



**N3a.45. sz. útmutató**

# **Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

Verzió száma:

**1.**

**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 nukleáris biztonsági, sugárvédelmi, védettségi és non-proliferációs követelmények teljesítésének módjára vonatkozó útmutatókat az OAH főigazgatója adja ki.

Az útmutatók alkalmazása előtt mindig győződjön meg arról, hogy a legújabb, érvényes kiadást használja-e! Az érvényes útmutatókat az OAH honlapjáról ([www.oah.hu](http://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. Az Útmutató nem tekinthető hivatalos jogértelmezésnek. A jogértelmezés a jogalkalmazó mindenkori feladata és felelőssége. Ezért a jelen útmutatóban leírtak kizárólag szakmai álláspontnak tekinthetők, nem használhatóak fel jogértelmezésként peres vagy közigazgatási eljárás során.

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 teljeskörűségét 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.

## TARTALOMJEGYZÉK

<b>1. BEVEZETÉS</b>	<b>8</b>
<b>1.1. Az útmutató tárgya és célja</b>	<b>8</b>
<b>1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások</b>	<b>8</b>
<b>2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK</b>	<b>9</b>
<b>2.1. Meghatározások</b>	<b>9</b>
<b>2.2. Rövidítések</b>	<b>11</b>
<b>3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI</b>	<b>12</b>
<b>3.1. Általános ajánlások</b>	<b>12</b>
3.1.1. Az LBB-elemzések célja	12
3.1.1.1. Nagyenergiájú csőtörés lehetőségének kizárása	12
3.1.2. Ajánlott szabványok	13
3.1.3. Az útmutató hatálya	14
3.1.4. Legkisebb terjedelem	14
<b>3.2. Az LBB-elv alkalmazhatóságának általános feltételei</b>	<b>14</b>
3.2.1. Az alkalmazhatóságot kizáró meghibásodási mechanizmusok	14
3.2.2. Az elemzésnél figyelembe veendő rendszerterv	15
<b>3.3. A csővezeték anyagainak megválasztása</b>	<b>16</b>
3.3.1. Anyagjellemzők csoportosítása	16
3.3.2. A csővezeték anyagából vett anyagjellemzők	17
3.3.3. Ütőmunka	17
<b>3.4. Roncsolásmentes vizsgálatok</b>	<b>17</b>
3.4.1. Minősített vizsgálatok	17
3.4.2. Repedésterjedés számítása	18
<b>3.5. Törésmechanikai és termohidraulikai elemzések</b>	<b>18</b>
3.5.1. Posztulált törési helyek kijelölése	18
3.5.2. Figyelembe veendő terhelések	19
3.5.2.1. Terhelés kombinációk és biztonsági tényezők	19
3.5.3. Szerkezetanalízis és feszültségelemzés	20
3.5.3.1. Csővezetékszerkezet-analízis	20
3.5.3.2. Végeselem-analízis	20
3.5.4. Tervezési szivárgási repedéshossz számítása	20
3.5.5. Kritikus repedésméret ellenőrzése	21
3.5.6. Tervezési szivárgási repedéshossz stabilitásának ellenőrzése	22
<b>3.6. Az LBB-képesség igazolásának dokumentálása</b>	<b>22</b>
3.6.1. Általános követelmények	22
3.6.2. Input adatok	23

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

---

3.6.2.1. Méretek	23
3.6.2.2. Anyagjellemzők	23
3.6.2.3. Terhelések	23
3.6.3. Elemzési módszerek	24
3.6.3.1. A felhasznált programok megbízhatóságának igazolása	24
3.6.3.2. Termohidraulikai számítások	25
3.6.3.3. Csővezetékszerkezet-analízis és feszültséganalízis programok	25
3.6.3.4. Törésmechanikai elemzőprogramok	25
<b>3.7. Szivárgásellenőrzés LBB-specifikus követelményei</b>	<b>26</b>
3.7.1. Célkitűzések	27
3.7.2. Általános követelmények	28
3.7.3. LBB-specifikus ajánlások	29
3.7.3.1. Válaszidő	29
3.7.3.2. Szivárgás helyének meghatározási pontossága	30
<b>4. HIVATKOZÁSOK</b>	<b>31</b>

## **1. BEVEZETÉS**

### **1.1. Az útmutató tárgya és célja**

Jelen útmutató ajánlásokat tartalmaz az NBSZ 3a. kötetének 4. fejezetében rögzített előírások teljesítésére, figyelembe véve az NBSZ 1-9. kötetekben foglalt követelményeket és a jelenleg hatályos útmutatókban foglaltakat is.

Az útmutató célja, hogy – ajánlásokat adva konténmenten belüli csővezetékek törést megelőző szivárgása módszertanának alkalmazásával kapcsolatosan – egyértelművé tegye a hatósági elvárásokat, és ezzel elősegítse a meghatározott nukleáris biztonsági kritériumok teljesülését, az alkalmazott műszaki megoldásoknak megfelelően, a nukleáris biztonság szempontjából.

### **1.2. Vonatkozó jogszabályok és előírások**

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



## 2. MEGHATÁROZÁSOK ÉS RÖVIDÍTÉSEK

### 2.1. Meghatározások

Az útmutató az Atv. 2. §-ában, valamint a Rendelet 10. számú mellékletében ismertetett meghatározásokon kívül az alábbi definíciókat tartalmazza.

#### ***Azonosított szivárgás***

Amely két csoportra osztható:

- Azonosított helyről szervezeten tartályba, zsompba gyűjtött, mért szivárgás, amelynek forrása lehet pl. szivattyútengely-tömítés vagy armatúra-tömszelence.
- Ismert forrásból származó szivárgás a konténment légterébe, amely nem zavarja a nem azonosított szivárgást monitorozó rendszerek működését, de nem nyomástartó fal szivárgásából ered.

A konténmenten belüli szivárgási források csoportosítását az **1.** ábra szemlélteti.

#### ***Horgonypont***

A csővezeték nyomvonala mentén az a keresztmetszet, amelynek elmozdulása mindhárom egymásra merőleges koordinátairányban jó közelítéssel teljes mértékben gátoltnak tekinthető. Horgonypontnak minősülhetnek például a tartálycsonkok, falátvezetések vagy egyéb csővezeték-megfogó szerkezetek.

#### ***Legkisebb érzékelhető szivárgási tömegáram***

A repedésen átszivárgó térfogatáramnak az adott szivárgási hely és az érzékelő szivárgásdetektorok elhelyezkedésének és képességeinek függvényében meghatározott legkisebb értéke, amelyet az LBB (ld. a rövidítésekénél) képes csővezetékhez rendelt szivárgásmonitorozó rendszer érzékelni képes. Jelölése:

$Q_0$

#### ***Csővezetékek törés előtti szivárgása***

Az LBB-képes csővezeték-kategóriába tartoznak azok a csővezeték-szivárgások, amelyek a nyomástartó fal átrepedése következtében jönnek létre, de

1. az esetlegesen keletkező repedések méretei lehetővé teszik, hogy a rajtuk normál üzemállapotban kiáramló közeg szivárgási tömegárama

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

---

elegendően nagy legyen a biztonságos detektáláshoz és a pontos méréshez;

- ugyanakkor a csővezeték szerkezeti integritásának elvesztése előtt elegendő idő áll rendelkezésre a szivárgás észleléséhez és a preventív beavatkozások végrehajtásához.

