

## Súlyos baleset elhárítás

### Az aktív zónán belüli tűzgyulladás megakadályozása

Stolmár Aladár

3021 Lőrinci, Szabadság tér 3., tel.: +36 20 4042713

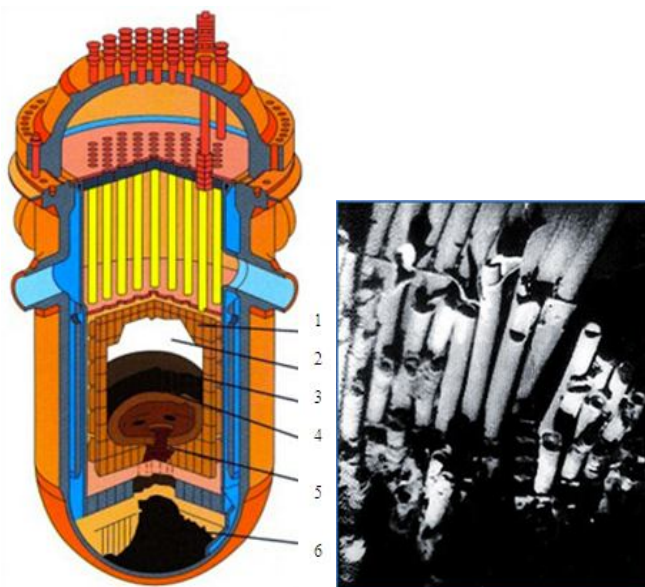
Annak érdekében, hogy az atomenergetika visszanyerje az emberek támogatását, sikeres súlyos baleset elhárítási stratégiát kell demonstrálnia a szakembereknek. Mind a nyomott vizes (PWR), mind a forraló vizes (BWR) atomerőművekben a súlyos baleset az üzemanyag-burkolat heves reakciója – begyulladás és tűzvészként való terjedése – a túlhevített vízgőzzel az aktív zónában. Az eredményes megoldás a tűz begyulladásának a megakadályozása lehet, amihez meg kell értenünk a súlyos baleset lefolyásának dinamikáját. A súlyos baleset kizárásához az szükséges, hogy a személyzet gyors nyomáscsökkentéssel közbelépjen, és rendelkezésre álljon megfelelő mennyiségű hűtővíz-tartalék, amely a nyomáscsökkenés hatására – egészen az atmoszférikus nyomásig – lépcsőzetesen befecskendezésre kerül a reaktor aktív zónája alá. Ez szolgáltatja a begyulladást megakadályozó hűtést. Rendelkeznek-e a jelenlegi blokkok minden szükséges kellelkel ehhez? Milyen kiegészítő berendezések szükségesek és milyen módosításokat kell foganatosítsunk a kezelési, üzemzavar elhárítási utasításainkban? Alább ezekre a kérdésekre olvashatók válaszok.

#### Tanulságok TMI-2-től Fukushima Daiichi 1-3-ig

Már a paksi atomerőmű tervezése során meghatároztuk, hogy a környezet és az üzemanyag-tabletták keramikusan anyagába beágyazott hasadványok közötti első válaszfal megóvása érdekében minden elképzelhető szituációban biztosítani kell a reaktor hűtését, azaz az aktív zónán keresztül a hűtővíz áramlását. 1979-ben a TMI-2 reaktorblokk vezérlőjében a hibásan értékelt nyomástartó edény szintmérőjének kijelzése alapján a kezelők ezt elhanyagolták, 2011-ben pedig egy várakozáson felüli méretű szökőár tette nagyon körülményessé a Fukushima Daiichi atomerőmű három üzemben lévő blokkján a hűtővíz áramoltatásának fenntartását, ami a kezelők számára túl nagy feladatnak bizonyult, és mindhárom blokkon súlyos baleset bekövetkezéséhez vezetett. Mindenki emlékszik arra is, hogy 1986-ban a Csernobili atomerőmű 4. blokkja grafit-moderátoros könnyűvíz hűtésű reaktora is felrobbant. [1]

