

Barina Balázs József<sup>1</sup> 

# A fukushimai atomerőműben történt súlyos baleset kezelése

## Serious Accident Management Following the Fukushima Disaster

*A fukushimai rendkívül súlyos és összetett természeti és civilizációs katasztrófát (nukleáris balesetet) követően a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség kiemelten foglalkozott nukleáris területen a súlyos balesetek megelőzésének, elhárításának lehetőségeivel. A meglévő biztonsági célú eljárások felülvizsgálását elvégezték, és további intézkedések és beavatkozási módok kidolgozását mozdították elő. Hazánkban így kapta meg feladatának a Paksi Atomerőmű Létesítményi Tűzoltósága a pótvízbetáplálás és pótlólagos energiabetáplálás súlyosbaleset-kezelési feladatait, amelyeket a tűzoltóság állománya éves szinten gyakorol az esetleges éles helyzetek gyors és szakszerű elhárítása érdekében. Az elvégzett gyakorlatokon szerzett tapasztalatokat innovatív módon alkalmazzuk a feladatvégrehajtás során. Az elmúlt évtized fejlesztései és a nukleáris területen végzett kárelhárítás vizsgálata olyan fejlesztési lehetőségeket vetítettek előre, amelyek alkalmazását, felhasználását és beépítését a súlyosbaleset-kezelés folyamatába meg kell fontolnunk.*

**Kulcsszavak:** Fukushima, nukleáris baleset, radioaktív szennyezés, súlyosbaleset-kezelés, létesítményi tűzoltóság

*After the extremely serious and complex disaster (nuclear accident) in Fukushima, the International Atomic Energy Agency focused on the possibilities of preventing and eliminating serious accidents in the nuclear field. A review of existing security procedures was carried out and the development of additional measures and intervention methods was promoted. In our country, the Facility Fire Department of the Paks Nuclear Power Plant was given the task of handling serious accidents. The fire departments personal practises this procedures on an annual basis in order to quickly and professionally deal with potential emergency situations. We apply the experience gained from the completed exercises in an innovative way during task execution. The innovations*

<sup>1</sup> Tűzoltó szerparancsnok, e-mail: [bbjkajak@gmail.com](mailto:bbjkajak@gmail.com)

*of fire-fighting tools and methods in the last decade and the examination of damage prevention in the nuclear field have projected such development opportunities, which we must consider the apply–use–integrate in the process of serious accident management.*

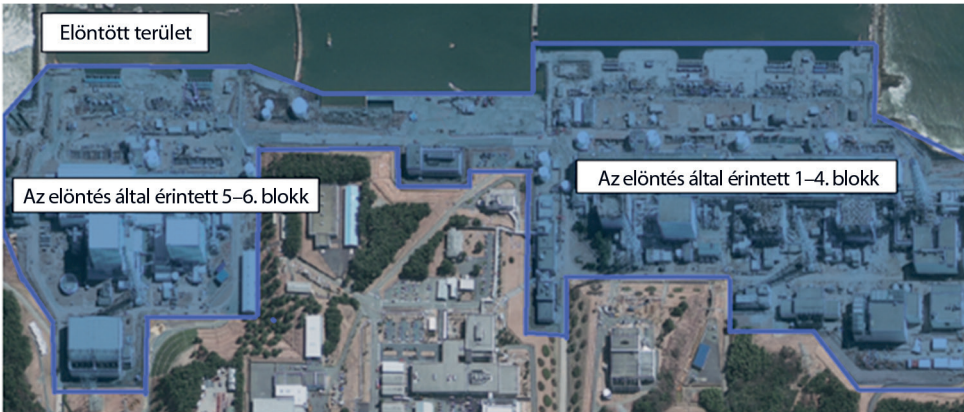
**Keywords:** Fukushima, nuclear accident, radioactive contamination, severe accident management, facility fire department

## Bevezetés

A napjainkban kibontakozó energetikai válság megoldásának egyik módja a hazai energiatermelés növelése akár a fotovoltaiikus, akár a nukleáris kapacitás bővítésével. Mindkét energiatermelési mód rengeteg előnnyel rendelkezik, ugyanakkor számos korlátozó tényezőt is figyelembe kell vennünk alkalmazásukkor. Hazánk villamosenergia-termelése nukleáris alapokon nyugszik, amit jól mutatnak a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. 2022-es első hathavi adatai. Ezek alapján Magyarországon a nukleárisenergia-termelés részaránya a hazai termelésben 47,51% volt. A jelenleg megvalósítás alatt álló Paks II atomerőművi nagyberuházással az atomenergia részaránya a hazai termelésben tovább nőne. Az atomerőművekkel kapcsolatban a folyamatos energiaellátás biztosításán túl a biztonság a legfontosabb célkitűzés. Egy nukleáris létesítmény életciklusa során a lakosság és a munkavállalók sugárterhelése mindenkor az előírt határértékek alatti és az észszerűen elérhető legalacsonyabb legyen. Ezt biztosítanunk kell a tervezési alaphoz tartozó üzemzavarok és amennyire csak lehetséges a tervezésen túli üzemzavarok és a balesetek következtében fellépő sugárterhelések esetén is. Ahhoz, hogy az atomenergia alkalmazása során az elvárható legmagasabb szintű biztonságot érintő követelményeknek megfelelhessünk, elemeznünk kell a nukleárisenergia-termelés több mint 70 éves történetének meghatározó eseményeit, amelyek tanulságait alkalmaznunk kell mind az üzemeltetéskor, mind a megelőzéskor és a súlyos balesetek kezelésekor. A súlyosbaleset-kezelésre valós példát az Ines 7-es besorolású fukushimai atomerőművi baleset nyújt, amely megalapozta a nemzetközi programokat és a hazai súlyosbaleset-kezelési eljárásokat.

## Fukushima előzményei

Mint tudjuk, a fukushimai atomerőművi balesetet a tohokui Richter-skála szerinti 9-es erősségű földrengés, majd az ennek következtében kialakuló, az erőmű területén a partokat elérő, közel 15 méteres szökőár okozta. A földrengés következtében a Daichii atomerőmű addig üzemelő reaktorai az automatikus védelem működésbe lépésének hatására leálltak, az erőmű blokkjai nem termeltek villamos energiát, a rendkívüli erősségű rengés megsemmisítette az országos villamos hálózat távvezetékrendszerét. A földrengést követően a villamos betáplálás kiesése miatt azonnal beindultak a zóna vészhűtését és a megfelelő áramellátást biztosító dízelgenerátorok.



1. ábra: Elöntés

Forrás: a szerző szerkesztése SEKIMURA 2011 alapján

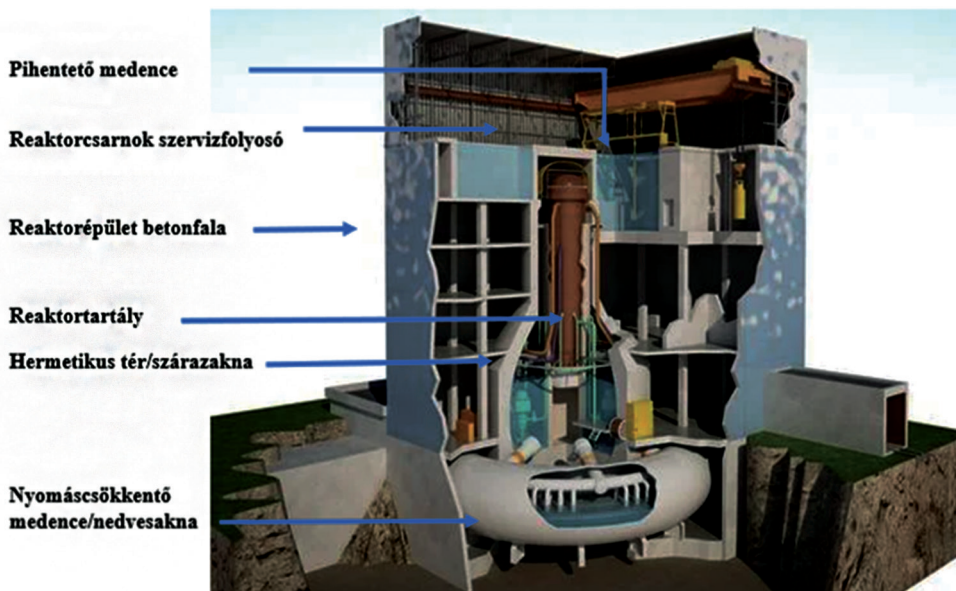
A generátorok indulása után hozzávetőlegesen 15 perccel érkező cunami átlépve az erőmű védelmére emelt gátrendszeren, elöntötte az alacsonyabban fekvő dízelgenerátor épületeit. Az 1. ábra az erőmű elöntött területeit mutatja. A bezúduló nagy mennyiségű sós víz a villamos biztonsági rendszer jelentős részét használhatatlanná tette. Korábban áttelepítettek egy nagy teljesítményű dízelgenerátort, amely meglévő üzemanyaga elfogyásáig képes volt megfelelő villamos „betáp” biztosítására a reaktorok hűtésének fenntartásához. Az összetett természeti katasztrófa következtében azonban sem külső villamos betáplálást, sem a dízelgenerátor működéséhez szükséges üzemanyagot nem sikerült a katasztrófa helyszínén biztosítani. Így sodródott a fukushimai 1–2–3-as blokk a lassan elkerülhetetlenné váló „nagyon súlyos reaktorbaleset” felé, a reaktorok aktív üzemzavari hűtőrendszerei villamos energia hiányában üzemképtelenné váltak.<sup>2</sup> A reaktorokban található üzemanyag hőmérséklete növekedésnek indult, ami zónaolvadáshoz vezetett, az olvadt üzemanyagmassza pedig kilyukasztotta a reaktortartályok alját. Az izzó fémek és az átforrósodott beton az elforralt hűtővizet hidrogénre és nagy valószínűséggel szén-monoxidra bontotta. A hidrogénrobbanások által érintett blokkok szerkezete jelentősen károsodott. A reaktorblokkokon kívül a káresemény a kiégett fűtőelemeket tároló medencéket is érintette, ahol a hűtés megszűnése és a medencefalak sérülése miatt a kiégett fűtőelemek egy része károsodott, és radioaktív anyagok kerültek a vízbe és a levegőbe.