**Nagyenergiájú csővezeték**

A csővezeték nagy energiájúnak kell tekinteni, ha normál üzemben a benne tárolt közeg

- hőmérséklete nagyobb, mint 99 °C és/vagy
- nyomása nagyobb, mint 20 bar.

**Nem azonosított szivárgás**

Minden olyan szivárgás, amely nem tartozik az azonosított szivárgások közé.

**Nyomástartó fal szivárgása**

Nyomástartó rendszer valamely elemének (tartály, csővezeték stb.) anyagában keletkezett, teljes falvastagságon áthaladó folytonossági hiány (pl. repedés) miatt létrejövő hűtőközeg-kiáramlás. Nem tartoznak ide a csavarkötéses lezárások, tömítések, tömítőegységek szivárgásai. A nyomástartó fal szivárgása a nyomástartó rendszer olyan meghibásodását jelezheti, amelynek rövid időn belüli következménye lehet a nyomástartó rendszer szerkezeti integritásának elvesztése.

**Szivárgás-tömegáram**

A csővezeték adott helyén levő repedésen időegység alatt kiáramló közeg tömege.

**Szivárgás-térfogatáram**

A csővezeték adott helyén levő repedésen időegység alatt kiáramló közeg térfogata. Tekintettel arra, hogy a közeg halmazállapota lehet folyadék, gőz, vagy a kettő keveréke, a térfogatáram önmagában nem határozza meg a tömegáramot. A vonatkozó szabályzatokban, kézikönyvekben azonban legtöbbször a liter/perc mértékegység terjedt el, így jelen útmutató is ezt használja, azzal a kiegészítéssel, hogy a térfogat 20 °C-os vízre vonatkozik. Így 1 liter térfogatnak jó közelítéssel 1 kg tömeg felel meg.

**Tervezési szivárgási térfogatáram**

A repedésen átszivárgó térfogatáramnak az adott szivárgási hely és az érzékelő szivárgásdetektorok elhelyezkedésének és képességeinek függvényében meghatározott értéke, amely nagy biztonsággal detektálható,

azonosítható és megfelelő pontossággal mérhető az LBB-képes csővezetékhez rendelt szivárgásmonitorozó rendszerrel. Jelölése:

**Q<sub>LD</sub>**

### ***Tervezési szivárgó repedés***

A csővezeték teljes falvastagságán átmenő, posztulált kerületi, vagy axiális kiterjedésű repedés, amelynek a falvastagság mentén egyenes határoló vonalai merőlegesek a cső belső felületére. A repedés teljes hosszának jelölése (A törésmechanikai számításokban elterjedt módon a repedés teljes hosszának felét „c”-vel jelölik): **2 c<sub>LD</sub>**

melyet törésmechanikai, termohidraulikai elemzéssel, vagy kísérlettel lehet meghatározni abból a feltételből, hogy normál üzemben a **Q<sub>LD</sub> tervezési szivárgási térfogatáram** halad át rajta. Az ebből a feltételből meghatározott

**2 c<sub>LD</sub>** méretet az útmutató *tervezési szivárgási repedéshossznak* nevezi.

## **2.2. Rövidítések**

- |      |   |
|------|---|
| ABOS | Atomerőművi Rendszerek és Rendszerelemek Biztonsági Osztályba Sorolása  |
| LBB  | Csővezetékek törést megelőző szivárgására vonatkozóan az angol nyelvű szakirodalomban a „Leak Before Break” megnevezés terjedt el. Az útmutató ennek kezdőbetűit: „LBB” használja a „szivárgás a törés előtt” fogalom rövidített hivatkozásaként. |

### **3. AZ ÚTMUTATÓ AJÁNLÁSAI**

#### **3.1. Általános ajánlások**

##### *3.1.1. Az LBB elemzések célja*

*3a.4.2.0400. „A fővízkört, mint a nyomás alatt lévő B1 funkcióval rendelkező, primerköri hőhordozót tároló rendszert, úgy kell megtervezni, hogy:*

*a) a lehető legteljesebb mértékben ki legyen zárva a nagyenergiájú csőtörés lehetősége;*

*b) meg kell felelni a törés előtti szivárgás észlelési és intézkedési feltételeinek, és biztosítani kell, hogy az esetleges szivárgások esetén azok továbbfejlődése lassú legyen annak érdekében, hogy az észlelésre és beavatkozásra elegendő idő álljon rendelkezésre;”*

*3a.3.2.1400. A tervezés során az anyag kiválasztáskor be kell tartani a katasztrófális meghibásodás elleni kritériumokat. Vizsgálni kell az összes jellemző törési mechanizmust az érintett rendszerelemeknél.*

A fenti NBSZ-követelmények teljesítésére a jelen útmutató ajánlásokat fogalmaz meg, amelyek kivétel nélküli betartásával igazolható az útmutató hatálya alá tartozó csővezeték azon képessége, amelynek elnevezése: „szivárgás a törés előtt”, rövidítve: LBB.

A jelen útmutató hatálya az ABOS 1 és ABOS 2 osztályba sorolt, a konténmenten belüli csővezetéki rendszerekre terjed ki. E megközelítés szélesebb körű alkalmazást tesz lehetővé, mint amit az NBSZ 3a. kötete kötelező alkalmazásra előír. Ennek megfelelően a jelen útmutatót az ABOS 2 osztályba sorolt csővezetékek esetében (pl. gőzvezetékek, tápvízvezetékek) az engedélyes saját hatáskörű döntése alapján alkalmazhatja. A módszertan alkalmazásához kapcsolódó korlátozásokat ezen esetekben is alkalmazni kell.

##### **3.1.1.1. Nagy energiájú csőtörés lehetőségének kizárása**

Az LBB-képes csővezeték törésének kizárhatósága biztosítható a jelen útmutató ajánlásainak maradéktalan betartásával. Az adott csővezeték tervezésekor figyelembe kell venni az alábbiakat:

a) a csővezetékre ható terhelések közül nem kell figyelembe venni azokat a dinamikus erőhatásokat, amelyek a csővezeték feltételezett törési helyein kiáramló nagy energiájú közeg által keltett impulzuserőkből származnak,

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

- b) elhagyható azoknak a védőpajzsoknak az alkalmazása, amelyek a feltételezett törési helyeken kiáramló nagy energiájú közeg károsító hatásai (erózió, magas hőmérséklet) ellen védik a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszereket és rendszerelemeket,
- c) nem szükséges a törési helyeken nagy energiával kiáramló közeg által gerjesztett ostorozó mozgását gátló (whip restrain) szerkezetek alkalmazása.

Ugyanakkor más vonatkozásokban, így például az üzemzavari zónahűtőrendszer tervezésénél a kettős keresztmetszetű csőtörés feltételezése alól a jelen útmutató nem ad felmentést.

