által közölt értékkel való összehasonlítás	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
		HC	A szállítólevélnek és a tartály ólomzárának ellenőrzése ürités előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelően van megjelölve	Minden szállítmány	Szállítólevél	diszpécser (keverőmester)
			Azonosítóvizsgálat infravörös színekép (IR) alapján	A gyártó által közölt értékkel való összehasonlítás	Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, szakintézmény
9.	Por állapotú kiegészítő anyagok ^{b)}	HCC	A szállítólevél ellenőrzése ürités előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény-nyilatkozat	diszpécser (keverőmester)

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

	Alkotó- anyagok^{e)}	Betonfajta	Szemrevételezés/vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
10.	Kiegészítő- anyag szusz- penzióban ^{b)}	HCC	A szállítólevél ellenőrzése ürítés előtt	Megbizonyosodni arról, hogy a küldemény megrendelés szerinti és megfelelő eredetű	Minden szállítmány	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény- nyilatkozat	diszpécser (keverőmester)
			A sűrűség vizsgálata	Megbizonyosodni az egyenletességről	Minden szállítmány és időszakosan a beton gyártása alkalmával	Szállítólevél Aláírás, pecsét Teljesítmény- nyilatkozat Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, technológus, laboráns
11.	Víz ^{c) d)}	C HCC HC	Vizsgálat az MSZ EN 1008 szerint	Megbizonyosodni, hogy a víz mentes a káros alkotórészekről, amennyiben a víz nem hálózati ivóvíz.	Első alkalommal, amikor nem hálózati ivóvizet használnak. Kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, laboráns
a)	Hetenként egyszer ajánlatos minden cementfajta szállítmányából egy mintát venni, és ezt tárolni a kétséges esetek vizsgálatához.						
b)	Ajánlatos minden szállítmányból mintát venni és tárolni.						
c)	A gyógyvíz, az artézi kút vize – bár iható – betonkeverés céljára nem használható.						
d)	A beton visszamosásából származó vizet HCC betonhoz felhasználni TILOS!						
e)	4 mm alatti újrahasonosított adalékanyagot vagy visszanyert adalékanyagot HCC és HC betonhoz felhasználni TILOS!						
f)	A vizsgálatot csak akkreditált laboratórium végezheti						
g)	Szilárd alkotókat csak tömeg szerint lehet adagolni						

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

2. táblázat: A berendezések ellenőrzése

	Berendezés	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
1.	Anyagtárolók, depóniák	Ellenőrzés szemrevételezéssel	Megbizonyosodni arról, hogy az alkotóanyagok tárolása az MSZ 4798 szabvány 9.6.2.1. szakasza szerinti követelményeknek megfelel.	Hetenként egy alkalommal, de kétség esetén azonnal	Ellenőrzési napló, karbantartási napló	keverőmester, üzemvezető
2.	Mérlegek ^{a)}	A működés ellenőrzése szemrevételezéssel	Megbizonyosodni, hogy a mérleg tiszta és jól működik	Naponta	Ellenőrzési napló	keverőmester, üzemvezető
3.		A mérési pontosság vizsgálata (MSZ EN 45501, MSZ 4798)	Megbizonyosodni, hogy a pontosság az MSZ 4798 9.6.2.2 szakasza szerinti.	Beszerezéskor Időszakosan: a nemzeti utasítástól függően negyed- évente, illetve kétség esetén	Kalibrálási jegyzőkönyv	keverőmester, üzemvezető
4.	Adalékszer adagoló (beleértve a	A működés ellenőrzése szemrevételezéssel	Megbizonyosodni, hogy a mérőberendezés tiszta és szabatosan működik	Minden egyes adalékszer naponkénti első alkalmazásakor	Ellenőrzési napló	keverőmester
5.	mixerkocsira felszerelt adagolót)	A pontosság vizsgálata MSZ EN 4798	A pontatlan adagolás elkerülése	Beszerezéskor Beszerzés után időszakosan Kétség esetén, évente	Kalibrálási jegyzőkönyv	keverőmester, üzemvezető
6.	Vízmérő	A mérési pontosság vizsgálata	Megbizonyosodni, hogy a pontosság a 9.6.2.2 szakasz szerinti	Beszerezéskor Beszerzés után időszakosan Kétség esetén	Jegyzőkönyv	üzemvezető