## A nukleáris baleset

A három reaktorban fejlődő hő forralni kezdte a reaktortartályban a hűtővizet, ezért folyamatos nyomásemelkedés következett be, és a vízszint csökkenni kezdett. A fejlődő gőzt a reaktortartály alatt körbefutó, kondenzációs kamrában lévő vízen átbuborékolatva igyekeztek

<sup>2</sup> World Nuclear Association 2023.

kondenzálni. Ezzel időszakosan megakadályozták nyomás további növekedését, és sikerült az aktív zónát hűteni, de a reaktortartályból így elvont hő a reaktor közvetlen környezetében maradt. A hőmérséklet-különbség kiegyenlítődését követően a „passzív” hűtés is megszűnt, ezért az aktív zóna hőmérséklete és nyomása újra emelkedni kezdett. Az üzemzavari dízelgenerátorok működésből való kiesése miatt csak az akkumulátortelepről üzemeltetett berendezések maradtak működőképeseek. Az akkumulátorok kimerülésével, órákkal később ezek is leálltak.<sup>3</sup>



2. ábra: A reaktorpépület metszete

Forrás: a szerző szerkesztése DOBOR–KOSSA–PÁTZAY 2017 alapján

A reaktorok aktív hűtését a balesetet követően a helyszínrre érkező mobil szivattyúk és aggregátorok segítségével kísérelték meg kilenc órával később. A nem megfelelő hűtés miatt a reaktorok vízszintje vészesen lecsökkent, az aktív zóna hőmérséklete jelentősen megemelkedett, a reaktorok nyomása kritikus szintre ért.<sup>4</sup> Becslések szerint az 1. reaktor aktív zónájának hőmérséklete 6 órával a földrengést követően a 2800 °C-ot is elérhette, „teljes zónaolvadás következett be”, a zónaolvadék átégette a reaktortartályt. Azért, hogy megakadályozzák a hermetikus tér falának átlukadását, a tűzoltó technika segítségével vizet szivattyúztak be. Sajnos a beavatkozás nem járt sikerrel, a konténment fala megnyílt, és nagy mennyiségű légnemű radioaktív szennyezés, valamint a több tonna beszivattyúzott hűtővíz nagy része jutott a szabadba. A Japán Atomenergia Ügynökség információi alapján az 1. reaktor üzemanyaga

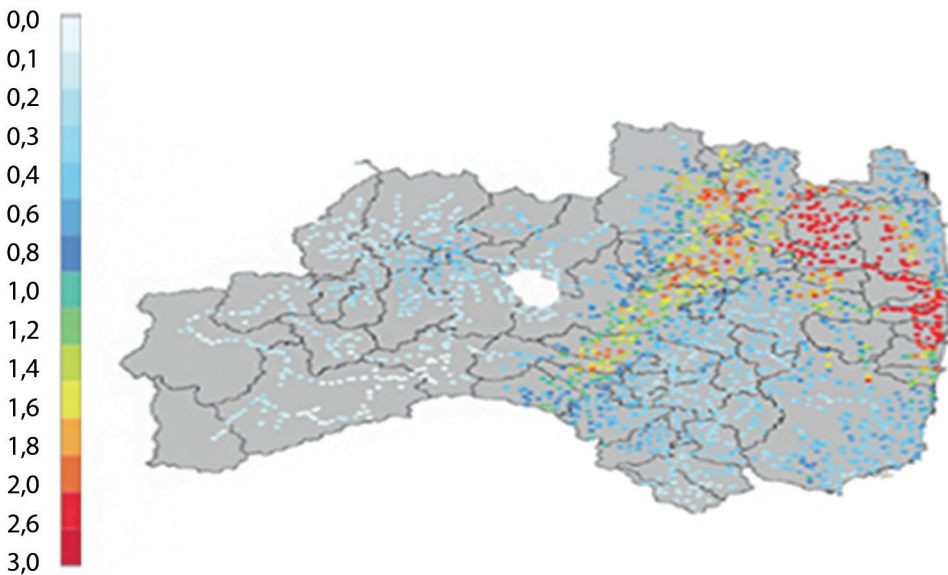
<sup>3</sup> International Atomic Energy Agency 2015.

<sup>4</sup> DOBOR–KOSSA–PÁTZAY 2017: 84–98.

a hűtés leállítását követő ötödik órában teljes mértékben megolvadt, a kettős reaktorban 77, a hármashoz pedig 44 órával a hűtés megszűnését követően zajlott le ugyanez a folyamat.<sup>5</sup>

## Következmények

A balesetet követően jelentős mennyiségű radioaktív izotóp jutott a környezetbe. A radio-nuklidok legjelentősebb mértékben a levegőbe kerültek ki, a kibocsátás fő forrása a 2. blokki hidrogénrobbanás volt március 15-én. A rövid felezési idejű nuklidok közül a jód-131 (8 napos felezési idő) került ki legnagyobb mennyiségben, míg a viszonylag hosszú felezési idejűek közül a cézium-137 volt a legmeghatározóbb (felezési ideje 30 év).



3. ábra: Sugárzási szintek Fukushima prefektúrában, 2011. április

Forrás: World Nuclear Association 2023

A radioaktív jód a pajzsmirigyben koncentrálódva jelentős helyi sugárterhelést okoz, a cézium-137 bomlásában erős gammasugárzás-kibocsátó, az emberi szervezetbe kerülve nem koncentrálódik meghatározott szervben, biológiai felezési ideje kb. 70 nap. A 3. ábra a 2011 áprilisában a talajsínt felett 1 méter magasságban mért sugárzási szintet mutatja Fukushima prefektúrában. A radioaktív kontamináció közvetetten és közvetlenül is sújtotta Japán lakosságát. A radioaktív anyagok az ökoszisztémába kerülve a táplálékláncban is megjelentek. Elszennyezték a környező vizeket, a termőföldeket és az ott termelt növényeket. A Japánban megtermelt élelmiszerek jelentős hányadában mértek szennyeződést Fukushimától 200 kilo-

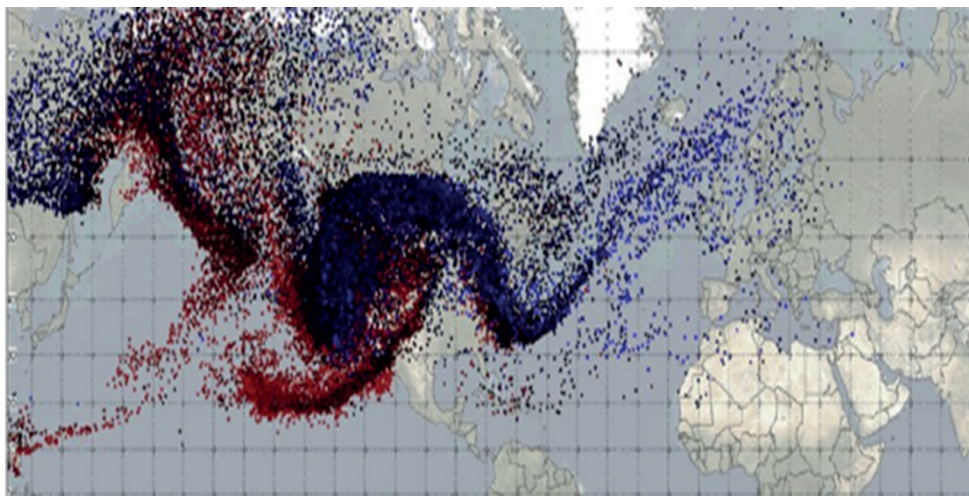
<sup>5</sup> DOBOR–KOSSA–PÁTZAY 2017: 84–98.



méteres távolságban is. Az innen származó élelmiszerek eladását és fogyasztását megtiltották. A baleset az óceánt is jelentős mértékben érintette. A kifogott halak több mint felén sugár-szennyezést mértek, ezért a halászatot is megtiltották Fukushima partjai mentén.