**3.1.2. Ajánlott szabványok**

*3a.2.1.2300. „A biztonság szempontjából fontos rendszereket és rendszerelemeket a nukleáris iparban elfogadott szabványok alkalmazásával kell tervezni. A tervezésnél a használatra előírányzott szabványok körét előzetesen meg kell határozni, alkalmazhatóságukat igazolni kell.”*

A fenti NBSZ-követelmény az útmutató ajánlása szerint annak igazolásával teljesíthető, hogy a csővezeték megfelel az 1. táblázatban felsorolt szabványelőírásoknak.

**1. táblázat. Tervezési műszaki követelményeket rögzítő szabványok**

sorszám	Megnevezés	Nukleáris biztonsági osztály	
		ABOS 1	ABOS 2
1	MSZ 27003-0 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 0. rész: Általános előírások az 1. és 2. szabványcsoporthoz	X	X
2	MSZ 27003-1-1 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 1-1. rész: 1. osztályú komponensek	X	
3	MSZ 27003-1-2 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 1-2. rész: 2. osztályú komponensek		X
4	MSZ 27003-1-5 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 1-5. rész: Tartók	X	X

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

5	MSZ 27011 Atomerőművi komponensek időszakos ellenőrzésének szabályai. 1-9 rész	X	X
---	--	---	---

**3.1.3. Az útmutató hatálya**

Az útmutató ajánlásai a konténmenten belül elhelyezkedő nagy energiájú, ABOS 1 vagy ABOS 2 biztonsági osztályba sorolt csővezetésekre alkalmazhatók.

Azokra a csővezetésekre, ahol az LBB-képesség igazolása követelmény, a csővezeték átmérője nem lehet kisebb NÁ=150 mm-nél.

**3.1.4. Legkisebb terjedelem**

Az LBB-elv teljesülésének igazolása a teljes csővezetékrendszerre, vagy annak külön elemezhető részére (alrendszerére) végezhető el.

Az LBB-képesség jelen útmutatóban ajánlott szabályok szerinti igazolásának legkisebb, külön elemezhető terjedelme lehet két horgonypont közötti csővezetékszakasz. Az LBB-képesség akkor tekinthető igazoltnak a két horgonypont közötti szakaszra, ha annak minden elemére – beleértve a horgonyponti keresztmetszeteket – elvégzik az igazolást.

**3.2. Az LBB-elv alkalmazhatóságának általános feltételei**

*3a.4.2.0300. „A fővízkör anyagának megválasztása és tervei lehetővé kell, hogy tegyék a törés előtti szivárgás koncepciójának alkalmazását.”*

A fenti követelmény igazolásához a következő pontok adnak ajánlásokat.

**3.2.1. Az alkalmazhatóságot kizáró meghibásodási mechanizmusok**

A nukleáris erőművi tapasztalatok felhasználásával az erőmű teljes élettartamára értékelni és elemezni kell mindazokat a direkt és indirekt meghibásodási mechanizmusokat és romlási folyamatokat, amelyek a csővezeték integritását veszélyeztetik. Nem igazolható az LBB-képesség, ha az alábbi jelenségek nem zárhatók ki a csővezeték felszakadásának okai közül:

**1. Vízütés**

Be kell mutatni, hogy a vízütés jelensége nem lép fel, vagy elhanyagolható mértékű hatást jelent a csővezeték-felszakadás szempontjából.

**2. Kúszás**

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

---

Igazolni kell, hogy a kúszás jelensége nem lép fel az adott csővezetéken. Ferrites csőnél 370 °C, ausztenitesnél 425 °C alatti üzemi hőmérsékleten a kúszást nem kell jelentősnek tekinteni.

### 3. Erózió

Az erózió, erózió/korrózió vagy az erózió/kavitáció jelenségét kiváltó áramlási viszonyok és vízkémia hatását értékelni kell. Ellenőrizni kell az 1. táblázatban 2. és 3. sorszámmal megjelölt szabványok szerinti minimális falvastagság követelményét is.

### 4. Korrózió

Értékelni kell a korrózió vagy a feszültségkorróziós repedésterjedés lehetséges hatásait.

### 5. Kifáradás

Be kell mutatni, hogy a ciklikus hőmérsékletváltozások, mechanikai hatások és rezgések által keltett terhelések által kiváltott fáradásos repedés terjedése nem vezethet a csővezeték meghibásodásához.

### 6. Vibráció

A csővezeték-szerkezet analízisével ellenőrizni kell, hogy üzem közben nem lépnek fel a megengedettnél nagyobb mértékű lengések. Az elemzési eredményeket az üzembe helyezést követő helyszíni vizsgálatokkal ellenőrizni kell.

#### 3.2.2. Az elemzésnél figyelembe veendő rendszerterv

Az LBB-alkalmazást igazoló elemzést a csővezetékek tervei alapján kell elkészíteni. Ugyanakkor az üzemelés megkezdése előtt ezen elemzést vissza kell ellenőrizni oly módon, hogy a ténylegesen megépült csővezetékrendszer konfigurációját veszik figyelembe, szemben a tervezésével, ha ez a kettő egymástól eltér, különös tekintettel a tartók pontos helyeire és azok jellemzőire, a megfogási hézagokra, a rendszerelemek helyzetére és súlyára. Figyelembe veendő a lengéscsillapítók megbízhatósága, amik esetleges meghibásodása érvénytelenítheti a törésmechanikai elemzésben figyelembe vett feszültségértékeket.

### 3.3. A csővezeték anyagainak megválasztása

#### 3.3.1. Anyagjellemzők csoportosítása

A csővezetékhez felhasznált anyagok adatbázisát az alábbi csoportosításban kell felépíteni:

- a) Alapanyag
- b) Varrat, hőhatásövezet (plattírozás)
- c) Csonk és csonktoldal

Az anyagadatbázisnak tartalmaznia kell az alábbi anyagtulajdonságokat:

- a) kémiai összetétel;
- b) fizikai tulajdonságok a hőmérséklet függvényében (E rugalmassági modulus,  $\nu$  Poisson-tényező,  $\alpha$  hőtágulási és hővezetési együttható);
- c) mechanikai tulajdonságok a hőmérséklet függvényében ( $\sigma$ - $\epsilon$  szakító diagram,  $R_m$  szakítószilárdság,  $R_{p0,2}$  egyezményes folyáshatár, A nyúlás, Z kontrakció);
- d) repedésállóság jellemzői, J-R görbék,  $J_{0,2}$  rugalmas szívósság a hőmérséklet függvényében, ridegtörés kritikus átmeneti  $T_{K0}$  hőmérséklete vagy a képlékeny-rideg átmenet  $RT_{NDT}$  hőmérséklete, Charpy KCV vagy KV ütőmunka);
- e) a fáradás, hőfáradás és korróziós fáradás által fellépő meghibásodás növekedési mechanizmusát bemutató kinetikai diagramok az adott terhelési paraméterekre és közegekre ( $da/dN$  és  $da/dt$  függvények, határ- és küszöbértékek) a hőmérséklet függvényében;
- f) az anyag minden típusú korrózióval szembeni ellenállóságát alátámasztó adatok vagy a repedések korróziós növekedésének adatai, felső határértékek a hőmérséklet függvényében;
- g) öregedéssel szembeni ellenállást igazoló adatok.