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

	Berendezés	Szemrevételezés/ vizsgálat	Az ellenőrzés célja	Legkisebb gyakoriság	Dokumentálás	Felelős
7.	Berendezés a finom anyagok víztartalmának folyamatos mérésére (víztartalommérő szonda)	A tényleges mennyiség összehasonlítása (kiégetéses módszer) a mérőleolvasással	Megbizonyosodni a pontosságról	Beszerezéskor Beszerelés után negyedévente, illetve kétség esetén	Vizsgálati jegyzőkönyv	üzemvezető, laborvezető
8.	Adagolási rendszer	Ellenőrzés szemrevételezéssel	Megbizonyosodni, hogy az adagolóberendezés szabatosan működik	Naponta	Ellenőrzési napló	keverőmester
9.		Az alkotóanyagok tényleges tömegének összehasonlítása a tervezett tömeggel és automatikus adagolási adatgyűjtő esetén a regisztrált tömeggel (az adagolási rendszertől függő megfelelő módszer segítségével (MSZ 4798 27. táblázat)	Megbizonyosodni az adagolási pontosság eléréséről	Beszerezéskor Beszerelés után évente, illetve kétség esetén	Jegyzőkönyv Mérési jegyzőkönyv	üzemvezető
10.	Vizsgálóeszközök	A beton ellenőrzését csak az MSZ EN ISO/IEC 17025 szerint akkreditált vizsgálólaboratórium végezheti. A vizsgálóeszközök ellenőrzése ott van szabályozva.				laboratórium
11.	Keverőgépek (mixerkocsi is)	Szemrevételezéssel	A keverőgépkopás ellenőrzése	Időszakosan	Ellenőrzési napló	keverőmester
12.		Egyenletesség (MSZ 4798 NAD 15. táblázat)	Keverékegyenletesség ellenőrzése	Évente	Mérési jegyzőkönyv	üzemvezető
a)	A mérlegek, adagolóberendezések ellenőrzését, kalibrálását csak akkreditált kalibrálólaboratórium végezheti					

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek**3. táblázat: A mintavétel legkisebb gyakorisága normál testsűrűségű beton (C) esetén**

Gyártás	A mintavétel legkisebb gyakorisága	
	A gyártás első 50 m ³ -re	Az első 50 m ³ gyártását követően
Kezdeti gyártás (amíg nincs legalább 35 vizsgálati minta eredménye)	3 minta ^{a)}	1 mintavétel/150 m ³ vagy 1 mintavétel/1 termelési nap ^{b)}
Folyamatos gyártás (amikor már legalább 35 vizsgálati minta eredménye rendelkezésre áll)	-	1 mintavétel/250 m ³ vagy 1 mintavétel/2 termelési nap ^{b)}
^{a)} egy minta legalább 3 db próbakocka átlaga ^{b)} a „termelési nap” kifejezést a gyártás helyén érvényes előírás szerint kell megállapítani.		

4. táblázat: A mintavétel legkisebb gyakorisága nagyszilárdságú (HCC) beton esetén

Gyártás	A mintavétel legkisebb gyakorisága	
	A gyártás első 25 m ³ -re	Az első 25 m ³ gyártását követően
Kezdeti gyártás (amíg nincs legalább 35 vizsgálati minta eredménye)	3 minta ^{a)}	1 mintavétel/150 m ³ vagy 1 mintavétel/1 termelési nap ^{b)}
Folyamatos gyártás (amikor már legalább 35 vizsgálati minta eredménye rendelkezésre áll)	-	1 mintavétel/250 m ³ vagy 1 mintavétel/2 termelési nap ^{b)}
^{a)} egy minta legalább 3 db próbakocka átlaga ^{b)} a „termelési nap” kifejezést a gyártás helyén érvényes előírás szerint kell megállapítani.		

Üzemelő atomerőművi nukleáris környezetben lévő beton- és vasbeton szerkezetek

5. táblázat: A mintavétel legkisebb gyakorisága nehézbeton (HC) esetén

Gyártás	A mintavétel legkisebb gyakorisága ^{c), d)}	
	A gyártás első 10 m ³ -re	Az első 10 m ³ gyártását követően
Kezdeti gyártás (amíg nincs legalább 35 vizsgálati minta eredménye)	3 minta ^{a)}	1 mintavétel/50 m ³ vagy 1 mintavétel/ műszak ^{b)}
Folyamatos gyártás (amikor már legalább 35 vizsgálati minta eredménye rendelkezésre áll)	-	

^{a)} egy minta legalább 3 db próbakocka átlaga
^{b)} a „műszak” kifejezést a gyártás helyén érvényes előírás szerint kell megállapítani.
^{c)} a konzisztencia ellenőrzését minden szállítmánynál el kell végezni
^{d)} mintavételkor a frissbeton vizsgálata mellett a 28 napos nyomószilárdság és a száraz állapotú testsűrűség vizsgálatát is el kell végezni