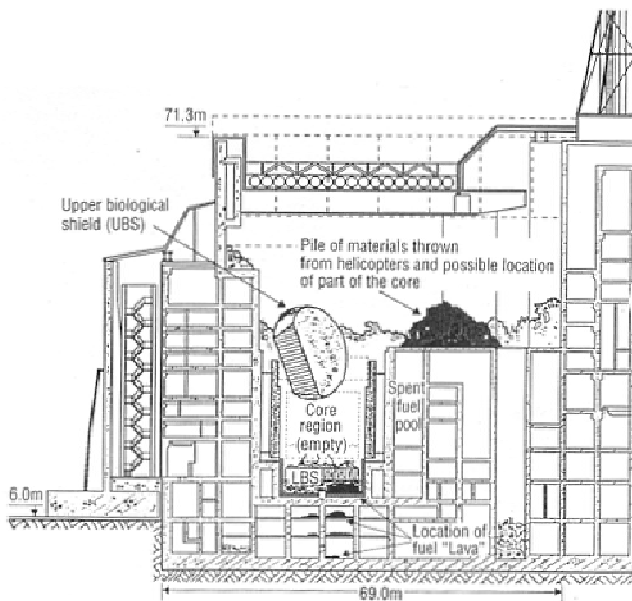
Mind a három - hat reaktort megsemmisítő -reaktoron bekövetkezett súlyos baleset kulcsfolyamata a fém-fűtőelem burkolat reakciója az azt a baleset során körülvevő, túlhevített vízgőzzel. A TMI-2 nyomott vizes és a Fukushima Daiichi 1, 2, 3 forralóvizes reaktoraiban az aktív zóna felett összegyűlő pangó gőz kiterjedhetett lefelé magára az aktív zónára is, ahol a reaktor belső részein olyan jelentősen túlhevült, hogy a tűzvész-szerű redukáló reakció beindulhatott. A csernobili üzemzavar csak annyiban tér el ettől, hogy itt a fűtőelemek burkolatán forráskrisis következteben alakult ki gőz-filmhűtés, és így gyulladt be a tűz, ami a csatornák szétszakadása után terjedt ki az egész reaktor aktív zónájára. Szerencsére a csernobili típusú atomerőművek csak Oroszországban üzemelnek -

remélhetőleg nem túl sokáig. A PWR és BWR üzemzavarokban még az a közös körülmény is szembetűnik, hogy jelentős idő állt volna rendelkezésre a hűtés helyreállítására. Még a japán üzemzavar leggyorsabban lefolyt esete is csaknem egy teljes napig tartott, de mind a többi - még a csernobili is - több mint egy teljes napig tartó hibás vagy nem elégséges kezelői tevékenység következménye!



1. ábra: A TMI-2 reaktor és a sérült aktív zóna

1) A szabályzó rudak oxidált alsó vége, 2) Üreg, 3) Töredezett üzemanyag, 4) Az újra megkeményedett anyagok kérge, 5) Megolvadt zóna és sérült konstrukciós anyagok, 6) Töredezett üzemanyag a tartály alján



2. ábra: Csernobil-4

1) Felső biológiai védelem, 2) A helikopterekről ledobott anyagok és a zóna egy részének valószínűsíthető helye, 3) Az aktív zóna eredeti helye, 4) Kiegészített üzemanyag-tároló, 5) „Láva” (megolvadt zóna és sérült konstrukciós anyagok)



3. ábra: Fukushima Daiichi

## Sikeres súlyosbaleset-elhárítási stratégia

A paksi atomerőmű az aktív és passzív rendszerek szerves egységén alapuló biztonsági filozófiát és így súlyosbaleset-elhárítási stratégiát alkalmaz. Mind a passzív, mind az aktív rendszereknél hármas redundancia is kialakításra került, ami még tovább növeli a megbízhatóságot, biztonságot. [2]

A Japánban bekövetkezett üzemzavar azonban egy olyan körülményre is rámutat, hogy azonos okból – rendkívül nagy földrengés esetén, például – mind a normál üzemi, mind a biztonsági hűtővíz rendszerek csővezetékein bekövetkezhet törés. Ez a feltevés vonhatja maga után azt a követelményt, hogy ilyen esetekben is rendelkezésre álló, „bombabiztos” súlyosbaleset-elhárítási stratégiát dolgozzunk ki.

Először határozzuk meg, mikor alkalmazzuk a külön a súlyos baleset elhárítására kidolgozott stratégiát: 1. ha megszűnik a reaktor és a környezete közötti hőátadás, 2. ha elveszítjük az információt a reaktor állapotáról és 3. ha megszűnik a reaktor aktív zónáján keresztül a hűtőközeg áramlása. Sajnos a

Japánban bekövetkezett katasztrófa során mindhárom körülmény megvalósult, nem mondhatjuk hát, hogy ezek felmerülése lehetetlen, vagy valószínűségük csekély. Inkább arról kell beszélnünk, hogy a kezelők fel tudják-e ismerni ezen körülmények valamelyikének fennállását, illetve van-e olyan lehetőség, hogy ilyen esetben is be tudjanak avatkozni, és elhárítani a fűtőelemek sérülését.