Az erőmű-specifikus vagy ipari adatbázis-adatok alkalmazása esetén be kell mutatni, hogy a felhasznált adatok észszerűen megválasztott alsó határértékét veszik figyelembe az adott anyagon mért értékek tartományának.

Előnyben kell részesíteni az elemzendő csővezeték saját anyagából (azonos adagból) vett próbatesteken mért jellemzőket az erőmű-specifikus, vagy ipari szabványokból vett adatokkal szemben.



**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

---

Fővízköri csővezetékekre az anyagából (csővezeték, illetve plattírozás) vett próbadarabok anyagjellemzőit kell alkalmazni.

### 3.3.2. A csővezeték anyagából vett anyagjellemzők

A csővezetékgyártmányokkal azonos adagból mintadarabokat kell elkülöníteni roncsolásos anyagvizsgálatok céljából. A próbadaraboknak hossz- és kerületirányú orientációt is tartalmazniuk kell. A repedések iránya a vizsgált mintadarabokban hasonló kell, hogy legyen az adott komponensekben várhatóhoz.

A munkadarabok hegesztett varratainak – amelyekből mintadarabok kerülnek kivételre a további vizsgálatokhoz – gyártástechnológiája egyezzen meg a vizsgált elem varratainak gyártástechnológiájával és hőkezelésével.

Legalább három próbatestenen kell a méréseket elvégezni, a normál üzemi hőmérséklet felső tartományában. Ugyanakkor el kell végezni a próbákat alacsonyabb hőmérsékleten is, ami a blokk olyan állapotára jellemző, ahol egy csőtörés biztonsági következményei hasonlóak a normál üzemállapotéhoz. Ez utóbbi próbáknál elegendő egy alapanyagon és egy varraton végzett mérés.

A fent részletezett eljárásokkal legalább az alábbi anyagjellemző-görbét kell felvenni:

- Szakító-, feszültség- és nyúlásgörbe, amelyet az arányossági határtól a maximális terhelésig kell felvenni.

Szívós töréssel szembeni ellenállásgörbe (J-R görbe). A repedésnövekmény tartományának le kell fednie az elemzésnél figyelembe vett határértékeket.

### 3.3.3. Ütőmunka

Az ABOS 2-es csővezetékek anyagainak és hegesztett kötéseinek Charpy V bemetszésű próbatestenen mért ütőmunka értéke ne legyen kisebb, mint **KV = 68 J** szobahőmérsékleten.

A fővízkörbe beépített csővezetékek anyagain és hegesztett kötéseinek szobahőmérsékleten Charpy V bemetszésű próbatestenen mért ütőmunka értéke nem lehet kisebb, mint **KV = 100 J**.

## 3.4. Roncsolásmentes vizsgálatok

### 3.4.1. Minősített vizsgálatok

Az LBB-képesség igazolásának feltétele az üzembe helyezés előtt elvégzett, illetve az üzembe helyezést követően végzendő időszakos (térfogatos,

jellemzően ultrahangos) roncsolásmentes vizsgálatok végzése, amelyet szükség esetén felületi vizsgálatokkal lehet kiegészíteni. A roncsolásmentes vizsgálatokat minősíteni kell arra a csővezetékre, amelyre az LBB-képesség igazolását el kívánják végezni.

A roncsolásmentes vizsgálatok minősítésére vonatkozó hatósági ajánlásokat az OAH N9.5 jelű útmutatója tartalmazza.

#### *3.4.2. Repedésterjedés számítása*

Elemzéssel igazolni kell, hogy mindazok a posztulált anyaghibák, amelyeknek méretei meghaladják a minősített roncsolásmentes vizsgálat által nagy megbízhatósággal (közel 100%) detektálható anyaghibák méreteit, nem növekednek jelentős mértékben a tervezett üzemidő végéig. Ebben a vonatkozásban nem elfogadható, jelentős mértékű növekedésnek kell tekinteni, ha a megnövekedett repedés mélysége meghaladja a falvastagság 33%-át. Az elemzésnek minden lehetséges károsodási mechanizmus (fáradás, korrózió, erózió) hatását összegezni kell, ami a tervezett üzemidő alatt felléphet.

Az elemzés végrehajtható a lineárisan rugalmas törésmechanika (LEFM) módszerével, az MSZ 27011 szabvány szerint.

### **3.5. Törésmechanikai és termohidraulikai elemzések**

#### *3.5.1. Posztulált törési helyek kijelölése*

A csővezeték törését legalább, de nem kizárólag az alábbi helyeken kell feltételezni:

- a) Varratok
- b) Horgonypontok
- c) Csőtartók, elmozduláskorlátozók, lengéscsillapítók bekötési helyei
- d) Ugrásszerű falvastagság-átmenetek
- e) Komplex geometriájú csővezetékrendszer-elemek feszültséggyűjtő helyei

Minden alkalmazott csőátmérőhöz ki kell választani és azonosítani kell annak a posztulált törésnek a helyét, és annak elemzéséhez felhasznált adatokat, amelyek a legkedvezőtlenebb kombinációját jelentik az alapanyagra, varratra, csonkokra és csonktoldatokra vonatkozó anyagjellemzőknek és a terhelésekből adódó feszültségeknek.

### 3.5.2. *Figyelembe veendő terhelések*

A terhelések adatainak forrása a Tervezési Specifikáció és a Tervezési Jelentés. Az elemzésnél figyelembe kell venni az adott üzemállapotban fellépő együttes terheléseket (terheléskombinációkat) az alábbi források szerinti bontásban:

- a) Súly (**DW**)
- b) Hőtágulás (**Th**)
- c) Nyomás (**Pr**)

A Biztonsági Földrengés terheléseket az alábbi bontásban:

Biztonsági Földrengés alatti inerciaerők (**SSE**)

Horgonypontok mozgása az SSE-földrengés alatt (**SAM**)

A repedések stabilitásának vizsgálatánál az expanziós (kompenzáló) feszültségeket konzervatív módon elsődlegesnek kell tekinteni. A másodlagos feszültségek (helyi, maradó stb.) az átmenő repedés stabilitásának értékelésénél elhanyagolhatók.

#### 3.5.2.1. Terheléskombinációk és biztonsági tényezők

A terheléskombinációk felvételére elfogadott a nemzetközi gyakorlatban elfogadott módszertan alkalmazása.

Megjegyzés: A nemzetközi gyakorlatban e tárgykörben a számításokat a NUREG-0800 SRP3.6.3 szerint végzik.

E szerint az alábbi terheléskombinációkat kell képezni:

- a) Normál üzemeltetési feltételek (Normal Operating Conditions, **NOC**), a terheléskomponensek előjelének helyes összegzésével:

$$\mathbf{NOC} = \mathbf{DW} + \mathbf{Th} + \mathbf{Pr}$$

- b) Normál üzem + Biztonsági Földrengés, a terheléskomponensek előjelének helyes összegzésével:

$$\mathbf{NS} = \mathbf{NOC} + \mathbf{SSE}$$

- c) Normál üzem + Biztonsági Földrengés horgonyponti elmozdulásokkal, a terheléskomponensek abszolút érték szerinti összegzésével:

$$\mathbf{NSA} = | \mathbf{DW} | + | \mathbf{Th} | + | \mathbf{Pr} | + | \mathbf{SSE} | + | \mathbf{SAM} |$$

### 3.5.3. Szerkezetanalízis és feszültségelemzés

A számítások elvégezhetők csővezetékszerkezet-analízis vagy végeelem-analízis számítógépi programokkal, vagy ezek kombinációjával.