## Radiológiai légszennyezés

A balesetet követően hozzávetőleg 200 mérőhelyen mutatták ki a fukushimai atomerőműből származó radioaktivitást. A kiszóródott anyagok a nyugati szelekkel a Csendes-óceán felé sodródtak, aztán pedig Kalifornián és az USA északi részén áthaladva elérték az Atlanti-óceánt, majd Skandináviát. Európában a felhő nagyon lassan keveredett a déli légrétegekkel, ahogy a 4. ábra mutatja.<sup>6</sup>



4. ábra: Radioaktív izotópok terjedése a levegőben

Forrás: LUJANIENÉ et al. 2012

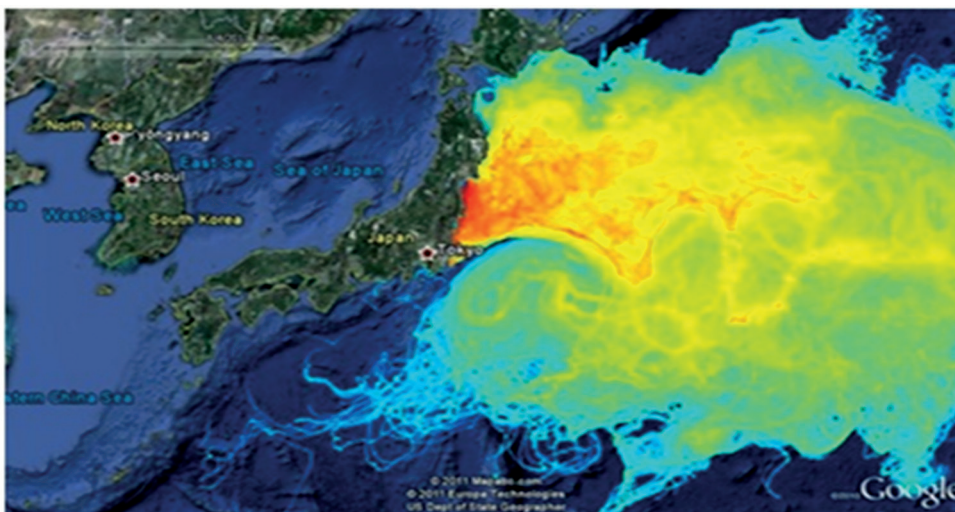
Japántól nyugatra közvetlenül nem jutott jelentős mennyiségű szennyező anyag, a szomszédos Kínát és Koreát pedig csak 3–4 hét múlva, a bolygót megkerülve érte el a fukushimai szennyezés. A Föld déli féltekére a forró égővi erős feláramlásnak köszönhetően szinte nem is jutott szennyezés, ugyanis ez a feláramlás kvázi kettévágja a légkört. A szelek nagyon ritkán fújnak keresztül a hőmérsékleti egyenlítőn, ezért míg a szennyeződés néhány hónap alatt az északi félgömbön egyenletesen terült, a déli félgömbre csak csekély mennyiségben jutott. Hazánkban a lakosság által Fukushima miatt elszennyezett többletdózis az egészségügyi határérték mindösszesen 0,03 százaléka volt.<sup>7</sup>

<sup>6</sup> LUJANIENÉ et al. 2012: 71–80.

<sup>7</sup> MÉSZÁROS–LEELŐSSY–KOVÁCS 2016.

## Élővizek elszennyezése

A balesetet követően nagy mennyiségű radioaktív anyag került a tengervízbe, amely az áramlatokkal a Csendes-óceán szinte minden pontjára eljutott. Ezt szemlélteti az 5. ábra. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség szakemberei arra számítottak, hogy a tengerfenéken még évtizedekig kimutatható lesz a szennyeződés, de napjainkra kiderült, hogy az üledékképződés következtében a radioaktív lerakódás egyre mélyebbre kerül. A reaktorból származó, erősen radioaktív cézium-137-et vizsgáló amerikai és japán kutatók mérései nem közvetlenül az óceánban, hanem a tengerpart mentén kialakuló sós víz és szárazföldi talajvíz keverékéből kialakuló brakkvízben mutatták ki a legmagasabb értékeket.



5. ábra: A szennyezés terjedése a Csendes-óceánon, 2012. március 2.

Forrás: Woods Hole Oceanographic Institution 2022

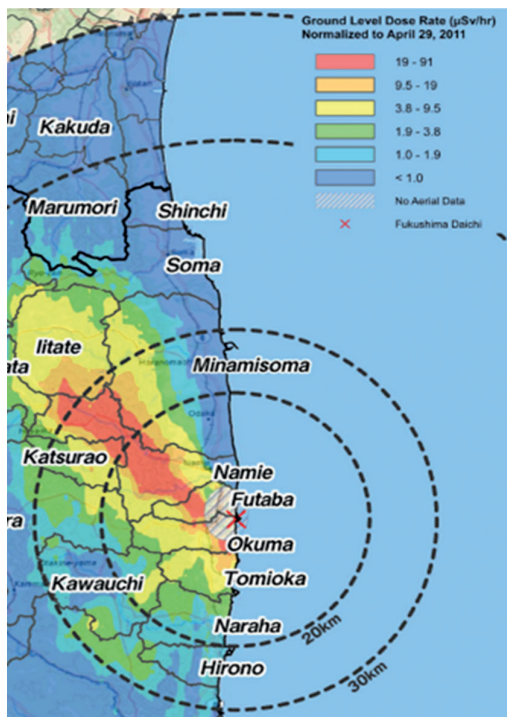
Itt a baleset helyszínétől száz kilométerre magasabb a sugárzó anyag szintje, mint közvetlenül az atomerőmű melletti kikötőben. A kutatók szerint a 2011-es katasztrófa után heteken, hónapokon keresztül az óceáni hullámok a tengerpartra mosták a szennyező anyagot, ahol az a homokon elterülve végül a brakkvíz szintjéig szivárgott le, és lassan szennyezni kezdte mind a talaj, mind az óceán vizét.<sup>8</sup>

## Talajszennyezés

Az erőmű balesetét követően a 20 kilométeres biztonsági zóna kitelepítését rendelte el a japán kormány, a 30 kilométeres biztonsági övezetben pedig utasítást adtak ki a lakosság elzárkóztatására. Ezen utasításait a pillanatnyi sugárzási viszonyok ismeretében hozták meg,

<sup>8</sup> Woods Hole Oceanographic Institution 2022.

amelyeket a 6. ábra szemléltet. A kitelepített övezetben a talaj radioaktív szennyeződését nem csupán a Daiichi erőmű három reaktorának robbanása okozta, bár azok következtében közvetlenül is kerülhettek radioaktív részecskék az erőműtől több kilométeres távolságra is, hanem a szennyeződés ilyen távolságokra jutásához hozzájárultak a robbanások következtében kialakuló tüzek, amelyek füstjének segítségével nagyobb aktivitású részecskék is eljuthattak a helyszíntől jelentősebb távolságra is. A légnemű kibocsátás okozhatta véleményem szerint a legnagyobb távolságokban a szárazföldi szennyeződést, amikor eső formájában elérte a több tíz kilométernyi távolságban lévő lakott területeket, és ott a talajba szivároghva elszennyezte azt.<sup>9</sup>



6. ábra: A kiszóródás iránya és a dózisteljesítmény a 2011-es balesetet követően  
 Forrás: *The Situation in Japan 2013*

### A tűzoltói beavatkozás

A Fukushima Daiichi atomerőmű balesetét követő tűzoltói beavatkozások közül a 3. blokk pihentető medencéjének óceánvízzel való betáplálását mutatom be, mivel a súlyosbaleset-kezelés és pótvízbetáplálás kérdésköréhez szervesen kapcsolódik, valamint fontos, további

<sup>9</sup> NOBUMASA et al. 2012.



elemzésekre érdemes kérdéseket és hasznosítható tapasztalatokat nyújt számunkra. Az 1., 2. és 3. reaktorban bekövetkezett robbanást követően az üzemi személyzet képtelenné vált a kialakult helyzet stabilizálására, a már lefektetett tömlővezetékek és üzembe helyezett tűzvízszivattyúk használhatatlanná váltak. A 3. blokki pihentető medence vízszintje nagymértékben lecsökkent, az ott tárolt üzemanyag felszínre került. A reaktor hűtésére és a pihentető medence vízszintjének növelésére bevetett helikopteres vízpótlás hatástalannak bizonyult. Ebben a helyzetben a japán miniszterelnök március 18-án 0 óra 50 perckor elrendelte a tokiói hivatásos tűzoltó egységek bevetését a katasztrófa helyszínén. A beavatkozók kiválasztását és felkészítésüket az utasítás kiadását megelőző napon már megkezdték. A források nagyságrendileg megegyeznek az alkalmazott erő és eszköz méretében, hozzávetőleg 35 tűzoltószér, köztük egy, az 1. ábrán is látható 22 méteres gémszerkezetes vízágyúval szerelt különleges szer, valamint 140 fős állomány vett részt a beavatkozásban.