A súlyos balesetek, a reaktor üzemanyagának roncsolódása felé vezető folyamatok a reaktor aktív zónája feletti térrészében a folyékony hűtőközeg gáz halmazállapotú gőzzel történő felváltásával indulnak. Ez a pangó gőzdugó kiterjed egész az aktív zóna üzemanyagot tartalmazó részére és ott felhevül. [3] A gőzdugó kialakulásának, kiterjedésének az aktív zónára és felhevülésének a dinamikája határozza meg azt a lehetőséget, hogy a kezelők sikeresen beavatkozhatnak, elháríthatják a súlyos balesetet.

### Eresszük ki a gőzt!

A reaktor aktív zónája felett megrekedt, pangó gőzdugó kieresztése kézenfekvő megoldásnak tűnik. Azonban nem biztos, hogy az üzemben lévő reaktorok konstrukciója tartalmaz olyan csöveket, amiken keresztül ez megvalósítható.

Amellett is lehet érvelni, hogy az ilyen súlyos baleset felé vezető folyamatok megjelenése esetén még a szűretlenül a környezetbe történő gőz lefúvatás is megengedett lehet, hiszen ép burkolatok esetén a sugárterhelés elenyésző.

Azt azonban figyelembe kell venni, hogy a gőz kieresztésével együtt a reaktor nyomása is csökken, a szerkezetek, tartályfal maga, a csővezetékek is magasabb hőmérsékletűek, mint csökkenő nyomás mellett a víz telítési hőmérséklete, így a rendszerben lévő hűtőfolyadék részben ezek hűtésére is kiforrással használódik el.

Annak érdekében, hogy az aktív zónán keresztül a kétfázisú – kiforróban lévő hűtővíz – áramlását biztosítsuk elengedhetetlen, hogy a legalacsonyabb nyomás a reaktor felső részében legyen a rendszerben, és a lefúvatást közvetlenül az aktív zóna feletti térből biztosítsuk. Erre a paksi atomerőmű reaktoraiban, de általában a ma üzemben lévő PWR típusnál a befecskendező csővezetékek meleg oldali csomjait átalakíthatók lennének. A befecskendezés részben meleg oldali becsatlakozásának a célszerűségét egyébként is felül kellene vizsgálni, hiszen az aktív zónán keresztül megvalósítandó hűtővíz áramhoz a hideg ágba történő hideg víz befecskendezés azért is előnyösebb, mert a kialakuló sűrűségkülönbség intenzívebbé teszi az aktív zónán keresztüli felfelé áramlást. Ha a jelenlegi kialakításban az aktív zóna feletti térbe is hideg vizet fecskendezünk (aminek az indoklása egyébként a lehetséges hideg oldali csőtörés volt és megfelel a hideg oldali befecskendezésre rendelkezésre álló víztömeget) az csak az aktív zóna felett elhelyezkedő nagyobb fajsúlyú víztömeeggel csökkenti az áramlási csatorna keresztmetszetét, fékezi a hűtővízáramot.

A gőz lefúvatásánál az is lényeges, hogy ne álljunk meg mindaddig, amíg a reaktor feletti tér nyomása a légköri nyomással nem lesz egyenlő.

### Pótoljuk a hűtővizet!

Természetesen a paksi atomerőmű eredeti tervei is tartalmazzák a hűtővíz pótlását a reaktor hűtőrendszerében. Passzív, nitrogén által nyomáson tartott víztartályok már a kezdeti nyomáscsökkentés időszakában befecskendeznek

hűtővizet, majd a dízelgenerátorok által hajtott üzemszabályozó hűtő rendszerek szivattyúi szállítanak vizet a tartalék tartályokból.

A fukushimai üzemszavar azonban felveti azt a kérdést, hogy talán jelentős gravitációs tartalékok létrehozása is célszerű lenne. Ezt az a tapasztalat indokolja, hogy az összes aktív beavatkozó rendszert egyetlen esemény üzemen kívül tudta helyezni.