#### 3.5.3.1. Csővezetékszerkezet-analízis

A 3.1.4 pont szerinti legkisebb terjedelem figyelembevételével meg kell határozni a posztulált törési keresztmetszetekre ható erőket és nyomatékokat, továbbá az ebből számítható feszültségeket.

A feszültségek értelmezésére és számítására használható az MSZ 27011 szabvány.

#### 3.5.3.2. Végeelem-analízis

Rugalmas-képlékeny anyagi viselkedést és posztulált repedést tartalmazó végeelem-modell esetén elfogadott a feszültségszámítási lépés kihagyásával elvégzett törésmechanikai elemzés.

### 3.5.4. Tervezési szivárgási repedéshossz számítása

A csővezetékben levő, normál üzemállapotú közeg fizikai és kémiai jellemzőinek, az alkalmazott szivárgásdetektáló rendszer képességeinek és a teljes falvastagságon átmenő posztulált repedés helyének függvényében meghatározandó az a legkisebb érzékelhető szivárgási tömegáram, amelyet a rendszer az adott törési helyen érzékelni képes. Ezen tömegáramérték jelölése:

$$Q_0$$

Kiszámítandó az adott helyen biztonsággal érzékelhető, tervezési szivárgás tömegárama:

$$Q_{LD} = 10 \times Q_0$$

A fenti képletben alkalmazott 10-es szorzó csökkenthető, ha minden posztulált törési helyre igazolják, hogy kisebb tömegáram is nagy biztonsággal detektálható, mérhető és a szivárgás helye egyértelműen azonosítható.

Törésmechanikai elemzéssel és termohidraulikai számítással meghatározandó az a teljes falvastagságon átmenő repedéshossz, amelynek elnevezése *tervezési szivárgási repedéshossz*, jelölése:

$$2C_{LD}$$

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

---

amely képes a  $Q_{LD}$  tömegáramot átbecsátani. A szivárgó repedés kinyílásának számításánál a 3.5.2.1 pontban definiált normál üzemi **NOC** terheléskombinációt kell figyelembe venni.

Ha a csővezeték belső felülete plattírozott, akkor az átszivárgási keresztmetszetet csökkentheti az ausztenites anyagrétegnek az alapanyaghoz képest eltérő alakváltozása. A keresztmetszet-szűkülés mértékét az LBB kísérleti program részeként lehet meghatározni, ha adat nem áll rendelkezésre.

### 3.5.5. Kritikus repedésméret ellenőrzése

Kritikusnak nevezzük azt a legnagyobb hosszúságú, teljes falvastagságon átszivárgó repedést, amelynek stabilitása az adott terhelésre még igazolható. Stabilnak nevezzük azt a repedést, ahol egy adott kismértékű terhelésnövekedés hatására a repedésnövekedés korlátozott mértékű marad, a repedés felszakadása nem következik be.

A stabilitás igazolására az anyagminőség függvényében kétféle elemzési módszer elfogadott.

1. Ferrites acél anyagok esetén alkalmazható a rugalmas-képlékeny törésmechanika (elastic-plastic fracture mechanics, EPFM). Ezzel a módszerrel a szívós törések modellezhetők, amely esetben a kritikus terhelés elérése előtt a törést vagy felszakadást képlékeny alakváltozással járó stabil repedés terjedés előzi meg. E módszer alapja a terhelésből számított **J**-görbe és a 3.3.2 pont szerinti anyagvizsgálati eljárással felvett, szívós töréssel szembeni ellenállás görbe (**J-R** görbe) metszéspontjának megkeresése.
2. Ausztenites anyagokra az EPFM-módszeren kívül alkalmazható a képlékeny határterhelés-elemzés (fully plastic Limit Load Analysis, rövidítve: LLA). A kritikus terhelést a törési felülettel csökkentett megmaradó (ligament) keresztmetszet egészére kiterjedő képlékeny alakváltozás határozza meg, amely mellett a rugalmas alakváltozás elhanyagolható.

A kritikus repedéshossz (jelölése  $2c_c$ ) számításánál a 3.5.2.1 pontban definiált **NS** terheléskombinációt kell figyelembe venni.

A stabilitás számításánál a csővezeték belső felületének plattírozását nem kell figyelembe venni.

### **Elfogadhatóság feltétele:**

A kritikus repedéshossz  $2c_c$  a tervezési szivárgási repedéshosszhoz képest akkor rendelkezik elegendő tartalékkal, ha annak legalább kétszerese:

$$2c_c > 2 \times 2c_{LD}$$

### 3.5.6. Tervezési szivárgási repedéshossz stabilitásának ellenőrzése

Az előző pontban leírt repedés stabilitás ellenőrzési módszerrel igazolni kell, hogy a 3.5.4 pont szerint számított szivárgási repedés, amelynek hossza  $2c_{LD}$ , stabil marad a 3.5.2.1 pontban definiált komponensekből álló, alábbi terheléskombinációk alkalmazása esetén is:

- 1)  $1,4 \times NS$
- 2) **NSA**

## 3.6. Az LBB-képesség igazolásának dokumentálása

### 3.6.1. Általános Követelmények

3a.2.1.0800. „Biztosítani kell, hogy az engedélyes minden olyan tervezési információ birtokosa legyen, amely az atomerőmű biztonságos üzemeltetéséért viselt felelősségének fenntartásához szükséges. Az engedélyesnek képesnek kell lennie az atomerőmű teljes élettartama alatt az atomerőmű biztonságát szolgáló tevékenység végzésére vagy végeztetésére, a biztonsággal összefüggő döntések meghozatalára.”

3a.2.1.0900. „Biztosítani kell, hogy az atomerőmű rendszerei és rendszerelemei esetén ellenőrizni lehessen annak igazolását, hogy az alapvető tervezési követelmények teljesülnek.”

9.3.1.1400. „Nukleáris létesítmény biztonsága szempontjából fontos rendszereire és rendszerelemeire vonatkozó előírásokat olyan részletességgel kell meghatározni és dokumentálni, hogy a tervezési specifikáció elkészítésének folyamatától független tervező képes legyen elvégezni az újratervezést, ami elvárt a rendszer és komponensei üzem közbeni karbantartásához, valamint módosításaikhoz a létesítmény teljes életciklusa során.”

Általános elvárás, hogy a csővezeték LBB-képességét igazoló dokumentum feleljen meg az N3a.41. sz. útmutatóban leírt,

- a) Tervezési Specifikációval,
- b) Terhelési adatlappal,
- c) Tervezési Jelentéssel,
- d) Szilárdsági elemzéssel, számítással

szemben támasztott követelményeknek.