7. ábra: Tűzoltói beavatkozás

Forrás: <https://photo.tepco.co.jp/en/date/2011/201103-e.html>

Az egységek március 18-án Japán idő szerint hajnali 3 óra körül indultak az úthálózaton 250 kilométerre lévő Daiichi atomerőműhöz. Feladatuk a 3. blokki pihentető medence megtáplálása volt tűzoltótechnikai eszközökkel, sós víz felhasználásával. A feladat végrehajtásához a vízszerség helyén szivattyúkat kellett telepíteni, és több mint 800 méternyi tömlőrendszert lefektetni a földrengés, a szökőár és a robbanások által is érintett területen, valamint a nagy teljesítményű vízágyút szállító különleges szer felállítását is el kellett végezni. A beavatkozás helyszínén, az üzemi területen a körülmények igen mostohák voltak, a természeti csapások és a reaktorrobbanások jelentős mértékben károsították az erőmű területét. A beavatkozók nyilatkozatai alapján a kárhelyszín az előzetesen vártnál is rosszabb állapotban volt. Az úthálózat a földmozgás és a szökőár miatt szinte járhatatlanná vált, ezt tetézte a robbanások következtében fellépő radioaktivitás, amelynek jellemző értéke a beavatkozók mérései alapján 0,4 mSv/óra és 100 mSv/óra között változott. A kikerkező egységek a felderítést és a kárhelyszín felmérését követően a gépjárművel való tömlőfektetést elvetették, a manuális

beavatkozás mellett döntöttek, és kijelölték a tömlőfektetés nyomvonalát. A helyszínen lévő üzemi személyzettől korlátozottan információkat szereztek a sugárzási viszonyokról, amelyek nagy változatosságot mutattak, de a háttérsugárzás mértéke a pihentető medence szabadon lévő kiegészítő fűtőelemei miatt folyamatosan nőtt. A használt védőfelszerelések megegyeztek a rendszeresített védőruházattal, amelyhez feladattól függően teljes légzésvédelmet (légzőkészüléket – légző álarc) vagy szűrő típusú teljes álarcot használtak. A helyszínen személyi dozimétereket és ugyancsak a feladattól függően az üzemi személyzet által is használt Tyvek® védőruhákat kaptak bevetési ruhájuk fölé. Dozimetrikusok segítségével 30 percen határozták meg a maximális bevetési időt, ezért a beavatkozó állományt szakaszokra osztották.

Négy szakasz külön feladatot teljesített, amelyek a következők voltak:

- szivattyúk telepítéséért felelős szakasz;
- tűzoltó technika kezeléséért felelős szakasz;
- tömlők fektetéséért felelős szakasz;
- a beavatkozók biztonságáért felelős szakasz.

A beavatkozást a megfelelő tervezés, nyomvonal-kijelölés, a 8. ábrán látható telepítési helyek, védőruházat, személyi védőeszközök, sugárzási viszonyok meghatározása miatt március 18-án sötétedést követően tudták csak megkezdeni, ezért a munkakörülmények még embert próbálóbbak voltak. A nagy méretű, ezért rendkívül nehéz szivattyúk telepítését, amit normál üzemi körülmények között daru segítségével végeznek, ebben a helyzetben a daru összeomlása miatt kézzel kellett végrehajtaniuk.



8. ábra: Kijelölt telepítési és vízszervezési helyek

Forrás: a szerző szerkesztése <https://photo.tepco.co.jp/en/date/2011/201103-e.html> alapján

Az A jelű, 110 mm átmérőjű nyomótömlők fektetése súlyuk miatt (20 méterenként storz kapoccsal 19 kg) igen nehézkes és embert próbáló. Sötétedés után a terméglámpák fényforrásokkal és fejlámpákkal oldották meg a beavatkozókat, az üzemi terület a tűzoltó fényforrások hatókörén kívül teljes sötétségbe borult. Az eltérő, változó sugárzási viszonyok miatt a tömlőfektetést végzők folyamatos mozgásban voltak, az adott munkafolya-

matban éppen részt nem vevőket irányítóik a tűzoltó gépjárműveikbe küldték. A tömlőfektetéssel 18-án 23 óra után végzett az erre kijelölt szakasz. Ezt követően kezdte meg működését a 3800 l/perc teljesítményű vízágyú.<sup>10</sup>

A 30 perces váltásokban történő beavatkozást követően a résztvevők teljes ruházatát dekontaminálták. A rendszer kiépítéséért és üzembe helyezéséért felelős állományt március 19-én több mint 13 órás munkavégzés után váltották le. A Tokyo Electric Power Company mérései alapján a tűzoltói beavatkozás sikeres volt, a 3. blokki pihentető medence vízszintjének növelését követően a kárhelyszínen a háttérsugárzás mértéke csökkenni kezdett. Az érintett állomány sugárterhelésének meghatározását dozimetriai mérésekkel és egésztest-számlálással is ellenőrizték, sugársérülést egy beavatkozó sem szenvedett el. A jól kivitelezett beavatkozással sikerült meggátolni a háttérsugárzás nemkívánatos növekedését, valamint a bevált technikai megoldásokat továbbgondolva a többi blokkon a hűtővíz külső pótlását már nem speciális tűzoltó eszközökkel, hanem betonszivattyúk használatával oldották meg. A blokkok megközelítéséhez a roncsolt épületrészek eltávolítására, valamint a közlekedési utak járhatóvá tételére volt szükség.<sup>11</sup>

A beavatkozás irányításánál a rendőrség, a japán önvédelmi erők (SDF) és a hivatásos tűzoltóság között komoly hatásköri problémák léptek fel, amelyeket csak március 19-én sikerült megoldani, amikor az SDF kapta meg a kárterületen az irányítói szerepet. Fontos kiemelni, hogy a külső vízbetáplálással egy időben a beavatkozás minden résztvevőjének szerteágazó feladatokat kellett ellátni, mivel a káreset nem „csupán” egy atomerőművi súlyos baleset volt, hanem egy összetett természeti katasztrófa is, amelyben több mint 18 ezer fő tűnt el vagy vesztette életét. Úgy gondolom, hogy a kollégák a tőlük elvárható legmagasabb szintű szakmaisággal, példamutatóan teljesítették feladatukat, életük és egészségük kockázatásával.

A 1. táblázatban igyekeztem összegezni az általánostól eltérő beavatkozást nehezítő körülményeket és a megoldásuk érdekében tett intézkedéseket, hogy a későbbiekben üzemvitel-segítő tevékenységekkor, gyakorlatok vagy beavatkozások alkalmával felhasználhassuk őket.

1. táblázat: Beavatkozást hátráltató tényezők és megoldási intézkedések a beavatkozók nyilatkozatai alapján

Beavatkozást hátráltató tényező	Megoldási intézkedés
Bevetési ruházat felületi szennyeződése	Tyvek ruha használata
Magas felületi szennyezettség	Beavatkozás közbeni és azt követő dekontaminálás
Hosszan tartó intenzív fizikai igénybevétel	Szűrő típusú légzésvédelem alkalmazása
Eltérő dózisteljesítményű terek váltakozása	Folyamatos dozimetriai felügyelet
Magas dózisteljesítmény	Bevetési idő csökkentése, járművek árnyékoló hatásának kihasználása
	Útvonal megválasztása mérésekre alapozva
Üzemi részről szakemberhiány	A beavatkozó állomány teljesítse dozimetriai feladatait megfelelő eszközlátottság esetén
Gépjárművel járhatatlan utak	Manuális beavatkozás megfelelő beavatkozó létszám esetén

Forrás: a szerző szerkesztése

<sup>10</sup> SATO 2011.

<sup>11</sup> Nuclear and Radiation Studies Board 2014.