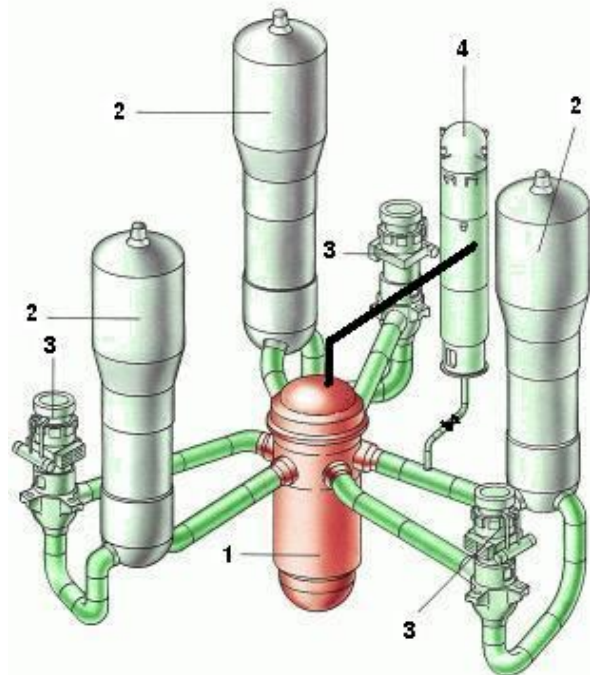
## Felülvizsgálatok, módosítások, a sikeres súlyosbaleset-elhárítási stratégia demonstrálása

Mindaddig, amíg a természet kegyes hozzánk, harci cselekmények sem zajlanak az atomerőművünk környékén és a dolgok rendben mennek, az itt felvázolt sikeres súlyosbaleset-elhárítási stratégia teljesen feleslegesnek tűnik. Annak demonstrálására is talán csak azért lenne szükség, hogy a paksi atomerőmű bővítésének a támogatására még nagyobb tömegeket nyerjünk meg.

Az emberi tényező szerepe mind a három súlyos balesetben igen jelentősnek, meghatározónak bizonyult, ezért először az üzemeltető személyzettel kellene megvitatni a felvázolt, demonstrálhatóan sikeres súlyosbaleset-elhárítási stratégiát. A jelenlegi kialakításban is vannak olyan berendezések, csővezetéki kapcsolatok, amelyek felhasználásával nagyban megközelíthető az itt felvázolt gőzlefúvatás, nyomásmentesítés és hűtővíz pótlás és a kezelőszemélyzet meghatározó a súlyos-baleset felé elinduló folyamatok korai felismerésében, a helyes beavatkozások jó időbeni foganatosításában.

Második lépésként a paksi atomerőmű bővítésénél kell meghatározni azokat a berendezés- és csővezeték-kialakításokat, amelyek a sikeres súlyosbaleset-elhárítást garantálják. PWR típusnál talán jó megoldás lehet a reaktor fedél központi részének az összekötése egy minimum 100 mm átmérőjű szifonmentes csővezetékkel a nyomástartó edény gőzterével és a gőzlefúvató-biztonsági szelep lefúvató rendszer felülvizsgálata a súlyos-baleset elhárítási tevékenység támasztotta követelmények szempontjából, valamint esetleg a térfogatkompenzátor melegági bekötő vezetékének egy visszacsapó szeleppel történő ellátása, hogy ebből az irányból a gőz visszaáramlása a térfogat-

kompenzátor felé ne rontsa a reaktortartály lefúvatási intenzitását. Itt az is megkövetelhető, hogy gravitációs befecskendezéshez is akár több napi tartalék hűtővíz álljon rendelkezésre, és a kieresztett gőzt is zárt téren belül vagy szűrt kieresztéssel kelljen kezelni.



4. ábra: A javasolt megoldás

1–reaktor, 2–gőzfejlesztő, 3–főkeringtető szivattyú, 4–térfogatkompenzátor

A meglévő atomerőmű blokkok átalakítása csak akkor szükséges, ha a lefolytatott vizsgálatok hiányosságokat tárnak fel a gőz kieresztés és hűtővíz utánpótlás lehetőségében. Ma a legcélravezetőbb átalakításnak a meglévő melegági befecskendező csonkok lefúvatásra használata és az összes befecskendezés hideg ágra átcsoportosítása látszik célszerűnek azzal a megjegyzéssel, hogy például a Paksi Atomerőműben meg kellene vizsgálni a buborékoltató tálcákon található víztartalék gravitációs reaktorba fecskendezésének a lehetőségét, a dízelgenerátorok megbízhatóságának biztosítása mellett.

## Irodalomjegyzék

- [1] Heck, C. L.; Hochreiter, L. E.; Huang, P.; Stolmar, A.: *Analysis of the Chernobyl Accident*; Trans. Am. Nucl. Soc. 1987-01-01  
<http://www.osti.gov/scitech/biblio/5534923>
- [2] Stolmár Aladár: *Az én Csernobilom 2009*. ISBN-978-963-06-6888-0  
<http://silenos.hu/csernobil/>
- [3] *Three Mile Island Clean-up (2)* by vartemp5  
[http://www.youtube.com/watch?v=o3CWS1z\\_py4](http://www.youtube.com/watch?v=o3CWS1z_py4)  
<http://www.youtube.com/watch?v=wY3qCKZOF30>