Ugyanakkor az említett dokumentumokhoz képest az LBB-elemzéseknek több olyan részlete van, amelyeket nem szabványosítottak. Ezért az LBB-dokumentumokban többletinformációkat kell szolgáltatni, hogy a fent idézett NBSZ-követelményeknek eleget lehessen tenni. Az LBB-elemzés végrehajtásakor feltételezzük, hogy az általános tervezési feltételeknek és követelményeknek a csővezeték megfelel.

### 3.6.2. *Input adatok*

A számításokhoz, elemzésekhez felhasznált minden adatot dokumentálni kell olyan részletességgel, hogy azok más módszerekkel vagy programokkal is elvégezhető, ellenőrizhető (verifikáltak és validáltak) legyenek.

#### 3.6.2.1. Méretek

A ténylegesen megvalósult csővezetékrendszer rajzainak tartalmazniuk kell minden adatot, amely a számításokhoz szükséges, beleértve a tartók, szerelvények, megfogások, átvezetések helyeit, a varratok pontos kialakítását, méreteit, falvastagságokat és átmérőket.

#### 3.6.2.2. Anyagjellemzők

A vizsgált alapanyagokra és hegesztett csatlakozásokra azon meglévő kísérleti adatok felhasználása megengedett, amelyek a minősítési vagy műszaki beszámolókbán, szabványokban, műszaki utasításokban, vagy normatívákban szerepelnek.

Ha a szívós töréssel szembeni ellenállás görbáját a létesítési projekthez tartozó kísérleti program keretében határozzák meg, lehetőséget kell biztosítani a vizsgálatok hatósági felügyeletére.

A vizsgálatok anyagmintáinak az engedélyes nyilvántartásaihoz rendelkezésre kell állniuk.

#### 3.6.2.3. Terhelések

Minden számított és változó üzemmód esetében értékelni kell a támaszok és függesztők, valamint határolók reakcióit (erő és nyomaték) és hőmérsékletváltozásait, a terhelési gyakoriságot, a terhelési tartományt, a rezgéseket, a terhelési ciklusok számát, és formáját. A specifikus terhelések, rétegződés- és hőmérsékletváltozás, vízütések és más közvetett hatások által keletkezett specifikus terhelések, abban az esetben, ha vannak ilyenek, megvizsgálandók, és igazolandó, hogy hatásuk elhanyagolható mértékű és nem vezethet a megengedettnél nagyobb méretű repedés keletkezéséhez.



### 3.6.3. Elemzési módszerek

#### 3.6.3.1. A felhasznált programok megbízhatóságának igazolása

9.3.8.0100. *„Biztonság szempontjából fontos rendszerek tervezéséhez és megvalósításához vagy ezen rendszerek bármilyen módosításához rendszerenként minőségügyi tervet kell készíteni és a tervezési kézikönyv alapján elfogadni. Ugyanaz a minőségügyi terv felhasználható másik rendszerhez, ha a minőségi célkitűzések, a célkitűzés elérésének módjai, és a tervet megvalósító szervezet azonos az érintett rendszerekre.”*

9.3.8.0200. *„A minőségügyi terv bemutatja:*

*a) a rendszert tervező szervezet teljes felelősségét és kapcsolatait a tervezésben érintett más szervezetekkel;*

*b) a tervezés és megvalósítás során alkalmazandó szabványokat és irányelveket és útmutatókat;*

*c) a tervezési és megvalósítási folyamat fázisait;*

*d) az okiratokat, jegyzőkönyveket és egyéb adatokat, amelyek az egyes tervezési fázisok bemeneti adatait képezik;*

*e) az okiratokat, jegyzőkönyveket, amelyeket az egyes tervezési fázisok eredményeként állnak elő;*

*f) az egyes fázisok befejezésekor az adott fázis felülvizsgálatát, beleértve az időzítést, tartalmat és a fázis felülvizsgálatát végzőt, az elfogadási kritériumokat, valamint az alkalmazandó döntéshozatali eljárásokat és kötelezettségeket;*

*g) a beszállítók felügyeletére alkalmazott eljárásokat;*

*h) konfiguráció- és változás-kezelést és a termékazonosító eljárásokat;*

*i) a megfelelőség kezelést, tervmódosításokat, és nem megfelelőség kezelést;*

*j) a tervezéssel és megvalósítással egyidejűleg alkalmazott támogató folyamatokat, kiegészítve a kapcsolódó menedzsment és minőségbiztosítási eljárásokkal; valamint*

*k) a felelősség megosztását a folyamatokban és döntési eljárásokban, ideértve a minőségügyi terv módosításának eljárását.”*

Az LBB-elemzések jelentős számításmennyiségi igénye miatt előnyben kell részesíteni a számítógépi programokat.

Az elemzésekhez olyan programok használhatók, amelyek minőségbiztosítási kézikönyvvel rendelkeznek. A kézikönyvben igazolni kell a program adott feladatra történő alkalmazhatóságát és minőségét. Ennek



**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

---

részeként mellékelni kell az alkalmazhatóságot validáló példatárat, amely bemutatja az LBB-képesség igazolásához felhasznált számításokhoz hasonló mintapéldákon keresztül a program alkalmazhatóságát. Az alkalmazott programmal a mintapéldákra elvégzett számítás megfelelőségét más módszerrel, vagy kísérlettel kapott eredményekkel történő összehasonlítással kell igazolni.

**3.6.3.2. Termohidraulikai számítások**

Az adott méretű teljes falvastagságon átmenő repedésen keresztül átszivárgó repedés tömegáramának számításához felhasznált termohidraulikai számítási módszernek az alábbiakat kell figyelembe venni:

1. A csővezetékben levő közeg termodinamikai állapotjelzői (nyomás, hőmérséklet, gőztartalom)
2. A repedésen átáramló közeg gőztartalmának változása
3. Hangsebességkorlát
4. Ha a csővezeték belső felülete plattírozott, létrejöhet a repedés belépő keresztmetszetének csökkenése (ld. 3.5.4 pont), amelyet figyelembe kell venni.

Az alkalmazott számítási módszert leíró és érvényességét igazoló dokumentumot mellékelni kell.

**3.6.3.3. Csővezetékszerkezet-analízis és feszültséganalízis programok**

Be kell mutatni, hogy a csővezetékrendszer szerkezeti és szilárdsági elemzéseikhez felhasznált programrendszer megfelel a választott szabványok által támasztott szilárdsági megfelelőségi követelmények igazolására.

Így például, ha a szilárdsági elemzést az 1. táblázatban 2. sorszámmal jelölt szabvány szerint kívánják elvégezni, akkor az NB-3600 szerinti számítások megbízhatóságát kell igazolni.

Ha a szilárdsági elemzést az 1. táblázatban 3. sorszámmal jelölt szabvány szerint kívánják elvégezni, akkor a programnak az NC-3600 szerinti számítások megbízhatóságát kell igazolni.