## A súlyos baleset után tett intézkedések

A fukushimai 2011-es összetett természeti katasztrófát és nagyon súlyos atomerőművi balesetet követően az Európai Bizottság stresszteszt végrehajtását írta elő az atomerőművekkel rendelkező tagállamoknak, ezért Magyarországon az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) összeállította nemzeti jelentését. Az OAH vizsgálatai alapján sem a földrengés, sem a külső elárasztás, a Duna alacsony vízszintje vagy szélsőséges időjárás nem vezethet nukleáris veszélyhelyzet kialakulásához. Nem azonosítottak olyan rendszert vagy rendszerelmet, amely a zónasérülés kockázatához a jelenleg is alkalmazott biztonsági és felügyeleti rendszerek mellett kiemelkedően hozzájárulna.

Az atomerőmű telephelyének létesítésekor nem tervezték földrengés és szélsőséges időjárási körülmények közötti igénybevételekre, ezért az erőmű szeizmikus ellenálló képességének minősítése sem történt meg. Ennek kivizsgálását csak jóval később, a '90-es években végezték el. A vizsgálat arra jutott, hogy a primerkörü fővezetékek a szimulált (feltételezett) földrengés során nem sérülnének, ugyanakkor a külső villamos energia és sótalan víz betáplálási lehetősége legalább 72 órán át nem állna rendelkezésre. A vizsgálat eredményeinek hatására építették ki a technológiai viszkózus rezgéscsillapítókat, erősítették meg az üzemzavari zónahűtőket és a hermetikus tér nyomáscsökkentő rendszereit. Azonban a villamos betáplálás szempontjából kiemelkedően fontos dízelgenerátorok és hármas biztonságvédelmi rendszereik kiesése nem volt része az erőmű tervezési alapjának. A villamos betáplálás végső tápforrásai az akkumulátortelepek voltak, amelyek kapacitása révén a legnagyobb terhelés mellett is fenntartható ugyan a biztonsági fogyasztók működőképessége, de ennek időtartama legfeljebb hozzávetőleg 3,5 óra.<sup>12</sup>

## Súlyosbaleset-kezelés (SBK) folyamata a Paksi Atomerőműben

A célzott biztonsági felülvizsgálat eredményeképpen a villamos betáplálás teljes kiesésének elkerülését az SBK-dízelgenerátorok biztosítják, amelyek tárolására egy földrengésbiztos épületet alakítottak ki. A generátorok működésének célja a súlyosbaleset-kezelés során a szükséges mérőrendszerek, valamint a térfogat-kompenzátor, a lokalizációs torony ürítő és a hermetikus tér leeresztő szelepeinek működtetése. A BESZ külön a generátorok szállítására rendszeresített egy vontató gépjárművet, amelynek segítségével a tűzoltóság az előre kiépített külső villamos betáplálási pontokhoz vontatja őket. Az atomerőmű biztonsági hőelnyelő funkciókat ellátó és fenntartó rendszerei hivatottak felügyelni és megelőzni a hőelvezetés megszűnését.

<sup>12</sup> Országos Atomenergia Hivatal 2011.



9. ábra: SBK-dízelgenerátor vontatása

Forrás: a szerző felvétele

Külső hűtőközeg betáplálásakor olyan alternatív vízforrásokat használunk fel, amelyekből mobil eszközökkel biztosítani lehet a megfelelő hűtővízmennyiséget a kiépítésenként kiépített csatlakozási pontokon keresztül a gőzfejlesztőkbe. A modellezett rendkívüli esemény feltételezése az, hogy az erőmű biztonsági hőelnyelő funkcióit fenntartó rendszerei, (a biztonsági hűtővízrendszer, a sóatlanvíz-rendszer, az üzemzavari tápvízrendszer, a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer és a pihentető medence hűtőrendszere) nem képesek biztosítani a megfelelő hőelvezetést, ezért kiváltásukra egyéb külső betáplálás szükséges. A hosszú távú hőelvitel a gőzfejlesztőkön keresztül a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer betápláló vezetékének csatlakozási pontjain keresztül valósul meg. A konténment pótvízzel való megtáplálására a gőzfejlesztőkön kialakított lefúvató szerelvényeken keresztül van lehetőség. A felhasznált tűzoltó technikai eszközöket egy 7,5 tonnás emelőhátfalas tehergépjárművön, amely a 10. ábrán látható, és egy utánfutón helyezték el.<sup>13</sup>



10. ábra: SBK-tehergépjármű és málházott eszközei

Forrás: a szerző felvétele

<sup>13</sup> MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2016.



## Az Atomerőmű Tűzoltóság szerepe a súlyosbaleset-kezelésben

Az Atomerőmű Tűzoltóság elsődleges tűzoltási és műszaki mentési tevékenységén túl a paksi atomerőműben ellátja a nukleáris baleset elhárításáért felelős elsődleges beavatkozó szerepét is. A tűzoltóság egyes szolgálati csoportjai (A, B, C) éves szinten vesznek részt súlyosbaleset-kezelési gyakorlaton, amelynek célja a gőzfejlesztők, valamint szükséges esetben a hermetikus tér és a lokalizációs rendszer alternatív víznyerő helyről való, külső hűtőközeg betáplálásának biztosítása tűzoltótechnikai eszközökkel. A gyakorlat során a Baleset-elhárítási Szervezet (BESZ) rendkívüli esemény következtében kialakult állapotot szimulál, amelynek következtében a normál és biztonsági hűtővízrendszer egyaránt alkalmatlanná válik a megfelelő mennyiségű hűtővíz biztosítására. Ezért az Atomerőmű Tűzoltóság állománya a BESZ részeként mobil eszközökkel közvetlenül a Duna folyóból, a kiépítésenként meglévő sótalan víztartályokból vagy az erőmű déli oldalán található halastavakból hűtővizet szállít a kiépítésekben speciálisan erre a célra kialakított kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer csatlakozási pontjaihoz. A gyakorlatot egymást követő három napon hajtják végre, ilyenkor a tűzoltóság mindhárom szolgálati csoportja, a BESZ által beriasztott ügyeletes tűzoltói állomány, valamint a paksi hivatásos tűzoltóság tagjai teszik meg a szükséges lépéseket a potenciális nukleáris veszélyhelyzet kezelésére. A gyakorlat lebonyolítása évente más napszakban és időjárási körülmények között történik.<sup>14</sup> A külső hűtőközeg-betáplálás eszközei és azok tulajdonságai a 2., 3. és 4. táblázatban láthatók.

2. táblázat: Rosenbauer Fox III kismotorfecskendő műszaki paraméterei

Rosenbauer FOX III kismotorfecskendő 4 db	Tulajdonságai
szivattyú	egylépcsős, manuálisan kapcsolható
méretei	923 x 642 x 845 mm
tömege üzemkészen	166 kg
térfogatóáram 3 m szívómélységgel	1 000 l/perc 15 bar 1 650 l/perc 10 bar 2 100 l/perc 4 bar
térfogatóáram 7,5 m-es szívómélységgel	1 000 l/perc 8 bar 900 l/perc 10 bar

Forrás: a szerző szerkesztése

3. táblázat GXV390 PH-C2/1500 úszószivattyú műszaki paraméterei

GXV390 PH-C2/1500 úszószivattyú 2 db	Tulajdonságai
szivattyú	egylépcsős
méretei	1030 x 730 x 500 mm
tömege üzemkészen	53 kg
térfogatóáram ráfolyással	1 540 l/perc 2,5 bar

Forrás: a szerző szerkesztése

<sup>14</sup> Atomerőmű Tűzoltóság 2018.

4. táblázat: Egyéb málházott tűzoltó-szakfelszerelések

Felszerelés megnevezése	Málházott mennyiség (db)
AWG A-110 lábszelepes szűrőkosár	4
AWG A-110 szívótömlő 2 m-es	16
„A” nyomótömlő 20 m-es	100
„B” nyomótömlő 20 m-es	100
AWG kapocspárkulcs	8
AWG föld feletti tűzcsapkulcs	4
A-B áttétkapocs	6
A-2B gyújtó	4

Forrás: a szerző szerkesztése

A külsőhűtőközeg-betáplálás kivitelezéséhez a megtáplálni szükséges csatlakozási pont ismeretén túl meg kell határozni az elsődleges vízszervezési helyet, hiszen ennek függvényében kell kiépíteni a tömlőrendszert és üzemeltetni az eszközöket. A mérlegelés meghatározó szempontjai a távolság, vízmennyiség, megközelíthetőség, és a vízminőség. A tűzoltóság álmányának, valamint a baleset-elhárítás szakembereinek rövid időn belül rendelkezniük kell a szükséges információkkal, hogy meghatározhassák a tömlőfektetés nyomvonalát és a mobil rendszer kiépítését. A szivattyúk és tömlőrendszer megtelepítése időbe telik, és éles radiológiai veszélyhelyzetben annak áttelepítése jelentős idővesztéssel járna. A külsőhűtőközeg-betáplálás elrendelésekor meg kell határozni a víznyerési helyet, annak függvényében, hogy melyik kiépítésre kell telepíteni a hűtőközeg biztosítására szolgáló eszközöket.<sup>15</sup>

A kiválasztás elsődleges szempontjai többek között:

- vízminőség;
- vízmennyiség;
- távolság;
- megközelíthetőség;
- súlyos baleset esetében a szempontokat bővítik:
  - szennyezés iránya és kiterjedése;
  - dózisteljesítmény.