**3.6.3.4. Törésmechanikai elemzőprogramok**

Az alkalmazott rugalmas-képlékeny törésmechanika elemzési módszerei a hagyományos szilárdsági számításokkal szemben kevésbé szabványosítottak, így a programok verifikálásához ajánlott kísérleti programot is végrehajtani. A verifikáció célja a programok konzervativizmusának alátámasztása különböző ellenőrző eljárások

(kísérletek fél és eredeti méretű modelleken és komponenseken), típusvizsgálatok elvégzése, vagy körvizsgálat (round robin test) számítási eredményeinek összehasonlítása (benchmark test) révén.

Az LBB-konceptió keretében végzett kísérleti programok célkitűzései:

- a) A számítási módszerekben felhasznált törésmechanikai elemzések és számítási módszerek kísérleti verifikációja
- b) A „törés előtti szivárgás” viselkedésének kísérleti igazolása kvázi-statisztikus, ciklikus és ütőszerű dinamikus terheléseknél;
- c) A teherbírás kísérleti meghatározása a felületi és átmenő repedésekkel rendelkező komponensekre;
- d) A törési szívósság hatásának felmérése a szerkezeti szilárdságra és a repedés növekedési viselkedésére;
- e) A kisméretű mintadarabokon kapott számítási/mérési eredmények nagy komponensekre történő átszámítási lehetőségeinek felmérése.

### **3.7. Szivárgásellenőrzés LBB-specifikus követelményei**

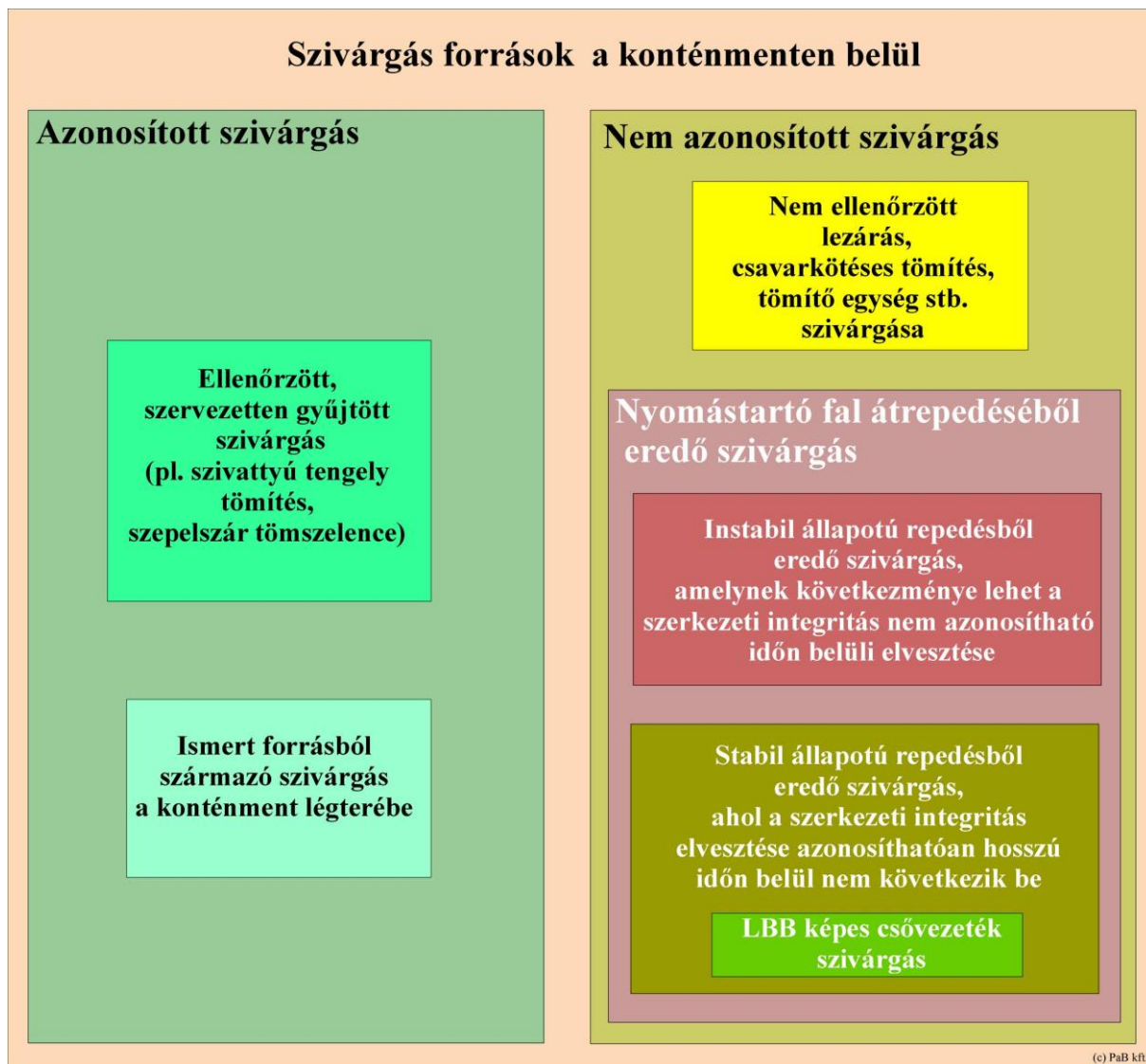
*„3a.4.2.0400. A fővízkört, mint a nyomás alatt lévő B1 funkcióval rendelkező, primerköri hőhordozót tároló rendszert, úgy kell megtervezni, hogy:*

*(...)*

*d) biztosítani kell a fővízkör integritásának folyamatos monitorozását.”*

A fejezet azokat a szivárgásdetektálási követelményeket tekinti át, amelyek az LBB-képesség igazolásának előfeltételeit jelentik egy csővezeték meghatározott posztulált szivárgási keresztmetszetében.

Az LBB-képes csővezetékek esetleges, feltételezett szivárgása a konténmenten belüli szivárgási forrásoknak egy részhalmazát képezi, amelyet az 1. ábra mutat. Ennek megfelelően, az LBB-szivárgásokat detektáló rendszerek részét képezik a konténmenten belül megvalósítandó integrált szivárgásellenőrző rendszernek.



1. ábra. Szivárgásforrások csoportosítása a konténmenten belül

A szivárgásellenőrző rendszerek részletes tervezési, létesítési és ellenőrzési követelményeire jelen útmutató nem tér ki.

### 3.7.1. Célkitűzések

Ha az LBB-képes csővezeték egy adott helyén bekövetkezik a hőhordozó közeg megadott határérték feletti tömegáramú szivárgása, figyelmeztető jelzést kell adni a blokkvezénylőbe. A rendszerrel szemben támasztott általános követelmény, hogy az operátort megbízható és kellőképpen pontos információval lássa el a szivárgás helyéről és mértékéről, a szivárgás bekövetkezésének lehetőség szerint minél korábbi stádiumában. Ennek ismeretében lehet meghozni a döntést a szükséges intézkedésekről.

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

A szivárgás helyének és mértékének függvényében elvégzendő beavatkozásokat determinisztikus biztonsági elemzésekkel és az LBB-specifikus követelmények figyelembevételével kell meghatározni.