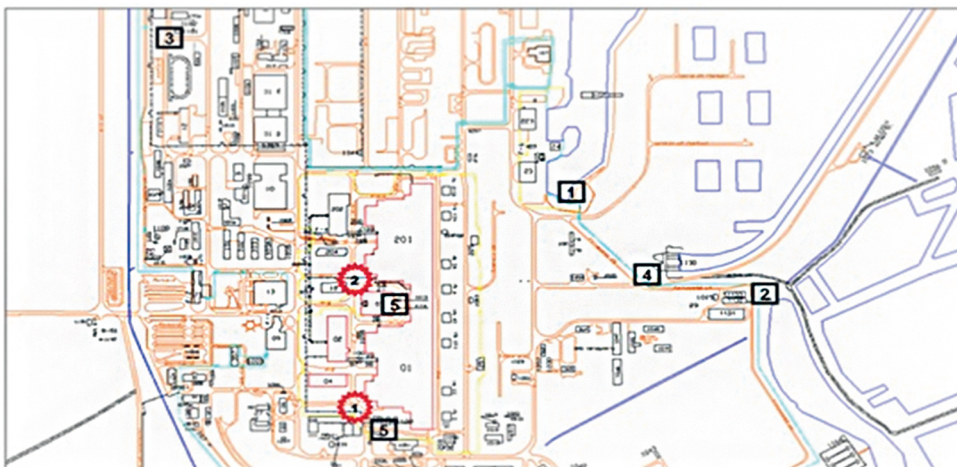
5. táblázat: A Paksi Atomerőmű alternatívhűtőközeg-betáplálásának víznyerő helyei

Vízszervezési hely	Vízutánpótlás
1000 m <sup>3</sup> sótanvíz-tartályok I–II kiépítés	korlátozott vízmennyiség betáplálás függő
600 m <sup>3</sup> tűzvíztároló	korlátozott vízmennyiség betáplálás függő
hideg vizes csatorna	gyakorlatilag korlátlan
meleg vizes csatorna	erőmű működése közben gyakorlatilag korlátlan
halastavak	gyakorlatilag korlátlan

Forrás: a szerző szerkesztése

<sup>15</sup> MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019; ANTAL 2020: 5–15.

Az atomerőműben a technológiai és épületszerkezeti sajátosságokhoz és a kivitelezési lehetőségekhez igazodva két helyen helyezték el a pótvízbetáplálás csatlakozási pontjait: az I. kiépítés 1-es és a II. kiépítés 3-as blokki lokalizációs tornyának déli falánál találhatóak. A 11. ábrán a víznyerési helyeket és a betáplálási pontokat tüntették fel.



Víznyerési helyek: 1. Vízkivételi mű 2. Halastó (Kondor tó) 3. Tűzvíztároló (600 m<sup>3</sup>) 4. Meleg vizes csatorna 5. 01-02WP30.30.34B001

Csatlakozási pontok: 1. I. kiépítés 1. blokk lokalizációs torony déli oldalfal akna lejáró  
2. II. kiépítés 3. blokk lokalizációs torony déli oldalfal akna lejáró

11. ábra: Víznyerési helyek és külső vízbetáplálási pontok

Forrás: ANTAL 2020

## A tűzoltógyakorlat végrehajtása

A gyakorlat célja az I-es és a II-es kiépítés alternatív hűtőközeg-betáplálási nyomvonalának kiépítése és a munkafolyamat begyakorlása, a szükséges feladatok végrehajtását, annak normáidejét a BESZ ellenőrzi. A rendszer folyamatos üzemeltetése, felügyelete és az üzemanyag biztosítása a beavatkozó állomány részére összetett feladat. Az eszközök telepítését a szolgálatban lévő erőműves, a paksi hivatásos tűzoltóság és a beérkező ügyeletes tűzoltóállomány hajtja végre, a telepítési normaidő az elrendeléstől számítva 120 perc.<sup>16</sup>

Először a kiválasztott víznyerő helyre vonulás történik meg, majd a kiválasztott vízforrásra kismotorfecskendő telepítése zajlik. Nyílt vízforrásról való felszíváskor úszómotoros szivattyú elhelyezésére is lehetőség van. A szivattyú telepítése alatt nyomótömlők fektetésére kerül sor. A nyomvonalon nyomásfokozás céljából újabb kismotorfecskendőt építünk a rendszerbe, hogy a megfelelő vízmennyiség és a szükséges nyomás a csatlakozási pontokon rendelkezésre álljon. A szükséges nyomás és vízmennyiség ellenőrzése még a végpontok előtt megtörténik. A szituációs gyakorlat befejezését követően értékelik és dokumentálják azt. A végrehajtás során

<sup>16</sup> MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019; ANTAL 2020: 5–15.

szerzett tapasztalatokat, mérési adatokat a továbbiakban a biztonság fokozására és a hatékonyság növelésére használjuk fel.

A vízforrás várható kimerülését 3 órával megelőzően ki kell választani a megfelelő alternatív vízforrást, hogy megfelelően alkalmazkodni lehessen a körülményekhez.

## A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer és külsőhűtőközeg-betáplálás kapcsolata

A technológia megfelelő működéséhez üzemelő blokkoknál a tápvízrendszer folyamatos hűtőközeg-betáplálást lát el. A normál üzemi tápvízrendszer meghibásodása esetén szerepét az üzemzavari tápvízrendszer veszi át, amely minden blokkon rendelkezésre áll (két darab üzemzavari tápszivattyú). Áramellátásuk a dízelgenerátorok által az üzemi betáplálás elvesztése esetén is biztosított. A tápvízszivattyú 65 m<sup>3</sup>/óra maximális vízszállítással működik, 60 baros üzemi nyomáson. A remanens hő elvezetéséhez szükséges tápvízigény hozzávetőleg 60 m<sup>3</sup>/óra, ebből látható, hogy egy tápvízszivattyú is képes a szükséges vízmennyiséget biztosítani. Az atomerőműben alkalmazott többszintű védelmi tervezésnek köszönhetően az üzemi és üzemzavari tápvízrendszer meghibásodása esetén is rendelkezésre áll az üzemzavari tápvízrendszer, amely a gőzfejlesztők elégséges tápvízellátását biztosítja. A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer független útvonalon juttat vizet a gőzfejlesztőkbe, ehhez három sótalan víztartály és blokkonként két kiegészítő üzemzavari tápvízszivattyú áll rendelkezésre. A sótalan víztartályok 1000 m<sup>3</sup>-esek, minimális vízszintjük szigorúan szabályozott, közös ponton csatlakoznak az adott kiépítés mindkét KÜTR rendszerére. A külső hűtőközeg-betáplálás, az utolsó pótvízbetáplálási lehetőség akkor szükséges, ha az üzemi, üzemzavari és a kiegészítő üzemzavari tápvíz szivattyúi valamilyen okból képtelenek a gőzfejlesztők megfelelő vízbetáplálására.<sup>17</sup>

A súlyosbaleset-kezelési eljárás során alkalmazott külső hűtőközeg-betápláláskor legalább egy üzemzavari, vagy kiegészítő üzemzavari tápvízszivattyú teljesítményét kell kiváltanunk.

6. táblázat: Mérési eredmények, 2019. február 20.

Vízszerezési hely	Szállított folyadék mennyisége és nyomás
Kondor halastó-1. blokk hosszabb ág	1250 liter/perc ~13 bar
Kondor halastó-3. blokk rövidebb ág	1480 liter/perc ~7 bar
Meleg vizes csatorna-1. blokk hosszabb ág	1100 liter/perc ~10 bar
Meleg vizes csatorna-3. blokk rövidebb ág	1570 liter/perc ~10 bar

Forrás: a szerző szerkesztése

A mérési eredményekből kiszámítható, hogy a kismotorfecskendők által szállított vízmennyiség óránként meghaladja a tápszivattyúk által szállított 65 m<sup>3</sup>/órát, ezért alkalmasak tápszivattyúk időszakos kiváltására, a szükséges hűtővízmennyiség biztosítására.

<sup>17</sup> MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019; ANTAL 2020: 5–15.

## A gyakorlatok végrehajtása során tapasztalt nehézségek

A fejezetben igyekeztem a munkatársaim segítségével összeszedni azokat a gyakorlatok végrehajtása szempontjából hátráltató tényezőket, amelyek fontos tapasztalatokkal szolgálhatnak egy tényleges beavatkozás sikeres kivitelezéséhez.

7. táblázat: Beavatkozást hátráltató tényezők és megoldási intézkedések

Gyakorlat végrehajtását hátráltató tényező	Megoldási intézkedések	Tapasztalatok, javaslatok
Feladat végrehajtása korlátozott látási viszonyok között (éjszaka)	Térmegvilágítás, fejlámpák alkalmazása	További mobil térmegvilágító eszközök beszerzése javasolt
Szivattyúk telepítése meredek rézsűn	Vízszintes telepítési pont kialakítása kézi eszközökkel	Állandó, lépcsőzetes telepítési helyek kialakítása javasolt
Duna alacsony vízállása	Szivattyúknak az előzetesen kijelölnél mélyebbre telepítése	A szivattyúk megfelelő elhelyezésére pontonok telepítése javasolt
Alacsony vízszint miatti megnövekedett szívómagasság és teljesítménycsökkenés, szűrőkosár íszapba merülése, üzemanyag-fogyasztás jelentős növekedése	Szivattyúknak az előzetesen kijelölnél mélyebbre telepítése, magasabb fordulaton való üzemeltetése	A szivattyúk megfelelő elhelyezésére pontonok telepítése javasolt
Szivattyúk áthelyezése, mélyebbre telepítése	Tűzoltói létszám átcsoportosítása	Szivattyúk megfelelő, szakszerű telepítéséhez nagyobb létszám biztosítása
Megnövekedett szívómagasság, megnövekedett fogyasztás az első szivattyúnál	Üzemanyag-utánpótlás biztosítása	Szivattyú kiváltásának biztosítása
Tűzvízfelszívó vezeték tömítetlensége	Tömítőgyűrű alkalmazása	Nagy méretű tömítőpalást, tömítőgyűrűk málházása

Forrás: a szerző szerkesztése

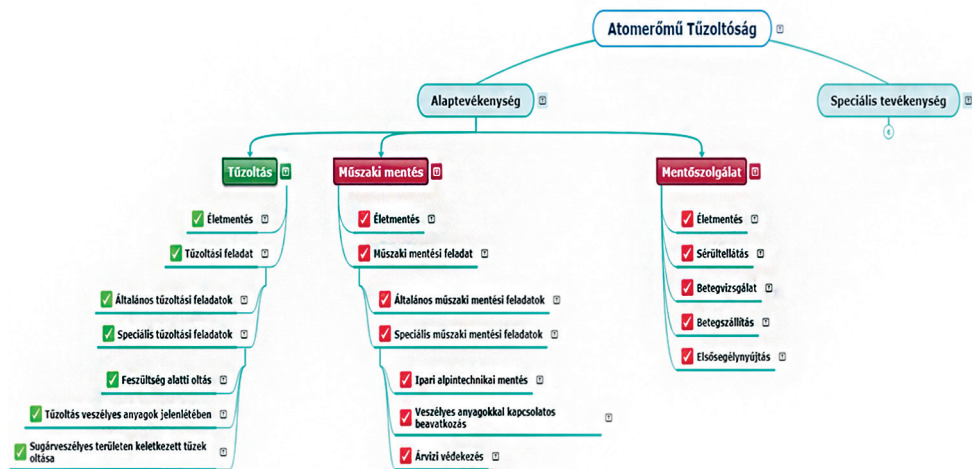
## Súlyosbaleset-kezelés és az elsőbeavatkozás kapcsolata

A súlyosbaleset-kezelés keretében megvalósítandó pótlólagos energiabetáplálás és pótvízbetáplálás az utolsó védelmi vonalat jelenti, mivel alkalmazásukat követően jelenleg nem áll rendelkezésünkre olyan beavatkozási mód, amely a technológiai leállás biztonságát szavatolná. Mire e beavatkozásokra sor kerül, addig az összes technológiai védelmi lehetőséget kimerítettük, mind a létfontosságú fogyasztók folyamatos energiaellátása, mind a biztonsági hűtővízrendszer hőelvonó képességének megőrzése terén.<sup>18</sup> Az SBK-generátorok mozgatása méretüknél fogva csak jó terepjáró képességű speciális vontatójárművel valósítható meg. A pótvízbetáplálás rendszerét manuálisan kiépítették. Nagy előnye, hogy a végrehajtáshoz nem feltétlenül szükséges hordozójármű, megfelelő tűzoltói létszám esetén kézi erővel is kivitelezhető. Tűzoltói beavatkozások tervezésekor azonban figyelembe kell vennünk, hogy elsődleges feladatunk az élet védelme, mind a sérült, bajba jutott személyek, mind a népesség, mind a saját állomány esetében. A tűzoltóság által végzett feladat nagyon komplex

<sup>18</sup> International Atomic Energy Agency 2019.

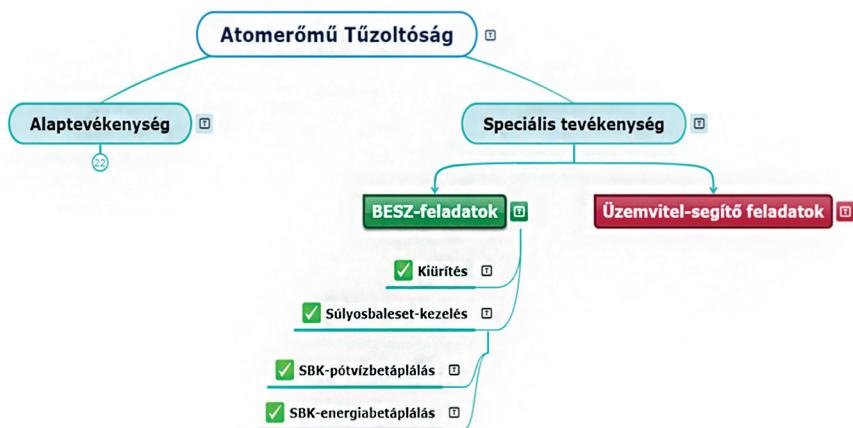


alaptevékenység, amely esetünkben különleges feladatellátással, speciális tevékenységekkel is kiegészül, ezt a 12–13. ábra szemlélteti.



12. ábra: Az Atomerőmű Tűzoltóság alapfeladatai

Forrás: a szerző szerkesztése



13. ábra: Az Atomerőmű Tűzoltóság speciális tevékenysége

Forrás: a szerző szerkesztése

Mivel a szolgálati létszám az év minden napján azonos, egy súlyos baleset bekövetkezésének megelőzésekor is számos alapfeladat ellátását kell elsődlegesen elvégeznünk, ami a napi szolgálat lehetőségeit jelentősen meghaladhatja. Ilyen lehet a tömeges életmentés, a nagy létszámú sérült személyek felkutatása, mentése, a több helyszínen keletkezett tüzek feszültség alatti oltása, a műszaki mentés. Ekkor tűzoltásvezetőként lehetőségünk van az ügyeletes létszám és a hivatásos tűzoltóegységek riasztására, akik rövid időn, maximum egy órán belül az erőmű területére érnek. Amennyiben szükséges, az atomerőmű teljes tűzoltói állománya beriasztható

öt órán belüli beérkezési idővel. A létszám nyújtotta lehetőségek teljes kiaknázása biztosítja az életmentési, a lakosságvédelmi és az összetett beavatkozási feladatok ellátását, amelyekkel egyidejűleg vagy azt követően felkészülhetünk a súlyosbaleset-kezelési feladatok ellátására. Mint az az elmúlt évtizedek atomerőművi baleseteinek tapasztalataiból leszűrhető, a sikeres kárfelszámoláshoz, a katasztrófák következményének csökkentéséhez már a beavatkozás kezdeti szakaszában elengedhetetlen a megfelelő erő- és eszközellátottság.

## A pótvízbetáplálás fejlesztésének lehetőségei

Mint az előző fejezetekből látható, a pótvízbetáplálás egy jórészt manuálisan, kézi tömlőfektetéssel, majd -felszedéssel, normál tűzoltó tekercestömlők és tűzoltó szakfelszerelések használatával végrehajtott beavatkozás, amelyet az atomerőmű tűzoltóság állománya az évi rendszerességgel végrehajtott gyakorlatok alkalmával sokszorosán kivitelezett. Megfelelő létszám bevonásával minden évszakban és időjárási viszonyok között végrehajtható. Azonban számolnunk kell olyan időjárási és egyéb extrémításba hajló körülményekkel, amelyek gyakorlatok alkalmával nem szimulálhatók, hiszen bekövetkezésük valószínűsége évtizedes távlatokban is igen csekély. Ilyen lehet a földrengés, robbanás következményeként lezajló épületösszeomlás, -romosodás, törmelékhalmozatok kialakulása, ami menekülési és felvonulási útvonalakat tehet járhatatlanná, vagy tömlőfektetés céljára használhatatlanná, vagy a hazánkban is ritkán, de előforduló extrém hideg, amely a tűzoltó tekercestömlőket igen érzékennyé teszi a nyomáslökések károsító hatásaira. A hidegben kiömlő és megfagyó víz a tömlők kiváltását nehézkessé és nehezen kivitelezhetővé teszi. Erőművi súlyos baleset következtében pedig kialakulhatnak olyan komoly sugárzási viszonyok, amelyek a beavatkozók létszámának és a beavatkozás idejének minimalizálását követelik meg. E körülményekre való felkészülés különleges eszközöket és felszereléseket kíván, azonban ezek a szakfelszerelések már megtalálhatóak a világpiacon egyéb tűzoltói feladatellátáshoz.