### 3.7.2. Általános követelmények

*3a.3.3.1000. „A nyomástartó berendezést és csővezetékét az általa teljesített biztonsági funkció által meghatározott mértékben el kell látni ellenőrző és mérőműszerekkel a nyomás, a hőmérséklet, az üzemi közeg közegáram, szintje és kémiai összetétele, valamint az elmozdulások és a hermetikusság ellenőrzésére.”*

*3a.3.6.0500. „A B1, B2 funkciót megvalósító ABOS 1. és 2. biztonsági osztályba sorolt, továbbá a földrengéssel szembeni védelem megvalósításában részt vevő B3 funkciót ellátó rendszereket és rendszerelemeket úgy kell megtervezni, minősíteni, hogy azok megőrizzék szerkezeti integritásukat, stabilitásukat és tömörségüket biztonsági földrengés esetén. A tervezést a biztonsági osztálynak megfelelően, nukleáris szabványok szerint kell végezni.”*

*3a.3.6.0600. „Biztosítani kell az F1, B1, és B2 funkciójú, továbbá a földrengéssel szembeni védelem megvalósításában részt vevő F2 vagy B3 funkciót ellátó rendszer, rendszerelem védelmét a biztonsági vagy fizikai gát funkcióval nem rendelkező rendszerelemeknek biztonsági földrengés hatására bekövetkező sérülésével, kölcsönhatásával szemben.”*

Az LBB-konceptió alkalmazásához legalább három független különböző típusú, egymást kiegészítő szivárgásellenőrző rendszer használata javasolt a csővezetékrendszerek szivárgásának megállapítására, amelyek egyikének szeizmikus mérésekre minősítettnek kell lennie. Az ellenőrzőrendszernek a környezeti, hőmérsékleti, nedvességi és sugárzási szintekre megadott pontossággal kell a blokkvezénylőbe továbbítani a mérési eredményeket, amelyek normál üzemmódban várhatók.

A szivárgásészlelő rendszernek az LBB-konceptió céljából történő működését fenn kell tartani a reaktorblokk leállításáig.

A törés előtti szivárgás észlelésére tervezett rendszereknek meg kell felelni az alábbi követelményeknek:

- diverzitás, amely eltérő fizikai elvre alapozott módszereket jelent,
- redundancia
- egyszeres meghibásodás elve
- biztonsági betáplálás alkalmazása
- működőképesség nyomáspróba és biztonsági földrengés alatt is

f) jelzés a vezénylőben, illetve a tartalék vezénylőben

### 3.7.3. LBB-specifikus ajánlások

#### 3.7.3.1. Válaszidő

A konténmenten belül kiépített szivárgásdetektáló rendszer általános és a konténment egészére vonatkozó szivárgásdetektálási követelményein túl, LBB-specifikus többletelvárás a detektálás teljes válaszidejének korlátozása. A szivárgás megindulásának pillanatától és helyétől a jelnek el kell jutnia az operátorig. Ehhez idő szükséges, amelyet az irodalom válaszidőnek nevez.

Négyféle válaszidőt/késedelmet különböztet meg:

1. *Átviteli késedelem* (Transport delay time). A szivárgó anyagnak a szivárgás helyétől a detektálás helyére történő áthaladásához szükséges idő
2. *Készülék válaszidő* (instrument response time). A detektálókészüléken a jelfeldolgozás ideje az input megérkezésétől a szivárgási tömegáram kijelzéséig
3. *Rendszer válaszidő* (System response time). A detektálható szivárgás forrásától kiinduló szivárgási tömegáram érzékelésétől a vezénylőben történő kijelzésig és riasztásig eltelt idő.
4. *Teljes válaszidő* (Overall response time). Az adott helyen bekövetkező szivárgás kezdeti pillanatától a mért érték kijelzéséig eltelt idő. Tartalmazza az átviteli késedelmet és a rendszerválaszidőt is.

A konténmenten belüli általános követelmények:

- a) a teljes szivárgási térfogatáramot az összes nem azonosított szivárgási forrásra detektálni, megfigyelni és számszerűsíteni kell, ha az nagyobb vagy egyenlő mint 0,19 liter/perc.
- b) a szivárgásdetektáló *rendszer válaszideje* ne legyen 1 óránál nagyobb 3,8 liter/perc folyamatos szivárgás mellett.

Az LBB-képesség igazolhatóságához a *teljes válaszidővel* összefüggésben levő kritériumot kell meghatározni, az LBB-elemzések eredményeivel összhangban.

A legkisebb érzékelhető szivárgási térfogatáram  $Q_0 = 3,8$  liter/perc szivárgás 1 óra *teljes válaszidőn* belül.

Más értékek figyelembe vehetők, de minden esetben igazolni kell, hogy:

**Csővezetékek törés előtti szivárgáselemzése módszertanának alkalmazása**

---

- a) A 3.5.4. pont szerinti szivárgási repedéshossz számításánál megválasztott  $Q_{LD}$  tervezési szivárgást a rendszer nagy biztonsággal képes detektálni.
- b) A rendszer teljes válaszideje alatt a  $2C_{LD}$  hosszúságú tervezési szivárgás repedéshossza nem növekszik meg oly mértékben, hogy elérné a kritikus, 3.5.5. pont szerint számított  $2C_c$  méretet.

#### 3.7.3.2. Szivárgás helyének meghatározási pontossága

Fő követelmény, hogy az operátor számára egyértelműen azonosítható legyen az a csővezetékrendszer, amelyen a szivárgás létrejött. Ki kell zárni a téves jelzés lehetőségét.

Az útmutató hatálya alá tartozó legkisebb terjedelmű csővezeték szakaszon belül a szivárgás helyének meghatározási pontossága az útmutató ajánlása szerint:  $\pm 2m$ .

## **4. HIVATKOZÁSOK**

118/2011. (VII. 11.) Korm. Rendelet

N3a.41. sz. Útmutató. Új atomerőmű tervezése során alkalmazandó primerkörüi gépészeti ajánlások. V.2. 2019.

N9.5 sz. Útmutató. Új atomerőmű nyomástartó edényeinek és csővezetékeinek anyagvizsgálata 2019.

MSZ 27003-0 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 0. rész: Általános előírások az 1. és 2. szabványcsoporthoz

MSZ 27003-1-1 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 1-1. rész: 1. osztályú komponensek

MSZ 27003-1-2 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 1-2. rész: 2. osztályú komponensek

MSZ 27003-1-5 Nukleáris létesítmények komponenseinek létesítési szabályai. 1-5. rész: Tartók

MSZ 27011 Atomerőművi komponensek időszakos ellenőrzésének szabályai. 1-9 rész

NUREG-1061 Volume 3. Evaluation of Potential for Pipe Breaks. US NRC November 1984.

NUREG/CR-4575, Papaspyropoulos, V., and Others, "Predictions of J-R Curves with Large Crack Growth from Small Specimen Data," September 1986.

NUREG-0800. SRP 3.6.3 LEAK-BEFORE-BREAK EVALUATION PROCEDURES. March 2007.

N3a.41. sz. Útmutató. Új atomerőmű tervezése során alkalmazandó primerkörüi gépészeti ajánlások. V.1. 2015.

Regulatory Guide 1.45, "Reactor Coolant Pressure Boundary Leakage Detection Systems." U.S. NRC 2008.