A rendszer egyik alappillére a vízkivételt és megfelelő nyomásértékeket biztosító Rosenbauer kismotorfecskendő, amely a jelenlegi legmagasabb szakmai követelményeknek is eleget tesz. A kismotorfecskendők vízfelvételét a gyakorlati szívómélység határán nagyban megkönnyítheti és az üzembiztonságot is javítaná a megfelelő teljesítményű búvárszivattyúk alkalmazása, ami lehetővé tenné a szivattyúk alacsonyabb fordulaton való tartós üzemeltetését.

A pótvízbetáplálás második alappillére a több mint egy kilométeres hosszban kifektetett A és B jelű tekercestömlőkből álló rendszer, amelyet érdemes lenne nagyobb költségű, de magasabb mechanikai ellenálló képességű, előre szerelt, vegyszerálló tömlőkre cserélni, mivel így a storz kapcsolatoknál nem kellene a fellépő veszteséggel számolni, valamint a homogén tömlőrendszerben csökkenne a súrlódási veszteség is.

A manuális tömlőfektetés kiváltására automatikus tömlőfektető rendszer beszerzésére lenne lehetőség, amely megfelelő terepjáróképességű hordozójárműre telepítve néhány percre rövidítené a tömlőfektetés idejét. A nemzetközi forgalomban megtalálható eszközök egyidejűleg több, akár három sor tömlő kihelyezését teszik lehetővé 50 km/órás sebességgel, maximum 5000 méteres hosszban, a tömlők használatával. A kárfelszámolás végén a kifekte-

tett tömlőmennyiség visszaszedését és mosását is a hordozó járműre szerelt berendezés végzi, amely többrajnyi tűzoltó munkáját képes kiváltani. Az eszköz a 14. ábrán látható gépjárműre és utánfutóra telepítve.



14. ábra: Tömlőfektető rendszer

Forrás: [www.fladt-gmbh.de/schlauchverlegesysteme/](http://www.fladt-gmbh.de/schlauchverlegesysteme/)

## Összegzés

Egy atomerőműben csak olyan eseménysorok egymásra hatásának következtében történhet Ines 7-es besorolású esemény, amelyekkel alacsony bekövetkezési valószínűségük miatt sem a tervezési fázisban, sem a biztonságfejlesztési törekvések során nem számoltak, hiszen a biztonságot mindig mértékadó tervezési szintekhez, tervezési eseménysorokhoz kötjük. Fukushima nagyon fontos tanulságokkal szolgált az atomerőművek biztonságának javításához és a súlyos balesetek megelőzésének kidolgozásához, megmutatta, hogy egy rendkívül erős földrengés és az annak következtében kialakuló mértékadó tervezési szinteket jelentősen meghaladó szökőár milyen károkat képes okozni, és az erre adható azonnali válasz milyen korlátozott lehetőségeket vonultat fel, amikor eleve egy nagyon kiterjedt és súlyos kár-eseménnyel kell szembenéznünk. Napjainkban a világ atomerőműveiben olyan technológiai fejlesztések történnek, amelyek jelentősen csökkentik a súlyos balesetek bekövetkezésének valószínűségét. A súlyos balesetek kezelését és megelőzését Fukushimát követően dolgozta ki a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség és ültette át a gyakorlatba a Paksi Atomerőmű balesetelhárítási szervezete. Az Atomerőmű Tűzoltóság speciális tevékenységeként a súlyos-baleset-kezelési módszereket a gyakorlatok tapasztalatainak felhasználásával és az eszközöket a közelmúlt nemzetközi fejlesztéseinek beépítésével úgy kell fejlesztenünk, hogy egy súlyos baleset bekövetkezését tovább csökkenthessük, mert Manga, Kátai-Urbán, Vass és Csurgai szerint: „A katasztrófák megelőzésében, azok elleni védekezésben és a bekövetkezésüket követő kárfelszámolásban egyre nagyobb szerepet kapnak a technikai eszközök.”<sup>19</sup>

<sup>19</sup> MANGA et al. 2017: 63.

## Irodalomjegyzék

- AKIYAMA, Nobumasa et al. (2012): *The Fukushima Nuclear Accident and Crisis Management*. The Sasaki Peace Foundation. Online: [www.spf.org/en/global-data/book\\_fukushima.pdf](http://www.spf.org/en/global-data/book_fukushima.pdf)
- ANTAL Zoltán (2020): A Paksi Atomerőmű súlyos baleset kezelési eljárása keretében alkalmazott külső hűtőközeg betáplálás. In „Iparbiztonsági és Hatósági Szakmai Nap” Tudományos Konferencia. Paks: Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 5–15. Online: <https://tolna.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-04/70644.pdf>
- Atomerőmű Tűzoltóság (2018): Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat, Üzemzavar elhárításban, Súlyos Baleset-kezelésben, Nukleáris Baleset-elhárításban közreműködés belső szabályzata, ATOMIX BSz-03-AT.
- DOBOR József – KOSSA György – PÁTZAY György (2017): Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai 2. *Hadmérnök*, 12(4), 84–98. Online: [www.hadmernok.hu/174\\_09\\_dobor.pdf](http://www.hadmernok.hu/174_09_dobor.pdf)
- International Atomic Energy Agency (2015): *The Fukushima Daiichi Accident*. Technical Volume 3. IAEA. Online: [www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident](http://www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident)
- International Atomic Energy Agency (2019): *Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants*. Online: [www.iaea.org/publications/12378/accident-management-programmes-for-nuclear-power-plants](http://www.iaea.org/publications/12378/accident-management-programmes-for-nuclear-power-plants)
- LUJANIENĖ, G. et al. (2012): Radionuclides From the Fukushima Accident in the Air Over Lithuania Measurement and Modelling Approaches. *Journal of Environmental Radioactivity*, 114, 71–80. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2011.12.004>
- MANGA László et al. (2017): Pilóta nélküli repülőek a sugárfelderítésben. *Védelem Tudomány*, 2(2), 63–75. Online: [www.vedelemtudomany.hu/articles/05-manga-katai-vass-csurgai.pdf](http://www.vedelemtudomany.hu/articles/05-manga-katai-vass-csurgai.pdf)
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2016): Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv Végrehajtási Utasítás, ÁVIT-VU 9-v03, 2016.10.05.
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2019): Biztonsági Igazgatóság, VFO–Baleset-elhárítás: A gőzfejlesztők súlyos baleseti tápvíz betáplálás biztosításának begyakorlítására végrehajtott módszertani gyakorlat értékelése, 3141-028/2019
- Nuclear and Radiation Studies Board (2014): *Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving Safety of U.S. Nuclear Plants*. National Academies Press. Online: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18294/lessons-learned-from-the-fukushima-nuclear-accident-for-improving-safety-of-us-nuclear-plants>
- Országos Atomenergia Hivatal (2011): *Nemzeti Jelentés – A Paksi Atomerőmű célzott biztonsági felülvizsgálatáról*. Budapest, 2011. 12. 29. Online: [www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=C1257BDB00510532C125797900356FB3](http://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=C1257BDB00510532C125797900356FB3)
- MÉSZÁROS Róbert et al. (2016): *Predictability of the Dispersion of Fukushima-Derived Radionuclides and Their Homogenization in the Atmosphere*. Scientific Reports 6. Online: <https://doi.org/10.1038/srep19915>
- SATO, Yasuo (2011): *The Saviors Safely Returned Home From Fukushima Mission*. TEDxSeeds conference, Yokohama. Online: <http://en.tedxseeds.org/Speaker/yasuo-sato-2/>
- SEKIMURA, Naoto (2011): *Overview of the Accident in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants*. Joint ICTP-IAEA School of Nuclear Energy Management, University of Tokyo, Japan. Online: <https://indico.ictp.it/event/a10161/session/11/contribution/9/material/0/0.pdf>
- The Situation in Japan* (2013). Online: [www.energy.gov/situation-japan-updated-12513](http://www.energy.gov/situation-japan-updated-12513)
- Woods Hole Oceanographic Institution (2022): *Fukushima Radiation in the Ocean*. Online: [www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-human-lives/pollution/radiation/fukushima-radiation/](http://www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-human-lives/pollution/radiation/fukushima-radiation/)
- World Nuclear Association (2023): *Fukushima Daiichi Accident*. Online: <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx>