

# **Doktori (PhD) értekezés**

**Antal-Farkas Zoltán**

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM  
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

**Antal-Farkas Zoltán**

**Atomerőmű létesítés nukleáris veszélyhelyzet-kezelési  
követelményeinek kutatása és fejlesztése**

**Doktori (PhD) értekezés**

**Tudományos témavezetők:**



.....  
**Dr. habil. Vass Gyula t. ezredes PhD.**



.....  
**Dr. habil. Kátai-Urbán Lajos t. ezredes PhD.**

**BUDAPEST, 2022.**

# TARTALOMJEGYZÉK

<b>BEVEZETÉS</b> .....	5
A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA .....	5
A KUTATÓMUNKA AKTUALITÁSA .....	6
A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA.....	8
KUTATÁSI HIPOTÉZISEK .....	12
KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK .....	13
KUTATÁSI MÓDSZEREK.....	14
RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE .....	15
AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE.....	24
<b>1. AZ ATOMERŐMŰVEK TECHNOLÓGIAI ÉS NUKLEÁRISBALESET-ELHÁRÍTÁSI SZEMPONTJAINAK IPARBIZTONSÁGI CÉLÚ ÖSSZEFOGLALÁSA</b> .....	27
1.1. Alapszintű nukleáris biztonsági ismeretek megállapítása .....	28
1.1.1. Nukleáris biztonsági alapvetések bemutatása .....	29
1.1.2. A nukleáris biztonságra törekvés szabályzóinak és célkitűzései .....	30
1.1.3. A tervezéshez tartozó üzemi állapotok és a biztonsági funkciók ismérvei .....	33
1.2. Általános veszélyhelyzeti tervezés atomerőművi vonatkozásai.....	36
1.2.1. A veszélyhelyzeti óvintézkedések ismertetése .....	38
1.2.2. Nukleáris veszélyhelyzeti osztályok meghatározása .....	41
1.2.3. Veszélyhelyzeti osztályozás a Paksi Atomerőműben .....	42
1.2.4. Potenciális károsító hatások .....	43
1.3. A nukleárisbaleset-elhárítás alapelveinek bemutatása .....	45
1.4. Védekezés és kárelhárítás .....	47
1.4.1. Az atomerőmű baleset-elhárítási szervezete .....	47
1.4.2. A létesítményi tűzoltóság szerepe a BESZ-ben .....	49
1.5. A védekezés és kárelhárítás sugárvédelmi bemutatása .....	50
1.6. Iparbiztonsági-nukleáris képzési tematika kidolgozása .....	52
1.7. Részkövetkeztetések.....	58
<b>2. A MEGLÉVŐ ÉS TERVEZETT ATOMERŐMŰVEK VALÓS IDEJŰ KOMMUNIKÁCIÓJA ÉS ESEMÉNYREAGÁLÁSI HATÁSFATORAI</b> .....	61
2.1. A veszélyhelyzeti osztályozás végrehajtói lépéseinek elemzése.....	62
2.2. Kapcsolattartás, tájékoztatás és bevonandó szervezetek jellemzése .....	68
2.3. A két párhuzamosan működtetett atomerőmű kommunikációjának fejlesztése.....	70

2.4. Az Üzemállapot Monitorozó Rendszer beavatkozási lehetőségeinek fejlesztési javaslata.....	73
2.5. Technológiai megvalósítás és feltételek javasolt fejlesztési iránya.....	78
2.6. Elengedhetetlen perifériális információk és megoldások felvetése.....	81
2.7. Részkövetkeztetések.....	86
<b>3. A PÁRHUZAMOSAN MŰKÖDŐ ATOMERŐMŰVEK KOMPLEX</b>	
<b>VESZÉLYHELYZETI TERVEZÉSÉNEK FEJLESZTÉSE.....</b>	<b>88</b>
3.1. A telephely és a létesítmény általános tervezésén felüli szempontok bemutatása .....	90
3.2. Az új, összevont Baleset-elhárítási rendszer megalkotása .....	93
3.3. A BESZ további kidolgozásra váró releváns fejlesztési lehetőségei.....	107
3.4. A meglévő veszélyhelyzeti osztályozás bővítésének kidolgozása .....	108
3.5. Erő és eszköz bővítés megalapozása a meglévő és tervezett atomerőműben.....	113
3.5.1. Riasztási fokozatok összegzése a javasolt bővítés vonatkozásában .....	116
3.6. A Tűzoltási és Műszaki Mentési Terv kibővítési javaslata .....	121
3.6.1. Javaslát a TMMT-k átdolgozására, fejlesztésére és összevonására .....	124
3.6.2. Az új, Kombinált TMMT szempontrendszer javaslata .....	125
3.7. Részkövetkeztetések.....	128
<b>4. SÚLYOS BALESET-KEZELÉSI ELJÁRÁSOK FEJLESZTÉSE A PÁRHUZAMOSAN</b>	
<b>MŰKÖDŐ ATOMERŐMŰVEKNÉL .....</b>	<b>130</b>
4.1. Súlyos Baleset-kezelési útmutatók és a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat vonatkozása .....	132
4.2. A Súlyos Balesetkezelés Rendszereinek bemutatása .....	139
4.2.1. Hűtővízhez köthető baleseti helyzetek.....	139
4.2.2. Villamos betáplálással kapcsolatos baleseti helyzetek .....	147
4.3. A Súlyos Balesetkezelés fejlesztési javaslata a két atomerőmű tekintetében .....	149
4.4. Javaslát az Annulus levegőhűtés, mint új SBK eljárás kidolgozására .....	153
4.5. Az SBK bővítés erő-eszköz fejlesztési vonatkozása .....	156
4.6. Részkövetkeztetések.....	157
<b>5. JAVASLAT A PÁRHUZAMOSAN MŰKÖDŐ ATOMERŐMŰVEK PERIFÉRIÁS</b>	
<b>VÉDELEMI KIÉPÍTÉSÉNEK BŐVÍTÉSÉRE.....</b>	<b>160</b>
5.1. Súlyos balesetet kiváltó és befolyásoló rendkívüli körülmények elleni tervezés fejlesztésének	
koncepciója.....	161
5.1.1. Földrengés.....	161
5.1.2. A földrengés perifériás védelemi bővítésének lehetőségei .....	165
5.1.3. Árvíz, külső elárasztás .....	167
5.1.3.1. A Paksi Atomerőmű árvízvédekezési koncepciója .....	168
5.1.3.2. Az árvízvédelem felülvizsgálata .....	174

5.1.3.3. Az árvízi védekezés bővítésének kidolgozása .....	177
5.1.4. Rendkívüli időjárási helyzetek összegzése .....	181
5.1.5. Rendkívüli időjárási helyzetek kapcsán történő újító megállapítások .....	183
5.1.6. ÁVIT osztályozási implementálás javaslat .....	189
5.2. Részkövetkeztetések .....	191
<b>ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK .....</b>	<b>193</b>
<b>ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK .....</b>	<b>197</b>
<b>AZ ÉRTEKEZÉS AJÁNLÁSAI .....</b>	<b>198</b>
<b>A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA .....</b>	<b>199</b>
<b>HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE .....</b>	<b>200</b>
<b>A TÉMAKÖRBE KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM .....</b>	<b>209</b>
<b>MELLÉKLETEK .....</b>	<b>211</b>
1. Alkalmazott rövidítések jegyzéke .....	211
2. Fogalomtár .....	213
3. Ábrák, fényképek, táblázatok jegyzéke .....	223
4. Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv .....	226
5. A veszélyhelyzet korai szakaszának információgyűjtésére szolgáló táblázatai: .....	305
6. A fejlesztési javaslatok összegző táblázata .....	307
7. Kohéziós táblázat - a hipotézisek, kutatási célkitűzések és tudományos eredmények egymásra épülése .....	310

# BEVEZETÉS

## A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

Az első atomerőművek kifejlesztésétől napjainkig eltelt több évtizedes üzemeltetési tapasztalat révén a nukleáris láncreakció szabályozása és felhasználása a mindennapi életünk szerves részévé vált. A meglévő atomenergia felhasználás feltételeiről levonhatjuk azt a konzekvenciát, hogy a nukleáris energiát felhasználó üzemek előtt még sok fejlődési szakasz áll, tekintve, hogy a technológia előrehaladása mindig újabb kihívásokat és ugyanakkor megvalósítható lehetőségeket kínál az emberiség tudósainak. [1] Az atomerőművek a világban megtermelt villamos energia 12%-át adják. A II. világháború után, az atomenergia felhasználásának fejlődése során az újonnan épülő erőművek már felhasználták az elmúlt évtizedek tapasztalatait, továbbá napjaink biztonsági kritériumainak is eleget tesznek. [2]

Az atomerőművek üzemeltetése a nukleáris biztonság teljes szakmai lefedettségének égisze alatt valósul meg, körülölelve minden olyan alapvető tervezési és létesítési szempontot, melyre a hatályos jogszabályok is kiemelt figyelmet fordítanak. A jól lefektetett alapok hivatottak szavatolni a későbbi nukleáris biztonságot. A technológia fejlődésével együtt jár, hogy az ezekhez tartozó irányelveket is frissíteni szükséges, figyelembe véve és honosítva a nemzetközi ajánlások releváns pontjait, hogy a jövőbeli felhasználásuk jogilag és műszakilag biztonságos keretek között valósuljon meg. [3]

Hazánkban pillanatnyilag egy atomerőmű üzemel, négy VVER-440-es típusú reaktorral. Működésének kockázati mértékét megvizsgálva kijelenthető, hogy az atomerőmű négy blokkjának a kockázati szintje közel azonos. További biztonsági szempontból vizsgálva a blokkok kiegyenlített műszaki konstrukciójúak, ami azt jelenti, hogy nem került kiépítésre bennük olyan berendezés, rendszer, illetve kockázati tényező eszköz, amely aránytalan mértékben növelné az erőmű biztonsági kockázatát. [4] Az említett elveknek és működési biztonságának kockázati tényezői fontos pontjai lesznek dolgozatomnak, melyeket az elkövetkezendő fejezetekben egymásra épülve folyamatosan fogok kifejteni és alátámasztani a jelenlegi működést koordináló eljárásrendekkel. Ezeket kiegészítem azon irányelvekkel, melyek hipotéziseim és felvetéseim kapcsán előre vetítik a jövőbeni fejlesztési lehetőségeket. Az atomerőmű nukleáris biztonsági alapelvei szerint is fontos a biztonság növelését célzó műszaki és adminisztratív intézkedések megvalósítása, a külső és belső tapasztalatok, valamint a tudományos eredmények felhasználása. [5]

## A KUTATÓMUNKA AKTUALITÁSA

Kutatásom tárgya az atomerőművek létesítésének tervezésére és szabályzására vonatkozó követelmények tanulmányozása és a meglévő eljárásrendek fejlesztésének elősegítése. Az iparbiztonság számára az új atomerőmű létesítés kutatása és fejlesztésének aktualitása kézzel fogható. Dolgozatomban érdembeli ajánlásokat kívánok megfogalmazni, amelyek elősegítik és magyarázattal szolgálnak az atomenergia felhasználásának egyes kérdéseire.

Az ország villamos energiájának jelentős hányadát biztosító létesítmény négy reaktorblokkjából kettő már a meghosszabbított üzemidejét tölti, tehát azok leszerelése energia-stabilitási és utánpótlási mértékben mérve időszerű. Ez azt jelenti, hogy a folyamatosan növekvő energiaigények mellett a villamos energiát biztosító üzem olyan időszakban van, amikor már el kell kezdeni az új energiatermelő létesítmények kialakítását. Az arányaiban vett 20%-os villamos energia hiány a növekvő felvevő piac mellett megköveteli, hogy Magyarország lépéseket tegyen annak érdekében, hogy 10-15 év múlva ne szoruljon rá az energiainportra.

A jelenleg tervezett Paks 2 megépítése olyan villamos energiatermelési többletet eredményez, amelynél az építendő két blokk teljesítménye azonos lesz a jelenlegi négy blokk teljesítményével. Globális viszonylatban ez Magyarország számára nem csak a villamos energia szinten tartását biztosítja, de szignifikáns energiátöbbletet is eredményez.

A jelenleg üzemelő négy blokk korszerűsített, nyomott vizes, vízhűtéses, vízmoderátoros erőmű. Az új erőműnek idomulnia kell a környezeti és a hidrológiai viszonyokhoz, a már meglévő erőmű vízfelhasználásához, és annak hőmérséklet-változást előidéző természetes mellékhatásához amellet, hogy a harmadik generációs erőmű megépítése során a technológiai megoldásokba bele kell tervezni a hatékony nukleáris balesetelhárítási eljárásokat.

A Katasztrófavédelem számára a balesetelhárítás tervezése olyan komplex biztonsági feladatot eredményez, melynek megoldásához fizikailag is Pakson jelen lévő, tapasztalt szakemberekre van szükség, hiszen a katasztrófavédelmi ismeretanyagok nem elegendők mindkét erőmű balesetelhárítási felügyeletéhez.

A tapasztalat, az irányelvek és az eljárásrendek összevonásával létrehozható egy olyan tudásbázis, amelyre alapozni lehet a jövő generációinak hatékony veszélyelhárítási munkáját, megalapozva ma egy biztonságos holnap koncepcióját. A témában szerzett szaktudás továbbfejlesztése olyan feladat, melynek minden egyes lépcsőfoka bővíti a biztonságos üzemeltetés tárházát.

A 2011-ben született atomerőműre vonatkozó célzott biztonsági felülvizsgálatot bővíteni szükséges, melyhez kapcsolódik, hogy a jelenlegi tervezés a fő hűtőkör keresztirányú csőtörését veszi alapul, ami két erőműre vonatkoztatva már nem elegendő. [6] Fontos, hogy alaposan figyelembe vegyük, hogy a két erőműnek milyen hatásai vannak egymásra, pl.: belépő és kilépő hűtővíz hőmérséklete és mennyisége, hideg- és melegvízes csatornák elhelyezése. [7]

A nukleáris létesítmények élete jóval azelőtt megkezdődik, hogy az első fűtőelemet behelyeznék a reaktorba. Mint már említésre került, a létesítést megelőző szakaszban is olyan komoly kérdésekre kell választ kidolgozni, amelyek évtizedekre, ha nem évszázadokra határozza meg a környezet, emberélet és anyagi javak biztonságát.

Olyan esetben, amikor két eltérő generációjú atomerőmű létesítésére kerül sor, egy olyan lokális specifikumokkal rendelkező területre, mint a magyarországi atomerőművek, még több releváns biztonsági kérdés merül fel. Ennek fényében a létesítést megelőzően minden szervezetnek, amely hatékonyan részt vesz, vagy a biztonság érdekében szükséges részt vennie a tervezésben és a kialakításban, először a lokális problémák megoldására törekedve kell fejlődnie egy olyan szintre, ahol már kétely nélkül tud állást foglalni a rá vonatkozó szakterületen. [8]

A tervezési és építési szakaszokhoz a Katasztrófavédelemnek is realizálnia kell a meglévő ismereteit és a felmerült hiányosságokat. Ez kutatásom egyik alapja, miszerint az iparbiztonság szakterületileg elismert és tájékozott szakembereit bevonva megalapoznak olyan ajánlásokat, melyek végeredményben a jövő generációinak biztonságát szolgálják. Ennek szerves része például a nukleáris baleset-elhárítás olyan szintű fejlesztése, hogy nemcsak az új erőműre, de a két erőműre egyaránt elkészüljenek a hatékony megelőzés és kárelhárítás irányelvei.

A kutatásomat azon elv alapján építettem fel, hogy minden jelenleg elérhető, a Katasztrófavédelem számára releváns információ vizsgálatával alapjaiból építkezve, kiterjesztetten elemeztem a kritikus pontokat és ezeket rendeltem olyan szakmai irányelvek mellé, amelyek aztán megadták azt a konklúziót, ami végül érdemleges eredményeket mutat fel.

Ehhez a publikációimban megkezdett vizsgálati tevékenységeket vittem tovább, valamint folytattam a nemzetközi ajánlások hozzárendelését a magyarországi speciális viszonyokhoz, ami szükséges, mert a helyszín, a technológia és a biztonsági viszonyok részletesebb kidolgozást igényeltek az általános irányelvek alkalmazásánál.



## A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

1. Napjainkban a villamos energia olyan mindennapi nélkülözhetetlen elemmé vált, amely folyamatos előállítását igényel, hiszen nem vagyunk képesek egyenlőre azt nagy mennyiségben tárolni. A könnyen előállítható, a háztartásokban és ipari környezetben egyaránt sokoldalú felhasználást lehetővé tevő energia létfontosságú szerepet tölt be minden magán és üzleti célú területen. Magyarországon az ország áramfelhasználásának közel 50%-át biztosítja az atomerőműben megtermelt villamos energia. Az elmúlt évtizedekben a villamos energia felhasználása olyan rohamos mértékben növekedett a technológia és számítástechnika fejlődésének köszönhetően, hogy a közeljövőben az igények kielégítéséhez tudatos tervezésen alapuló, megnövelt hatásfokú energiatermelőkre lesz szükség, amelyek alkalmazása nem jár együtt a környezeti károk növekedésével. [1] A napról napra növekvő egyéni fajlagos energiaigény a technológiai fejlődés és működési hatásfoknövekedés következménye, ami optimális és stabil villamos energiatermelést követel meg. [4]

Az atomerőmű biztonsága azt jelenti, hogy meghatározott intézkedésekkel kizártuk, hogy a környezet, az anyagi javak és mindenekelőtt a mostani és a jövő nemzedékének egészségét ne veszélyeztethesse káros sugárzás az elfogadott kockázati szint felett. Az optimális cél tehát a káros környezeti hatások tényezőinek alacsonyan tartása mellett korszerű és hatékony energiatermelő technológiák kidolgozása és megalkotása.

Az atomerőművekről napjainkban megállapítható, hogy normál üzemi működésük során nincs káros hatásuk és nem okoznak környezetkárosodást, köszönhetően a fejlett aktív és passzív biztonsági rendszereknek, ugyanakkor potenciális veszélyforrások, hiszen speciális körülmények kialakulása esetén akut veszélyhelyzetet idézhetnek elő. Ennek fényében a biztonságos üzemeltetés a legfontosabb kritérium. A reaktorokban található nagy mennyiségű radioaktív anyag sugárzásától a környezetet és első sorban a létesítmény dolgozóit védeni kell. A reaktorban leállítást követően is nagy mennyiségű energia (az ún. maradék vagy remanens hő) szabadul fel, mivel a radioaktív elemek lebomlása tovább folytatódik. Az atomreaktorokban ezért három létfontosságú biztonsági feltételnek kell teljesülni:

- a nukleáris láncreakció hatékony szabályozása;
- a termelt energia megfelelő elszállítása;
- a radioaktív anyagok kikerülésének megakadályozása. [9]

2. Annak érdekében, hogy a kockázat alacsony szintjéhez magas fokú biztonság társuljon, az atomerőmű tervezése és üzemeltetése során kiemelt figyelmet igényel a technológiai rendszerek fizikai felépítésének megfelelő kialakítása korszerű műszaki megoldások alkalmazásával. [5] A műszaki megoldásokhoz társított kockázatelemzések akkor tekinthetők teljesnek, ha a zónasérüléshez, illetve az egyes üzemállapotokhoz rendelt radioaktív kibocsátások mértéke a feltételezhető kiindulási eseménnyel együtt meghatározásra kerülnek, amihez hozzárendeltek a technológiai meghibásodásokon felül a más eredetű külső és belső veszélyek is (pl.: tűz, árvíz, földrengés, időjárás). A kezdeti eseményt követő lehetséges biztonságvédelmi rendszerek meghibásodásai esetén kialakuló üzemzavari és baleseti láncolatot folyamatszimulációval meg lehet határozni, amibe a rendszerek sikeres beavatkozásának szükséges és elégséges feltételei is beletartoznak. Az egyes rendszerek funkcióvesztését elkerülendő a sikeres beavatkozások megakadályozására képes meghibásodások logikai feltételei rendszerelemzéssel feltárhatóak.

A biztonságos működéshez tartozó minden folyamatot, amely veszélyeztetheti a környezetet és társadalmunkat a veszélyesség mértékének függvényében soroljuk be bizonyos irányelvek alá. Az ebből adódó egyezményes szintek támpontokat adnak a technológiai, ipari rendszerek és folyamatok biztonságos létesítéséhez és üzemeltetéséhez. [11] Egy atomerőmű tervezése, megépítése és a leszereléséig tartó biztonságos üzemeltetése olyan követelményeken alapul, melyek során megvalósulnak a már tervezési fázisban lefektetett többszintű, párhuzamos védelmi feltételek. A kritériumok teljesülése nem teszi kizárttá a hibák előfordulását, aminek következményeképp az egyes veszélyhelyzeteket már a kialakulásuk pillanatában tipizáltan be kell tudni sorolni az egyes kidolgozott kárelhárítási eljárásokba. Ezért a kárelhárításban részt vevőknek és a katasztrófavédelem szakembereinek rendelkezniük kell minden biztonságot befolyásoló információval és elhárítás-rendszeri ok-okozati protokoll összefüggésekkel a hatékony feladatok kivitelezése érdekében.

3. A nukleáris létesítmény védelmi tervezésének része, hogy az operatív elhárításban részt vevők rendelkezzenek a kárelhárításhoz szükséges minden olyan felszereléssel, ami az egyes eljárások végrehajtásához szükséges, továbbá a védelem minden szintjén tisztában legyenek a káresemény ok-okozati összefüggéseivel és fel legyenek készülve a következmények hatásaira még azok bekövetkezése előtt. Ehhez szükséges, hogy a saját szakterületük készségszintű ismeretén felül rendelkezzenek olyan átfogó nukleáris ismeretekkel, amik lefedik az atomerőmű biztonsági kockázatait jelentő területeket. [11] Tudniuk kell, hogy az országos vagy lokális specifikus intézkedések és azok besorolási szintjei miként kapcsolódnak szervesen egymáshoz, az összefüggések és működési sémák taglalásával.

A beavatkozások során érintett operatív állomány egészségügyi védelme kiemelt figyelmet igényel a baleset-elhárítás technológiai és műszaki megoldásain felül annak érdekében, hogy a környezet és az emberek egyaránt a lehető legmegfelelőbb helyzetspecifikus ellátásban részesüljenek, megelőzve a káreset-hatások szövődményit és elkerülve az indokolatlan veszélyeztetést.[10]

A tervezés és létesítés nemzetközi és hazai jogi szabályozásoknak, valamint nukleáris irányelveknek tesznek eleget, a meglévő nukleáris létesítményekkel kapcsolatos tapasztalatokat, amely által a biztonság szavatolható. Ha vesszük a különböző kontinenseken található, már üzemelő 3+ generációba tartozó atomerőműveit, az ott alkalmazott követelmények és tapasztalatok mindenképpen alapul szolgálnak egy magyarországi vonatkozású új nukleáris létesítmény kivitelezésénél. [12] Ennek legalapvetőbb oka, hogy a magyarországi szabályozás elsődlegesen régebbi konstrukciójú nukleáris létesítményekre vonatkozik, még ha a szabályozás nem konkrétumokat fogalmaz is meg, hanem olyan követelményeket, amelyekre az újabb technológiákra épülő létesítmények alapvető követelményeit azonosíthatni lehet. [6] A biztonsági és védelmi rendszerek és rendszerelemek több párhuzamos működésű folyamatként üzemelnek, biztosítva az üzemállapotok és ugyanakkor egymás szintjeinek sérthetlenségét is.

4. Az új erőművek technológiai újításait azonosíthatni szükséges a régi erőmű protokolljaival és azokat egy közös rendszerben továbbfejleszteni. [10] A fejlesztés célja pedig olyan hatékony irányelvek kidolgozása, melyek által a jelenleg is magas szintű biztonság tovább növelhető, de legalább annak megtartásával egyenértékű. Eltéréseket és követelménybeli hiányosságokat találunk a 3+ generációs atomerőművek bizonyos lényeges technológiai megvalósítására vonatkoztatva. Vegyük akár az európai AES-2006, akár az orosz VVER-1200 típusú reaktorokat, mindegyiknél szembeötlő, hogy egy kiforrott technológia továbbfejlesztett változatával találkozhatunk, azonban tartalmazznak olyan lényeges fejlesztéseket, melyekről érdembeli említést kell honosítani a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (továbbiakban: NBSZ) kötetei közé. [3]

A magyarországi NBSZ kötetek tartalmazznak minden olyan nukleáris létesítmény életére vonatkozó követelményi felsorolást, melyek szavatolják a biztonságot a tervezés első fázisától a végleges leszerelés és sugárzó anyag mentesítés végső pontjáig. A technológia fejlődése ugyan nem okoz lényegi követelménybeli változási igényt az NBSZ köteteket tekintve, azonban elengedhetetlen, hogy az új létesítmények technológiai megvalósításainak fényében elemzésre kerüljenek olyan új technológiák, mint amilyenekkel például a 3+ generációba tartozó atomreaktorok kapcsán találkozhatunk.

A nukleáris létesítményeket működési szempontból is szemügyre kell venni. A működés alapja egy olyan irányítási rendszer kidolgozása, amely alaposan megtervezett, megfelel a követelményeknek, és képes a biztonság mindenkori szintjét megtartani. [3] Az alaposan megtervezett irányítási rendszerek adják azokat az üzemállapotokra vonatkoztatott eljárásokat, amelyek révén minden helyzetben lehet tudni melyik folyamatot kell felhasználni a tervezési alapokban szereplő normák visszaállításához. Ezek a rendszerek folyamatos ellenőrzésen és fejlesztésen mennek át, hogy a tapasztalatokat felhasználva minden kritikus helyzet lefedett és kontrollálható legyen.[11]

5. Számolni kell azzal, hogy a rendszerek működtetése közben nemmegfelelőségek lépnek fel, amelyek kezelésére a tervezésnek ki kell térnie annak kezelésére és a veszélyeztettség elkerülése érdekében. Ahhoz, hogy ez valóban megvalósuljon, olyan folyamatokat kell kidolgozni, melyek modellezik a követelmények nem teljesülése esetére a következményeket lépésről lépésre úgy, hogy a végeredmény olyan visszacsatolás legyen, ami megelőző és ismétléseket elkerülő protokollokat eredményez. [3] Ennek következménye például, hogy az atomerőművek biztonsága esetében olyan folyamatok lettek kialakítva, ahol a reaktorhűtés aktív és passzív rendszerek segítségével egyaránt működtethető és a passzív rendszer üzemeltetése nem igényel villamos betáplálást vagy emberi beavatkozást. [9] Hogy ez létrejöhessen, a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek tervezési alapelveinek és követelményeinek pontos meghatározása kellett.[12]

Két eltérő generációjú atomerőmű létesítése esetén azok egymásra gyakorolt hatásait nem csak a nemzetközi tapasztalatból származó irányelvek szerint kell kiépíteni, de ezekhez hozzá kell venni a lokális sajátosságokat, a területi elhelyezkedés és hűtővízforrás paramétereit egyaránt. A biztonságos működés olyan eljárásokkal valósulhat csak meg, melyek révén alátámasztható, hogy az új erőmű működése, beleértve annak minden üzemállapotra vonatkoztatott aktív és passzív rendszerét, nincs negatív hatással a régi erőmű működésére és viszont, valamint minden lehetséges eszközzel meggátolt a dominó hatás kialakulása bármely irányba.

A Duna, mint elsődleges hűtővízforrás felhasználásához, a meglévők mellett további alternatív megoldásoknak érvényesítése szükséges, hiszen két atomerőmű ellátását tekintve számos egyedi problémát eredményezhet. A környezeti és hidrológiai viszonyok megváltozása, a vízmennyiség és vízfelhasználás váltakozó aránya, és az évszakoknak megfelelő időjárás változás komoly problémákat vet fel akár a jelenlegi erőmű kapcsán is. Ezek nem tetézhettek két nukleáris létesítmény párhuzamos dunai üzemeltetésével, hatékony alternatív megoldás nélkül, ami nem eredményez normál állapottól eltérő üzemállapotot.

## KUTATÁSI HIPOTÉZISEK

1. Vélelmezem, hogy az atomerőműves technológia és a nukleáris baleset-elhárítás ismereteinek tematizált összefűzésével az általános kárelhárítási eljárásokon felül olyan oktatási és biztonsági eszközparkot felölelő, részletes segédanyagot készíthetek, amely a Katasztrófavédelem szakemberei számára releváns tudást eredményez arról, hogy egy esetleges veszélyhelyzetben milyen protokollokat és eszközöket kell alkalmazni az optimális hatékonyság érdekében.
2. Vélelmezem, hogy a meglévő Paksi Atomerőmű és az épülő Paks 2 irányítási rendszereinek olyan irányú továbbfejlesztése szükséges, ahol az információtovábbítást az eseményhatásokról és az elindított eljárásokról valós idejű adatok továbbítását valósítja meg a védelemért felelős szervezetek felé, továbbá ennek kidolgozása alapján szükséges a veszélyhelyzetekre vonatkozó eljárások bővítése.
3. Feltételezem a nukleáris biztonság jegyében történő, két erőműre vonatkoztatott, kombinált Tűzoltási és Műszaki Mentési Terv (továbbiakban: TMMT) kidolgozását, melyhez bővíteni kell a Baleset-elhárítási Szervezet (továbbiakban: BESZ) és az őket tartalmazó Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv (továbbiakban: ÁVIT) releváns részeit, kiegészítve a létesítményi tűzoltóság speciális bővítésének javaslatával.
4. Vélelmezem, hogy a jelenleg működő négy atomreaktor biztonságnövelő intézkedéseinek keretében kidolgozott Súlyos Baleset-kezelési (továbbiakban: SBK) eljárások továbbfejlesztése szükséges az új generációs atomreaktorok technológiai sajátossága és különbségei végett, bővítve az SBK betáplálási eljárások rendjét, hogy az immár mindkét atomerőmű célzott biztonsági funkcióit képes legyen egyszerre lefedni.
5. Az elmúlt évek tapasztalatai alapján vélelmezem, hogy az Országos Atomenergia Hivatal által készített, a Paksi Atomerőmű Célzott felülvizsgálatáról szóló Nemzeti Jelentés bővítése szükséges az új atomerőmű létesítése kapcsán, hogy a perifériás védelmi eszközök kiépítésének koncepciója megvalósuljon.

## KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

Kutatásom alapvető célja, a Paksi Atomerőmű meglévő biztonsági követelményeinek összegzését felhasználni arra, hogy az ugyanazon természetes vízforrásra létesített új, a már működő erőmű mellé létesítendő atomerőműnek milyen sajátos katasztrófavédelmi biztonsági követelményeknek kell megfelelnie annak érdekében, hogy az a nemzetközi elvárásoknak eleget tegyen.

1. Összesítem a meglévő szabályozókat, amelyek az atomerőmű tervezésével, építésével, üzemeltetésével kapcsolatosak, hogy a lényegi aspektusaikat összefűzve olyan komplex ismeretanyagot eredményezzen, amely az alapvető ismereteken felül bárkinek érthető és felhasználható, akár oktatási célokra is, továbbá kutatom mindazon feltételeket, melyek az atomenergia használata során a Katasztrófavédelem számára felmerülhetnek, a kockázati tényezőktől a társadalomra és gazdaságra gyakorolt hatásokig.
2. Meghatározom a jelenleg aktuális balesetkezelés során alkalmazott eseményfüggő protokollok relevanciáját és működőképességét két, egymás közvetlen szomszédságában működő atomerőmű tekintetében, amivel megalapozom egy új rendszer kifejlesztésének implementálását a védelemi rendszerek elvei közé.
3. Célom az iparbiztonság és a két párhuzamosan működő atomerőmű számára jól meghatározott javaslatok kidolgozása, melyek hatékonyabbá teszik a veszélyhelyzetek kezelését és a bekövetkező balesetek elleni hatékonyabb megelőzési, felkészülési és védekezési feladatokat. A kidolgozandó javaslatok érintik a jogszabályi, technikai, eljárási, hatósági módszertanokat és szabályokat.
4. Vizsgálom a két erőmű párhuzamos működésével kapcsolatos nukleárisbaleset-elhárítási tervezést, meghatározom és elemzem a jelenleg működő intézkedéseket és eljárásrendeket, amelyek révén fejlesztési javaslatokat fektetek le egy új, komplex védelmi tervezési és óvintézkedési rendszer meghatározásához
5. A szakmában szerzett tapasztalataim és a közelmúlt nukleáris technológiát érintő eseményei tükrében következtetéseket vonok le a meglévő eljárásrendek aktuális hatékonyságának mértékéről és azok fejlesztése érdekében, ezek figyelembe vételével a meglévő szabályozókat és a technológiai ismeretanyagokat felhasználva megalapozott bővítési javaslatokat fogalmazok meg.

## KUTATÁSI MÓDSZEREK

A kitűzött célok megvalósításához az alábbi kutatási módszereket alkalmaztam:

1. A releváns szakirodalmat tanulmányozva vizsgáltam át a hazai és nemzetközi nukleáris létesítmények szabályozóit és azokat a kritériumokat, melyek elengedhetetlenek egy atomerőmű alapos megtervezéséhez, hatékony kivitelezéséhez, valamint biztonságos üzemeltetéséhez. A nemzetközi és hazai irányelvek határozzák meg azokat a sarkalatos pontokat, amelyek alapján ki lehet építeni egy atomerőmű biztonságos rendszerét, különös tekintettel arra az esetre, ha több nukleáris létesítmény üzemeltetéséről van szó, melyek egymáshoz fizikailag is közel helyezkednek el, továbbá a technológiai megvalósításuk révén ugyanazon vízforrás látja el őket hűtővízzel.
2. A nemzetközi és hazai jogszabályok és irányelvek vizsgálatával kívánom megalapozni azokat a releváns pontokat, melyekkel az általam választott eljárások és irányelvek bővítésére kívánok javaslatot tenni.
3. A Paksi Atomerőmű szakembereivel folytatott konzultációkkal, a helyi sajátosságok felméréseivel és a technológiai megvalósítások szemrevételezésével, valamint a hozzájuk tartozó működtetési lehetőségek specifikumok kipróbálásával kívánom megszerezni azokat az ismereteket, melyekből a tudományos publikációkat felhasználva személyes tapasztalatokkal ötvözött javaslatokat fogalmazhatok meg.
4. Az új erőműre vonatkozó technológiai rendszerek működésének megismerésével kívánom feltárni azokat az iparbiztonsági pontokat, melyeket a meglévő, régi erőmű technológiai ismereteimből vezetek le, a hozzájuk tartozó belső technológiai szabályzók felhasználásával.
5. Fel kívánom használni az elmúlt évek szélsőséges időjárási viszonyaival kapcsolatos tapasztalatokat, beleértve az alacsony, magas vízállás hatásait és az extrém jegesedés elleni védekezés lehetőségeit.
6. Az új erőmű kivitelezésével megbízott szervezetekkel felvettem a kapcsolatot, továbbá az oroszországi ROSATOM anyavállalattal közvetlen levelezésben állok, a technológiai megoldások és az új technológiai paraméterek meghatározása miatt, melyek befolyással vannak a Katasztrófavédelmi követelmények kidolgozására.
7. A meglévő és bővülő szakmai tudásbázist folyamatosan felhasználom, hogy alaposan körbejárjam a releváns kérdéseket és a meglévő tapasztalatokat használom fel arra, hogy egymásból építkezve határozzák meg a legszélesebb spektrumban a problémákat és a lehetséges megoldásokat.

## RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

Az új atomerőművek létesítésével kapcsolatosan nincs kimondottan egy szabályzó, amely átfogóan behatárolná annak összes Katasztrófavédelmi követelményét, azonban a meglévő jogszabályok megadják azt a keretet, melyhez a nemzetközi irányelvek és ajánlások illeszthetők, így alkotva egy komplex szabályozási rendszert. Az atomerőművek működésével és biztonsági rendszereik követelményeivel kapcsolatosan megfelelő mennyiségű publikus belső szabályozó és leírás létezik, amik kiegészülnek a létesítést végző szervezetek dokumentumaival és a nemzetközi publikációkkal.

Elsőként a legfontosabb nemzetközi szabályozásokkal kezdeném, melyek közül a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség több kiadványa is jelentős súllyal bír. Ezek a *Nuclear Safety & Security - IAEA Safety Standards* [13], az *International Basic Safety Standards* [14] és a *Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants* [15], amelyek minden létező és tervezett atomerőmű biztonsági normáit felsorakoztatják, a potenciális veszélyeztető hatások és balesetkezelés függvényében. Ezek megvalósítása alapvető feltétel ahhoz, hogy bármely nemzet, bármely kormány Európában vagy a világ legtöbb részén nukleáris láncreakció hajtotta erőművet építsen. A biztonsági követelményeket szintekbe rendezi, melyekhez minden erőműtípusnak van példa értékű kapcsolódása. Az egyes atomerőművek fejlesztéseinek a nemzetközi normák betartásával az az eredménye, hogy reaktor-kategorizált besorolást kapnak, amelyek mutatják az aktuális nukleáris biztonság mértékét. A reaktorok moderátorainak, fűtőanyagának és védelmi szabályozó megvalósításainak felsorolásával képet kaphatunk a működő atomerőművek biztonsági szintjeiről és az új, harmadik generációs erőművek összehasonlításáról.

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (továbbiakban: NAÜ, angolul: IAEA - International Atomic Energy Agency) által kidolgozott *Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants* [16] és a Nemzetközi Nukleáris Eseményskála (továbbiakban: INES - International Nuclear and Radiological Event Scale) [17] olyan egyértelmű káresemény súlyosság behatárolásokat fogalmaznak meg, melyek a szervezet által felügyelt minden országban található nukleáris létesítményre egyaránt vonatkozik és amelyek révén egységes elbírálás alkalmazható.

A magyarországi jogi szabályozás fontos elemeivel folytatnám, melyek az illesztett jogi szintjüknek megfelelő hatásköri szabályozással és részletességgel határolják körül azokat a nemzetközileg is elfogadott és honosított szabályokat, melyek lehetőséget teremtenek a nukleáris védekezés megfelelő kidolgozására és végrehajtására.



*A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet [3] az atomerőművek üzemállapotokra bontott részletezésével, a biztonsági rendszerek és rendszerelemek követelményeinek ismertetésével foglalkozik. Ezek az úgynevezett a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok keretében szabnak a nukleáris üzemeltetés feltételeinek és korlátainak. A rendelet és mellékleteinek terjedelme széles spektrumban lefedi a biztonsági tervezési alapokat, amelyek az értekezés során, mint kötelező irányelvek jelennek meg a magyarázatok és javaslatok megalapozásához.*

A követelmények alapjául az *atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény [18]* szolgál, melyben meghatározásra kerülnek a nemkívánt események és a biztonsági irányelvek meghatározásai. Erre hivatkozva fogom a kidolgozott eljárásrendeket indokolni és a törvény elvét követve kifejteni azokat. A nukleáris létesítmény működését biztosító rendszerekről, az aktív zónáról, valamint az aktív és passzív rendszerek lényegi elemeiről az *atomenergia alkalmazásával kapcsolatos sajátos tűzvédelmi követelményekről és a hatóságok tevékenysége során azok érvényesítésének módjáról szóló 5/2015. (II. 27.) BM rendelet [19]* ad tájékoztatást, továbbá kitér a tűzszakaszok, tűzvédelmi dokumentációk és automatikus biztonsági rendszerek irányelveinek követelményeire is. A biztonsági rendszerek és rendszerelemek szerkezeti követelményeiről, az érzékelők és oltóberendezések hibatűrésinek elfogadhatósági jellemzőit az *Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (IX.6.) BM rendelet* (továbbiakban OTSZ) [20] tartalmazza. Az OTSZ-hez társul a tűz megelőzés, tűzterjedés, tűzgátlás, tűzvédelem, továbbá hő és füstelvezetés paramétereinek tekintetében az *építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet [21]* is. A jogforrások meghatározásait felhasználom az értekezés kidolgozása során, hogy új rendszerelem kidolgozását és implementálást javasoljam a meglévő biztonsági funkciókat ellátó rendszerek közé.

Az atomerőművekben keletkező ionizáló sugárzás kérdésköre az egészségre és a környezetre káros hatása miatt meghatározó rész-szempontra. A hatások elleni védekezés tekintetében lényeges információkat szolgáltat az *ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet [22]*, az *Atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet [23]* és az *ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról szóló 59\_2013 Euratom irányelv. [24]*

Fontos megjegyezni, hogy a mind a beavatkozók, mind pedig a védendő személyek szempontjából lényegesek az atomerőmű területére és egyes helyszíneinek jellegére vonatkozó egészségügyi hatások ismerete, amelyhez az egészségügyről szóló 1997 évi CLIV törvény [25] adja meg a szükséges alapismeretet.

A környezet szempontjából pedig megemlíteném még a 15/2001. (VI.6.) KöM rendeletet az *atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről*. [26] A benne foglaltak lényeges követelményeket fogalmaznak meg, amit alkalmazni kell a jelenleg működő és a tervezett atomerőműre vonatkoztatva.

A Katasztrófavédelem szempontjából jelentős meghatározásokat tartalmaz a *katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény* [27], melynek értelmében a szükséges beavatkozások tervezése, a lakosság védelme, valamint a nukleáris baleset és a hatásainak leküzdése érdekében olyan alapos felkészülés szükséges, melyhez a személyi és az anyagtechnikai eszközök biztosítása is hozzá tartozik a megelőzési tervezésen és a beavatkozások hatékony megvalósítására szolgáló átfogó veszélyelhárítási intézkedéseken felül.

A törvényhez kapcsolódik a lakosság nem tervezett sugárterhelésének elhárítása és a hatékony következménycsökkentés érdekében szükséges szerű megoldások alkalmazása melyhez a *katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet* [28] fogalmaz meg irányelveket. A dolgozat fejlesztési javaslatai egy ponton megállapítják, hogy ezen jogforrásokat alapul véve milyen fejlesztési irányt szükséges választani a meglévő és tervezett nukleáris létesítmény védelméhez.

Az egységes helyzetkezelés és nukleáris balesetvédelem hatékonyságának megalapozására szolgál az *Országos Nukleárisbaleset-elhárításról szóló 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet* [29], amelynek működési koncepciója azonos és szorosan összefügg a Paksi Atomerőműben alkalmazott balesetelhárításért felelős szervezet működésével és eljárásrendjeivel.

A beavatkozásban részt vevő személyzet feladatait több összefonódásban is megszabják a jogi források. A *tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény* [30], valamint a *tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól kiadott 39/2011. (XI. 15.) BM rendelete* [31] keretezi a vonulásra kötelezett erők és eszközök mennyiségét a kialakult helyzet súlyosságának függvényében.

A beavatkozó erők hatékony munkavégzéséhez biztosítani szükséges azokat a feltételeket, melyek alapján feladataikat el tudják látni. Az *önkormányzati és létesítményi tűzoltóságokra, valamint a hivatásos tűzoltóság, önkormányzati tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesület fenntartásához való hozzájárulásra vonatkozó szabályokról szóló 239/2011. (XI. 18.) Korm. rendelet* [32] meghatározza a korábban említett törvények értelmében az alapkövetelményeket, ami Paks és az atomerőmű esetében a létesítményi tűzoltóságra vonatkoztatva a *PK-43/2008-as Paksi HTP által kiadott határozatban* [33] jelenik meg. A beavatkozó állomány feladatai egységesítettek és a *Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról szóló 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítás* [34] alapján részletes követelményekre épülő vezetési és végrehajtási protokolloknak megfelelően kerülnek kivitelezésre.

Az atomerőmű a jogszabályi megfelelésben rendelkezik további belső szabályozókkal, amik a technológiai és működési paramétereken felül kitérnek az egyes üzemállapotokra vonatkoztatott eljárásrendekre és a veszélyhelyzeti intézkedési stratégiákra egyaránt. Az üzemeltetéssel foglalkozó szakirodalmon felül az emberi tényezővel kapcsolatosan is több olyan belső norma létezik, melyek a nukleáris biztonság érdekében meghatározzák a munka-, tűz- és sugárvédelmi irányelveket a dolgozók számára.

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. és a Paks II technológiai dokumentációi és eljárásrendjei a rendszerek és rendszerelemek működését, valamint azok összefüggéseit taglalja. Ezek releváns részeinek megvizsgálásával olyan összefüggések jeleníthetők meg, amelyek segítségével a hipotéziseimben megfogalmazott egyes feltételezések alátámasztást nyernek, vagy olyan következtetéseket lehet általuk levonni, melyek a megfogalmazott tudományos probléma elemeit bővítik. Az atomerőmű üzemeltetéséhez és helyzetkezeléséhez tartozó biztonsági jegyzetek és tervezetek meghatározzák a nukleáris biztonság megtartásának aspektusait és konkrét védelmi tervezési irányelveket sorolnak fel.

A Paksi Atomerőmű belső szabályzói között olyan közvetlenül releváns dokumentumok felhasználására kerül sor az értekezés kifejtése közben, mint amilyenek a *Nukleáris biztonság alapelvi* [5], *Irányítástechnikai Ismeretek jegyzete* [35], a *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat* [9] vagy, hogy az egyik leglényegesebbet említsem, az *Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv* (továbbiakban ÁVIT) [11].

Az ÁVIT és annak olyan célirányos végrehajtási utasításai, melyek a Baleset-elhárítási Szervezet vagy az Ügyeletes mérnök tevékenységére vonatkozó végrehajtási utasításokat tartalmazzák, kiegészítik a *Súlyos Balesetkezelési Útmutatókban* [36] foglalt megelőzési és veszélyhelyzet kezelési végrehajtandó eljárásokat és *Súlyos Balesetkezelés Rendszereinek* részletezésére szolgáló irányelvek összességét. [37]

Az ÁVIT modulokra osztott eljárásrendi iránymutató, mely tartalmazza az általános ismereteket [11], a nukleáris baleset-elhárítással kapcsolatos intézkedéseket [38], a *Műveletirányító Tervet* [39], a polgári védelmi irányelveket [40] és az atomerőmű *Tűzoltási és Műszaki Mentési Tervét* [41]. A moduláris felépítésű tervekhez pedig közös mellékletgyűjtemény [42] tartozik.

Az Atomerőmű Tűzoltósága számára létrehozásra kerültek olyan belső útmutatók, mint az *Atomerőműves rendszerek* [10] és az *Üzemzavar elhárítás* [43] összegző anyagai, melyek lefedik a kötelező szakmai ismeretek területét, mivel készség szintű ismeretekkel szükséges rendelkezniük az egyes káresemények során a végrehajtandó beavatkozási és következménycsökkentő intézkedések kapcsán. Annak érdekében pedig, hogy a tényleges végrehajtás szakszerűen megismerhető és alkalmazható legyen, kidolgozásra került az úgynevezett *Üzemzavar elhárításban, Súlyos Baleset-kezelésben, Nukleáris Baleset-elhárításban közreműködés belső szabályzata*. [44]

Az új atomerőmű létesítés lokális projektje, vagyis a Paks II tervezetéhez tartozó nyilvános *Telephely Biztonsági Jelentésének, Geológiai* [45], *Hidrológiai* [46], *Meteorológiai kötete* [47] és a *Telephely Jellemzés* [48] dokumentációk révén látható, hogy milyen részletes és aprólékos tervezés szükséges ahhoz, hogy egy nukleáris létesítmény felépülhessen. Erről tanúskodik a Magyar Villamos Művek Zrt. *Új atomerőművi blokkok létesítése* [49] című előzetes konzultációs dokumentáció is, amely a tervezés egyik első alapkövét tette le, felvetve a technológiai kidolgozás lokális kérdéseinek revízióját.

A nukleáris biztonság és az atomenergia kapcsolatával, továbbá a békés célú veszélyes tevékenységek kérdéskörébe tartozó felhasználással kapcsolatos publikációk, jegyzetek és könyvek nem minden esetben műszaki jellegű megközelítéssel értekeznek a témában, ugyanakkor a más szemlélet inspiráló hatást vált ki.

Petőfi Gábor, Rónaky József, Solymosi József: *A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése* [50] című publikációja segítségemre volt a nemzetközi ajánlások vizsgálatánál és az országos védelmi rendszerek és szabályozók kiértékelésénél. Ehhez társulva új perspektívákat világított meg előttem a Sebestyén Zsolt, Horváth Kristóf, Kátai-Urbán Lajos szerzésében készült *Nukleáris biztonság és védettség hazai kutatási-fejlesztési eredményei* [51] szakcikk, mely rámutat a nemzetközi ajánlások megfeleltetésének, a nukleáris létesítményekre vonatkozó szabályozások és jogszabályi követelmények hierarchikus felépítettségének fontosságára egyaránt.

Jelentős betekintést nyújtottak többek közt Berek Tamás: *ABV védelmi alapismeretek* [52], Pátzay György: *Energiatermelés* [53], Radnóti Katalin - Király Márton: *Az atomenergiáról egyszerűen - az atomerőművek működése* [54], Manga László - Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris balesetektől levonható tanulságok* [4] és Szakál Béla - Vass Gyula - Kátai Urbán Lajos: *Katasztrófavédelem I. – Vegyipari Katasztrófák* szakkönyv [55]. Elter József - Tóthné Laki Éva - Peter Matejovic: *Súlyos baleset kezelési koncepció az olvadék reaktortartályban tartására a Paksi Atomerőműben* [56] munkásságai a témában. Az atomerőművek működésének és azok történelmének rövid bemutatása elegendő információt adnak ahhoz, hogy kiindulási alapja lehessen bármely reaktorokkal kapcsolatos kutatási témának. Érthető rendben magyarázzák meg, hogy milyen reaktortípusok vannak és azok milyen egyedi működési elvek alapján lettek kivitelezve. A nukleáris láncreakció szabályozásához egy, a hétköznapi ember számára is érthető módon megfogalmazott leírással találkozhatunk, ami szakmailag tökéletesen elfogadható és egy részletesebb kidolgozáshoz fontos kulcsmotívumokat tartalmaz. Az alapvető atomerőművek fajta szerinti csoportosításán felül többek között kitérnek a kísérleti stádiumban lévő reaktorokra is és azokat is besorolja az innovatív működési elv engedte reaktortípusok közé.

Az előadássorozatokban, melyeket megtekintettem és felhasználtam, a képekkel illusztrált történelmi események jelennek meg, melyek által a régi atomenergia program néhány muzeális darabjáról láthatunk felvételeket. A strukturált sorba rendezés következtében láthatjuk, hogy a fejlődés mértéke milyen rohamos mértékben növekszik a számítástechnika és az atomtechnológia fejlődésével. Képekkel illusztrálva bemutatásra kerülnek az atomreaktor generációk vonzatában a reaktorok megvalósított és elméleti kivitelezésű, egyszerűsített robbantott működési ábrái. A következő előadásokat emelném ki ezzel kapcsolatban: Hanusovszky Lívia: *Atomreaktorok előadás* [57], Rácz Ervin: *Nukleáris Erőművek* [58] előadássorozat, Czifrus Szabolcs: *IV. generációs reaktorok kutatása* [59], Boros Ildikó: *Atomerőművi főberendezések* [60], valamint Német Béla: *Nukleáris energetika előadássorozat, 7. előadás: Harmadik generációs atomerőművek* [61] című munkássága.

Az atomenergiái alapismeretekről szóló könyvekben, többek közt olyanok, mint amilyenek például Pór Gábor: *Atomenergetikai alapismeretek* [12] és Csom Gyula: *Atomerőművek* [62] című munkássága, hosszan és részletesen bemutatásra kerülnek a nukleáris folyamatok, alapos magyarázatokkal és technológiai ismertetésekkel. Alapvető témájuk célzottan a Paksi Atomerőmű mérnöki részletességű bemutatása és működés mechanizmusának leírása.

A könyv fejezetei egymásra épülve magyarázzák meg az atomenergia alapvetéseit, annak működési elveit, majd konkrét megvalósulását az erőműben, és hoznak példákat az egyes külföldi nukleáris létesítmények közül.

Meghatározó volt a témában Bognár Balázs, Kátai-Urbán Lajos, Kossa György, Kozma Sándor, Szakál Béla, Vass Gyula.: *Iparbiztonságtan I.* [63] tankönyv felhasználása, amely hosszasan taglalja a Katasztrófavédelem számára alapvető iparbiztonsági ismereteket és a 7. fejezetet teljes egészében a nukleáris iparbiztonsági fogalmak és nukleáris láncreakciók ismertetésének szenteli úgy, hogy az alapvető kémiai reakciók ismertetéséből lépcsőzetesen építkezve fejti ki a nukleáris láncreakció működését és annak veszélyeit.

Dan Gabriel Cacuci: *Handbook of Nuclear Engineering* [64] című könyve lényeges aspektusokat támaszt alá, mivel a könyvben részletesen megtalálhatók a nukleáris technológiai folyamatok és azok megvalósításához szükséges feltételek. Részletes és alapos atomfizikai tudástárat fog össze, melynek révén a nukleáris energiatermelés eszközeinek és berendezéseinek minden olyan hatás-ellenhatás mechanizmusát bemutatja, amelyről a mai tudomány információval bír. A nukleáris erőművek és működési mechanizmusuk leírásával és a mérnöki megvalósítások különbségeinek kihangsúlyozásával segít tájékozódni egy lehetséges atomerőmű építés alapvető kérdéseiben.

Hasonlóan jelentős, a biztonsággal kapcsolatos magyarázatokra leltem Földi László, Halász László, Kis Erika: *Környezetbiztonság* [65] című könyvében, amely az ipari katasztrófák és az energiabiztonság, továbbá a klímaváltozás aspektusainak témakörével behatárolta az értekezésem tárgyi érintettségében releváns nukleáris környezetbiztonság elemeit.

Megemlíteném még a *The World Nuclear Industry Handbook* [1] és *Status Report* [2] című nemzetközi kiadványsorozatokat, amelyek a világ nukleáris erőműveinek aktuális beszámolóját tartalmazzák és hasonlatosak a Paksi Atomerőmű Fukushima-i balesete után készített célzott biztonsági felülvizsgálati jelentéséhez, melyet az Országos Atomenergia Hivatala (továbbiakban: OAH) készített *Nemzeti Jelentés* címen [6], azzal a különbséggel, hogy ez egy nemzetközi csoport tanácskozásának és elemzésének keretében készült a NAÜ koordinálásával.

Az állapotjelentés tartalmazza a világban történt események és a múltban történt változások jelenlegi hatásának ismertetését. Ehhez kapcsolódik szorosan az MVM Paksi Atomerőmű által készített *Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Előrehaladási Jelentés* [7] is, melyben részletezésre kerülnek az egyes vizsgálati folyamatok aktuális állásai.

A nukleáris balesetek történeteinek és következményeinek megértésében Dobor József, Pátzay György és Kossa György szerzésében készült *Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai I.* [66] és *II.* [67] szakcikkek voltak segítségemre, melyek olvasata kiegészült Solymosi Máté, Solymosi József, Vass Gyula: *A nukleáris biztonsági kultúra és a nukleáris védettség kultúra történeti áttekintése és hazai alkalmazásai* [68], valamint Solymosi Máté: *Kis szervezetek nukleáris biztonsági és védettség kultúrájával kapcsolatos megfontolások* [69] következtetéseinek felhasználásával a nukleáris védettség és a biztonsági kultúra tárgykörében. Ebből továbbvezetve, a balesetmegelőzés hatékony fejlesztéséhez meghatározó volt Mesics, Zoltán: *A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzésének és kezelésének hatékonyabbá tétele a biztonsági irányítási rendszerrel szemben támasztott követelményrendszer* [70] című műve.

Az értekezésem során a természeti jelenségek okozta károsító hatások és azok következményeinek témakörében is célirányosan elmélyítettem ismereteimet, amihez nagy segítségemre voltak Priváczkine Hajdu Zsuzsanna, Endrődi István, Muhoray Árpád: *A belvíz elleni védelem új lehetőségei a korszerű polgári védelem rendszerével* [71] és Hoffmann Imre, Szlávik Lajos, Cimer Zsolt: *Árvíz által okozott katasztrófák iparbiztonsági vetületei* [72] című publikációk, hogy az árvíz veszélyeztetettséggel, azok ipari üzemekre gyakorolt hatásaival, valamint a következmények leküzdésével kapcsolatos megfogalmazásaik szélesítsék a témában a látókörömet.

Rávilágítottak továbbá az éghajlat és klímaváltozás potencialitására is, melyhez Csurgai József: *Az éghajlatváltozás hatásának vizsgálata környezeti nukleáris mérés technikában alkalmazott berendezések megbízhatóságára, mérési karakterisztikájára* [73] című tanulmánya társult, további ismeretek megalapozásával karöltve a sugármérés korlátainak és kérdéskörének tekintetében, ami gondolatébresztő hatással volt a sugárzással kapcsolatos nézeteimre.

Az ionizáló sugárzásról meglévő, az atomerőmű vonatkozásában megszerzett kötelező ismereteimen felül elemeztem Manga László, Deme Sándor, Vincze Árpád: *A lakosság óvintézkedések bevezetésének sugárzás monitorozási kérdései a nukleáris veszélyhelyzetben*[74] szakcikkét, a sugármérés és a lakosságot érintő dózisteljesítmények csökkentésére alkalmazható eszközök megismerésére, továbbá az emberi életet és egészséget veszélyeztető hatások és a sugárzó anyagok kezelésének tárgykörében Hoffmann Imre, Kátai-Urbán Lajos, Lévai Zoltán, Vass Gyula: *Iparbiztonsági kockázatok Magyarországon* [75] munkája által mélyítette a tudásomat.

A sugárvédelem és radioaktív kibocsátás kapcsán, az értekezésem kidolgozása közben egyik fejlesztési javaslatom alátámasztásához és körüljárásához segítségül hívtam Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Manga László, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán munkásságát a *Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radioaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszerekben* [76] szakcikk által. A témához társult, mint egyenes ágú vizsgálati aspektus, hogy a lakosság védelmére és tájékoztatására szolgáló eljárásokra is kitérjek, mint külön veszélyhelyzeti kérdéskör. Ehhez Tóth Ferenc, Mógor Judit, Bonnyai Tünde: *A katasztrófavédelem polgári védelmi feladatai* [77], valamint Mógor Judit, Bonnyai Tünde: *A katasztrófavédelem lakosságtájékoztatási módszerei és eszközei* [78] című publikációkat használtam fel.

Fontos pontjai az atomerőművek működéséről szóló könyveknek, hogy a teljes és lokális működés pontos leírására egyaránt törekednek, továbbá bemutatásra és elemzésre kerülnek a nukleáris folyamatokban szervesen részt vevő rendszerek, azok fontossága és relevanciája szerint.

Az atomerőművek fejlődése látható az egymástól nem egyértelműen elhatárolható generációs besorolás révén is, hiszen minden változtatás, ami megvalósításra került, nem eredményezhet egy újabb generációt. Ugyanakkor a jelenleg besorolt és használt generációs fogalmak, működési elvek és reaktortípusok ismerete elengedhetetlen egy új atomerőmű létesítéséhez.

A biztonsági követelmények a nukleáris láncreakció okozta veszélyek miatt lettek kialakítva, amelyek természetes velejárói egy atomenergia működtette erőmű életének. A sugárzás szinten tartása és a biztonságos működés szavatolása olyan alapvető biztonsági kritériumok, melyek alapos tanulmányozásához a megelőző technológiák működésének pontos ismerete szükséges.

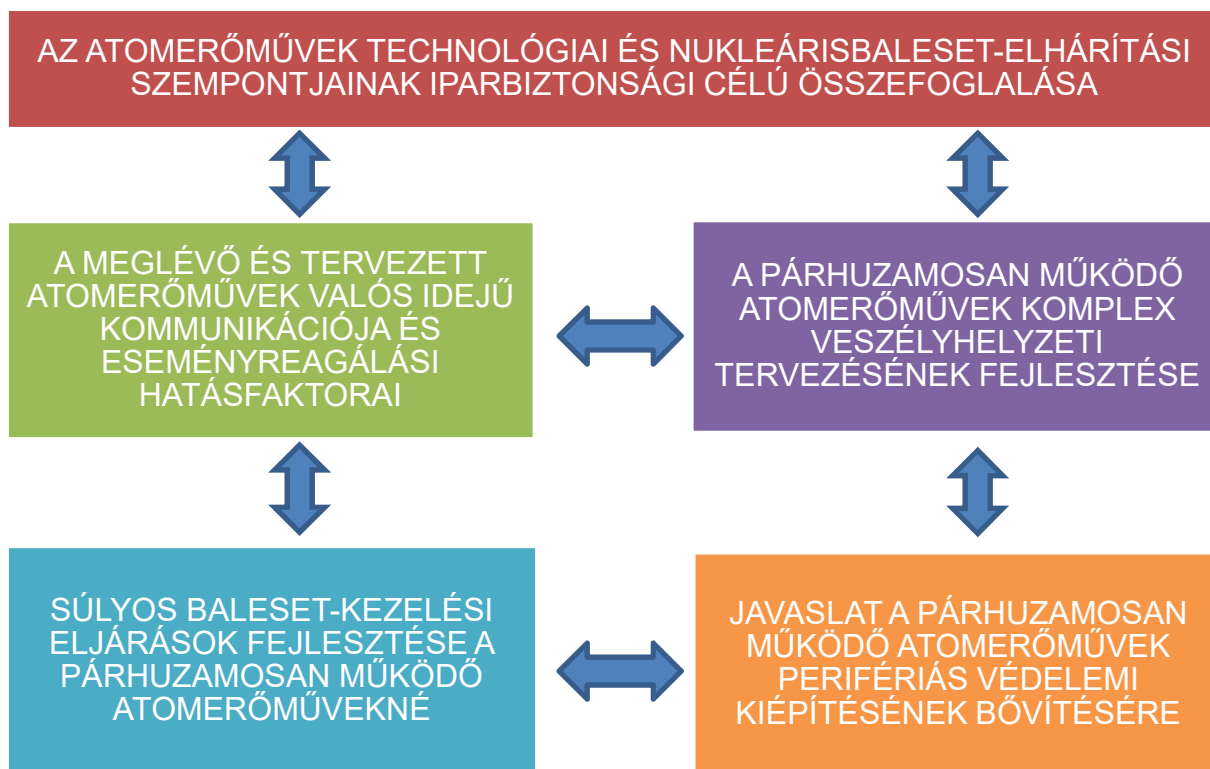
A nukleáris láncreakció nem változott az első erőmű megépítése óta, de az azt megvalósító, szabályzó, felhasználó technológia viszont sokrétű fejlődésen ment keresztül. Egy új atomerőmű létesítéséhez és annak biztonsági követelményeihez elengedhetetlen a már működő és fejlesztés alatt álló technikák ismerete.

A jövő generációi a jelen biztonsági normáinak vizsgálatával fognak fejlődni, azonban ahhoz, hogy ezt megtehessék, nekünk olyan működőképes irányelveket kell megfogalmazni, amelyek fokozzák a már meglévők hatékonyságát.



## AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE

A tudományos célkitűzéseim alapján a doktori értekezésemet öt egymásra épülő tartalmi fejezetre bontva dolgoztam ki, melyet az 1. ábra szemléltet.



1. ábra: az értekezés fejezeteinek kohéziója, forrás: saját ábra

Az első fejezet szerepe kettős. Elsőként a fejezetben ismertetésre kerülnek az atomerőművek alapvető meghatározásai, szabályzói, valamint a tervezéshez és működtetéshez társított veszélyek behatárolása. Ebből kiindulva az atomerőművek technológiai és nukleárisbaleset-elhárítási alapismereteinek Iparbiztonsági szakemberek számára történő összefoglalása kapcsán Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyvet dolgozok ki, alátámasztva annak szükségességét a Katasztrófavédelem számára. A szakmai ismeretek megfelelő továbbadásának érdekében a kézikönyvhöz oktatási tematikát építék fel, amely a fejezet és a vonatkozó mellékletek felhasználásával többszintű ismeretterjesztést valósít meg.

A második fejezet a két Paksi Atomerőmű valós idejű kommunikációjának és eseményreagálási hatásfaktorainak releváns szükségszerű fejlesztését fogja taglalni, melyben lefektetem az Üzemállapot Monitorozó Rendszer alapjait, a hozzá tartozó kivitelezési követelmények feltételeivel, amellyel valós idejű üzemállapot információ továbbítására szolgáló rendszer működtetése lesz lehetőség. Az Ügyeletes Mérnök és az EIK szolgálatvezető számára rendszeresített veszélyhelyzet felmérésére szolgáló információs adatlap fejlesztését iktatni kívánom az ÜMR-t a felhasználható eljárásrendek fejlesztése közé.

Az ÜMR használhatóságához meghatározom a technológiai beavatkozás lehetőségeit, párhuzamosítva azt a valós idejű információtovábbítás lehetőségével a helyzetkezelésben részt vevő biztonsági szervezetek felé, továbbá lefektetem az ÜMR energiaellátására és üzemeltetésére vonatkozó alapvető feltételeket. Javaslatot fogalmazok meg a Veszélyhelyzeti Osztályok bontásában az azonnali válaszingedések tervezetének fejlesztésére és bővítésére. Megtervezem az ÜMR felhasználói felületét és annak működésére vonatkozó kritériumokat.

A harmadik fejezetben a két párhuzamosan működő atomerőmű komplex veszélyhelyzeti tervezésének megalapozásához többrétű fejlesztést és bővítést fogalmazok meg. Az ÁVIT kapcsán meghatározom azokat a bővítési irányokat és célokat, melyekkel lefektetem a két egymás mellett párhuzamosan működő atomerőmű ÁVIT eljárásrendjének megvalósíthatóságát. Kidolgozom a bővített és összevont BESZ strukturális felépítési fejlesztésének kritériumait, amiből levezetem egy újfajta Közreműködő BESZ működésének aspektusait. Fejlesztést fogalmazok meg a BESZ riasztási láncolatának módosítására, hogy illeszkedjen az általam javasolt BESZ bővítéséhez.

Javaslatot dolgozok ki egy olyan ellátottságú és fejlesztésű közös VVP kiépítését, amely eleget tud tenni mindkét atomerőmű tekintetében a kritikus helyzetben támasztott követelményeknek. A BESZ bővítése kapcsán meghatározom egy párhuzamosan működő BESZ struktúráját és működési kritériumait, valamint ehhez kapcsolódóan kidolgozom és elemzem a létesítményi tűzoltóság bővítésének koncepcióját összefűzve annak alátámasztott erő-eszköz fejlesztési javaslatával, hogy mindkét atomerőmű védelmét maradéktalanul képes legyen ellátni. A kárelhárítás hatékonyságának fejlesztéséhez lefektetem a kombinált TMMT tervezési szempontrendszerét, annak bővítési, kidolgozási és fejlesztési összevonásával. [85]

A negyedik fejezetben a két párhuzamosan működő atomerőmű biztonságnövelő fejlesztése keretében a Súlyos Baleset-kezelési eljárások bővítéséhez dolgozok ki releváns fejlesztéseket. Javasolni fogom a két atomerőmű közti SBK betáplálás átvezetésének kiépítését és az ennek kapcsán felmerülő SBK eljárásrendek közös rendszerben történő fejlesztését és meghatározom a jelenleg hatályban lévő SBK útmutatók fejlesztési irányát, hogy a két párhuzamosan működő atomerőmű végső védvonalainak elvesztése után is képes legyen olyan alternatívát kínálni, amellyel a nukleáris baleset elhárítás hatékonyan megvalósítható.

Az új atomerőmű technológiai differenciája miatt kidolgozásra kerül a duplafalú konténment SBK keretein belül történő levegőhűtés kivitelezésének koncepciója, amely olyan fejlesztés, ami jelenleg még a technológiai együtthatók miatt nem létezik. Javaslatot fogalmazok meg a közös SBK tekintetében szükséges erő-eszköz fejlesztésre és alternatív vízforrások kiépítésére, különös tekintettel az új atomerőmű hidegvizes csatornájának kialakítására és egy mesterséges víztározó felhasználhatóságát alátámasztó koncepcióra.

Alátámasztom továbbá a helyzetkezelés elengedhetetlen aspektusaként az operatív vezetők és végrehajtók számára az első fejezetben megfogalmazott ismeretek, mint célirányú szaktudás meglétét, valamint visszautalok az SBK helyzetek kapcsán az ÜMR felhasználhatóságának további lehetőségeire is. Levezetem, hogy a bővített SBK megnövelt helyzetkezelési potenciált követel meg, ami alátámasztja a korábban meghatározott tűzoltóság létszám bővítésének szükségességét.

Az **ötödik fejezet** a két párhuzamosan működő atomerőműre vonatkozó perifériás védelem kiépítésének koncepciója kapcsán sorakoztat fel megállapításokat. A Paksi Atomerőmű árvízvédekezési koncepciója kapcsán fejleszthető aspektusokat állítok fel. Szakmai emlékeztetőt fogalmazok meg a földrengés ellenállóság jelenlegi elvének megtartására és annak fejlesztési irányára a két atomerőmű párhuzamos működtetése kapcsán. Ennek tartalmi részei a technológiai releváns pontok megerősítése, az SBK eszközök elhelyezése és kezelése, a közös földrengésbiztos VVP és óvóhely kiépítése, valamint a rádiórendszer földrengés ellenállósági paraméterei.

A földrengés vagy szélsőséges helyzetek kapcsán visszautalok az ÜMR felhasználhatóságának ide vonatkozó lehetőségére, amennyiben a normál kommunikációs csatornák sérülése azok használhatatlanságát eredményezné. Az új atomerőmű területe kapcsán árvízvédelmi fejlesztést vázolok fel, amelyhez meghatározom, hogy már a létesítés szakaszában milyen kritériumok szükségesek.

A jegesedés és az extrém alacsony vízszint, mint rendkívüli időjárási helyzetek kapcsán javaslatot teszek a biztonsági dokumentáció részlemeinek fejlesztésére és ezáltal a jelzett természeti jelenségekre történő alapos felkészülésre hívom fel a figyelmet, melyhez a létesítendő új atomerőmű technológiai kiépítése során külön figyelmet kell fordítani már a létesítés szakaszában. A dolgozat végén pedig kidolgozom a szélsőséges természeti és időjárási jelenségek implementálását az ÁVIT és leendő bővített ÁVIT veszélyhelyzeti osztályozásai közé.

# 1. AZ ATOMERŐMŰVEK TECHNOLÓGIAI ÉS NUKLEÁRISBALESET- ELHÁRÍTÁSI SZEMPONTJAINAK IPARBIZTONSÁGI CÉLÚ ÖSSZEFOGLALÁSA

Egy atomerőmű biztonságos létesítésének és üzemeltetésének megvalósulása alapvető követelmény, mint ahogyan az is, hogy azokban a kivételes, ám kritikus helyzetekben, mikor egy kialakult esemény üzemállapot-változást eredményez, az ok-okozati ismeretek megléte elengedhetetlen. Ahogyan az bármely más veszélyes üzem káreseménye során borítékolható, az információhiány olyan hibákhoz vezet, amik súlyos károkat okozhatnak. A legtöbb ilyen információhiány következtében eszkalálódó esemény súlyosbodás elkerülhető, amennyiben az operatív irányító és beavatkozó állomány egyaránt átlátja a teendők sorrendiségének megalapozott fontosságát, továbbá az esemény kapcsán felmerülő szimultán hibákból ugyanazokat a konzekvenciákat vonják le. [1]

A homogén oktatási anyagok révén érhető el az az egységes szemlélet, melyből a hatékony kárelhárítás eredeztethető. A nukleáris technológia különleges helyet foglal el a veszélyességi besorolásban, hiszen működtetése olyan elhivatott precizitást igényel, ami felülmúlja a más veszélyes üzemeket kezelő személyek szintén hatékony és biztonságtudatos munkavégzését. A Katasztrófavédelem szakemberei számára jelen helyzetben nem, mint sugárbiológiai szakértő vagy mint reaktor-operátor mérnök kell tekintenünk, ugyanakkor a meglévő tűzoltási- és műszaki mentési szakértelemnek ki kell egészülnie a létesítmény speciális tulajdonságainak ismeretével.

Az atomerőművek működésének és a működés révén potenciálisan felmerülő veszélyhelyzetek tudásbázisának hiányossága nem mentesítheti a beavatkozásban részt vevőket, hiszen az első beavatkozók és az ő támogatásukra érkező erők az elsődleges emberi védelmi vonal a katasztrófa kialakulása és a társadalom biztonsága közt. Egyszerűen fogalmazva a jelen fejezetbe foglaltak jelmondata: Ha ismert a technológia, ismert a stratégia!

A műszaki megoldások átlátása a kárelhárításon túl hatékonyabb megelőzést, felkészülést és helyreállítást tesz lehetővé. A tudásfejlesztés alapja egy megfelelően tematizált oktatási anyag kidolgozása, ahol feltételezzük, hogy az alapvető tűzoltási- és műszaki mentési alapismeretek már elsajátításra kerültek, ugyanakkor egy nukleáris létesítmény lényegi aspektusainak már részletes és konzekvensen egymásra épülő, széles spektrumban felölelt információhalmazt kell alkotnia. Ebben a fejezetben ezen célnak kívánok eleget tenni.

Az összefűzött alapvető Katasztrófavédelmi iparbiztonsági ismeretek taglalása után sorra veszem a nukleáris baleset-elhárítás megvalósulásának gyakorlati aspektusait, különös figyelmet fordítva a sugárzás okozta egészségügyi hatásokra, mivel a sugárzás elleni személyi védelem lehetőségei korlátozottak, ebből adódóan minden ezzel kapcsolatos opció megismerése felvértezi a beavatkozó állományt e láthatatlan veszélyforrással szemben. [85]

A fejezetben megvizsgált ismeretek bemutatásával többszintű elemzést hajtok végre, mivel az általános irányelvek és besorolások mellett összevetem azokat a Paksi Atomerőműben alkalmazott megoldásokkal. Az országos szintű, jóváhagyott alapelvek minden esetben szoros összefüggésben vannak az atomerőműre lokálisan módosított elvekkel. Ezek alapján az alkalmazott módosítások minden tekintetben megfeleltethetőek az országosan megkövetelt eljárásrendek felépítésének és működési struktúrájának.

A fejezet zárásaként a megvizsgált ismeretek tekintetében összeállítom egy olyan alapszintű nukleáris iparbiztonsági oktatási tematika vázlatát, amely alkalmazható, mint alapszintű szaktanfolyam. A tematika a fejezet alapvetéseit tartalmazza, melyhez oktatási jegyzetként egészben csatolható az értekezésem 4. melléklete.

### **1.1. Alapszintű nukleáris biztonsági ismeretek megállapítása**

Az atomerőművek biztonságának alapvetéséhez szervesen kapcsolódik a létesítmény technológiai működésének átfogó ismerete, valamint az üzemeltetéshez szükséges rendszerek és rendszerelemek funkcionális működtetése. Ehhez társulnak az országos és lokális veszélyhelyzeti kezelések specifikumainak kidolgozott összegzése, kihangsúlyozva azokat a releváns vonatkozó eljárásrendeket és irányelveket, melyek hozzájárulnak egy átfogó nukleáris biztonság megteremtéséhez. Ezek alapján az a megállapítást teszem, hogy a nukleáris biztonság alapszintű tudásának követelménye iparbiztonsági szakemberek számára a jelen fejezetben és a hozzá kapcsolódó kidolgozott mellékletben foglaltak megismerése és olyan szintű elsajátítása, amely révén átfogó tudás szerezhető meg a témában. [65]

Az atomerőművek, bár súlyosan károsíthatják az emberek és az élővilág egészségét, illetve a természetet, ugyanakkor a békés célú alkalmazás és a tudományos kutatásokban történő felhasználás az emberiség életmódjának javítása érdekében, a biztonsági feltételek betartásával a lehető legkedvezőbb eredményeket hozza. A biztonságos működéshez tartozó minden folyamatot, amely veszélyeztetheti a környezetet és társadalmunkat a veszélyesség mértének függvényében soroljuk be bizonyos irányelvek alá. Az ebből adódó egyezményes szintek támpontokat adnak a technológiai, ipari rendszerek és folyamatok biztonságos létesítéséhez és üzemeltetéséhez. [79]

Egy atomerőmű tervezése, megépítése és a leszereléséig tartó biztonságos üzemeltetése olyan követelményeken alapul, melyek során megvalósulnak a már tervezési fázisban lefektetett többszintű, párhuzamos védelmi feltételek. Ezek közül is kockázatok megítélésének egyik legalapvetőbb feltétele, hogy a létesítmény aktuális stádiumában milyen mértékben felel meg a nemzetközileg elfogadott elvárásoknak. A megfelelés mértékét a veszélyek és kockázatok azonosítása által kidolgozott kockázatelemzés és annak kiértékelésén alapuló kockázatelhárítási képesség mértéke adja.[80]

Az atomerőművek alapvető ismeretéhez tartozó technológiai működés általános jellemzése, amelyet a 4. melléklet 1.5.fejezetében részletesen ismertettek, kiemelt figyelmet fordítva a Paksi Atomerőműre és a leendő új létesítményre, a generációs különbségek adta technológia fejlődések sorba állításával.

### 1.1.1. Nukleáris biztonsági alapvetések bemutatása

A nukleáris biztonság részletezéséhez ki kell fejteni néhány alapfogalmat annak érdekében, hogy minden későbbi ráutalás esetén egységesen értelmezhető legyen azok lényege.

A minőségi műszaki és szervezési megoldások felhasználásával zárható ki, hogy bármely üzemállapotban az erőmű személyzete és a környező lakosság a megengedettnél nagyobb sugárterhelést szenvedjen el, továbbá a természetbe az előírásnál nagyobb radioaktív kibocsátás ne juthasson. Az olyan nem tervezett eseményeket, melyek az üzemeltető akaratától függetlenül jönnek létre **üzemzavarnak** nevezzük. Ilyen esetekben a létesítmény rendszereinek olyan meghibásodásáról van szó, amikor a védelmet ellátó biztonsági funkciók a tervezett módon működésbe lépnek és a kialakult esemény nem vezet az előírtnál nagyobb sugárterheléshez. Amikor a nem tervezett események a tervezés alapban rögzített korlátozások kibocsátási mértékét várhatóan vagy valósan meghaladják, valamint nagyobb külső és belső sugárterhelést okoznak, **balesetről** beszélünk. [5]

A műszaki hibák kiküszöböléséről a céltudatos mérnöki tervezés gondoskodik, amely a több évtizedes nukleáris rendszerüzemeltetésre támaszkodik. Az emberi hibák kiküszöbölése azonban már egy egyénenként és szemléletenként változó nehézségű feladat. A mulasztások elkerülése érdekében az atomerőműves folyamatok szigorú minőségbiztosítási és adminisztratív előírások alapján működnek. [51] Az atomerőmű személyzetének alkalmasságáról rendszeres időközönként megbizonyosodnak a szakmai vezetők, amihez elengedhetetlen követelményként társul a személyzet magas szintű képzése. A megfelelő minőségű és részletességű periodikus képzés nélkül elképzelhetetlen volna a magas szakmai minőség megkövetelése. A sikeres képzések kulcsfontosságú pontja pedig az olyan oktatási anyagok elkészítése, amik érthetően és logikusan felépítve vezetnek végig a képzésen részt vevőket a céltudásig.

A tudásbázis meglétének fontossága igaz az atomerőmű minden területén dolgozó számára, kiemelten az üzemeltetési feltételekkel kapcsolatosan, vagy a munka-, sugár- és tűzvédelem biztosításához.[9]

A minőségi oktatás és a visszaellenőrzés azonban még nem zárja ki az emberi mulasztások lehetőségét. Ezeket a hiányosságokat a tudatos mérnöki tervezések ellensúlyozzák az üzemeltetési korlátok beiktatásával. Az üzemeltetési korlátok olyan rendszerek és folyamatok terminuspontjai, melyek életbelépése az esetlegesen bekövetkezett hibák következményeinek csökkentésére lettek kialakítva. A mélységi védelem és az üzemeltetési feltételek tervezésének alapelvei érvényesek minden biztonsági rendszerre és rendszerelemre. A rendszereknek nemcsak függetlennek kell lenni az általuk kezelt eseménytől, de bizonyos hibatűréssel is szükséges számolniuk. A biztonsági rendszerek függetlensége olyan funkcionális elkülönítést jelent, ami csökkenti a meghibásodott rendszerhez kapcsolt rendszerelemek meghibásodásának valószínűségét. [7]

### **1.1.2. A nukleáris biztonságra törekvés szabályozói és célkitűzései**

Ahhoz, hogy egy atomerőmű villamos energiát termeljen, az üzemnek a műszaki feltételek mellett meg kell felelnie a jogi szabályozók követelményeinek. Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy figyelembe legyenek véve a józan ész diktálta alaposan megfontolt biztonsági intézkedések. A jogi szabályozók lefektetik azokat a rendszerek és rendszerelemek megvalósíthatóságára vonatkozó irányelveket és kereteket, amelyek révén az atomerőmű létesítésének tervezése, üzemeltetése, valamint a későbbi leszerelése a nukleáris biztonság jegyében megvalósítható. [18] A nemkívánt üzemi eseményekkel kapcsolatosan is tartalmaznak elvárásokat, amelyek a normál üzemre történő visszaállás elérésére szolgálnak, miközben megtartják az emberi élet és környezet védelmének szemléletét. [3]

#### *A Nukleáris Biztonsági Szabályzatok lényegi bemutatása*

Az atomerőművek működése elsősorban a Nukleáris Biztonsági Szabályzatokban foglaltak alapján valósul meg, melyekhez kapcsolódva a hatályos jogszabályok megadnak minden olyan feltételt, mely a biztonságos üzemeltetéshez elengedhetetlen.

Az NBSZ az atomtörvénnyel összhangban, a Magyarország területén belüli nukleáris létesítményekre vonatkozik és annak mellékletei részletesen taglalják az egységes elvárásokat, amelyekről eltérni a biztonság pozitív mérlege mellett lehetséges, amennyiben azt a hatóság jóváhagyja. [3]

Az NBSZ részletező kötetekből épül fel, és a bennük foglalt követelmények alapvetően a nemzetközi szabályozások és a tapasztalatokból levont megelőzési irányelvek összességéként születtek meg, melyhez az atomerőművek technológiai alapjaként a második generációs erőművek paraméterei szolgáltak. A kötetek folyamatos bővítésen esnek át, és követik a technológiai fejlesztések támasztotta lehetőségeket. Az új, 3+ generációban tartozó atomerőművek rendszerei és rendszerlemei bár műszakilag más megoldásokat tartalmaznak mint elődeik, ugyanakkor a kialakításra, építésre és üzembe helyezésre vonatkozó alap szabályozásoknak ugyanúgy kötelező megfelelniük. [12] Az eltérések biztonságosságának megítélésére a vonatkozó nemzetközileg elfogadott irányelveket célszerű honosítani. [12]

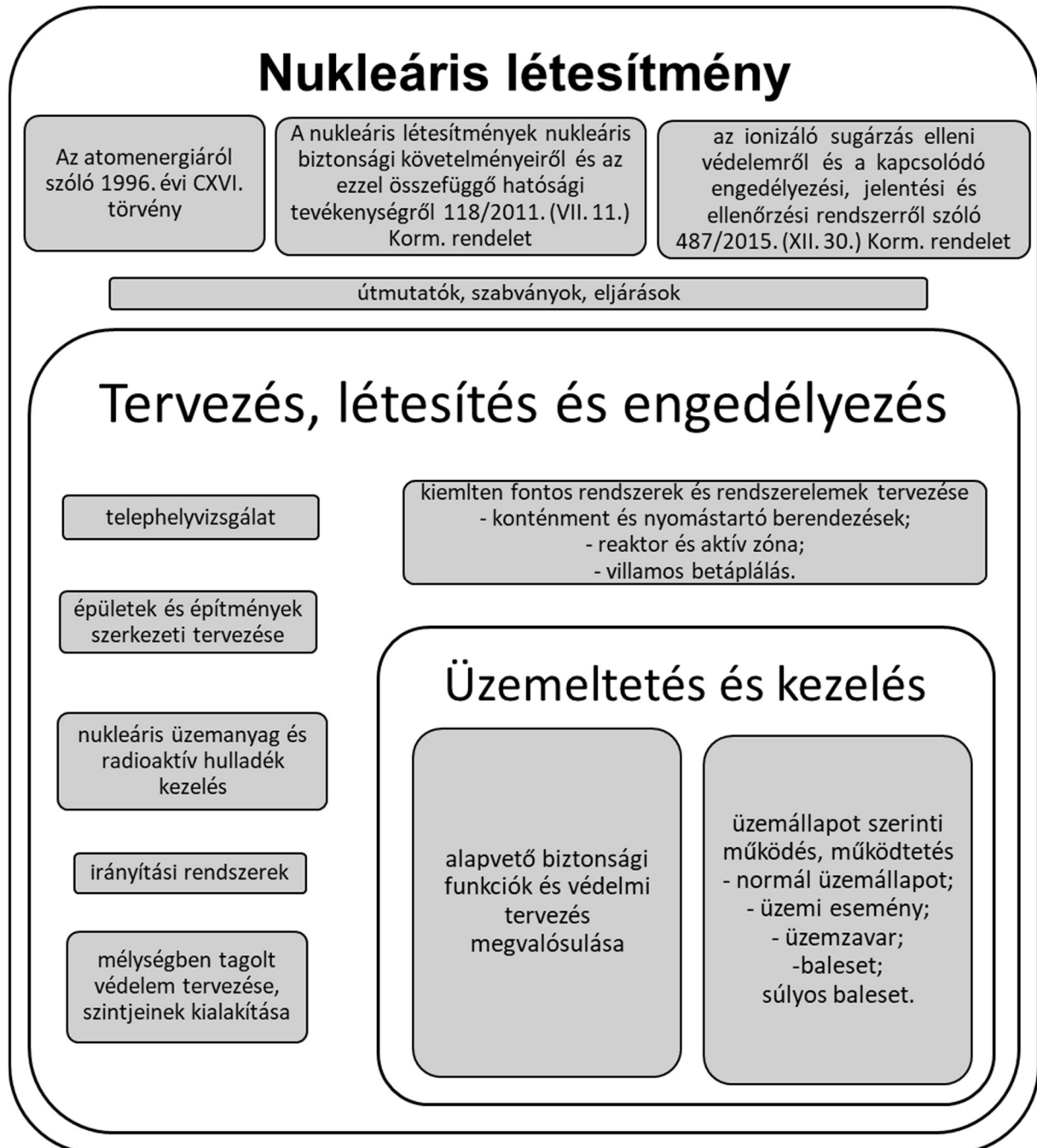
Egy atomerőművet számos követelménnyel kell azonosítani már a tervezési, megelőző periódusban is. Az atomenergia alkalmazásánál mindig szem előtt tartandó, hogy a békés célú alkalmazás mellett is megvan az esélye az emberi élet és az élővilág valamint a környezet és anyagi javak veszélyeztetésének. A felhasználás békés jellegű célja a tudományos kutatások számos területén hasznosítható és általa az emberi életfeltételek javítása és kielégítése a biztonságra törekvő magatartással a legkedvezőbb eredményeket hozza. Ennek az elvnek a pontos meghatározása egy atomerőmű tervezésének legelső célkitűzése. Az optimális kivitelezés és üzemeltetés a gazdaságos energiatermelés és veszélyeztetettség határértékeken belül tartásának mérlegelt hányadosa. [18]

Az atomerőművek rendszereinek és rendszerlemeinek minden életciklusukban illeszkedniük kell az NBSZ kötetekhez, hogy megvalósuljanak a védelmi tervezésben foglalt biztonsági faktorok. A biztonság megőrzésének alapvető célkitűzése továbbá, hogy a nukleáris üzemeltetésből származó veszélyforrások aktív kezelő rendszerei mellett a passzív biztonsági szabályozás rendszerlemei is működésbe lépjenek emberi beavatkozás nélkül a szükséges védelmi szinteken úgy, hogy lehetőleg biztosítsák egy nukleáris veszélyhelyzet kialakulásának megelőzését vagy a kialakult eseményláncolatok hatásainak szintentartását a további külső beavatkozások végrehajtásáig. [18]

A rendszerek működése és működtetése közben nemmegfelelőségek léphetnek fel, ami a tervezésből ki nem hagyható, mivel azok irányított kezelése a veszélyhelyzetek kontrollálása érdekében elengedhetetlen. [79] Ennek megvalósulásához modellezett folyamatkidolgozás szükséges, ami képes számolni a meghibásodások vagy nem teljesülések okaival és következményeivel lépésről-lépésre úgy, hogy olyan megelőző és ismétléskerülő protokollokat eredményez, melyek teljesülése eleget tesz a követelményekben rögzített szinteknek. [43]



Ezen folyamatok egyike például a reaktorbiztonság azon szintje, amikor a reaktorhűtés aktív és passzív rendszerei egyaránt alkalmasak annak megfelelő szintentartására és a passzív rendszerek nemcsak hogy emberi beavatkozásokat nem igényelnek, de villamos betáplálást sem. [3]



2.ábra: Nukleáris létesítmény biztonsági tervezésének összegző ábrája, forrás: saját ábra

### 1.1.3. A tervezéshez tartozó üzemállapotok és a biztonsági funkciók ismérvei

A tervezéskor megvizsgálásra kerül a létesítmény normál, rendeltetésszerű üzemű működésének minden aspektusa az ettől eltérő üzemállapotot eredményező faktorokkal együtt. A tervezési alapba (továbbiakban: TA) foglalt üzemállapotokat a normál működéstől eltérő állapotra kényszerítő események gyakorisága szerint rendezhetjük, a bekövetkezések valószínűségével szinkronizált éves viszonyszámának hozzárendelésével. [3]

A TA tervezéséhez tartozik minden olyan esemény feltételezése, amely a létesítmény vagy a környezet veszélyeztetésével járhat. Az atomerőmű nukleáris biztonsága azt jelenti, hogy az elfogadott kockázati szint feletti veszélyeztetés megelőzésére létrehozott intézkedések összessége nemcsak az emberi élet és a környezet védelmére szolgál, de behatárolja a TA eseményeinek következtében fennálló beavatkozások pontos paramétereit.

A biztonság érdekében számításba kell venni minden olyan opciót, amely alapján meghatározhatóak a veszélyhelyzeteket előidéző tényezők. A veszélyhelyzetekre történő felkészülést példázza az atomerőművek biztonságra törekvő tervezése mellett a magas kihatású, alacsony valószínűséggel bekövetkező események tervezete. Ennek értelmében a nukleáris baleset bekövetkezési rátája meghatározza, hogy milyen gyakorisággal következhetnek be olyan események, melyek kihatása katasztrófához vezethet. Az új generációs reaktorok esetében ez az érték  $5,2 \times 10^{-7}$  év.[81] A veszélyhelyzetre a felkészültséget 3 szintben határozhatjuk meg. Az ismert veszélyeztető tényezők mellett megvalósulhat a felkészültség optimális szinten, illetve az ismert veszélyek ellenére előfordulhat a felkészültség hiánya is. Ezeket túl felléphet olyan veszélyeztető faktor, amely a normál felkészültség realitásán felül határozható csak meg. Ezen utóbbi események valószínűsége olyan biztonsági rések esetében jelentkezhet, amelyekre még a komplex biztonsági tervezések sem terjednek ki és függetlenek a létesítmény biztonságát szavatoló technológiáktól és eljárásoktól.[81]

Ahhoz, hogy a TA-ba foglaltak teljesülhessenek, a reaktorhő elvezetésének és a hűtővíz biztosításának kiesése nem megengedhető. A TA behatárolja az atomerőmű üzemének függvényében a működési stratégiákat. Ennek értelmében meghatározza a normál üzemtől eltérő állapotokat, amelyek modellezésével és biztonsági szempontból releváns hatásaival sorolhatók be. A várható üzemi események vagy potenciálisan tervezhető üzemzavarok olyan kategóriák, melyek elhárítása nem jelenthet indokolatlanul magas veszélyfaktort vagy megnövekedett kibocsátást.

1.táblázat: Atomerőmű blokkjainak üzemállapota, forrás: [3]

Üzemállapot	Megnevezés	Esemény gyakoriság (f [1/év])
TA1	normál üzem	-
TA2	várható üzemi események	$f \geq 10^{-2}$
TA3	kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$
TA4	nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-4} > f \geq 10^{-5}$

Az olyan komplex üzemzavarok vagy súlyos balesetek esetében, ahol jelentős biztonsági rés támadhat az erőmű biztonsági pajzsán, a védelemre tervezett rendszereknek nemcsak hatékonyan be kell tudni avatkozni, de léteznie kell olyan alternatív eljárásoknak, melyek a kialakult helyzet függvényében képesek részben vagy teljesen átvenni az egyes védelmi feladatokat. [3]

A nukleáris biztonság teljes körülhatárolásához a tervezési alap kiterjesztett (továbbiakban: TAK) kategóriáinak meghatározására is szükség van, mivel ezek olyan eseményekre vonatkoznak, amelyek nem részei a TA-nak, mivel ezek átmenetet képeznek a jelentős környezeti hatásokkal járó, tervezet szerinti eszközökkel nem kezelhető és a bizonyosan kontrollálható események között. Az ilyen események relevanciája elenyésző, ezért nem részei a TA-nak, viszont gyakorlatilag nem kizárhatóak.

A két TAK kategória a következő:

- TAK1: olyan komplex hibára vonatkozik, mely nem okozza az aktív zónában és a pihentető medencében található üzemanyagok olvadását;
- TAK2: olyan súlyos baleset, melynek során jelentős üzemanyagolvadás következik be.

A TAK események kezelésére vonatkozó terveknek ésszerű megoldásokat és intézkedési rendszert kell szolgáltatniuk a súlyos balesetek megelőzéséhez, továbbá az eredményes működéstől függetlenül tartalmazniuk kell azokat az eljárásokat is, melyek a már bekövetkezett súlyos balesetek kezelésére vonatkoznak. [10]

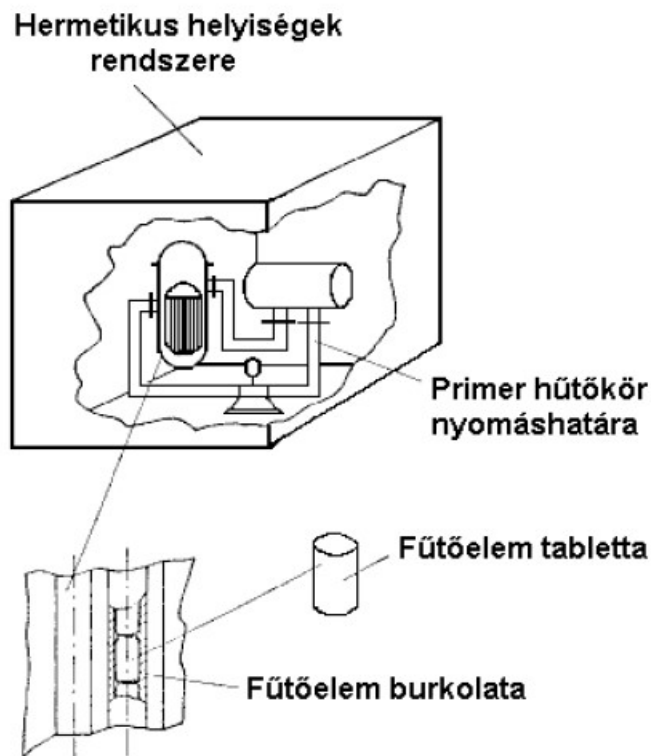
#### *Mélységben tagolt védelem*

A biztonság jegyében lett kialakítva a mélységben tagolt védelem elve, mely lényegét tekintve a rendszerek olyan egymásba ágyazott összessége, amik az esetlegesen felmerülő meghibásodások során képesek a berendezések vagy az emberi hibák következményeinek kiküszöbölésére és kompenzálására, elkerülve ezzel a súlyos, károsító hatásokat.

A mélységi védelem megléte és fenntartása mindenkor, a teljesítményi vagy üzemi állapottól függetlenül elengedhetetlenül szükséges.

A TA-ban foglaltak kielégítésére speciális, erre alkalmas rendszereket indokolt tervezni, melyeknek igazodniuk kell az úgynevezett mélységben tagolt védelem egyes szintjeihez. Ennek értelmében a tervezési konstrukciók és szervezeti struktúrák az üzemállapotok függvényében történő, egymásba ágyazott, többszintű védelmi elvet követik, kialakításuk révén lehetőséget teremtve az egyes hibák korrigálására, kompenzálására még mielőtt azok súlyos következményekhez vezetnének.[3] A kialakított műszaki megoldások és intézkedések olyan egymásra épülő rendszert alkotnak, melyeknél a kockázatcsökkentő biztonsági célkitűzés akkor is megvalósul, ha bármelyik rendszerelem hatástalansága lép fel. [43]

A mélységben tagolt védelem tervezett automatikus és kézi beavatkozásainak kialakításakor számolni kell azzal, hogy a kialakult esemény kezelésére esetlegesen a biztonsági védelmi szint valamely magasabb rendű folyamatára van szükség, aminek idejekorán mutatkoznia kell, hogy a felismeréstől a végrehajtásig a lehető legkevesebb idő teljen el. Az egyes védelmi szintekhez tartozó biztonsági funkciók meghibásodása pedig nem vonhatja maga után bármely más magasabb szintű biztonsági rendszer összeomlását, viszont annak életbe léptetését kezdeményezheti. [10]



3.ábra: Alapvető biztonsági gátak az atomerőműben, forrás: [10]

A mélységben tagolt védelem megfelelő alkalmazásához négy úgynevezett fizikai (mérnöki) gát védelmét kell biztosítani:

- az üzemanyag-mátrix;
- a fűtőelem burkolata;
- a reaktor primer körének határa;
- a konténment rendszer (hermetikus tér).

A gátak védelmét már a tervezési periódustól indokolt szem előtt tartani, hiszen az ezekhez tartozó rendszerek mérnöki pontosságú kialakítása és összehangolt, hatékony működtetése által alakítható ki a kívánt átfogó biztonság. [3] A lehetséges hibafaktorok azok következményeik tekintetében vannak biztonsági osztályokba sorolva, figyelembe véve az üzemállapotok sajátosságait és a fizikai gátak tulajdonságait. [18]

A mélységben tagolt védelem részletező táblázata az 4. melléklet 2.2.1 fejezetében található.

A tervezés vonatkozásában azt az eseményt, amely a külső és belső veszélyeztető tényezők hatására a fizikai gátak és a mélységben tagolt védelem egyidejű összeomlását eredményezhetik, „szakadékszél-effektus”-nak nevezzük. Ennek elkerülése érdekében minden ilyen eseményhez vezető paramétert elemezni és azonosítani szükséges, hiszen a feltárt opciók függvényében lehet a kialakulásra megelőzési eljárásokat és a következményekre olyan beavatkozási tartálokat kidolgozni, melyek a biztonságos küszöbértékek átlépése után is képesek fennmaradni. [18]

## **1.2. Általános veszélyhelyzeti tervezés atomerőművi vonatkozásai**

Baleset-elhárítási szempontok alapján a nukleáris létesítményeket és radioaktív anyagokkal végzett tevékenységű intézményeket a NAŰ, a nukleáris veszélyek kialakulásához vezető kockázati mértékek és az időbeli változók alapján különböző, úgynevezett tervezési kategóriákba sorolja. [18]

A meghatározott veszélyhelyzeti tervezési kategóriák közül a nukleáris létesítmények kockázatait tekintve a Paksi Atomerőműben az I., a III. és a IV. kategória számít a tervezési alapokhoz, mivel az üzemeltetés, valamint a nukleáris és radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek minősülnek releváns veszélyforrásoknak. [29] A veszélyhelyzeti tervezés az atomerőmű tekintetében azt jelenti, hogy az kiterjed az üzembiztonságot jelentősen befolyásoló eseményekre, legfőképp a nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzetekre. [27]

#### I. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

A telephely területén túlnyúló és lakosságot veszélyeztető, akár csak kis valószínűséggel is bekövetkező determinisztikus hatások fellépése esetén sorolunk ide létesítményt. Az atomerőmű blokkjai és azok üzemeltetésének fő- és segédrendszerei, továbbá a fűtőelemek telephelyen belüli transzport folyamatai és a pihentető medence tárolási procedúrái számítanak ebbe a kategóriába.

#### II. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Ide soroljuk a létesítményt abban az esetben, ha egy, a telephelyen bekövetkezett esemény olyan sürgős óvintézkedést tesz szükségessé, mely kihatással van a környező lakosságra, de nem lép fel az üzem területén kívül determinisztikus hatás.

#### III. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Ha egy telephelyen a kialakult esemény kapcsán életbe léptetett sürgős óvintézkedések az üzem területén belülről korlátozódnak, ide soroljuk a létesítményt. A veszélyes sugárforrások tárolásához és alkalmazásához kötődő tevékenységek miatt sorolandó ebbe a kategóriába.

#### IV. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Ide tartoznak az előre nem látható kiterjedésű területen szükségessé váló sürgősségi óvintézkedések bevezetését igénylő radiológiai veszélyhelyzetet előidéző tevékenységek. Ilyenek az illegális tevékenységek, szállítási és mobil sugárforrásokkal kapcsolatos cselekmények, ipari radiográfiás vagy radiotermikus generátorok üzemeltetése. [11]

A IV. tervezési kategóriát az alábbi veszélyhelyzet-típusokra lehet bontani:

- Sugárforrással előidézett veszélyhelyzetek;
- Szállítási balesetek;
- Súlyos besugárzás;
- Szándékosan előidézett veszélyhelyzet (terrorvédelem).

A Paksi Atomerőmű tekintetében ezen veszélyhelyzeti kategóriában akkor tartoznak az egyes események, ha a telephelyen belül olyan veszélyhelyzetet okozó esemény alakul ki, ami miatt a sürgős óvintézkedések zónájára jellemző intézkedések elrendelése válik szükségessé. [38]

#### V. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Az I. és II. tervezési kategóriába sorolt környező országok létesítményeinek nukleáris vagy radioaktív balesetei révén a reálisan valószínűsíthető magyarországi területeken élelmiszerek korlátozási zónáját szükségessé tevő események tartoznak ebbe a kategóriába.

A nukleáris vagy radioaktív balesetek okozta hatások minden esetben zónaátfedésekkel értelmezendők, amelynek értelmében az egyik zóna hatótávján belül érvényesül a nagyobb hatókörű zóna-következmény hatása is. [38]

### 1.2.1. A veszélyhelyzeti óvintézkedések ismertetése

Egy üzem telephelyének a létesítmény saját üzemeltetése által ellenőrzött és körülvelt biztonsági terület minősül. Olyan esetekben, amikor ellenőrizetlen területen vagy szállítás közben alakul ki veszélyhelyzet, nem beszélhetünk előre meghatározott kontrollált területről vagy telephelyről. [11] Ilyenkor a sugárforrás tulajdonságai és a környezeti tényezők alapján kerül kijelölésre a biztonsági és műveleti terület.

Az I. és II. veszélyhelyzeti tervezési kategóriába sorolt létesítmények esetében, ha jelentős veszélyhelyzet következik be, a beavatkozások biztonsági tervezését befolyásolja a létesítménytől való távolság és az esemény kiindulópontja. [63]

Megelőző óvintézkedések zónája (MÓZ):

Az I. tervezési kategóriába sorolt létesítmények esetében az általános veszélyhelyzet megállapítása azonnali intézkedések végrehajtását követeli meg, melyek a hozzá tartozó előre kijelölt körzeten belül kerülnek alkalmazásra. A zóna célja hogy közvetlenül a kibocsátás során vagy röviddel azt követően a súlyos determinisztikus hatások megelőzésre, a sztochasztikus hatások kialakulása pedig minimalizálásra kerüljenek. [63]

Sürgős óvintézkedések zónája (SÓZ):

Az I. és II. tervezési kategóriába sorolt létesítményekre vonatkozó előre meghatározott sürgős óvintézkedések végrehajtására vonatkozó intézkedések az adott területen. Olyan azonnali intézkedések végrehajtásáról van szó, melyek a jogszabályok által meghatározott kibocsátásra vonatkozó dóziskorlátok elérésének megakadályozására irányulnak a lakosság és a környezete sugárterhelés-védelme érdekében, figyelembe véve az üzemállapotok. A nukleáris veszélyhelyzet során olyan intézkedéseket kell végrehajtani, mint pl.: elzárkóztatás, jódpofilaxis és kimenekítés. [63]

Élelmiszer-fogyasztási korlátozások óvintézkedési zónája (ÉÓZ):

A veszélyhelyzetet előidéző esemény kiterjedésétől és mértékétől függően indokoltá válhat a mezőgazdasági termelések és élelmiszer feldolgozó üzemek tevékenységének szabályozott működtetése, ami magával hozhatja az egyes területeken termelt élelmiszerfogyasztás korlátozását is.

A korlátozások és szabályozások konkrét célja, az adott területen élő lakosság inkorporációjának megakadályozása, ami zónakiterjedés nagy mértéke miatt akár a lakosság áttelepítését is vonhatja magával. [63]

#### *A zónák kiterjedése*

A kibocsátás mértékének elemzésével kapott eredmények szolgáltatnak alapot az óvintézkedési zónák méretének meghatározásához, továbbá a potenciális károsító hatások befolyásolják az egyes zónákban a specifikált óvintézkedések bevezetését. [27]

Az óvintézkedési zónák kiterjedése egy nukleáris veszélyhelyzet kapcsán az egyes létesítmények potenciális hatásainak területi lefedettségéhez igazodik. [11]

Ez azt jelenti például, hogy ha veszünk egy I. vagy II. tervezési kategóriába sorolt külföldi nukleáris létesítményt, amelyet a magyarországi besorolás az V. kategóriába sorol, annak potenciális veszélyeztető faktorai miatt élelmiszer korlátozási óvintézkedések bevezetését teheti szükségessé hazai területeken.[22]

*2.táblázat: Veszélyhelyzeti zónahatárok a tervezési kategóriába sorolt létesítményeknél,*

*forrás: Iparbiztonságtan I. 523. oldal [63]*

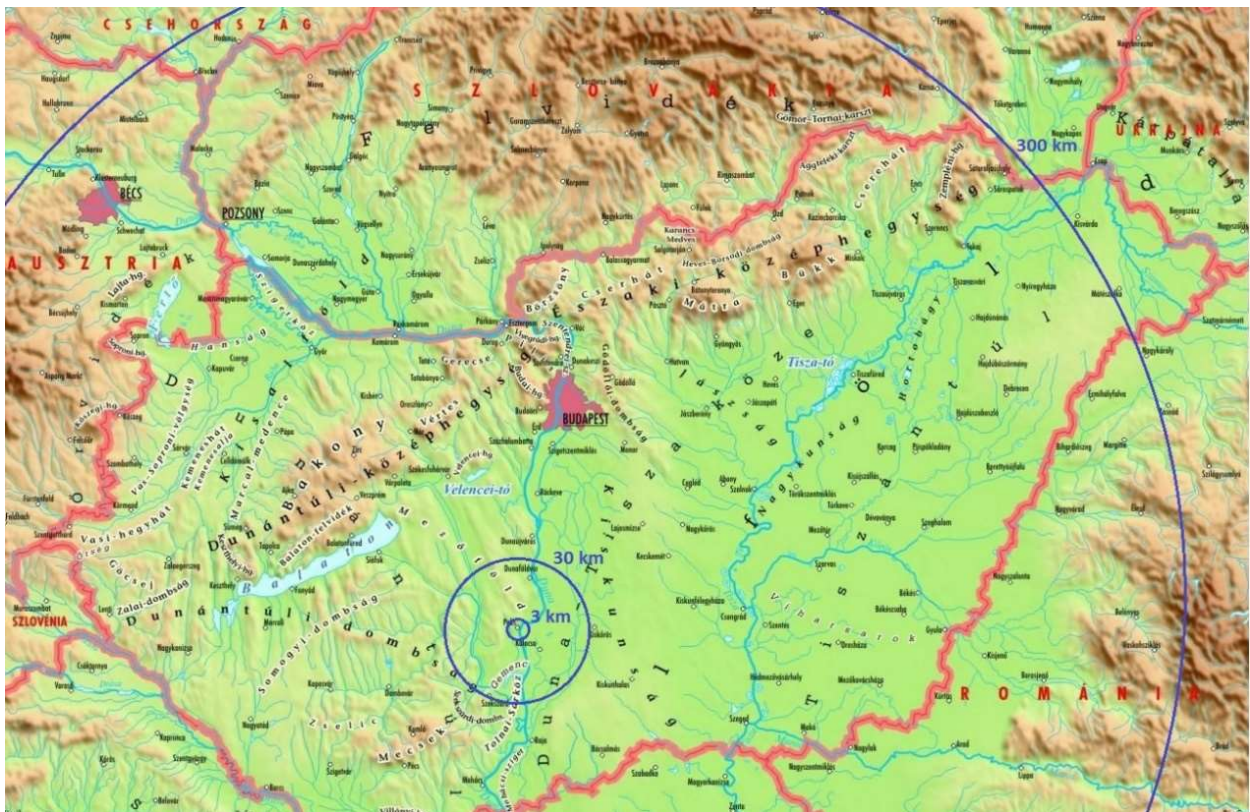
	<b>MÓZ</b>	<b>SÓZ</b>	<b>ÉÓZ</b>
<b>I. VTK</b>			
Paksi Atomerőmű	3 km	30 km	300 km
<b>II. VTK</b>			
KKÁT	-	-	3 km
Budapesti Kutatóreaktor	-	KFKI telephely	1 km
Izotópiintézet Kft.	-	KFKI telephely	1 km
<b>III. VTK</b>			
BME Oktatóreaktor	-	-	-
Radioaktív Hulladékfeldolgozó és Tároló Telep, Püspökszilágyi	-	-	3 km
Nemzeti Radioaktív Hulladéktároló, Bataapáti	-	-	3 km
<b>V. VTK</b>			
Bohunice	3 km	30 km	300 km
Mohovce	3 km	30 km	300 km
Krsko	3 km	30 km	300 km
Dukovany	3 km	30 km	300 km
Temelin	3 km	30 km	300 km



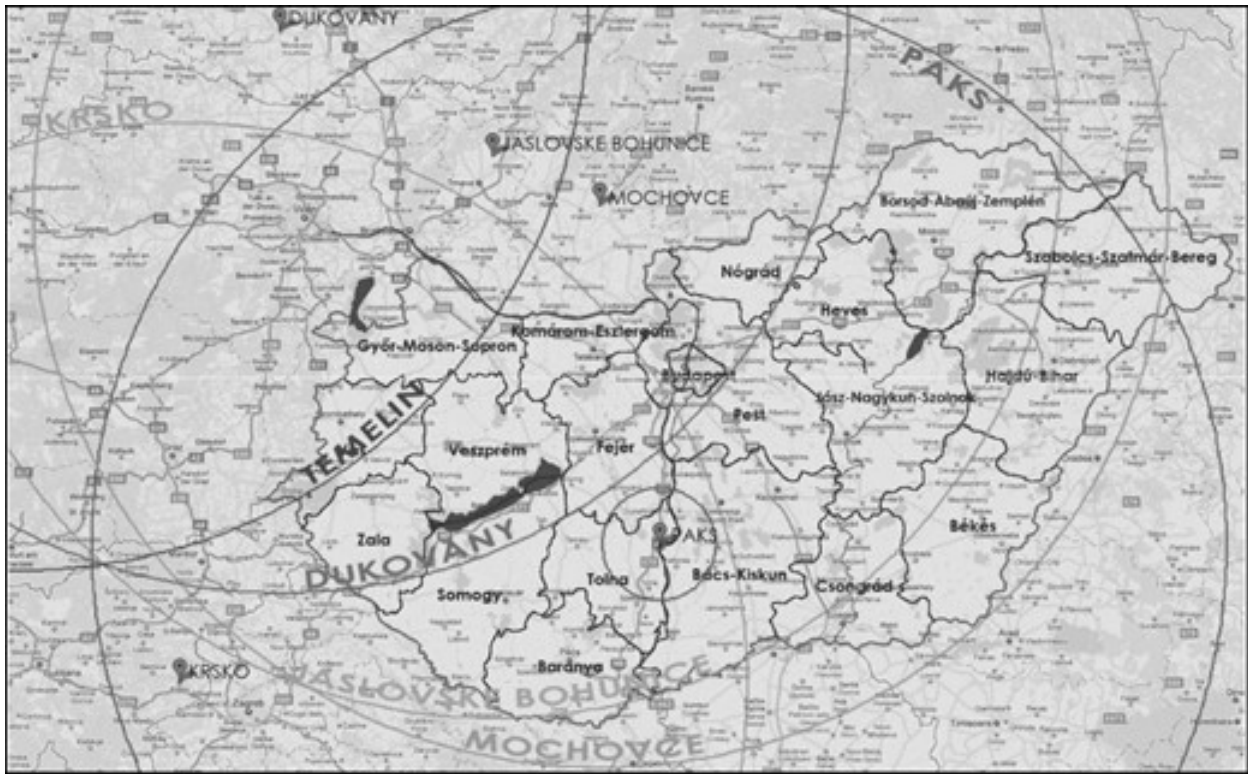
A fenti táblázatból látható, hogy Magyarország területén csak a Paksi Atomerőmű körül van kijelölve megelőző óvintézkedési zóna. A külföldi atomerőművek megelőző- és sürgős óvintézkedési zónái kívül esnek hazánk területén, ugyanakkor a külföldi erőművek által határolt élelmiszer-fogyasztási korlátozások zónája több rétegben is lefedi hazánk területének egyes részeit. [22]

A sürgős óvintézkedések zónája magyarországi viszonylatban szintén a Paksi Atomerőmű vonatkozásában releváns, hiszen annak 30 kilométeres körzetében van kijelölve. A Budapesti Kutatóreaktort magába foglaló Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) telephelyének tekintetében is beszélhetünk ilyen zónameghatározásról, azonban itt a telephely saját területe határolja azt körül.

Ahogy a külföldi atomerőművek tekintetében az élelmiszer-fogyasztási zóna kiterjed hazánk területére, úgy a Paksi Atomerőmű üzemállapotainak kritikus változása is hatással van Magyarország és a területileg releváns országok területeinek biztonságára egyaránt. [63] A Paksi Atomerőmű veszélyhelyzete által életbe léptetett élelmiszer-fogyasztási korlátozás gyakorlatilag lefedi hazánk teljes területét. [22]



4.ábra: A Paksi Atomerőmű veszélyhelyzeti zónahatárai (szerző által szerkesztve),  
forrás: <http://oterkep.blogspot.com/2008/04/magyarország-domborzati-trkp.html>



5.ábra: Veszélyhelyzeti zónahatárok a tervezési kategóriába sorolt létesítményeknél,

forrás: Iparbiztonságtan I. 525. oldal [63]

### 1.2.2. Nukleáris veszélyhelyzeti osztályok meghatározása

Egy káresemény során a hatékony beavatkozások kivitelezése érdekében szükséges, hogy a megfelelő műveletek adott sorrendben legyenek végrehajtva annak érdekében, hogy optimálisan enyhítsék vagy hárítsák el a veszélyhelyzet következményeit, továbbá a kialakult esemény súlyosságának függvényében ellássák a lakosság védelmét és a megszabott további óvintézkedéseket. [63]

A veszélyhelyzeti osztályokat társítva a tervezési kategóriákhoz látható, hogy az I. és II. kategóriába sorolt létesítményeknél minden osztály eseményjellege bekövetkezhet, ugyanakkor a III. tervezési kategóriánál meghatározott létesítményeknél a veszélyesség jellegének megfelelően már csak a létesítményi és a potenciális veszélyhelyzet jöhet releváns számításba. Ugyanígy másként kerül megállapításra egy IV. kategóriába sorolt esemény is, mivel nem létesítményhez kötött, itt nem értelmezhető a létesítményi veszélyhelyzet, viszont egyedileg a sürgős óvintézkedések eljárásainak bevezetése megvalósulhat. Az V. kategóriába sorolt létesítményeknél, a külföldön bekövetkezett I. és II. tervezési kategóriába sorolt létesítményi események által az adott területen az élelmiszerekre vonatkozó óvintézkedési protokollokat indokolt bevezetni, amennyiben az esemény jellege eléri az általános veszélyhelyzetre vonatkozó korlátokat. [38]

Magyarországon a veszélyhelyzeti osztályba sorolás a létesítmények és tevékenységük tükrében a következőképpen összegezhető: [63]

3.táblázat: Veszélyhelyzeti osztályok a tevékenységekhez viszonyítva, forrás: Iparbiztonságtan I. 519. oldal [63]

Veszélyhelyzeti osztály	Létesítmény, tevékenység
Általános veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű
Helyi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek
Létesítményi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokat alkalmazó létesítmények
Potenciális veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek

### 1.2.3. Veszélyhelyzeti osztályozás a Paksi Atomerőműben

A Paksi atomerőműben a nukleárisbaleset-elhárítás veszélyhelyzeti osztályba sorolása szorosan kapcsolódik a tervezési kategóriák alapján meghatározott elvekhez, egyedileg specifikálva az adott létesítmény környezetére és veszélyforrásaira. Ennek megfelelően az atomerőmű veszélyhelyzeti osztályozása követi ezeket a meghatározásokat és az alapul vett kidolgozások bővítésével növeli a biztonságos üzemeltetést és a működési normál állapot fenntartását. [11]

Az atomerőmű négy megkülönböztetett veszélyhelyzeti osztálya a legalacsonyabbtól a legmagasabb szintűig a következő:

- potenciális veszélyhelyzet;
- létesítményi veszélyhelyzet;
- helyi veszélyhelyzet;
- általános veszélyhelyzet.

A veszélyhelyzeti eseményeket kiváltó okok és az erőmű állapota által behatárolt paraméterek egyaránt fontosak az osztályozáshoz. [11] Ilyenek a technológiai állapot, a sugárzási helyzet, illetve olyan fizikai védelmi események (például: tűz, természeti vagy egyéb események), melyek biztonsági szempontból jelentőséggel bírnak az eseménykezelési eljárásokkal kapcsolatban. [63]

### 1.2.4. Potenciális károsító hatások

A veszélyhelyzetek kapcsán fellépő károsító hatások részletezése a nukleáris veszélyhelyzetek osztályozásához elengedhetetlen. Az ionizáló sugárzás hatásain felül előfordulhatnak nem sugárzáshoz kötött egészségkárosító hatások is, továbbá befolyással lehet a környezetre és gazdaságra egyaránt. [38]

Ezek bekövetkezéseik és kifejtett hatóidejük alapján eltérőek lehetnek, ugyanakkor általános ismérvük, hogy egyidőben jelentkeznek és ha nem is érvényesül azonnal minden negatív jellemzőjük, de egymás hatáskövetkezményeinek katalizátorai lehetnek. [63]

4.táblázat: Veszélyhelyzeti potenciális károsító hatások, forrás: Iparbiztonságtan I. 520. oldal [63]

Veszélyhelyzeti osztály	Létesítmény, tevékenység	Következmények	Kiterjedés
Általános veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű	determinisztikus; sztochasztikus; nem-radiológiai; gazdasági; környezeti.	általánosan nagy kiterjedés; több 10 – 100 km.
Helyi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek	determinisztikus; sztochasztikus; nem-radiológiai; gazdasági; környezeti.	telephely; telephelyen kívül néhány 100m – néhány km.
Létesítményi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokat alkalmazó létesítmények	determinisztikus; sztochasztikus; nem-radiológiai; gazdasági.	létesítményen belüli.
Potenciális veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek	nem-radiológiai; gazdasági.	létesítményen belüli; a tevékenység szűk körzetében.

#### Potenciális veszélyhelyzet

A tervezési üzemzavarokra jellemző maximális kibocsátás mértékét esetenként megközelítő vagy meghaladó, de aktív zóna sérüléssel nem járó események során beszélünk potenciális veszélyhelyzetről, amelyre jellemző, hogy a létesítményben tartózkodók és a lakosság védelmét csökkentő eljárások kivitelezésére kerül sor. [43] A be nem következett zónasérülés ellenére léteznek potenciális veszélyforrások, melyeknél fennáll a nukleáris veszélyhelyzet kialakulásának lehetősége. [38]

## Létesítményi veszélyhelyzet

A Helyi- vagy Általános veszélyhelyzet mértékét át nem lépő és a telephelyen kívüli környezetet nem veszélyeztető eseményeket soroljuk e kategóriába, melyek nem fejlődhetnek tovább olyan eseménnyé, amely a létesítmény telephelyének területén túlra terjedne.[43] Ugyanakkor az atomerőmű területén tartózkodók védelmének jelentős csökkenése következik be olyan tüzesetek vagy üzemanyag-kezelési és szállítási balesetek által, melyek során a sugárforrások kontrollvesztése okozhat determinisztikus egészségügyi hatásokat az atomerőművön belül, de nem veszélyezteti a kritikus biztonsági rendszereket. [38]

## Helyi veszélyhelyzet

Ebbe az osztályba tartoznak azok az események, melyek nemcsak az atomerőmű telephelyén és területén, de annak közvetlen környezetében is lényeges védettségi szint-csökkenést eredményeznek.

## Általános veszélyhelyzet

Általános veszélyhelyzetről beszélhetünk olyan rendkívüli események bekövetkezésekor, ahol tényleges, jelentős légköri kibocsátás történik és indokoltá válik a telephelyen kívüli sürgős óvintézkedések végrehajtása. Bármely kiváltó tényező esetében az óvintézkedések bevezetésével a MÓZ területére kiterjedően végre kell hajtani a kimenekítést és a vonatkozó létfontosságú intézkedéseket. [63]

A nukleáris baleset-elhárítás összegzésében a veszélyhelyzeti tervezési kategóriákat, a veszélyhelyzeti osztályokat és az óvintézkedési zónákat az alábbi táblázat szerint rendeli egymáshoz az egyes intézkedések indokoltságának bevezetésével: [42]

5.táblázat: Veszélyhelyzeti tervezési kategóriák, az osztályok és a zónahatárok összerendelése,

forrás: Iparbiztonságtan I. 525. oldal [63]

Veszélyhelyzeti tervezési kategória	Veszélyhelyzeti osztályok				Óvintézkedési zónák		
	Potenciális	Létesítményi	Helyi	Általános	MÓZ	SÓZ	ÉÓZ
I.	X	X	X	X	X	X	X
III.	X	X	-	-	-	-	X
IV.	X	-	X	X	-	-	-

A Magyarországi Nukleáris Baleset-elhárítás keretrendszerében megfogalmazott irányelvek, a Paksi Atomerőmű biztonságpolitikájának szerves részeként helyi sajátosságoknak megfelelően kerültek megvalósításra, olyan komplex rendszert alkotva, amelyek nemcsak párhuzamban állnak a követelményekkel és idomulnak az elvárásoknak, de konkrét eseményekre és veszélyhelyzet specifikációkra bontott eljárásrendekkel kerültek kidolgozásra. [38]

Az alábbi táblázatok ezen működések és végrehajtások összerendelését mutatja meg, a releváns tevékenységi körökkel.

6.táblázat: ÁVIT készenléti működés meghatározása, forrás: ÁVIT Mellékletek 34. oldal [42]

Kezdeti esemény	Készenléti működés
Jelentősen felaktiválódott anyag kontroll alóli kikerülése	Sugárforrás hiány, elvesztés, ellopás
A szabad zóna sugárzási szintjének emelkedése	Udvartéren és meghatározott mérőállomásokon a dózisteljesítmény ismeretlen okból 500 nSv/h fölé emelkedik
Nem tervezett erőművi kibocsátás	Olyan emelt szintű kibocsátás, amelynél az 1-7 napra integrált kibocsátási határérték meghaladja a 0,3-at
Normál üzemállapotú működést befolyásoló, akadályozó természeti események	Szélsőséges időjárási események. Szélvihar, extrém hőmérsékletváltozás, árvíz, alacsony vízszint, jegesedés
Földrengés	A tervezési földrengés határértékét el nem érő mértékig

A technológiai állapotok között szerepel a hűtőközegvesztés és áramellátás hiány, de ugyanakkor külön kiemelendő, hogy ezeket extrém időjárási viszonyok is előidézhetik.

A veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok kezdeti eseményeinek részleteit meghatározó és az azonnali válaszingedményekre vonatkoztatott ÁVIT szabályozás táblázata az 4. melléklet 3.7.2 - 3.7.4.fejezetei alatt olvasható.

### 1.3. A nukleárisbaleset-elhárítás alapelveinek bemutatása

A nukleárisbaleset-elhárítás az üzemállapotok elemzése alapján kerül megtervezésre az összes egyszerre fellépő üzemállapot változást kiváltó veszélyhelyzetek figyelembevételével. A veszélyforrások súlyossága alapján kerülnek az eljárások besorolásra a tervezési kategóriákba, melyeket meghatározzák a reaktorról közvetlenül vagy közvetetten összefüggő kockázati tényezők is. [85] A tervezés a legsúlyosabb baleseti szituációra alapozza a balesetkezelési eljárásokat, ami alapján a baleset osztályozása és az arra vonatkozó intézkedések lépései optimális hatékonysággal kerülnek végrehajtásra. [3] Az atomerőmű, az olyan események kezelésére, amely veszélyhelyzet kialakulásának kockázatával járó rendkívüli eseményt okozhat, külön szervezetet működtet, sajátos irányítási rendszerrel és Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervvel. [43]

A magyarországi nukleárisbaleset-elhárítási feladatok ellátási rendszerének bemutatása a 4. melléklet 3.6.fejezetében kerül részletezésre.

### *Nukleáris baleset-elhárítás és egészségügyi hatások*

A nukleáris intézmények biztonságos működtetése olyan elsődleges egészségügyi korlátok által határolt irányelvek kidolgozását tette szükségessé, amelyek kielégítik a védelmi kritériumokat. [11] A nukleárisbaleset-elhárítás Magyarországon a helyi nukleáris sajátosságok figyelembevételével, az Európai Unió követelményeknek megfelelően és a környező országok nukleáris programjaihoz igazodva épül fel. Ennek tükrében a Paksi Atomerőmű olyan, a maga nemében egyedülálló balesetelhárítási szervezetet működtet, amely kiépítettségében és alkalmazott megoldásaival összhangban működik az országos komplex intézkedési sémákkal.[18]

Magyarországon négy olyan létesítmény üzemel, amely a hazai nukleárisbaleset-elhárítás tekintetében jelentős szerepet tölt be. [63]

- Paksi Atomerőmű;
- Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója;
- Központi Fizikai Kutatóintézet Kutatóreaktora;
- Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktora.

### *A Paksi Atomerőmű nukleáris baleset-elhárítási rendszerének működése*

Az atomerőmű biztonságfilozófiája szervesen kapcsolódik az országos védelmi tervezéshez, valamint a nemzetközi operatív beavatkozási eljárások honosításával és a helyi specifikumokra történt fejlesztésekkel teljeskörű védelmet biztosít a nukleáris veszélyhelyzetekkel szemben. [38]

A nukleárisbaleset-elhárítás fontos aspektusa az operatív beavatkozók egészségének védelme. Ezért az erőműben a műszaki és technológiai elhárítási megoldásokon felül komoly hangsúlyt fektettek az egészségvédelemre és annak kezelésére. [9]

A lehetséges nukleáris biztonságot fenyegető eseményekre indokolt a megelőzési, elhárítási és helyreállítási terv elkészítése, amit aztán a beavatkozó szervezetek készség szinten megismernek és begyakorolnak. [11] A beavatkozó szervezetek egységein felül fontos, hogy az üzemi személyzet is tisztában legyen az egyes eljárások fontosságával és végrehajtási módszereivel, hiszen ezzel növelhető a biztonságos és hatékony beavatkozás az egyes veszélyhelyzetek kapcsán. [16]

Ennek azért van relevanciája, mert a sugárveszélyes munkakörben dolgozók védelme érdekében, figyelembe véve a gazdasági és társadalmi szempontokat, amúgy is olyan munka- és sugárvédelmi szabályozók lettek megalkotva, melyek értelmében a foglalkoztatottak sugárterhelése az észszerűen megvalósítható legalacsonyabb szinten van tartva. Ezt nevezzük **ALARA** elvnek. [63]

#### **1.4. Védekezés és kárelhárítás**

Az országos balesetelhárítási rendszerek sémájával homogén működésben valósítja meg az atomerőmű szakmai szervezete a helyzetspecifikus veszélyhelyzetek elleni védekezést. A NAÜ biztonsági normáinak tekintetében Magyarország és ezen belül a Paksi Atomerőmű olyan részletes és széles spektrumú operatív veszélyhelyzet kezelést valósít meg, amely nemcsak megfelel a nemzetközi elvárásoknak, de jóval túlmutatnak azok biztonsági követelményszintjein is.[38]

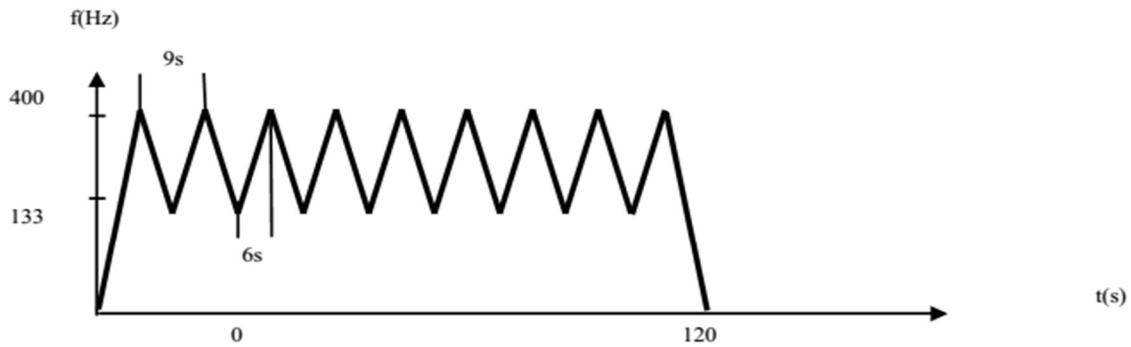
##### **1.4.1. Az atomerőmű baleset-elhárítási szervezete**

Az atomerőműben potenciálisan kialakuló rendkívüli események és veszélyhelyzetek kezelésére a létesítmény jellegének megfelelő működési és irányítási rendszerrel felépített baleset-elhárítási szervezet működik. A veszélyhelyzetek felszámolását, továbbá a mentési és helyreállítási feladatok végrehajtását az ÁVIT-ban foglalt alapelvek szerint irányítja az erre létrehozott Baleset-elhárítási Szervezet.[11] A szervezet, bár állandó kijelölt tagokkal rendelkezik, akik saját végrehajtási körüknek megfelelően látják el feladatukat, de a kárelhárítás hatékonyságának növelése érdekében szükség esetén bevonhatja az üzemi személyzet is. A BESZ működésbe léptetésének riasztása történhet részleges vagy teljes formában, amelynek végrehajtását veszélyhelyzet vagy rendkívüli esemény, továbbá annak potenciális lehetősége esetén kell elrendelni. [11]

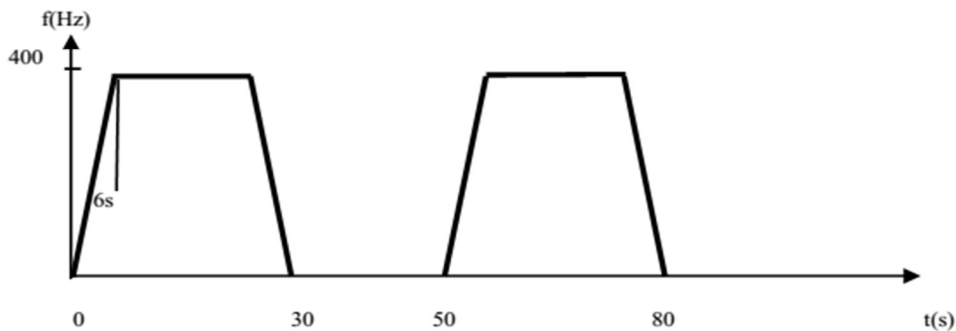
A baleset-elhárítás egyik fontos eleme a megfelelő tájékoztatás azok felé, akik nincsenek szervesen bevonva a kárelhárítás folyamataiba, ami által potenciálisan veszélyeztetett státuszba kerülnek. [38] Ennek elérése érdekében Akusztikus Tájékoztató és Riasztó Rendszer működik, melyen keresztül kétféle hangjelzés, illetve szöveges közlemény kihirdetését lehet megvalósítani. [74] Azokban az esetekben, amikor megtörténik a „Katasztrófariadó” hangjelzésének alkalmazása, utána minden esetben szöveges tájékoztatást kell adni arról, hogy milyen a kialakult veszélyhelyzet jellege és területi érintettsége. [78] Az atomerőműön belüli akusztikus rendszeren felül az erőmű 30 km-es körzetében Lakossági Tájékoztató és Riasztó rendszert telepítettek. [29]



## KATASZTRÓFARIADÓ



## VESZÉLY ELMÚLT



6. ábra: Alkalmazott riasztó jelzések, forrás: ÁVIT II. modul 10. oldal [38]

A BESZ működésének alapja a hazai és nemzetközi jogrendszer által támasztott követelményeken alapul, vagyis a BESZ működési állapotai ennek értelmében a következőképpen értelmezhető: [38]

- normál működési állapot;
- készenléti működési állapot;
- veszélyhelyzeti működési állapot;
- helyreállítási működési állapot.

### Normál működési állapot

Alapesetben, amikor normál működési állapotról beszélünk, a Baleset-elhárítási szervezet nem üzemel, illetve nem folytat folyamatos koordinált tevékenységet. A sugárvédelmi helyzet és a technológiai folyamatok állandó monitorozása által kapott normál üzemállapotú visszacsatolások mellett bizonyos időszakonként ismétlődő felkészülési és gyakorlatozási tevékenységet végez. [38]

### Készenléti működési állapot

Amennyiben erre szükség van, a BESZ-t készenléti állapotba helyezik, amikor is külön döntés alapján, részlegesen működésbe helyezik a szervezetet.

A BESZ erre rendelt állományi részének a feladata ilyenkor, hogy a veszélyhelyzet szintjét el nem érő kialakult esemény kapcsán monitorozza a helyzetet és fokozott figyelemmel ellenőrizze a technológiai és dozimetriai adatok változását. [11]

### Veszélyhelyzeti működési állapot

Annak fennállása esetén, ha egy rendkívüli esemény hagyományos besorolású vagy nukleáris veszélyhelyzetté eskalálódhat, a veszélyhelyzeti osztály meghatározásával elrendelhető a BESZ veszélyhelyzeti működési állapota. Ilyen kinyilvánított veszélyhelyzetben és elrendelt BESZ működési állapotban legalább részleges, de inkább teljes üzembe helyezést rendelnek el. [38]

A veszélyhelyzet korai szakasza, a radioaktív, veszélyes anyagok kibocsátását közvetlenül megelőző időszak, melynél az elsődleges feladat a baleseti helyzet és annak továbbfejlődésének elhárítása, valamint a következmények csökkentése és korlátozása. Szükségessé válnak a megfelelő óvintézkedések végrehajtása és emellett a lakosságvédelmi riasztások és tájékoztatások ajánlása. [89]

A kései időszakban, a radioaktív és veszélyes anyagok kibocsátását követően a baleseti helyzet elhárítása és következmények súlyosságának becslés-értékelése a feladat.

### Helyreállítási működési állapot

A veszélyhelyzetekre, azok jellege és hatásai alapján részletes intézkedési tervek készülnek annak érdekében, hogy a helyreállítási tevékenységek is megfelelően legyenek kivitelezve. Amennyiben a helyreállítási állapot során végrehajtott intézkedések azt eredményezik, hogy a kialakult helyzet már a normál működési állapot keretein belül is kezelhető, akkor a helyreállítási működési állapot megszüntethető. [38]

#### **1.4.2. A létesítményi tűzoltóság szerepe a BESZ-ben**

A tűzoltóság a feladatait a BESZ alárendeltségében látja el annak megalakulása után, azonban elsődleges feladata továbbra is a tűzoltás és az életmentés marad. Részt vesz a kutatási munkálatokban, az üzemzavar elhárításban, kárelhárítási és műszaki mentési tevékenységet végez, továbbá sürgősségi betegellátási és betegszállítási feladatokat hajt végre.

Olyan rendkívüli veszélyhelyzetek alkalmával, mint amilyen a villamos energia kiesése esetén szükséges SBK dízel aggregátoros vagy külső mobil vízbetáplálás kiépítése, szintén a létesítményi tűzoltóság feladata. [38]

A BESZ részletes riasztásának információs folyamatábráját a 29. táblázat tartalmazza.

### **1.5. A védekezés és kárelhárítás sugárvédelmi bemutatása**

Az atomerőmű területén kialakult veszélyhelyzet kapcsán a lakosság, az üzemben dolgozók és a baleset-elhárításban részt vevők jelentős sugárterhelésnek lehetnek kitéve. [74] A veszélyhelyzet jellege, a blokkok és a technológiai működési állapotok, továbbá a védelmi rendszerek szükséges üzembe lépése és működőképessége határozzák meg a fokozott sugárterhelés potenciális mértékét. [52]

Az értekezés érinti a sugárvédelem témakörét, és az ionizáló sugárzás hatásai elleni védekezés lehetőségeit. Ennek értelmében elengedhetetlennek tartottam az ionizáló sugárzásról alapvető ismertetést készíteni, hogy a veszélyek forrásai érdemben azonosításra kerüljenek. Az ionizáló sugárzás és hatásainak megállapításait a 4. melléklet 3.2 fejezete tartalmazza.

A sugárzási adatok ismeretében a BESZ vezetője intézkedéseket fogatosít az érintettek védelme érdekében. [93] Minden olyan esetben légzésvédő eszközök alkalmazását rendeli el, ha feltételezhető, hogy a levegő radioaktív jód vagy aeroszol által szennyezett. [22]

*„Beavatkozási szintek:*

- *Elzárkóztatás: 10 mSv elkerülhető effektív dózis legfeljebb két napra integrálva;*
- *Kimenekítés: Ideiglenes kitelepítésre 50 mSv elkerülhető effektív dózis legfeljebb 1 hétre integrálva;*
- *Jódprofilaxis: 100 mGy elkerülhető pajzsmirigyben lekötött dózis a jódizotópokból.*

*Nukleáris baleset cselekvési szintjei:*

- *Elzárkóztatás: 0,2 mSv/h dózisteljesítmény a csóvától és a kihullástól, 4 órás felhőátvonulás van figyelembe véve. Elkerülhető dózis 10 mSv;*
- *Kimenekítés: 1 mSv/h dózisteljesítmény a csóvától és a kihullástól, 4 órás felhőátvonulás, 50 mSv elkerülhető dózis;*
- *Jódprofilaxis: 0,1 mSv/h dózisteljesítmény a csóvától, 100 mGy elkerülhető dózis, 4 órás felhőátvonulás.” [38:19]*

### *A nukleáris baleset-elhárításban részt vevők védelme*

A veszélyhelyzet kezelés alapvető beavatkozó-védelmi elve, hogy az esemény jellegéhez és kiterjedéséhez mindig az adott feladathoz szükséges mennyiségű erő és eszközállományt kell bevetni, a folyamatos váltás megszervezésével. [38]

A veszélyhelyzetek során a beavatkozók elsődleges irányelve, hogy a megfelelő védőfelszerelések ellenére sem tölthetnek el szükségesnél több időt a kárhelyszínen. [85] Ez alól csak a nevesített esetekben lehet korlátozott eltérés, ami azt jelenti, hogy az egyéni sugárterhelés differenciáltan az elvégzendő feladat szükségszerűsége alapján lehet magasabb.[25]

A nevesített speciális eseteket a következő táblázat példázza:

7.táblázat: Dóziskorlátok, forrás: ÁVIT II. modul 21. oldal [38]

Kategória	Feladat	Effektív dózis [mSv]
1.	Életmentéshez kapcsolódó tevékenység	250
2.	Megelőzést és a következmények csökkentését szolgáló tevékenységek. Telephelyi sürgős óvintézkedések bevezetése. A veszélyhelyzet súlyosbodásának megelőzését, vagy a súlyosbodás mértékének csökkentését szolgáló tevékenységek. Életveszély potenciális kialakulásának megelőzését, az ilyen jellegű kockázat csökkentését szolgáló tevékenységek. Telephelyen, a MÓZ és a SÓZ (Óvintézkedések Zónája) területén végrehajtott sugárfelderítés, amely a sürgős óvintézkedések alkalmazásának eldöntéséhez szolgáltat információt. Súlyos, nem halálos egészségkárosodás megelőzését szolgáló tevékenységek (kimenekítés, azonnali orvosi beavatkozás, személyi dekontaminálás).	100
3.	Sugárterhelést szenvedett személyek hosszú távú orvosi ellátása. Sérültek rövid távú ellátása. Radioaktív szennyeződés lokalizálása.	50
4.	Helyreállítás: Létesítmény, eszköz és berendezés helyreállítási tevékenységek, dekontaminálás, hulladékkezelés, hosszú távú orvosi ellátás.	A 16/2000 (VI.18.) EüM rendeletében a foglalkozási sugárterhelésre meghatározott dóziskorlátok

A sugárterhelési korlátok betartásának érdekében célszerű felhasználni minden olyan lehetőséget, amely elősegíti a védekezést. Ilyenek lehetnek a terepviszonyok adta árnyékolási lehetőségek, a sugárforrástól való távolság és a már említett veszélyes helyen eltöltött idő minimalizálása.[9]

### *A védekezésben, kárelhárításban nem érintett személyek*

A veszélyhelyzeti kategória meghatározása és kihirdetése után, amennyiben azt rendkívüli körülmény nem akadályozza, és a menekülési útvonalak is szabadak, minden kárelhárításban részt nem vevő személy elhagyja az üzem területét az általános ki- és beléptető pontokon keresztül a lehető legrövidebb útvonalon és időn belül. Szükség esetén, amennyiben erre a veszélyhelyzet körülményei okot adnak, alternatív menekülési útvonalak is kijelölhetők. [9] Az olyan fedett helyeket, melyek alkalmasak az elzárkóztatásra, létszámellenőrzésre és rövid időn belül elérhetőek gyülekezési pontoknak nevezzük. [11]

### *Veszélyhelyzeti egészségügyi ellátás*

Egy nukleáris veszélyhelyzet során a mechanikai behatások okozta sérülések, sebek, törések és égési sebek ellátásán felül számolni kell a sugárforrások általi sérülésekkel, esetleges inkorporáció fennállásával, valamint a külső és belső sugárterhelés következtében fellépő szervezeti hatásokkal. [38] Alapesetben a sérültek ellátása az üzemorvosi rendelőben vagy a tűzoltóság elsősegély helyén történik meg. A primerkörben külön elsősegélynyújtó helységek lettek kialakítva és felszerelve, ami által az ellenőrzött zónán belüli sérülésellátás is megvalósítható. Abban az esetben, ha sebek és sérült bőrfelületek mentesítésére lenne szükség, akkor azokat a Tolna megyei Balassa János Kórházban tudják az erre rendszeresített speciális műszerezettségű ellátóhelyeken kezelni. [9]

### *A lakosság felkészítése*

Egy rendkívüli veszélyhelyzet kapcsán lényeges, hogy a környező lakosság megfelelő tájékoztatást kapjon a kialakult helyzetről. [74] A felkészítés és tájékoztatás minőségi kielégítése pedig a létesítmény üzemén kívüli feladata. Ennek értelmében a helyzetspecifikusan meghatározott feladatok a lakosság számára egyértelműen lekommunikált és egységesen értelmezett helyzetmeghatározást jelent. [63]

## **1.6. Iparbiztonsági-nukleáris képzési tematika kidolgozása**

A fejezetben megvizsgált témakörök átfogó összefoglalásnak tekinthetők az Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv vonatkozásában, továbbá a következő fejezetek ismereteinek megalapozására is szolgál. A szakemberképzés egyik legfontosabb része egy olyan tananyag megalkotása, amely a fokozatosság elve alapján felépülve adja át az ismeretanyagot. Az egymásra épülő fogalmak és magyarázatok által érhető el, hogy az adott téma megfelelő szintű és minőségű tudást eredményezzen az oktatott szakemberek részére.

Ezt szem előtt tartva fogalmazok meg javaslatot az oktatási tematika által a hivatásos állomány megsegítésére és tudásbázisának növelésére. A kézikönyv és a tematika útmutatásai nem csupán a Katasztrófavédelem számára releváns, hanem minden megerősítésre érkező vagy védelmi műveletekben részt vevő erők számára javasolt. A kézikönyv és az oktatási tematika felhasználása által elérhető, hogy az ismeretanyag birtokában se a beavatkozás sikerességét, se pedig saját magát ne veszélyeztesse az, aki a kárelhárítás bármely fázisában részt vesz.

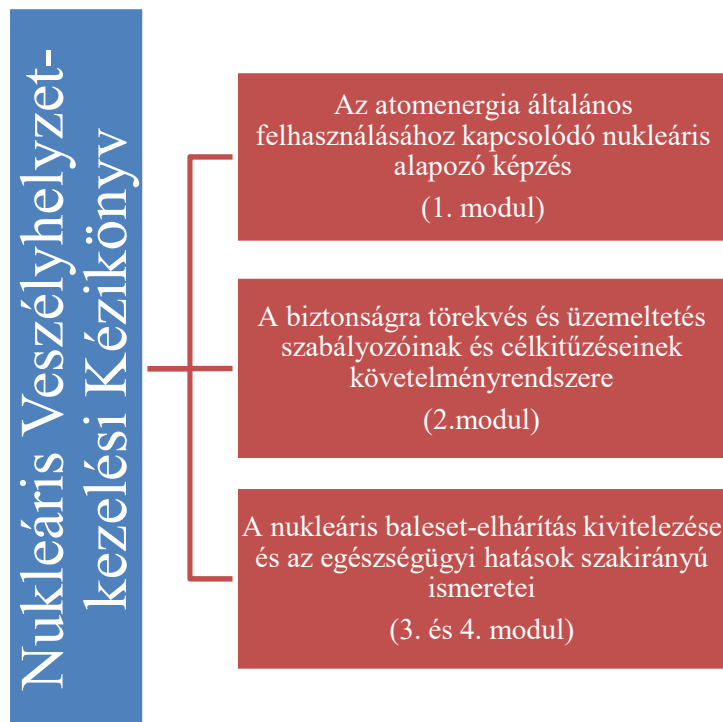
Jelen esetben a kidolgozott kézikönyv és a jelen fejezet részben bemutatott oktatási tematika javaslata nem szakmai, hanem témaspecifikus alapozási szintet jelent. A kézikönyv ugyan laikusok számára is képes megfelelő tájékoztatást nyújtani, azonban tipizált célja az iparbiztonsági szakemberek minőségi képzése. Az atomenergia és a nukleáris veszélyek megközelítése laikus szinten is sok hiányosságot mutat, ami viszont az iparbiztonság területén belül kerüendő és célszerű annak megfelelő hiánypótlása. Az oktatási anyag és a kézikönyv kidolgozásának szempontrendszerét tekintve azt a feltételezést követtem, hogy a képzésben részt vevők rendelkeznek olyan katasztrófavédelmi alapismeretekkel, melyek révén nem szükséges minden megfogalmazott iparbiztonsági téma aspektusait megmagyarázni. Erre kiválóan alkalmasak a jelenleg működő, Katasztrófavédelem által szervezett tanfolyamok. Ezek alapján az Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv orientált alapozó tudásának megfogalmazása a konkrét témán belüli tudásbázis alapjainak lefektetésére szolgál, ugyanakkor nem alkalmaz olyan szakzsargont vagy megfogalmazást, amely értelmezéséhez különleges szaktudású előismeretre volna szükség. A kézikönyv tematikáját három részre tagoltam, melyek mindegyike egymásra épül és egyre mélyebb szakmai betekintést nyújt az Iparbiztonság célzott nukleáris témaköreibe, valamint az alkalmazott irányelvekbe és eljárásrendekbe.

Az általános tematikai felépítést párosítottam azok oktatandó jellegével, amiből azt a következtetést vontam le, hogy az ismereti szintek egymásra épülésén felül olyan bontást szükséges alkalmaznom, amely nemcsak az egyes részanyagokat és azok oktatási tematika vázlatát választják el egymástól, de felosztja a tartalmat az ismereti szint mélységének tekintetében is. Ezek alapján a kézikönyv törzsanyagát három szintre osztottam fel, melyek a következők:

- Az atomenergia általános felhasználásához kapcsolódó nukleáris alapozó képzés;
- A biztonság és üzemeltetés szabályozóinak és célkitűzéseinek követelményrendszere;
- A nukleáris baleset-elhárítás kivitelezése és egészségügyi hatások szakirányú ismerete.

Látható, hogy az első egy bevezető ismeretanyag, amely szakmai látókör szélesítésre szolgál, míg a második szint már egy célirányos iparbiztonsági szakmai tudásanyagot közvetít.

A harmadik szinten pedig olyan specifikusan orientált elméleti és gyakorlati ismeretanyag kerül kibontásra, amely alkalmazott irányelveivel és végrehajtási útmutatóival olyan képzettséget eredményez, mely elsajátítása révén ténylegesen alkalmassá teszi a szakembereket a nukleáris biztonság megtartásának elősegítésére.



7.ábra: Oktatási tematika viszonyítása a témához, forrás: saját ábra

A három szint belső tartalmának témaköreit tekintve ezeket moduláris felosztásba helyeztem. Ennek következményeképpen az egyes modulok hosszúsága és témáinak száma eltér egymástól. A moduláris felépítés alapján az egyes részek a tartalmi mennyiség és az ismeretanyag bonyolultsága okán a témakörökre szánt időmennyiség eltér egymástól, ami azt eredményezi, hogy az egyes modulok és azokon belül a modulrészekre szánt oktatási idő is lényegesen különböző intervallumokat ölel fel.

A mellékletben összeállított kézikönyv önmagában kiemelve is alkalmas szakmai oktatások segédanyagaként történő felhasználásra, ugyanakkor végleges formáját tekintve érdemes az értekezésem további fejezeteinek magyarázó részeivel is kiegészíteni, ami a moduláris tematika részek felosztásán és időintervallumán nem változtat, ugyanakkor további kiegészítő tananyagot eredményez a kézikönyv számára. Különösen igaz ez a specifikus orientált szakmai rész kiegészítésére, ahol a nukleáris biztonsági eljárások és veszélyhelyzeti kezelésekre kerül megfogalmazásra. A veszélyhelyzeti és kárelhárítási folyamatok elmélyített szaktudása eredményezi egy nukleáris veszélyhelyzetben a döntési felelősség, az irányítási és beavatkozási feladatok végrehajtásának pontos ismeretét. Ezzel a szakemberek kritikus helyzetek kialakulását előzhetik meg, valamint döntéseiknek a már kialakult káresemény hatásainak csökkentésében és a veszélyhelyzet eszkalálódásának féken tartásában lehet döntő szerepe.

8.táblázat: Javaslat az oktatás moduláris tematikai felépítésére, forrás: saját táblázat

1.modul: Alapszintű nukleáris ismeretek		
Téma sorszáma	Megnevezés	Tervezett óraszám
1.1	Atomerőművi alapismeretek	1
1.2	A nukleáris biztonsági alapvetések bemutatása	1
1.3	Reaktortípusok csoportosítása moderátoruk szerinti <ul style="list-style-type: none"> <li>- Termikus reaktorok</li> <li>- Gyors reaktorok</li> <li>- Fúziós reaktorok</li> </ul>	2
1.4	Az atomerőművek generációkba sorolása	1
1.5	A Paksi Atomerőmű illeszkedése az atomerőművek típusai közé	2
1.6	A tervezett új paksi atomerőmű differenciái	1

2.modul: A nukleáris üzemeltetés iparbiztonsági felépítése		
Téma sorszáma	Megnevezés	Tervezett óraszám
2.1	A nukleáris biztonságra törekvés szabályozói és célkitűzései	1
2.2	A tervezéshez tartozó üzemállapotok és a biztonsági funkciók meghatározása <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mélységben tagolt védelem és üzemállapotokra bontott vonatkozása</li> <li>- A mélységben tagolt védelem működésének célkitűzései</li> </ul>	2
2.3	A biztonsági osztályba sorolt kritikus rendszerek és rendszerelemek bemutatása <ul style="list-style-type: none"> <li>- Konténment és nyomástartó berendezések</li> <li>- Reaktor és aktív zóna</li> <li>- Építmény és szerkezeti tervezés</li> <li>- Nukleáris üzemanyag és radioaktív hulladékok</li> <li>- Üzemeltetés és telephely vizsgálat</li> <li>- Nukleáris létesítmény megszüntetése</li> </ul>	2
2.4	Tűzvédelmi követelmények vizsgálta <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tűzmegeelőzés tervezése</li> <li>- Villamos berendezések</li> <li>- Tűzjelző és oltóberendezések alkalmazása</li> </ul>	2



### 3.modul: A nukleáris baleset-elhárítás eljárásrendjei és intézkedései

Téma sorszáma	Megnevezés	Tervezett óraszám
3.1	Nukleárisbaleset-elhárítás alapelveinek bemutatása	1
3.2	Az ionizáló sugárzás lényegi veszélyforrásai és hatásai - Ionizáló sugárzás fajtáinak és hatásainak jellemzése	2
3.3	A nukleáris létesítmények általános veszélyhelyzeti tervezése	1
3.4	Nukleáris veszélyhelyzeti osztályok bemutatása	1
3.5	A veszélyhelyzeti óvintézkedések vizsgálata	1
3.6	A magyarországi nukleárisbaleset-elhárítási feladatok ellátási rendszerének bemutatása - Országos Nukleárisbaleset-elhárítási rendszer - Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer - Nukleárisbaleset-elhárítási döntéstámogató rendszer - Nemzetközi radiológiai adatcsere rendszer	2

### 4.modul: A nukleáris baleset-elhárítás a Paksi Atomerőműben

Téma sorszáma	Megnevezés	Tervezett óraszám
4.1	Paksi Atomerőmű nukleáris baleset-elhárítási rendszerének ismertetése - Veszélyhelyzet tervezés atomerőművi vonatkozásai - Intézkedések végrehajtása a veszélyhelyzeti osztályok bontásában	2
4.2	- Az egyes veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok meghatározása - Azonnali válaszintézkedések meghatározása a Paksi Atomerőmű veszélyhelyzeti osztályaihoz	2
4.3	Védekezés és kárelhárítás elemzése a Paksi Atomerőműben - A Baleset-Elhárítási Szervezet felépítésének és működésének ismertetése az atomerőműben	2
4.4	A védekezés és kárelhárítás sugárvédelmi szempontú vizsgálata - A nukleáris baleset-elhárításban részt vevők védelme - A védekezésben, kárelhárításban nem érintett személyek - A védekezés során felhasználható eszközök és létesítmények - Veszélyhelyzeti egészségügyi ellátás - A lakosság felkészítése	2
4.5	Nemzetközi Nukleáris Eseményskála ismertetése	1

Az oktatási tematika moduláris felépítéséhez alapul vettem a Paksi Atomerőmű Munka és Sugárvédelmi Szabályzatát, amely szintén moduláris felépítésű tematikát alkalmaz. Ennek lényege az, hogy az oktatások célirányosan a munkavállalókat csoportokra osztják a munkahelyi feladatkörük és a nukleáris létesítményen belül ellátott szerepük szerint. A munka és feladatkörök függvényében szükséges részt venniük a munkavállalóknak az oktatásokon. Az általam felépített oktatási elv is hasonló alapokon nyugszik, mivel a korábban felvázolt séma szerint az Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv segédletével különböző szintű szakmai képzés valósítható meg annak függvényében, hogy az iparbiztonsági szakembereknek milyen mélységű ismeretanyagra lesz szükségük feladataik ellátásához.

A tematika moduláris bontása igazodik a felvázolt szintekhez, ugyanakkor a 3. és 4. modul nem kerülhetett egyesített oktatási bontásba annak ellenére, hogy mindkettő a „nukleáris baleset-elhárítás kivitelezése és az egészségügyi hatások szakirányú ismeretei” célszinthez tartozik. Ennek oka, hogy közös modulban kezelve aránytalanul magas tematikus óraszámra lenne szükség annak kivitelezésére többre, mint az első két modul esetében. Ezzel a felosztással a témák és a szükséges oktatási napok bontása könnyíthető meg, annak függvényében, hogy a teljes tematika felhasználási jellege milyen tanmenethez kapcsolódik.

Az óraszámok meghatározásához a már említett MSSZ elvének figyelembevételével a saját tanóratartási tapasztalataimat használtam fel. A Nemzeti Közszerológati Egyetemen tartottam előadást a fenti tematika több témájában is. Részt vettem olyan szakmai konferenciákon, ahol a felsorolt ismeretanyagokból és az értekezésem többi fejezetének részeiből tartottam előadást. Ezen alkalmak során felmértem azt, hogy az egyes témarészek megfelelő minőségű és érthető továbbadásához alkalmanként és ismeretanyag részenként mennyi időre volt szükség. Az előadások és az azt követő kérdések és megbeszélések időintervallumát átültettem a jelen moduláris felépítésre. A tervezett óraszámok ezen megállapításaim eredményét tükrözik.

#### *A Kézikönyv és az oktatási tematika felhasználásának koncepciója*

Az Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv felhasználása oktatási célra alapvetően iparbiztonsági szakemberek képzésére irányul. Ez történhet intézményi és egyéni szervezésű tanfolyamok és tanórák keretében.

A Nemzeti Közszerológati Egyetem nappali és levelezős szakemberképzése sokféle, szerteágazó, ugyanakkor célirányos oktatást valósít meg. Ennek értelmében az oktatási tematika implementálható az Egyetem képzési tanórái közé is.

A katasztrófavédelmi szakirányú képzésben felhasználhatók a megtervezett szintek annak függvényében, hogy az egyes hallgatók mely szakirányokon hallgatják a tematika alapján előadott tárgyat. Iparbiztonsági szakirányon és mesterképzésen a teljes oktatási tematika felhasználható, míg alapképzésben elegendő lehet az alapszintű nukleáris ismeretek és a nukleáris üzemeltetésről szóló iparbiztonsági modulok oktatása.

Az intézményi kereteken kívül a kézikönyv felhasználható alapszintű nukleáris iparbiztonsági tanfolyam megtartására, amellyel a szükséges munkakörökhöz rendelt szakmai követelményszint elsajátítható. Ennek értelmében a tanfolyam egyéni időrendi beosztása révén az egész oktatási tematika elosztható a képzés időtartamára, hogy megfelelő idő álljon rendelkezésre a tananyag elsajátításához.

A mai oktatás célorientált konvenciója alapján felvetem annak a lehetőségét is, hogy az iparbiztonság keretein kívül is lehet létjogosultsága a kézikönyv tematikus oktatásának. A középiskolákban manapság egyre népszerűbbek az egyes tantárgyakhoz kötött szakirányú tanórák kiegészítései. Ennek relevanciája olyan iskolákban van, ahol a közvetlen közelségben valamely speciális tevékenységet végző létesítmény üzemeltetése zajlik. Paks esetében például ez az atomerőmű és annak tervezett bővítése. Ezek olyan létesítmények, amelyek rendkívül hosszú üzemidővel kerülnek kialakításra és üzemidejük után is olyan időintervallumú utókezelésnek vannak alávetve, amely több generációt átívelő korszakot jelent. Ennek értelmében, ha veszünk egy mai középiskolai tanulót, aki már rendelkezik megfelelő kémiai és fizikai alapismeretekkel, akkor elmondhatjuk, hogy a személyes jövőjét érintő lokális üzemspecifikus ismeretterjesztés által szélesebb spektrumú világlátásra tehet szert.

## **1.7. Részkövetkeztetések**

1. Az első fejezet kettős rendeltetésű. Egyrészt a további fejezetekhez szükséges ismeretalapozás a célja, másrészt bemutatja a témához szervesen kapcsolódó Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv oktatására kidolgozott tematikát és annak felhasználási javaslatait.
2. Az 1. fejezetben részletesen beszámoltam az atomerőmű létesítését megelőző és működtetését szabályzó eljárásrendekről, melyek láthatóan egymásra építkezve, sokrétű szinteket képezve lettek kidolgozva, annak érdekében, hogy a biztonság minden szintje lefedésre kerüljön.
3. Elemeztem azokat a veszélyfaktorokat, melyek felkészültség és kezelési hiányosságok esetén komoly kihatással lehetnek az emberiség és a környezet biztonságára. A fejezet felépítését tekintve többszintű megalapozó ismereteket vonultat fel.

A szinteket az atomerőművek működési, működtetési vagy biztonsági aspektusai adják, amelyek felhasználását annak függvényében kell megfontolni, hogy az az ismeretek milyen mélységére és jellegére irányul.

4. Az általános alapozó ismeretekben olyan átfogó képet kaphatunk az atomerőművek múltjáról és a technológiai felhasználás fejlődéséről, amelyek révén a laikus számára is egyértelművé válnak az egyes fogalmak. Tartalmazza azon ismereteket, amelyek bármely olvasó számára megmagyarázzák és megalapozzák a nukleáris energiatermelés lényegét.
5. Az alapvető atomerőművi ismereteket a nukleáris biztonság alapelveivel érdemes kezdeni. A működési biztonság lényegi aspektusai megvilágítják az általános elvárásokat és azokat az alapelveket, melyeket szem előtt tartva szavatolható a nukleáris létesítmény optimális működtetése.
6. A fejezet törzsanyagában az iparbiztonsági szakemberek számára releváns bővített magyarázatok találhatóak, amely már inkább a Katasztrófavédelem szakemberei számára ajánlott és leginkább iparbiztonsági szabályozókat és működtetést koordináló nukleáris alapelveket tartalmaz.
  - a. A nukleáris biztonságra való törekvés gerincét a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok adják, melyekhez kapcsolódnak további jogi szabályzók, amik egymással összhangban követelik meg az egyes részegységek és az egész létesítmény vonatkozásában a biztonság meglétét és az annak megtartására irányuló eljárások teljesülését. Ezek lényegi ismerete elengedhetetlen az eljárásrendek kidolgozásához és a végrehajtandó feladatok beazonosításához.
  - b. A jogi szabályzók ismeretében tovább léphetünk a tervezés és üzemeltetés azon kérdéseire, melyek a biztonsági funkciók teljesülését kielégítik. Minden biztonsági funkció hozzá van rendelve az üzemi működés meghatározott paraméteréhez, melynek változása esetén életbe kell léptetni a szükségessége mértékében az egyes biztonsági funkciókat.
  - c. A nukleáris létesítmények védelmi szintjeit meghatározzák az egyes rendszerek és rendszerelemek működése, amelyek biztonsági osztályba sorolása kapcsán látható, hogy az egyes részegységek működésének követelményei hogyan tesznek hozzá a globális védelem megtartásához.

7. A fejezetben számot adok a nukleáris biztonsági eljárások és veszélyhelyzeti kezelések tervezéséről. A veszélyhelyzeti és kárelhárítási folyamatok elmélyített szaktudást igényelnek, mely megléte egy nukleáris veszélyhelyzet kezelése kapcsán olyan terminus pont, amely nélkül nem beszélhetünk biztonságos üzemeltetésről és hatékony baleset-elhárításról. Ezt az egyszerű, ám jelentős tényrt tartottam szem előtt, amikor kidolgoztam a fejezet terjedelmi, felhasználhatósági és mélységi tartalmát.
- a. A veszélyhelyzetekre történő felkészülés globális és lokális szinten megvalósul. A kettő összhangban van egymással, azonos értékeket szem előtt tartva, egymáshoz kapcsolható intézkedésekkel dolgozik. Ennek jelentősége az, hogy a veszélyhelyzeti tervezés szintjeihez mindenki ugyanazokat az eljárásrendeket kapcsolja, egységesítve ezzel a balesetelhárítás működését.
  - b. Az egységesített veszélyhelyzeti tervezésből adódik, hogy az egyes feladatok végrehajtása is előre meghatározott jellemzőkkel bír. Ennek kapcsán országokat átívelő helyzetmegoldások születnek, melyek kapcsán minden kárelhárításban részt vevő ismeri az egyes események következményét és ok-okozati összefüggését.
  - c. Kifejezetten a Paksi Atomerőmű baleset-elhárításának működése nemcsak, hogy illeszkedik az általános eljárásokba, de azokat továbbfejlesztve, az egységes értelmezés megtartásával növeli önnön hatékonyságát. Külön foglalkozik az egyes speciális problémákkal és szervezeti szintű felkészültségével hatékony megelőzési és elhárítási tevékenységet valósít meg.
  - d. A nem kívánt események hatásaira történő felkészülés része a veszélyhelyzeti tervezésnek, amelyben nem csupán az üzemben belüli feladatkörök és funkciók kerülnek tisztázásra, de az üzemben kívüli kárelhárítás is részletes folyamat struktúrával rendelkezik, melynek alapvetése, hogy a lakosság és a környezet védelme mindenekelőtt való.
8. Lényegét tekintve az általános ismeretek és a speciális szaktudás megalapozása bármely oktatási kereten belül megvalósítható a tematikus részegységek kiemelésével vagy az egész fejezet egymásra épülő struktúrájának felhasználásával. Amennyiben sorra vesszük a technológiai és biztonsági eljárásrendek ok-okozati összefüggéseit, akkor válik teljesen érthetővé az egyes intézkedések, valamint a hozzájuk tartozó szakfelszerelések és eszközök felhasználásának készség szintű tudás-követelménye.

## 2. A MEGLÉVŐ ÉS TERVEZETT ATOMERŐMŰVEK VALÓS IDEJŰ KOMMUNIKÁCIÓJA ÉS ESEMÉNYREAGÁLÁSI HATÁSFÁKTORAI

A jelenleg üzemelő Paksi Atomerőmű irányítási rendszerei alaposan kidolgozott eljárásokat és működtetési normákat tartalmaznak, melyek alapján az egyes veszélyhelyzetektől függően képes az üzemi személyzet beavatkozni a kialakult esemény optimális kezelése érdekében. Ha fókuszba helyezzük, hogy az erőmű szomszédságában egy másik, eltérő generációjú, de hasonló technológiai elven működő atomerőmű építése van tervezés alatt, fontos, hogy mindkét erőmű tekintetében olyan irányelv fejlesztések valósuljanak meg, amelyek egyrészt az új technológiák felhasználásának alkalmazhatóságát, másrészt az atomerőművek párhuzamos működésének egymásra gyakorolt hatásait is figyelembe veszik. [70]

Elsődleges fontosságúak a meglévő reaktorvédelmi intézkedések, melyek feladata, hogy fizikailag egymástól függetlenül megkezdjék a reaktor leállítását, további funkciókkal is bírjanak. Ilyen funkció, hogy olyan információtovábbítással is rendelkezzenek a jövőben, mely képes a szükséges mértékben befolyásolni a másik erőmű védelmi funkcióit ellátó rendszereinek működtetését, vagy azok elindításának végrehajtására egyértelmű utasítást adni a kezelő személyzetnek. Ezek a két erőműre vonatkozó, egymást befolyásoló intézkedések a kiváltó eseményhez szükséges védelmi funkciókhoz társított üzemállapotok függvényében kell, hogy irányítsák a nukleáris létesítmények működtetését. Az intézkedések végrehajtási feltételeit olyan módszerekkel kell szavatolni, hogy azok ne legyenek kihatással a régi erőmű biztonsági rendszereire, továbbá az új erőmű működtetésének eljárásai vagy azok kiesése ne okozhasson dominó hatást a régi erőmű vonatkozásában. [13]

A meglévő atomerőmű eljárásrendjei minden üzemállapotra kidolgozottak a veszélyhelyzetek súlyosságának függvényében. [14] Ennek fejlesztése és az új erőmű eljárásainak kidolgozása vált szükségessé a jövőbeni biztonságos párhuzamos működtetés érdekében. Abban az esetben, ha az egyik erőműben a normál üzemállapotú működésben változás következik be, azt valós idejű információtovábbítással a védelemért felelős szervezeteknek és a blokk irányításáért felelős üzemi személyzetnek tudnia kell. Az állapotváltozás tényén felül a másik erőmű irányítási szervezetének információval kell rendelkeznie az üzemállapot változás minden eseményéről annak érdekében, hogy a továbbiakban mindegyik erőmű felelős szervezete összhangban dolgozhasson a normál üzemállapotok visszaállításán.

Az eseménykezelést a lehető legkisebb veszélyességi faktorok mellett és elegendő erőforrás rendelkezésre állásával kell megvalósítani. Ez azt jelenti, hogy a kialakult esemény kapcsán az egyik erőmű állapotának normalizálására elhasznált erőforrások (víz, eszköz, emberállomány) a közös védelemre fenntartott szervezetektől vonódnak el, így amíg az adott esemény kapcsán a normál üzemállapot vissza nem áll, addig a másik atomerőmű biztonsága potenciálisan lecsökken. Ezt figyelembe véve kijelenthetjük, hogy a biztonság szintjének megtartására külön tervezni kell, amihez elengedhetetlen a két erőmű közti valós idejű kommunikáció megvalósítása.

A valós kommunikáció és helyzetkezelés optimális megvalósítását példázza a Tokyo Electric Power Company által üzemeltetett Kashiwazaki-Kariwa atomerőmű eltérő generációjú reaktorainak párhuzamos működtetése és kezelése. [90] A hét reaktor közül kettő 3. generációs ABWR atomreaktor, melyek 2. generációs társaikkal párhuzamosan üzemeltetve a világ legrégebbi egymás mellett üzemelő, eltérő generációjú reaktorai közt vannak számontartva. Ezen felül ez a világ 4. legnagyobb áramtermelő állomása. A 3. generációs reaktorok 1996-ban és 1997-ben kezdtek el üzemelni és azóta a biztonság jegyében több ízben is védelmi rendszer fejlesztést kellett végrehajtani az optimális teljesítmény és a biztonsági ráta mérlegen tartása végett. [90]

A Fukushima-i baleset után a Kariwa Atomerőmű is biztonsági felülvizsgálaton esett át, melynek eredményeképpen a vészhelyzeti reagáló rendszer továbbfejlesztésen esett át. Ennek az egyik leglényegesebb aspektusa volt az azonnali információközlés a blokkok üzemállapotáról. Az eltérő generációjú reaktorblokkokat monitorozó rendszer valós idejű kommunikációt folytatva az adatokat a blokkok üzemeltetési és irányítási központján felül a kiépített Közös Katasztrófaelhárítási Központba is továbbítja. Az információk gyors áramlása révén rövid időn belül az esemény konkrét kezelésére irányuló végrehajtási döntések születhetnek meg. Az intézkedések optimális végrehajtási sorrendjének meghatározásához a biztonsági központ a monitorozó rendszerrel párhuzamosan Vészhelyzeti Esemény Irányítási rendszert is futtat, amely a beérkező információk alapján képes meghatározni a kialakult esemény súlyosságát és modellezni a szükséges intézkedések eredményességét és a várható következményeket. [91]

## **2.1. A veszélyhelyzeti osztályozás végrehajtói lépéseinek elemzése**

A Paksi Atomerőmű területén kialakult vagy előre látható potenciális veszélyhelyzet kapcsán a helyzetkezelés alapja, hogy a lehető legalaposabb információk begyűjtésével egyértelműen meghatározható legyen az esemény súlyossága.

Az információ gyűjtés az érintett területektől, adott bloktól telefonon, az üzemi személyzettől személyesen vagy a számítógépes rendszerek alkalmazásával végezhető.

Az esemény pontos leírása után a dozimetriai szolgálat megállapítja, hogy az épületen belül vagy kívül történt-e kibocsátás és mennyiben változott a sugárzás mértéke az üzemi normát tekintve. [76] A kialakult helyzet alapján értesítésre kerülnek az ügyeletes mérnök által az érintett szervek, azok hivatalos elérésén keresztül, mint amilyenek a fegyveres biztonsági őrség, az atomerőmű tűzoltósága, továbbá a relevánsan illetékes egészségügyi szolgáltatók és szakszemélyek. [92]

Az érintettek riasztásával, amennyiben az esemény jellege megköveteli, az ügyeletes mérnök ideiglenesen, míg a feladatkört át nem veszik tőle, a BESZ vezetőjévé is válik. A helyzetértékelés következő lépcsője, hogy a nem érintett blokkok is értesítésre kerülnek a kialakult esemény részleteiről. A meglévő információk alapján a veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok meghatározási táblázata (lásd: Veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok meghatározása 20-21-22. táblázatok) alapján a paraméterek vizsgálatával meghatározható, hogy a kezdeti esemény és következmény együttese milyen veszélyhelyzet elrendelését követeli meg. [42] Több blokk érintettsége esetén a blokkonként megállapított veszélyhelyzeti osztályok közül a legmagasabb veszélyhelyzeti osztályt kell alkalmazni. Az esemény felismerését követő 15 percen belül el kell végezni a veszélyhelyzeti osztály megállapítását. [38]

A besorolást minden üzemi állapotváltozáskor meg kell ismételni, de legalább két óránként. Az osztályozás meghatározásához segítséget nyújt az úgynevezett Súlyos Baleseti Mérőrendszer (továbbiakban: SBM) és a Baleseti Veszélyhelyzet Felismerő Rendszer (BVFR), amelyek a jeleket a Kritikus Biztonsági Funkciókat Monitorozó Rendszer (KBFMR) működéséből nyerik. [36] A rendszer a beérkező üzemi jelek alapján veszélyhelyzeti osztályt javasol, melyet az ügyeletes mérnök a kapott információk alapján életbe léptethet, vagy adott esetben, ha más besorolást lát jónak, azt léptetheti életbe. [92]

Tekintve, hogy az ügyeletes mérnök és az Erőmű Irányító Központ (továbbiakban: EIK) szolgálatvezetője rendelkezik a szükséges szaktudással és ismerettel arra vonatkozóan, hogy egy veszélyhelyzet kapcsán milyen sorrendben kell az információgyűjtést és a tájékoztatást végrehajtania, ugyanakkor a sikeres és tévedésmentes kivitelezés érdekében rendelkezésére áll egy végrehajtási segédlet, amely biztosítja a hibamentes helyzetkezelést. [92]



A veszélyhelyzet korai szakaszának információgyűjtésére szolgáló táblázataiban meghatározásra kerültek az ÜM és az EIK szolgálatvezető teendői listába szedve, amely alapjául szolgál az általam kidolgozott, jelen fejezethez tartozó fejlesztésnek. Az eredeti táblázatok a 26. és 27. táblázatok alatt tekinthetők meg.

#### *Kritikus Biztonsági Funkciókat Monitorozó Rendszer (KBFMR)*

Az atomerőműben a reaktorvédelem része az úgynevezett Biztonsági ellenőrző rendszer (továbbiakban: BER). Ez a rendszer a reaktor operátort tájékoztatja a reaktortechnológia és a védelmi rendszer állapotáról, amely alapján kézi indítási lehetőségeket kínál fel a szükséges beavatkozások eszközeinek leírásával. [94]

A technológiai paramétereket analóg és digitális eszközökkel jeleníti meg, valamint kijelzi a kezdeti és további technológiai és védelmi rendszer üzemállapotait. Az irányítástechnikai berendezések hibajelzése mellett biztosítja az üzemzavari védelmi funkciók jeleire (ún.: ÜV jelek) történő kézi válaszindítási lehetőségeket. [35]

A reaktorblokk szabályzó és biztonságvédelmi rudjain keresztül a reaktorvédelemben háromfokú védelmi jelmeghatározást használnak:

- ÜV-I: gyors leállítás, mely során az összes SZBV rúd aktív zónába ejtésével azonnali leállításra kerül a reaktor;
- ÜV-III: lassú leállítás, avagy leterheléses leállítás, mely során a reaktor teljesítménye fokozatos csökkentése valósul meg az SZBV rúdcsoportok üzemi sebességgel történő leeresztésével;
- ÜV-IV: reaktor teljesítmény növelésének tiltása.

A monitorozó rendszer automatikus működésbe kezd, ÜV-I jel fellépése esetén. A biztonsági funkciók diagnosztizálásával egyidejűleg a BVFR figyelését is meg kell kezdeni, hiszen a BVFR veszélyhelyzeti ajánlásait az operátornak jelentenie kell az ügyeletes mérnöknek. [94] A blokkszámítógépen megjelenített KBFM rendszer állapot kijelzésén megjelennek a biztonsági funkciók visszajelzései, melyekhez adott színjelölések társulnak. [35]

A biztonsági monitorozást a funkciók sorrendjének megfelelően szükséges kezelni. A technológiai részegységek funkcionális biztonsági monitorozása során minden olyan változást, amely meghatározott mértékben eltér a normál állapottól, az eltérés súlyosságának megfelelő színjelöléssel kerül megjelenítésre. A narancs vagy vörös színkóddal jelölt állapotok monitorozását folyamatosan végezni kell, míg azok ezen színjelölései fennállnak.

Amennyiben egy biztonsági prioritású rendszer mutat sárga eltérést, az ellenőrzési gyakoriságot 10-20 perces gyakoriságú intervallumra lehet lecsökkenteni addig, míg a blokk állapotában jelentős változás nem következik be. [94]

Kritikus Biztonsági Funkciók közötti prioritás sorrendje:

- Szubkritikusság;
- Zónahűtés;
- Hőelvonás;
- Primerkör épsége;
- Hermetikus tér épsége;
- Primerköri vízmérleg.

Prioritásokhoz rendelt működési színek:

- Vörös;
- Narancs;
- Sárga;
- Zöld.

A sárga színkóddal jelölt állapot ugyan még nem igényel azonnali operátori beavatkozást, ilyenkor a veszélyhelyzeti intézkedési beavatkozás helyett az adott rendszer Funkció-helyreállítási Utasítása alapján szükséges eljárni, ami tartalmazza a normál állapotú működésre történő visszaállítást. Az utasításban szereplő eljárások alkalmazásának opcionalitását befolyásolja a rendelkezésre álló idő. [35]

*A veszélyhelyzeti osztályokhoz kapcsolódó védőintézkedések:*

A veszélyhelyzeti osztályozás alapján kell eldönteni, hogy a BESZ működésének elrendelésére szükség van-e. [11]

A BESZ készenléti működésének elrendelési opciói:

- az atomerőmű emelt szintű kibocsátása 1-7 napra integrált kibocsátási határértéke nagyobb, mint 0,3; [76]
- veszélyes sugárforrás ellopása vagy elvesztése;
- az udvartéren vagy egyes mérőállomásokon mért dózisteljesítmény nagyobb, mint 500 nSv/h;
- földrengés esetén, annak kiértékeléséig vagy tervezési határértéket el nem érő esetben;

- normál működést akadályozó természeti események kapcsán:
  - o szélvihar,
  - o szélsőséges hőmérséklet,
  - o árvíz,
  - o alacsony vízszint.
- a BESZ vezetője a készenléti működés szükségességéről dönt.

Az egyes veszélyhelyzeteket meghatározhatjuk azok súlyossága szerint is, abból a szempontból, hogy a veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok meghatározási táblázata (lásd 1. fejezet) alapján milyen mértékben tér el az adott veszélyhelyzettípus a normál üzemi állapottól. [36] Amennyiben a kezdeti esemény hatásainak szerteágazását és az elhárításra fordított erők mennyiségét nézzük, valamint ehhez hozzáteesszük, hogy a következmények milyen súlyos hatásokkal lehetnek a környezetre és az emberiségre, felállíthatunk egy lineáris skálát, amelyben felvázolható a veszélyhelyzet besorolása a komplex súlyosság mértékét tekintve. [95]

Potenciális veszélyhelyzet esetén:

- riasztás kiadása az atomerőmű és a KKÁT területére;
- a BESZ állományán felüli üzemi személyzet hazaküldése.

Létesítményi veszélyhelyzet:

- veszélyhelyzeti riasztás kiadása az atomerőmű és KKÁT területére;
- a telephelyen tartózkodók hazaküldése a BESZ állományán kívül;
- a szennyezett területen munkát végzőknél egyéni védőeszközök alkalmazásának elrendelése.

Helyi veszélyhelyzet:

- veszélyhelyzeti riasztás kiadása az atomerőműre és KKÁT területére;
- elzárkóztatás elrendelése a BESZ állományába tartozók kivételével;
- kimenekítés végrehajtása, amennyiben olyanok tartózkodnak a veszélyeztetett területen, akik korábban nem lettek hazaküldve vagy valamilyen okból akadályoztatva voltak ebben;
- szükséges esetben jódpofilaxis végrehajtása;
- indokolt esetben a blokkvezénylők hermetizálása;
- a BESZ állományának szennyezett területen dolgozó tagjai számára egyéni védőeszközök használatának elrendelése.

Általános veszélyhelyzet:

- elzárkóztatás végrehajtása, kivéve BESZ feladatot végző állománya;
- óvóhelyek hermetizálása;
- blokkvezénylők hermetizálása;
- kimenekítés végrehajtása, amennyiben olyanok tartózkodnak a veszélyeztetett területen, akik korábban nem lettek hazaküldve vagy valamilyen okból akadályoztatva voltak ebben;
- jódpofilaxis végrehajtása;
- a szennyezett területen vagy a szabadban munkát végző BESZ állomány számára az egyéni védőeszközök alkalmazásának elrendelése.

A nem nukleáris veszélyhelyzetek kapcsán a védőintézkedések meghatározása jellegtől függően az Atomerőmű Tűzoltóság kárhely-parancsnokának, a fegyveres őrség váltásparancsnokának vagy a BESZ Egészségügyi Szervezeti vezetőjének a feladata. [11] Minden védőintézkedésnek tartalmaznia kell az intézkedés típusát (elzárkóztatás, kimenekítés) és a védekezés területi és időbeli hatályát. [44]

Intézkedések végrehajtása több blokk érintettsége esetén

A veszélyhelyzeti tervezés szempontjából lényeges, hogy már kezdeti időszakban egyértelműen kiderüljön, hogy egy vagy több blokk érintett a kialakult esemény kapcsán. Ennek a blokkok egymásra gyakorolt hatása miatt van jelentősége, hiszen a végrehajtandó azonnali védelmi feladatok során a közös érintettség és a dominóhatás elvét is figyelembe kell venni. [23]

A kialakult esemény jellegétől függően meg kell határozni az egyes blokkokon belüli és a blokkok közötti prioritásokat, melyekhez stratégiai és helyreállítási műveleteket kell hozzárendelni. [95] Mint már szó esett róla, ezen irányelvek alapján, ha több blokk érintett, akkor a blokkonként megállapított veszélyhelyzeti osztályok közül a legmagasabb veszélyhelyzeti osztályt kell alkalmazni. Minden blokk, amely része a veszélyhelyzeti tervezés valamely szintjének a BESZ irányítása alá kerül, míg a nem érintett blokkokat közvetlenül az ügyeletes mérnök koordinálja. [92]

## 2.2. Kapcsolattartás, tájékoztatás és bevonandó szervezetek jellemzése

Az atomerőműben bekövetkező minősített eseményekről az érintett szervezeteket és személyeket az esemény súlyosságának megfelelően meghatározott prioritású sorrend szerint értesíteni kell. A belső és külső együttműködők egyaránt ismerik a tájékoztatásban szereplő esemény paramétereit alapján a számukra előzetesen meghatározott releváns feladatokat és azok végrehajtásának módszerét. Kidolgozott eljárásrendjeik hatékonysága és azok alkalmazásának gyorsasága függ az eseményről rendelkezésre álló információk mennyiségétől és a tájékoztatás megvalósulásának időparamétertől. Bár ezen szervezetek fel vannak készülve az eseményelhárításban történő részvételre, de elsődlegesen más feladatokat látnak el, ezért az adott esetleges folyamatok lezárása és a veszélyelhárítási tevékenység megkezdése nem minden esetben történik meg azonnal. Amennyiben például az Atomerőmű Tűzoltóság nem nukleáris jellegű kárelhárítási tevékenységet végez, az adott felszámolási és életmentési tevékenység nem szakítható meg azonnal annak érdekében, hogy a BESZ részeként végezzék el nukleáris biztonságot szavatoló tevékenységet.

A beriasztott állománynak is időre van szüksége, mire normaidőn belül el tudja foglalni a felállítási helyét. Alapesetben a tűzoltóság számára adott a riasztási fokozat emelése és ezzel külső Hivatásos Tűzoltóság bevonása a kárelhárításba. Ebben az esetben a több forrásból beérkező tűzoltók által megnövelt létszámmal megvalósítható a megkezdett kárelhárítás és a nukleáris baleset-elhárítás szempontjából azonnali szükségszerűségű feladatok végrehajtása egyaránt. [44]

Minden külső kárelhárítási segítség igénybevétele kapcsán felvetendő, hogy megfelelő ismeretanyaggal rendelkezzenek az egyes események kezelésének hatékonysága érdekében. Ehhez a jövőben és a két erőmű leendő párhuzamos működtetése végett ajánlom az első fejezetet, mely alapvető segítség az egyes események kapcsán a hatékony munkavégzés ismeretének elsajátításához.

A kapcsolattartás és tájékoztatás az érintett szervezetek felé adott esetben nem egyszerű eseményleírás formájában valósul meg. Olyan esetekben, ha folyamatos állapotjelentést kell megvalósítani, az információközlés terjedjen ki az adott helyzetjelentésen felül a várható feladatokra történő felkészítésre is, opcionálisan a következmények valószínűségének, a nukleáris biztonság szempontjából releváns állapotváltozások és a veszélyhelyzet jellegének függvényében. A lakosság irányába történő kommunikáció megvalósításának párhuzamosan kell megtörténnie a kárelhárításra riasztott erők tájékoztatásával, melyben prioritás szerint alapul lehet venni az ügyeletes mérnök számára meghatározott és prioritizált jelentési listát. [74]

### *Események jelentési kötelezettsége*

Az atomerőműben bekövetkező események jelentéskötelezettsége a kialakult helyzet súlyosságának függvénye. Ez alapján megkülönböztetünk azonnali és nem azonnali jelentési kötelezettségű eseményeket. A minősített események során alapvetően az ügyeletes mérnök végzi el a tájékoztatást. Bizonyos események velejárója az OAH tájékoztatása is. A kialakult nem tervezett üzemi esemény jellegének megfelelően dönteni kell arról, hogy azt az OAH-nak jelenteni kell-e. [99]

Azokban az esetekben, ha az esemény jellege nem követeli meg az azonnali információtovábbítást, annak szóbeli jelentését az észlelést követő 14 órán belül kell elvégezni. A jelentés megvalósulásának ténye rögzítésre kerül az erre rendszeresített formanyomtatványon. [100]

### *Azonnali jelentéskötelezettség*

Azokat az eseményeket, melyek jellegükből és súlyosságukból fakadóan azonnali jelentéskötelezettek, az észlelést követő 2 órán belül telefonon jelenteni kell az OAH készenléti ügyeletes felé és az arra rendszeresített formanyomtatványon szükséges rögzíteni. A tájékoztatásért az ügyeletes mérnök vagy akadályoztatása esetén a tanácsadó ügyeletes mérnök a hatáskörileg illetékes felelős. Az OAH készenléti ügyeletesének telefonos szóbeli tájékoztatása hangrögzítővel ellátott telefonon történjen és amennyiben az ügyeletes nem elérhető, számára hangpostaüzenetet kell hagyni, a megkeresés okainak lényegi felsorolásával. A sikertelen értesítést követően adott időn belül meg kell ismételni a jelentés leadását és abban az esetben, amennyiben ismét sikertelen lenne, akkor a jelentést az OAH Felügyeleti Osztály osztályvezetőjének kell megtenni. [99] Attól függetlenül, hogy azonnali, vagy nem azonnali jelentési kötelezettségű esemény következik be az atomerőműben, azt írásban is jelenteni kell az OAH felé, melynek a bekövetkezést követő 16 órán belül kell megtörténnie. [100]

### *További jelentéskötelezettség - INES*

A nemzetközi eseményskála besorolását egyaránt el kell végezni azonnali és nem azonnali jelentésköteles események kapcsán egyaránt, az esemény észlelését vagy bekövetkezését követő 16 órán belül. A besoroláshoz az INES besorolásra használatos általános kézikönyv alapján végzik el. A besorolás egyeztetésre kerül az OAH központi ügyeletesével, melyet az erre rendszeresített formanyomtatványon rögzítenek. [100] A 4. melléklet 3.9.fejezete részletesen ismerteti a Nemzetközi Nukleáris Eseményskála besorolási szempontjait és követelményrendszerét. [13]

### 2.3. A két párhuzamosan működtetett atomerőmű kommunikációjának fejlesztése

A Paksi Atomerőmű veszélyhelyzeti irányítási eljárásai alaposan lefedik a védelem lehetőségeit azonban az új erőmű megépítése a közvetlen közelben megköveteli, hogy olyan közös erőművi irányú továbbfejlesztés valósuljon meg, ahol az információtovábbítás az eseményhatásokról és az elindított eljárásokról valós idejű adatátvitelt tart fenn a védelemért felelős szervezetek irányába.

A Kashiwazaki-Kariwa Atomerőmű biztonsági kivitelezését szemügyre véve látható, hogy az információ továbbítás ott is az egyik leglényegesebb pontja volt az eltérő generációjú atomerőművek párhuzamos működtetésének. Az alkalmazott Esemény Irányítási Rendszer alapja a hatékony állapotmonitorozás és a megfelelő reaktorismeret, amely kiterjed arra a fontos tényezőre is, hogy a meglévő hét reaktorblokk technológiája olyan diverz rendszerek összessége, melyhez számításba kell venni az önálló sajátosságokat is annak érdekében, hogy bármely esemény során hatékony helyzetkezelés valósulhasson meg. Ezen specifikációk adták az irányítási stratégiák végrehajtásának azonosítását. [90] A Paksi Atomerőmű tekintetében is lényegesek a diverz rendszerek technológiai azonosításai. Az erőmű eltérő irányítási rendszereinek azonosításán felül azonban fontos felismerni, hogy a kettő közös rendszerben történő fejlesztésének egyaránt vannak technológiai és eljárásrendbeli feltételei. Fontos működési aspektusa a fejlesztésnek, hogy aktív vagy passzív erőforrásigényűek-e azok a folyamatok, melyekkel elérhető mindkét erőmű normál állapotra történő visszatérése. A két erőmű valós kommunikációját megvalósító rendszer definiálásához annak új, konkrét megnevezésére is szükség van, hogy a későbbiekben minden megemlített esetben ugyanazon rendszer-fogalom legyen értve alatta. Ezért a két párhuzamoson működő atomerőmű közötti, valós idejű információ továbbítására szolgáló rendszerre, melyet kifejlesztésre javaslok, a továbbiakban Üzemállapot Monitorozó Rendszer-ként (rövidítve: ÜMR) fogok utalni.

A valós kommunikáció két erőmű között biztosíthatja a folyamatos állapotellenőrzést mindkét erőmű irányító központjában, mely a két egymás mellett működő erőmű tekintetében és a nukleáris biztonság jegyében alapvető feltétele lenne a normál üzemállapot fenntartásának. A védelemért felelős új rendszernek tartalmaznia kell olyan alapvetően fontos információkat, mint az üzemállapotok, az aktív irányítási rendszerek, valamint a kritikus rendszerek működésének vagy üzemképtelenségének aktuális állapotát és folyamat státusza.

A nukleáris biztonság jegyében történő feltételezésem szerint minden esetben, amikor üzemállapotváltozás következik be az egyik erőműben, arról valós adatkapcsolati rendszeren keresztül információt kell nyújtani a másik erőműnek. Az üzemállapot változás tényének visszakövethetőnek kell lennie és az adott információk megerősíthetőségéről is gondoskodni kell. [70]

Az információ visszacsatolás és megerősítés több formában is megvalósulhat. A kialakított digitális felület kezelésével és telefonos közvetlen egyeztetéssel elkerülhetőek a tévedések és félreértések a kialakult eseményekről érkező információk mennyiségétől függetlenül. A többfrontos üzemállapotváltozási tájékoztatás hatékony beavatkozást és veszélyhelyzet megelőzést tesz lehetővé. Az üzemállapot változásokon felül az aktív és passzív kritikus védelmi rendszerek működési változásainak követése további érdemleges információval szolgálhat az egyes események során arról, hogy milyen azonnali intézkedésekről kell gondoskodni a hatékony védelem biztosítása érdekében.

A rendszer valós idejű kommunikációján felül létfontosságú, hogy a két erőmű irányító személyzete is közvetlen kapcsolattartást valósíthasson meg. A rendszer műszaki megoldásain túl az emberi élőszó információcseréje biztonságos rendszerműködés visszaellenőrzést tesz lehetővé. Ennek értelmében a rendszer által közvetített információkat úgy kell kialakítani, hogy azok automatikus vagy manuális közreműködéssel egyaránt kivitelezhetőek legyenek. A kapcsolattartás során érdemes a folyamatos állapothelyzet jelentésre törekedni, hogy a párhuzamosan működő erőmű működésére és nukleáris biztonságára minél kevésbé lehessen hatással a kialakult esemény. Ennek azért is van jelentősége, mivel az esemény súlyosságának függvényében tudnia kell az irányító személyzetnek, hogy meddig tartható fenn a közvetlen szomszédságban működő atomerőmű normál működési üzemállapota és mikortól szükséges megelőző óvintézkedéseket vagy szélsőséges esetben közvetlen beavatkozásokat eszközölni a működtetésben. [11] Mivel mindkét erőmű egymás Megelőző Óvintézkedési Zónáján belül található, ezért a veszélyhelyzeti óvintézkedéseknek ezen zónán belül mindkét atomerőműre egyaránt érvényesnek kell lennie. [99]

Az egyik erőműben bekövetkező eseményről, ahogyan az az eljárási rendekben is megfogalmazott, megfelelő időben értesíteni kell a másik erőművet, melyhez azt a folyamatot be kell iktatni a normál veszélyhelyzet értékelési és jelentési rendszer elemei közé. Ezért érdemes az erre rendelt veszélyhelyzeti információgyűjtési táblázatot bővíteni további tételekkel, melynek értelmében a veszélymeghatározás után, a kialakult helyzet súlyosságának függvényében a párhuzamosan működő atomerőműnek jelenteni kell az adott eseményt, hogy a nukleáris biztonság szavatolása érdekében akár azonnali intézkedéseket lehessen kivitelezni.



Az eseményinformáció rögzítése a feladatkörileg illetékes vezető hatáskörébe kell, hogy tartozzon, mint ahogyan az is, hogy a kiépített digitális állapotközlési rendszer automatikus üzemállapotváltozását regisztrálta-e a rendszer.

Amennyiben szükséges, felhasználói beavatkozással módosítania kell manuálisan a párhuzamosan működő erőmű felé közvetített adatokat. Minden közölt állapotváltozás során megerősítésre van szükség, annak tényét és okait tekintve. [100]

A veszélyhelyzet korai szakaszának információgyűjtésére szolgáló táblázat általam javasolt fejlesztése:

9.táblázat: Ügyeletes Mérnök információgyűjtési lista módosítása, forrás: szerkesztette a szerző [92]

	Ügyeletes mérnök	végrehajtva
1.	Az eseményről információ gyűjtése (blokk, dozimetria, tűzoltóság, rendészet)	<input type="checkbox"/>
2.	Veszélyhelyzeti osztályozás elvégzése (eseményt követő 15 percen belül)	<input type="checkbox"/>
3.	Riasztási formalap kitöltése és intézkedés a külső együttműködők felé történő továbbítására.	<input type="checkbox"/>
4.	Indokoltság esetén az üzemállapotváltozás jelentése a párhuzamosan működő erőműnek. Üzemállapot Monitorozó Rendszer automatikus működésének ellenőrzése és szükség esetén manuális beavatkozás.	<input type="checkbox"/>
5.	Konzultáció dozimetriával. Telephelyi védőintézkedések elkészítése, nyomtatvány kitöltése. Lakossági védőintézkedés ajánlás készítésének elrendelése.	<input type="checkbox"/>
6.	Kapcsolatfelvétel a párhuzamosan működő atomerőmű irányításával. A dozimetriai adatok és az elrendelt végrehajtási védőintézkedések ismertetése.	<input type="checkbox"/>
7.	ÁVIT készenlétesek riasztására intézkedés, nyomtatvány kitöltése. ÁVIT készenlétesek riasztásának elrendelése.	<input type="checkbox"/>
8.	Belső, külső együttműködők telefonos riasztása (eseményt követő 30 percen belül)	<input type="checkbox"/>
9.	Lakossági védőintézkedés jóváhagyása. Intézkedés a védőintézkedés kiadására.	<input type="checkbox"/>
10.	Lakossági védőintézkedés SMS formanyomtatvány kitöltése. Intézkedés a védőintézkedés kiadására.	<input type="checkbox"/>
11.	Ellenőrizni a belső, külső együttműködők telefonos riasztását, illetve az ÁVIT készenlétesek riasztását. A nem elérhető személyek pótlásáról intézkedni kell.	<input type="checkbox"/>
12.	Veszélyhelyzet-kezelés feladat átadása a vállalatvezető ügyeletesnek, vagy a BESZ vezetőnek.	<input type="checkbox"/>
13.	A párhuzamosan működő atomerőmű értesítése az eseménykezelés helyzetéről és a kihatási lehetőségekről.	<input type="checkbox"/>

10.táblázat: EIK szolgálatvivő információgyűjtési lista módosítása, forrás: szerkesztette a szerző [92]

	EIK szolgálatvivő	végrehajtva
1.	Riasztási üzenet formalap előkészítése MARATHON levelező rendszer ellenőrzése, Pannon Futár ellenőrzése, Akusztikus riasztó rendszer ellenőrzése. Üzemállapot Monitorozó Rendszer ellenőrzése.	<input type="checkbox"/>
2.	Riasztási üzenet formalap átadása ÜM-nek.	<input type="checkbox"/>
3.	Telephelyi védőintézkedés formalap átadása az ÜM-nek.	<input type="checkbox"/>
4.	Telephelyi védőintézkedés kiadása az Akusztikus riasztórendszeren keresztül az ÜM utasítására.	<input type="checkbox"/>
5.	BESZ készenlétesek riasztásának formalap előkészítése.	<input type="checkbox"/>
6.	BESZ készenlétesek riasztása a Pannon Futár - Automata hívórendszeren, vagy SMS-ben az ÜM utasítására	<input type="checkbox"/>
7.	Belső, külső együttműködők riasztása az ÜM-kel együttműködve. ÜMR ellenőrzés és telefonos riasztás végrehajtása a párhuzamosan működő atomerőmű felé.	<input type="checkbox"/>
8.	Lakossági védőintézkedés kiadása MATATHON-on, vagy faxon az ÜM utasítására.	<input type="checkbox"/>
9.	Lakossági védőintézkedés SMS formanyomtatvány előkészítése.	<input type="checkbox"/>
10.	Lakossági védőintézkedés SMS kiadása a Pannon Futáron az ÜM utasítására.	<input type="checkbox"/>
11.	Riasztási formalap továbbítása a külső együttműködőknek MARATHON-on. Az OAH-nak faxon is továbbítani. (eseményt követő 60 percen belül)	<input type="checkbox"/>
12.	Az elkészített, kitöltött nyomtatványok, dokumentumok összegyűjtése, eljuttatása a Védett Vezetési Pontra és a párhuzamosan működő atomerőmű irányítási szekciójának.	<input type="checkbox"/>

#### 2.4. Az Üzemállapot Monitorozó Rendszer beavatkozási lehetőségeinek fejlesztési javaslata

A rendszer működésének kiterjesztése, hogy egyes esetekben képes legyen beavatkozni az atomerőmű működésébe. Ennek nukleárisbiztonsági vonatkozása, hogy megfeleljen ugyanazon védelmi és működési elveknek, melyek az atomerőmű kritikus védelmi rendszereire is vonatkozik. Ettől eltér, hogy az egyes beavatkozások nem a saját nukleáris létesítményben következnek be, hanem a biztonság érdekében a másik, párhuzamosan működő atomerőmű védelmi rendszereinek működésre van hatással. A téves működések kizárása érdekében ehhez komoly műszaki paramétereknek kell megfelelnie és összeköttetésben kell lennie az atomerőmű automatikus védelmi rendszereivel egyaránt.

Ha feltételezzük, hogy az egyik atomerőműben olyan súlyos nukleáris biztonságot veszélyeztető esemény következik be, amely a másik erőmű biztonságára is közvetlen kihatással van, akkor lényeges, hogy a védelmi rendszerek működése a lehető legrövidebb időn belül hatékonyan működésbe lépjenek. Az azonnali működési kihatása azonban nem történhet meg megfelelő mennyiségű előzetes információtovábbítás nélkül. Ennek értelmében, a másik erőmű biztonsági rendszereinek működése késleltetéssel léphet csak életbe, melyhez az irányító személyzet illetékesének nyugtázása szükséges. Az automatikus működés szélsőséges esetein túl a rendszernek lehetőséget kell kínálni az irányító személyzetnek arra, hogy manuális beavatkozással módosításokat hajtson végre. Ezen felül az Üzemállapot Monitorozó Rendszer működésének az üzemállapot kijelzésen túl képesnek kell lennie arra, hogy a kialakult esemény függvényében azonnali javaslatot tegyen a szükséges intézkedések végrehajtására. Ezen javaslatokat a rendszer a másik erőműből kapott adatok alapján szükségszerűen javasolja, melyhez logikai eseményfa modell kidolgozása szükséges, ami tartalmazza a lehetséges kiinduló eseményeket, az elhárítási tevékenységekkel behatárolt változók és azok következményeinek összesítésével. A javaslatok és riasztások nyugtázása mindkét erőmű kezelőfelületén egyértelműen nyugtázásra kell, hogy kerüljön, ami az irányító személyzet élszóban történő kommunikációján felül biztosítékot jelent az eseménykövetés megvalósulására.

A kialakult esemény függvényében a rendszer javaslatot tehet a technológiai eljárások beiktatásán felül a beavatkozó személyzet feladatainak meghatározására és a Balesetelhárítási Szervezet működésbe léptetésére. A készenlétbe helyezés, továbbá a részleges vagy teljes BESZ riasztás függvénye, hogy a két atomerőmű milyen közösen működtetett és felhalmozott erőforrással rendelkezik és hogy azok az előzetes eljáráskidolgozás alapján milyen beavatkozási prioritással működtethetőek. Ehhez a veszélyhelyzet meghatározás során alkalmazható azonnali válaszintézkedések paramétereit is figyelembe kell venni, mivel az egyes események akkor is kihatással lehetnek a másik atomerőmű működésére, ha alapvetően az a létesítmény telephelyén belülről korlátozódik. A kialakult esemény következményeit figyelembe véve ezért a telephelyen belüli események során is indokolt a másik erőmű védelmi intézkedéseinek készenlétben tartása. A helyzetkezelés miatt szükséges fejlesztések részletezésére a további fejezetekben kerül majd sor.

A veszélyhelyzeti osztályokhoz tartozó azonnali válaszintézkedések kérdésköréhez indokolt fejlesztést hozzáfűzni, mivel egyik intézkedési eljárásrend sem számol a közvetlen közelben működő, különálló nukleáris létesítmény működésére közölt eseményhatással.

Javaslom a veszélyhelyzeti osztályok bontásában az azonnali választintézkedések fejlesztését az alábbiak szerint:

11.táblázat ÁVIT alapján, a technológiai állapot szerinti osztálymeghatározás módosítása, forrás: szerkesztette a szerző [42]

Veszélyhelyzeti osztály	Azonnali választintézkedés I. és III. Veszélyhelyzeti Tervezési Kategóriában
Potenciális Veszélyhelyzet	
<p>A lakosság vagy az üzemviteli személyzet védelmi szintjének ismeretlen, bizonytalan vagy jelentős csökkenésével jár.</p> <p>A párhuzamosan működtetett atomerőműben minimum Létesítményi veszélyhelyzet alakul ki, melynek potenciális kihatása miatt a Veszélyhelyzeti osztály életbe léptetése szükségessé válik.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Életmentés és elsősegély nyújtás;</li> <li>- Telephelyen kívüli hivatásos szervek értesítése;</li> <li>- Baleset-elhárítási rendszer megfelelő mértékű indítása, kialakult helyzet elemzése és az okozati körülmények csökkentése vagy megszüntetése;</li> <li>- Telephelyen belüli és közvetlen körzetében monitorozási tevékenység végzése;</li> <li>- ÜMR állapotellenőrzés, készenléti működés javaslása közvetlen értesítéssel is a párhuzamosan működő atomerőmű felé;</li> <li>- Következmény mérséklésre történő intézkedések végrehajtása;</li> <li>- Szükség esetén műszaki segítségnyújtás a vezénylői személyzet számára.</li> </ul>
Létesítményi Veszélyhelyzet	
<p>A lakosság vagy az üzemviteli személyzet védelmi szintjének jelentős csökkenésével járó esemény, melynél feltételezhető, hogy a veszélyhelyzet nem terjed tovább olyan mértékben, hogy telephelyen kívüli óvintézkedések bevezetését tegye szükségessé.</p> <p>Az I. Veszélyhelyzeti Tervezési Kategóriához tartozik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Üzemanyag kezelési baleset;</li> <li>- Telephelyen belüli tűz;</li> <li>- A biztonsági rendszereket nem érintő veszélyhelyzetek;</li> <li>- Telephelyen kívüli kibocsátást nem eredményező potenciális kritikusságot vagy sürgős óvintézkedések bevezetését indokló terror- vagy bűncselekmény.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Életmentési tevékenység és elsősegély nyújtás biztosítása;</li> <li>- Telephelyen kívüli hivatásos szervek értesítése és indokolt esetben segítségnyújtás igénylése, de folyamatos kommunikáció fenntartása;</li> <li>- A telephelyen tartózkodók létszámának számba vétele;</li> <li>- A nem létfontosságú feladatokat ellátó személyzet, látogatók és vendégek evakuálása vagy telephelyen belüli biztonságos elhelyezése;</li> <li>- ÜMR állapotellenőrzés, készenléti működés javaslása közvetlen értesítéssel is a párhuzamosan működő atomerőmű felé.</li> <li>- A telephelyi személyzet teljes szennyezettségi ellenőrzése és szennyezett tárgyak telephelyen tartásának biztosítása;</li> </ul>

Létesítményi Veszélyhelyzet (folytatás)	
<p>A III. Veszélyhelyzeti Tervezési Kategóriához tartozik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktor zóna védelmi szintjének jelentős csökkenése;</li> <li>- Nagy gamma sugárzó vagy kiégett üzemanyag árnyékolásának vagy felügyeletének elvesztése;</li> <li>- Kritikus esemény kialakulása a létesítmény határától távol;</li> <li>- A sürgős óvintézkedések beavatkozási szintjeit megközelítő telephelyi dózisosok;</li> <li>- Olyan veszélyhelyzet, mely a lakosság vagy a létesítmény területén tartózkodók jelentős sugárterhelését vagy elszennyeződését okozza;</li> <li>- Terrorista támadás vagy bűncselekmény, amely potenciálisan veszélyhelyzetet előidéz a létesítményen belüli körülményekhez vezet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A sugárterhelést szenvedettek ellátása, azok mentesítése és dózismeghatározások mellett gondoskodás a kezelésről és elszállításról;</li> <li>- A telephelyen kívüli óvintézkedések bevezetésének kizárására monitorozási tevékenységet végez;</li> <li>- Telephelyen belüli és kívüli védelmet biztosítani a BESZ személyzete részére;</li> <li>- Baleset-elhárítási rendszer részleges aktiválása;</li> <li>- Következmény mérséklésre történő intézkedések végrehajtása;</li> <li>- Szükség esetén műszaki segítségnyújtás a vezénylői személyzet számára;</li> <li>- Telephelyen belüli és kívüli baleset-elhárítási feladatok összehangolása;</li> <li>- Folyamatos tájékoztatás a párhuzamosan működő atomerőmű felé az esemény alakulásáról, és az esemény meghatározás alapján a másik erőműben Potenciális veszélyhelyzet kihirdetése;</li> <li>- A veszélyhelyzeti besorolás fenntartásának folyamatos felülvizsgálata és annak megfelelő módosítása.</li> </ul>
Általános Veszélyhelyzet	
<p>Léggöri kibocsátással járó vagy annak komoly kockázatával fenyegető sugárterhelést okozó események, melyek a létesítményen kívül sürgős óvintézkedését teszik szükségessé.</p> <p>Konkretizált esetek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktív zóna vagy aktív hűtéssel ellátott nagy mennyiségű kiégett fűtőelem sérülése vagy annak valószínű bekövetkezése;</li> <li>- Mérnöki gátak vagy kritikus biztonsági rendszerek sérülése, amely kritikus árnyékolatlansághoz vagy kibocsátáshoz vezet, ami által a telephelyen kívül óvintézkedések bevezetését teszi indokolttá;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Életmentési tevékenység és elsősegély nyújtás biztosítása;</li> <li>- Telephelyen kívüli hivatásos szervek értesítése, egyben javaslattétel a felkészülési és óvintézkedési feladatokra történő felkészülésre. Továbbá indokolt esetben segítségnyújtás igénylése az elhárításhoz, valamint folyamatos kommunikáció fenntartása;</li> <li>- ÜMR állapotellenőrzés, módosítás és riasztás. Priorizált végrehajtási feladatok javaslása közvetlen értesítéssel is a párhuzamosan működő atomerőmű felé;</li> <li>- A telephelyen tartózkodók létszámának meghatározása;</li> <li>- A nem létfontosságú feladatokat ellátó személyzet, látogatók és vendégek evakuálása vagy telephelyen belüli biztonságos elhelyezése;</li> </ul>

### Általános Veszélyhelyzet (folytatás)

- A telephely környezetében vagy annak közvetlen határán potenciálisan fellépő kritikus esemény bekövetkezése;
  - Létesítményen kívül észlelt olyan mértékű sugárzási szint észlelése, amely indokolttá teszi a sürgős óvintézkedések bevezetését;
  - Olyan terrorista- vagy bűncselekmény, amely az óvintézkedések bevezetését szükségessé tevő kritikus biztonsági funkciók, továbbá jelentős kibocsátás vagy sugárterhelés megelőzésére alkalmazott biztonsági rendszerek monitorozásának, felügyeletének vagy alkalmazásának akadályozására irányuló tevékenység;
  - Párhuzamosan működtetett atomerőműben kihirdetett bármely veszélyhelyzet potenciális kihatása a másik atomerőműre.
- Telephelyen belüli és kívüli védelmet biztosítani a BESZ személyzete, továbbá a segítségre érkezők részére;
  - Párhuzamosan működő atomerőmű telephelyének biztosítására tett lépések ellenőrzése. ÜMR nyugtázása;
  - Folyamatos tájékoztatás a párhuzamosan működő atomerőmű felé az esemény alakulásáról, és az esemény meghatározás alapján a másik erőműben általános veszélyhelyzet kihirdetése;
  - Baleset-elhárítási rendszer teljes aktiválása mindkét atomerőműben;
  - Következmény mérséklésre történő intézkedések végrehajtása;
  - Szükség esetén műszaki segítségnyújtás a vezénylői személyzet számára;
  - Telephelyen kívüli monitorozást végez a létesítmény környezetében és a másik atomerőműben közös és folyamatos adategyeztetéssel;
  - Telephelyen belüli, kívüli és másik atomerőműben eszközölt baleset-elhárítási feladatok összehangolása;
  - A hivatalos szervekkel együttműködve lakosságtájékoztatás megvalósítása a kiépített rendszerek és a média segítségével;
  - A veszélyhelyzeti besorolás fenntartásának folyamatos felülvizsgálata és annak megfelelő módosítása, az ÜMR-t is beleértve.

## 2.5. Technológiai megvalósítás és feltételek javasolt fejlesztési iránya

Az ÜMR hatékony működtetése olyan műszaki feltételek biztosításának függvénye, melyek többkörösen képesek szavatolni a stabil üzemelést és kezelni az esetlegesen felmerülő hibákat. A működés alapvető célja a folyamatos valós állapot-információ továbbítása. A kommunikációs csatorna stabilitásán múlik, hogy a két erőmű közvetített adatai valós idejű állapothelyzetekről továbbítsanak adatokat. Az úgynevezett online adatkapcsolatnak egyértelmű kijelzésre kell kerülnie mindkét felhasználói kezelőfelületen. A kezelőfelületek kialakítása opcionálisan méretezhető a felhasznált megjelenítő eszköz függvényében, ugyanakkor bizonyos esetekben, mint amilyen érintőképernyő használata során jelentkezhethet, a téves működtetés ellen védelmet kell alkalmazni. A nem akaratlagos működtetés megvalósítható az egyes műveletek végrehajtásának nyugtázási lehetőségével, a véletlen érintési hiba pedig olyan képernyőzár védelemmel, amely mellett folyamatos állapotkijelzés valósul meg.

### *Valós adatkommunikációs variációk*

Az online kommunikáció fenntartásához a rendszernek megfelelő csatornára van szüksége, melynek az alapvető működés automatikus vagy kezelő által indított tesztelésével folyamatos ellenőrzés alatt kell lennie. Ennek azért van jelentősége, mert a két erőmű közti adatkapcsolat megszűnése, hibája vagy késése esetén biztonsági és védelmi hatékonyság csökkenés léphet fel, amit okozhat az egyes kialakult események késői észlelése és jelentése. Így érdemes a védelmi rendszerekre jellemző időszakos önteszt és felhasználói teszt lehetőségeit beiktatni. Ezzel biztosítható, hogy amennyiben külső behatás, hardver- vagy szoftverhiba nem akadályozza, valós idejű információtovábbítás valósuljon meg.

Javasolt a rendszer olyan jellegű összeköttetéseinek kiépítése, melyek redundáns működést tesznek lehetővé. A megfelelő, többkörös vezetékes kapcsolat kiépítésével elérhető az alapvető redundancia és a karbantartás folyamatai mellett is megvalósítható működés, ugyanakkor érdemes vezeték nélküli technológiai megoldásokat is alkalmazni. A ma már alapvető hálózat stabilitás ellenőrző rendszerelemek lényege, hogy mindig az erősebb és stabilabb hálózat használatával javítsák a működési hatékonyságot. Jelen esetben sincs ez másképpen, ugyanakkor a teljes infokommunikációs kiépítésnek olyan fizikai és hálózati védelemmel kell rendelkeznie, amely minden külső beavatkozástól képes megvédeni az ÜMR-t. Ehhez az első kiépítést követően empirikus és heurisztikus problémamegoldási és fejlesztési irányelv javasolt.

### *Energetikai feltételek*

Az ÜMR stabil működtetésének hálózaton felüli követelménye a folyamatos áramellátás biztosítása. Ahogyan a nukleáris létesítmény biztonsági rendszerei, úgy az ÜMR folyamatos működését is biztosítani kellene. [3] Ennek megoldására számos lehetőség létezik. Ilyen lehet a kijelzőkészülékek és az adatkapcsolatot biztosító rendszerek szünetmentes tápellátása, a beépített akkumulátoros működésre váltás lehetősége és az alternatív áramforrás betáplálási lehetősége. [35]

### *Egy egyszerű példával szemléltetve:*

Két tablet hálózati kommunikációt valósít meg egymással vezetékes összeköttetéssel és screen-mirroring funkcióval. Mindkét készülék független áramforrásból kap áramot. A két tablet között a kapcsolatot biztosítja egy mobil hotspot készülék, mely szintén rendelkezik betáplálással. Az áramforrás kiesése után mindegyik eszköz akkumulátoros üzemmódra vált és a vezetékes összeköttetés révén adatkapcsolatot valósít meg. A többágú fizikai összeköttetés kiesése esetén a smartlink átirányítja a kapcsolatot a hotspot-on keresztül történő kommunikációra, mely eszköz szintén rendelkezik akkumulátoros üzemmóddal. A példa a mai alapvető két eszköz közti kommunikációs megoldásokat mutatja be. Jelen esetben egy olyan megoldást példáz, amikor az eszköz kezelőjének mindenféle manuális beavatkozása nélkülözhető, az adatkapcsolat mégis stabil marad.

A műszaki megoldások problémáját egy másik faktor veszélyezteti, melynek kidolgozása a rendszer részletes megtervezésével együtt kell, hogy megállapításra kerüljön. Ez a tényező a sugárzás által okozott kommunikációs kapcsolat sérülése. A sugárzás által előidézett működésképtelenség az ÜMR lényegi aspektusának és tervezett céljának használhatatlanságát eredményezi.

### *Felhasználói működtetés*

Az alapvető működés elsődlegesen a másik erőmű üzemállapotára vonatkozó információszerzés. Az ÜMR kijelző felületének tehát egyértelműen mutatnia kell az aktuális állapotokat. A félreértések elkerülése érdekében indokolt lehet a blokkonkénti állapotkijelzés, idő és dátumbélyeg hozzárendeléssel. A kezelő személyzet által történő módosításoknak pedig a már említett hibamegelőzés érdekében minden esetben lépésenkénti nyugtázásos jóváhagyással kell megtörténnie.



Egy esetleges esemény során, attól függetlenül, hogy a másik erőműben milyen veszélyhelyzeti osztály és azonnali intézkedés lett meghatározva, indokolt, hogy az ÜMR az adott helyzet függvényében prioritizált eljárások végrehajtását jelenítse meg. Ezen javaslatok alapvetően tájékoztató jellegűek és nem befolyásolják a nem közvetlenül esemény-érintett erőmű működését. Mivel kétirányú kommunikációt valósítana meg az ÜMR, ezért a beérkező állapotváltozásokhoz és intézkedési javaslatok megjelenítéséhez tartoznia kell egy visszacsatolásnak, aminek a végrehajtása egy digitális nyugtázási visszajelzéssel megoldható. Így annak az erőműnek az irányító személyzete is tisztában lenne azzal, hogy a náluk kialakult esemény tényét és súlyosságának mértékét a másik atomerőműben tudomásul vették és amennyiben szükséges ők is elindítják az állapothelyzet függvényében szükséges védelmi protokollokat. A többszintű biztonság érdekében a digitális ÜMR felületen történő kommunikáción túl indokolt a két atomerőmű irányításáért felelő személyének közvetlen egyeztetése, amely garantálja a téves működés elkerülését. [3]

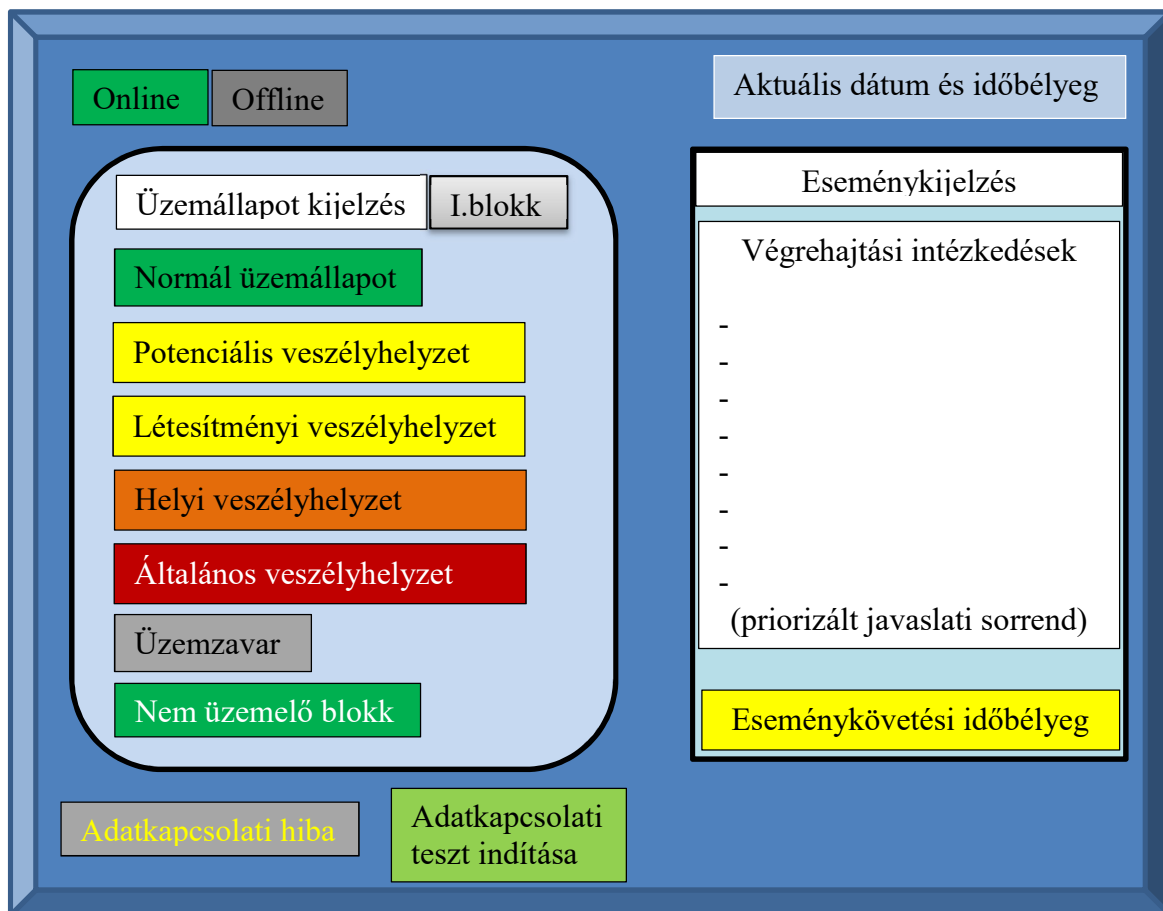
A fejlesztés utolsó lépcsője az ÜMR atomerőműves védelmi rendszerbe történő aktív becsatlakoztatása, ami révén képes automatikusan működésbe léptetni az egyes kritikus biztonsági eljárásokat vezérlő rendszerelemeket. A működtetés lényege, hogy a stabil adatkapcsolat mellett az automatikus rendszervezérlés úgy valósuljon meg, hogy az irányításért felelős kezelő személyzet manuálisan beavatkozhat az ÜMR szabályozta rendszerindításba. Ilyen automatikus beavatkozás csak olyan azonnali reagálást igénylő másik atomerőműben bekövetkezett súlyos baleset esetében lehet releváns, amikor a két erőmű közti információcsere egyéb normál útjai túl lassúnak bizonyulnak. [92] Ilyen esetekben a biztonsági intézkedések végrehajtásának időtényezője kiemelten fontos, ami indokolhatja az automatikus védelmi rendszer működtetésének kezdeményezését a párhuzamosan működő normál üzemállapotban lévő atomerőműben. Ugyanakkor az ÜMR működésének nem szabad csak a biztonsági rendszerelemek üzemzavari jelére támaszkodnia, tehát a kezelő személy manuálisan is kezdeményezhet az ÜMR-en keresztül biztonsági rendszerindítást. [35]

Az állapotváltozás során az ÜMR működésben nem elégséges a vizuális jelek használata. A tényleges figyelemfelhíváshoz jellegzetes hangjelket kell párosítani az egyes riasztásokhoz vagy rendszerműködésekhez. Ezek a rendszerhangok és a kijelzőn megjelenő egyes feliratok színbeli eltéréssel egyértelműsíteni lehet a rendszer által közölt üzenetek fontosságát és sürgősségét.

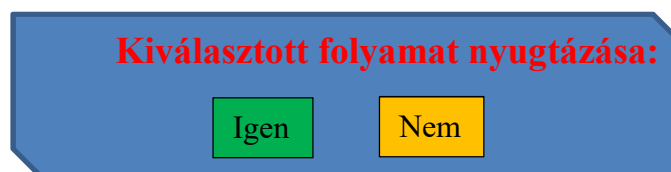
## 2.6. Elengedhetetlen perifériális információk és megoldások felvetése

A rendszer működésének része, hogy minden egyes eseményhez időbélyeget kapcsoljon, és naplózza azokat a végrehajtási intézkedésekkel. A valós dátum és időkijelzés támpontot ad az esemény kialakulásától eltelt idő alatt elvégzett és elvégzendő feladatok összességéről. Érdeemes az üzemállapotkijelzést blokkonkénti bontásban megjeleníteni, mindegyikhez az üzemállapot aktuális helyzetével. A rendszer kezelésének zökkenőmentessége érdekében a felhasználó által eszközölhető rendszer-önteszt biztosítja a működési állapot folyamatosságának ellenőrzését.

### Az ÜMR kijelző felületének opcionális vázlata:



A manuális beavatkozás megerősítésére szolgáló opcionális vázlat:



8.ábra: ÜMR felhasználói felület tervezet, forrás: saját rajz

Attól függően, hogy az ÜMR működtetésére milyen eszközt és felületet használunk, meghatározhatjuk az egyes technológiai hibafaktorok valószínűségét. Az operációs rendszer és a program működtetését biztosító platform sajátosságaira, karbantartására és javítására egyaránt tervezni kell. A karbantartás nem csak az ÜMR-t érintheti, hiszen időszakosan az atomerőmű blokkjai leállításra kerülnek a karbantartási munkálatok elvégzése miatt. Ilyen esetekben a rendszernek erre külön tervezett funkciókijelzéssel kell rendelkeznie a programkoherencia érdekében. Fontos továbbá, hogy az ÜMR az atomerőművet összekötő rendszereiben történő karbantartása lehetőleg ne, vagy csak kis mértékben okozzon fennakadást a program használatát illetően. A rendszer tervezésénél figyelembe kell venni annak fejlesztési lehetőségeit is, ezért a tervezési fázisban külön figyelmet kell fordítani arra, hogy a nukleáris biztonságot szavatoló rendszerekkel történő összekapcsolás esetén azok közt ne lépjen fel kompatibilitási probléma.

Az ÜMR rendszer működésének folyamatait nem elegendő elméleti ismeretekre alapozni, ezért olyan időszakosan ismételtető tesztüzemekre kell lehetőséget biztosítani, amelyekkel szimulált veszélyhelyzeti eseményeket alkotva a kezelőszemélyzet begyakorolhatja a hatékony működtetést. Az ÜMR működésével párhuzamosan minden esetben meg kell tartani a két párhuzamosan működő atomerőmű irányító személyzete közti közvetlen és folyamatos kapcsolattartást.

ÜMR fejlesztésének javasolt fázisai:

- A felhasználási lehetőségek és korlátok elemzése

A két, párhuzamosan működő atomerőmű tekintetében a jelen fejezet felvázolja a valós idejű információtovábbítás és kommunikáció fejlesztésének szükségességét. A biztonság szempontjából fontos volt felvázolni azokat a lehetőségeket, melyek behatárolják a program működésének lehetőségeit, ugyanakkor alapos tervezés és megfelelő fejlesztés után nemcsak kommunikációs, valamint eseményreagálási szempontból lehet képes növelni a biztonságot és a helyzetkezelés hatékonyságát, de a meglévőkkel párhuzamosan működő védelmi rendszerként közvetlen indítást is kezdeményezhet a védelmi funkciókat megvalósító eszközökben.

- Eljárásrend beiktatásának kidolgozása

A meglévő eljárásrendek és intézkedések alapján felmértem a beavatkozás lehetőségeit, ami alapján fejlesztési javaslatokat tettem az ÜMR rendszerének beiktatására a meglévő folyamatok közé. A felmért rendszerfunkciók alapján az egyes veszélyhelyzetkezelések hatékonyságához már csupán információtovábbítási működéssel is képes hozzájárulni.

Ennek értelmében a program beiktatása az eljárásrendek közé lehet többkörös is, annak függvényében, hogy az ÜMR fejlesztése milyen aktuális stádiumban van.

- Technológiai megvalósítás és feltételek kifejlesztése

A technológiai megvalósításhoz felvázolt követelményeket fizikailag is szükséges megteremteni és kivitelezni, hogy a gyakorlati fejlesztés megkezdődhessen. A tényleges hardveres kialakítás során olyan esetleges hibafaktorok merülnek fel amelyre az elméleti tervezés nem terjedhet ki. Ez olyan tapasztalati elv, mely minden technológiai fejlesztés sajátja és ez alól az ÜMR sem lesz kivétel. A valós adatkommunikáció stabil működtetéséhez a gyakorlati felhasználás részleteiben rejlő hibák kiküszöbölése vezet. Technológiai rendszer lévén a z üzemeltetés egyik legfontosabb aspektusa, hogy az energetikai feltételeket szavatolni szükséges olyan helyzetben is, amikor a rendszer részelemeinek állandó villamos betáplálása nem elérhető.

- ÜMR program és felületfejlesztés

A rendszert üzemeltető alaprogram megírása és a hozzá tartozó felületfejlesztés a gyakorlati fejlesztési fázis része. A rendszert futtató operációs rendszer típusa a mai számítástechnikai fejlettség kapcsán meghatározza ugyan a fejlesztés elsődleges irányát, azonban jelenleg már a legtöbb program kódját lehetséges kereszt-platfommon futtatni a megfelelő szoftverközegben. Alapvetően olyan program irányt szükséges választani, amely a későbbiekben könnyen fejleszhető és átültethető stabil számítástechnikai központok és mobil kommunikációs egységek közt úgy, hogy azok párhuzamos működést legyenek képesek megvalósítani. Az általam megtervezett kijelzőfelület egy opcionális vázlat, mellyel folyamatos állapotkijelzés valósítható meg és szerepelnek rajta olyan alapvető programüzemeltetési segédfunkciók, amelyek nemcsak a rendszer számára, de a felhasználóknak is visszajelzést biztosít az ÜMR működési állapotáról és stabilitásáról.

- Felhasználói dokumentáció készítése

A felhasználói dokumentáció a fejlesztéssel együtt változik. A fejlesztések során történő változások dokumentálása és a felhasználói útmutatók készítése a stabil üzemeltetés biztosításának feltétele. Ennek értelmében a technológiai paraméterek taglalását, a működtetés folyamatainak leírását és opcionálisan a későbbi fejlesztések függvényében a végrehajtható beavatkozási eljárásrendek részletes leírását kell, hogy tartalmazza. A programdokumentációban megjeleníthető a fejlesztés aktuális állása és a tervezett irány, melyben felvázolható az ÜMR kivitelezésének végcélja és az annak eléréséhez szükséges követelmények teljesülésének várható lépései.

- Valós adatkommunikáció tesztelése

Mivel az ÜMR feladata, hogy valós idejű adatkapcsolatot tartson fenn, így ennek többszintű tesztelése elengedhetetlen. A valós idejű információtovábbítást az ÜMR két egysége közt normál és speciális helyzetek szimulálásával is szükséges elvégezni. A stabil, normál felhasználású adatkapcsolat a tesztelés fontos mérföldköve, ugyanakkor biztonsági szempontból nem elegendő. A szélsőséges helyzetszimulációk során olyan terveket kell kidolgozni, alkalmazni és elemezni, amelyek a későbbiekben szavatolják a program üzembiztonságát. Ilyen szélsőséges helyzetek lehetnek például:

- o kábeles kapcsolat szakadása esetén a vezeték nélküli kapcsolat automatikus csatlakozása;
- o jelerősséget redukáló árnyékolás szintjeinek felmérése a vezeték nélküli üzemmódban;
- o áramellátási hiány esetén tesztelni szükséges az adatkapcsolat stabilitását szünetmentes tápok és akkumulátorok által történő működtetés közben;
- o vezeték nélküli üzemben az akkumulátoros betáplálás alternatív megvalósíthatósága során tesztelni szükséges a programműködés stabilitását.

- ÜMR program önteszt és futtatásteszt

A program fejlesztés során figyelmet kell fordítani arra is, hogy az ÜMR rendszer periodikusan automatikus önellenőrzést hajtson végre annak érdekében, hogy az üzembiztonsága megfelelő legyen. Ennek elemeiként a program futása során felhasznált hardverigény monitorozása és az adatkapcsolatok tesztelése is része az önteszt követelményeinek.

- Működő program karbantartása és felügyelete

Az ÜMR aktuális működőképességének szintjétől függetlenül a rendszer hardveres és szoftveres gondozása szükséges. A fejlesztés során nemcsak a meglévő ÜMR bővítéséhez szükséges megfelelő csapatot alkalmazni, de már meglévő és működő ÜMR-hez is. A rendszerhasználat során felmerülő esetleges hibák és nem-megfelelőségek részei a fejlesztés során célzottan javítandó és bővítendő elemeknek. Ez azt is jelenti, hogy az aktuális állapotú ÜMR karbantartását végző személyzet szerves csapattársa a fejlesztést ténylegesen végrehajtóknak.

- Működésbiztonság szavatolása (pl.: energia és hálózatellátottság stabilitása)

Korábban már többször esett szó arról, hogy energia betáplálás hiánya esetén feljegyzendő a kiváltó ok-okozati tényező, továbbá az áramellátás helyreállításáig az alternatív betáplálás lehetőségeinek mérlegelése szükséges.

Jelen fejlesztési szegmensben a korábbi programműködés kiterjesztése és gyakorlati megvalósítása lép életbe. A valós adatkommunikáció tesztelésénél felvetett szempontok itt is felhasználhatók. A legfontosabb, hogy amennyiben a program már üzemkés, akkor annak áramellátása is megfelelően stabil legyen és bármely, a normál üzemállapottól eltérő üzemben is kivitelezett legyen az energiaellátás.

- ÜMR rendszerbe iktatása passzív módban (ÜMR folyamatos rendszertesztesztelés mellett)  
Jelen fejlesztési helyzetében az ÜMR működéstesztelése válik szükségessé. A folyamat ezen szakaszában a tesztelés reflektál a működésbiztonságra is. Az ÜMR innentől kezdve úgynevezett passzív módban beiktatható a két atomerőmű felügyeleti eszközei közé azzal a céllal, hogy tesztelésre kerüljön a valós idejű kommunikáció a két üzem között. Az egyik atomerőműben történő üzemállapotváltozás esetén azonnali információtovábbítás kezdeményezhető a másik atomerőmű ÜMR kezelőegysége felé. A közölt adatokkal és a sikeres valós idejű információtovábbítással elérkezett a rendszertesztesztelés az elsődleges működtetési célmeghatározás utolsó fázisához, melyben a rendszer már valós biztonságnövelő elemként felhasználható.
- ÜMR rendszerbe iktatása aktív, de monitorozó módban (ÜMR folyamatos rendszertesztesztelés mellett)  
Az ÜMR innentől kezdve tényleges összeköttetésbe kerül az atomerőművek visszajelző rendszereivel és mindkét erőműben üzemállapotváltozás esetén a betáplált audiovizuális jeleket közvetíti. A helyzetértékelés és eseménykezelés érdekében innentől a két atomerőműben egymással valós idejű információtovábbítást valósít meg és javaslatokat jelenít meg az elvégzendő eljárásokra vonatkozóan, a hozzá tartozó ellenőrző listával együtt.
- ÜMR rendszerbe iktatása aktív, beavatkozó módban (ÜMR folyamatos rendszertesztesztelés mellett)  
A rendszerfejlesztés utolsó fázisa, amikor az ÜMR képes az alapvető működésén felül arra is, hogy azon keresztül biztonsági eljárások indítását lehessen kezdeményezni, melyek szükség esetén ténylegesen beavatkoznak a technológiai működtetésbe. Ilyen beavatkozások lehetnek a reaktor biztonságáért felelős automatikus rendszerek manuális indítása, melyekről továbbra is valós időben történik információközlés a másik atomerőmű ÜMR-je felé.

Az ÜMR kutatási vázlata elméleti fejlesztési szinten valósult meg, mivel a tényleges kifejlesztés és kiépítés követelménye az új atomerőmű vonatkozó technológiai ismerete. Tehát a technológiai és biztonsági rendszerek specifikációja megadja az ÜMR gyakorlati fejlesztésének kulcsfontosságú szegmenseit.

## **2.7. Részkövetkeztetések**

1. Az atomerőmű biztonsági stratégiája kapcsán látható, hogy az egyes kialakult események kezelése már a keletkezés pillanatától szakértő kezekben fut össze, és minden egyes irányítói lépés a nukleáris üzembiztonság jegyében lett meghatározva.
2. A problémát az jelentheti, hogy a két eltérő generációjú és működési elvben hasonló, de technológiailag eltérő megvalósítású atomerőművek közvetlen szomszédos létesítése során számolni kell azzal, hogy az egyik atomerőmű adott veszélyhelyzete milyen mértékben lehet hatással a másik párhuzamosan működő atomerőmű biztonságára és üzemeltetésére.
3. A korábbi fejezetben kifejtett nukleáris biztonsági irányelvek gyakorlati megvalósításának konkrét bemutatása alapján látható, hogy a fentebb leírt elvek miként kerülnek gyakorlati kivitelezésre az irányításért felelős vezetők által és hogy a nukleáris biztonságot szavatoló protokollok milyen gyakorlati prioritizált sorrendben kerülnek kivitelezésre attól függően, hogy milyen jellegű és súlyosságú veszélyhelyzet következik be.
4. A veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok meghatározására szolgáló információk és a döntéstámogató rendszerek által biztosított adatok automatikus és manuális összegyűjtése azonban bármilyen alapos és hatékony eljárásokat eredményez is, a másik atomerőmű konkrét és megfelelő informálása nélkül nem elégséges a nukleáris biztonság fenntartásához, ezért szükséges az információáramlás működését kiterjeszteni és fejleszteni.
5. Megállapíthatjuk, hogy az egyes kialakult veszélyhelyzet súlyosságától függően nem elhanyagolható szempont a két erőmű közti valós idejű adat- és információ-kommunikáció.
6. A Veszélyhelyzeti osztályok kapcsán indokoltnak vélem, hogy az egyes osztályok életbe léptetésének abszolút következménye kell, hogy legyen a másik, párhuzamosan működő atomerőműnél az eseményspecifikált alapokon nyugvó veszélyhelyzeti osztályba sorolás megvalósulása. Erről részletesebben esik még szó az ÁVIT tematikusan ide kapcsolt részénél a későbbiekben.

7. A megszokott hatékony eljáráshoz olyan fejlesztést javaslok, amely több különböző szinten fejlesztheti a nukleáris biztonságot és alapvető információáramlási szükségletet határoz meg a két nukleáris létesítmény között.
8. Az általam ÜMR-nek elnevezett fejlesztés egyszerű hatékonysággal támogatná az erőművek működési biztonságát és az alapvető kommunikáción felül olyan fejlesztési lehetőségeket is magában hordoz, melyek technológiai kivitelezése és továbbfejlesztése mindkét atomerőmű automatikus védelmi rendszerlemeinek működéséhez is hozzákapcsolható, a megfelelő műszaki tervezés és tesztelés útján.
9. Az ÜMR veszélyhelyzetekhez kapcsolt eljárásrend módosításai által konkrét feladatvégrehajtások lettek megfogalmazva, melyek a veszélyhelyzet-elhárítást tovább javíthatják, hiszen a nukleárisbaleset-elhárítás egyik alapeleme a prioritizált és időhatékony feladatvégrehajtás.
10. Az ÜMR működése és működtetése, a védelmi rendszerlemekhez hasonló követelményeknek kell, hogy megfeleljen, hiszen kialakítása és műveleti beiktatása után szerves részévé válhat mindkét atomerőmű üzemi működésének. Ennek egyik legfontosabb eleme, mely talán a legfontosabb eleme a rendszer-újítás hatékonyságának a valós idejű stabil adatkommunikáció kiépítése a két atomerőmű között.



### 3. A PÁRHUZAMOSAN MŰKÖDŐ ATOMERŐMŰVEK KOMPLEX VESZÉLYHELYZETI TERVEZÉSÉNEK FEJLESZTÉSE

A Paksi Atomerőmű biztonságos működése több évtizedes múltra tekint vissza. A biztonság alapos tervezése és a folyamatos fejlesztések tették lehetővé, hogy a világ egyik legbiztonságosabb erőműveként legyen számon tartva. Az egyes üzemzavarok és meghibásodások megfelelő alapokat szolgáltatottak az empirikus védelmi újítások és bővítések megvalósítására. Az üzemi személyzet és a védelemért felelős szervezetek szakmai tapasztalata és folyamatosan bővülő eszközparkja magas szintű elvárásoknak felel meg, ami által kijelenthető, hogy mind a technológiai, mind pedig a veszélyelhárításban részt vevő egységek magabiztos helyzetkezeléssel képesek szavatolni a létesítmény, a dolgozók, a lakosság és a környezet biztonságát. A sokrétű védelmi tervezés komplex rendszere tehát lefed minden veszélyes pontot, amellyel az atomerőműnek szükség esetén szembe kell nézzen. [65]

Az Atomerőmű Tűzoltóság többszörösen kipróbált, folyamatosan gyakorlatoztatott állománya pedig nemcsak megfelel az üzemi és jogi szabályozók sokaságának, de minden helyzetben erején felül teljesít, bármilyen problémával is találja szemben magát. A kezdeti létesítményi tűzoltóság legkisebb tényleges létszám és eszközigeny meghatározásának megfelelésével az évek során folyamatosan megtartotta az elvárásokkal szembeni teljesítési színvonalát, amely értelmében a tűzoltó technológia és a követelmények változásával lépést tartva bővült és fejlődött újra meg újra. [85]

Küszöbön áll azonban egy olyan projekt kivitelezése, melynek a biztonság jegyében komoly kihatása lesz és kell is, hogy legyen a meglévő nukleáris létesítmény biztonságára és biztonságos üzemeltetésre. A Paks II atomerőmű biztonságát szavatoló rendszerek tervezése és kivitelezése a nukleáris létesítmény kivitelezésével párhuzamosan kell, hogy fejlődjön, a lokális sajátosságoknak megfelelően. Ezen védelmi és biztonsági rendszerek bizonyos elmeinek már a létesítés kezdetén is készen kellene állnia. A két atomerőmű egymás Megelőző Óvintézkedési Zónájában fog üzemelni, ami azt jelenti, hogy annak ellenére, hogy két külön atomerőművi vállalati rendszerről beszélünk, de az egymásra történő potenciális kihatás miatt a védelmi vonalak felépítése közben egy egységként kell arra tekintenünk.

Minden meglévő és megfelelően működő eljárásnak újratervezésen kell átesnie és attól függetlenül, hogy az új atomerőmű biztonságát szavatoló protokollok önmagukban képesek tökéletes védelmet adni a létesítménynek, a két erőmű közös biztonsági eljárásait is számba kell venni és közös, komplex rendszerben továbbfejleszteni.

A közös komplex fejlesztés adott részével foglalkozik ez a fejezet, melyhez a korábbi fejezetekben lefektetett alapok szolgáltatnak kiindulási pontokat. Ennek értelmében a dupla erőműhöz javasolom az ÁVIT, ezen belül is leginkább a BESZ és a TMMT-k elvi struktúrájának kombinált fejlesztését. A bővítés lényegét az adja, hogy a védelmi szervezetek működésének fontos függvénye az erő és eszközállomány olyan mértékű fejlesztése, amely alapján mindkét erőmű biztonságos üzeme tartható. [51] Attól függetlenül, hogy egy közös tűzoltóság, vagy két különálló szervezet látja el a tűzoltási és műszaki mentési feladatokat, továbbá a nukleáris biztonság alapvédelmi tevékenységét, megfogalmazódik egy kijelentés, ami minden szakmai tekintetben releváns tervezési követelmény:

„Ha az Atomerőmű Tűzoltósága riasztásra vonul, a nukleáris biztonság nem gyengülhet meg!”

A mondat egyszerű elvet fogalmaz meg, ami kapcsán ki kell térnünk arra, hogy ez nemcsak jelenleg van így legyen, hanem igaznak kell lennie akkor is, amikor már két nukleáris létesítmény üzemel párhuzamosan egymás mellett. A nukleáris biztonság jelen esetben nemcsak azt jelenti, hogy annak az erőműnek a biztonsága nem csökkenhet, amelynél káresemény következett be, hanem a vele párhuzamosan működőé sem. [16] Ebből a szempontból megvizsgálva feltételezem, hogy az általam kidolgozandó fejlesztési javaslatnak a gyakorlati felhasználása hasznos lesz a nukleáris biztonság megtartására vonatkozóan.[51]

A Paksi Atomerőmű Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terve olyan modulokból épül fel, melyek lefedik azon védelmi intézkedéseket, amelyek által a normál üzemállapotú működtetés visszaállítható és a megelőző intézkedésekkel megtartható. Az ÁVIT-ban összefoglalt BESZ struktúrák és a TMMT-k megfelelő alapot képeznek a két erőmű bővített védelmi tervezéséhez, mivel a helyi sajátosságokhoz viszonyítottan lettek kialakítva és az új erőmű technológiai sajátosságainak figyelembevételével egyszerűen bővíthetőek. Ehhez az új erőműre vonatkozó hasonló felépítettségű eljárásrendek kidolgozását olyan irányba is szükséges kiegészíteni, amely mindkét erőmű veszélyhelyzet-elhárítását magában foglalja. A veszélyhelyzeti tervezés egyik lényeges aspektusa a létesítményi tűzoltóság hovatartozása és működtetési jellege. [82]

Bizonyos esetek konkretizálásához pontos információval szükséges rendelkezni arról, hogy a védelemi feladatokért felelős tűzoltóság működési területe a két erőmű tekintetében meddig terjed ki. Ennek a kérdéskörnek a konkretizálása még nem tisztázott teljesen és nem tartozik a disszertációm hatáskörébe sem ennek a meghatározása.

Ettől függetlenül viszont egyértelműen látható, hogy különbségek vannak az eljárás tervezésben akkor, ha mindkét erőmű saját különálló létesítményi tűzoltósággal rendelkezik, vagy ha egy bővített tűzoltóság látja el mindkét üzemi területen a feladatokat.

Megjegyzendő, hogy az első esetben is mindenképpen szükségszerű közös védelmi tervezésben gondolkodni, hiszen a nukleáris biztonság erő- és eszközigénye a leginkább akkor kielégíthető, ha egy hasonló létesítmény védelmi rendszerét támogató egység vesz részt a veszélyhelyzetfelszámolásban. Jelen fejezetben az előző fejezetben taglalt összegzések, következtetések és bővítések mellett és azokra építkezve fejtem ki az ÁVIT fejlesztésének lehetőségeit és a hozzá tartozó részek bővítésének javaslatát, hozzáfűzve a Katasztrófavédelem irányítási eljárásainak téma-releváns, lokális fejlesztési javaslatával. Abból kiindulva, hogy a két erőmű közös erőforrásainak felhasználása és közös beavatkozása a nukleáris biztonság hatékony megvalósítását vetíti előre, ezért azt közös, komplex, bővített egységnek tekintem. A végleges párhuzamos atomerőmű üzemelés tekintetében ez a megközelítés minden aspektusában releváns lesz. [64]

Ahogy arra már korábbi fejezetekben utaltam, a nukleáris biztonsági tervezés eljárásainak életbe léptetése azonnal aktuális lesz, amint a kész létesítmény reaktoraiba a fűtőelemek beemelésre kerülnek. Ez tehát azt jelenti, hogy addigra minden védelmi rendszernek üzemképesnek és az eljárásrendeknek teljesen kidolgozottak kell lenniük. [83]

A balesetelhárítás szervezeti újragondolásának alapjául lehet venni a Kariwa Atomerőmű biztonsági fejlesztését. Közös Katasztrófaelhárítási Központ került kialakítása, ahonnan szükség esetén a biztonságért felelős szervezetek képesek koordinálni a kialakult események kezelését. [90] A biztonsági célkitűzés az volt, hogy az eltérő generációjú reaktorok a technológiai különbségek ellenére is hatékony termelést valósíthassanak meg úgy, hogy közben a biztonság semmilyen formában nem csorbul. Fontos különbség a magyarországi projekthez képest, hogy a teljes vezetést egy szervezet valósítja meg mind a hét reaktorblokk esetében. A magyarországi atomerőmű bővítés tekintetében a helyi sajátosságokat figyelembe véve szükséges felmérni és kialakítani a biztonsági szervezetek működésének összehangolását különös tekintettel azokra az intézkedésekre és folyamatokra, amelyek veszélyhelyzeti eseménykezelés során válnak kritikussá. [91]

### **3.1. A telephely és a létesítmény általános tervezésén felüli szempontok bemutatása**

A moduláris felépítettségű ÁVIT meghatározza a Paksi Atomerőmű területén működtetett biztonsági eljárások rendjét, feladatait és irányítási rendszerét. Ezek alapján a felvetésem az, hogy az ÁVIT, mint önmagában is hatékony és részletes tervezési alap felhasználható a két atomerőmű közös, komplex tervezési alapjainak lefektetéséhez. [11]

A Paksi Atomerőmű ÁVIT-ben megfogalmazott célmeghatározások helytállóak maradnak a jövőben is, de a fejlesztési javaslataim révén azzal a céllal egészülnek ki, hogy a továbbiakban mindkét atomerőmű veszélyhelyzet-kezelését lefedjék. [11]

A két atomerőmű dunaparti elhelyezkedése és megközelítése, valamint a létesítmények a fontosságuk miatt megfelelő elérhetőséggel rendelkeznek. A jó teherbírású szilárd útburkolatok és a megtervezett, KRESZ-nek megfelelő útvonalszabás révén a közlekedési lehetőségek korlátozottsága nem áll fenn. A szabadon járható alternatív útvonalak, tehát a többoldali megközelíthetőségi lehetőségek miatt a nukleáris létesítmények megközelítése nem akadályozott. [11]

Mindkét telephelyen működő nukleáris létesítmény hasonló technológiai elven működő, vízhűtéses, vízmoderátoros, nyomottvizes reaktorblokkokkal felszerelt atomerőmű. [12] A különbségek a technológiai fejlődés során elért újító műszaki megoldások eredményei, amelyeket generációs különbségeknek nevezünk és egyedi paraméterekkel rendelkeznek. [84] Az egyedi kiépítettséget tovább befolyásolja a létesítmények elhelyezkedése egymáshoz, a hűtővízforráshoz továbbá a sajátos lokális megoldások alkalmazása. [15]

Mindkét erőmű olyan saját üzemeltetési szabályzattal rendelkezik, ami tartalmazza az atomerőművek biztonságos üzemeltetésének feltételeit, korlátait és működtetési határértékeit. Ehhez társulnak az üzemi és biztonsági rendszerek kritériumai és sajátosságaikból fakadó működési lehetőségeik. Mindkét erőműnek rendelkeznie kell olyan üzemeltetést befolyásoló tervezéssel, amely közvetlen kihatással van a párhuzamosan működő atomerőmű üzemelésére, de legalább olyan közös védelmi rendszerrel, ami azonnali válaszreakciókra ad lehetőséget a szomszédos atomerőmű olyan működési hibája esetén, ami veszélyeztetheti a saját atomerőművi blokkjait vagy azok kiszolgáló létesítményeit. [3]

Ennek értelmében a veszélyforrások meghatározásánál már nem csak az egyik atomerőmű telephelyi veszélyeit szükséges meghatározni, hanem mindkét atomerőműét, kitérve arra is, hogy a potenciálisan azonos jellegű hibák miatt mely rendszerek, milyen kihatással lehetnek egymás működésére, a normál üzemre történő visszatérésre és a környezetre. [95]

### *Veszélyhelyzet tervezési alapok*

A kockázatok nagysága és időbeli változása alapján megváltoznak a nukleáris veszélyhelyzet besorolások szempontjai, de veszélyhelyzeti tervezési kategóriák tekintetében megmaradnak ugyanazon keretek, mint a meglévő Paksi Atomerőmű tekintetében. [13] A bővítés lényegi aspektusa, hogy az egyes kategóriákba tartozó veszélyforrások listája kibővül az új Paks II Atomerőmű veszélyeztető tényezőivel.[11]

A bővített ÁVIT keretében megvalósuló veszélyhelyzet tervezés tehát olyan szempontokkal egészül ki, amelynél megmarad az alapvető védekezési stratégia, de a veszélyhelyzetek azonosítását már többszintű párhuzamosított és egymásra potenciálisan átható eseménycsoportok következményeinek feltárásával kell vizsgálnunk.

Feltételezett nukleáris veszélyhelyzet eseménycsoportok: [11]

- telephelyeket érintő földrengés;
- teljes feszültségvesztés, a dízelgenerátorok nélkül, vagy azok meghibásodásával, a párhuzamosan működő atomerőmű betáplálásának teljes elvesztésével;
- reaktortartály sérülése;
- primerköri hőhordozó elvesztése;
- tápvíz-, vagy főgőzvezeték törés;
- főépületben, vagy a gépházban bekövetkező jelentős kiterjedésű tűz;
- olyan robbanás, melynek nukleáris következménye van, ezáltal érinti a másik atomerőművet is;
- pihentető medence hőhordozó vesztese;
- pihentető medencében tárolt kiégett fűtőelem burkolatsérülése;
- a reaktorban átrakás során bekövetkező fűtőelem sérülés;
- végső hőhordozó elvesztése;
- kiégett fűtőelem sérülése bármelyik telephelyen belül, vagy a kettő közti szállítás során.

Feltételezett radiológiai veszélyhelyzet eseménycsoportok:

- primerköri segédrendszerből jelentős aktivitású radioaktív anyag nem tervezett kikerülése;
- legalább III. veszélyességi kategóriába tartozó zárt radioaktív sugárforrás kontrolláltságának megszűnése;
- IV. tervezési kategóriába tartozó radioaktív anyag szállítása során bekövetkező rendkívüli esemény.

Feltételezett hagyományos veszélyhelyzet eseménycsoportok:

- a saját vagy szomszédos erőmű főépületi és gépházi területén kívül bekövetkező kiterjedt tűz;
- saját vagy szomszédos erőmű bármely területén bekövetkező robbanás;
- salétromsav telephelyi szállítás során bekövetkező teljes térfogat környezetbe kerülése;

- hidrazin oldatot szállító udvartéri csővezeték törése miatt bekövetkező jelentős mennyiségű veszélyes anyag kikerülése;
- a veszélyes anyagok folyami vagy közúti szállítása során a telephelyen belüli, a szomszédos erőmű területén vagy bármelyik erőmű telephelyének határában bekövetkező tűz, robbanás vagy mérgező anyag környezetbe kijutása;
- vízmű üzemképtelenségének veszélye, amelynek nincs kihatása a párhuzamosan működő erőmű vízművének üzemképességére;
- 400 kV-os hálózat és dízelgenerátor állomás, vagy párhuzamos erőmű betáplálás átvezetésének rendelkezésre állását veszélyeztető esemény;
- nem nukleáris vagy radiológiai esemény hatására bekövetkező technológiai helységek kezelhetetlenné válása;
- bármelyik atomerőmű területén vagy mindkettőt érintő olyan nagy kiterjedésű tűz, amely tömeges sérülést okozhat, valamint nukleáris veszélyhelyzetet eredményezhet;
- a Különleges jogrend bevezetése során, a gazdaság mozgósításának és a polgári védelmi feladatok ellátásának hatása az egyik vagy mindkét atomerőmű működésére; [77]
- válsághelyzet esetén a befogadó támogatásból eredő feladatok hatása a működtetésekre;
- olyan ártó jellegű cselekmények, amelyek telephelyenként vagy összevonva elérik a veszélyhelyzeti osztályba sorolás követelményi szintjeit.

#### *A két erőmű ÁVIT-ba foglalt védekezés és elhárítás rendjének vonatkozása*

A veszélyhelyzetek kezelésének tervezése során olyan eljárásrendek és feladatkidolgozások megvalósítása a cél, melyek révén egységes helyzetkezelést lehet kialakítani. Ennek értelmében mindkét erőműben azonos irányelvek megfogalmazása jelenti azt az alapot, amire a bővített ÁVIT építkezhet. A moduláris felépítettség megtartásával és az egyes eljárások kibővítésével megalkotható a közös veszélyelhárítási tervezés. [11]

### **3.2. Az új, összevont Baleset-elhárítási rendszer megalkotása**

Az atomerőművek baleset-elhárítási rendszerének működését a már korábban meghatározott és jellemzett négy működési állapotba soroljuk: [11]

- Normál Működési Állapot;
- Készenléti Működési Állapot;
- Veszélyhelyzeti Működési Állapot;
- Helyreállítási Működési Állapot.

A Paksi Atomerőműben működő rendszer állapotokra bontott rendje fenntartható a Paks II Atomerőművel párhuzamosítva is. Az eljárásrendek bővülése azonban azzal az alapvetéssel egészül ki, hogy amint bármelyik atomerőmű baleset-elhárítási rendszerének állapotváltozása bekövetkezik, annak közvetlen következménye, hogy a másik atomerőmű baleset-elhárítási rendszerében is fennáll az állapotváltozás szükségessége. [15]

A nukleáris biztonság jegyében a kialakult helyzetkezeléshez elvont erők és eszközök közvetlenül befolyással lehetnek a másik, párhuzamosan működő atomerőmű biztonságára. Ennek értelmében a baleset-elhárítási rendszert a két atomerőmű közti átfedéssel kell kezelni, ami megmutatkozik a felépítettségben és az összevont eljárásrendek megalkotásában. [11]

### Normál Működési Állapot

Ahogy a korábbi fejezetben már említésre került, a Baleset-elhárítási Rendszer Normál Működési Állapotában a BESZ ténylegesen nem üzemel. Annak tagjai javarészt a rendszeren kívüli alaptevékenységet folytatnak. Ez igaz lesz a két párhuzamosan működő atomerőmű tekintetében is, mivel a veszélyhelyzet függvényében változnak a működési állapotok, módosítva azon jellemzőkkel, melyek differenciáltan jellemzőek az egyik vagy másik atomerőmű vonatkozásában.

A BESZ létre hívásának utasítása után épül fel annak strukturális irányítási rendszere és indulnak az alkalmazandó célzott eljárási protokollok. A BESZ törzsállományába tartozó személyek, akik alapfeladata a szervezet zökkenőmentes koordinálása, normál állapotban a következő tevékenységeket végzi:

- technológiai állapotok monitorozása mindkét atomerőműben;
- teljes duplikált területet lefedő sugárvédelmi helyzet monitorozása;
- ÜMR működtetési alapfeltételeinek biztosítása és rendszerintegritás időszakos ellenőrzése;
- ÁVIT, rendkívüli események és veszélyhelyzet kezeléssel kapcsolatos dokumentáció opcionálisan folyamatos aktualizálása és fejlesztése;
- a rendkívüli eseményekkel, valamint a veszélyhelyzetekkel kapcsolatos feladatok és alkalmazandó eszközök felhasználási korlátainak feltérképezése és fejlesztése;
- a kárelhárításban részt vevők, az abban nem érintett üzemi személyek és a lakosság felkészítése, gyakoroltatása és tájékoztatása; [78]
- a kárelhárítás optimális kezeléséhez szükséges anyag-technikai feltételek biztosítása;

- a felhasználandó erők és eszközök eloszlásának folyamatos nyilvántartása és annak monitorozása, hogy bármikor megfelelő mennyiségű és minőségű készlet és szakmai tudással rendelkező beavatkozó állomány álljon rendelkezésre.

### Készenléti Működési Állapot

A BESZ ezen állapotban részlegesen van működésbe helyezve, külön döntés alapján. Feladata a veszélyhelyzetnek nem minősülő rendkívüli események és helyzetek felmérése és értékelése. A technológiai és dozimetriai adatok fokozott ellenőrzése és az összehangolt tájékoztatás által segíti a BESZ teljes működésbe lépését abban az esetben, ha a kialakult esemény súlyosbodása azt indokoltá teszi. A készenléti működést a BESZ vezetője rendeli el, amihez folyamatosan kapcsolatot kell tartania mindkét atomerőmű irányításáért felelős személyeivel.

A BESZ részleges működése esetén a következő szervezeti egységek működnek:

- Vezetési csoport;
- Törzstámogató részleg;
- Sugárhelyzet értékelő részleg;
- Híradó szervezet;
- Szakértői csoport.

Feladatok a monitorozás mellett, hogy felkészüljenek a külső és belső riasztások végrehajtására és az általuk végzendő tevékenységek támogatására. A kialakult esemény paraméterei továbbításra kerülnek a külső együttműködők számára, hogy a létesítményen kívüli szervezetek és a párhuzamosan működő atomerőmű üzemi személyzete megfelelő információkkal rendelkezzenek a megelőző biztonsági intézkedések és feladatok végrehajtására. [96]

### Veszélyhelyzeti Működési Állapot

Ebben a működési állapotban minimum részlegesen, de jellemzően teljesen működésbe helyezik a BESZ-t, mely működésének aspektusában megkülönböztetünk korai és kései időszakot, ami a szervezet működésbe lépésének, az eseményhez viszonyított állapotában határozható meg.

Abban az esetben, ha rendkívüli esemény következtében, vagy más okból nukleáris vagy hagyományos veszélyhelyzet alakul ki, jogosult a BESZ veszélyhelyzeti működési állapotát elrendelni, a veszélyhelyzeti osztályba sorolás meghatározásával együtt. Az állapot annak megszűnését alátámasztó bejelentéséig marad fenn.



A korai időszak időintervalluma az, ami a kialakult esemény kapcsán a radioaktív, veszélyes anyagok környezeti kibocsátását közvetlenül megelőzi, vagy magának a kibocsátásnak az időtartama és az azt követő közvetlen időszak. A BESZ feladatai ekkor a következők: [11]

- a baleseti helyzet elhárítása;
- a következmények csökkentése, korlátozása;
- a technológiai és dozimetriai adatok fokozott ellenőrzése, monitorozása és továbbítása a párhuzamosan működő atomerőmű irányítása felé vagy a megosztott BESZ vezetési törzs részlegei felé;
- telephelyi óvintézkedések végrehajtása;
- lakosságvédelmi intézkedési ajánlások adása;
- riasztási, tájékoztatási feladatok végrehajtása.

Kései időszaknak tekintjük a radioaktív, veszélyes anyag környezeti kibocsátását követő időt és következményeket. A BESZ feladatai ekkor:

- a baleseti helyzet telephelyi elhárítása;
- a következmények súlyosságának becslése-értékelése;
- a technológiai és dozimetriai adatok fokozott ellenőrzése, monitorozása és továbbítása a párhuzamosan működő atomerőmű irányítása felé vagy a megosztott BESZ vezetési törzs részlegei felé;
- a korai időszakban hozott intézkedések végrehajtása;
- tájékoztatási feladatok végrehajtása.

A veszélyhelyzet megszűnésének feltételei a következők:

- a blokkok és a technológiai rendszerek állapota stabil, a nukleárisbiztonság fenntartásához szükséges rendszerek üzemképesek;
- a kibocsátás megszűnt, további kibocsátás megakadályozásához szükséges intézkedések megtörténtek;
- a szennyezett területeket behatárolták, kijelölték, lezárásuk, biztosításuk megtörtént;
- az üzemi területen - a lezárt, biztosított területek kivételével - a sugárterhelés a normálüzemi korlátok között tartható;
- a sérültek ellátása és elszállítása megtörtént;
- a létszámellenőrzés alapján eltűnt személy nincs;

- a párhuzamosan működő erőműből igazolásra kerül, hogy veszélyhelyzet fenntartását indokló körülmény fennáll-e és a helyreállítás vagy a normál üzemállapotokra történő visszaállásnak további veszélyt előidéző következménye nincs.

A BESZ vezetője indokolt esetben jogosult rendkívüli üzemeltetési állapotot kinyilvánítani. Ezzel egyidőben az OAH tájékoztatása is kötelessége. A kialakult eseményi helyzet függvényében a rendkívüli üzemállapot kihirdethető az egyes reaktorblokkokra és a létesítmény egészére is. Az atomerőmű bővítés rendkívüli helyzet vonatkozásában releváns, hogy amennyiben indokolt, nemcsak az egyik létesítmény, hanem akár mindkét atomerőmű egészére kiterjeszhető a rendkívüli üzemállapot kihirdetése, aminek további biztonsági funkciókat és egyedi eljárásrendet végrehajtó követelményei lesznek. Ennek értelmében a BESZ vezetője szükséges esetben hatósági jóváhagyás nélkül is elrendelhet veszélyhelyzet elhárítási intézkedéseket, továbbá a párhuzamosan működtetett atomerőmű biztonsága érdekében a BESZ megosztott vezetési törzsbe tartozó másik atomerőmű BESZ szervezetén belüli felelős vezetője is erre alapozva elrendelhet megelőzési és elhárítási intézkedések végrehajtását. [93]

A legfontosabb intézkedések a következők:

- a reaktor szubkritikus állapotának visszaállítása és megtartása;
- minden olyan eljárás, amely a szekunderkör hőelvonó képességét visszaállítja;
- hermetikus tér integritásának fenntartása;
- reaktorok természetes hűtővíz keringtetési működésének helyreállítása és folyamatos működtetése;
- aktív zóna hűtésének fenntartása;
- bármely primerköri elfolyás beazonosítása és megszüntetése;
- radioaktív közeg környezetbe történő kijutásának megakadályozása, de legalább minimálisra törekvő korlátozása.

#### Helyreállítási Működési Állapot

A BESZ ebben az állapotban is működik és végrehajtja az előre kidolgozott feladatokat, a helyzetspecifikált szükségesség mértékében. Az állapot akkor lép életbe, ha a már korábban említett veszélyhelyzet megszűnésének feltételei megvalósultak és addig tart, amíg igazoltan a normál szervezeti működés keretében kezelhetőek nem lesznek a nukleáris létesítmény folyamatai és rendszerei.

A Helyreállítási működési állapot legfőbb célja, hogy minden nemzetközi és hazai szabvány keretén belül megvalósításra kerüljön a normalizált életvitel visszaállítása és minden hosszútávú helyreállítási tevékenység optimális hatékonysággal és a lehető legrövidebb idő alatt létrejöjjön. A helyreállítási tevékenység mellett monitorozásra kerül a veszélyhelyzetben, illetve a helyreállításban részt vevők sugárterhelése és a biztonságos feladatvégzés feltételei.

A BESZ alapfeladatai mellett ebben a működési állapotban kiegészülnek a két atomerőmű miatti többletfunkciók és tevékenységek végrehajtásának opcióival.

- mindkét erőmű technológiai és dozimetriai adatainak összegzése és az ezzel kapcsolatos végrehajtandó intézkedések fogantatása;
- eseményhatások következményeinek felszámolása, mely során a párhuzamosan működő atomerőmű tevékenységében nem merül fel akadályozó körülmény;
- mentesítés és szennyeződések kezelésének olyan irányú megközelítése, hogy az a továbbiakban a két erőmű nem érintett blokkjának tevékenységében ne okozzon fennakadást;
- a rövid és hosszú távú következmények felmérésének kiterjesztése a potenciálisan érintett nukleáris részek biztonságos működésének kalkulálásával;
- a baleset minősítése és értékelése, melyet a két különálló szervezetként kezelt atomerőmű tekintetében duplán kell elvégezni és dokumentálni a fizikai közelség miatt;
- a további következmények elkerülése és a helyzet normalizálás érdekében olyan intézkedések fogantatása, amelyek lefedik mind a nukleáris létesítmények további életét és a közvetlen, valamint közvetett közelségben élők biztonságát, továbbá a releváns távolságon belül működő, a megelőzési zónák alapján figyelembe vett ipari létesítmények és a kritikus infrastruktúra biztonságát.

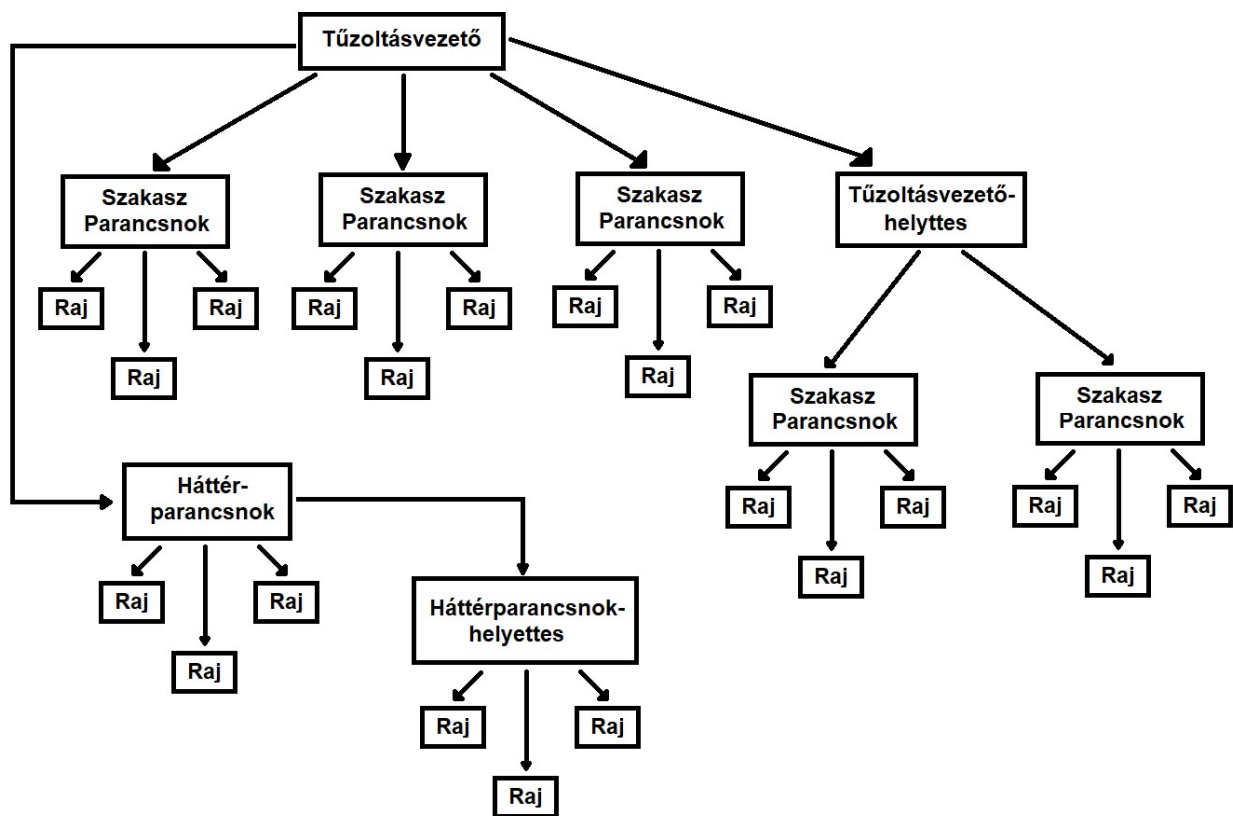
#### *Javaslat a Baleset-elhárítási felkészülésért és végrehajtásért felelős szervezet összevont felépítésére*

A rendkívüli események és veszélyhelyzetek kezeléséhez előre meghatározottak azok az irányelvek, melyek alapján a BESZ működik és strukturálisan felépül. A BESZ vezetője irányítja egyszemélyi felelős vezetőként a veszélyhelyzet elhárítási tevékenységeket, melyhez a feladat és eljárások az ÁVIT-ban vannak rögzítve. [93] A BESZ riasztási és strukturális felépítési rendjéről korábban már esett szó. A szervezet minden működési és veszélyelhárítási tevékenysége a Paksi Atomerőmű vonatkozásában lett kidolgozva. [11] Ebből következik, hogy amennyiben potenciálisan már két atomerőmű védelmi szervezetként fog funkcionálni, akkor a szervezet kiterjesztett bővítése válik szükségessé.

Alapvetően a strukturális felépítésnek nem kell változnia, azonban ahhoz, hogy az irányításért felelős vezetési csoport hatékonyan képes legyen mindkét létesítmény védekezési feladatainak összehangolására, a tagok és felelősségek bővítésére feltétlenül szükség van. A bővítés lényege, hogy a veszélyhelyzetben közvetetten vagy a kialakult esemény következményeiként potenciálisan veszélyeztetett erőmű védelemért felelős irányító személyzete is részt vegyen a BESZ-ben. A szervezeti struktúrába beiktathatóak a párhuzamos erőműért felelős részlegek, melyek képviselői szintén aktívan kiveszik a részüket a komplex védekezés megvalósításából. A meglévő struktúra bővítéséhez alapul lehet venni a Katasztrófavédelem komplex tűzoltási és kárelhárítási feladatoknál használt vezetési törzsirányítás rendszerét. A rendszer felépítése alapján az irányításért felelős vezető személy az alá beosztott egyes területek/részlegek/szakaszok vezetőin keresztül irányítja a kárelhárítást vagy eseménykezelést. Vele párhuzamosan az irányítás helyettese ugyanilyen felépítési elven koordinálja az alá beosztott szakaszok munkáját. A helyettes irányító személy a különálló területen vagy eseménykezelésben vezető előjárója és felelős vezetője az alá beosztottaknak, de nem vezetője a vele párhuzamosan zajló kárelhárítási tevékenységben részt vevő szakaszoknak.

Ugyanakkor az irányító vezető-helyettes az elsődleges vezető irányító személy alárendeltségében látja el a feladatait. A Katasztrófavédelem *Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzatának kiadásáról szóló 6/2016. (I. 24.) BM OKF utasítás* 1. melléklete alapján a vezetési törzsirányítás olyan esetben indokolt, „amennyiben az esemény nagysága, bonyolultsága, a helyszín tagoltsága, a beavatkozó erők létszáma vagy egyéb körülmények a feladatok szélesebb körű megosztását indokolják.” Jelen nézőpontban a két párhuzamosan működő atomerőmű baleset-elhárításáért felelős szervezetének vezetési csoportjába megfelelően beilleszthető ez a rendszer, mivel egyértelműen olyan komplex eseménykezelési megoldásokra és eljárásrendekre van szükség, amelyek optimálisan fenntarthatók bármely nukleáris veszélyhelyzet esetén. [34] Az irányítás megosztása a BESZ-en belül atomerőművekre bontott vezetéssel illik a vezetési törzsirányítás követelményének sémájába. Az irányításmegosztásban a vezetésirányításért felelős helyettesnek értelemszerűen a másodlagosan érintett atomerőmű vezető irányítójának kell lennie, míg a teljes BESZ irányításáért felelős egyszemélyi elsődleges vezető a közvetlenül érintett nukleáris veszélyhelyzet forrásának tekinthető atomerőmű és blokkjainak védelmére koncentrál.

A Vezetési Törzsirányítás sémája:



9.ábra: Vezetési Törzs séma, forrás: 6/2016. BM OKF utasítás 1. melléklet [34]

Ennek a felépítésnek köszönhetően prioritizáltan kerülhetnek kivitelezésre atomerőművenként a szükséges előre megfogalmazott és előkészített eljárások. Ezzel az ÁVIT bővítéssel megoldható, hogy mindkét atomerőmű a kialakult veszélyhelyzet szintjének megfelelően vegyen részt a BESZ munkájában. Fontos szempont, hogy a BESZ elsődleges vezetője a kialakult esemény telephelyétől függően változik.

Mindkét atomerőműnek rendelkeznie kell olyan személlyel, aki szakmai képzettségét és tapasztalatát tekintve képes megvalósítani a komplex védekezési irányítást. A kialakult helyzet kezelésének és a feladatok bonyolultságának tekintetében olyan szervezeti struktúrát szükséges alkalmazni, amely összevontan, párhuzamosan és külön egységként is képes betölteni a feladatát. [82]

A strukturális összevonhatóság lehetősége olyan bővítés, melyben minden résztvevő szervezeti egység megfelel a támasztott követelmények és szükség esetén a szervezetek közös munkára történő átállásra is lehetőséget biztosít, amely révén komplex kárelhárítás valósulhat meg. Ennek tükrében javaslom az alábbi szervezeti struktúra alkalmazását:

## A BESZ szervezeti struktúra bővítése:

- Vezetési csoport;
  - o BESZ vezető;
  - o BESZ közreműködő vezető  
(Párhuzamos atomerőmű Ügyeletes Mérnöke);
  - o Törzsparancsnok  
(BESZ vezető helyettes);
  - o Törzsparancsnok-helyettes  
(a BESZ közreműködő vezető helyettes);
  - o Tanácsadó Ügyeletes Mérnök (TÜM), az Műszaki Támogató Központ megalakulásáig;
  - o Közreműködő Ügyeletes Mérnök  
(Párhuzamos atomerőmű Tanácsadó Ügyeletes Mérnöke, az MTK megalakulása után Közreműködő MTK vezető);
  - o Műszaki titkár;
  - o RHK Kft. készenlétese;
  - o Egészségügyi szervezet vezetője;
  - o Ellátó szervezet vezetője;
  - o Híradó szervezet vezetője;
  - o Kimenekítési szervezet vezetője;
  - o Létesítményi tűzoltóság parancsnoka;
  - o Műszaki helyreállító szervezet vezetője;
  - o Rendészeti szervezet vezetője;
  - o Rendészet vezető helyettes  
(Párhuzamos atomerőmű Rendészeti vezetője);
  - o Sugárvédelmi szervezet vezetője;
  - o Közreműködő Sugárvédelmi vezető  
(Párhuzamos atomerőmű Sugárvédelmi Szervezet vezetője);
  - o Tájékoztatási szervezet vezetője  
(A két atomerőmű vonatkozásában közös érdekképviselő személy);
  - o Üzemviteli szervezet vezetője  
(ÜM a mindenkori munkahelyén).
- Törzstámogató részleg;

- Műszaki Támogató Központ (MTK);
  - o Tanácsadó Ügyeletes Mérnök  
(MTK vezetője);
  - o Közreműködő Tanácsadó Ügyeletes Mérnök;
  - o Elemzőmérnök;
  - o Érintett blokk/blokkok Blokkügyeletes;
  - o Készenlétes Blokkügyeletes;
  - o Műszaki helyreállítási szakértő;
- Szakértői csoport;
  - o Vezetője a Tanácsadó Ügyeletes Mérnök;
  - o Helyettese a Közreműködő Tanácsadó Ügyeletes Mérnök.
- Egészségügyi szervezet;
- Ellátó szervezet;
- Híradó szervezet;
- Kimenekítési szervezet;
- Létesítményi tűzoltóság;
- Műszaki helyreállító szervezet;
- Rendészeti szervezet;
  - o Mindkét atomerőmű rendészeti egységei részét képezik a csoportnak.
- Sugárvédelmi szervezet;
- Közreműködő Sugárvédelmi szervezet;
- Tájékoztató szervezet;
- Üzemviteli szervezet;
  - o Vezetője a Tanácsadó Ügyeletes Mérnök.
- Szekunder Üzemviteli személyzet.
  - o Vezetője a Közreműködő Tanácsadó Ügyeletes Mérnök.

A bővített sémából látható, hogy mindkét létesítmény releváns személyzetének BESZ-ben történő részvétele hozzátesz a komplex védelem kivitelezéséhez. Minden résztvevő szervezeti egység szakértője a saját felelősségi körében meghatározott veszélyhelyzet-elhárítási feladatoknak és az átfedések révén biztosítható, hogy a nukleáris létesítmények összehangolva képesek legyenek hatékony kárfelszámolást megvalósítani.

Lényeges szempontja a hatékony közreműködésnek, hogy a két létesítmény meghatározott időközönként szimulált veszélyhelyzeti gyakorlatot tartson és a már meglévő tapasztalatok olyan irányba bővüljenek, ami alapján mindkét atomerőművi létesítménynél megállapítható, hogy nincsenek olyan további hiányosságok, melyek a kezdeti esemény és annak kezelése során olyan következményt eredményez, ami ugyan az egyik erőműben hatékony kárelhárítást valósít meg, de súlyos hatásai lehetnek a potenciálisan érintett atomerőmű biztonságára.

A szimulált helyzeteknek olyan eseményekre is kell térnie, amely során kezdetben csak az egyik atomerőműben működik a BESZ, majd egy későbbi hatás-eredmény miatt szükségessé válik a másik BESZ működésbe léptetése, amely során megtörténhet a két szervezet implementálása egy közös, bővített struktúrába.

A BESZ szervezeti egységek feladatainak bővítési javaslata: [11]

- BESZ közreműködő vezető  
(Párhuzamos atomerőmű Ügyeletes Mérnöke);  
A BESZ közreműködő vezetője, a normál BESZ vezetővel azonosan, megbízás alapján a közvetetten vagy másodlagosan érintett atomerőmű biztonságáért felelős szervezeti részegység első számú vezetője, aki saját üzemi területén polgári védelmi megbízott és általános kárhelyparancsnok is egyben. A Cégvezető Ügyeletes beérkezéséig, illetve amíg a feladatkörét át nem veszi, addig az Ügyeletes Mérnök tölti be ezt a pozíciót.
- Törzsparancsnok-helyettes  
(BESZ közreműködő vezető helyettes);  
Feladata a veszélyhelyzet kezeléssel kapcsolatos feladatok és tevékenységek támogatása. Gondoskodik a potenciálisan vagy másodlagosan érintett atomerőmű baleset-elhárítási felkészülésért felelős szervezetének irányításáról.
- Közreműködő Ügyeletes Mérnök  
(Párhuzamos atomerőmű Tanácsadó Ügyeletes Mérnöke, az MTK megalakulása után Közreműködő MTK vezető);  
Az MTK megalakulása után részt vesz a veszélyhelyzet során felmerülő szükséges tevékenységek blokkirányításában és a potenciálisan vagy másodlagosan veszélyeztetett atomerőmű vonatkozásában a súlyosbaleset-kezelési stratégia kidolgozásában és végrehajtásában.



- Közreműködő Sugárvédelmi vezető  
(Párhuzamos atomerőmű Sugárvédelmi Szervezet vezetője);  
A radiológiai, vegyvédelmi és biológiai felderítő és ellenőrző tevékenységet végző sugárvédelmi szervezeti egység vezetőjének támogatási feladatait látja el és értékeli a saját atomerőműje területéről érkező helyzetjelentéseket. Az ezzel kapcsolatos mentési feladatok irányításában vesz részt, továbbá a mentesítéshez és kimenekítéshez szükséges feladatok koordinálását is végzi.
- Rendészeti szervezet és Rendészet vezető helyettes (Párhuzamos atomerőmű Rendészeti vezetője);  
Mindkét atomerőmű rendészeti egységei részét képzik a szervezeti csoportnak. Rendkívüli események kapcsán és veszélyhelyzetekben a rendészeti szervezet feladata az üzemi terület őrzése és a rendfenntartás.  
Jelen vonatkozásban mindkét üzemi terület összehangolt védelme és rendvédelmi biztosítása komplexebb feladat, az eddigi egy üzemi terület védelménél, amihez szükséges a megfelelő kapcsolattartás és a rendvédelmi protokollok egységesen kidolgozott és közös ismerete.  
A biztonságos és egységes koordináció érdekében a szervezeti vezetést olyan személynek kell ellátni, aki mindkét üzemi terület rendvédelmi paramétereivel és a szükséges paraméterekkel tisztában van és megfelelő szakmai ismeretekkel rendelkezik a helyzetkezelések terén. Ettől függetlenül a potenciálisan vagy másodlagosan érintett atomerőmű rendészeti vezetője a BESZ rendészeti vezetőjének helyettese lesz.
- Szekunder Üzemviteli személyzet.  
Az atomerőmű operatív üzemviteli feladatait ellátó személyzetéhez hasonlóan végzik tevékenységüket. Munkájuk, hogy a Közreműködő Tanácsadó Ügyeletes Mérnök, mint közvetlen BESZ szervezeti vezető által meghatározott műveletek végrehajtása során biztosítsák a potenciálisan vagy másodlagosan érintett atomerőmű üzemének kézbentartását és a blokkok szükség esetén történő leállítását, valamint hűtött állapotban tartását. Részt vehetnek az elsődleges üzemviteli szervezet helyreállítási munkálataiban, amennyiben ez szükséges és a közvetlen vezetőjükön keresztül erre utasítást kapnak, így gyorsítva a hatékony normál üzemre történő visszaállást.

### *BESZ riasztási láncolatának fejlesztése*

Az ÁVIT és a BESZ strukturális változtatásaival együtt jár, hogy a riasztási séma és az értesítendő egységek is bővülnek. A kiértékelési fázisba már be kell iktatni a párhuzamosan működő atomerőmű részlegeit. A riasztási sorrendiség priorizáltan módosított, hogy a párhuzamosan működő atomerőmű releváns részlegei is megfelelő időben értesüljenek a kialakult esemény jellegéről és súlyosságáról.

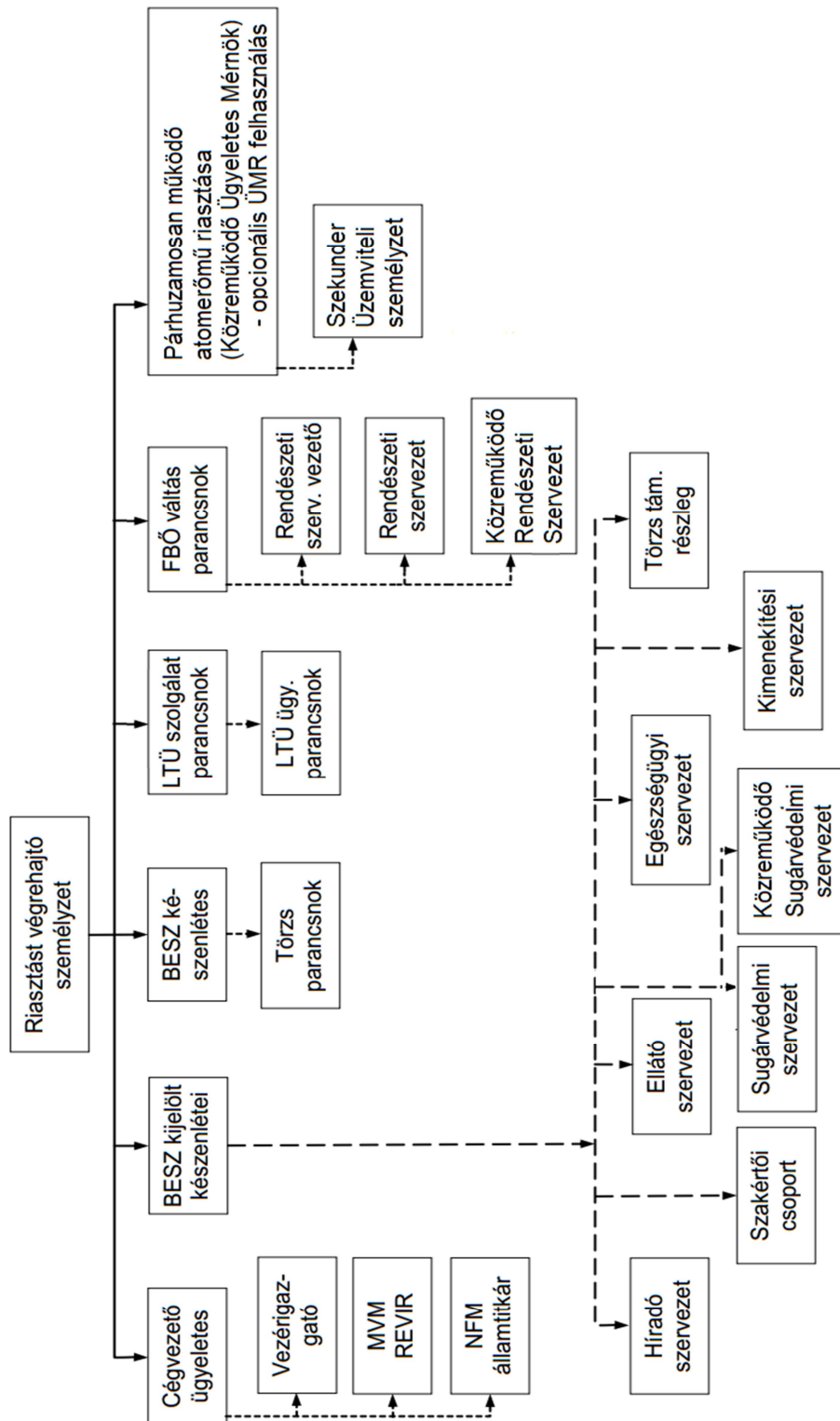
Az értesítés módja lehet hagyományos telefonos úton megerősített, ugyanakkor a korábbi fejezetben felvetett valósi idejű kommunikációs megoldások előnyei által alkalmazható rá az ÜMR, ami a kifejtett többfunkciós lehetőségei révén gyorsabb és hatékonyabb információtovábbítást tehet lehetővé. Ennek értelmében a rendszer a kiépítettség és fejlesztési állapot függvényében az alapvető információk továbbításától, konkrét intézkedések végrehajtásán át a korlátozott közvetlen beavatkozás lehetőségéig képes lehetne ellátni rendeltetését.

Az ÜMR-t kihasználva a két atomerőműben a veszélyhelyzettől függően akár azonos gyorsaságú reagálási folyamatok lennének elindíthatóak, beleértve a technológiai beavatkozásokat és a BESZ bővített állományának riasztását. A vezetői felelősségi körrel bíró irányító személyek személyes kapcsolattartása továbbra is szükséges, bármilyen fejlesztési állapotban is van az ÜMR, hiszen a többforrásos információmegerősítés az atomerőmű biztonságpolitikájának egyik alapját képezi. A riasztási láncolat alá tartozó egységek értesítése és azok reagálási követelményei mindkét erőmű esetében megmaradhatnak minimum követelménynek, kiegészülve azzal, hogy minden bővített BESZ tagnak megfelelő megalapozó képzést kellene teljesítenie, melynek témaköre a vele párhuzamosan működő szervezeti egység működésének kritikus pontjai és olyan speciális tevékenységi ismeretek elsajátítása, melyek révén a komplex BESZ működtetés hibamentesen megvalósítható.

Ilyen alapvető ismeret például a Súlyos Baleset-kezelési eljárások ismerete mindkét atomerőmű lokális és technológiai sajátosságainak részletezésével.

Az ÁVIT készenléti ügyeletében foglalt vállalások és követelmények szintén nem igényelnek olyan jellegű módosítást, ami a meglévő szerepkörökre vonatkozik, egyszerűen csak kiegészítendő a új szerepkörökkel a releváns szintekhez társított fontosság mértékében. A megbízható tájékoztatás, riasztás és értesítés eszközei tekintetében mindkét atomerőműben hasonló kialakításokra és technológiai megvalósításokra van szükség. Az információáramlás folytonossága és a lehető legrövidebb időn belül történő kézbesítése alapvetően az infokommunikációs rendszerek üzembiztonságának függvénye.

Ezen elv alapján szükséges tehát opcionálisan bevonni az ÜMR-t is a lehetőségek tárába. Természetesen az alapvető és bővített infokommunikációs eszközök és rendszerek ellenőrzése és karbantartása is a fejlesztéseknek és kiépítéseknek megfelelően megnövelt többletfeladatot eredményez, amely révén a normál üzemállapot felkészülési eljárásait bővíteni szükséges.



11.ábra: A BESZ riasztási folyamat bővítése, forrás: ÁVIT I. modul 50. oldal [11]

### 3.3. A BESZ további kidolgozásra váró releváns fejlesztési lehetőségei

#### *Közös VVP*

Ahogy az már említésre került, az atomerőmű területén keletkezett veszélyhelyzetkezelés indokolt esetben a VVP-ről, vagy esetlegesen a TVP-ről koordinálható. [11] Ezek a speciális létesítmények jelenleg azonban csak a Paksi Atomerőmű területén és a hozzá tartozó technológiát érintő veszélyhelyzetek tekintetében van felszerelve. [99] A leendő két atomerőmű abszolút közelségi veszélyei miatt olyan esetekben, amikor mindkét atomerőmű érintett a veszélyhelyzet súlyossága miatt, érdemes olyan irányítási pontot kiválasztani, ahol mindkét üzem védekezésében és elhárításában részt vevő személyek közvetlen kapcsolattartást tudnak megvalósítani. Ehhez szükséges lenne egy olyan közös VVP kialakítása, ami felszereltségét, lehetőségeit és befogadóképességét tekintve képes kielégíteni azt, hogy mindkét erőmű felelős személyei egyazon helyre visszavonulva koordinálják az elhárítási és felszámolási feladatokat.

Ennek megvalósítása a két cégvezetés megegyezésének függvénye, mivel az itt elhelyezett eszközök és felszerelések mindkét erőmű működtetését képesek befolyásolni. Az infokommunikációs rendszerek tekintetében a kornak megfelelő kivitelezéssel és hatékony fizikai védelmi eszközökkel kivitelezhető a közös VVP elmélete. A megvalósításhoz társul, hogy az ÜMR beépítésével, annak fejlettségi státuszától függően tovább növelhető a hatékony veszélyhelyzet elleni védekezés.

#### *A védekezésben nem érintett személyek módosult lehetőségei*

A kialakított menekülési útvonalak mellett a két atomerőmű párhuzamos működése azt eredményezi, hogy a közvetlen közelségben üzemelő két nukleáris létesítmény révén jelentős személyi állománnyal kell számolni az esetleges kimenekítés során. [40] Attól függetlenül, hogy nem közvetlen átjárható üzemi területekről beszélünk, de az esetleges kimenekítés megvalósításához szignifikáns erő-eszköz többletre lesz szükség. Ennek vonatkozásában a gyülekezési pontok és menekülési útvonalak revíziója szükséges. A már meglévő üzemi területen a felülvizsgálat során figyelmet kell fordítani olyan potenciális új útvonalakra is, amelyek eddig irreleváns iránynak minősültek, ezért nem kellett velük tervezni. Ezen körülmények változása tehát értelemszerűen a menekülési útvonalak felülvizsgálatát jelenti.

Mivel az atomerőműben az egyes kihirdetett veszélyhelyzetek miatt a kárelhárításban nem érintett munkavállalóknak a beléptetési pontokon keresztül el kell hagyniuk a létesítmény területét, így a külső terület és szilárd útburkolatokkal ellátott lehetőségek felhasználási és bővítési lehetőségeit is revizionálni szükséges.

A nagy tömeget érintő területelhagyás a jelenleg meglévő útvonalakon torlódási problémákat okozhat, mi több a stresszhelyzet miatti megnövekedett valószínűségű hibák miatt egyetlen közúti baleset is tovább ronthatja a nagy tömegű üzemi személyzet biztonságos távozását a veszélyterület közeléből. A gyülekezési helyek külön-külön a két atomerőműben a technológiai és helyi sajátosságoknak megfelelően kialakítva képesek ellátni a feladatukat. A kimenekítési eljárás tekintetében azonban érdemes elgondolkodni olyan kimenekítési pont vagy pontok kialakításán, amely mindkét létesítmény üzemi személyzete számára opcionálisan megközelíthető és az ide érkező erők kisebb utat bejárva, gyorsabb és biztonságosabb személyszállítást tudnak véghez vinni. [96] Természetesen a menekülési útvonalak kijelölése során figyelmet kell fordítani a kárelhárításhoz vonuló erők felvonulási helyeinek és útvonalainak megközelítési és elhelyezkedési paramétereire is. A vonulási útvonalak tovább nehezíthetők a kárelhárításban nem érintett személyek üzemi terület elhagyását abban az esetben, ha a veszélyelhárításhoz külső erők érkeznek a városi, megyei vagy országos szintű szervezetektől. [41]

#### **3.4. A meglévő veszélyhelyzeti osztályozás bővítésének kidolgozása**

A két párhuzamosan működő nukleáris létesítmény tekintetében vissza kell térnünk az ÜMR-nél felhozott veszélyhelyzeti osztályozás kérdéskörére. Indokoltnak vélem a Veszélyhelyzeti osztályok kapcsán, hogy az egyes osztályok életbe léptetésének abszolút következménye legyen a másik, párhuzamosan működő atomerőműnél az eseményspecifikált alapokon nyugvó veszélyhelyzeti osztályba sorolás megvalósulása. [11] Az azonnali válaszintézkedések taglalásánál említésre került, miszerint az egyik atomerőműben kihirdetett veszélyhelyzeti osztály konkrét hatással lenne a másik atomerőmű működtetésére is, a kialakult veszélyhelyzeti esemény súlyosságának függvényében. A nukleáris biztonság tervezési alapjaihoz igazodva egy olyan esemény, amely súlyosságát tekintve komoly azonnali válaszintézkedéseket von maga után, nem lehet minden esetben különálló nukleáris létesítményi helyzetként kezelni. [38] A két üzemi terület közelsége és a veszélyfaktorok miatt fontos, hogy adott helyzetekben a két erőmű nukleáris védelmi eljárásrendjei összekapcsolva működésbe lépjenek. [15]

Feltételezésem szerint, amit a nukleáris biztonság alapelvei alapján vetek fel, az egyes erőművi veszélyhelyzetek esetén a következőképpen módosítják a párhuzamosan működő atomerőmű üzemi állapotát és osztályozását:

12.táblázat: Veszélyhelyzeti osztályok kihatásának fejlesztése, forrás: Készítette a szerző

Veszélyhelyzeti osztályok kihatása	
Közvetlenül érintett atomerőmű	Potenciálisan vagy másodlagosan érintett atomerőmű
Készenléti állapot üzemzavar miatt vagy minősítést el nem érő esemény kapcsán	Normál üzemállapot
Potenciális veszélyhelyzet	Készenléti állapot, fokozott monitorozás
Létesítményi veszélyhelyzet	Potenciális veszélyhelyzet BESZ Közreműködő szervezetek részleges működésbe helyezése
Helyi veszélyhelyzet	Létesítményi vagy Helyi veszélyhelyzet, a kialakult esemény jellegének és súlyosságának függvényében
Általános veszélyhelyzet	Általános veszélyhelyzet Közreműködő szervezeti BESZ egységek megalakítása

Minden olyan esetben, amikor az egyik atomerőmű üzemi területét potenciálisan vagy ténylegesen átlépő veszélyhelyzeti esemény alakul ki, a másik atomerőműnek a nukleáris biztonság, az emberi élet és környezet védelmének szem előtt tartásával protokollárisan követnie kell a meghatározott védelmi eljárásokat. [13] Az egyes kialakult helyzetek pontos információtovábbítása akár hagyományos infokommunikációs rendszerek, akár az aktuális fejlesztési állapotú ÜMR segítségével történjen is, az előre meghatározott követelményi szinteknek megfelelően maguk után vonják a biztonság jegyében történő cselekvés köteleességét. [11]

#### *Párhuzamos BESZ Működési Állapot létrehozása*

A fenti táblázatból egyértelműen látható, hogy az egyes veszélyhelyzeti osztályok esetében a párhuzamosan működő atomerőműnek milyen mértékben szükséges módosítani a saját üzemállapotát a káresemény súlyosbodásának megelőzése érdekében. Üzemzavari vagy rendkívüli esemény szintjét el nem érő helyzetekben nem szükséges mindkét atomerőműnek azonnali biztonsági beavatkozásokat életbe léptetni, de a fokozott monitorozás és folyamatos helyzetértékelés elengedhetetlen.

Mivel mindkét létesítmény rendelkezne saját irányító és üzemviteli BESZ személyzettel, ezért olyan indokolt esetekben, amikor a veszélyhelyzet nem éri el azt a szintet, hogy közös BESZ működtetés lépjen életbe, de saját üzemi területén szükséges bizonyos óvintézkedések végrehajtása, külön-külön részleges BESZ működés léphet életbe. [11]

Ennek értelmében feltételezhető, hogy vannak olyan eseménykezelési helyzetek, melyek során két különálló BESZ működik az egymás melletti erőművekben. Ilyen esetekben is létfontosságú a két szervezet folyamatos kommunikációja, amihez az általános infokommunikációs rendszerek és az ÜMR egyaránt felhasználható.

A kialakult veszélyhelyzet kezelése érdekében a BESZ egy újfajta együttműködő működési állapotban üzemelne, amely alapján mindkét létesítmény a saját üzemi területén irányítja a saját részlegesen vagy teljesen működésbe léptetett szervezetét, de valós idejű eseménykommunikációt valósítanak meg. Ilyen párhuzamos működtetés esetén, a minimum részlegesen üzembe helyezett BESZ végrehajtja a saját biztonsági eljárásainak lépéseit, ugyanakkor mivel már működő szervezetről van szó, így bármilyen veszélyhelyzeti esemény súlyosbodás vagy következmény kiterjedés növekedés esetén késlekedés nélkül integrálható, mint közreműködő BESZ egység a közös BESZ működésébe. A párhuzamos működéssel késlekedési idő spórolható meg, ami a veszélyelhárítás és a nukleáris biztonság szempontjából növeli az elhárítási hatékonyságot. [82]

A Párhuzamos Működési Állapot beiktatása tehát annak a biztonsági feltételezésnek a következménye, mely szerint kialakulhatnak olyan veszélyhelyzetek, amelyek kezeléséhez vagy a következmények kordában tartásához egyszerre két BESZ működik párhuzamosan a két külön üzemi területű atomerőműben, viszont valós idejű kárfelszámolási kommunikációt és készenléletet valósítanak meg.

#### *Fizikai védelmi, tűz, természeti vagy egyéb események szerinti osztályozás bővítése*

Az atomerőművek működése során a technológiai üzembiztonság a mindenkori tervezés és célmeghatározások alapja. A nukleáris veszélyhelyzetek kezelése olyan elsődleges prioritású védelmi eljárások összessége, amelyeknek mindenkor kivitelezhetőnek kell lennie. A nukleáris jellegű eseményeken felül azonban számolni kell az egyéb, nem radiológiai jellegű káresetekkel, melyek kárelhárítási tevékenysége a nukleáris balesetek kiterjedt kezelési protokolljaitól ugyan kisebb, de nagy fontosságú biztonsági tervezési szegmens. Az egyes hagyományos rendkívüli veszélyhelyzetek eskalálódása okozhat olyan következményeket, amelyek radiológiai vagy nukleáris veszélyhelyzetben csúcsosodhatnak ki. [99] Ennek értelmében a nem nukleáris káresemények elhárítása kapcsán is fontos kiemelni a közvetlen szomszédságban üzemelő atomerőmű potenciális veszélyeztető hatásait. A káresemények általános csoportosításába beletartoznak az üzem fizikai védelmét érintő támadások, a tüzesetek és robbanások, a veszélyes anyagokkal kapcsolatos balesetek, valamint a természeti események behatásai egyaránt.

Az atomerőművek közelsége miatti fokozott és bővített biztonsági tervezés megköveteli, hogy minden esemény, ami a normál üzemállapotot befolyásolja, komplex védelmi tervezés tárgyát képezze. [15] A veszélyforrások kategorizálását tehát a besorolt osztályokhoz kapcsolódva bővíteni szükséges, ami kihatással van az eseményhatásokkal kapcsolatos tervezésre is. Ahhoz, hogy a védelmi tervezés hatékony bővítése megvalósítható legyen, előbb a kiváltó faktorokhoz tartozó két erőműre értett ok-okozati összefüggések lefektetését javaslom, ami beiktatható az ÁVIT jelenlegi veszélyhelyzet meghatározására használt táblázatába.

A kialakult veszélyeztető esemény és annak potenciális következményi miatt a másodlagosan vagy potenciálisan érintett atomerőmű védekezésért felelős szervezetei számára a korábbiakhoz hasonlóan szintén folyamatos kommunikációra van szükség. Katasztrófavédelmi szempontból a fizikai védelmi biztonságot befolyásoló események csökkentett relevanciát mutatnak, annak ellenére, hogy azok következményeinek hatásai érinthetik a nukleáris biztonságot. A két párhuzamosan működő atomerőmű esetében viszont, ami a tűz, robbanás és veszélyes anyag káresetek tekintetében fontos lehet, hogy az ÁVIT-ban kidolgozott TMMT-k felülvizsgálatra szorulnak. [41] A hatályos jogszabályok és nemzetközi elvárások alapján minden olyan releváns kockázati faktorról számolni kell, ami rendkívüli hagyományos veszélyhelyzetet idézhet elő és ezen követelményeknek való megfelelés az oka annak, hogy az ÁVIT kapcsolódó részei is bővítésre szorulnak. [13] A katasztrófavédelmi tervezési modul újragondolása a feladatkörök és a veszélyhelyzeti osztályozások tekintetében a nukleáris bővített tervezés alapján fejleszthető. [15] Az egyes veszélyhelyzetek tekintetében a kiváltó események és azok nem nukleáris baleseti kezelése alapján a potenciális és létesítményi veszélyhelyzeti osztályok maradnak meg, mint legfőbb besorolási opciók. Ezekon felül a természeti csapások hatásainak veszélyhelyzeti osztályozása már általános veszélyhelyzeti besorolást kapnak attól függetlenül, hogy a két eltérő generációjú atomerőmű szignifikáns hermetikus tér burkolat és védelem, valamint technológiai különbségekkel rendelkeznek. A létesítményi tűzoltóság fentebb már racionalizált kiegészített erő-eszközállományának feladatköre és a BESZ-ben betöltött szerepe nem változik meg számottevően, de a felhasználható erő-eszköz bővítés potenciális problémáival kapcsolatban a tervezet bővítési és kiegészítési feltételezésem helytálló marad.

Az alább olvasható táblázat az ÁVIT releváns részének javasolt bővítését tartalmazza, melyhez szükséges megjegyezni, hogy ez a táblázat továbbfejlesztés alapul szolgál a fizikai eseménykerek vonatkoztatott, egy későbbi fejezetben taglalt védekezési osztályra vonatkozó bővítésnek is. A két táblázatfejlesztés a bővített ÁVIT-ban közös felhasználású egységként kell, hogy megjelenjen.



13.táblázat: Veszélyhelyzeti osztály bővítése, forrás: szerkesztette a szerző [42]

Kezdeti esemény	Veszélyhelyzeti osztályok			
	Potenciális, ha:	Létesítményi, ha:	Helyi, ha:	Általános, ha:
Fizikai védelmi esemény (erőmű területére való behatolás vagy terrorista támadás)	A biztonsági rendszerek működését potenciálisan befolyásoló vagy bizonytalan védelmi működést eredményező fizikai védelmi esemény.		Mindkét erőmű biztonsági rendszereinek működését potenciálisan befolyásoló vagy bizonytalan védelmi működést eredményező fizikai védelmi esemény.	
Tűz vagy robbanás (beleértve turbina-meghibásodásokat is)		A biztonsági rendszerek elhelyezésére szolgáló területeket potenciálisan érintő tűz vagy robbanás.		
Mérgező vagy gyúlékony gázok, folyadékok megjelenése a légtérben		Hidrazint vagy salétromsavat tároló tartály sérülése következtében történő teljes tartalom környezetbe kerülése szállítás vagy tárolás során; Kültéri hidrazin vezeték csőtörése.	Olyan veszélyes anyag vezeték vagy tároló tartály sérülése miatt bekövetkezett esemény, mely során a környezetbe történő kijutás az időjárási változók vagy a kiömlés helyének függvényében kihatással van a másik erőmű működésére.	
Földrengés vagy járvány az erőmű területén vagy a környezetében	Tervezési földrengés határ-érték túllépése, amennyiben a szabadfelszínen mért gyorsulásjeléből 5% csillapítás mellett meghatározott válaszspektrum amplitúdója nagyobb, mint 0,2g a 2-10 Hz-es tartományban, továbbá a kumulatív abszolút sebesség értéke bármely irányban számítva meghaladja a 0,16 gsec-et; Olyan járványos megbetegedések, melyek az atomerőmű területét vagy az üzemviteli személyzetet érintik és ezáltal veszélyeztetik a blokkok üzemeltetését.			

### **3.5. Erő és eszköz bővítés megalapozása a meglévő és tervezett atomerőműben**

A hatályos jogszabályok értelmében az atomerőmű üzemeltetőjének kötelessége főfoglalkozású létesítményi tűzoltóság fenntartása. [32] Ezen jogszabályok tükrében meghatározott a Paksi Atomerőmű Létesítményi Tűzoltóságának létszáma és erő-eszköz ellátottsága is. [33] Amennyiben a korábbiakhoz hasonlóan azt vesszük alapul, hogy a meglévő tűzoltóság kerül bővítésre a két nukleáris létesítmény védelmének ellátására, akkor kijelenthető, hogy a már meglévő szakképzett, az évek során tapasztalati úton szerzett tudás birtokában lévő tűzoltó állomány továbbképzése egy eltérő generációjú, de azonos elven működő atomerőmű védelmének ellátására hatékonyabb kárelhárítási tevékenységet tesz lehetővé.

A bővítés jogi háttérét és megalapozását tekintve a hatályos a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény, továbbá az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságokra, valamint a hivatásos tűzoltóság, önkormányzati tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesület fenntartásához való hozzájárulásra vonatkozó szabályokról szóló 239/2011. (XI. 18.) Korm. rendelet alapján a létesítményi tűzoltóság kialakítása és készenlétben tartása, jelen esetben bővítése során az üzemi terület nukleáris és nem nukleáris veszélyeztető tényezőit figyelembe véve meghatározhatjuk a két párhuzamosan működő atomerőmű létesítményi tűzoltóságának minimális készenléti alapkövetelményeit. [30]

Alapvető, hogy az új üzemi terület és létesítmény sajátosságaival már akkor tisztában kell lennie az állománynak, amikor még nem is beszélhetünk működőképes atomerőműről. A nukleáris létesítmény kivitelezése évekbe telik és ez idő alatt, ha a létesítményi tűzoltóság párhuzamosan bővül és fejlődik az új atomerőmű építésével, akkor az első fűtőelem behelyezésére teljes szakmai tudással képes lesz helyt állni az esetleges káresemények elhárítása során. Arról nem is beszélve, hogy az építés során a leendő beavatkozó állománynak a technológiai, valamint tűzoltási és műszaki mentési ismereteken felül olyan részletes helyismeretet képes elsajátítani, ami normál üzemállapotú, már működő reaktorblokkok mellett csak korlátozottan megvalósítható. Ennek tükrében javasolt a létesítményi tűzoltóság állománybővítésének és erő-eszköz fejlesztésének a létesítési szakaszban nekilátni. Korábban már felvettem a tárgykörhöz tartozó esetleges problémákat, melyek járulékos kidolgozandó részei a tűzoltóságfejlesztésnek. Ennek egyik legfontosabb szegmense, hogy az atomerőművek között és az esetlegesen folyamatban lévő káresemények között is prioritizálás valósuljon meg. Riasztás esetén a káreseményhez vonuló tűzoltók mennyisége véges. A kialakult esemény tükrében pedig, ahogyan eddig is szervezve volt, ezután sem maradhat az atomerőmű többi részlege releváns védelem nélkül, nemhogy egy teljes atomerőmű. [97]

A két párhuzamosan működő atomerőmű védelmének az üzemeken belüli fejlesztések ellenére is kihatása van a hivatásos tűzoltóság életére. A Műveletirányító Terv alapján II. kiemelt fokozatú riasztástól vonuló hivatásos állomány számára is lényeges, hogy melyik atomerőműhöz és mekkora erő-eszköz igényrel szükséges vonulnia és milyen útvonalon. [39] A bővítés során figyelembe kell venni tehát az aktuális és fejlesztett erő-eszköz és tűzoltóállomány mértékeit, a hivatásos tűzoltóságok vonulási paramétereit és legfőképpen a kialakult káresemény prioritását a potenciális vagy valós nukleáris veszélyhelyzetek tükrében. Ettől még eggyel nagyobb lépés a közös BESZ működésében részt vevők és a külső riasztott erők elégségességének kérdésköre, ami a korábbiakból egyenes ágon fakad.

A jelenleg kialakult, jogszabályokon, konkrét legkisebb létszám és eszközigényeket összegző *PK-43/2008-as* Paksi HTP által kiadott határozaton, a belső szervezeti megállapodásokon és a gyakorlat szülte tapasztalati eljárásrendeken nyugvó létszám az atomerőmű létesítményi tűzoltóságán, három műszakos, 24 órás váltásban történik, szolgálatonként 15 fős létszámmal. [33] A szolgálatban eltöltött idő és munkavégzéssel kapcsolatos jogszabályok értelmében a pihenőidő és túlszolgálat megfeleltetése révén szolgálatonként 24 fő teljesít szolgálatot. [32]

Az atomerőmű biztonságának szavatolásához legalább a következő gépjárművek készenlétben tartásáról kell gondoskodni: [33]

- 2 db közép kategóriás gépjárműfecskenő;
- 1 db habbal és porraloltó gépjármű;
- 1 db emelőkosaras magasból mentő gépjármű;
- 1 db konténerszállító gépjármű;
- 1 db kis tehergépjármű;
- 1 db általános célú személy gépjármű.

Az oltóanyag tekintetében az alábbi minimum készlet meglétét kell biztosítani:

- habképzőanyag: min. 12.000 liter;
- tűzoltópor: 4.000 kg.

A kiadott szabályzók óta eltelt idő alatt a kezdeti eszközállomány megváltozott és a biztonság jegyében fejlődött, mint ahogyan az atomerőmű biztonságának más területein itt sem a megfelelés az elsődleges cél, hanem a szakmai hatékonyság és a védelmi feladatok ellátásának szakszerűsége. [30] Ennek jegyében mára olyan modern és sokrétű eszközpark áll az Atomerőmű Tűzoltóságának rendelkezésére, ami egyedülállónak mondható. [101]

Vegyük figyelembe, hogy a jelenleg létesítés alatt álló atomerőmű teljesítményét és technológiáját tekintve hasonló a meglévő atomerőműéhez. [10] A generációs különbség komoly biztonsági fejlesztéseket hordoz magában, ettől függetlenül a perifériás veszélyeztető tényezők, illetve a potenciálisan felmerülő súlyos balesetek kezeléséhez szükséges eszköz és emberállomány megléte létfontosságú. [86] Mindkét atomerőmű védelméhez tehát a közös tűzoltóság érdembeli bővítése szükséges, az eddigi biztonság tudatos szemléletet tovább folytatva. A megnövekedett veszélyesség nem egyenes ágon vonja maga után a védelmi erők minden aspektusának megduplázását, de a racionálisan szükséges bővítés kivitelezését igen.

A jelenlegi állomány bővítéséhez azt vettem alapul, hogy az általános gépjárműfecskendők és a tárolt oltóanyagok mennyisége az új atomerőmű technológiai követelményei alapján további 1,5 rajjal, és a híradós tevékenység komplex ellátásához legalább 1 fővel, továbbá az oltóanyagok kétszeres mennyiségének felhalmozásával szorulnak bővítésre. [13] Az állománybővítéshez az eszközpark bővítése még 1 általános fecskendőt, 1 vegyesoltót és opcionálisan egy cserefelépítményes gépjárművet tartalmazna. [33]

A tervezet bővítés a TMMT-k fejlesztésnek megalapozásáról szóló bekezdésben további indoklásokkal kerül alátámasztásra. Az egészségügyi fejlesztés területe az atomerőmű létesítés jelenlegi szakaszában nem behatárolható. Az bizonyos, hogy az építési területen nagyobb létszámban lesznek jelen munkások, mint ahányan a teljesen kivitelezett atomerőmű működtetése vagy időszakos karbantartásai alatt a területen dolgoznak majd. Ennek következménye, hogy az építési időszakban, a nukleáris létesítmény működésének megkezdéséig az egészségügyi és mentő személyzet, valamint felszerelések behatárolását külön tárgykörű elbírálás és felülvizsgálat alapján szükséges meghatározni. Az építési területen zajló munkálatok egészségügyi biztosításához biztosítani kell megfelelő szakszemélyzetet és a sérültek ellátását biztosító szállítókapaacitást. [87]

Az 1997 évi CLIV törvény és a 5/2006-os EÜM mentési rendelet értelmében az egészségügyi biztosítás követelményeinek teljesítéséhez a terület és a helyszín jellegének meghatározásán felül hozzá tartozik az a tény is, hogy még nem minősül a terület nukleáris létesítmények. A létesítést követő atomerőművi működés tekintetében viszont már más meghatározásokat is figyelembe kell venni. Ennek tárgyköre tehát olyan jelentős többszintű és üzemi működés tekintetében szakszerű tervezést igényel, ami egyszintű problémafelvetést eredményez a jelenlegi dolgozatom terjedelmével, továbbá jelentős szakmai szemléletű megalapozást követel. A párhuzamosan működő atomerőmű általános üzemeltetése során azonban kijelenthető, hogy a jelenlegi atomerőmű működését támogató személyi- és tárgyi egészségügyi feltételek megteremtése lesz a minimálisan megkövetelt védelmi szint.

Ezen szint megteremtése, kiépítése és működtetése megfelelő mértékben hozzájárul az üzembiztonsági alapkövetelmények teljesüléséhez. A nukleáris létesítmény egészségügyi vonatkozásában gondolni kell az esetleges mentesítés követelményinek teljesülésére is. Ehhez olyan mentesítő állomás meglétére van szükség, amely a jelenleg a paksi atomerőműben meglévő ERDU (Emergency Response Decontamination Unit) mentesítő állomással vagy a Vetter pneumatikus Dekon-zuhanyfülkével minimum egyenértékű. [101]

### 3.5.1. Riasztási fokozatok összegzése a javasolt bővítés vonatkozásában

*A tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól kiadott 39/2011. (XI. 15.) BM rendelete* alapján a tűzoltóság számára meghatározottak a vonulásra és beavatkozásra rendelt erők. [31] Riasztási fokozatok meghatározásának lényege, hogy optimalizálva legyen a két erőmű védelméért felelős bevethető erő-eszköz mennyiség. A készenléti szolgálat ellátása során az egyes vonuló tűzoltószerekre beosztott állomány olyan csoportösszetétel szerint van elhelyezve, hogy az adott egységek a kialakult káreseményhez szükséges erő-eszköz igényekkel összhangban legyenek csoportosítva. [39] Ennek értelmében a tűzoltóság keretein belül meghatározott csoport-egységek, ún. rajok szerint van felépítve. Az egy raj alatt minden esetben ugyanannyi beosztásokra bontott csoportot értünk. A rajok száma mindig adott, ezért abban az esetben, hogy ha a létszám összetétele és mennyisége nem ad ki egy egész rajt, akkor csökkentett- vagy fél rajról beszélhetünk.[31]

A létszámok meghatározása a *Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról szóló 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítás* szerint a következőképpen alakul: [34]

- „Raj: a tűzoltás és műszaki mentés szervezetének taktikai része, amely a rendelkezésre álló eszközeivel önálló beavatkozásra képes, létszáma 1+5 fő;” [34 I:29]
- „Csökkentett raj: a tűzoltás és műszaki mentés szervezetének olyan taktikai része, amely a rendelkezésre álló eszközeivel önálló beavatkozásra képes, létszáma 1+4 fő;” [34 I:30]
- „Félraj: a tűzoltás és műszaki mentés szervezetének olyan taktikai része, amely a rendelkezésre álló eszközeivel önálló beavatkozásra képes, létszáma 1+3 fő.” [34 I:31]

A rajok bontásában látható, hogy a létszám minden esetben olyan összetételt jelent, ahol a gépjármű vezetője van alapul véve és a mellé beosztott kezelőket, tűzoltókat, szer- és rajparancsokat összegzi az a szám, amely a szerkezelő sofőrön felül hozzá van rendelve a csoportosításhoz. A káresemények jellege és súlyossága határozza meg azt, hogy alkalmanként vagy adott szituációban a biztonságos beavatkozás és kárelhárítási hatékonyság érdekében mekkora erőknek szükséges vonulniuk. [39]

Ezekhez a súlyossági fokozatokhoz vannak társítva a minimálisan vonultatott rajok száma, amely minden katasztrófavédelmi szakember számára egységesen meghatározza az erő-eszköz igényt és az ebből fakadó további intézkedések rendjét.[34] A veszélyes üzemek, létesítmények és városok egyedi igényei alapján vannak kialakítva az egyes kárelhárításban részt vevők és felszereléseik száma. [30]

Ettől függetlenül azonban minden területen olyan együttműködés valósul meg, ahol ha a kialakult esemény miatti riasztási fokozat meghaladja a közvetlen területileg jelenlévő tűzoltó erők mennyiségét, a legközelebbi olyan egységek, melyekkel a riasztási fokozatban meghatározott rajok száma kiegészíthető, a helyszínre vonul és részt vesz a tűzoltási és műszaki mentési feladatok ellátásában.[39]

A riasztási fokozatok a 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet alapján: [31]

- *„I-es a riasztási fokozat, amelyben a beavatkozáshoz legfeljebb 2 raj, amely félrajokkal is kiadható;*
- *II-es a riasztási fokozat, amelyben a beavatkozáshoz 2,5–3 raj;*
- *III-as a riasztási fokozat, amelyben a beavatkozáshoz 3,5–4 raj;*
- *IV-es a riasztási fokozat, amelyben a beavatkozáshoz 4,5–6 raj;*
- *V-ös a riasztási fokozat, amelyben a beavatkozáshoz 6-nál több raj riasztása szükséges;” [31 7/37.§]*

*„Ha a jelzésből egyértelműen megállapítható, hogy a beavatkozáshoz az I-es riasztási fokozatban tervezett erőkre, eszközökre teljes egészében nincs szükség, akkor legalább egy félraj, vagy más különleges szer – amennyiben ezeken a szereken tűzoltás vezetésére jogosult személy vonul – önálló vonultatására is lehet intézkedni, a riasztási fokozat ebben az esetben is I-es. Ha a beavatkozás a riasztott erőkkel, eszközökkel számottevő kárnövekedés nélkül nem végezhető el, úgy további erők, eszközök kirendelésére kell intézkedni. A riasztandó különleges gépjárművek fajtáját és darabszámát a riasztást elrendelő határozza meg, ebben az esetben a riasztási fokozat megnevezése után a „KIEMELT” szót kell alkalmazni.” [31 7/37.§]*

A Paksi Atomerőműben szolgálatot teljesítők is a szabályzóknak foglaltaknak megfelelően járnak el. A szolgálati létszámukat meghaladó káreseményekhez rendelt riasztási fokozat esetén a Paksi Hivatásos Tűzoltóság vonul a nukleáris létesítmény területére, hogy kivegye a részét a helyzetkezelésből. További fokozatemelés szükségessége esetén pedig további tűzoltóerők indítása valósul meg. [39]

A Paksi Atomerőmű tűzoltóságánál a fokozatoknak megfelelő rajok vonultatása a gyakorlatban a következőképpen alakul: [33]

- Szolgálatban lévők száma: 15 fő/24 óra. A szolgálati létszámon felül 1 fő mentőtiszt/mentőorvos.
  - o 1 raj – 1+5 fővel;
  - o 1 félraj – 1+3 fővel;
  - o 1 fő vegyesoltó különleges gépjármű;
  - o 1 fő bevetésirányító gépjármű;
  - o 2 fő mentős – 1+1 gépkocsivezető és mentő szakápoló;
  - o 1 fő híradós.

A Paksi Atomerőmű létszáma alapján tehát, a riasztási fokozatok tekintetében megállapítható, hogy I.-es Kiemelt riasztáshoz önálló beavatkozó egységként képes vonulni és biztonsággal ellátni feladatait. II-es fokozattól pedig már a külső erők is vonulásra kötelezettek, amely a fokozatnak megfelelő mértékben változik és növekszik a szükséges fokozatemeléssel párhuzamosan. [39] Figyelembe kell venni azonban, hogy bizonyos káreseteknél, azok jellegének, bonyolultságának függvényében a beavatkozó erők csak részlegesen képesek tartalékot képezni. Ennek tudatában és a nukleáris biztonság jegyében az atomerőmű üzemi személyzete a működtetést a káresemény súlyosságának függvényében szabályozza.[11]

Látható, hogy a kárelhárításra fordított, továbbá a szükség esetén érkező külső erők optimális egyensúlyban működnek egy biztonságtudatos megtartottsági állapotban. Abban az esetben, ha egy párhuzamosan, megelőzési óvintézkedési zónán belül működő atomerőmű létesül, ez az egyensúly felborul. Ennek ellensúlyozása a tűzoltóság olyan irányú bővítése, ahol a minimális napi szolgálati létszám és az általuk használható felszerelések elegendőek mindkét atomerőmű biztonságos működésének szavatolásához. A jelenleg működő létesítményi tűzoltóság bővítésének opciója több szempontból is a legrelevánsabb és legkivitelezhetőbb ipar- és nukleáris biztonsági megoldás. [44] A bővítés aktualitása és az azzal járó kérdéskör a korábbiakban felvetésre került, melyek értelmében a mennyiség megalapozottságát az ismertett riasztási fokozatok és a helyzetkezelések függvényében bevetett rajok mennyisége adja. [87] Az atomerőmű területén keletkezett tüzeknél, műszaki mentéseknél, valamint káreseményeknél a létesítményi tűzoltóságnak, mint elsődleges beavatkozónak rendelkeznie kell a kárelhárítás és felszámolás megkezdéséhez szükséges erő-eszközökkel. [97]

Ha alapul vesszük, hogy önálló első beavatkozóként rendelkezik az I-es Kiemelt fokozat követelményeiben lefektetett emberállománnyal, akkor ebből következik, hogy a párhuzamosan működtetett atomerőmű védelmének ellátásához is minimum ekkora létszám szükséges.

A védelmi szervezetnek ennyi embert kell tudnia mozgósítani úgy, hogy közben a káreseményben nem érintett atomerőmű nukleáris védelmi szintje nem csökken le. Ennek megvalósíthatóságához több alternatíva is létezik, melyeknek kivitelezéséhez revizionálni kell az egyes veszélyhelyzeti területeket azok tűzoltói beavatkozás vonatkozásaiban. Az azonban már az elején megállapítható, hogy működtetés és kivitelezés szempontjából a bővített létesítményi tűzoltóság tervezete az optimálisabb. [97]

Azonnali információáramlás valósul meg mindkét atomerőmű védelmét ellátó egységek felé, egy-központú eseménykezelési központtal. A híradós tevékenység, mint elsődleges információs és értesítési csomópont ezáltal azonnali rálátással rendelkezne a bővített tűzoltóság minden egységének aktuális tevékenységéről és a kárelhárítás megvalósulásának állapotát valós időben lenne képes értékelni. Ezzel azonnal felmerül egy olyan híradós tevékenységi állapot, mely megnövekedett feladatmennyiséggel párosul. Ebből fakad, hogy ezáltal a híradós tevékenység létszámbővítése elengedhetetlenné válna.

Ha mindkét, párhuzamosan működtetett atomerőmű védelmére rendelt erők alapjául az egy erőmű védelmére meghatározott 1,5 raj egységet vesszük, akkor a bővítés alapjául is ez szolgál. A 1,5 rajos bővítés olyan optimális védelmi erőt jelent, melyek beavatkozása a káreseteknél az egyes kritikus, azonnali erő-eszköz átcsoportosításra alkalmatlan állapotokon felül önmagukban mint első beavatkozó egység képes lenne a II riasztási fokozatúra értékelt káresetek felszámolására úgy, hogy adott esetben még egy fél raj első beavatkozó tartaléka is rendelkezésre állna, amely azonnali tovább-vonulással helyi szakképzett első beavatkozóként kezdené meg a párhuzamosan kialakult káresemény felszámolását, míg a segítségnyújtási megállapodásnak megfelelően értesített és riasztott külső erők a helyszínre nem érkeznek. [85]

Ennek a szemléletnek ki kell terjednie az oltóanyag ellátottság és annak szállítókapacitási kérdéskörére is. A megvalósíthatóság érdekében további 1 fő és egy különleges szer bővítéssel lehet számolni. Alternatívaként felmerül, hogy ekkora, az egy atomerőműre vonatkoztatott erőtöbblet esetén mekkora riasztási fokozatnál van szükség külső egységek vonulására. Ebben a kérdéskörben alapos egyeztetések szükségesek, hiszen attól, hogy a bővített létesítményi tűzoltóság képes a létszámát és felszerelését tekintve magasabb riasztási fokozatnak megfelelő beavatkozásra, még nem vonja automatikusan magával, hogy a nukleáris biztonság tekintetét szem előtt tartva be is kell vetni minden áron az összes belső beavatkozó forrást. [97]

A két atomerőmű veszélyességét tekintve komoly és kiemelt figyelmet kell fordítani a tartalékképzésre és az optimális létszám bevetésére. Itt jön képbe a korábban már említett káresemény prioritizálás, melyhez a két atomerőműre vonatkoztatott kombinált TMMT-k adhatnak majd támpontot.



Ezek által lehetne konkretizálni az egyes üzemi területen keletkezett káresemények veszélyességét, szem előtt tartva riasztási fokozat nagyságát és a veszélyeztetett üzemi terület jellegét és a beavatkozás további felmerülő speciális körülményeit. Fontos megjegyezni, hogy mivel jelenleg is a Paksi Hivatásos tűzoltóság képezi azt a támogató erőt, ami nélkül a nukleáris biztonság szintje nem tartható, ezért figyelembe kell venni azt is, hogy az állampolgárok és a város védelme mellett két atomerőmű tekintetében ugyanezt a nehéz feladatot miképpen lenne képes ellátni úgy, hogy a közelsége ellenére akár azonnali kárfelszámolási tevékenységet tudjon megkezdeni. [40] Annak érdekében, hogy ez megvalósuljon felvetem, hogy a Paksi HTP bővítésével is számolni kell. Logikusan következik a nukleáris veszélyeztetettség kérdésköréből, hogy minimum további fél raj szükséges a késlekedésmentes vonulás megkezdéséhez. A szemlélet alapjául az szolgál, hogy a saját területük biztosítása mellett kell számolniuk az atomerőműben felmerülő bevethetőséggel. [39]

Mint már korábban szó esett róla, léteznek olyan beavatkozási specializációk, melyek során a beavatkozásra szánt erők nem csoportosíthatóak át olyan késedelem nélkül, ami ne okozna jelentős csökkenést a nukleáris biztonság terén. Ilyen állapotok kiküszöbölésére szükséges olyan alternatívát találni, amely sikeresen képes optimalizálni a készenlétben lévő erőket a bevethetőség lehetőségeivel. Egy primerkörüli káreset során például a beavatkozó egységek nem vonhatók vissza rövid időn belül, de további támogató ellátottság híján sem maradhatnak, ugyanakkor egy párhuzamosan keletkező veszély nem hagyható kontrolálatlanul és a mielőbbi helyzetkezelést ott is meg kell tudni oldani. A megoldás a jelenlegi eljárásrend szerint a fokozatemelés, ami által a hivatásos tűzoltóság erő-eszközei kerülnek riasztásra. [39]

A bővített tűzoltóság javasolt erő-eszközeit tekintve látható, hogy bár rendelkezni fognak a II-es riasztási fokozatban meghatározott erőforrásokkal, ugyanakkor ezzel együtt nem elhagyható a hivatásos tűzoltóság vonulása az atomerőmű területére.

A lokálisan beiktatott riasztási fokozat módosításának összhangban kell lennie a kombinált TMMT-ben megfogalmazottakkal, mivel a kritikus rendszerelemek káreseményire tervezett eljárásrendek alapján lehetséges optimális erő-eszköz bevethetőségi stratégiát felállítani. [41] Az így felállított esemény priorizálás alapján meghatározható, hogy mely esetekben milyen feladatokat szükséges a külső erőknek ellátni. Összességében a két párhuzamosan működő atomerőműben az ezen elv alapján felállított kárelhárítási erőmennyiség képes lesz tartani a biztonsági szinteket. Megjegyzendő, hogy a korábban említett két különálló atomerőmű saját tűzoltóságának egyenkénti legalább két rajos fenntartásának is vonzata a nukleáris biztonság jegyében történő helyi hivatásos tűzoltóság növelése, azonban jelen esetben a fél rajos bővítés nem elegendő.

A potenciális eseménykezelések hatékony kivitelezésének opciója számukra legalább egy egész rajos fejlesztést követelne meg. A bővített létesítményi tűzoltóság koncepciójával szemben ez nagyobb erőforrás felhalomázását és fenntartását jelentené.

Lényeges opcionális szempont, hogy abban az esetben, ha a bővített létesítményi tűzoltóság állományának készenléti támogatásra van szüksége, és adott esetben a paksi hivatásos tűzoltóság egy másik káresemény felszámolása miatt nem tudja ellátni a meghatározott atomerőművön belüli feladatát, akkor ezen feladatokat a riasztási sorban soron következő hivatásos egységnek kell átvenni. Ilyen esetben előfordulhat, hogy a III-as riasztási fokozatot el nem érő, de a kialakult helyzet miatti szükség úgy hozza, hogy a riasztási támogató funkciót a szekszárdi hivatásos állomány riasztásával lehet kivitelezni. [39] Abban az esetben, ha erre sor kerül, az atomerőmű biztonsági személyzetének számolni kell azzal, hogy a szekszárdi egység vonulása szignifikáns időtöbbletet jelent a paksi tűzoltóság vonuló szereinek idejéhez képest. Ilyen speciális esetben ezt megfelelően kommunikálni szükséges az üzemi irányító személyzet felé. Az üzemi személyzet kompetens személyei pedig ennek az információnak a tudatában, akár az ÜMR felületének ide vonatkozó fejlesztendő aktuális állapotú működtetésével képesek hatékony azonnali információ áramoltatásra és ezáltal az optimális helyzetkezelésre vagy szükség szerinti üzemállapot változtatásra.

### **3.6. A Tűzoltási és Műszaki Mentési Terv kibővítési javaslata**

A TMMT feladata és célja, hogy minden olyan ismeretet és feladatot részletesen összefoglaljon, amelyek az atomerőmű területén belül bekövetkező tüzesetek elhárítása során lényegesek és melyek végrehajtásával a kárelhárítás megvalósítható. [41] A tervezet kivitelezésének alapvető célja továbbá, hogy összehangolja a Paksi Atomerőmű Zrt. dolgozóinak, a Létesítményi Tűzoltóság személyzetének és a Hivatásos Tűzoltóparancsnokságok, mint külső beérkező erőknek a tevékenységét.

A TMMT elkészítéséhez az alábbi jogszabályok előírásainak szükséges megfelelni:

- *a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény;*
- *a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény;*
- *az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságokra, valamint a hivatásos tűzoltóság, önkormányzati tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesület fenntartásához való hozzájárulásra vonatkozó szabályokról szóló 239/2011. (XI. 18.) Korm. rendelet;*

- a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól kiadott 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet;
- a tűzoltási műszaki mentési tervre kötelezett létesítmények, területek köréről, valamint a Tűzoltási Műszaki Mentési Terv tartalmi és formai követelményeiről kiadott 20/2018. számú BM OKF intézkedés;
- a Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról szóló 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítás.

A Paksi Atomerőműben a fenti jogszabályok alapján elkészített TMMT behatárolja az üzemi területen a működés során potenciálisan veszélyeztetett technológiákat és a hozzájuk kapcsolt helyek tűzoltási feladatait. [41] Az egyes esetekhez a súlyosbodás megakadályozásának kivitelezéséhez szükséges eljárások és a tüzesetek következményeinek enyhítésére szolgáló feladatok is meg vannak határozva, melyek az oltáshoz és a felszámoláshoz szükséges feladatsorok többszintű párhuzamosított irányelvei alapján lettek kidolgozva. A létesítményi tűzoltóság működésének egyik lényegi aspektusát adja a TMMT részletezése, hiszen az abban szereplő szükséges erő- eszköz igények teljesítése a fenntartási követelmény egyik alapja. A meglévő erők és eszközök bővítése révén elérhető a két párhuzamosan működtetett atomerőmű nukleáris- és tűzbiztonságának szavatolása.

A két erőmű vonatkozásában ez azt jelenti, hogy a meglévő TMMT-k mellé az új üzemi létesítmény kritikus rendszereinek TMMT-it is ki kell dolgozni, még hozzá speciális körülmények bővítésével. Ha megnézzük az aktuális TMMT-k eljárásrendi tartalmát látható, hogy jelenleg a létesítményi tűzoltóság, mint elsődleges beavatkozók I-es kiemelt riasztási fokozat elrendelése esetén még nem igényelnek külső beavatkozó erőket. II-es riasztási fokozat esetén, ami a jogszabályi megfeleltetésben 2,5-3 tűzoltóraj beavatkozási létszám meglétét követeli meg, már a paksi Hivatásos Tűzoltóparancsnokság gépjárműfecskeendői is vonulásra kötelezettek a Műveletirányító Terv alapján. [39]

A jelenleg üzemelő atomerőművi TMMT-k túlnyomó részt minimum II-es riasztási fokozat meghatározásával indulnak, melyet befolyásol az alap-feltételezés konkrét kialakult körülménye, amely súlyossága alapján a riasztási fokozat további növelését vonhatja maga után. Ebből látszik, hogy már egy atomerőmű káreseménye is képes lekötni a helyi erőpotenciált. A konzekvencia ebből az, hogy a jelenlegi létesítményi erők bővítése csak részlegesen lesz elegendő a két atomerőmű TMMT-ihez. A TMMT-k követelményeinek szavatolásához több opció is releváns lehet.

Elsőként azt vetném fel, hogy nem elegendő a második nukleáris létesítmény olyan TMMT kidolgozása, mely az elsőtől teljesen független és csak külön számol a meglévő vagy bővített erő- és eszköz állománnyal. A nukleáris biztonság megtartásához olyan kombinált TMMT-k kidolgozására és a meglévők átdolgozására van szükség, melyek prioritizálják a bevezethető erőforrásokat és az optimális feladatvégrehajtás mellett elegendő tartalékot képeznek a potenciálisan felmerülő párhuzamos eseménykezelés ellátására is.

Második megközelítem a fejlesztéshez, hogy a hivatásos katasztrófavédelmi szervek számára a két erőműben egyidejűleg zajló beavatkozások közötti vonulási szükség prioritizálási lehetőségeit kell megteremteni. Egyszerű meghatározással élve, nem mindegy, hogy az atomerőmű tekintetében az egy-egy különálló, vagy „dupla-erős” tűzoltóság első beavatkozóként milyen jellegű káresethez vonul és ezzel milyen üzemi részeket hagy védtelenül, hiszen két atomerőmű esetében a potenciálisan védtelenül hagyott részek olyan többlet védelmi hiányt eredményezhetnek, melyek késleltetett helyzetkezelése exponenciálisan növekvő hatású, akár nukleáris katasztrófához is vezethet. A relevánsan közeli külső beriasztott erők kapacitása is véges, melyet minden tervezési szegmensnél szem előtt kell tartani.

A potenciális valószínűsége annak, hogy a tervezett, bővített létesítményi tűzoltóságot és a városi hivatásos tűzoltóságot egyszerre foglalja le olyan káreset, melynek felszámolása nem hagyható félbe, vagy erő-eszközeinek átcsoportosítása nem azonnal kivitelezhető, miközben a párhuzamosan működtetett atomerőmű területén olyan káreset keletkezik, amely késlekedő beavatkozás miatt nukleáris balesetté eskalálódik, optimális üzemállapotok mellett nem szignifikánsan nagy, de a helyzet-valószínűség elvetése a nukleáris biztonság alapelveinek figyelmen kívül hagyását és ezáltal az üzemi személyzet, a környezet és a lakosság veszélyeztetését jelentené. Két nukleáris létesítmény biztonságának tervezéséhez ez nem megengedhető. Több eshetőség is szolgálhat megoldásként a fenti probléma hatásainak csökkentésére. A létesítményi tűzoltóság létszámának szolgálatonkénti 1,5 beavatkozó tűzoltó rajos megnövelése az első lépés a felmerülő erőpotenciál hiány pótlására.

Ennek következményeképpen a bővített létesítményi tűzoltóság a két erőműre kidolgozott közös kombinált TMMT-k alapján képes lenne prioritizáltan több párhuzamos káresemény vagy egy olyan megnövelt erőforrásigényű káresemény kezelésére, amely eléri a II-es kiemelt riasztási fokozatot, valamint a beavatkozás során a hivatásos állomány legközelebbi egységei biztosítanák azt a többletet és tartalékot, ami szinten tartaná a biztonsági követelményeket.

### 3.6.1. Javaslat a TMMT-k átdolgozására, fejlesztésére és összevonására

A két atomerőmű TMMT-inek kombinálása olyan terv, melyhez nem elegendő a kritikus rendszerelemekre tervezett tűzoltási eljárások egyesítése. Az összevonásnak a hatékonyság érdekében tartalmaznia kell olyan csoportosított prioritizálást, amely az egyes rendszerelemek veszélyességéhez és a potenciális következményeinek szintjéhez igazítottan osztja el a szükséges kárfelszámoláshoz igénybe vehető erőket. Ennek jelentősége egy egyszerű példán át felvázolható. Ha feltételezzük, hogy az atomerőmű TMMT-je alapján egy primerkörü káresethez (vagy veszélyes anyag jelenlétében történő beavatkozáshoz) II-es kiemelt fokozatú erő-eszközre van szükség, akkor a felszámolás során nem vethető be a teljes bővített létesítményi tűzoltóság a primerkörü káresetben, hiszen ezzel a párhuzamosan működő atomerőmű védettsége szignifikánsan lecsökkenne. [41] A primerkörü káreset hozománya, hogy az ott beavatkozó állomány és az őket váltó, vagy tartalékot képző egységek átcsoportosítása a kontaminációs és helyszíni specifikációk miatt nem végezhető el nukleáris biztonság csökkenést okozó késedelem nélkül, vagyis a párhuzamosan működő erőmű ezáltal elveszti az elsődleges szakképzett beavatkozó egységét. [39]

Ennek a problémának az optimalizálására javasolom az elsődleges beavatkozók prioritizált egységbontását és a káreseményhez a meglévő TMMT szerinti hivatásos egységek közreműködésének bevonását továbbra is, mialatt a létesítményi tűzoltóság másik egysége továbbra is képes ellátni késedelem nélkül az első beavatkozási feladatait. [97] Ennek következményeképp mindkét atomerőmű védelmi szintje optimalizált szinten tartható és a Műveletirányítási Terv-ben meghatározott soron következő külső erőket potenciálisan olyan állapotba hozná, amely csökkenti a beavatkozás időfaktorát, amennyiben arra szükség van. [39]

A nem primerkörü vagy vegyi balesetek tekintetében a korábbtól eltérő eljárásfontossági sorrend lehetséges. Azoknál a káreseteknél, ahol az elsődleges beavatkozók és a beérkező külső erők késlekedés nélkül átcsoportosíthatóak, a kombinált TMMT-ben feltüntetésre kerülhetnek, mint olyan káresetek, melyek a teljes bővített létesítményi tűzoltóság bevetésével együtt nem csökkentik olyan mértékben az atomerőművek védelmi szintjét, hogy az kritikus veszélyeztetettségnek minősüljön. Ilyen esetekben a riasztási fokozat szintmeghatározásával együtt kell intézkedni arról, hogy a külső erőkre potenciálisan milyen formában van igény és milyen készségben szükséges azoknak aktuálisan lenni. [85] Az olyan magas riasztási fokozatú káreseményeknél, ahol a teljes, bővített létesítményi tűzoltóságnak, illetve a paksi hivatásos tűzoltóság állományának be kell avatkozni, a káresemény felemészti a legközelebbi kárelhárításra alkalmas beavatkozó egységek egészét.

Ez a tartalékképzés lehetőségének csekély valószínűségével párosul negatívumként. Ilyen esetben a Műveletirányító Tervben soron következő hivatásos állománynál szintén indokolt lenne riasztást elrendelni, mivel a kialakult káresemény során nagy valószínűséggel további támogatásra lesz szüksége az első beavatkozóknak. [39]

A TMMT-k közös csoportosítása és priorizálása olyan alapvető feladat, melynek kivitelezése, hasonlatosan a létesítményi tűzoltóság bővítésével, nem sorolható az új atomerőmű létesítésének és építésének utolsó szakaszaira. A szakképzett első beavatkozó állomány megléte és az előre kidolgozott, kombinált TMMT-k alapos ismerete olyan időigényes folyamat, amely tapasztalati úton és gyakorlással fejlődik olyan hatékony kárelhárítási műveletté, ami két párhuzamosan működő nukleáris létesítmény biztonságos üzemeltetésének alapfeltétele.

### **3.6.2. Az új, Kombinált TMMT szempontrendszer javaslata**

A hatékony tervezés alapja, hogy a kritikus rendszerelemek védelmének biztosítására szolgáló stratégiák már készen álljanak addigra, mire azok üzemszerű működése megkezdődik. Ebből fakadóan a kombinált TMMT-k tervezése nem hagyható el a nukleáris működés megkezdéséig, annak már a létesítés szakaszában el kell készülnie. Az első fűtőelem behelyezését követően már üzemszerű működésről beszélhetünk, amelyhez már minden komplex biztonsági rendszernek és eljárásnak egyaránt bevethetőnek kell lennie. A két atomerőmű párhuzamos működéséhez meghatározandók azok a szempontok, melyek alapján a tényleges veszélyhelyzeti eljárások végrehajtandók.

A szempontrendszert több olyan kritikus paraméter metszete határozza meg, melyek alapvetően befolyásolják a szükséges erő-eszköz felhasználást. Ez a veszélyhelyzeti metszet a kárfelszámolás priorizálásának alapja.

A priorizálást az alábbi fő szempontok határozzák meg a jelen esetben:

- Primerkörüi káreset;
- Nem primerkörüi káreset;
- Erő-eszköz átcsoportosítás kivitelezhető;
- Erő-eszköz átcsoportosítás nem megoldható;
- Támogató egység beavatkozik egy kialakult káreseménynél;
- Támogató egység készenlétet lát el.

A felsorolásban szereplő szempontokat egymáshoz rendelve és metszetbe fűzve megkapjuk azokat a variációkat, amelyek elősegítik a kialakult káresemény priorizálását, a bővített tűzoltóság feladatainak és a külső beérkező támogató erők feladatainak kapcsán.

Jelen esetben támogató egységként határozok meg minden az atomerőművön kívüli kárfelszámolásra érkező egységet, attól függetlenül, hogy elsődlegesen a beavatkozásban vagy tartalékképzésben vesz részt.

Korábban már szó esett a primerkörü káresemények bonyolultságáról és arról, hogy a beavatkozásban részt vevők, függetlenül a kárfelszámolás eredményességétől vagy az aktuális kezelési helyzet végrehajtásának állapotától nem vonhatóak vissza vagy vonultathatóak tovább egy másik káresemény felszámolásának megkezdéséhez. Ennek az időfaktorra nem behatárolható, de egyértelműen jelentős késedelmi időt von maga után. A szempontokat sorba állítva, amikor nem primerkörü káresetről beszélünk, akkor ez alatt minden egyéb káreseményt érthetünk, ami a primerkörön kívül, a szekunderkör, vagy a nukleáris létesítmény bármely más területén következhet be. [99] Ide tartoznak a veszélyes anyagokkal kapcsolatos káresetektől az irodaépületek tüzein át, a villamos tüzek és balesetek bekövetkezéséig minden esetleges tűzoltási és műszaki mentési tevékenység. [30]

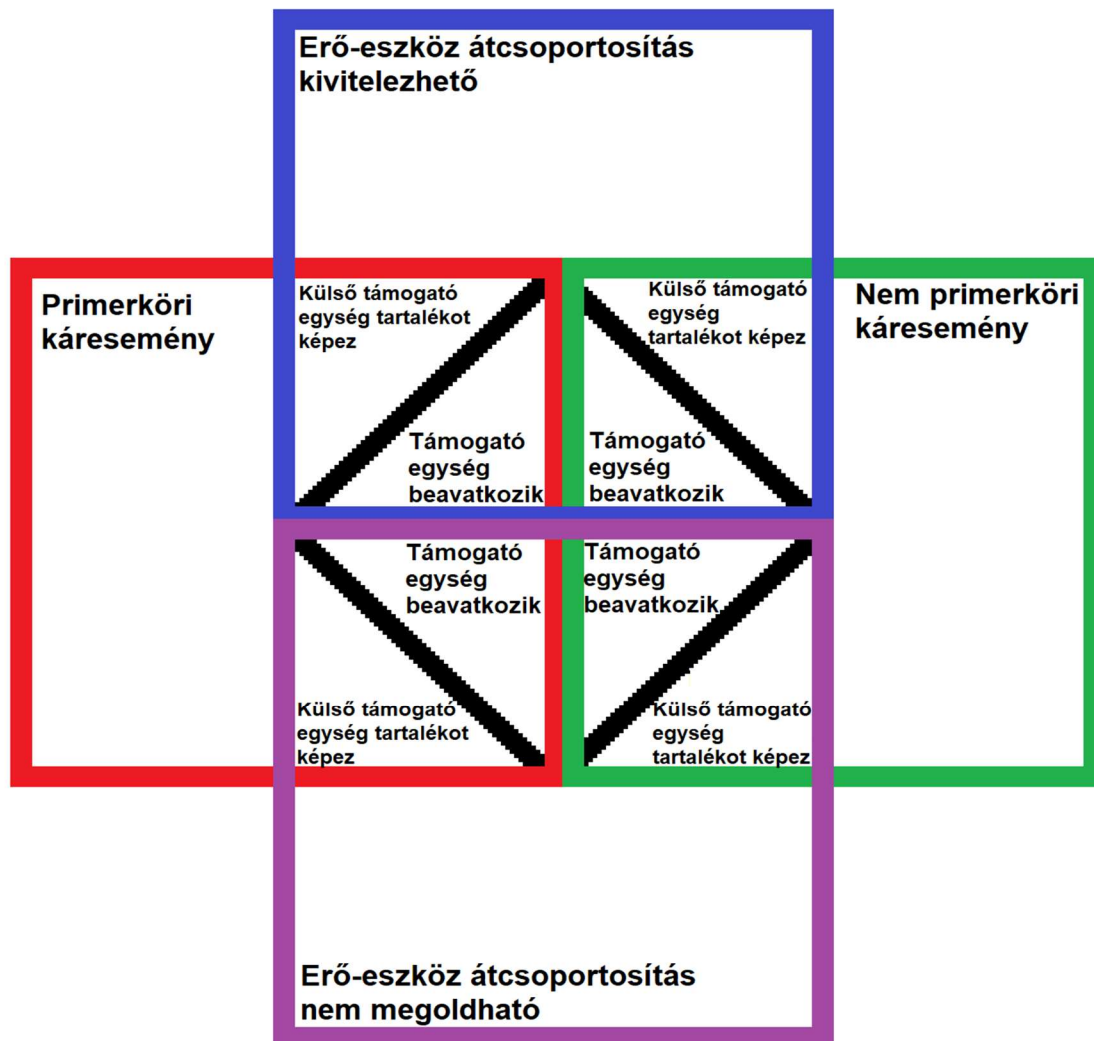
A rendezéshez közvetlenül kapcsolódik, hogy mely esetekben van lehetőség ugyanazon erőműben vagy a párhuzamosan működőben egyidejűleg kialakult káreseményhez vonulást megkezdni. Ehhez ismernünk kell azt a variációt, hogy az éppen zajló beavatkozásra a bővített tűzoltóság kirendelte-e a teljes erő-eszköz mennyiségét, vagy annak csak bizonyos részét. [39] Fontos továbbá, hogy a kivonult és beavatkozást megkezdett egységek képesek-e a káresemény jellegétől függően csoportot bontani és megkezdni a kialakult másik káresethez a vonulást. Itt válik fontossá a beriasztott külső támogató erők aktuális helyzete és belső területen történő vonulásuk esedékessége. A metszetben felvázolt korábbi szempontok határozzák meg a támogató egység feladatát. Számukra a riasztáskor egyértelműen meg kell határozni a kívánt bevetésük módját és helyét. [34]

A kombinált TMMT-k szerves része, hogy adott esetben a riasztási fokozat meghatározása alapján milyen riasztási sorrend valósítható meg a környező segítségnyújtásra érkező erők részéről és azok milyen alternatívák alapján szükséges, hogy közreműködjenek a hatékony kárelhárítás érdekében.

Alapesetben a metszet és a tervezés azt feltételezi, hogy a külső érkező egység készenléti támogató állapotban marad, gyakorlatilag tartalékot képez. A beérkező egység beavatkozásának feltétele tehát egy párhuzamosan megvalósuló káresemény kialakulása.

Ezen elvek alapján jeleníti meg a veszélyhelyzeti metszet a TMMT tervezésének segítésére szolgáló alapfelállást, a változó paradigmákkal együtt.

## Veszélyhelyzeti metszet:



12.ábra: Veszélyhelyzeti TMMT metszet, forrás: Saját ábra

A kombinált TMMT kidolgozásához ismerni kell a nukleáris létesítmény releváns paramétereit. Ahogyan a meglévő atomerőmű esetében, úgy a leendő, párhuzamosan működő nukleáris létesítmény esetében is pontos adatokkal kell rendelkezni a következő tényezőkről:

- A bővített tűzoltóság pontos erő-eszköz meghatározása, a felszerelések, oltóanyagok és tűzoltó technikák részletezésével;
- Megközelítési és vonulási útvonalak, melyek tartalmazzák a tűzoltóságok számára az esetleges alternatívákat, és a vonulást akadályozó, befolyásoló tényezőket;
- Menekülési és mentési útvonalak az egyes létesítmények egészét és részterületeit illetően;
- A részletes tűzveszélyességi osztályba sorolást összegezve és az egyes osztályba tartozó építmények, helységek és szabad terek vonatkozásában;
- Az üzem területén előforduló tűz- és robbanásveszélyes, valamint egészségkárosító anyagok listája, kitérve a teljes mennyiségek meghatározására;



- A tűzivíz hálózat kialakításának paraméterei, közép és magasnyomású hálózatrészek rendelkezésre állása;
- A beépített tűzjelző berendezések megléte és alapvető működésének meghatározása, valamint a jelző berendezések működése által visszaigazolt riasztások helyszín behatárolásának relevanciája;
- A beépített oltóberendezések legfőbb paraméterei, helyük és működtetésük szempontjából lényeges információk megjelölésével.

A fejezetben sorra vett szervezetek és eljárásrendek strukturális és működési feltételeinek bővítése alapján a kombinált TMMT-k konkretizált kidolgozásával lefedettnek tekinthetők azok a kritikus védelmi sarokpontok, melyek a meglévő atomerőmű működését és biztonságát tekintve is elengedhetetlenek, mi több nélkülük nem beszélhetünk nukleáris biztonságról. Ennek jegyében a fejezetben felsorakoztatott védvonalak bővítése nemcsak opcionális a két párhuzamosan működő atomerőművet tekintve, de egyenesen kötelezően tervezett elemei azoknak.

### **3.7. Részkövetkeztetések**

1. Az ÁVIT releváns részeinek bővítése és a korábbi fejezetekben megfogalmazott alapvetések célja a nukleáris biztonság megtartása, melyhez felhasználandók a meglévő tervezések annak érdekében, hogy a bővített tervezet megfeleljen két párhuzamosan egymás MÓZ zónájában üzemeltetett atomerőmű biztonsági követelményeinek.
2. A bővített ÁVIT tervezési alapjai és működési állapotai nukleáris biztonsági keretet adnak a kritikus helyzetek kezeléséhez és az egyes esetekben végrehajtandó eljárások tekintetében, kibővítve az ÜMR működésének feltételezett hatékony közreműködésével.
3. A BESZ működésének alkalmasnak kell lennie arra, hogy két atomerőmű esetében is képes legyen megvalósítani a lefektetett végrehajtási intézkedések hatékony kivitelezését, amit a módosított szervezeti struktúrájának egyértelmű felépítettségével és lebontott feladatmeghatározásaival a jövőben képes koordináltan megvalósítani. A kialakult káresemény súlyosságát és jellegét tekintve a bővített BESZ képes mindkét erőműben külön-külön és összevonva is ellátni a tevékenységét.
4. A veszélyhelyzeti osztályokban meghatározott üzemállapotok és azok változásai az egyes atomerőművekben kihatással vannak a működtetésre és az biztonságért felelős szervezetek által szükséges feladatok végrehajtására egyaránt.

A közvetlenül és potenciálisan érintett atomerőművek speciális eljárásrendjei az ÁVIT és BESZ bővítés révén az aktuális üzemállapotok függvényében lépnek életbe, melyek által a helyzetnek megfelelően képes szavatolni a nukleáris biztonságot.

5. A TMMT-k bővítésével és a kombinált TMMT-k alapjainak lefektetésével a tényleges kárelhárításra történő felkészülés megfelelő szakmai alátámasztással megvalósítható, amelyhez a megalkotott veszélyhelyzeti metszet meghatározza azokat a kritikus rendszerelemek sajátosságaira történő tervezésen felüli fontossági szempontot, ami a tényleges operatív hatékonyságot célozza meg.
6. A kárelhárításban részt vevők létszámának és az erő-eszközök fejlesztésének alapján látható, hogy a két nukleáris létesítmény milyen bővítéseket követel meg, hogy a védelem általánosan megkövetelt szintje minden esetben tartható legyen késlekedés nélkül. Ehhez a bővített létesítményi tűzoltóság és a hivatásos tűzoltóság racionalizált bővítésével lehet olyan optimális módon eljutni, amely képes eredményesen fenntartani a párhuzamos üzemi védelmet a kialakult veszélyhelyzetek függvényében, realizálva a veszélyeket és alternatívákat kínálva azok kezelésére.
7. A fejezetben lefektetett két atomerőműre vonatkozó kombinált és párhuzamosított biztonsági elvek alkalmazásával hatékony szervezeti felépítettség és végrehajtási potenciál sorakoztatható fel, melyekhez a korábbi fejezetekben kifejtett szakmai ismervek szolgálnak alapul és a felvázolt lehetséges fejlesztésekkel még tovább bővítik az atomerőművek biztonságos és hatékony üzemeltetését.

#### **4. SÚLYOS BALESET-KEZELÉSI ELJÁRÁSOK FEJLESZTÉSE A PÁRHUZAMOSAN MŰKÖDŐ ATOMERŐMŰVEKNÉL**

A Paksi Atomerőműben kidolgozott és működtetett Súlyos Baleset-kezelési eljárások olyan biztonságnövelő intézkedések, melyek lényege az olyan potenciálisan veszélyes helyzetek kezelése, melyek során kritikus rendszerüzemeltetési funkcióvesztés következik be. [36] Az SBK eljárások olyan fejlesztés eredményei melyek célzott biztonsági potenciált hordoznak magukban a hatékony védelem érdekében. A hatékony védelem a biztonságos üzemeltetés alapja, amelyben ismertek a normál üzemeltetés paraméterei és az üzembiztonságot befolyásoló tényezők egyaránt. A rendszerek összetettsége révén a súlyos baleset-kezelés nem egyetlen tényezőesetmegoldást foglal magában. [15] Az egyes eseményjellegeknek megfelelően kidolgozott útmutatók felhasználása hierarchikus szervezeti irányítottság alatt képes hatékonyan működni, mivel a kialakult helyzet potenciális veszélyforrásait észlelő és a kezelésben részt vevő egységek és felszerelések nem azonos térben helyezkednek el, ezért a rendszerek és rendszerelemek tagoltsága megköveteli a hatékony kommunikációt és az előre kidolgozott eljárásrendek ismeretét. [36]

Az eljárásrendek és útmutatók kidolgozásában jelentős szerepet játszanak a világon korábban bekövetkezett, különböző szintű nukleáris balesetek, a tapasztalati úton szerzett és a technológiai újításokból becsülhető jövőbeli események valószínűsítése, valamint a meglévő üzemeltetési feltételek és korlátok (ÜFK) együttes kritériumai. Ezen információk összesítése és felhasználása a biztonságpolitika alapvető részét képezi. Az atomerőművek biztonságpolitikája tehát a megvalósítható legmagasabb fokú biztonsági tervezésének ad teret, olyan védelmi rendszerek és eljárások kidolgozásával, melyek a többszintű redundáns rendszereken felül mobil megoldásokat is tartalmaznak annak érdekében, hogy az emberi élet, anyagi javak és a környezet a lehető legkisebb mértékben sérüljenek, továbbá a bekövetkezett visszafordíthatatlan károsodásokat csökkentsék. [88]

A kritikus rendszerelem teljes kiesésének pótlására az SBK eljárásokban foglaltaknak megfelelően lehetőség van a rendszerek betáplálását biztosítani mobil eszközökkel. A betáplálást és a speciális eszközök működtetését a BESZ irányítása alatt végzi az ATÜ, mint az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Nukleárisbaleset-elhárításáért felelős elsődleges operatív beavatkozó szervezete. [10] Az esetleges helyzetkezelésben részt vesznek a hivatásos tűzoltóság egységei és az ATÜ készenlétes beriasztható személyei is.

A mobil betáplálás jelentős operatív létszám jelenlétét követeli meg, ami a jelenlegi keretek között többszörösen kipróbált és folyamatosan fejlesztett végrehajtási láncolatot takar.

Az eljárásrend konkrét célja a külső hűtőközeg és a szükségszerű villamos rendszerek betáplálásának megvalósítása olyan módon, hogy az képes legyen a rendkívüli esemény következtében keletkezett állapotok kezelésére és a nukleáris balesetek megakadályozására.[43] A Paksi Atomerőműben alkalmazott SBK eljárások kidolgozásának célkitűzése a szükségszerű helyzetben is megvalósítható hatékonyság. Az eszközök felhasználásához és megfelelő alkalmazásukhoz szükséges a szakképzett személyzet magas létszámú megléte. A hierarchikus irányítás és a szakképzett operatív beavatkozók teszik lehetővé, hogy kritikus időn belül optimális helyzetkezelés valósuljon meg. [44] Az ilyen eseménykezelésekre létesített eszközök karbantartása és bevetetőségre készentartása a BESZ és szervezeti egységeinek feladata. [11]

A Paksi Atomerőmű SBK eljárásainak specifikációi a Paks I technológiájához lettek kialakítva, ennek kapcsán logikusan következik, hogy Paks II tekintetében felülvizsgálatuk és fejlesztésük indokolt. [15] Mint már említésre került, egy ilyen helyzetkezelés magas létszámú beavatkozó állományt követel meg, hiszen a mobil betáplálások, főként a külső hűtőközeg betáplálás olyan ideiglenes betáp rendszer kiépítésén alapul, amely a hűtővíz forrás közelségétől függetlenül jelentős távolság leküzdését teszi szükségessé, ahol a beavatkozás időfaktora sem elhanyagolható. [102] Az eljárások működőképességének és hatékonyságának függvénye pedig a kiépítendő vezetékrendszer módszerének és irányvonalának ismeretén, valamint a mobil kisgépek megfelelő üzemeltetésén múlik. Az SBK eljárások végrehajtása többszörösen tesztelt, gyakoroltatott és továbbfejlesztett tervek eredménye, ugyanakkor hatékonyságuk nem azonnal prezentálható a Paks II technológiai sajátosságait figyelembe véve. [86] Annak érdekében tehát, hogy a potenciálisan kialakuló veszélyhelyzetek kezelése maradéktalanul kiterjedhessen az alapjaiban azonos, de specifikációban eltérő atomerőműves rendszerekre is, azok olyan irányú továbbfejlesztése és tesztelése szükséges, melyhez az alapokat már az új erőmű létesítési szakaszában szükséges lefektetni. A tervezés, majd a létesítés során a kivitelezés fázisában már úgy kell a rendszerelemeket a helyi sajátosságoknak megfelelően megépíteni, hogy azok a nukleáris üzemi indulás során már teljességgel rendelkezésre állhassanak. [88]

Ennek az SBK kivitelezési eljárásnak tovább gondolt vonatkozásában ki kell térni arra az eshetőségre is, hogy funkcionálisan az egyik atomerőmű betáplálási pontjai vagy az egyes technológiai részelemeken keresztül történő átírányítások alkalmasak lehetnek-e olyan betáplálási lehetőségek kiaknázására, amikor a mobil eszközökkel az egyik atomerőmű betáplálási pontjain keresztül biztosítható a párhuzamosan működő atomerőmű szükségszerű helyzetspecifikus működtetési ellátása. [13]

A jelen fejezetben az SBK eljárások részletes meghatározásával és fejlesztési irányuk felvázolásával opcionális tervezetet vázolok fel mindkét atomerőmű esetleges betáplálására. Az SBK betáplálások végrehajtása a külső hűtőközeg betáplálás során komoly erő-eszköz korlátozásokba ütközik abban az esetben, ha az eljárás nem kínál alternatívát a két erőmű közti betáplálhatósági átmenet biztosítására, mivel egymás mellett kiépíteni két ilyen magas létszámot igénylő rendszert már olyan sok, megfelelő ismeretekkel bíró beavatkozó meglétét feltételezi, amivel legjobb becslés szerint sem fog rendelkezni a védelmi szervezet. [15] Ilyen esetekben a kiépítés priorizálása sem opcionális, mivel már az egyik betáplálás kiépítésének idő tényezője is kritikus lehet.

A hűtőközeg forrás rendelkezésre állása is lényeges szempont, hiszen annak mennyisége és minősége is nagyban befolyásolja az eredményességet. [103] Tekintve az alacsony kockázatú párhuzamosan egyszerre bekövetkező kritikus helyzet kialakulásának tényét elmondható, hogy akár egy SBK végrehajtás is megfelelő lehet, amennyiben szükség esetre rendelkezésre áll a két atomerőmű közti átvezetés lehetősége és az eljárások specializálva vannak a Paks II technológiai rendszereinek sajátosságaira is. Az SBK fejlesztések alapvetése tehát, hogy amennyiben mindkét atomerőműben megvalósítható a hatékony helyzetkezelés, akkor egy potenciális súlyos baleset kapcsán a nukleáris védelemre rendelt erők képesek saját kereteiken belül ellátni feladatukat, megvalósítva ezzel az üzemek és a lakosság védelmét. [40]

#### **4.1. Súlyos Baleset-kezelési útmutatók és a Célzott Biztonsági Felülvizsgálat vonatkozása**

Az atomerőmű rendszerkezelés szempontjából fontos állapotorientált kezelési operátori instrukciói elsősorban a zónasérülések elkerülésére lettek kidolgozva. [36] Amennyiben ezek a beavatkozások nem járnak sikerrel, akkor a bekövetkező vagy bekövetkezett zónasérüléssel balesetekre a rendszer utasítások már nem alkalmazhatók eredményesen, mivel nem tartalmaznak olyan műveleteket, amelyek a fizikai gátak épségét hivatottak fenntartani, hogy képesek legyenek ellátni alapvető rendeltetésüket, vagyis a radioaktív anyagok kibocsátásának megakadályozását. [102]

Amint jelentős mértékű üzemanyag burkolat sérülés és zóna geometria veszteség következik be, onnantól a hermetikus tér stabil állapotának fenntartása válik elsődleges céllá, amivel még kontrollálható a kibocsátás. [103] Ennek fényében előfordulhat egyes súlyos baleseti helyzetekben, hogy a hermetikus tér biztonsága vagy a hasadási termékek kikerülésének megakadályozása magasabb prioritást kap, mint a zónahűtés.

Ilyenkor az előre kidolgozott, a kialakult eseményre specifikált műveletek végrehajtására van szükség, melyeket a Súlyos Baleset-kezelési Útmutatók tartalmaznak. [36]

Súlyos balesetnek minősül az NBSZ 10. kötet 145. oldalán megfogalmazottak alapján:

*„A reaktorzóna jelentős károsodásával, zónaolvadással együtt járó, a tervezési üzemzavaroknál, valamint a tervezésen túli üzemzavaroknál súlyosabb külső hatásokkal járó baleseti állapot.” [3 X/145]*

Az alaposan átgondolt, részletesen kidolgozott és a biztonsági tapasztalatokat felhasználó tervezés alapján kiépített nukleáris létesítmények esetében a súlyos baleseteket leginkább olyan események okozhatják, amelyekről elegendő információ a tervezéskor nem állt rendelkezésre. [3] Ezekben a speciális esetekben olyan eseményhez vezetnek a meghibásodott folyamatok, amellyel az erőmű biztonsági rendszerei nem képesek megbirkózni és zónaolvadáshoz vezethetnek. [11]

2011-ben egy földrengés következtében katasztrófa következett be a fukushimai Dai-ichi atomerőműben. A kialakult súlyos baleset következtében a világ biztonsági tanácsai arra a következtetésre jutottak, hogy célzott biztonsági felülvizsgálatra van szükség. Az európai, Unión belüli atomerőművek tekintetében az EU Tanácsa felkérte az Európai Unió nukleáris biztonsági hatóságainak munkacsoportját (European Nuclear Safety Regulators Group-ENSREG) és az Európai Bizottságot, hogy azok átfogó kockázati és biztonsági eljárásainak tartalmát és módszereit úgynevezett “stressz-teszt” végrehajtásának keretében határozzák meg. [6] A megkövetelt stressz-teszt végrehajtásának érdekében Magyarországon az Országos Atomenergia Hivatal összeállította a vizsgálati követelményeknek megfelelő értékelési szempontrendszerek alapján kidolgozott, ún. Nemzeti Jelentését. [6]

A jelentés földrengés, külső elárasztás, szélsőséges időjárás, valamint a Duna alacsony vízszintjének hatás-vizsgálatára épül, melyek során nukleáris veszélyhelyzet alakulhat ki.

Összességében a jelentés végkövetkeztetése, hogy *„nem került azonosításra olyan rendszer vagy rendszerelem, amely a zónasérülés kockázatához a jelenlegi biztonsági rendszerek mellett kiemelkedően hozzájárulna, ugyanakkor az atomerőmű telepítésekor a létesítményt szerkezeti, rendszertechnikai, technológiai szempontból nem tervezték földrengés és szélsőséges időjárási és környezeti körülmények közötti igénybevételekre, ebből következően szeizmikus minősítésük sem történt meg.” [94:6]* Leírja, hogy a 90-es években indult olyan program, amely feltételezett földrengés következtében bekövetkező hatásmechanizmusokra épült. Ennek értelmében olyan helyzetszimuláció lett felvázolva, melynek során 72 órán át nem elérhető a villamos energia és sőtalan víz utánpótlás, ugyanakkor a primerköri fővezetékek sérülésére nem került sor.

A szimuláció eredményei alapján rendszerstabilitási fejlesztés keretében viszkózus rezgéscsillapítók lettek kiépítve a technológiai rendszerelemek adott pontjain, hogy a reaktor és a pihentető medence körüli olyan kritikus részek, mint a zónahűtők és a hermetikus tér nyomáscsökkentő rendszerei megerősítésre kerüljenek. [103] A fentiekén túl elmondható, hogy a villamos betáplálás biztosítására szolgáló dízelgenerátorok és azok hármassbiztonságvédelmi rendszereinek kiesése nem volt része az atomerőmű tervezési alapjának. A biztonsági fogyasztók működőképességének biztosítására szolgáló végső tápforrások az akkumulátortelepek voltak, melyek 3,5 órára elegendő üzemeltetést voltak képesek fenntartani. [6]

A Célzott Biztonsági Felülvizsgálat során történt azonosítások alapján tehát a súlyos balesetek kezelésére vonatkozó irányelvek további elemzésre és fejlesztésekre adtak okot. [7]

### *Súlyos balesetek kezelése*

A súlyos balesetek kezelése komplex, speciális feladat, melynek irányítását és feladatvégrehajtását előre meghatározott összetételű, részlegekre bontott, ideiglenesen kialakult helyzet kezelésére megalkotott szervezet végzi el. Súlyos üzemzavar esetén a szervezetnek fel kell állnia és az előre meghatározott operatív irányítási struktúra szerint jár el mindaddig, míg a szituációhoz alkalmazni nem kell a Súlyos Baleset-kezelési útmutatókat, vagy stabil üzemállapot nem alakul ki. [36]

Az irányító szervezet szükség esetén egy védett vezetéki pontról koordinálja a teendőket, ahonnan folyamatos rálátása van az események alakulására és a végrehajtott feladatok állapotára. Az irányítási szervezet feladatainak végrehajtására és azok sorrendisége a súlyos balesetkezelési útmutatók szerves része, melyek konkrét hierarchikus szabályozási rendszerbe illesztett végrehajtási utasítások. [11]

A súlyos balesetkezelési feladatok végrehajtását előzetes felmérések és gyakorlatok által alátámasztott helyzetspecifikus eljárások kidolgozása alapozza meg, ezzel bizonyítva, hogy az irányításért felelős szervezet az útmutatókban található feladatok, az adott sorrendben végrehajtva megfelelő végkifejletet eredményeznek. [36] Ehhez hozzá tartozik az is, hogy az útmutatókban szereplő esetleges mobil eszközöket megfelelő karbantartással és üzemkész feltételek biztosításával kell készenlétben tartani. A meglévő eszközök, például mérőműszerek, kommunikációs és informatikai eszközök tekintetében megfelelő mennyiségű és minőségű tartalék képzésére van szükség. [44] Ezen felül az esetleges baleseti szituációban biztosítani kell a megnövekedett mennyiségű beavatkozásban résztvevők létszámát is. [11]

A súlyos balesetek kezelésének vonzata az üzemi személyzet megfelelő tájékoztatásán felül a környező lakosság tájékoztatásának megvalósítása is. [96]

Az üzemi területről történő kimenekítendő vagy azon belül elzárkóztatott személyek biztonságát szavatolni kell attól függetlenül, hogy hány blokkot érintő veszélyhelyzet áll fenn. [10] Alapvetően a kimenekítés végrehajtásáról még a káros kibocsátást megelőzőleg kell gondoskodni, az SBK útmutatók alapján. [36]

A súlyos balesetkezelés intézkedéseinek fontossági szempontjai a zónahűtési funkciók elvesztése esetén:[40]

- Funkcióvesztés felmérése a prioritizált intézkedés megkezdésére;
  - o reaktortartály külső hűtése a reaktorakna elárasztásával;
  - o súlyos baleset-kezelési mérőrendszerek visszajelzései;
  - o súlyos baleset-kezelési dízel generátorok üzembe helyezése az SBK berendezések üzemeltetéséhez;
  - o súlyos baleset-kezelési hidrogénkezelés passzív autokatalitikus rekombinátorokkal;
  - o pihentető medence csőtörésből adódó hűtővízvesztés megakadályozása.
- A tartályon belüli üzemanyag-sérülés bekövetkezése és arra vonatkozó intézkedések;
- A tartály sérülése utáni kárhelyzet felmérés, alaplemez átolvadásának megakadályozása;
- A konténment integritásának fenntartása, kialakult nyomás és hidrogénkezelés;
- Egyszerre több blokkon kialakuló súlyos balesetkezelési differenciák és többletfeladatok;
- Radioaktív kibocsátások megakadályozása a konténment integritás elvesztése után vagy a pihentető medencében tárolt üzemanyag kiszáradása után. [6]

#### *A veszély forrásai az atomerőmű telephelyén*

Az atomerőművek tekintetében nem kijelenthető, hogy az egész üzemi létesítmény nukleáris veszélyforrásként van jelen, viszont vannak olyan rendszerei és rendszerlemei, melyek radioaktív források és különösen magas biztonsági funkciók meglétét teszik szükségessé. [10] Az alábbi felsorolásban található az atomerőművek alapvető nukleáris veszélyforrásai, melyek biztonságának szavatolása alapos tervezési kritérium meglétét követeli meg. [11]

- Reaktorok;

A reaktorban lévő hasadványok kijutásának megakadályozása és radioaktív bomlása során keletkező hőelvezetés.
- Pihentető medence;

A tárolt besugárzott fűtőelemek hűtése és a fűtőelemek inheretikuságának monitorozása.



- Radioaktív közegeket tartalmazó rendszerek;  
A hermetikus téren kívül elhelyezkedő, az üzemeltetéshez szükséges segédrendszerek és radioaktív hulladékokat kezelő rendszerek. [75]
- A kiégett üzemanyagok telephelyen belüli szállítása; [75]  
A besugárzott fűtőelemek szállítása a blokkok között vagy a Kiégett Kazetták Átmeneti Tárolójába. A szállítás közbeni anyagmozgatás és szállítási útvonal biztonságossága.
- Veszélyes sugárforrások;  
A technológiai eljárások során alkalmazott sugárforrásokat felhasználó műszerek alkalmazása és tárolása.
- Súlyos baleset kiváltására alkalmas veszélyes anyagok;  
Az atomerőműben a technológiához használt veszélyes anyagok mennyisége, tulajdonságai és maguk az anyagok biztonságos tárolási és kezelési körülményire vonatkozó szabályok alkalmazása. [11]

#### *Megelőzés és Balesetkezelés*

A balesetkezelés célja a zóna sérülésének és olvadásának megakadályozása minden olyan lehetséges módszerrel, amivel a tervezésen túlmutató súlyos balesetek bekövetkezése tovább csökkenthető. A balesetkezelés során a megelőzési és következménycsökkentő előírások elválnak egymástól annak függvényében, hogy a tervezési határ meddig terjed, ugyanakkor a súlyos balesetkezelésnek is vannak olyan műveleti részei, melyek megtalálhatóak valamelyik megelőzéshez kapcsolható kezelési utasításban.[11]

Az is látható, hogy bizonyos eseménykezelés lehetséges az útmutatók alapján a tervezési határon túl is, amíg a kialakult helyzet el nem éri a zóna jelentős károsodását vagy olvadását, amitől kezdve viszont a kifejezetten a súlyos baleset következményiek csökkentésére és kezelésére szolgáló feladatok végrehajtására van szükség. [36]

A súlyos balesetkezelés során végrehajtandó elsődleges következménycsökkentések:

- Zóna ellenőrzött, stabil visszaállítása;
- Hermetikus tér ellenőrzött, stabil állapotának visszaállítása és fenntartása;
- Reaktortartály nagy nyomáson bekövetkező sérülésének elkerülése;
- Radioaktív kibocsátás csökkentése vagy megszüntetése.

A preventív és következménycsökkentő intézkedések közti kapcsolatokat az alábbi táblázat szerint foglalhatjuk össze: [36]

14.táblázat: Balesetkezelés metszete, forrás: Súlyos Balesetkezelési Útmutatók 6. oldal [36]

Balesetkezelés			
Esemény	Tervezési határon belül	Tervezési határon túl	
<b>Cél</b>	Zónaolvadás megakadályozása, aktivitás visszatartása a hermetikus térben	A zónaolvadás következményeinek csökkentése	
<b>Rendszerek</b>	Üzemi és biztonsági rendszerek alkalmazása tervezési határértékeiken belül	Minden rendelkezésre álló rendszer felhasználása tervezési értékeiken belül	
<b>Balesetkezelés típusa</b>	Megelőzés		Következménycsökkentés
<b>Utasítás/útmutató</b>	Optimális helyreállítási utasítások	Funkció helyreállítási utasítások	Súlyos Balesetkezelési útmutatók

A kezelési utasítások eljárásai feltételezik azt, hogy a zónasérülés a bennük foglalt feladatok elvégzése révén megakadályozható, ezért aztán olyan ismétlődő feladatsorokat tartalmaz, amelyek teljes végrehajtására zónasérülés esetén nincs lehetőség addig, míg a zóna helyreállításra vagy stabilizálásra nem kerül. Ennek következtében a beavatkozások várható hatékonyságára vonatkozó előrejelzések már nem lesznek alkalmazhatóak. Az operátori instrukciók szorosan a zónasérülés elkerülésére fókuszálnak, olyan műveletek végrehajtásával, melyek másodlagosan a hasadási termékek kikerülésének megakadályozására is irányulnak a hermetikus térből. [82]

Ugyanakkor az utasításokban szereplő egyes feladatoknál fel kell ismerni a kialakult esemény kockázatosságát, tehát fel kell tudni mérni azt, hogy a már végrehajtott megelőző feladatok eredményességének függvényében fennáll-e a zónasérülés veszélye. Meg kell jegyezni, hogy az utasítások által sorrendbe állított végrehajtandó feladatok használatával az elemzett esetek döntő többségében sikerrel megakadályozható a zónasérülés. A megelőző intézkedések előre látható sikertelenségének felismerése során meg kell kezdeni a súlyos balesetkezelési eljárásokra történő átállást párhuzamosan a megelőzésre vonatkozó kezelési utasításban foglalt feladatok felfüggesztésével.

Ezekután a kezelési utasítások eljárásaira már nincs lehetőség visszatérni, hiszen a súlyos balesetkezelés útmutatói teljes mértékben önálló, elkülönített komplex egységként kerül megvalósításra, ami lefed minden olyan területet, amire szükség van a baleset elhárításának és a zóna stabilizálásának érdekében. [36]

### *Súlyos balesetkezelési útmutatók*

A zóna kritikus károsodásával és zónaolvadással kapcsolatos komplex balesetkezelési eljárások a megelőző intézkedési eljárásoktól eltérően nem kötelezően végrehajtandó sorrendbe állított utasításokat, hanem útmutatókat tartalmaz. Ennek az az oka, hogy az útmutató adott lépései során értelmezni és elemezni kell a teljes balesetkezelési folyamatot és annak aktuális állapotának függvényében kell döntést hozni az átfogó folyamatok lépéseinek végrehajtásáról a baleseti helyzet megfelelő kezelése érdekében. A folyamatok során elsődleges fontosságú a hermetikus tér integritásának megőrzése és a hasadási termékek kikerülésének megakadályozása, akár a zónahűtés megvalósításának ellenében is, mivel a blokkok állapota túl van a tervezési alapokban foglalt biztonsági szinten. [82]

A súlyos balesetkezelés útmutatók több olyan különálló részből tevődnek össze, melyek elkülönült eljárási és végrehajtási lépéseket tartalmaznak az egyes szakterületi személyzetek részére. [36] A döntések megkönnyítésére és alátámasztására azok nyomon követése szükséges, melyhez a rendszerek Diagnosztikai Folyamatábrája és a kialakult Baleseti Állapotfa szolgáltatnak támogató információt. Ezekhez társulnak a balesetkezelésben részt vevő szakszemélyzetek útmutatói. Az adatok elemzésére és a döntés meghozatalára külön műszaki szakszemélyzetből álló támogató központot kell létrehozni. A diagnosztikai folyamatábrán a súlyos baleset minden jelenségét figyelembe kell venni, melyek veszélyeztetik a fizikai gátak épségét és radioaktív anyagok kibocsátásának megakadályozását. [102]

Diagnosztikai folyamatára paraméterei:

- Reaktor állapota és primerköri nyomás mértéke;
- Hermetikus tér betáplálási és reaktorakna elárasztási paraméterek vízszint alapján;
- Betáplálás a fővízköri rendszerbe zónahőmérséklet alapján;
- Radioaktív kibocsátás csökkentésére szolgáló eljárások;
- Gőzfejlesztő betáplálása vízszint és nyomás alapján;
- Hermetikus tér állapot szabályozása nyomás függvényében;
- Hermetikus tér hidrogén csökkentése;
- Pihentető medence szintje és stabilitása.

A paraméterek függvényében végrehajtott eljárások eredménye alapján meghatározható a zóna stabilitásának csökkenése vagy növekedése. Az állapotértékelés tartalmazza a vízszinteket, nyomásokat, a sugárzási szinteket és a reaktor nyitott állapotára vonatkozó információkat. [36]

A folyamatábra során kapott eredményekből megállapítható, hogy fennáll-e súlyos, közvetlen veszélyt jelentő paraméter, ami besorolható a Súlyos Baleseti Állapotfa modellbe és hozza magával a közvetlen veszélyhelyzetre vonatkozó útmutatók végrehajtásának szükségességét. Ennek értelmében a radioaktív anyag kikerülés mérséklése, a hermetikus tér nyomásának csökkentése és a hidrogénszabályozás (rekombinátorokon keresztüli katalitikus elégetés) értékelése valamint a kapcsolódó megfelelő eljárások kerülnek végrehajtásra.

A Diagnosztikai Folyamatábra és Súlyos Baleseti Állapotfa értékelést egymással párhuzamosan kell nyomon követni és értékelni, prioritálva az állapotfa útmutatóinak szükségszerű végrehajtását a stabil állapot eléréséhez vagy fenntartásához. [36]

## **4.2. A Súlyos Balesetkezelés Rendszereinek bemutatása**

### **4.2.1. Hűtővízhez köthető baleseti helyzetek**

A technológia működtetéséhez üzemelő blokknál a tápvíz rendszer folyamatos hűtőközegbetáplálást valósít meg. [37] Az üzemi tápvízrendszer meghibásodása esetén annak szerepét átveszi az üzemzavari tápvíz rendszer. [102] Üzemzavari helyzetben a 3-3 db 1000m<sup>3</sup>-es sótalan víztartályban lévő vízmennyiség biztosítja a blokkok lehűtését. Normál üzem során, blokkindításnál ezek a tartályok biztosítják a megfelelő mennyiségű és minőségű vizet a szekunderkörü rendszerek feltöltéséhez, valamint a szekunderkörü hűtővíz veszteségek folyamatos utánpótlása is innen történik [98]

Áramellátásuk a normál betáplálás elvesztése esetén is biztosított, a diesel generátorok által. Az atomerőműben alkalmazott többszintű védelmi tervezésnek megfelelően a tápvízrendszerre is érvényes, hogy olyan mértékű biztonsági nézőpont alapján lett kiépítve, hogy az üzemi és üzemzavari tápvíz rendszer meghibásodását is figyelembe vették. Ennek értelmében az üzemzavari tápvíz rendszer paramétereinek megfelelően kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer lett kiépítve a gőzfejlesztők tápvízellátásának biztosítására. [37]

#### **Reaktorakna elárasztása**

A műszaki kialakítás révén lehetőség van a reaktortartály külső hűtésére, hogy az olvadék a tartályon belül legyen tartva úgy, hogy a reaktortartály szerkezeti épsége megmaradjon, továbbá megakadályozva ezzel a beton és zónaolvadék reakcióját. A rendszer megfelelő mennyiségű vizet biztosít a hermetikus tér számára, és a reaktor betonaknába, ahol elégséges hűtéssel látja el a reaktortartály külső falfelületét. [102] Jelen esetben a konzervatív feltételezés szerint a Zóna üzemzavari hűtő rendszerek is működésképtelenek. [37]

## Hermetikus térben felgyülemlett hidrogén elégetése

Az elemzett folyamatok szerint a zónaolvadás során a beton és olvadék kölcsönhatásából jelentős mennyiségű hidrogén fejlődik, amely a hermetikus tér épségét veszélyeztető robbanással fenyeget. Ennek elhárítására lettek telepítve a passzív hidrogén rekombinátorok, melyek a hermetikus térben felgyülemlett hidrogén katalitikus elégetéséről gondoskodnak. [10]

## Pihentető medence leürülés és hűtőkör üzemképtelenség megakadályozása

A pihentető medence hűtésének kimaradására és a kiégett fűtőelemek sérüléséből származó balesetek megelőzésére külön eljárás kidolgozása vált szükségessé. Megállapításra került, hogy a pihentető medencéhez tartozó csővezetékek nem kizárható részeinek sérüléséből adódhat hűtőközvesztés, ami aztán kiégett fűtőelem sérülésével járhat a megfelelő alternatív hűtővíz biztosítása nélkül. [37]

## Külső hűtőközeg betáplálás

*„Az atomerőmű biztonsági hőelnyelő funkciókat fenntartó rendszerei hivatottak felügyelni és megelőzni a hőelvezetés megszűnését. A külső hűtőközeg betáplálás során olyan alternatív vízforrások kerülnek kiaknázásra, melyekről mobil eszközökkel biztosítani lehet a hűtővízmennyiséget a kiépítéseken található csatlakozási pontokon keresztül a gőzfejlesztőkbe.” [94:7]*

A rendkívüli esemény kezelése azon alapszik, hogy az erőmű biztonsági hőelnyelő funkcióit fenntartó rendszerei nem tudják biztosítani a hőelvezetést, ezért alternatív betáplálásra van szükség, ami a gőzfejlesztőkön keresztül történő hosszú távú hőelvitel megvalósítása érdekében a meghatározott betápláló vezetékére kiépített csatlakozási ponton keresztül kerül megvalósításra. [102] *„A külső hűtőközeg betápláláshoz fontos meghatározni az elsődleges víznyerési helyet, hiszen annak függvényében kell kiválasztani, hogy melyik kiépítés csatlakozási pontjáig kell telepíteni és üzemeltetni az eszközöket.” [94:7]*

*„A mérlegelés releváns szempontjai a távolság, a megközelíthetőség, a vízminőség és a vízmennyiség. A szakembereknek kritikus időn belül rendelkezniük kell a megfelelő információkkal, hogy elkezdhessék a betáplálás előkészítését és a mobil rendszer kiépítését az előre meghatározott útvonalon. A szivattyúk és tömlőrendszer kitelepítése időbe telik, és éles nukleáris veszélyhelyzetben annak áttelepítése egy másik vízforrásra adott esetben jóval tovább tarthat, mint a rendszer első kiépítése.” [94:9]*

A külső hűtőközeg betáplálásának példaszerű megjelenítése

Az MVM Paksi Atomerőmű Zrt. minden évben súlyos baleset-kezelési gyakorlatot szimuláltat, melynek lebonyolítása a Nukleárisbaleset-elhárításáért felelős elsődleges operatív beavatkozó szervezet, a BESZ feladatkörébe tartozik. [44] A gyakorlat célja mobil eszközökkel a villamos betáplálás megvalósítása a szükségszerű rendszerek számára, illetve alternatív víznyerő helyről történő külső hűtőközeg biztosítása a gőzfejlesztők számára. [104]

A helyzetszimuláció lényege, hogy a normál és biztonsági hűtővíz rendszer egyaránt képtelen megfelelő mennyiségű hűtővíz betáplálásának biztosítására és ezáltal a szükséges hőelvezetés fenntartására. [103] Ennek értelmében az ATÜ, a BESZ irányítása alatt alternatív megoldásként mobil eszközökkel közvetlenül a Dunából, a tűzvíz és sótalan víztartályokból, vagy az erőmű határán lévő halastavakból hűtővizet szállít a kiépítéseken található, speciálisan erre a célra kialakított KÜTR csatlakozási pontokhoz. Ehhez egy tömlőrendszert épít ki, melyben a meghatározott pontokra a vízszállítás és nyomásfokozás érdekében mobil szivattyúkat iktat be. [11]

A gyakorlat lebonyolítására minden évben más időjárási körülmények között, különböző napszakokban kerül sor. A kivitelezést egymás után következő három napon minden szolgálat, az ügyeletes beriasztott állomány és a Paksi Hivatásos Tűzoltóság tagjai hajtják végre, hogy közel azonos körülmények között valósuljon meg a gyakorlat. [103]

A Célzott Biztonsági Felülvizsgálat értelmében a villamos betáplálás kiesésének elkerülését az erre a célra rendszeresített, nagy teljesítményű dízel aggregátorok biztosítják, melyek a blokkonként kialakított csatlakozási helyeken kerülnek felállításra és így képesek ellátni a szükséges mérőrendszerek, a nyomásesökkentéshez használt térfogat-kompenzátor, a lokalizációs torony ürítő és a hermetikus tér leeresztő szelepeinek működtetését. Az aggregátorokat alapesetben egy földrengésbiztos garázsban helyezik el, ahonnan az ATÜ állományába külön erre a célra rendszeresített vontató gépjármű segítségével lehet mobilizálni és elszállítani a releváns csatlakozási pontokhoz. [104]

A külső hűtőközeg betáplálás kivitelezésére az ATÜ számára a tűzoltó gépjárműfecskeendőkön felül olyan emelőhátfalas tehergépjármű és utánfutó lett rendszeresítve, amely képes a betápláláshoz szükséges technikai felszereléseket a helyszínre szállítani. A felszerelések így folyamatosan rendelkezésre állnak, és az esetleges beavatkozás késlekedés nélkül megkezdhető. [101]

A rendszeresített RENAULT Tornádó emelőfalas szállító jármű az alábbi felszerelések és eszközök állnak rendelkezésre: [101]

- „4 db Rosenbauer FOX III. kismotorfecskenő, 6 db Honda WT40X zagyszivattyú, 2 db Honda GXV390 PH-C2/1500 úszószivattyú;
- 4 db AWG Lábszelepes szűrőkosár A-110; 16 db 2m-es AWG Szívótömlő A-110; 100 db 20m-es „A” jelű, és 100 db 20m-es „B” Nyomótömlő; 8 db AWG kapocspárkulcs; 4db AWG föld feletti tűzcsapkulcs; 6 db A-B áttékapocs; 4 db A-2B gyűjtő;
- egyéb eszközök: málházasi utasítások szerint; utánfutó”. [100:3]



1.kép: ATÜ Renault Tornado gépjárműve az SBK felszerelések szállítására, forrás: Saját kép



2.kép: ATÜ Renault Tornado SBK felszerelései, forrás: Saját kép

Az SBK betáplálás alapvetően meghatározó szempontja kiépítés és időkeret tekintetében az elsődleges víznyerési hely kiválasztása, az üzemeltetési kritériumok függvényében. Mérlegelni kell a távolság, megközelíthetőség, vízminőség és vízmennyiség paramétereit, amely meghatározásának kritikus időn belül meg kell történnie, hiszen ennek ismeretében kezdhető meg a vízszervezési nyomvonal kiépítése. [104]

Mivel a vízforrástól a betáplálási pontig kiépített rendszer felállítása időbe telik, ezért látható, hogy egy nukleáris veszélyhelyzet során az egyik alternatív hűtővíz forrásról áttelepíteni a rendszert egy másik pontra olyan kritikus idővesztéssel eredményezhető, ami alapjaiban teheti sikertelenné a szükséges hűtővíz biztosítást. [103] Ennek a szemléletnek a tükrében lettek elhelyezve és kialakítva a vízszervezési pontok, melyeket a végrehajtás során felhasználhatók.

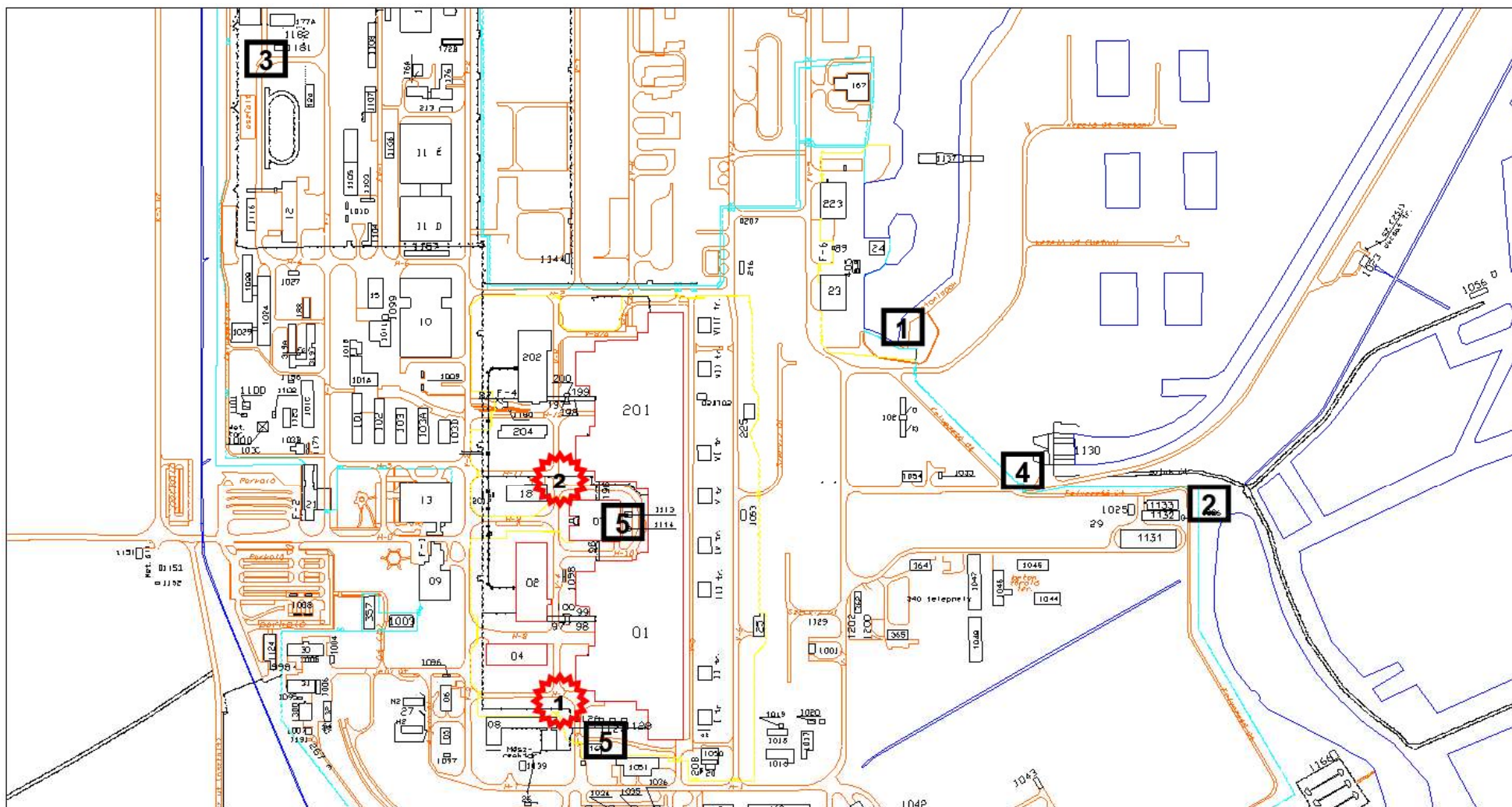
A Paksi Atomerőmű területén felhasználható, meghatározott szempontrendszer alapján alkalmas víznyerő helyek:

- „1000 m<sup>3</sup> sótalanvíz tartályok kiépített külső csatlakozói;
- 600 m<sup>3</sup> tüzivíz tároló;
- melegvízes csatorna;
- hidegvízes csatorna;
- halastavak.” [100:5]

Az Atomerőmű területén a technológiából és az épületszerkezeti sajátosságokból adódóan az 1.-es és 3.-as blokki lokalizációs torony déli oldalfalán lettek kiépítve azok a csatlakozási pontok, amelyeken keresztül a hűtőközeg betáplálás megvalósítható. A betáplálási pontok és a víznyerési helyek alapján több alternatív végrehajtási művelet került lefektetésre, hogy opcionálisan lehessen a kialakult helyzethez igazodni. [104]

A Kashizawaki-Kariwa Atomerőmű Súlyosbaleset Kezelési eljárásai is fejlesztésre kerültek a Fukushima-i baleset után. Érdeemes figyelembe venni, hogy az atomerőmű bővítés jelenlegi helyzetét tekintve olyan fejlesztések válhatnak szükségessé, amelyeket a lokális specialitásokhoz kell igazítani. A Kariwa Atomerőmű tekintetében például ez azzal járt, hogy a hatékonyságnövelés keretében kitertek a hűtőközeg és a villamos betáplálás szignifikáns fejlesztésére. Az alacsonynyomású vízrendszerek ellátásához 42 db vízszállító gépjárművet, illetve 24 db magasfeszültségű akkumulátoros kamiont szereztek be. [90]





Víznyelési helyek: 1 Víznyelési mű 2 Halastó (Kondor tó) 3 Tűzvíz tároló (600 m<sup>3</sup>) 4 Melegvízes csatorna 5 01-02WP30,32,34B001

Csatlakozási pontok: 1 I. kiépítés 1. blokki lokalizációs torony déli oldalfali akna lejáró  
2 II. kiépítés 3. blokki lokalizációs torony déli oldalfali akna lejáró

13.ábra: ÁVIT szerinti víznyelési és betáplálási pontok, forrás: ÁVIT VU79-v03 11.oldal [104]

### *A hűtőközeg-betáplálás elrendelése*

A végrehajtás elrendelése alapvetően eseményfüggő abban a tekintetben, hogy a BESZ már megalakításra került és működését megkezdte-e. Abban az esetben, ha a BESZ még nem lépett működésbe, akkor a feladatvégrehajtást a Blokk ügyeletes kezdeményezésére, az Ügyeletes Mérnök jogosult elrendelni és utasítás adni az ATÜ adott szolgálati csoport szolgálatparancsnokának. [92]

A már működő BESZ esetén a Műszaki Támogató Központ, mint a szervezet egyik vezető csoportja határozza meg a feladatvégrehajtási stratégiát, amit a BESZ vezetője írásban engedélyez. Ezen engedély alapján a Tanácsadó Ügyeletes Mérnök, mint az MTK vezetője utasítás ad az ATÜ Parancsnokának a végrehajtásért felelős állomány mozgósítására, valamint erről tájékoztatja az Ügyeletes Mérnököt is. [104]

### *A gyakorlat folyamata és célja*

A végrehajtás célja tapasztalat és módszertani rutin megszerzése, amely során mérhetőek az egyes feladatok végrehajtásának normaidejei. Az elrendeléstől számított 2 órán belül a tömlő és szivattyúk rendszerének stabilan működőképesnek kell lennie. A váltott szolgálati és a hivatásos tűzoltóságokkal közösen elvégzett feladatok során az állomány egyes tagjai minden nap a gyakorlati fázisban eltérő részeket hajthatnak végre a szimulációból, hozzájárulva ezzel ahhoz, hogy mindenki tisztában legyen az egyes részfeladatok bonyolultságával és az esetleges hibák kiküszöbölésével. [103] A gyakorlat során felmerülő kérdésekről és esetleges hibákról a BESZ feljegyzést készít, amit aztán egy komplett, részletes kiértékelés keretében, az adott hiányos pontokon megvalósítható javító változtatásokkal fejlesztésre terjeszt fel. Mára a tapasztalat azt mutatja, hogy a rendszer és annak alkalmazása elérte a szükségesen minimális hibafaktorral rendelkező folyamat szintjét. Ez azt is jelenti, hogy adott egy működőképes és stabilan üzemeltethető biztonsági eljárásrend, ami felhasználható az új nukleáris létesítmény biztonsági hatékonyság-fokozásához. A jelen rendszer komplex fenntartásán felül az ATÜ állományának feladatai közé tartozik az is, hogy alaposan figyelemmel kísérje a vízforrás kimerülését, és annak felmerülése esetén, azt 3 órával megelőzően alternatív lehetőségek felhasználására kell intézkednie. [44] Ilyenkor a cél az, hogy a lehető legoptimálisabb módon alkalmassá lehessen tenni a rendszert a környezeti tényezőktől függetlenül a további stabil üzemeltetésre. [104]

## A Paksi Atomerőmű hűtőközegét biztosító tápvíz rendszer működése

Normál üzemelő blokknál a hűtővíz ellátottság folyamatos. Az üzemi tápvízrendszer meghibásodása esetén annak szerepét a blokkonként kiépített, párhuzamos működtetésű, közös szívókollektoron keresztül ellátott üzemi tápvízrendszer veszi át, két tápszivattyúval. A szivattyúk a normál üzemi villamos betáplálás elvesztése esetén is működőképesek maradnak, a dízel generátorok által. A többszintű biztonsági tervezés alapján azonban az üzemi és üzemzavari tápvízrendszer párhuzamos meghibásodására is történt tervezés. Erre kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer lett kiépítve, hogy a gőzfejlesztők ellátása minden körülmények között biztosított legyen. Ez a KÜTR rendszer a normál és üzemzavari tápvíz hálózat útvonalától független betáplálási vonalon képes ellátni a gőzfejlesztőket három 1000m<sup>3</sup>-es sótalan víztartály és blokkonként két kiegészítő üzemzavari tápvíz szivattyú segítségével. A szivattyúk teljesítménye egyenként 65m<sup>3</sup>/óra, 60 bar üzemi nyomáson. A remanens hő elvezetéséhez megközelítőleg 60m<sup>3</sup>/órás teljesítményre van szükség, amiből kitűnik, hogy akár egy üzemi, üzemzavari vagy KÜTR szivattyú is képes megvalósítani a hűtést.

A szivattyúk által biztosított hőelvezetés érdekében ezen felül az üzemzavari és KÜTR szivattyúk nyomó oldali része össze van kötve egymással, hogy biztosítható legyen esetlegesen a szomszédos blokk gőzfejlesztőjének a hűtése is. [102]

Az összekötő vezetékre beépítésre került egy további csatlakozó vezeték, amelyhez udvartéri csatlakozás lett kialakítva. Ezen csatlakozások használhatóak fel a külső hűtőközeg betáplálás esetén. A fenti adatok alapján egyenes ágon következik, hogy a külső hűtőközeg betáplálás abban az esetben hatékony, ha képes biztosítani azt a vízmennyiséget, ami legalább a gőzfejlesztők minimálisan szükséges remanens hő elvezetését biztosítja. A vízhozam és nyomásmérési eredményeket úgy tekinthetjük relevánsnak, hogy a leghosszabb tömlőnyomvonal kiépítését vetjük alá mérésnek és az így kapott értékek kerülnek összehasonlításra a tápvízszivattyúk tulajdonságaival. [103]

Mérési példák:

*„Halastó (Kondori tó), 2019.02.20.*

- 1. blokk (hosszabb ág) 1250 liter / perc ~13 bar;
- 3. blokk (rövidebb ág) 1480 liter / perc ~7 bar.

*Meleg vizes csatorna, 2019.02.20.*

- 1. blokk (hosszabb ág) 1100 liter / perc ~10 bar;
- 3. blokk (rövidebb ág) 1570 liter / perc ~10 bar.” [99:4]

A tápszivattyúk optimális teljesítménye, ahogyan az korábban is említésre került, 65m<sup>3</sup>/óra, 1083 liter/perc. A mérési eredményeket tekintve látható, hogy a mobil szivattyúk megfelelnek a tápszivattyúk kiváltására, így megfelelő vízforrással stabilan képesek ellátni a betáplálást. [103] Abban az esetben, ha a betáplálást ténylegesen meg kellene valósítani, nem csak szimulált esemény kapcsán, akkor annak elbontására külön biztonsági irányelvek vonatkoznának. Éles helyzetben, amennyiben a rendszerre már nincs szükség, annak elbontása csak sugárvédelmi ellenőrzés mellett hajtható végre. Ennek része továbbá a szükség szerinti felszerelések mentesítése és fertőtlenítése. Az egyéb tisztítási, karbantartási és visszamálházási műveletek csak ezután hajthatók végre. [44] Az állandó üzembentarthatóság feltétele továbbá a rendszeres ellenőrzés, a kisgépek járatása és időszakos karbantartása. Az SBK megelőzési műveleteiben ez kiemelt fontosságú feladat, melyet az ATÜ állománya rendszeresen elvégez. [104]

#### **4.2.2. Villamos betáplálással kapcsolatos baleseti helyzetek**

Súlyos baleseti helyzetben feltételezhetőek villamos oldali meghibásodások, melyek hatással vannak az üzemállapotokra. Ilyen helyzetek relevancia szerint e következők lehetnek:

- Teljes feszültségvesztés;
- Biztonsági energiaellátó rendszerek áramforrásai üzemképtelenek (dízelgenerátorok és akkumulátor telepek egyaránt);
- Külső hálózati betáplálás hiánya. [37]

#### *A független villamos betáplálás*

A biztonsági rendszereknek rendelkezniük kell a normál állapothoz tartozó üzemi betápláláson felüli alternatív áramforrással, melyek képesek működtetni a következő rendszereket: [37]

- Reaktorakna elárasztásának villamos armatúrái;
- Súlyos balesetkezelés mérőrendszereinek üzemeltetése;
- Térfogatkompenzátor szelepek működtethetősége a zónaolvadás elkerülésére;
- Pihentető medence leürülés-védelmi armatúráinak megtáplálása.

Az SBK független villamos betáplálás rendszerének elemei: [44]

- Mobil dízelgenerátor;
  - o Mobil dízelgenerátor jellemzői:
    - Áramforrás: blokkonként egy-egy új, utánfutóra szerelt mobil dízelgenerátor;
    - Teljesítmény: 96 kW;

- Folyamatos üzemidő: 40 óra a ( $\approx 900$  l üzemanyaggal);
  - Kapcsolódás a villamos hálózathoz: Szabadtéri csatlakozó dobozos kiépítéssel;
  - A dízel generátor helyszínre szállítását a tűzoltók végzik;
  - Csatlakoztatás: karbantartási és villamos üzemviteli szakemberek által. [101]
- Szabadtéri villamos csatlakozók;
  - Hálózati átkapcsoló szekrények és ehhez tartozó összekötő kábelhálózat;
  - Baleseti mérőrendszer szünetmentes betáplálása. [37]

#### *A villamosenergia-ellátás és a végső hőelnyelő elvesztése*

Az atomerőmű biztonsági rendszereinek működtetéséhez megfelelő hűtővízre van szükség, amit a villamos betáplálással működtetett szivattyúk biztosítanak. A két biztonsági forrás tehát szorosan kapcsolódik egymáshoz és egyik rendszer funkcióvesztése sem okozhat kiesést a másik oldal biztonsági funkciójában. [36] Ennek értelmében a hűtővíz forrás és az azt továbbító szivattyúk villamos betáplálása több redundáns rendszer kiépítésével biztosítható. [37]

A villamos betáplálás elvesztése esetén fontos szempont, hogy az erőmű milyen kategóriájú fogyasztóit kell ellátni árammal és az ahhoz képzett elsődleges tartalékok ezt mennyi ideig tudják biztosítani. A teljesítményigény függvényében szükség esetén olyan tápforrásoknak is üzembe kell lépniük, amik megfelelően és akár huzamosabb ideig képesek fenntartani az áram pótlását. [11] Az alternatív források működtetéséhez kalkulálni kell a földrengés, árvíz és szélsőséges időjárási viszonyok tervezett biztonsági kritériumaira is. [71] A biztonsági rendszerek létesítésén felül a súlyos baleset-elhárítási protokoll részeként mobil betáplálási forrásokról is gondoskodni kell, hogy a biztonsági tápforrású rendszerek elvesztése esetén is lehessen további alternatív egységeket igénybe venni. [37]

A végső hőelnyelők elvesztése esetében a reaktorból származó hőelvonás minden rendszerének funkciókiesésével lehet számolni, ami azt jelenti, hogy a kiépített redundáns biztonsági hőelnyelő funkciókat biztosító rendszerek meghibásodása és kiesése miatt a hőelvonás teljesítőképessége nem kielégítő. [102] Vizsgálva a rendszerek feladatát, működési felépítését, teljesítőképességét, a műszaki gátak ellenállóképességét az eltelő idő függvényében, azok villamos betáplálási megvalósítását, üzemanyag és kenőanyag által határolt korlátait, megalapozott kiegészítő biztonsági eljárásra van szükség, hogy a rendelkezésre álló lehető legrövidebb időn belül alternatív megvalósuljon a reaktor hőelvonása.

Szélsőséges esetben, amikor már a primer kör és a konténmenten belüli hőelvonás a szekunderköri rendszereken keresztül nem elégíthető ki, a szekunder köri gőzfejlesztő speciális tápvíz oldali lefűvató szelepein keresztül a külső forrásból betáplált víz a hermetikus térbe is bejuttatható. [37] A biztonsági szempontból létfontosságú villamos és hűtővíz rendszerek olyan megvalósításokat tartalmaznak, amelyek egymástól függetlenül képesek funkcióvesztés nélkül alternatív útvonalon a szükséges utánpótlást biztosítani. Mindezekon felül léteznek mobil eszközökkel végrehajtható utánpótlások, melyeket az SBK útmutatók tartalmaznak. [36]

### **4.3. A Súlyos Balesetkezelés fejlesztési javaslata a két atomerőmű tekintetében**

A Súlyos Balesetkezelés egyik legalapvetőbb hatékonysági és fejlesztési aspektusa a felkészültség és az előzetes szakmai ismeretek átfogó tudása. Az atomerőművek technológiájának és biztonsági paramétereinek ismerete mellett a meglévő eszközök és szükséges helyzetben történő beavatkozási lehetőségek pontos ismerete szolgáltatja azt az alapot, amire stabilan építkézhet a nukleáris biztonság. Ehhez olyan szakemberekre van szükség, aki a fenti kritériumnak eleget tesznek. A kritérium teljesítéséhez szükséges a kárelhárításban bármely szinten résztvevő személyzet számára a szaktudás átadása. Az információ áramlásnak egy veszélyhelyzeti szituációban olyan valós idejű kommunikációs csatornákkal kell rendelkeznie, amelyek hozzáférhetőségét és információtartalmát nem korlátozhatja külső vagy technikai körülmény. Ehhez tartozik, hogy az irányításért felelős szervezetek és a technológiai irányításra használt rendszerek aktuális állapotinformációjának összhangban és valós idejű kommunikációs csatornákon kell működnie.

A párhuzamos erőművi biztonságos működés kapcsán az ÜMR felhasználható a súlyos balesetek során is, mint valós idejű helyzet információ továbbításra szolgáló funkcionális rendszer. Ehhez az ÜMR-nek már stabil működési fázisban kell lennie, úgy, hogy a bővített BESZ számára is elérhető legyen és a szükséges állapotinformációkat képes legyen továbbítani. Minden olyan esetben, amikor az egyik atomerőmű működése eltér a normál állapottól, a másik atomerőmű számára az azonnali helyzetkommunikáció és állapotinformáció kritikus szegmense a biztonság fenntartásának és a kialakult helyzet optimális kezelésének. A helyzetkezelések alapvető sikerességét befolyásoló tényező a tudás megléte, ami által az operatív beavatkozó és irányító személyzet képes átlátni az egyes részfeladatokat azok adott végrehajtási állapotában és ismeri a teljes eljárásrend végső célját és az ahhoz tartozó sikeresség kritériumait. Az adott nukleáris létesítmény súlyos balesetkezelésért felelős szervezetének alárendeltségében feladatokat végrehajtó személyzet állománya nem csak felkészültségében, hanem mennyiségi tényezőjében is kötelezett kielégíteni a követelményeket.

Egy párhuzamosan létrejövő vagy a meglévő nukleáris baleseti helyzetből kiinduló újabb súlyos baleset kialakulására is tervezni kell a biztonsági alapokat, hiszen az egyes káreseményre felhasznált erőforrások nem meríthetik olyan mértékben a globális nukleáris biztonságra fordított erőforrásokat, hogy azok egy párhuzamos esemény kezelését nem tudják megoldani. Látható, hogy Súlyos balesetkezelés olyan komplex és bonyolult feladat, melynek hatékony kezeléséhez alapos tervezésre van szükség. Ennek érdekében az atomerőművek minden lehető veszélyforrásán és azok vészhelyzeti kezelésén felül biztosítani kell egy olyan megoldásokat felvonultató védelmi bástyát, amely az ismert veszélyeken felül olyan többletforrással rendelkezik, amely bármikor alkalmazható a védekezés megerősítésében vagy akár a védekezésre szánt eredeti eljárások helyett is képes teljes biztonsággal megállni a helyét. [36]

#### *Két párhuzamos atomerőmű közti SBK kapcsolat*

A Paksi Atomerőmű SBK útmutatói alapján feltételezett funkcióvesztések és az azonosított veszélyforrásnak tekinthető rendszerek az alapvető technológiai hasonlóságok miatt megfeleltethetőek a Paks II esetében is, a technológiai változók vonatkozásában. Ebből következik, hogy az SBK eljárások következménycsökkentő intézkedéseinek céljai is megegyeznek a már működő, a Paksi Atomerőműben lefektetett és tapasztalati úton felépített SBK útmutatókkal és eljárásrendekkel. [36]

Alapvetően minden SBK betáplálás vonatkozásában meg kell vizsgálnunk az alapvető szükséglet és kielégítés kérdéskörét. A Paksi Atomerőmű technológiai igényeivel tisztában vagyunk és ezekhez igazodva lehetett megteremteni azokat a feltételeket, melyek képesek ellátni a funkcióvesztés következtében működésképtelenné vált rendszerek betáplálását. Az adatok ismerete alapján beszerzett több mint elégséges felszerelések birtokában azonban még nem álltak rendelkezésre a kész eljárásrendek, azokat tesztelni és fejleszteni kellett. Az új atomerőmű tekintetében sem lesz ez másképp. A technológiai értékek ismeretének függvényében beszerezhetőek azok az eszközök, melyekkel a helyzetkezelés és a kockázatsökkentés megvalósítható. Vizsgálni kell elsődlegesen azt, hogy a meglévő Paks I SBK rendszerek működtetése milyen esetekben és milyen kritériumok között képes ellátni a Paks II SBK rendszerét. A technológiai sajátosságok változóinak függvényében pedig fel kell tárni, hogy az adott eszközök milyen módosítások vagy fejlesztések útján képes részleges vagy teljes funkcióvesztés kezelésére az egyik vagy mindkét atomerőműre vonatkoztatva.

Fel kell mérni azt, hogy a jelenlegi Paks I SBK csatlakozási pontjainak bővítése esetén megvalósítható-e olyan betáplálás működtetése, mely során a Paks II funkcióvesztése vagy veszélyességi faktora kezelhető szintűre csökken.

Ennek megállapítására a kiépíthetőség sikerességét elősegítendő már a kivitelezés során szintén figyelmet kell fordítani. Alapesetben feltételezhető, hogy a jelenlegi SBK eljárásoknak megfelelően megvalósítható egy olyan rendszer kiépítése, amely minimum a villamos betáplálás tekintetében képes ellátni a Paks II részegységeit. Mi több, mindkét atomerőmű működésének aspektusaként felvetem, hogy kiépíthető olyan stabil csőhálózat, amely során hasonlóan a jelenlegi blokkok közötti KÜTR átvezetéseknek, megvalósítható a két párhuzamosan működő atomerőmű KÜTR rendszereinek összekötése, hogy szükség esetén késlekedés nélkül elindulhasson az egyik erőműből a megfelelő mennyiségű hűtőközeg továbbítás a másik atomerőmű KÜTR rendszerén át. Ennek a feltételezésnek az alátámasztásához ugyan szükség lenne a konkrét Paks II tápszivattyú technológiájának ismeretére, de ahogyan az korábban említésre került a generációs fejlődés és technológiai újítások területétől függetlenül a két atomerőmű működési szempontból azonos elvű vízűtésű, vízmoderátoros nyomottvizes reaktorblokkokkal működik.

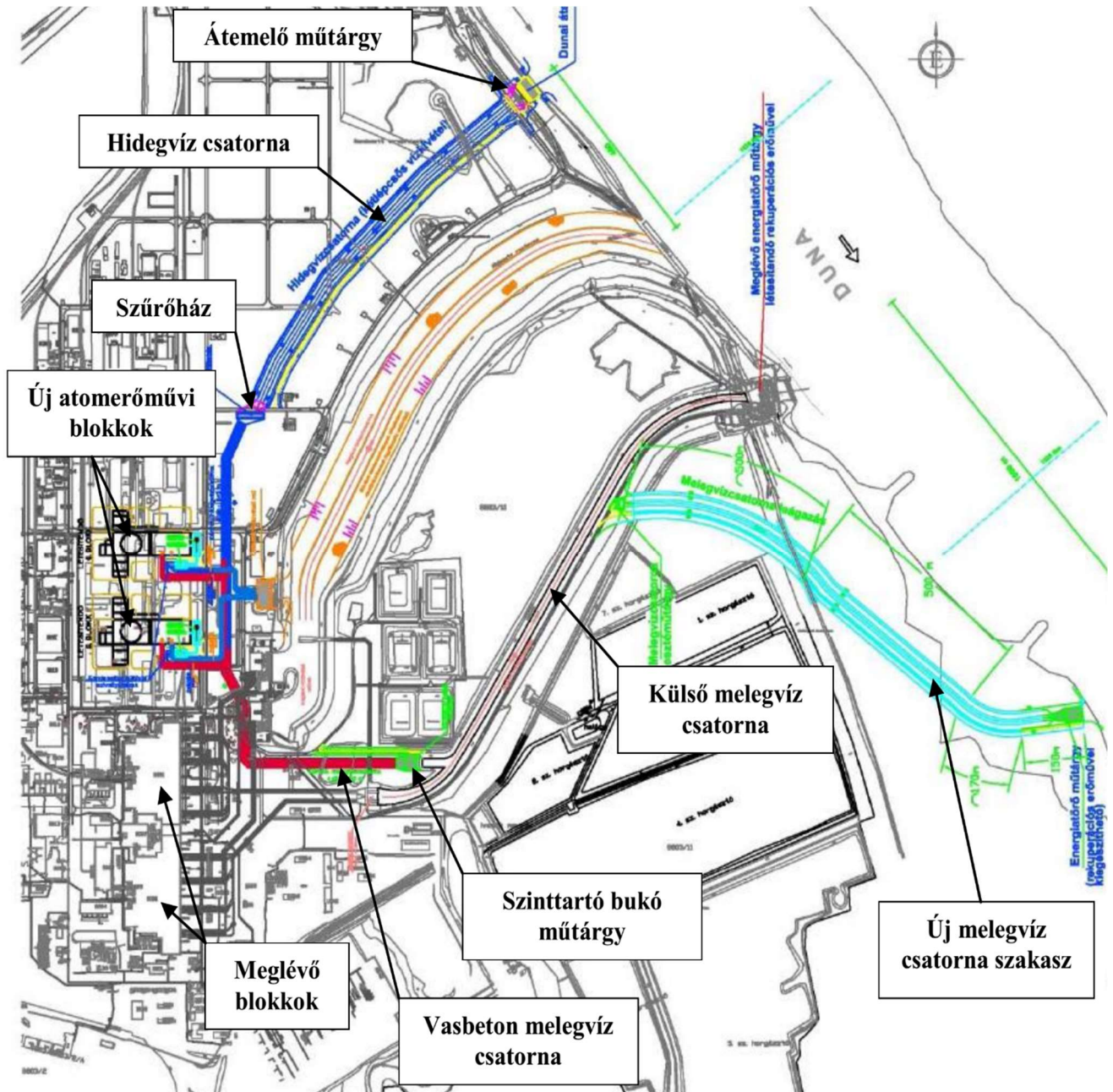
A technológiai sajátosságoktól függetlenül azonban bizonyos, hogy amint az a Célzott Biztonsági Felülvizsgálatban is szerepel, a súlyos balesetek kezelésére olyan opciókat kell kidolgozni, melyek a végső védvonalak elvesztése esetén is képesek ellátni a feladatukat. A két atomerőmű közti SBK hűtővíz betáplálás vonatkozásában vizsgálatra szorul, hogy milyen forrásból és útvonalon valósítható meg a mobil rendszer kiépítése. A biztonsági feltételezések alapján erre több alternatívát szükséges meghatározni, mint ahogyan az már jelenleg is létezik a Paksi Atomerőmű tekintetében. A víznyerési pontok megjelölésre kerültek a 12. ábrán.

A meglévő víznyerési pontok a helyzetkezelések szempontjából a terület korlátainak legoptimálisabb felhasználásával kerültek meghatározásra. Ha megnézzük újra a Paksi Atomerőmű SBK víznyerési helyeinek térképét, látható, hogy a tőle északra kiépítésre kerülő nukleáris létesítmény számára szükség esetén két azonos relevánsan opcionális vízforrás marad felhasználható státuszban. [11] Ha nem számolunk azzal, hogy létezik egy már megépített stabil csővezeték a KÜTR rendszerek között, akkor az alapvető mobil tömlőnyomvonal és kisgépek kiaknázására támaszkodhatunk. Az ehhez felhasználható két vízforrás a hidegvizes csatorna és a 600m<sup>3</sup>-es tüzivíz tároló maradnak. A tüzivíz tároló esetében az alternatív nyomvonal kiépítése a tervezett új blokkok esetében, ahogyan az a térképen is látható, nem jelent szignifikáns távolságnövekedés miatti eszköztöbblet használatot, a hidegvizes csatorna esetében pedig elmondható lesz, hogy megfelelő alapos előre tervezéssel rövidebb távolságot kell áthidalni, mint a Paks I esetében a halastavakról történő betáplálás esetén. [36] Két alternatíva azonban még nem jelenti azt, hogy a Paks II víznyerő helyei minden esetben alkalmasak a mobil kiépítésű rendszer ellátására.



Figyelembevételre, hogy ezek alapvetően a Paks I víznyerő helyei is, lényeges, hogy a Paks II létesítményének területén belül is legyen olyan víznyerőhely, amely adott esetben szintén felhasználható külső hűtőközeg betáplálására. [104]

Ennek megvalósítása a létesítési szakaszban történő kivitelezéseknek a részét kell képeznie. A vízforrások kialakítása megoldható mesterséges tavak, dunai vízbevezető csatorna vagy további tüzivíz tározók kiépítésével egyaránt. A technológia függvényében kell azonban ezen vízforrások vízmennyiség biztosító képességét meghatározni és megvalósítani.



14..ábra: Kétlépcsős vízkivitelű mesterségesen kialakított hidegvizes csatorna a Paks II-höz,  
forrás: Előzetes Konzultációs Dokumentáció 41. oldal [49]

A Paks II SBK esetében is törekedni kell tehát a fenntarthatóság és stabilitás mérlegének egyensúlyára. A meglévő előzetes konzultációs dokumentáció alapján a tervezett mesterségesen kiépítendő kétlépcsős vízkivitelű hidegvizes csatorna, amely a jelenlegi hidegvizes csatorna előtt ágazna le a Dunáról a Paks II ellátására megfelelő közelségű ahhoz, hogy arról mobil eszközökkel a már meglévő SBK eljárásokhoz hasonlóan megfelelő mennyiségű hűtővizet lehessen juttatni a blokkokhoz. Hasonló elven a melegvizes elvezetés átfolyó részeinek felhasználásával szintén ki lehet építeni a mobil SBK nyomvonalat, így már a meglévő két alternatíva bővíthető négy víznyerési pontra, amihez egy esetlegesen az új mesterséges hidegvizes csatorna leágaztatásával hozzá lehetne tenni egy állandó vízszintű és természetes táplálással rendelkező mesterséges tavat is. [49]

A villamos betáplálás esetében már esett szó arról, hogy a két atomerőmű közt kialakítható és megépíthető olyan összeköttetés, amely teljes terjedelmében képes lefedni a szükséges betáplálási szükségleteket. [49] Ahogyan a vízbetáplálási stabil összeköttetés, úgy a villamos rendszerek átvezetése is olyan kivitelezési folyamat, melynek kiépítési szükségessége már a nukleáris létesítmény létesítési szakaszától tervezetten kell, hogy megvalósuljon. A Paks II szünetmentes energiaellátása ettől függetlenül alapvető szükségességű és nem az SBK részeként tekintendő. A stabil villamos összeköttetésen felül feltételezni kell a mobil betáplálás szükségességének esetét, amelyhez külön helyszíni csatlakozási pontok telepítése szükséges. A bővített SBK keretében a vontatható mobil dízel aggregátorok alkalmazása olyan megoldás, amely az új blokkonkénti minimális rendszerfenntartó energia szükségletének függvénye. A villamos betáplálás igény teljesítményi mennyisége határozza meg, hogy milyen típusú mobil aggregátorok alkalmazhatóak a Paks II rendszereinek integritás-fenntartásához. [49] A jelenlegi mobil eszközök alkalmassága tehát nem bizonyítható a jelen állapotok szerint, de mivel jelenlegi SBK funkciójukat képesek ellátni, ezért a hasonló eszközök beszerzésén alapuló bővítés egyszerűen kivitelezhető. Az erő-eszköz bővítés nem kritikus része az új atomerőmű létesítésének, de a kiszolgáló és csatlakozó egységek kiépítése és megléte a nukleáris üzem megkezdése előtt már igen. [36]

#### **4.4. Javaslat az Annulus levegőhűtés, mint új SBK eljárás kidolgozására**

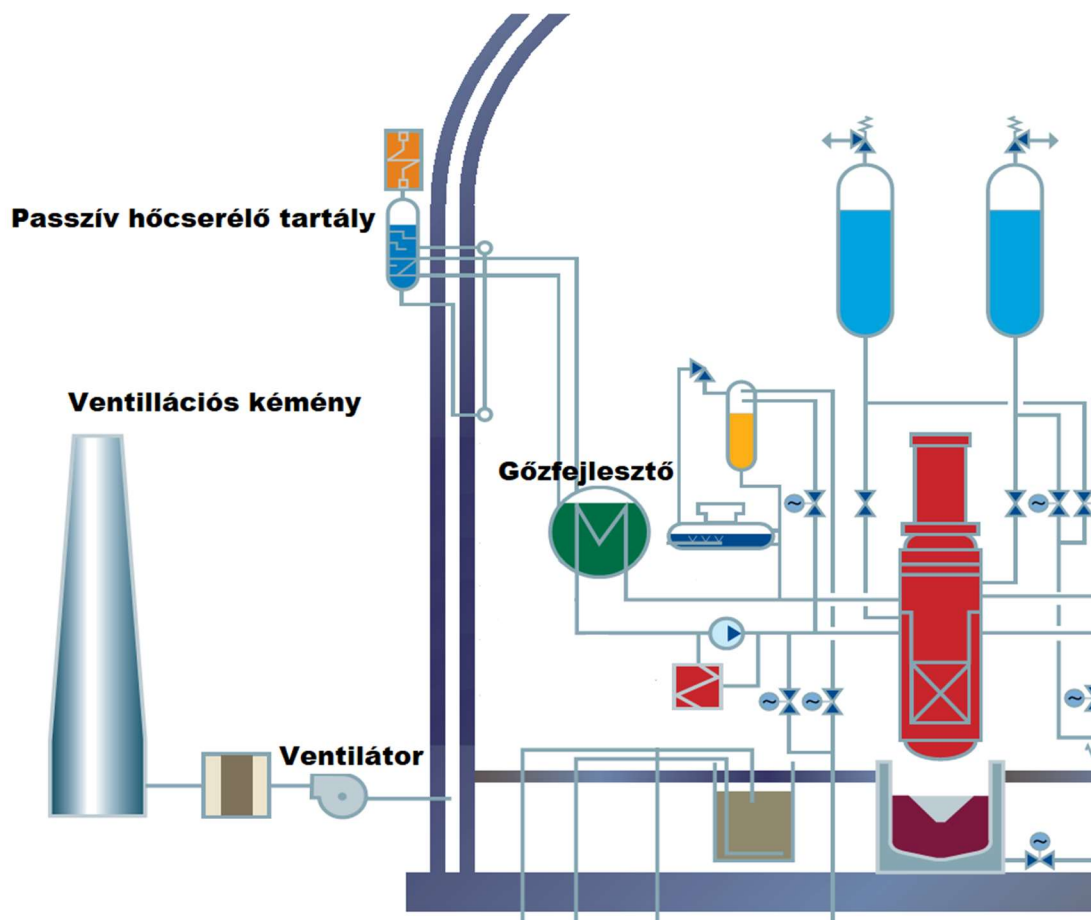
A Paks II reaktorblokkjainak duplafalú konténmentje lehetőséget adott a megnövelt fizikai védelmen felül arra is, hogy az Annulus külső és belső burkolata közti tér a reaktorműködtetés technológiai hasznára legyen fordítva. A dupla burkolat közötti mesterséges ventilációval további reaktorhűtésre van lehetőség a gőzfejlesztők szekunderköri kivezetéseinek keresztül.

A levegőáramlást telepített ventilátorok valósítják meg, így a konténment átvezetésére épített kondenzátoron és hőcserélőn keresztül a szekunderkörü passzív hőcserélő tartályon keresztül visszajutó víz segítségével történik meg a gőzfejlesztőben lévő szekunderkörü víz hűtése és hőátvétele a primerkörtől. [10] A konténment közbenső levegő befűvátását végző ventilátorok működtetése alapesetben a technológiai folyamat része, ugyanakkor felhasználható olyan esetekben is, amikor a gőzfejlesztők hűtővízbetáplálása valamilyen funkcióvesztés okán nem üzemelnek megfelelően. Ehhez azonban a ventilátorok független, redundáns rendszerű áramellátására van szükség. [15] A villamos betáplálási funkcióvesztés esetére a közbenső levegő működtetése is megoldható az SBK keretein belül alkalmazott mobil aggregátoros megoldással, amihez a kiépítés során fontos biztosítani, hogy a Paks I-ből történő villamos SBK átvezetés csatlakozási rendszere kiterjedjen a befűvást végző ventilátorok működtetésére is, vagy maga a mobil dízel aggregátoros betáplálás csatlakoztatása során meglegyen az összeköttetés a csatlakozási pont és a ventilátor működtető rendszerek között. Ebben az esetben a mobil betáplálás során a villamos rendszer kapcsolatának ki kell terjednie a ventilátor által hűtött hőcserélő szivattyúk és a gőzfejlesztő keringtető szelepeinek vezérlésére is.

Az SBK keretein belül történő ventilációs gőzfejlesztő hűtés megvalósításához javasolt azt az opcionális hiba scenáriót is számításba venni, hogy a ventilátorok fizikai sérülés vagy egyéb mechanikai behatás miatt képtelenek ellátni rendeltetés szerű feladatukat. Ilyen esetekre érdemes az SBK tervezésnek kiterjednie és olyan mobil ventilátorok alkalmazását megtervezni, melyek az SBK eszközökhöz hasonlóan, mint amilyenek a hűtőközeg betáplálás felszerelései vagy a mobil aggregátorok, olyan mobil, helyszínrre telepíthető ventilátorokat üzemkészen tartani, amelyek képesek kiváltani a normál üzemi teljesítményű közbenső levegőhűtést biztosító rendszerelemeket. Ezek elhelyezését és karbantartását a többi SBK eszközhöz hasonlóan szükséges végrehajtani és a tárolásukra hasonló földrengésbiztos védett helyet biztosítani. [36]

A mobil ventilációs SBK csatlakozás esetében szükséges, hogy a helyszínrre szállított ventilátoroknak előre meg legyen határozva a telepítési helye és ki legyen alakítva a konténment külső falára az applikálhatósági részegység vagy az eltávolítható Annulus burkolati elem. Ezen részek megléte, hasonlóan a korábbi tervezési alaphoz csatolt SBK csatlakozási pontok kialakításához, szintén nem utólag elvégzendő műveletnek kell lennie, hanem a kiépítés során szükséges azokat felszerelni és beiktatni. Érdemes a biztonság jegyében a külső konténment falára opcionálisan elhelyezett eltávolítható részelemek lezárhatóságát megfelelő védelmi és jeladó eszközökkel ellátni, hogy azok véletlen vagy szándékos külső beavatkozás során se legyenek veszélyeztető hatással a nukleáris létesítmény biztonságára. [3]

Az esetleges SBK mobil levegő-betáplálás esetében gondolni kell a csatlakoztatott eszközök hatékonyságára, amihez a technológiai közbenső levegő befűtás pontos adatainak ismerete szükséges. Az értékek birtokában meghatározható a mobil SBK ventilátorok specifikációja és az azokkal történő funkciókielégítési tesztelés megkezdődhet. Alapvetően az ilyen technológiai toldásokat javasolt ugyanolyan gép-rendszerrel megoldani, mint amilyen a normál üzemi működés közben is beépítésre került. A géphasonlóság nagyban elősegíti a hasonló munkateljesítmény elérését, még ha az SBK ventilátor mobil eszközként van a csatlakozási pontra szállítva és manuálisan applikálva. Az elégséges levegőmennyiség megfelelő hőmérsékletű keringtetése a remanens hő elvezetéséhez olyan SBK bővítés, melyre speciálisan csak a Paks II rendszereihez van szükség, mivel a korábbi erőműnél nem lehetett fel duplafalú konténment és közbenső levegőhűtési rendszer. Az SBK mobil levegő-betáplálás lényeges aspektusa továbbá a levegő elvezetése, hiszen normál üzemi körülmények között a közbenső hűtőventilátorok a konténment közötti zárt levegőtérben belül keringtetik a hűtő-levegőt úgy, hogy a konténmentből egy speciális szűrőrendszeren át jut el egy szellőztetőkérményig. [86]



15.ábra: VVER 1200 gőzfejlesztő külső levegőelvezetése és hűtése (szerkesztett ábra),

forrás: The VVER today: Evolution, Design, Safety 37-38. oldal (képrészlet) [86]

Jelen esetben, az SBK mobil ventilláció biztosítása esetén több opciót is végig kell gondolni. Elsődlegesen a mobil eszközzel bejuttatott levegő attól, hogy az üzemi ventilátorok nem működnek, még képesek lehetnek az eredeti útvonalon elvezetni a szellőző kémény felé a levegőt. Ugyanakkor számba kell venni azt a lehetőséget is, hogy a kéményre történő csatlakozásnak is manuálisan kivitelezhetőnek kell lennie annak érdekében, hogy a működésképtelen üzemi levegőáramoltatási útvonalat teljes mértékben helyettesítsen egy alternatív ventillációs irány. Ebben az esetben ki kell térni a kéményre történő csatlakozási lehetőség meglétére.

A legegyszerűbb elvi útvonal ebben az esetben az, ha a meglévő szűrőrendszerre lehet manuálisan csatlakoztatni a konténment közbenső levegő elvezetését. A közvetlenül a kéményre történő elvezetés kiépítése sem elvetendő, de a levegő kéményen történő kivezetése biztonsági kockázatot von maga után, mivel indirekt kontrollálatlan radioaktív kibocsátás valósulhat meg. [18]

Van tehát még egy fontos szempontja a duplafalú konténmenten belüli mobil eszközzel történő levegőáramoltatásnak. Ez pedig az Annulus külső és belső burkolata közötti levegő műszeres mérése. A levegőáramoltatás üzemi körülmények között egy speciálisan erre a célra kiépített szűrőrendszeren keresztül jut el a kéményig, biztosítva azt, hogy semmilyen esetben se kerülhessen radioaktív anyag a környezetbe. Ennek értelmében az SBK mobil levegőbetáplálás során is gondoskodni kell arról, hogy a konténment falátvezetésére történő csatlakozással se kerüljön ki radioaktív anyag a környezetbe, veszélyeztetve ezzel elsődlegesen az SBK operatív végrehajtóit. A mobil csatlakozás lehetőségéhez tehát a levegő mérőműszeres vizsgálatának is társulnia kell, valamint pontosan meg kell határozni a mobil eszközök applikálási lépéseit. Az végrehajtási protokolljának sorrendisége tehát ebben az esetben kritikus fontosságú. [36]

#### **4.5. Az SBK bővítés erő-eszköz fejlesztési vonatkozása**

A bővített SBK fenntarthatósági és stabilitási vonatkozása a felszerelés és eszközfejlesztések meglétén felül az operatív beavatkozó állomány fejlesztése, hogy a megnövekedett feladatvégrehajtás ne ütközzön olyan problémába, hogy a kiadott feladatok végrehajtása emberhiány miatti késlekedést eredményezzen.

Már említésre került, hogy a felhasználható eszközállomány a két párhuzamosan működő atomerőmű tekintetében felülvizsgálatra szorul abból a szempontból, hogy a meglévő eszközök és felszerelések milyen mértékben és minőségben használhatóak majd fel a Paks II rendszereinek SBK ellátására.

A szükséges fejlesztésnek célirányosan kell megvalósulnia, ami azt jelenti, hogy minden többleteszköz használatához és helyszínre történő mozgatásához meg kell lennie az adott kezelő személyzetnek is.

A jelenlegi bővítési aspektus szerint, ahogyan az a bővített tűzoltóság állományának témakörében is szóba került, potenciálisan jelentkező emberállománytöbbletet eredményez, amit jelen esetben a korábbiakon felül alátámaszt, hogy a bővített SBK végrehajtásához is szükséges a megnövelt operatív beavatkozó állomány jelenléte. Igaz ez a szolgálatot ellátó és ügyeletes beriasztással mozgósított emberállományra egyaránt. [44]

A bővített SBK keretein belül tehát gondolnunk kell az operatív beavatkozó állomány megnövelt létszámára, a külső hűtőközeg betápláláshoz szükséges eszközök és kisgépek helyszínre történő szállítására, a villamos betáplálás során felhasználandó új típusú mobil aggregátorok szállítására és a közbenső levegőhűtés biztosítására szolgáló felszerelések mobilizálására egyaránt. [11]

#### **4.6. Részkövetkeztetések**

1. A fejezetben meghatároztam az SBK alapvetéseit, fogalmait és összegeztem azokat a lényegi aspektusokat, melyek az SBK eljárások létrehozásához vezettek.
  - a. Ezen alapvetések során jutottam el a két párhuzamosan működő atomerőmű SBK kiépítésének problémájához, mely során felvázoltam, hogy a Paksi Atomerőmű SBK keretein belül alkalmazott és specializált eljárásai nem ültethetőek át egy az egyben a leendő új atomerőmű SBK végrehajtásai láncolataiba.
  - b. A meglévő célkitűzések és megvalósítások alapján meghatároztam, hogy egy bővített, mindkét atomerőművet lefedni képes SBK eljárásrend megalkotásához milyen irányú felülvizsgálat és fejlesztés szükséges.
2. Mindkét atomerőmű technológiai sajátosságából, ugyanakkor működési elvük hasonlóságából fakad, hogy a funkcióvesztések és veszélyforrások meghatározása megalapozza a súlyos balesetek során végrehajtandó eljárások szükségességét, sorrendiségét és egyedi specifikációját.
3. A Nemzeti Jelentés stressz-tesztjére és annak Célzott Biztonsági Felülvizsgálatára hivatkozva állapítottam meg, hogy az SBK útmutatóknak milyen lényegi fejlesztési irányt kell venniük annak érdekében, hogy a két párhuzamosan működő atomerőmű végső védvonalainak elvesztése után is képes legyen olyan alternatívát kínálni, amellyel a nukleáris baleset elhárítás hatékonyan megvalósítható.

4. Fontos volt meghatározni az SBK hűtővízhez és villamos betápláláshoz köthető konkrétumokat és az opcionálisan felhasználható eszközöket annak érdekében, hogy látható legyen a végrehajtás komplexitása.
5. Felvázoltam azokat a kritikus részelemeket, melyek nagyban befolyásolják a hatékony és stabil helyzetkezelést, valamint egy részletes példán keresztül elemeztem és bizonyítottam azt, hogy az SBK végrehajtás mobil eszközei rendelkeznek azokkal a paraméterekkel, melyek révén képesek kiváltani a beépített üzemi berendezések működését, azok funkcióvesztése esetén.
6. A meglévő ismeretek alapján visszautaltam arra, hogy az új, létesítendő atomerőmű technológiai különbségekkel rendelkezik, amely alapvetően határozza meg a meglévő SBK eljárásrendek fejlesztési irányát.
  - a. Két párhuzamosan működő atomerőmű veszélyhelyzeti kezelésének elemzése során ismét felmerült a valós idejű információ továbbításának fontossága, melyet a 2. fejezetben taglaltam.
  - b. A fejlesztési irányvonalakat és a bővítések lehetőségét a két erőmű különbségei alapján határoztam meg, kiemelt figyelmet irányítva arra, hogy a hatékony SBK végrehajtás elengedhetetlen aspektusa az operatív vezetők és végrehajtók célirányú szaktudásának megléte.
7. A bővített SBK megalkotásához meghatároztam, hogy a meglévő eljárásrend és a Paksi Atomerőmű területén kialakított, tesztelt és elhelyezett eszközök és rendszerelemek milyen mértékben képesek hozzájárulni a Paks II leendő SBK funkcióinak kielégítéséhez.
  - a. Kiemeltem, hogy vannak olyan meglévő rendszerelemek, melyek minimális ráfordítással hatékonyan képesek a leendő nukleáris létesítmény biztonságához hozzájárulni, ugyanakkor kiemeltem azt is, hogy a két erőmű közötti SBK kapcsolatok megteremtésére már az új erőmű kiépítési szakaszában gondolni kell, jelentős előrelépést téve ezzel a bővített SBK megalapozásában.
  - b. Felvettem, hogy mindkét atomerőmű KÜTR rendszerének összekötése milyen azonnali helyzetkezelési hatékonyságot jelenthet, kritikus időt spórolva.
  - c. Megállapítottam a releváns dokumentációkat felhasználva, hogy a meglévő vízforrások közös felhasználására lehetőség van, ugyanakkor az új atomerőmű tervezett üzemi vízforrásain felül opcionálisan kialakítható további víznyerőhely, amely jelentőségét még a következő fejezetben tovább kívánom taglalni.

- d. A stabil villamos összeköttetés és a mobil aggregátoros betáplálás lehetőségeinek felvázolásával és racionalizált bővítési elvével kívántam hozzátenni a bővített SBK lehetőségeihez, melyben alapvető fontosságú a végső hőelnyelő funkciók villamos betáplálásának kiesése esetén a folyamatos energiautánpótlás biztosítása.
8. Az új atomerőmű technológiai újításai révén az SBK fejlesztés olyan irányvonalát is meghatároztam, amely a korábbi eljárásokban nem szerepelt, mivel a Paksi Atomerőműben biztonságnövelő hőelvezetési funkció nem található.
    - a. A duplafalú konténment levegőhűtésének technológiai felvázolásával fel is tártam azokat a releváns pontokat, melyek kiesése esetén látható, hogy mely pontokon milyen módon lehet az SBK betáplálást megvalósítani.
    - b. Az állandó kiépített működtetést biztosító átvezetésekén túl felvázoltam a mobil közbenső levegő betáplálás szükséges kritériumait és az ehhez kapcsolódó csatlakozási lehetőségek radioaktív kibocsátási intelmét.
    - c. A meghatározott irányvonalak és működésük tesztelhetősége kapcsán megállapítottam, hogy az elvi vázlat alapján gyakorlati tesztelésük szükséges, amihez olyan technikai paraméterek szükségesek, amelyek jelenleg nem állnak rendelkezésre.
  9. Megállapítottam, hogy az általam javasolt SBK bővítési és fejlesztési iránnyal megvalósítható mindkét atomerőmű célzott biztonsági funkcióinak lefedése, melyhez a bővített SBK rendszerlemeit már a nukleáris létesítési szakaszban meg kell valósítani, annak érdekében, hogy az eljárásrendek applikálhatóak legyenek mire a két atomerőmű a tényleges párhuzamos működést megkezdi.
  10. A bővített SBK erő-eszköz fejlesztésének kapcsán ismét kiemeltem, hogy a meglévő eszközök kompatibilitása és az új, specifikus felszerelések beszerzésének milyen irányú átgondolása szükséges a hatékony SBK végrehajtáshoz.
  11. Levezettem, hogy a bővített SBK megnövelt helyzetkezelési potenciált követel meg, ami alátámasztja a korábban meghatározott bővített tűzoltóság létszámának szükségességét.



## 5. JAVASLAT A PÁRHUZAMOSAN MŰKÖDŐ ATOMERŐMŰVEK PERIFÉRIÁS VÉDELEMI KIÉPÍTÉSÉNEK BŐVÍTÉSÉRE

A már említett „*stressz-teszt*” kapcsán meg kell jegyeznünk, hogy a Célzott Biztonsági Felülvizsgálatban sorra vett veszélyeztető tényezők megkövetelik, hogy további vizsgálatnak vessük alá őket. Az atomerőművek perifériás védelemének biztosítása olyan többtényezős feladat, amelynek megvalósítása a meglévő atomerőmű kapcsán is jelentős, viszont az új, létesítendő atomerőmű kapcsán kritikus jelentőségű. Ennek oka abból is fakad, hogy a két egymás mellett üzemelő atomerőmű működését olyan módszerekkel és eljárásokkal kell szavatolni, melyek nincsenek kihatással az erőművek biztonsági rendszereire és semmilyen az egyik erőműben alkalmazott eljárás vagy annak kiesése nem okozhat dominó effektust a másik erőműre vonatkoztatva. Az üzemi és technológiai működésen felül igaz ez minden külső befolyásoló körülményre, vagyis olyan perifériára is, ami nem az üzemi működéshez és annak biztonságához köthető. [6]

Az említett vizsgálat kiter a földrengések, árvizek és szélsőséges időjárási viszonyok okozta hatásokra, ugyanakkor a jelentés készítése óta eltelt időben történt események kapcsán felvetem a felülvizsgálat adott pontjainak fejlesztését. A potenciális perifériás védelmi hézagok felismerése és hatékony ellenintézkedések előkészítése esetén tarthatóak a tervezési alapon megkövetelt biztonságos üzemi működés feltételei.

Az optimális védelemhez olyan redundáns rendszerekre is szükség van, melyek révén hatékonyan lehet alkalmazkodni az időjárás okozta változókhoz, ami adott esetekben komoly üzemi működtetést korlátozó faktorként merülhet fel. Szükséges továbbá, hogy az olyan különleges eljárásrendek alkalmazása, mint amilyenek az SBK opciók végrehajtása, ne ütközhessenek szélsőséges időjárási vagy extrém természeti jelenségek kialakulása okozat megvalósíthatatlanságba. Az extrém körülmények kihatásaival nemcsak technológiai működtetés során kell számolni, de minden olyan területen, ahol mobil vagy külső eszközök és felszerelések felhasználásnak opciója felmerül, mint potenciálisan szükségszerű felhasználási terület. Ennek fényében fontos felvázolni a veszélyeztető hatásokat és azokat a koncepciókat, melyek által a perifériás védelem kiépítése megvalósulhat. [6]

A fejezetben először a földrengés és árvíz témakörét tárgyalom, aztán a szélsőséges időjárás és további extrém természeti jelenségeket, mint amilyen a jegesedés, vagy az extrém alacsony vízszint. A rendkívüli időjárási és extrém természeti jelenségekhez társulnak azok az észrevételek és javaslatok, melyek alapján a már említett kiépített perifériás eszközök megfelelően felhasználhatóak. [13]

Ezek alapján az új atomerőmű Célzott Biztonsági Felülvizsgálata az elemzések által behatárolt tényezők és eredmények alapján bővíthető, hogy a jövőben mindkét atomerőmű működtetése biztonságos keretek között valósuljon meg, a természeti jelenségek extrémításától függetlenül. A különleges időjárási helyzetek ellenére, a megfelelően kidolgozott eljárásokkal a biztonság kezelhető mederben tartható.

### **5.1. Súlyos balesetet kiváltó és befolyásoló rendkívüli körülmények elleni tervezés fejlesztésének koncepciója**

Az atomerőművek biztonságának tervezési alapba történő érdemi hivatkozásához szükséges rendelkezni megfelelő mennyiségű és alátámasztott információval a lokális természeti veszélyforrásokról, a vonatkozó sérülékenységi adatokkal kiegészítve, továbbá az adott hatásokra jellemző mértékadó terhelési jellemzőkkel és a hozzárendelt bekövetkezési gyakoriságokkal.

#### **5.1.1. Földrengés**

Az ipartelepítési gyakorlat norma vonalát követik az atomerőművek telepítési eljárásai is. A műszaki tervezéshez felhasználásra kerülnek a telephely szeizmológiai és földtani jellemzőinek minősítései, melyek összegzik az elmúlt évtizedek mérési eredményeit. [105]

A mai telephelyvizsgálatok minősítésénél a feljegyzett előzményadatok nagyban segítik a végleges döntéshozást. Ezek alapján meghatározásra kerülnek a földrengés során kialakuló potenciális szabadfelszíni vízszintes és függőleges gyorsulási erő várható maximális értékei, figyelembe véve a felszint borító laza üledékréteg rezgésátvitelét. [105] A talajfolyósodás és a permanens felszínre kifutó elmozdulások opcionális vizsgálata hozzáadódik az elemzés következtetett eredményéhez. [45]

A telephelyvizsgálathoz tartozó földtani-szerkezeti modell több vizsgálati aspektust tartalmaz, melyek megalkotása a következő tudományos ágazati analíziseket foglalja magába:[105]

- „*geológiai;*
- *geomechanikai;*
- *geofizikai;*
- *tektonikai;*
- *rétegtani;*
- *hidrogeológiai;*
- *fejlődéstörténeti;*
- *zónákra osztott szeizmológiai.*” [10:35]

A telephelyvizsgálat optimális eredményei ellenére a felépített üzemnek rendelkeznie kell olyan speciális üzemzavar elhárítási utasítással, amely szabályozza az kezelőszemélyzet tevékenységét a potenciálisan bekövetkező földrengések esetére. Az atomerőmű önmagában képes jelentős radioaktív kibocsátás nélkül átvészelni olyan, a blokkok teherbírási szintjére tervezett szeizmikus aktivitást, amely nem éri el a biztonsági földrengés szintjét. [76] Ilyen esetekben ugyan felléphetnek járulékos károk, meghibásodások vagy tűzesetek a kiszolgáló rendszereket kezelő létesítményrészekben és a megerősítésre nem került épületekben és rendszerelemekben. [105] Számolni kell azzal is, hogy a földrengések következtében olyan indirekt hatások lépnek fel, melyek nem veszélyeztetik közvetlenül a nukleáris biztonságot, de károsíthatnak olyan nem kritikus részeket, amelyek hatással lehetnek a biztonsági funkciókat ellátó elemekre. [6]

Az SBK útmutatók számolnak az olyan esetekkel, ahol a földrengés következtében hűtőközeg vagy villamos betáplálás elvesztése jelentkezhethet, mint járulékosan fellépő következmény, és ilyen esetekre meghatározza az optimális betáplálás pótlás alternatíváját, akár mobil eszközök felhasználásával is, hogy a nukleáris biztonság megtartható legyen. [105]

A telephely felülvizsgálat tervezési alapba történő integrálásánál az alábbi értékek lettek meghatározva:

- maximális szabadfelszíni vízszintes gyorsulás várható értéke 0,25 g;
- a maximális szabadfelszíni függőleges gyorsulásé 0,2 g.

A számítás a szabadfelszíni gyorsulásérték és a válaszspektrum felszint borító laza üledékréteg átvitelét tükrözi, amelynek értékét meg nem haladó intenzitású földrengéseket nevezünk biztonsági földrengésnek. Az atomerőmű területének földrengési vizsgálata a telephely 300 km-es sugarú környezetére terjedt ki.

A normál vizsgálat alapjául a létesítmény teljes élettartamára vonatkozó 0,005 meghaladási valószínűségét tekinti, a szakadékszél-hatás kizárásával. A Paksi Atomerőmű tervezési alapjában azonban ennél jóval szigorúbb szabályozásnak megfelelő tethető eredmény kerül elfogadásra, amely biztonsági földrengési határesemény valószínűségként  $\leq 10^{-4}$ /év meghaladási szintet fogalmaz meg. A különböző visszatérési időkre lebontott vízszintes gyorsulás egyenletes veszélyeztetettségű válaszspektrumához rendelt értékek alapján megállapításra került, hogy az atomerőmű konzervatívabb elfogadási szintje helytálló, ami által a szakadékszél-hatás és földrengés oldaláról biztosítottnak tekinthető a telephely.

A biztonsági földrengés az atomerőmű tekintetében tehát azzal is jár, hogy az azt meg nem haladó intenzitás esetén a minden nukleáris biztonság szempontjából fontos üzemi rendszer és rendszerelem működőképes marad.

A telephelyek talajjellemzői alapján azonban a talajfolyósodás kialakulásának lehetősége nem zárható ki. Azonban a empirikus megítélési módszereket is felhasználva a jelenség visszatérési ideje 14000/18000 évre tehető, ami alapján a tervezési alapot nem befolyásolja a megfeleléségben. [105] A közvetlen szomszédságában épülő nukleáris létesítmény ezáltal szintén megfeleltethető ezen vizsgálati eredményeknek, ami azt jelenti, hogy a szükséges és kitapasztalt földrengésbiztos kiépítések alkalmazásával, valamint az SBK útmutatók kidolgozásával és annak a két erőmű szempontjából közös rendszerben történő továbbfejlesztésével a veszélyforrás minden lehetséges aspektusa lefedésre kerül. [49]

#### *A Paksi Atomerőmű biztonsági földrengéssel szembeni védelme*

A Paksi Atomerőmű telepítésekor a földrengés általi veszélyeztetettség nem volt eléggé átgondolva és mivel alulértékelt veszélyforrás volt, így az akkori normáknak megfelelően sem szerkezetileg, sem pedig technológiai oldalról nem lett vele számolva és nem történt meg a rendszerlemek szeizmikus minősítése sem. 1993-ban indult földrengés-biztonsági program, melynek célja az elmaradt minősítések elvégzése és célirányos módszerekkel a szükséges pontok megerősítése volt. Az akkori feltételezés egy olyan 72 órás hűtőközeg, villamos energia utánpótlási és sótan víz betáplálási hiány volt, amely során a primerköri főkeringtető vezeték törése nem következett be.

Az 1993-2003 között elvégzett vizsgálatok során meghatározásra kerültek az atomerőmű rendszereinek és rendszerlemeinek a földrengés-biztonsági osztályba sorolása és a szeizmikus kölcsönhatások által veszélyeztetett, potenciális funkciókiesést okozó elemek. [6] A védelem érdekében több, sorozatos védelmi megerősítésre került sor. a kritikus helyzetek kezeléséhez útmutatók és eljárásrendek lettek beiktatva a kezelőszemélyzet számára, hogy az üzemi rend fenntartására irányuló tevékenység szervezett körülmények között valósuljon meg. Az eredmények alapján a következő biztonságnövelő intézkedések lettek kivitelezve: [105]

- A primer hűtőkör berendezéseit viszkózus rezgéscsillapítókkal erősítették meg;
- Az üzemzavari zónahűtés rendszerei és a hermetikus tér aktív nyomáscsökkentő rendszer meghibásodására üzemzavarelhárítási utasítások lettek megfogalmazva;
- A biztonságvédelmi rudak rázópados vizsgálatával bizonyításra került, hogy a biztonsági földrengés szintjénél jóval nagyobb terhelésre van szükség azok funkcióvesztéséhez;
- Földrengés esetére a nem földrengésbiztos rendszerlemek automatikus leválasztására műszeres jelzőrendszerrel kiépített egységek kerültek felszerelésre;

- További biztonságnövelő kiépítések kerültek alkalmazásra, hogy a földrengés következtében jelentkező potenciális másodlagos kárhatások ne okozhassanak súlyos baleseteket. Ilyenek a generátor hidrogén és tengelyzár olajrendszerének vészleürítési lehetősége, tűzoltó berendezések és veszélyes anyagot tartalmazó rendszerek megerősítése;
- A tűzivíz rendszerhez földrengésbiztos oltóvizet biztosító, dízelmotoros szivattyúkkal felszerelt épület lett kialakítva, amely a főépület belső kör tűzvédelméhez szükséges vízbetáplálását hivatott biztosítani;
- Az erőmű területén épületek és épületszerkezetek kerültek megerősítésre a főépülettől a turbinacsarnok pódium szintjéig, beleértve a villamos épület téglafalait, dízelgépházat, segédépületeket, sótalanvíz kezelő épületrészeket és blokkvezénylőket;
- A pihentető medence szerkezeti integritás-megtartása is kivizsgálásra került, melynek eredményeként megállapították, hogy a reaktorépület vasbeton tömbjének ellenállása révén a pihentető medence épsége biztosított;
- A pihentető- és átrakó medencék hűtővíz keringtetésére szolgáló berendezéseit megerősítették, hogy ne fordulhasson elő hűtőközegvesztés.

A vizsgálatok rámutattak több olyan indirekt következmény-hatásra, melyek biztonsági földrengés, vagy azt meghaladó szeizmikus aktivitás esetén csökkentenék a védettség szintjét, ezért azok külön figyelmet igényelnek. Ezek a következők:

- Figyelembe vették, hogy a II. kiépítés sótalanvíz tárolóinak nem minősített vasbeton épület-szerkezetei biztonsági földrengést meghaladó szeizmikus aktivitás esetén sérülhetnek és az egészségügyi és labor épület közelsége miatt arra rádőlve további károsodást okozhat, ami többszintű problémát eredményezhet, mivel a tartályok egymásnak részben tartalékait is képzik;
- A sótalanvíz tartályok kiegészítő lehorgonyzással lettek ellátva, hogy képesek legyenek elviselni a biztonsági földrengés közvetlen igénybevételét;
- Az atomerőmű területén elhelyezett tűzoltó laktanya földrengésre nem minősített épület, melyhez földrengésbiztos SBK garázs lett építve, biztosítva a kritikus fontosságú eszközök és felszerelések bevetettségének megmaradását;
- A kondenzátorhűtővíz szállítására szolgáló 3600mm átmérőjű csővezetékek nincsenek földrengésre minősítve, amely sérülése esetén elárasztja a csővezeték árkokat, melyek elegendő térfogat kapacitása révén képes a kiömlő vizet tárolni, ugyanakkor előfordulhat lokális kiömlés és elöntés.

Ilyen esetekben a sérülés helyétől függően előfordulhat a dízel épületek, a vízmű biztonsági kábelalagútjainak és a turbinagépház pinceszintjének elárasztása;

- Az óvóhelyek közül csak a VVP 450 fős befogadóképességű építménye rendelkezik földrengés-állósági minősítéssel;
- A hírközlés nyomvonalai és az URH rádiórendszer tornya nem rendelkezik földrengés-állósági minősítéssel, ami földrengés okozta sérülés esetén korlátozhatná a kommunikációt.

A primerköri hűtőkör földrengés-állósági minősítése megtörtént és az integrálásra került a tervezési alapba, ami azt jelenti, hogy amennyiben egy földrengés következtében hűtőközeg vesztés lépne fel, akkor azt tervezési alapon túli eseménynek kell tekinteni. [49] Ez azt vonja maga után, hogy az üzemzavari zónahűtés biztonsági földrengésre minősített rendszerei képesek megtartani a funkciójukat, ezért a speciálisan földrengésre kidolgozott eljárások helyett ilyen esetekben az üzemzavar-elhárítási utasítások eljárásai lesznek a mérvadóak. [6]

### **5.1.2. A földrengés perifériás védelemi bővítésének lehetőségei**

A szeizmikus hatások tekintetében megállapításra kerültek az atomerőmű területére jellemző adatok, melyek alapján a Paksi Atomerőműben megtörténtek a rendszerek, rendszerelemek és épületek releváns részeinek megerősítései. A földrengések és talajfolyósodások hatásainak elemzése és valószínűségük meghatározása által kiemelhetjük, hogy mindkét atomerőmű területe hasonló tulajdonságokkal bír, ami alapján az új nukleáris létesítmény megépítéséhez szükséges követelmények adottak és kivitelezhetőek.

A lokális geológiai jellemzőktől függetlenül is ismert, hogy az új nyomottvizes reaktoralapított harmadik generációs atomerőmű olyan kivitelezési alapkonceptióval rendelkezik, amely képes szélsőséges behatásoknak ellenállni és azokat üzemi működés mellett is biztonságosan tolerálni.

A VVER 1200-as típusú reaktor duplafalú konténmentjének mechanikai hatás-ellenállási jellemzői alapján kerültek megállapításra a következők: [48]

- A primerköri elemek és a reaktortartály rendszerei speciális rezgéscsillapítókra ültetve kerülnek kivitelezésre;
- A duplafalú konténment 200 tonnás, 30 kPa erősségi lökeshullám és 56 m/s becsapódási erő elleni rezisztenciával rendelkezik;
- Az Annulus egésze 8-as erejű földrengésnek képes ellenállni. [86]

A földrengések elleni védelem jelenlegi koncepciója a Fukushima-i baleset után született biztonsági felülvizsgálat eredményeképpen lett újragondolva. Ezen elvek alapján megerősítve alkalmas arra, hogy biztonságosan üzemeltetni lehessen egymás mellett az adott talaj és szeizmikus tulajdonságok figyelembevételével az atomerőműveket és azok kiszolgáló létesítményeit. Ezen szemlélet szerint a meglévő biztonsági megközelítés további alkalmazása mellett az SBK eszközök és felszerelések megfelelő földrengés rezisztens elhelyezésével tartható a tervezési alap szükséges védelmi szintje.

Mindkét atomerőmű esetében lényeges, hogy rendelkezzen olyan kiszolgáló építményekkel, amelyek képesek tolerálni a szeizmikus aktivitás miatt létrejövő hatásokat. A fentiek fényében a meglévő és az új létesítendő nukleáris létesítmény potenciális földrengés hatás perifériás védelmi ellenállóképesség megtartásának vizsgálatára alapozva megállapítom az alábbiakat:

- A Paksi Atomerőmű földrengésálló minősítéssel rendelkező 450 fős óvóhelyének védműképességét alapul véve olyan földrengésbiztos óvóhelyeket szükséges kialakítani, amelyek tulajdonságai meghaladják a 450 fős hatás-ellenállási értékeit. Ennek kapcsán fontosnak tartom visszautalni a korábbi fejezetben már említett közös VVP kiépítésére, amelynek szintén meg kell felelnie a földrengés ellenállósági követelményeknek; [105]
- Mivel a meglévő adótorony nem rendelkezik megfelelő minősítéssel, ezért a kommunikáció kiépítésére olyan technológiai és szerkezeti megoldásokat kell alkalmazni, amely nemcsak az új atomerőmű kommunikációját képes lefedni, de a másik erőmű területén lévőt is. Ezzel a két adótorony egymás tartalékának is tekinthető egyben, ami további biztonságnövelt funkcióként számolható el; [6]
- Az SBK eszközöket vontató és szállító járművek elhelyezésére csak olyan földrengésbiztos garázsokban kerülhet sor, amelyeket a környező épületek és építmények sem veszélyeztetnek rádőléssel vagy ráomlással, függetlenül azok besorolásától; [6]
- A meglévő kondenzátorhűtővíz csővezetékeinek árka potenciálisan fenyegeti a turbinagépházat és relatív közelségű talaj alatti kábeljáratokat elárasztással, ami veszélyhelyzetet eredményezhet amennyiben kihat a technológiai üzemből és nem lehet rövid időn belül megkezdeni a víztávoltítást.

Az új atomerőmű vízbetáplálási útvonalához ennek fényében tartoznia kell olyan vízelvezető kialakításnak, ami meggátolja, hogy a csővezetékek kiömlést okozó sérülése esetén a víz a technológiai rendszerekhez jusson; [45]

- A kommunikációs csatornák sérülése esetén az ÜMR kiépített rendszere használható maradhat, a szükséges adatok továbbítására, amennyiben annak akkumulátoros és mobil felhasználói felülete már kialakításra került, mivel alapvetően olyan kommunikációs csatornákat is képes lenne tervben használni, amelyek vezeték nélküli kapcsolati technológiával is működőképeseek. [49]

### **5.1.3. Árvíz, külső elárasztás**

A biztonságra való törekvés minden veszélyes ipari üzem sajátja, melyben a hazai és nemzetközi jogszabályoknak történő megfelelés az alapkoncepció. A komoly környezeti és emberi életet veszélyeztető károsító hatások, az anyagi javak védelmére történő törekvés minden biztonsági tervezés olyan lehetséges aspektusa, amelyek koncepcionális kezelésével minimálisra csökkenthetők a veszélyfaktorok. [6] A természet erőinek megfelelően alapos feltérképezése és hatás-elemzése tehát szignifikáns része a biztonságos üzemi működtetésnek.[106]

Árvízi védekezésnek azokat a beavatkozási szintekre bontott folyamatokat tekintjük, mely a vízterület tulajdonságai és az időjárás által befolyásolt tényezők összességét kiteszik. [71] Elsődlegesen az olyan megelőző beavatkozásokat kell kialakítani, melyek önmagukban elegendők az adott vízmenti területek védelmére. A veszélyes vízszakaszokon ezért állandó védműveket alakítanak, melyek elhelyezkedése, magassága és hossza a vízmeder, hullámtér és vízmozgások függvényében van meghatározva. [106]

A kiépített védművek kiegészülhetnek ideiglenesen felépített védművekkel és olyan mobil eszközökkel, amelyek alkalmasak a megfelelő veszélyelhárítás megvalósítására. Az esetleges mobil eszközök felhasználása és ideiglenes kiépítések telepítése az árvízvédelmi fokozat függvényében kerülnek alkalmazásra.[107] A hatékony árvízi védekezéshez folyamatos ellenőrzés és állapotmonitorozás tartozik. Áradás esetén, amikor a vízfolyás mértékadó vízmércéjén egy meghatározott vízállást ér el, árvízvédelmi készség lép életbe. A készséget addig tartják fent, ameddig a vízszint a biztonságosnak ítélt mértékig le nem csökken, az áradás során megrongálódott védművek helyreállítása meg nem történt, valamint a mértékadó szakaszon el nem végezték a biztonsági ellenőrzést. [46]

Magyarország folyói a környező országok hegyi vízgyűjtő területeiről érkeznek, és számításba véve, hogy az ország legalább 23%-a alacsonyabban fekszik a folyók általános vízszintjénél, megállapíthatjuk, hogy az árvizek okozta veszélyek jelentős károkat okozhatnak, amellyel számolni szükséges. Ezen körülményeket súlyosbítja, hogy az ország éghajlatát befolyásoló áramlatok komoly esőzéseket eredményezhetnek az egyes kritikus területeken.[80]



Amikor egy folyó kilép a medréből és potenciálisan hasznos területek elárasztásával fenyeget, árvízről beszélhetünk. A hasznos területek védelme érdekében azokat mesterségesen el kell választani a potenciálisan veszélyes vízterületektől úgy, hogy szükség esetén a védelem megerősítése érdekében további beavatkozásokat lehessen eszközölni. [72] A megerősítő eljárások során az elsődleges védművek kibővítésének olyan mértékben kell megtörténnie, ami a kialakult helyzetnek megfelelően szükséges. Ennek a megvalósításához elengedhetetlen a megfelelő létszámú operatív személyzet és a mobil erőforrások megléte. [71]

A megfelelő háttér biztosítása mellett olyan irányító szakszemélyzetre is szükség van, akik ismerik az elhárítás helyzet és területspecifikus tulajdonságait, hogy a megfelelő módozat alkalmazása semmiképpen ne gyengítse tovább a meglévő elsődleges vagy további ideiglenes védekezésre kiépített védműveket. Az árvízmentesítés hatékony módozatai alatt a következő beavatkozásokat értjük: [108]

- az árvíz gyorsabb lefolyásának csökkentése;
- az árvíz lefolyásának megosztása;
- a lefolyásra kerülő víz mennyiségének csökkentése;
- az elárasztással veszélyeztetett terület csökkentése.

A terület csökkentésén alapuló módszer része a partvonalon történő, változó távolságokon emelt többszöri védőtöltés alkalmazása.

Az optimális mobil mentesítéshez a felhasználandó eszközök megfelelő mennyiségű és minőségű felhalmozása elengedhetetlen, továbbá ezek alkalmazásához a szállítókapacitáson felül olyan járművek szükségesek, amelyek alkalmasak a nehéz terepen történő közlekedésre egyaránt. [106] Fontos meghatározni azt is, hogy az arra alkalmas járművek milyen útvonalon tudják megközelíteni a releváns helyszíneket, mivel a felszerelések rövid időn belüli célba juttatása elengedhetetlen része a védekezésnek. [49]

#### **5.1.3.1. A Paksi Atomerőmű árvízvédekezési koncepciója**

A földrengés bekövetkezésének és következmény-hatására történő felkészülésének sémájával párhuzamosan a Paksi Atomerőmű az árvízvédelem kapcsán is a biztonságos üzemeltetés és alapos felkészülés elvét követi. A biztonságtudatos tervezés elvét követve a nemzetközi és jogszabályi normákban megfogalmazottakhoz képest szigorúbb védelmi intézkedések magvalósítására törekszik. Az árvízvédekezési eljárások kialakítása és szinten tartása követi a jelenlegi és a jövőben potenciálisan felmerülő változások által generált veszélyhelyzetek megelőzésére készített felkészülési tervek készítését. [6]

Ennek következménye, hogy a Paksi Atomerőmű Célzott Biztonsági Felülvizsgálatáról szóló Nemzeti Jelentés, valamint a Paks II *Telephely Biztonsági Jelentés és Telephely jellemzése* kapcsán az MVM Paksi Atomerőmű Zrt., az Atomix Kft., a Katasztrófavédelem és a Közép-dunántúli Vízügyi Igazgatóság közös árvízvédelmi projekt keretén belül felülvizsgálta és szükségesnek ítélte egy árvízvédekezéssel kapcsolatos szakmai csoport létrehozását. [48] Ennek folyamánya, hogy az Atomerőmű Tűzoltóság eszközparkja az árvízvédekezési feladatokhoz szükséges felszerelésekkel került bővítésre, melyhez az ATÜ operatív beavatkozó állomány számára szakmai továbbképzése és gyakoroltatása társult. [107]

A Paksi Atomerőmű jelenlegi üzemi területének biztonságát ellátó védművek a Paks-Bölcske, úgynevezett 04.03-as védvonal részeként került meghatározásra és kiépítésre, tehát nem tartalmazza az erőmű bővítéssel kapcsolatos paramétereit. [106] Az árvízvédelmi fejlesztett tervezés lényege, hogy a releváns dunai töltések és magaspartig tartó csatornáinak szakaszai ellenőrzésre kerüljenek és olyan esetekben, amikor indokoltá válik, azonnal rendelkezésre álljon egy bővített üzemi területre vonatkozó árvízvédelmi végrehajtási eljárásrend. [46]

#### *A Paksi Atomerőmű Dunai környezete*

A Duna, mint meghatározó közvetlen térségi vízfolyás az atomerőmű tekintetében is jelentős technológiai funkciót lát el. Ennek a természetes folyónak az aktuális adottságai és paraméterei nagyban befolyásolhatják a nukleáris létesítmények üzemi működését, mivel közvetlenül kihatással vannak rá az extrém időjárási és természeti jelenségek. [106] A vízfolyás minden évszakban sajátos paraméterekkel rendelkezik, melyek tekintetében lehetőség van számolni a hűtővíz felhasználás szélsőséges megoldásaival, hogy minden külső körülmény ellenére is tartható legyen a normál üzemállapot. [72]

Általános és paksi környezeti jellemzők: [46]

- Középvízmeder átlagos szélessége 400-600m;
- A Paksi Atomerőmű elhelyezkedése az 1527 fkm-nél;
  - o Mederszélesség 430m;
  - o A szakaszra szimulált árvízi középvíz meder szélessége 1,1-1,2 km;
- A Duna vízjárását elsősorban befolyásolja az Alpok hóolvadása és csapadék által keletkező többletvízhozam, ami a tavaszi hóolvadás, nyári csapadékmennyiség és gleccserolvadás tekintetében változik;
- Az ősztől tél végéig terjedő időszakban kisvízi árszint jellemzi;

- Jelentősebb mellékfolyam a paksi régióban nem található, ennek fényében a Dunaújváros-Mohács szakaszon az átlagos vízhozam  $2350 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
- Az atomerőmű térségében az átlagos mederszint 4-6m. kisvízszint alatt 4m, sodrásvonalban 5-6m;

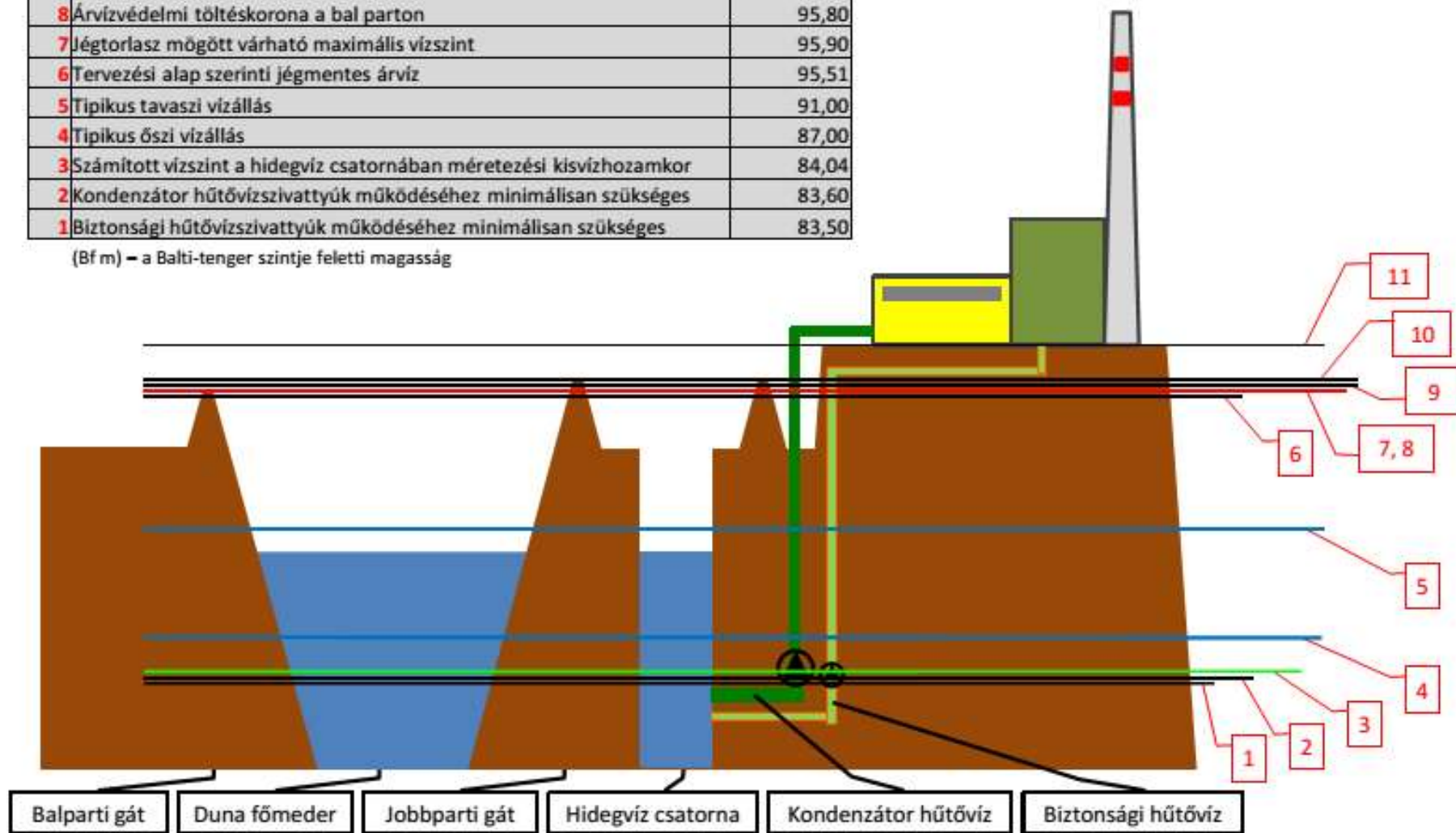


3.kép: Az árvízvédelmi előadás és a Telephely Hidrológiai jellemzése alapján szerkesztett térkép, forrás: Google Maps, készítette a szerző [106]

Az atomerőművet védő töltések a Duna jobb partján, a hidegvizes csatorna beömlő torkolatát megelőző partszakaszon kerültek létesítésre, melyhez a csatorna beömlési ágán csatlakozik egy 393 méter hosszú védmű. A lehetőségekhez mért körülzárási elvvel egyhangúlag, az üzemi vízkilépő kifolyási ponttól a Dunai betorkolásig további 1358 méteres töltés lett kiépítve a melegvizes csatorna mentén. [46] A töltések kiépítési magassága az árvízvédelmi fokozatokhoz viszonyítottan lett megalkotva, amely szerint a vízállás magassága a legmagasabb elrendelt fokozatban se legyen képes átbukni a védművön és előnteni a mögötte lévő területet. [106]

No.	Megnevezés	Szint (Bf m)
11	Atomerőművi telephely feltöltési szintje	97,15
10	Árvízvédelmi töltéskorona a jobb parton	96,30
9	Tervezési alap szerinti jegesárvíz	96,07
8	Árvízvédelmi töltéskorona a bal parton	95,80
7	Jégtorlasz mögött várható maximális vízszint	95,90
6	Tervezési alap szerinti jégmentes árvíz	95,51
5	Tipikus tavaszi vízállás	91,00
4	Tipikus őszi vízállás	87,00
3	Számított vízszint a hidegvíz csatornában méretezési kisvízhozamkor	84,04
2	Kondenzátor hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,60
1	Biztonsági hűtővízszivattyúk működéséhez minimálisan szükséges	83,50

(Bf m) – a Balti-tenger szintje feletti magasság



16.ábra: A Nemzeti Jelentés jellemző magasság szintjei a Paksi Atomerőmű telephelyén,

forrás: Nemzeti Jelentés 54. oldal [6]

A védművek kiépítésénél fontos, szem előtt tartott minőségre törekvő alapszemlélet volt, hogy azok kritikus fontosságú biztonsági funkciót látnak el, lévén egy nukleáris létesítmény védelmének adott részét szavatolják. A vízállások optimális megismeréséhez több szervezet adatait felhasználták, de alapvetően az 1916 és 1985 közötti statisztikai adatok voltak a meghatározóak.

A statisztikák tartalmazzák a legnagyobb vízállások éves lebontását, a jégmentes magas vízállásokat, az üzemi telephely szelvény területének maximális árvízszintjeit és azok vízhozam tartósságának adatait. A statisztikai elemzések alapján Balti-tenger fölötti (továbbiakban: BF) vízmagassághoz viszonyítottan 97,51 méteren lett behatárolva a jégmentes árvízi szint. A létesítés során ez a BF volt a viszonyítási alap, amelyhez társult a Duna  $\sim 2700 \text{ m}^3/\text{sec}$  vízhozama. [108] Ezen származtatott értékek alapján lett meghatározva az atomerőmű alapjához tartozó, kialakítandó terepszint. A létesítés biztonságosságát támasztott alá az is, hogy az adott folyószakaszon a Duna bal partjának árvízvédelmi koronaszintje jóval alacsonyabban van, így a rendezési terep-alap szint 95,17 méter lett. A Duna bal parvonálán történő alacsonyabb koronaszint és a jobb parti terepszint tervezés ilyen jellegű behatárolása révén a biztonsági rendszerek tervezési alapját nem kellett képeznie a természetes árvízből adódó fenyegetettségnek. [46] A Duna vízjárásával kapcsolatosan felmerül az előrejelezhetőség kérdésköre. Ilyen szempontból a várható vízszintek alakulásáról általánosan elmondható, hogy 4-5 nappal megelőzőleg viszonylagosan magas valószínűségi rátával lehet előrejelzéseket megfogalmazni. A Duna ilyen jellegű linearitása és kiszámíthatósága megkönnyíti a potenciálisan veszélyeztetett beavatkozási partszakasz hosszát és a hozzá tartozó szükségszerűen bevetendő erő-eszköz igényeket. [6]

#### *Árvízvédelmi fokozatok és lehetséges árvízi jelenségek*

Az árvízvédelmi fokozatok a Mértékadó Árvízi szint (továbbiakban: MÁSZ) függvényében meghatározzák azokat a feladatokat, melyek végrehajtása szükséges az üzemi biztonság és védelem integritásának fenntartása érdekében. [108] Jellemző korlátot és nehezítő körülményt jelenthet, hogy a töltéskorona magasítására csak korlátozottan van lehetőség. A töltéskoronán épített rövid távú nyúlgátak nem haladhatják meg a 0,5-0,6 métert. Olyan esetekben, amikor erre szükség lehet, már III. fokú árvízvédelmi készültség van érvényben. [107] Mivel a Duna mindkét partján van árvízvédelmi kialakítás, és a bal parton található töltéskoronán átbukó víz nagy terjedelmű területre ömlik, így ez is további biztosítékul szolgál a jobb part, vagyis az atomerőmű üzemi területe felé, hogy ne történjen meg jobb-parti töltéskorona átömlés. [71]



17.ábra: A Telephely Hidrológiai jellemzés és árvízvédelmi jegyzet előírás szerint kialakított árvízvédelmi töltés a mértékadó árvíz-szint jelölése, forrás: Készítette a szerző [106]

Az árvízvédelmi fokozatok függvényében végrehajtandó feladatok: [46]

- I. fokú árvízvédelmi készülség:
  - Az öblözeti vízmérce BF: 91,50 méter (a Duna 1526,5 fkm-nél a „0” pontjának magasságához viszonyított 85,00 mBF);
  - Védmű szakaszok bejárása, felülvizsgálata;
  - Vízállás ellenőrzés egy nap kétszer, meghatározott időpontokban (általában reggel 6 és este 6);
- II. fokú árvízvédelmi készülség:
  - Az öblözeti vízmérce BF: 93,00 méter;
  - Védmű szakaszok bejárása, felülvizsgálata;
  - Vízállás ellenőrzés napi négyszer, meghatározott időpontokban (reggel 6 órától 6 óránként);
  - Nappali és éjjeli járőrszolgálat felállítása;
  - A felderített és észlelt jelenségek nyilvántartásba vétele;
  - A kialakult jelenségek megjelölése fehér zászlóval;
- III. fokú árvízvédelmi készülség:
  - Az öblözeti vízmérce BF: 94,00 méter;
  - Védmű szakaszok bejárása, felülvizsgálata;
  - Vészörök felállítása a fokozott megfigyelést igénylő helyeken;
  - Nappali és éjjeli járőrszolgálat felállítása;
  - 2 óránként vízállás leolvasás;
  - A felderített és észlelt jelenségek nyilvántartásba vétele;
  - A szakaszvezető utasítása által meghatározott színű zászlók adott ponti elhelyezése;
  - A fokozott védekezéssel összhangban lévő operatív beavatkozások végrehajtása.

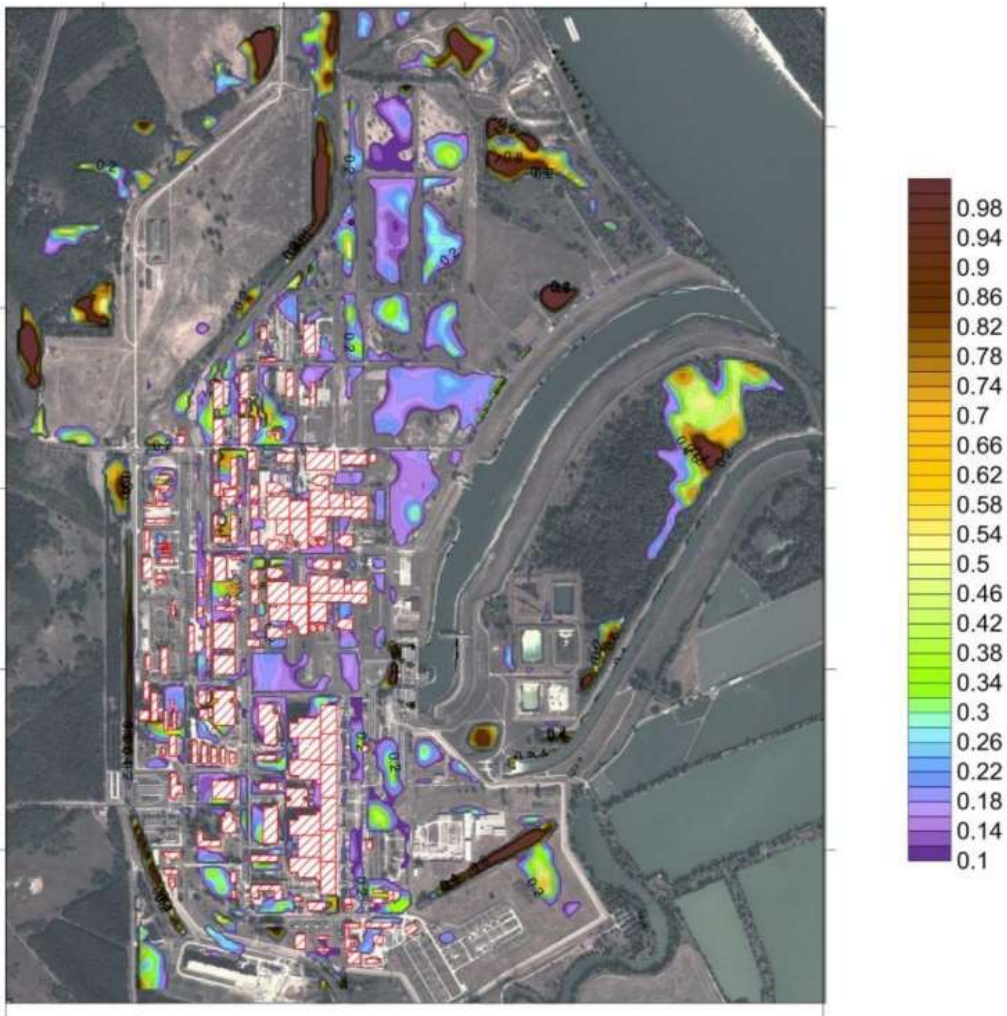
Az árvízvédelmi készültség elrendelése és a védekezés helyi irányítása az illetékes Vízügyi Igazgatóság hatáskörébe tartozik. Olyan esetekben, amikor két vagy több Vízügyi Igazgatóság is érintett egy adott vízszakasz III. fokú készültségében, akkor az Országos Műszaki Irányító Törzs hatáskörébe kerül a védekezés irányítása. Ugyancsak az Országos Műszaki Irányító Törzs irányítási intézkedése lesz a mérvadó a Paksi Atomerőmű biztonságával kapcsolatos szempontok mérlegelése esetén, ha III. fokú árvízvédelmi készültségre kerül sor. [72]

Az árvízvédelmi fokozatok behatárolása, a védelmi intézkedések kerete és a Duna átlagos vízállása alapján elmondható, hogy az üzemi területen nem jellemző az indokolt operatív beavatkozás. [71] 2013-ban BF 94,29 méteren állt a Duna vízszintje, ami a jelenlegi legmagasabb mért vízszint volt. Ez a paksi mércén 891 cm-nek felelt meg. A mért magasvízi időszakban 7 napig III-as, 11 napig pedig II-es fokozatú árvízvédelmi készültség volt érvényben, ugyanakkor a töltések megfelelő védelmet nyújtottak, és elegendőnek bizonyult a fokozott készenlét is. [46]

#### **5.1.3.2. Az árvízvédelem felülvizsgálata**

A Paksi Atomerőmű és a közvetlen közelségében épülő új nukleáris létesítmény területére vonatkozó adatok alapján megállapítható, hogy az új létesítmény és kiszolgáló épületeinek elhelyezkedése, a klimatológiai változások, valamint ezen épületek alatt húzódó földtani jellemzők befolyásolják az árvízi védekezéssel kapcsolatos korábbi méréseket és feltételezéseket. Ennek fényében a védekezési struktúrák, folyamatok és lehetőségek felülvizsgálata szükséges. [71] Az új és a meglévő atomerőművek védekezési szintjeinek és eljárásainak meghatározása, továbbá a technológiai kiszolgálás érdekében történő környezeti változtatások nem alapulhatnak olyan adatokon, melyek nem tartalmazzák azokat a veszélyeztető faktorokat, amikre a jövőbeni tervezés során már megfelelő hangsúlyt kell fektetni. Az új nukleáris létesítmény üzemi területe hasonló, de nem azonos tulajdonságokkal rendelkezik, valamint épület elhelyezkedési és a kiszolgáló létesítmények telepítésének szempontjából eltérő veszélyeztető hatások érvényesülhetnek, mint a már meglévő atomerőmű tekintetében. [72] A jelenlegi klimatológiai változásokat alapul véve a becslések 1-2%-os nagyvíz-hozamos kalkulációval számolnak az elkövetkező száz év során, melyek nem tartalmaznak becsült klimatológiai változókat. Ez azt jelenti, hogy a konzervatív becslések szerint is lesznek olyan esetek, amikor az arányok kalkulálása nem áll majd összhangban a valós természeti jelenségekkel, mivel az éghajlat- és csapadékváltozások prekalkulációja csak az elmúlt néhány és a következő pár évre terjed ki. [73] Ezek alapján a pontosabb megközelítő becsléseknek nagyobb idő-intervallum vizsgálaton kell alapulnia. [65]

Pontosabb vizsgálat nélkül nem jelenthető ki egyértelműen, hogy a jelenlegi vízhozam és az árvízveszélyeztetettség azonosnak tekinthető az új nukleáris létesítmény előzetesen becsült 60 éves üzemidejét felölelő időszakra vonatkoztatva. A regionális, városi, új kis-ártéri árvizek és villámárvizek előfordulási gyakoriságának növekedése miatt alapos kiterjesztett vizsgálat nélkül bizonytalansági tényezőnek tekintendők, ami biztonsági szemléletet követve figyelemfelhívó értékű. [73] Az új blokkok telephelyének Biztonsági Jelentése már jelöli ezeket az ismeretlen faktorokat és statisztikai adatok alapján próbál több lépésben számolni a leendő üzemi területen potenciálisan jelentkező villámárvizek hatásaival. [46]



4.kép: A Telephely Hidrológiai jellemzés árvízszimulációs ábrája,  
forrás: Paks II., Telephely Biztonsági Jelentés II. kötet 24. oldal [46]

A Paksi Atomerőmű területén működő létesítményi tűzoltóság a Duna magas vízállásával kapcsolatos árvízvédelmi feladatok szakszerű ellátásának céljából a védekezési feladatokhoz szükséges célirányos fejlesztéssel bővítette eszközparkját annak érdekében, hogy szükség esetén elméleti és gyakorlati felkészültségéről tanúbizonyságot téve ellássa a meglévő és az új beruházási terület veszélyelhárítási munkálatait.



A felszerelések beszerzése mellett külön árvízvédelmi feladatokra kijelölt csoportot hozott létre, melynek gerincét a tűzoltóság operatív állománya adja. A beszerzett eszközök szintén az Atomerőmű Tűzoltóság laktanyájában kaptak helyet, külön erre a célra rendszeresített tárolási megoldásokkal, amihez társult a potenciális káresemények esetére szervezett logisztikai lehetőségek meghatározása és kivitelezése is. [109] Az elhelyezett felszerelések karbantartása és ellenőrzése a tűzoltó állomány feladatkörébe tartozik, mivel egy esetleges káresemény során, amennyiben szükséges, a tűzoltási és műszaki mentési, valamint a Súlyos Balesetkezelési eszközök felhasználásával is segítik az árvízvédelmi feladatok végrehajtását. [107] A szükséges munkagépek és segédeszközök biztosítása az Atomix Kft. Szállítási Szakágazatának feladatkörébe tartozik. Az elméleti és gyakorlati felkészülés mellett az árvízvédelmi csoport tagjai számára egészségügyi háttér is biztosítva van, amely elsősorban a megelőző védelemre épít. Ennek fényében a biológiai veszélyeztető tényezők okozta kockázatok elleni védőoltások beadására és az ismétlődő oltások rendszerességére komoly figyelmet fordítanak, továbbá a személyes higiénia érdekében a csoport minden tagja külön az árvízvédekezési feladatokhoz rendszeresített, névre szóló munkaruhát és egyéni védőeszközöket kap, ami egyben a munkavédelmi követelmények teljesítését is magában foglalja. [110]



*5.kép: Az árvízvédekezésben részt vevők gyakorlata,*

*forrás: Heti Hírlevél, XX. évf., 17.sz., Atomix Kft. Nyomda, 2019.05.02. 2. oldal [110]*

A beszerzett felszerelések (kéziszerszámok, aggregátorok, szivattyúk, lámpák, kommunikációs eszközök, GPS jeladók, homokzsákok, munkaruházat és védőfelszerelések) mennyiségi felhalmozása alkalmassá teszi a csoportot arra, hogy elhúzódó káresemény esetén is megfelelő minőségű felszerelésekkel lehessen azt kezelni. [109]

Összetételét tekintve a rendelkezésre álló csoportlétszámban egyaránt megtalálhatók vezető beosztású személyek, fizikai kiépítést végző kollégák és potenciálisan felmerülő sérülések és egészségügyi helyzetek kezelésére alkalmas ellátó személyzet, ami által a beavatkozás minden szakmai területe lefedésre kerül. [107]

A Magyarország különböző területein jelentkező, ismétlődő árvizek nagy veszélyt jelentenek a lakosságra és a környezetre, és bár az atomerőmű területe egyelőre nem minősül kritikusan veszélyeztetett területnek, ugyanakkor a meglévő tapasztalatok és a beszerzett eszközök segítségével az árvízvédelmi csoport olyan felkészültségről tesz tanúbizonyságot, mely révén borítékolható, hogy képes lesz megbirkózni egy kialakuló árvízi veszélyhelyzettel. Az árvízvédelem területén is jelentkezik az a biztonságpolitikai szemlélet, melyben a megelőző felkészültség elvét követve a lehető legalaposabb tervezett védekezést valósít meg az operatív személyzet, amely szignifikáns erőpotenciál-többlettel készül a kárelhárítás hatékony megvalósítására. [46]

A két, egymás mellé épített nukleáris létesítmény árvízvédelmi jellemzőinek alapos feltérképezése a biztonságos működtetés szignifikáns perifériájának része. Amennyiben alapul vesszük, hogy a telephely partszakaszán a 2300 m<sup>3</sup>/s vízhozamú természetes vízforrás elengedhetetlen mindkét atomerőmű folyamatos és biztonságos működtetéséhez, akkor kijelenthetjük, hogy a természeti erők által befolyásolt tényezők kivizsgálása, továbbá azok minden szélsőséges hatására történő felkészülés a legfontosabb feladatok közé tartozik. [106]

### **5.1.3.3. Az árvízi védekezés bővítésének kidolgozása**

A meglévő árvízvédekezési eljárás és annak kapcsán az árvízvédelmi csoport megszervezése lehetővé tette, hogy olyan potenciális veszélyhelyzetekben is azonnali reagálású végrehajtók álljanak rendelkezésre, amikor a meglévő kiépített és jól karban tartott védműveknél árvízi beavatkozás válik szükségessé. [106]

A felszerelések és eszközök felhasználhatósága és megléte implementálható mindkét atomerőmű biztonsági tervezetébe, mivel ugyanazon vízforrásra telepítettek és a mesterséges védművek azonos területet védenek. A meglévő atomerőmű árvízi védekezéséhez megjegyzendő, hogy annak kiszolgáló létesítményei nem olyan mértékben érintettek árvízveszélyeztetettség tekintetében, mint amennyire a Paks II viszonylatában lesznek. [48] Az északi beruházási terület talajtulajdonságai hasonlatosak a meglévő erőműéhez, azonban amint már korábban említésre került, árvízvédelmi szempontból egyes épületei a potenciális veszélyeztetettség szempontjából kritikusabb helyen kerülnek majd felépítésre. [6]

Az árvízi védekezési csoport eljárásrendjei és végrehajtási struktúrája két párhuzamosan működő atomerőmű esetében is megtarthatók a jelenlegi szervezettségében, továbbá a bővített BESZ és bővített tűzoltóság paradigmáiba is beilleszthetők, mint mindkét erőmű közös védekezési eljárása. A jelenlegi árvízvédekezési csoport és annak felszerelései, valamint a felkészültséget szinten tartó képzés nem követel meg hasonló bővítést, mint amilyen a bővített tűzoltóság koncepciója a két párhuzamosan működő atomerőmű tekintetében.

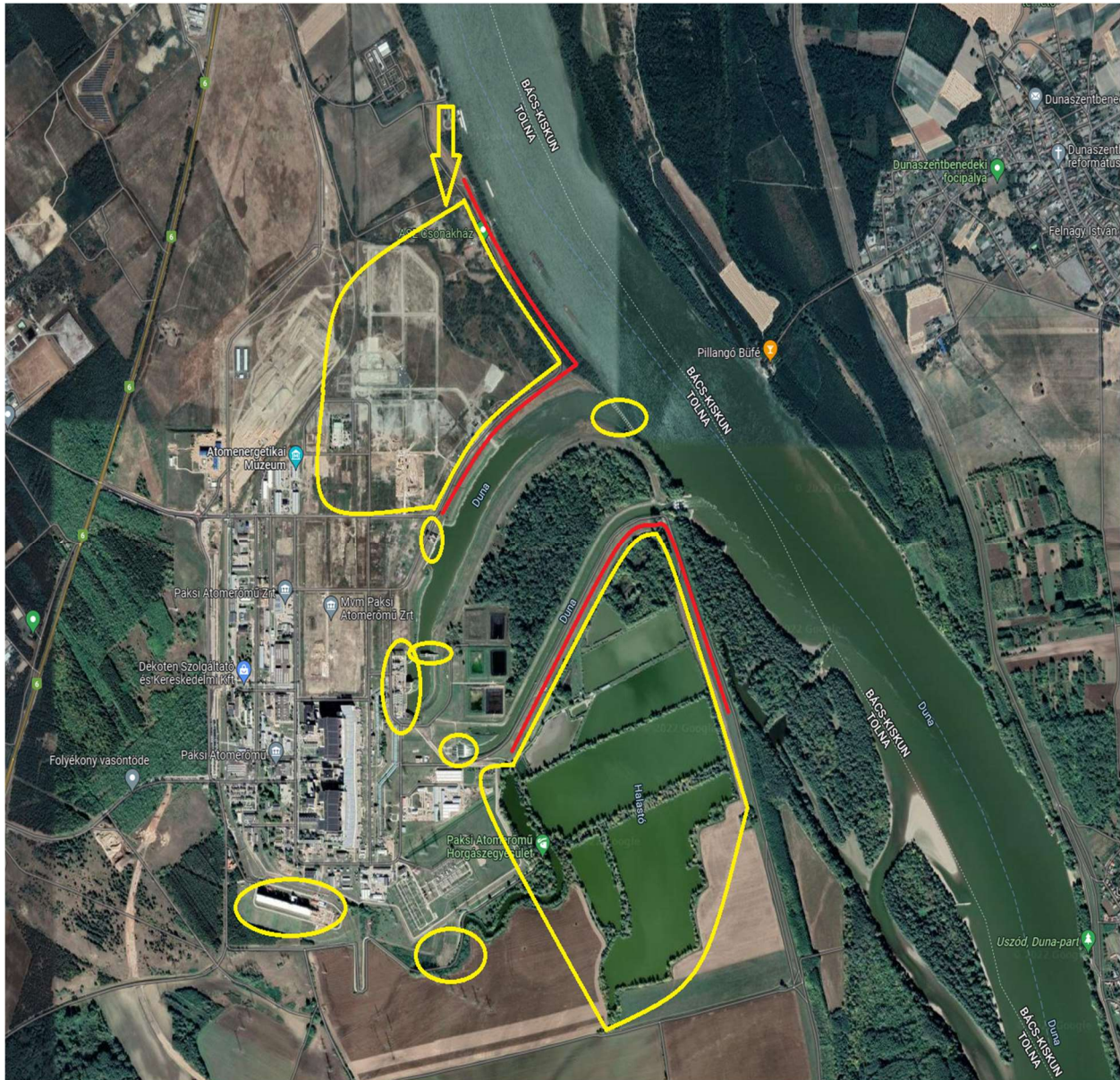
A létszám és eszköznövelés hatékonysági előnyt jelent a jelenlegi operatív végrehajtás szempontjából, ugyanakkor azt figyelembe véve, hogy az árvízi védekezés koncepciója nem csak a tűzoltóság és a BESZ állományára, hanem az üzemi személyzetre is kiterjed, akkor elmondható, hogy a védekezéshez szükséges létszám már rendelkezésre áll. Az új atomerőmű kapcsán annak üzemi személyzete szintén integrálható az árvízi védekezésre felállított csoportba, könnyítve az egyének védekezés során végrehajtott munkatevékenységét. [107]

Árvízvédelmi szempontból lényegesek a vízbetörési és elárasztásra hajlamos területek pontos ismerete, amely a talajvizsgálaton felül a vízfolyás fizikai folyásirányából is adódnak. [72] A jövőbeni tervek alapján vannak olyan speciális és potenciálisan veszélyes területek, melyeknél a fokozott készenlét és az arra történő alapos felkészülés indokolt lesz. Az erőmű környezetében a talaj fedőrétege vékony és homokos. Ebből kifolyólag a Duna jobb partja, a hidegvizes csatorna és az északi kerítés között buzgárosodásra és fakadóvíz kialakulásra hajlamos, továbbá az északi övcsatorna mentett oldalán, a szivattyútelepén már észlelhető volt anyagkihordás. Ezen területek fokozott megfigyelést igényelnek. [46]

A védművek mentett oldali lábánál feltételezhető, hogy a mélypontokon tartósan magas vízállás esetén fakadóvíz, talpszivárgás, valamint a töltéstestben csurgás jelentkezhet. A melegvizes-csatorna jobb partján lévő töltések által határolt Duna-Sióközi ártér is fokozott figyelmet érdemel, mivel egy itt bekövetkező potenciális havária esemény kihatással lehet a környező településekre, veszélyeztetve Gerjen, Dunaszentgyörgy, Fadd településeket. [46]

#### **Veszélyeztetett művek, berendezések listája:**

- Északi beruházási terület, északi övcsatorna, szivattyútelep és zsilipek;
- Hidegvíz-csatorna uszadék fogó műtárgy;
- Vízkivételi mű;
- KKÁT;
- MVM PA Zrt. halastavak;
- A<sub>4</sub> dozimetriai mintavevő állomás;
- Déli övcsatorna szivattyútelep;

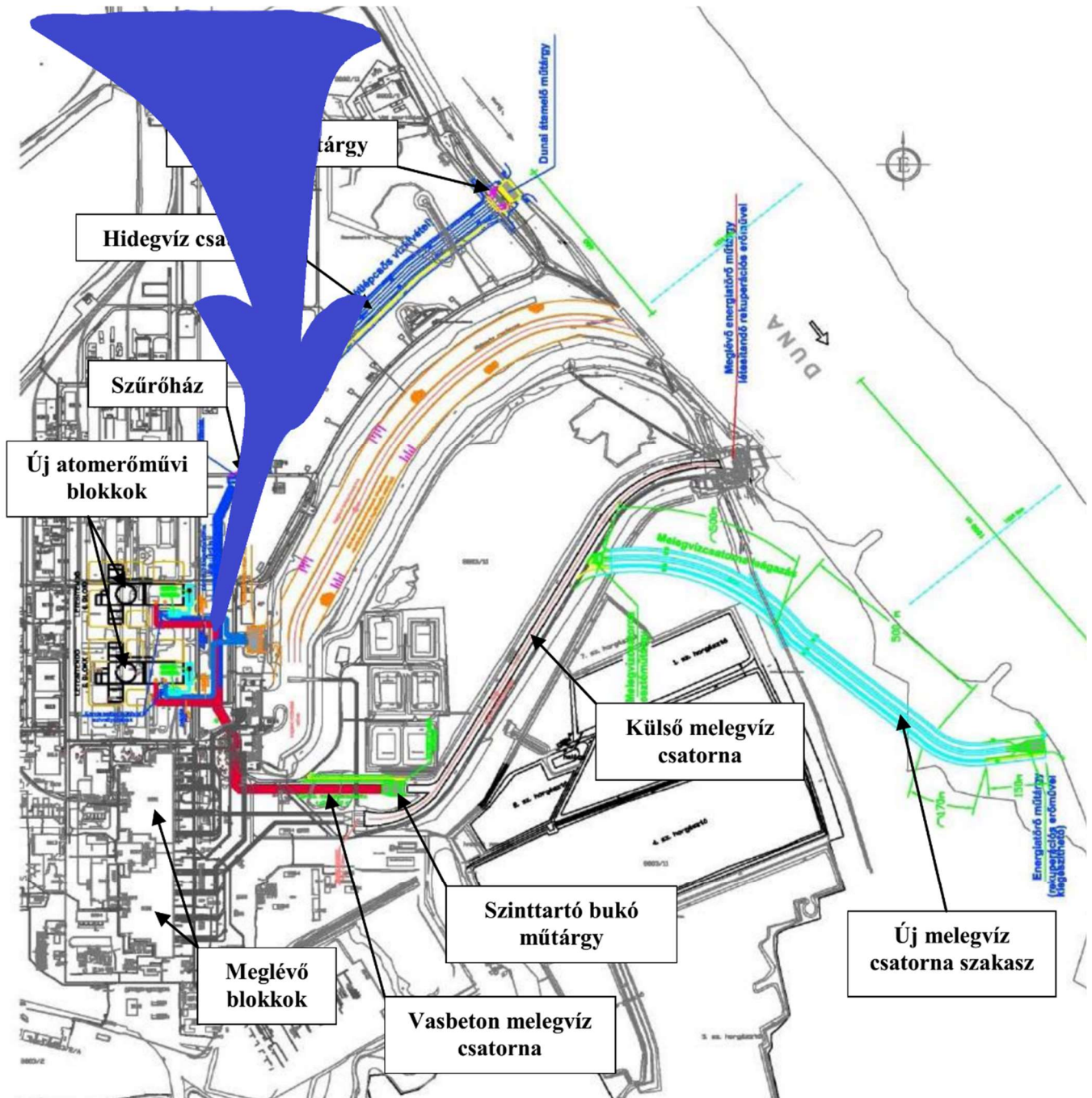


7.kép: A veszélyeztetett területek behatárolása Paks II., Telephely Biztonsági Jelentés alapján,  
forrás: Szerkesztett Google térkép, készítette a szerző [46]

A klimatológiai változások jelen üteme és a statisztikák álláspontja alapján az 1-2%-os nagyvíz-hozam növekedés nem jelent egyenletes éghajlatkövető természeti jelenségekkel alátámasztott változást. [73] Ennek értelmében előfordulhatnak olyan szélsőséges esetek, amikor a statisztikai elemzés és becslések nem állnak összhangban a valós, kialakult eseményekkel. Az ilyen szélsőséges esetekben is biztosítani kell a nukleáris létesítmények fizikai védelmét és üzemképességét. [65]

A városi és villámárvizek gyakorisága növekszik, melyet statisztikai adatok támasztanak alá. Magyarországon ennek további növekedése várható, a nagycsapadék intenzitás és gyakoriság prevízióját alapul véve.

Katasztrófavédelmi és az árvízi védekezési csoport szempontjából ez azzal a következménnyel jár, hogy ehhez társított minőségű elméleti és mennyiségű gyakorlati ismeretekkel kell rendelkezni egy valós esemény bekövetkezésének hatékony kezelése esetére. [6] A megvizsgált események tekintetében és a gyakorlatok tapasztalatait felhasználva megállapítom, hogy a rendelkezésre álló eszközpark megfelelő, ugyanakkor az állomány felkészültsége könnyen fejleszthető a szimulált helyzetek variációs továbbgondolásával és az ismétlődések időintervallumának csökkentésével.



18.ábra: A kétlépcsős vízkivitelű mesterségesen kialakított hidegvízes csatorna árvízjelvezetési iránya, forrás: EKD: Új atomerőművi blokkok létesítése 41. oldal (szerkesztett ábra) [49]

Az új atomerőmű hidegvizes, mesterségesen kialakított vízforrásáról már korábban esett szó. Árvízvédelmi szempontból a hidegvizes bevezető árok és az új létesítményhez javasolt mesterséges víztároló kritikus helyzetben szolgálhat megnövekedett vízállás ideiglenes kordában tartásához opcionális lehetőségként, amennyiben a kialakításra kerülő víztároló méreteit tekintve olyan többletvíz befogadására lesz alkalmas, amely az árvízi lefolyás átmeneti időszakában használható pufferként.

Ennek értelmében az a vízhozam, ami a bevezető csatorna révén mindenképp belső üzemi területre vezet a Duna vizét, egy leágazással szabályozhatóvá válik, ami könnyíti az adott üzemi terület árvízi védekezés munkafolyamatait. Ha megnézzük a területet, ami az északi védművek mentett oldalán helyezkedik el, látható, hogy az északi töltés előtti területről érkező vízmennyiség nem vezethető vissza optimálisan a Duna folyamába.

A vízfolyást olyan irányba szükséges továbbvezetni, ahonnan természetes úton képes továbbhaladni a folyásiránynak megfelelően. Az atomerőművek magasan fekvő területének köszönhetően, valamint a töltések által nyújtott védelemnek köszönhetően a mentett oldalon potenciálisan jelentkező árvíz az új erőmű tervezetében szereplő vasbeton melegvizes átvezető csatornán keresztül a fő és tervezett új melegvizes csatornán keresztül visszaterelhető a Duna normál folyási szakaszába az atomerőművek területétől keletre. Ez a lehetőség ugyan csak opcionális, de ha a tervezett kivitelezésnek megfelelően potenciális veszélyhelyzetben a csatornák és a terület ideális a koncepció megvalósításához, akkor azzal az árvízi védekezés hatékonysága és az atomerőmű biztonságos üzemeltetése tovább növelhető. [48]

#### **5.1.4. Rendkívüli időjárási helyzetek összegzése**

Az NBSZ behatárolja azokat a nukleáris biztonságot befolyásoló szélsőséges időjárási körülményeket, melyek a hatásaik alapján rendkívüli időjárási helyzetnek minősülnek. Ezek a következők lehetnek: (NBSZ 3. kötet 4.117 pontja) [3]

- „Nagy erejű széllekeések;
- *Extrém mennyiségű csapadék;*
- *Felhalmozódott jég- és hótorlaszok;*
- *Villámlás;*
- *Extrém magas/alacsony hőmérséklet;*
- *Aszály.*” [3:4/117]

Az atomerőművet mindegyik természeti jelenség sajátos módon érintheti és bár a tervezés kiterjed az események nagyságának és gyakoriságának függvényében a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek védelmére, azonban az alacsony gyakoriság ellenére nem hagyhatók figyelmen kívül az egyes rendkívüli természeti jelenségek potenciális hatásai.

A szélsőséges időjárási jelenségek megfigyelésére és megfelelő adatok gyűjtésére időszakonként korlátozott időintervallum áll rendelkezésre, amely következtetéseken alapuló hatás-eredményei jelentős bizonytalanságokkal terheltek.[80] Ezért az előfordulás gyakoriságának és intenzitásának meghatározására a nemzetközileg elfogadott Gumbel féle eloszlással szokás számolni, ami olyan valószínűségi közelítést ad eredményül, amely a különböző statisztikai értékeken alapuló eloszlások mintái alapján a minimum és maximum értékek közti eloszlást képes felvázolni. Ennek alapján kerülnek meghatározásra a széllekeések, a napi csapadék, a hóvastagság és a szélsőséges hőmérsékletek értéke 10 000 éves visszatérési gyakoriságú modell elemzésével. [47]

Villámlás esetén nem alkalmazható a normál meteorológiai eseménymodell vizsgálatának módszere, mivel ez a természeti jelenség nem jellemezhető egyetlen vagy kevés faktort tartalmazó értékkel. Az atomerőmű esetében ez azt jelenti, hogy alapvetően olyan módszert kell alkalmazni, amely több rész-hatásfaktor alapján lett minősítve, így az egyes részegységek a védelmi és kialakítási követelményeknek villámvédelmi szempontból eleget tesznek, ami által a részegységekből összeállított teljes rendszerszerkezet is megfelel a követelményeknek. Ebből következik, hogy a vonatkozó szabványoknak történő megfeleléssel igazolható az atomerőmű tervezési alapjába integrált villámvédelem.

Az atomerőműben a biztonsági osztályba sorolt épületek és szabadtéri technológiai berendezések villámcsapás ellenállóképessége képezi a tervezési alap részét, míg a villámok elektromágneses hatásait az irányítástechnikai berendezésekre vonatkoztatva kell figyelembe venni és megfelelő védelemmel ellátva kialakítani. Szélsőséges szélterhelés esetén a szabadtéri rendszer elemeket érő extrém behatás veszélyt jelenthetnek a nukleáris biztonságra. A villamos hálózatok szabadtéri kábelei elszakadhatnak, és járulékos hatásként a felkavart por vagy homok komoly károsodást okozhat a villamos berendezésekben, valamint kültéri biztonságot szavatoló nyitott rendszer elemekben. Ennek elkerülésére a kritikus rendszervédelemre kiépített biztonsági rendszer részek működési biztonságának szavatolásához a megfelelő por elleni védelem megléte elengedhetetlen. [3]

A porvédelmi megvalósítások sérülései esetére külön végrehajtási utasítás került elkészítésre, mivel a mechanikai sérülések bizonyos mértékének meghaladása esetén a funkcióvesztés valószínűsége exponenciálisan megnő, ami adott esetben nukleáris biztonsági funkcióvesztéshez vezethet az egyes szekciókban. A villamos betáplálás belső terei és egyéb fontos rendszervédelmi egységek helységei klimatizáltak, és amennyiben ezek hűtése kimarad, a működtetés és egyéb külső hatások eredményeképpen jelentősen magas hőmérséklet alakulhat ki. A megnövekedett hőmérséklet mellett is képesek a helységekben lévő mágneskapcsolók és megszakítók bizonyos ideig továbbműködni és az akkumulátor telepek tolerálva a hőmérsékletet, optimális működés mellett megtartani a leadható kapacitást. [6]

Mivel ez az állapot nem tartható fenn hosszú távon meghibásodás nélkül, így az extrém magas hőmérséklet és potenciális tűzveszély ellensúlyozására javasolt mobil hőmérsékletszabályozók használata. A magas hőmérséklettel párhuzamosan szükséges az extrém alacsony hőmérséklet hatásainak ellensúlyozására a biztonsági szerepeket betöltő funkcionális terek fűtésének tervezése is. [47]

Az atomerőművet az aszályos időszak a rendkívül tartós szárazság miatt, a primer hűtőközegforrás kritikus csökkenésén keresztül érinti. A hűtővíz biztosítására szolgáló forrás tartósan alacsony vízszintjének hatását akkor is figyelembe kell venni, ha az atomerőmű aktuálisan leállított blokkokkal üzemel. A hűtővízhiányt vagy annak extrém ingadozását az említett üzemállapotban sem képes tartósan tolerálni az atomerőmű reaktora, vagy a primerkör nukleáris technológiai rendszere.

Az atomerőmű területén a szélsőséges időtartamú és nagyságú esőzés hatásainak kezelésére megfelelő minőségű és áteresztőképességű csapadékelvezetéssel kell számolni a jellemző csapadékmennyiség megnövelt hatásfokú modellje alapján, ahol azonosítani kell, a kritikusan veszélyeztetett helyeket és épületrészeket, valamint az azok elárasztásával kapcsolatos veszélyhelyzetelhárítási intézkedéseket. [47]

#### **5.1.5. Rendkívüli időjárási helyzetek kapcsán történő újító megállapítások**

Mint már arra korábban kitértem, az extrém természeti jelenségek befolyásolhatják az atomerőművek működését. A célzott biztonsági felülvizsgálat kapcsán megtörtént védelmi fejlesztések hatására elmondható, hogy a Paksi Atomerőmű megfelelő védelemmel rendelkezik a rendkívüli időjárási helyzetekre. Az új nukleáris létesítmény kiépítésekor alkalmazni kell legalább azokat a biztonsági funkciókat ellátó rendszereket, melyek már a meglévő erőmű védelmének szavatolásához bizonyítottan működőképeseek.



Ezen felül a technológiai fejlődésnek köszönhetően az új reaktorok és azok rendszerelemei már a meglévő atomerőmű jól működő rendszereinél is optimálisabb hatékonyságú redundáns felépítéssel rendelkeznek, melyek biztonságot szavatoló tulajdonságai alapvetően teszik ellenállóvá a nukleáris létesítményt a természet bizonyos erőivel szemben. Látható ez az Annulus már bemutatott védelmi tulajdonságai kapcsán.

Az ÁVIT fejlesztéséhez a két egymás mellett működő atomerőmű tekintetében azonban számba kell venni két olyan természeti jelenséget, melyek a legmodernebb reaktorbiztonsági rendszerelemek mellett is okozhatnak potenciális veszélyhelyzetet. A Paksi Atomerőmű ÁVIT és a Paks II. biztonsági dokumentációja pedig nem számol ezek veszélyeztető hatásaival megfelelően. A felmérések, jelentések, az ÁVIT és a CBF mindegyike olyan időszakot ölel fel, melyek régebbiek az általam most felvázolandó helyzeteknél. [6]A tapasztalat azt mutatja, hogy az időjárás és természeti jelenségek változóinak előrevetítése nem határozható meg olyan pontossággal, amely kapcsán kijelenthető a hibamentesség vagy a természeti jelenségek kiszámíthatatlanságából adódó változók bekövetkezése. A két jelenség, melyet fel kívánok vázolni, az extrém jegesedés és annak elhárítása, valamint az extrém alacsony vízszint okozta problémák. [47]

### *Jegesedés*

A Paksi Atomerőmű jegesedés elhárítási koncepciót dolgozott ki, amely kiváltó eseménye a 2016/2017 telén kialakult extrém jegesedés bekövetkezése volt. Ennek kapcsán intenzív tűzoltói beavatkozás vált szükségessé. A jegesedés elhárítása érdekében korábban kiépítésre került egy átvezető csatorna, amely a hűtővízcsatornák torkolati szakaszait összekötő melegvíz visszakeverését valósítja meg a hidegvíz-csatorna jégmentesítésére. A biztonsági koncepció szerint a hidegvizes-csatorna torkolatában kiépített uszadékfogó és vízenergiatörő műtárgy, a Dunai jégtörő hajó flotta és a melegvizes-csatorna összekötő vízvisszavezetése elegendő arra, hogy a beömlő vízmennyiség jegesedés mentesítve kerüljön a Vízkiviteli mű szivattyúhoz.

A jegesedéselhárítás kidolgozásának szükségességét azonban az adta, hogy ezen feltételek sem voltak elegendőek arra, hogy megfelelő jégvédelmet biztosítsanak az atomerőmű számára. Az említett télen a tűzoltóság mobil vízágyúkkal lőtte a hidegvizes-csatornán úszó jégtáblákat, hogy azok ne juthassanak a vízkiviteli mű szivattyúhoz, nehogy kárt tegyenek azok szerkezetében, veszélyeztetve az atomerőmű vízellátását. A mobil megoldással kiegészített jegesedés elhárítás hatékonynak bizonyult, amely arra ösztönözte a biztonságért felelős szervezeteket, hogy az SBK rendszerek mellett jegesedés elhárítási felszerelés és eszközparkot halmozzon fel.

Az eszközök szakszerű használata a tűzoltóság állománynak feladatkörébe tartozik, s az SBK hűtővíz betápláláshoz hasonlóan létrejött az az eljárásrend és végrehajtási szemlélet, ami szükség esetén azonnal bevethető. A hatékonyság érdekében az uszadékfogó műtárgyak fejlesztése is megtörtént, melynek lényege az volt, hogy a mobil vízágyúk és a tápláló tömlők számára olyan felépítmények kerültek kivitelezésre, amelyekre gyorsabban applikálhatóak a szükséges eszközök, ezáltal időben és kivitelezésben komoly hatékonysági kombinációt valósítanak meg.

A telepíthető vízágyúk működtetéséhez a hideg viszonylatok között optimális vízforrásra van szükség. Ehhez a vizet a melegvizes kiömlő csatornától lehet biztosítani, ahonnan a három vízágyúhoz három nagyteljesítményű búvárszivattyú működtetésével lehet megvalósítani. A szivattyúk karbantartása az üzemi személyzet feladata, a kritikus időszakban történő felhasználáshoz az eszközök lehelyezéséhez pedig a tűzoltóság állománya vehető igénybe. [49]



*9.kép: 2019 jegesedés elhárítási gyakorlat képe 2, forrás: fotózta a szerző*

A tűzoltóság szervezete rendelkezik a megfelelően szakképzett emberállománnyal és ipari alpinegyesítő eszközökkel, amelyekkel biztonságosan megvalósítható a szivattyúk leengedése és rögzítése a melegvizes csatorna kijelölt részén.

A szivattyúk működtetéséhez külön erre a célra került kiépítésre egy villamos elosztószekrény, melyek képesek stabilan, huzamosabb ideig biztosítani a szivattyúk számára szükséges energiát. [11]

A jegesedés elhárításának koncepciója nem újkeletű tervezés, ugyanakkor kisebb szélsőségekkel számol, olyanokkal, melyeket a kiépített védművek és a jégtörő hajók le tudnak küzdeni. A bekövetkezett szélsőséges jegesedés azonban rámutat arra, hogy a legalaposabb tervezés mellett is megjelenhetnek olyan nem várt változók, amelyeket az adott helyzetben, a rendelkezésre álló erővel és eszközökkel le kell tudni küzdeni, hogy a későbbiekben az arra vonatkozó védelmi tervezés bővítését megalapozza a szerzett tapasztalat.

A Paksi Atomerőmű jegesedéselhárítási eljárásrendje optimális hatékonysággal képes megvalósítani rendeltetészerű feladatát, ugyanakkor nem implementálható az új atomerőmű védelmére. A tervezet szerint az új nukleáris létesítmény kétlépcsős vízkivitelű hidegvizes csatornája dunai becsatlakozása egy átemelő műtárgyon keresztül juttatja ez a hűtővizet a blokkokhoz. [49] A dunai átemelő műtárgy folyásirány szerint korábban csatlakozik a Dunához, mint a meglévő atomerőmű hidegvizes torkolat és annak uszadékfogó, energiatörő műtárgya, a telepíthető vízágúkkal. Logikusan következik, hogy a meglévő védelmi stratégia így nem alkalmazható az új hidegvizes csatornára. Ennél is fontosabb, hogy a Dunából az átemelő műtárgy jegesedés által okozott hatások ellen nem védett. Továbbá védelmére történő tervezés nem szerepel az új atomerőmű biztonsági tervezeteiben sem.

A tervezet tartalmaz olyan betáplálási megoldást, melyek alapján a meglévő atomerőmű, jegesedés ellen megfelelően védett Vízkiviteli Műve szolgáltat hűtővizet az új blokkok számára. Ezen megoldás opcionális és ugyan biztonsági szempontból képes ideiglenesen szavatolni az új blokkok működését, de a közvetlen dunai átemelő műtárgy folyamatos védelmét nem valósítja meg. [48] Ahhoz, hogy az új bevezető csatorna védelme is megvalósuljon, külön tervezetet kell kidolgozni a közvetlen dunai jégmentesítésre, vagy legalább a jég elterelésére. Vízágúuk telepítése az adott szakaszra nehezen megvalósítható, mivel a terület kialakítása miatt természetes vízforrás nem fog rendelkezésre állni egy olyan időszakban, amikor egyébként is az alapvető probléma a jeges víz kezelése.

A meglévő atomerőmű melegvizes csatornájának kijelölt vízvételi helye az új atomerőmű dunai víz-leágazó pontjához képest messze van. Optimális lehetőségként az új blokkokhoz létesítendő mesterséges tó vize vagy az új blokkok melegvizes kilépő pontjából szállított mobil vagy stabil kiépített vezetékrendszeren keresztül lehetne biztosítani. A jegesedés problémáját a létesítés során kezelni szükséges, így biztosítható, hogy a működtetés megkezdésére szükség esetén kezelhető marad egy potenciális jegesedés hatásai által okozott veszélyhelyzet. [36]

A jegesedés veszélyeztettség miatt a két atomerőmű közti hűtővíz átvezetés lehetősége pedig ezáltal nem csak tervezeti funkcióként kezelendő, hanem egy újabb érv a biztonságos működtetés érdekében megvalósításra váró technológiai összekötés kivitelezésére. [49]



19.ábra: A kétlépcsős vízkivitelű mesterségesen kialakított hidegvizes csatorna frissvízhűtéses hűtőrendszer helyszínrajza, forrás: EKD: Új atomerőművi blokkok létesítése 41. oldal [49]

#### Alacsony vízszint

A Duna vízszintjének váltakozása extrém esetekben veszélyeztetheti az atomerőművek működését. A korábbiakban bemutatott vízszintjellemzők alapján látható, hogy az erőmű biztonsági hűtővízszivattyúinak működéséhez szükséges minimális vízszint 83,50 mBF. Ez azt jelenti, hogy amennyiben a víz olyan alacsonyan van, hogy már a biztonsági szivattyúk működtetésére sem képes elegendő vizet biztosítani, a reaktorok biztonságos leállítására kell intézkedéseket tenni, ami szükség esetén az SBK eljárások alkalmazásával jár együtt. [106]

2018-ban sorozatos negatív vízállási rekordok után fel kellett készülni az atomerőmű biztonságos leállítására. A biztonság érdekében a vízszint csökkenésének hatásaira még azelőtt szükséges felkészülni, hogy azok bekövetkeznének. Ez egy tartósan alacsony, de még nem kritikus szintű vízállás során azt jelenti, hogy az időjárási és vízállási előrejelzések, bármennyire pontosak is, nem szolgáltathatnak elegendő információt ahhoz, hogy a potenciális leállásra történő felkészülés elmaradhasson. Alapvetően a reaktorblokkok biztonsági rendszerei képesek rövid időn belül a láncreakció megszakítására, ugyanakkor a biztonságos lehűtés és visszaterhelés hosszú távon kifizetődőbb. Kevésbé veszi igénybe a technológiai berendezéseket és az üzemanyag újrafelhasználás során is kedvezőbb hatások érhetők el.

A leállított blokkok cirkulációs remanens hő elvezetésének megvalósításához is hűtővízre van szükség, amihez megfelelő mennyiségű tartalék áll rendelkezésre, akár az SBK eljárások alkalmazásával is. 2018-ban első biztonsági lépésként a vízállás és a vízkiviteli rendszerek folyamatos és fokozott ellenőrzése került elrendelésre. Az ellenőrzés később további szigorítást vont maga után, de végül nem került sor tervezett vagy vészhelyzeti leállításra. [46] Olyan extrém alacsony vízszint esetére, amikor a hidegvizes csatorna szintje már nem képes ellátni az atomerőművet a működéséhez szükséges vízmennyiséggel, létezik áthidaló koncepció a biztonsági intézkedések sorában. Ilyenkor a hidegvizes csatorna lezárásával és annak átemelő szivattyúkkal történő feltöltésével juttatható a biztonsági szivattyúkhöz megfelelő mennyiségű hűtőközeg a reaktorblokkok ellátására vagy azok leállítására és a remanens hő elvezetésére. [11]

Az így mesterségesen felöltött medence által biztosított hűtőközeg paraméterei mellett is gondot kell fordítani arra, hogy a melegvizes csatornán keresztül kilépő víz hőmérséklete ne legyen melegebb a meghatározott értékeknél. Ez adott esetben együtt jár a reaktorok korlátozott teljesítményre szorításával, hogy kevesebb, melegebb hűtővíz is elegendő legyen a működtetéshez és a kilépő dunavíz tulajdonságai is a megfelelési határokon belül maradjon. [48]

A leendő atomerőmű létesítésénél az aszályos időszakok lehetőségét komolyan vizsgálni kell és arra megfelelő felkészülési tervet szükséges készíteni. [73] A tervezéshez a jövőben a klímaváltozási bizonytalanságok miatt nem a múltban mért és regisztrált vízállásokat kell figyelembe venni, hanem a biztonság jegyében úgy kell tekinteni a jövőre, hogy az aszályos időszakok mennyisége növekedni fog. [72]

Az éghajlatváltozási paramétereket legalább az új atomerőmű teljes tervezett működési idejére kell kivetíteni, ami jelen nézet szerint olyan távoli, hogy nincs olyan releváns időjárási prekonceptió, ami biztonsággal képes lenne behatárolni a szükséges biztonsági irányelveket. [65] Ennek fényében fel kell készülni arra a hatás-helyzetre, hogy a Duna alacsony vízállása miatt mindkét párhuzamosan működő atomerőmű reaktorblokkjait le kell állítani.

Ilyen helyzetben egyelőre nem bizonyított, hogy a hidegvizes csatorna lezárása és vízátemelési terve elegendő mindkét erőmű hűtőközeg betáplálására, már amennyiben a két erőmű közti vízösszeköttetés ténylegesen kivitelezésre kerül.

Az új erőmű alacsony vízellátására ezért külön tervezés szükséges. Ennek megvalósítása megoldható a dunai átemelő műtárgy külön erre a helyzetre tervezett mobilizálható részegységeivel, úszószivattyúkkal, amihez, ha elegendő flexibilitású összeköttetési mechanizmus társul, képes követni az extrém alacsony dunai vízszintet. A normál üzemi vízbiztosítás mellett az extrém aszályos időszakokra történő külön tervezés az új atomerőmű biztonságának alapkoncepciójához hozzátartozik. [49]

A felvázoltak alapján az extrém alacsony vízszint során két külön tervezést szükséges implementálni az új atomerőmű biztonsági alapjába:

- Lezárt hidegvizes-csatorna átemelő szivattyúkkal biztosított vízszintjének elégségsége mindkét atomerőmű hűtőközeg betáplálására;
- Dunai átemelő műtárgy vízszintkövető kialakítása az új blokkok ellátására.

A tervezetek tesztelése és műszaki meghatározása mindkét atomerőmű működésbiztonsági stratégiája szempontjából fontos, ezért kidolgozása a normál létesítési szakaszban elvégzendő, mint perifériás biztonságnövelő intézkedési tervezet.

#### **5.1.6. ÁVIT osztályozási implementálás javaslat**

Az ÁVIT-ban szereplő veszélyeztető események veszélyhelyzeti osztályokhoz történő csoportosítása komplex helyzeteket sorakoztat fel, amely által az egyes események a veszélyhelyzet súlyosságához csoportosítható. A fizikai események táblázata számol földrengés és járvány kapcsán történő eseményhatásokkal, azonban a fenti jellemzések alapján elengedhetetlennek tartom, hogy a jegesedés és az extrém alacsony vízszint implementálva legyenek a bővített, mindkét atomerőmű vonatkozásában kiterjesztett ÁVIT osztályozásába. [11]

A korábban meghatározott ÁVIT bővítése kapcsán már megfogalmaztam ennek a táblázatnak egy fejlesztési irányát. A bővített ÁVIT tekintetében azonban további kiegészítés szükséges, hogy a végleges teljes bővített ÁVIT veszélyhelyzeti osztályainak meghatározása minden téren lefedett legyen.

A veszélyeztető hatások és következmények felsorolása meghatározza a biztonságot érintő helyzeteket, amelyek részei a biztonsági tervezésnek. Ennek kapcsán a következő továbbfejlesztési kiegészítést javaslom:

*15.táblázat: Fizikai védelmi, tűz, természeti vagy egyéb események szerinti osztályozás kiegészítésének implementálására a bővített ÁVIT-hoz, a Telephely Biztonsági Jelentés: Hidrológia 13. oldalának jeges árvíz és a 30. oldal jegesedés elemzési része, valamint a Meteorológia fejezet iránymutatását követő módosítási javaslat, forrás: ÁVIT Mellékletek 39-40. oldal (bővítette és szerkesztette a szerző) [42]*

Kezdeti esemény	Veszélyhelyzeti osztályok	
	Potenciális, ha:	Létesítményi, ha:
Jegesedés bekövetkezése, amely a jégtörő hajókkal és a melegvizes visszavezetéssel nem kezelhető	A jégképződés mértéke megköveteli a jegesedés elhárítási protokoll életbe léptetését, melynek során az uszadékfogó, energiatörő műtárgy telepített vízgyűűinak működtetésével és a dunai átemelő műtárgy jégelvezető védelmével biztosítható a szükséges vízmennyiség, vagy a hidegvizes csatorna optimális vízellátása, mellyel mindkét atomerőmű ellátható az összeköttetés révén.	A jegesedés elhárítási protokoll révén nem valósítható meg optimális hűtőközegellátás az új atomerőműre az átvezetés vagy a dunai átemelő védmű által, vagy olyan két atomerőmű közti összekötési hiányosság merül fel, mely révén a meglévő atomerőmű hidegvizes csatornájának vízellátása optimális, de az új erőműhöz történő továbbítás nem lehetséges. Ennek hatására a reaktorok leállítása válik szükségessé.
Extrém alacsony vízszint, mely során a biztonsági hűtőszivattyúk minimális vízfelvételi szintje alá csökken a hidegvizes csatorna vízszintje	A biztonsági hűtőszivattyúk ellátása válik szükségessé a hidegvizes csatorna lezárásával és átemelő szivattyúk alkalmazásával. Az új atomerőmű dunai átemelő szivattyújának vízszintcsökkenést követő mobil flexibilis rendszerével szükséges az új atomerőmű vízellátását megoldani. Az eseménykezelés hatására és a kiömlő vízminőséget figyelembe véve fokozott monitorozás melletti üzemi működés valósul meg.	Az alacsony vízszint kezelésére szolgáló eljárások során olyan hiba merül fel, mely révén a hűtőközeg mennyiséggel nem lehetséges az egyik vagy mindkét atomerőmű biztonságos üzemeltetése. Ezáltal az egyik vagy mindkét atomerőmű blokkjainak leállítása válik szükségessé a vízfelhasználás függvényében. Vagy olyan esetben, amikor az alacsony vízszint melletti hűtőközeg biztosítás során nincs megfelelő összekötés a két atomerőmű közt, így csak az egyik működtethető, a másik atomerőműben reaktorleállításokra kell, hogy sor kerüljön.

## 5.2. Részkövetkeztetések

1. A földrengések lokális meghatározásával és előfordulásuk lehetőségeinek felvázolásával teljes képet kapunk arról, hogy milyen megoldásokkal lehet az atomerőmű technológiai rendszereit és épületeit fejleszteni, hogy ellenállóságuk megfelelő legyen.
  - a. A földrengéssel szembeni védelmek meglétére fontos volt rávilágítani annak tükrében, hogy hiányuk milyen veszélyhelyzetekhez vezethet.
  - b. A direkt és indirekt hatások elemzésével feltártam az atomerőmű azon területeit, melyek védelme nem teljesen lefedett és melyek tervezésére a jövőben figyelmet kell fordítani, kiváltképp ha két atomerőmű fog működni egymás közvetlen közelségében.
2. Az árvízi veszélyeztetettség és a védekezés koncepcióinak részletes ismerete behatárolja az atomerőmű területét érintő veszélyeztető faktorokat és a védekezés lehetőségeit. A pontos adatok ismeretének tükrében látható az atomerőmű biztonsági szervezeteinek milyen felkészültséget kell elérnie a hatékony védekezés érdekében.
  - a. A Duna paksi térségében specializált tulajdonságainak összegzése megmutatja azokat az adatokat, melyek elengedhetetlenek az egyes védelmi funkciók tervezéséhez, az árvízvédelemtől a szélsőséges időjárási helyzeteken át, melyek mind sajátos módon fejthetnek ki hatást az atomerőmű biztonságára.
  - b. Az atomerőmű védelmét szavatoló árvízvédelmi töltések ismertetésén és a térség talaj-jellemzőinek bemutatásán keresztül felvázoltam a védelem jelenlegi működőképességét és hatékonyságát, ismertetve a vízjárással kapcsolatos változókat, melyek meghatározzák az árvízvédelmi fokozatokat és a készülség szintjének megfelelő végrehajtási feladatokat.
  - c. A meglévő és az új létesítendő atomerőmű kapcsán bemutatásra került miként kell a jövőben hosszútávra számolni az időjárás és klimatológiai változásokkal.
  - d. Bemutatásra került a jelenleg működtetett árvízvédelmi csoport struktúrája és azok a felszerelések, amik lehetővé teszik a szükség esetén történő hatékony beavatkozást.
3. Az atomerőművek tekintetében lényeges volt kitérni a rendkívüli időjárási helyzetekre, amelyek szélsőséges esetekben sajátos módon érintik a nukleáris létesítmények biztonságát. Az egyes extrém jelenségek hatásainak levezetésén keresztül lettek meghatározva a specifikált veszélyfaktorok és azok következményei.



4. A perifériás védelem fejlesztésének koncepciója révén vettem sorra a fejezet korábbi részében felvázolt adatok és ismeretek alapján azokat a területeket, amelyek kapcsán szükségesnek láttam a jelenlegi rendszerek továbbfejlesztését meghatározni.
  - a. Földrengés szempontjából a CBF alapján meghatározott fejlesztések és az új atomerőmű releváns technológiai részeinek vonatkozásában megállapítottam, hogy a meglévő biztonságot szavatoló megoldások mellett milyen további perifériás védelmi lehetőségek kiépítésével tartható meg a földrengés hatás ellenállóképesség.
  - b. A két atomerőmű árvízvédelmi koncepciója tekintetében meghatároztam az árvízvédelmi csoport fejlesztésének irányát, továbbá azokat az ismereteket, melyek megmutatják a veszélyeztetett területeket, védműveket és berendezéseket.
  - c. Meghatároztam az új beruházási terület, mint mentett oldali árvízveszélyes terület lényegi veszélyeit, azok helyzetét és irányát.
  - d. Az árvízveszély szempontjából javaslatot tettem az új létesítmény hidegvíz-csatorna, a létesítendő mesterséges vízforrás és a két atomerőmű közti víz-összekötés lehetőségének felhasználására.
5. A rendkívüli időjárási helyzetek perifériás védelme kapcsán felvázoltam két olyan megtörtént eseményt, amely hatással volt a nukleáris biztonságra a maga nemében. Mindkét esetben lényeges volt kitérni arra, ahogy a tervezett biztonsági dokumentációk az új létesítendő atomerőmű kapcsán nem tartalmazzák megfelelő mélységben a helyzetek kezelését, továbbá a meglévő ÁVIT nem tartalmazza ezen veszélyfaktorok veszélyhelyzeti osztályozását.
  - a. A jegesedés kapcsán felvázoltam a jelenlegi védekezési koncepciót és annak két erőműre történő kiterjesztését. Mindkét erőmű kapcsán fontos volt kiemelni a védekezés lehetőségeinek közös rendszerben történő továbbfejlesztését annak érdekében, hogy a lehetőségek irányvonalai által mindkét atomerőmű működése biztonságos lehessen.
  - b. Az extrém alacsony vízszint hatásainak levezetése megmutatja, hogy egyenként és a két erőműben közösen milyen lehetőségek állnak rendelkezésre a következmények olyan minőségű kezelésére, ami szavatolja a nukleáris üzemeltetés biztonságát.
  - c. Az ÁVIT és a leendő bővített ÁVIT számára megfogalmaztam a két szélsőséges természeti jelenség implementálását az osztályozások közé.

## ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

1. fejezet: Az atomerőművek technológiai és nukleárisbaleset-elhárítási szempontjainak iparbiztonsági célú összefoglalása:
  - a. Az első fejezet összességében szakmai ismereteket tartalmazó, atomerőmű létesítésével és működtetésével kapcsolatos iparbiztonsági szemléletű oktató anyag megalapozása.
  - b. Az alapvető atomerőművi ismeretektől eljutok az iparbiztonság releváns szakmai megfogalmazásaihoz és olyan részletes nukleáris magyarázatokat jelenítek meg, melyek a technológiai és jogszabályi környezetek nukleáris eljárásrendjei által komplex képet adnak az atomenergia felhasználásának veszélyeiről és a veszélyeztető tényezők kezelésének lehetőségeiről.
  - c. A fejezet megfogalmazása során vélelmeztem, hogy hozzá kapcsolódó megfelelő részletességű melléklet kidolgozásával olyan szakmai segédanyagot készíthetek, amely a Katasztrófavédelem szakemberei számára lényegi és alapos tudást halmoz fel, melyre támaszkodva veszélyhelyzetben egyértelműen levezetettek a szükséges alkalmazandó eljárások. Ezek fényében úgy vélem a jelen fejezet a releváns mellékletekkel kiegészítve alkalmas arra, hogy az általam megfogalmazottak szerint Iparbiztonsági - Nukleáris szakmai kézikönyvként megállja a helyét.
2. fejezet: A meglévő és tervezett atomerőművek valós idejű kommunikációja és eseményreagálási hatásfaktorai:
  - a. Megfogalmaztam a két eltérő generációjú és működési elvben hasonló, de technológiailag eltérő megvalósítású atomerőművek közvetlen szomszédos létesítése során felmerülő egymás üzemi működésére történő hatásaik problémáit.
  - b. Meghatároztam a veszélyesség alapjául szolgáló helyzeteket és a kiváltó faktorokat, továbbá a korábbi fejezetben lefektetett elvekkkel szinkronban meghatároztam a két erőmű közti valós idejű kommunikáció fontosságát.
  - c. A meglévő eljárások és protokollok mellé felvázoltam egy olyan új rendszer közbeiktatásának hatékony lehetőségét, amely révén mindkét atomerőmű működésének biztonsága tovább növelhető lenne és amely által olyan biztonsági területek is lefedésre kerülnének, melyek áthidalják a két nukleáris létesítmény közti távolságot.

- d. A fejezetben az irányítási rendszerek olyan irányú továbbfejlesztése volt a cél, amely az eseményhatásokról és az elindított eljárásokról valós idejű információk továbbítását valósítja meg a védelemért felelős szervezetek között. Az általam felvázolt ÜMR beiktatása a két atomerőmű nukleáris biztonsági rendszerei közé alkalmas ennek a hipotézisnek a megvalósítására.
3. fejezet: A párhuzamosan működő atomerőművek komplex veszélyhelyzeti tervezésének fejlesztése:
- a. A fejezet a veszélyhelyzet kezelési szervezetek és eljárásrendek fejlesztésével foglalkozik, melyhez elsőként részletesen elemzi az üzemelő atomerőmű protokolljait.
- b. A nukleáris biztonság jegyében fejlesztést fogalmazok meg a két párhuzamosan működő atomerőmű ÁVIT, TMMT, Létesítményi Tűzoltóság és BESZ közös rendszerben történő bővítésére.
- c. A bővített eljárások alapvetése, hogy olyan fejlesztések valósuljanak meg, amelyek révén a meglévő atomerőmű mellé épített új nukleáris létesítmény veszélyhelyzeteinek kezelésére megfelelő mennyiségű és optimális eloszthatóságú beavatkozó állomány és felszerelés álljon rendelkezésre.
- Kárelhárításban részt vevők létszáma és az erő-eszköz fejlesztések kidolgozásra kerültek.
  - Új riasztási fokozatot határoztam meg, amellyel optimalizálni lehet a beavatkozások erő-eloszlását.
  - Bővített BESZ struktúrát vázoltam fel, amelyet a veszélyhelyzet súlyosságának függvényében lehet alkalmazni az erőművekre külön-külön vagy együttes kooperációval.
  - Kombinált TMMT tervezési irányelv és struktúra került kidolgozásra.
- d. Az első fejezet megalapozott ismeretei és a második fejezetben kidolgozott ÜMR iktatható a bővített szervezetek eljárásrendjeibe, hogy tovább fokozható legyen a nukleáris biztonság.
- e. A hipotézisem feltételezése szerint a fejezetben kidolgozottak összhangban képesek mindkét atomerőmű védelmét lefedni, amit erősít az ÜMR felhasználhatósága és összességében kijelenthető, hogy a lefektetett fejlesztési irányelv olyan mértékben járul hozzá a nukleáris biztonsághoz, hogy nemcsak a hipotézisemet támasztja alá, de megalapozza a jövőben alkalmazandó nukleáris balesetelhárítás végrehajtási struktúráját is.

4. fejezet: Súlyos Baleset-kezelési eljárások fejlesztése a párhuzamosan működő atomerőműveknél:
- a. A fejezetben először felvázoltam és magyaráztam az SBK eljárások felépítését, azok végrehajtásának lehetőségeit és azokat a biztonsági funkciókat, melyeket az SBK rendszerei lefednek.
  - b. Az SBK fejlesztés lényege az volt, hogy olyan irányba történjen bővítés, amely révén már nem csak egy, hanem mindkét atomerőmű biztonsága szavatolható a felvázolt kritikus helyzetekben.
  - c. A veszélyhelyzeti kezelés során ismét felmerült az ÜMR alkalmazhatósága és a nukleáris iparbiztonsági ismeretek meglétének fontossága, melyek alapján a szakemberek képesek megalapozott hatás és következmény ismeretek által végrehajthó intézkedésekről dönteni.
  - d. A fejezetben kitértem a két atomerőmű párhuzamos és átfedett SBK működtetés technológiai lehetőségeire és az ehhez szükséges fejlesztések irányvonalát is meghatároztam.
  - e. A technológiai diverzitás miatt az új atomerőmű rendszereihez új SBK betáplálási eljárást határoztam meg, amelyre a meglévő erőműnél a rendszereltérés miatt eddig nem volt szükség.
  - f. A két atomerőmű közös SBK rendszeréhez javaslatokat fogalmaztam meg, a felszerelések és eszközök bővítését illetően és levezettem, hogy a bővített SBK megnövelt helyzetkezelési potenciáljának megkövetelése miként támasztja alá a korábbi fejezetben vázolt beavatkozó állomány bővítésének szükségességét és optimalizálását.
  - g. A fejezet megalkotásához felvetett tudományos problémára adott részletes kidolgozás által bizonyítottam a hipotézisben megfogalmazott bővítés szükségességét annak érdekében, hogy a célzott biztonsági funkciók teljesen lefedésre kerüljenek.
5. fejezet: Javaslat a párhuzamosan működő atomerőművek perifériás védelmi kiépítésének bővítésére:
- a. A fejezetben azon természeti jelenségek lokális paramétereit vázoltam fel, amelyek kihatással lehetnek az atomerőmű működésére és ezáltal a nukleáris biztonságra.
  - b. Elemeztem a földrengések, árvizek és szélsőséges időjárási körülmények lokális tulajdonságait előfordulásuk valószínűségével és hatásaik következményeivel.

- c. A földrengések kapcsán kitértem a megvalósított biztonságnövelő intézkedésekre és azokra a paraméterekre, amelyek továbbra is opcionális problémaforrásként kezelendők egy esetleges földrengés kezelése esetén. Ezt vetítettem tovább az új nukleáris létesítménnyel szemben támasztott követelményekre.
- d. Az árvízvédelem kapcsán bemutattam az árvízi védekezésre felállított csoport működését és a védendő területeket. A kiépített és mobil védelmek mellett fejlesztést fogalmaztam meg, valamint olyan kritikus szempontokra hívtam fel a figyelmet, melyekkel az új atomerőmű létesítése során tervezni kell, a hatékony árvízvédekezés megvalósításához.
- e. Külön bemutattam két olyan természeti és időjárásfüggő eseményt, amelyhez külön védekezési eljárásrend kidolgozása vált szükségessé, továbbá amelyekkel az új atomerőmű biztonsági dokumentációja nem számol megfelelő hangsúllyal.
- A jegesedés kapcsán felvázoltam a megtörtént eseményekre történt válaszlépéseket, melyeket továbbfejlesztési javaslattal kidolgozva vázoltam fel az új atomerőmű és a két atomerőmű közös biztonságába történő bevezetésre, hogy együttesen is megvalósulhasson a természet erői elleni védekezés.
  - Az extrém alacsony vízszint kapcsán bemutattam, hogy létezik a Paksi Atomerőmű tervezetében olyan intézkedés, amely képes kezelni a hűtőközeg rendelkezésre nem állását, azonban kifejtettem, hogy ennek milyen hatásai lehetnek az új atomerőműre és fejlesztési javaslatot fogalmaztam meg annak ilyen szélsőséges helyzetben történő vízbetáplálására.
- f. A hipotézisemben megfogalmazott CBF keretében történő Nemzeti Jelentés tartalmi bővítésével kapcsolatosan megállapítható, hogy az általam felvázolt két rendkívüli időjárási eseménnyel mindenképpen bővíteni kell a szabályozókat, hiszen ezek mindegyike a Paks II biztonsági dokumentációjának és a Nemzeti Jelentés elkészülése után következtek be.
- g. A perifériás védelem bővítése pedig a korábbi fejezetben megfogalmazott ÁVIT bővítést is kiegészíti, hiszen a jelenlegi veszélyhelyzet kezelés ezekkel nem számol. Ennek értelmében a veszélyhelyzetek implementálása válik szükségessé az új bővített ÁVIT osztályozásba.

## ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az értekezés tartalmi fejezeteiben bemutatott kutatási tevékenységemre alapozva a következő új tudományos eredményeket javaslom elfogadásra:

1. Az atomerőművek technológiai és nukleárisbaleset-elhárítási szempontjainak iparbiztonsági célú vizsgálatára alapozva **kidolgoztam** a nukleáris események kezelésében részt vevő beavatkozó állomány felkészítéséhez szükséges oktatási tematikát, valamint a hozzá kapcsolódó Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyvet, amellyel fokozható az érintett személyi állomány felkészültsége.
2. A meglévő és tervezett atomerőművek valós idejű kommunikációja és eseményreagálási hatásfaktorainak átfogó és összehasonlító elemzésére építve **meghatároztam** az Üzemállapot Monitorozó Rendszerhez tartozó és a kivitelezési követelményeket figyelembe vevő technológiai beavatkozási lehetőségeket, amelynek kapcsán konkrét **javaslatot tettem** az üzemi dokumentációk és a veszélyhelyzeti eljárások bővítésére, valamint a rendszer felhasználói felületére és működési kritériumaira, ezzel biztosítva az együttes működés hatékonyságának növelését.
3. A párhuzamosan működő atomerőművek nukleáris balesetelhárítási feladatai kapcsán **megállapítottam** a Baleset-elhárítási Szervezet és a Létesítményi Tűzoltóság szervezeti fejlesztési lehetőségeit, az Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv bővítési és a kombinált TMMT tervezési szempontrendszerét, különös tekintettel a riasztási fokozatok bevezetésére és a külső beavatkozó szervezetek harmonizált közreműködésére, amely az együttes üzemelés feltételeit magasabb szinten képes biztosítani.
4. A párhuzamosan működő atomerőművek Súlyos Baleset-kezelési eljárásainak elemzése alapján az egységesítés érdekében fejlesztési javaslatokat **dolgoztam ki** a súlyos baleset-kezelési eljárásrendek közös rendszerben történő működtetésére, amely kiterjed a súlyos baleset-kezelési útmutatóra és az új atomerőmű technológia eltéréseit figyelembe vevő komplex eljárásrend koncepcióra, így erősítve a védekezésre vonatkozó felkészültséget.
5. A párhuzamosan működő atomerőművek perifériás védelmi kiépítésének bővítése céljából végzett - a földrengésállóságot, az árvízi védekezést és a rendkívüli időjárási helyzetek érintő - kutatásom alapján **tudományos rendszerbe foglaltam** a biztonsági dokumentáció és az Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv részlemeinek fejlesztési szükségleteit, amelyek elősegítik a biztonságos működés feltételrendszerét.

## AZ ÉRTEKEZÉS AJÁNLÁSAI

Az értekezésem következtetéseinek és tudományos eredményeinek alapján az alábbi ajánlások megfontolására teszek javaslatokat:

1. Minden külső kárelhárítási segítség igénybevétele kapcsán felvetendő, hogy megfelelő ismeretanyaggal szükséges rendelkezni az egyes események kezelésének hatékonysága érdekében. Ehhez a jövőben és a két atomerőmű leendő párhuzamos működtetése végett ajánlom az Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyvet a Katasztrófavédelem és az iparbiztonság szakemberei számára ismeret elmélyítő vagy oktatási szempontból, mely alapvető segítség az egyes események kapcsán a hatékony munkavégzés elsajátításához.
2. Az ÜMR felhasználása meglátásom szerint mindkét atomerőmű üzemi működtetéséhez megfelelő biztonsági segédrendszer lehet. A valós idejű információtovábbítás révén gyorsabb válaszingedések megvalósítására alkalmas, mint a jelenlegi helyzetkezelési eljárásrend.
3. A bővített BESZ, ÁVIT, Létesítményi Tűzoltóság és a kombinált TMMT tervezete a „Támogató” riasztási fokozat implementálásával bővíti, és fejleszti az operatív beavatkozást mindkét atomerőműben, így annak felhasználását az atomerőművek veszélyhelyzetkezeléséhez ajánlom, melyhez társul a Katasztrófavédelem szervezete, akik számára hatékonyság növelő eljárásrendként kerülhet bevezetésre a kidolgozott bővítés és fejlesztés.
4. Az SBK eljárások és intézkedések fejlesztése mindkét atomerőmű kapcsán hasznos, ezért mindazon végrehajtási és erő-eszköz bővítés, melyet megfogalmaztam hasznosítható a Nukleáris Baleset-elhárítás operatív végrehajtása kapcsán.
5. A perifériás védelem koncepciója mindkét atomerőmű védekezéséhez hasznos fejlesztés. A biztonsági szervezetek vezetőin és végrehajtóin felül az üzemi személyzet és a Katasztrófavédelem szakemberei számára is tartalmaz olyan lényegi aspektusokat, amelyek ismerete alaposabb védelmi tervezést és veszélyhelyzet kezelést valósít meg.

## A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

Az értekezés új tudományos eredményei és ajánlásai részben felsoroltak gyakorlati felhasználhatósága alapvetően a jelenleg üzemelő és a létesítendő új atomerőmű kapcsán értelmezhetőek. Célzott specifikus felépítést és irányított kidolgozást alkalmaztam, hogy lefedjem mindazon iparbiztonsági aspektusokat, amelyek révén olyan fejlesztéseket és bővítéseket fogalmazhatok meg, amik által a kritikus és szélsőséges veszélyhelyzetek kezeléséhez hatékony megoldásokat sorakoztathatok fel. Ezek alapján tehát a gyakorlati felhasználhatóság tekintetében a két egymás közvetlen szomszédságában üzemelő atomerőművet jelölöm meg, kiegészítve az ismeretek bővítésének lehetőségével a Katasztrófavédelem helyi és területi szerveinek szakemberei számára. Az értekezés során levont következtetések és fejlesztési javaslatok releváns részei érvényesíthetőek bármely párhuzamosan működtetett eltérő generációjú vagy típusú atomerőmű esetében annak ellenére, hogy tárgyaként a magyarországi atomerőmű bővítést célozza meg.

Paks, 2022. március 20.



Antal-Farkas Zoltán



## HIVATKOZOTT IRODALOM JEGYZÉKE

- [1] *World Nuclear Industry Handbook*, Zagreb, Progressive Media International, 2016
- [2] *The World Nuclear Industry – Status Report 2017*, Paris: Mycle Schneider Consulting Project, 2017 <https://www.worldnuclearreport.org/-World-Nuclear-Industry-Status-Report-2017-29-.html> (A letöltés dátuma: 2021.05.01.)
- [3] A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet
- [4] Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris balesetektől levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész*, Bolyai Szemle 2016/4: pp. 120-136. 2016
- [5] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *A nukleáris biztonság alapelvei*, V6.0, Paks, 2020
- [6] Nemzeti Jelentés – *A Paksi Atomerőmű célzott biztonsági felülvizsgálatáról*, OAH, Budapest, 2011.12.29. [http://www.nubiki.hu/CBF\\_NJ\\_final\\_hun\\_signed.pdf](http://www.nubiki.hu/CBF_NJ_final_hun_signed.pdf) (A letöltés dátuma: 2022.03.01.)
- [7] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., - Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk: *Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Előrehaladási Jelentés*, V1.0, Paks, 2011. augusztus 15.
- [8] Atomenergia info: *Hazai és nemzetközi energetikai helyzetkép - Fokozódó hazai kiszolgáltatottság* <http://atomenergiainfo.hu/magyar-atomenergetika/hazai-es-nemzetkozi-energetikai-helyzetkep> (A letöltés dátuma: 2022.04.01.)
- [9] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. - *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat*, Paks, MSSZ\_V20, érvényes: 2020.04.01.
- [10] Atomerőmű Tűzoltóság, Atomix Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat: *Szakmai Ismeretek Oktatási anyag*, Atomix at-me-6.2.2.-11-v2: Atomerőműves rendszerek, Paks, 2012. 08. 01.
- [11] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) I. modul: *Általános kötet*, MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.
- [12] Pór Gábor.: *Atomenergetikai alapismeretek – Atomerőművek generációi*, Budapest, Edutus Főiskola, 2012 [www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017\\_61\\_atomenergetikai\\_alapismeretek/ch01s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_61_atomenergetikai_alapismeretek/ch01s03.html) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 27.)
- [13] *Nuclear Safety & Security - IAEA Safety Standards*, <http://www-ns.iaea.org/standards/> (A letöltés dátuma: 2017.10.27.)
- [14] *International Basic Safety Standards*. IAEA Safety Standards Series No.GSR Part 3, IAEA, Austria, 2014 <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards> (A letöltés dátuma: 2021.10.27.)

- [15] International Atomic Energy Agency: *Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants*. Safety Guide No.NS-G-2.15, IAEA, Austria 2009 <https://www.iaea.org/publications/8088/severe-accident-management-programmes-for-nuclear-power-plants> (A letöltés dátuma: 2021.07.10.)
- [16] *Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants*, IAEA Safety Standards Series No.NS-G-2.1, IAEA, Austria 2000 <https://www.iaea.org/publications/6018/fire-safety-in-the-operation-of-nuclear-power-plants> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 17.)
- [17] INES 2020: *Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála*. [https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2\\_6\\_1](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_6_1) (A letöltés dátuma: 2022. 01. 17.)
- [18] Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény
- [19] Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos sajátos tűzvédelmi követelményekről és a hatóságok tevékenysége során azok érvényesítésének módjáról szóló 5/2015. (II. 27.) BM rendelet
- [20] Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (IX.6.) BM rendelet
- [21] A 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
- [22] Az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet
- [23] Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet
- [24] Az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról szóló 59\_2013 Euratom irányelv
- [25] Az egészségügyről szóló 1997 évi CLIV törvény 1997. évi CLIV. törvény
- [26] 15/2001. (VI.6.) KöM rendelet, az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről
- [27] A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény
- [28] 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) Kormányrendelet
- [29] Az Országos Nukleárisbaleset-elhárításról szóló 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet
- [30] A tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról szóló 1996. évi XXXI. törvény
- [31] A tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól kiadott 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet

- [32] Az önkormányzati és létesítményi tűzoltóságokra, valamint a hivatásos tűzoltóság, önkormányzati tűzoltóság és önkéntes tűzoltó egyesület fenntartásához való hozzájárulásra vonatkozó szabályokról szóló 239/2011. (XI. 18.) Korm. rendelet
- [33] PK-43/2008-as Paksi HTP által kiadott határozat
- [34] 6/2016. (VI. 24.) BM OKF utasítása Tűzoltás-taktikai Szabályzat és a Műszaki Mentési Szabályzat kiadásáról
- [35] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *Irányítástechnikai Ismeretek* jegyzet. V3.0, Paks, 2008.03.10.
- [36] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *Súlyos Balesetkezelési Útmutatók*. V2.0, Paks, 2013.
- [37] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *Súlyos Balesetkezelés Rendszerei: Primerkörű rendszerek üzemeltetési jegyzete*, V1.0, Paks, 2018.07.05.
- [38] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, II. modul: *Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv*, Verziószám: 9.3, Paks, 2016.02.04.
- [39] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) IV. modul: *Tűzoltási és Műszaki Mentési Terv: 2.1 - Műveletirányító Terv*, MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Paks, 2016
- [40] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) V. modul: *Általános Polgári Védelmi Alapterv* (2016). MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.
- [41] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) IV. modul: *Tűzoltási és Műszaki Mentési Terv* (2016). MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.
- [42] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT): *Mellékletek* (2016). MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.
- [43] Atomerőmű Tűzoltóság, Atomix Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat: *Szakmai Ismeretek Oktatási anyag*, Atomix at-me-6.2.2.-1-v2: Üzemzavar elhárítási oktatási anyag, Paks, 2013. 07. 01.
- [44] Atomerőmű Tűzoltóság, Atomix Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat: *Üzemzavar elhárításban, Súlyos Baleset-kezelésben, Nukleáris Baleset-elhárításban közreműködés belső szabályzata*, Atomix BSz-03-AT, Paks, 2013.02.01.
- [45] MVM Paks II., Telephely Biztonsági Jelentés II. kötet – 5. fejezet: *Geológia, Geofizika, Szeizmológia, Geotechnika és Hidrogeológia*, Verziószám: 2, Paks, 2016.10.18.
- [46] MVM Paks II., Telephely Biztonsági Jelentés II. kötet – 4. fejezet: *Hidrológia*, Verziószám: 2, Paks, 2016.10.18.

- [47] MVM Paks II., Telephely Biztonsági Jelentés II. kötet – 3. fejezet: *Meteorológia*, Verziószám: 2, Paks, 2016.10.18.
- [48] MVM ERBE Zrt.: *Telephely Jellemzése*, Lévai Projekt – Módszertani és kritérium dokumentumok, Lévai Dokumentum azonosító: 540603A00037EBA, Paks, 2012.05.14.
- [49] MVM Magyar Villamos Művek Zrt. – Előzetes Konzultációs Dokumentáció: *Új atomerőművi blokkok létesítése*, 6F111121/0002/C, Paks, 2012.10.26.
- [50] Petőfi Gábor, Rónaky József, Solymosi József: *A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése*, *Hadmérnök* 2: (1) pp. 58-64. 2007.
- [51] Sebestyén Zsolt, Horváth Kristóf, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris biztonság és védettség hazai kutatási-fejlesztési eredményei*, *Hadmérnök* XI: (4) pp. 69-90. 2016
- [52] Berek Tamás: *Honvédelmi Ismeretek – ABV (CBRN) Védelmi Alapismeretek* jegyzet, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi egyetem, 2010
- [53] Pátzay György: *Energiatermelés* című egyetemi előadása, <https://docplayer.hu/39547063-Energiatermeles-1-dr-patzay-gyorgy-1.html> (letöltés dátuma: 2022.04.10.)
- [54] Radnóti Katalin, Király Márton: *Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük*, *Nukleon*, VIII 177 1-13. oldal, 2015
- [55] Szakál Béla - Vass Gyula - Kátai Urbán Lajos: *Katasztrófavédelem I. – Vegyipari Katasztrófák*, Budapest, Szent István Egyetem Ybl Miklós Főiskolai Kar 229 p, 2004
- [56] Elter József - Tóthné Laki Éva - Peter Matejovic: *Súlyos baleset kezelési koncepció az olvadék reaktortartályban tartására a Paksi Atomerőműben*, <https://nuklearis.hu/nukleon/sulyos-baleset-kezelesi-koncepcio-az-olvadek-reaktortartalyban-tartasara-paksi-atomeromuben> (A letöltés dátuma: 2022.10.30.)
- [57] Hanusovszky Livia: *Atomreaktorok* előadás [http://atomfizika.elte.hu/magreszfiz/hanusovszkylivia\\_atomreaktorok.pdf](http://atomfizika.elte.hu/magreszfiz/hanusovszkylivia_atomreaktorok.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.10.27.)
- [58] Rácz Ervin: *Nukleáris Erőművek előadás sorozat, 6. előadás: Atomreaktorok generációi* [http://uni-obuda.hu/users/racz.ervin/NE\\_n\\_1\\_Eloadas.pdf](http://uni-obuda.hu/users/racz.ervin/NE_n_1_Eloadas.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.10.27.)
- [59] Czifrus Szabolcs: *IV. generációs reaktorok kutatása*, <http://docplayer.hu/108279516-Iv-generacios-reaktorok-kutatas-a-czifrus-szabolcs-bme-nti.html> (A letöltés dátuma: 2021.10.20.)
- [60] Boros Ildikó: *Atomerőművi főberendezések*, <https://docplayer.hu/39840997-Egyeb-reaktortipusok-atomeromuvi-technologiak-boros-ildiko-bme-nti.html> (A letöltés dátuma: 2021.10.30.)

- [61] Német Béla: *Nukleáris energetika előadás sorozat, 7. előadás: Harmadik generációs atomerőművek, a paksi atomerőmű bővítése (Paks-II)*, Pécs 2015 [http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/Nucl-En-7\\_PaksII.pdf](http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/Nucl-En-7_PaksII.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.10.30.)
- [62] Csom Gyula: *Atomerőművek*, Budapest, Magyar Atomforum Egyesület, 2004
- [63] Bognár Balázs, Kátai-Urbán Lajos, Kossa György, Kozma Sándor, Szakál Béla, Vass Gyula.: *Iparbiztonságtan I. - Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági feladatok ellátásához*, Budapest: Nemzeti Közszerológati Egyetem, Nemzeti Közszerológati és Tankönyv Kiadó Zrt., 2013
- [64] Dan Gabriel Cacuci: *Handbook of Nuclear Engineering*, New York, Springer Science+Business Media LLC, 2010
- [65] Földi László, Halász László, Kis Erika: *Környezetbiztonság*, Budapest, Complex kiadó, 2009
- [66] Dobor József, Pátzay György, Kossa György: *Atomerőművi Balesetek és Üzemzavarok Tanulságai 1.*, *Hadmérnök* 12: (1) pp. 58-71. 2017
- [67] Dobor József, Pátzay György, Kossa György: *Atomerőművi Balesetek és Üzemzavarok Tanulságai 2.*, *Hadmérnök* XII: (4) pp. 84-98. 2017
- [68] Solymosi Máté, Solymosi József, Vass Gyula: *A nukleáris biztonsági kultúra és a nukleáris védettségi kultúra történeti áttekintése és hazai alkalmazásai*, *Védelem tudomány*, 5: (1) pp. 181-191. 2020
- [69] Solymosi Máté: *Kis szervezetek nukleáris biztonsági és védettségi kultúrájával kapcsolatos megfontolások*, *Hadmérnök* 12: (3) pp. 154-165. 2017
- [70] Mesics, Zoltán: *A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzésének és kezelésének hatékonyabbá tétele a biztonsági irányítási rendszerrel szemben támasztott követelményrendszer továbbfejlesztése által*, *Műszaki Katonai Közöny* XXVII. (2) pp. 31-45., 15 p. 2017
- [71] Priváczkine Hajdu Zsuzsanna, Endrődi István, Muhoray Árpád: *A belvív elleni védelem új lehetőségei a korszerű polgári védelem rendszerével*, *Védelem Tudomány*, 4: (2) pp. 183-210. 2019
- [72] Hoffmann Imre, Szlávik Lajos, Cimer Zsolt: *Árvív által okozott katasztrófák iparbiztonsági vetületei*, *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat* IV: (különszám) pp. 112-130. 2019

- [73] Csurgai József: *Az éghajlatváltozás hatásának vizsgálata környezeti nukleáris mérés technikában alkalmazott berendezések megbízhatóságára, mérési karakterisztikájára*, In: Földi, László; Hegedűs, Hajnalka (szerk.) *Adaptációs lehetőségek az éghajlatváltozás következményeihez a közszolgálat területén*, Nemzeti Közszolgálati Egyetem pp. 351-385. 2019
- [74] Manga László, Deme Sándor, Vincze Árpád: *A lakossági óvintézkedések bevezetésének sugárzás monitorozási kérdései nukleáris veszélyhelyzetben*, Sugárvédelem XII. évf.: (1. szám) pp. 41-50. 2019
- [75] Hoffmann Imre, Kátai-Urbán Lajos, Lévai Zoltán, Vass Gyula: *Iparbiztonsági kockázatok Magyarországon*, Védelem Online: Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár 22: (1) 546 2015
- [76] Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Manga László, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán: *Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radioaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszerekben*, Sugárvédelem XIII: (1) pp. 1-8. 2020
- [77] Tóth Ferenc, Mógor Judit, Bonnyai Tünde: *A katasztrófavédelem polgári védelmi feladatai*, Védelem – Katasztrófa – Tűz és Polgári Védelmi Szemle 18:6pp. 39-42., 4 p. 2011
- [78] Mógor Judit, Bonnyai Tünde: *A katasztrófavédelem lakosságtájékoztatási módszerei és eszközei*, Polgári Védelmi Szemle 19:3pp. 11-14., 4 p. 2012
- [79] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Atomerőművek létesítést megelőző alapvető szabályozóinak és tervezési kritériumainak vizsgálata*. Bolyai Szemle XXVI. évfolyam, 1. szám, pp.: 126-139 2017
- [80] 1384/2014. (VII. 17.) Korm. határozat Magyarország nemzeti katasztrófabiztonság-értékelési módszertanáról és annak eredményeiről szóló jelentésről
- [81] L. BERNICE, P. FELIX és G. GEMMA, „Preparing for High-impact, Low-probability Events Lessons from Eyjafjallajökull”, London: The Royal Institute of International Affairs Chatham House, 2012 <https://www.chathamhouse.org/2012/01/preparing-high-impact-low-probability-events-lessons-eyjafjallajokull> (A letöltés dátuma: 2022. 07. 01.)
- [82] Antal Zoltán: *Severe accident management systems and procedures*. Hadmérnök 16. évfolyam 3. szám, pp41–54. 2021
- [83] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Atomerőmű létesítés tűzvédelmi követelményeinek vizsgálata*. Védelem tudomány II. évfolyam, 1. szám, pp.: 17-30. 2017
- [84] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Atomerőmű generációk fejlődésének vonzatai*. Hadmérnök XIII. 3. pp 150-163 2018

- [85] Safety of Nuclear Power Reactors World Nuclear Association: *Energy For Sustainable Development*, 2003. <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/safety-of-nuclear-power-reactors.aspx> (A letöltés dátuma: 2021.10.30.)
- [86] The VVER today: *Evolution, Design, Safety* – State Atomic Energy Corporation ROSATOM  
<http://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf> (A letöltés dátuma: 2022.03.03.)
- [87] Kátai-Urbán Lajos, Sibalinné Fekete Katalin, Vass Gyula: *Hungarian Regulation on the Protection of Major Accidents Hazards*. Journal of Environmental Protection, safety, Education and Management 4:(8) pp. 83-86. 2016
- [88] Cimer Zsolt, Szakál Béla, Hoffmann Imre: *Compliance with the new legal requirements on the demonstration of safety management systems in the safety report*. Science for Population Protection 8:(2) pp. 1-12. 2016
- [89] Safety of Nuclear Power Plants: *Design*, IAEA Safety Standards Series No.SSR-2/1, IAEA, Austria 2012. <https://www.iaea.org/publications/10885/safety-of-nuclear-power-plants-design> (A letöltés dátuma: 2022.03.03.)
- [90] Tokyo Electric Power Company Holdings: Primary Measures for Kashiwazaki-Kariwa NPS Units 6/7 to comply with the New Regulatory Requirements, 2017  
<https://www.tepco.co.jp/en/nu/kk-np/safety/index-e.html> (A letöltés dátuma: 2022. 07. 12.)
- [91] Tokyo Electric Power Company Holdings: Application for Examination as to Compliance with the New Regulatory Standards of Kashiwazaki-Kariwa Nuclear Power Station Units 6 and 7, 2013  
[https://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/2013/1230976\\_5130.html](https://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/2013/1230976_5130.html) (A letöltés dátuma: 2022. 07. 12.)
- [92] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) Végrehajtási utasítás: *A veszélyhelyzetek kategorizálásához és a veszélyhelyzet kialakulása esetén elvégzendő riasztási feladatok végrehajtásához az Ügyeletes Mérnök részére*, Paks, MVM Paksi Atomerőmű Zrt. ÁVIT\_VU35\_V11, 2021
- [93] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) Végrehajtási utasítás: *Végrehajtási utasítás a BESZ vezetője részére*, Paks, MVM Paksi Atomerőmű Zrt., ÁVIT\_VU40\_V03, 2019
- [94] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. - *Az Állapot Orientált Kezelési Utasítások és a Leállási ÁOKU-k használatának szabályai*, Végrehajtási utasítás TLÜ302\_VU10, V8, Paks, 2020.03.02.

- [95] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *ÁVIT Ismeretek, Szakterületi vizsgakövetelmények* jegyzet. V1.1 Paks, 2018.07.23.
- [96] *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency*, IAEA Safety Standards Series No.GS-R-2, IAEA, Austria 2002 <https://www.iaea.org/publications/10905/preparedness-and-response-for-a-nuclear-or-radiological-emergency> (A letöltés dátuma: 2022. 01. 10.)
- [97] *Manual for First Responders to a Radiological Emergency*, IAEA EPR-First Responders, Austria 2006 <https://www.iaea.org/publications/7606/manual-for-first-responders-to-a-radiological-emergency> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 03.)
- [98] Antal Zoltán: *A Paksi Atomerőmű Súlyos Baleset Kezelési eljárása keretében alkalmazott külső hűtőközeg-betáplálás*. Konferencia Kiadvány „Iparbiztonsági és Hatósági Szakmai Nap” Tudományos Konferencia pp. 8-15., Paks 2020
- [99] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) III. modul: *Katasztrófavédelmi Terv (Belső Védelmi Terv)*, MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.
- [100] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *ÜM jelentési kötelezettségei-hatósági vizsga jegyzet: Belső események jelentése, kivizsgálása*, (FNU001\_ELJ\_V21)
- [101] Atomerőmű Tűzoltóság, ATOMIX Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat, Szakmai Ismeretek Oktatási anyag: *Műszaki Ismeretek*, ATOMIX-MU-08-01-M-04, 2021. 07. 01.
- [102] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF - *Primerkörü rendszerek üzemeltetése: A kiegészítő üzemzavari tápvíz rendszer üzemeltetési jegyzete*, V6.0, Paks, 1998.09.15.
- [103] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Biztonsági Igazgatóság, VFO - *Baleset-elhárítás, A gőzfejlesztők súlyos baleseti tápvíz betáplálás biztosításának begyakoroltatására végrehajtott módszertani gyakorlat értékelése, intézkedések a hiányosságok felszámolására*, 3141-028/2019, Paks 2019.02.20.
- [104] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv: *Végrehajtási Utasítás a külső hűtőközeg-betáplálás biztosítására*, ÁVIT-VU79-v03, Paks, 2016.10.05.
- [105] MVM ERBE Zrt: *Földtani közeg bemutatása és jellemzése*, Lévai Projekt – Módszertani és kritérium dokumentumok, Lévai Dokumentum azonosító: 540603A00037EBA, Paks, 2012.05.11.
- [106] MVM ERBE Zrt.: *Telephely Hidrológiai Jellemzése*, Lévai Projekt – Módszertani és kritérium dokumentumok, Lévai Dokumentum azonosító: 540603A00037EBA, Paks, 2012.05.11.



- [107] Nagy József: *Az árvízvédekezés folyamata, feladatai az MVM Paksi Atomerőmű üzemi területén*, oktatási jegyzet, Paks, 2019.04.29.
- [108] Az árvíz- és a belvízvédekezésről 10/1997. (VII. 17.) KHVM rendelet
- [109] Antal Zoltán: *A Paksi Atomerőmű árvízvédekezési feladatai*. III. Tolna Megyei Polgári Védelmi Munkaműhely „*Katasztrófák, kockázatok, önkéntesek*” Tanulmánykötet pp. 5-13. Paks, 2020
- [110] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. *Heti Hírlevél*, XX. évf., 17.sz., Atomix Kft. Nyomda, Paks, 2019.05.02.

## A TÉMAKÖRBE KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

### LEKTORÁLT KÖNYV, PÁLYÁZAT, JEGYZET (ON-LINE IS)

#### Könyvfejezet

- [1] Antal Zoltán: A Paksi Atomerőmű árvízvédekezési feladatai. III. Tolna Megyei Polgári Védelmi Munkaműhely „Katasztrófák, kockázatok, önkéntesek” Tanulmánykötet pp. 5-13. 2020

### LEKTORÁLT SZAKMAI FOLYÓIRATCIKKEK (ON-LINE IS)

#### Magyar nyelvű mértékadó folyóiratban idegen nyelven

- [2] Antal Zoltán: Basic risk assessment of Nuclear Power Plants. Műszaki Katonai Közlöny XXXI. évfolyam, 2021/1. szám, pp95-107. 2021
- [3] Antal Zoltán: Severe accident management systems and procedures. Hadmérnök 16. évfolyam 3. szám, pp41–54. 2021

#### Magyar nyelvű mértékadó folyóiratban magyar nyelven

- [4] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: Atomerőmű létesítés tűzvédelmi követelményeinek vizsgálata. Védelem tudomány II. évfolyam, 1. szám, pp.: 17-30. 2017
- [5] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: Atomerőművek létesítést megelőző alapvető szabályozóinak és tervezési kritériumainak vizsgálata. Bolyai Szemle XXVI. évfolyam, 1. szám, pp.: 126-139. 2017
- [6] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: Atomerőmű generációk fejlődésének vonzatai. HADMÉRnök XIII. 3. pp 150-163. 2018
- [7] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: Nukleáris biztonsági irányelvek magyarországi megvalósulása. Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Folyóirat (2498-6194): IV. 2. pp 122-145. 2019
- [8] Antal Zoltán, Révai Róbert, Bérczi László: Nukleáris baleset-elhárítás Magyarországon, különös tekintettel az egészségügyi hatásokra – I. rész. Műszaki Katonai Közlöny XXIX. évfolyam, 2019/3. szám, pp5-20. 2019

- [9] Antal Zoltán, Révai Róbert, Bérczi László: Nukleáris baleset-elhárítás Magyarországon, különös tekintettel az egészségügyi hatásokra – II. rész. Műszaki Katonai Közlöny XXIX. évfolyam, 2019/4. szám, pp135-155. 2019

HAZAI SZAKMAI KONFERENCIA KIADVÁNYBAN MEGJELENT (ON-LINE IS)

Magyar nyelvű előadás

- [10] Antal Zoltán: A Paksi Atomerőmű Súlyos Baleset Kezelési eljárása keretében alkalmazott külső hűtőközeg-betáplálás. KONFERENCIA KIADVÁNY „Iparbiztonsági és Hatósági Szakmai Nap” Tudományos Konferencia pp. 8-15. 2020

Saját nyelvű absztrakt/poszter

- [11] Antal Zoltán: Atomerőmű létesítés Katasztrófavédelmi követelményeinek kutatása és fejlesztése című poszter. KONFERENCIA KIADVÁNY, „Veszélyes tevékenységek biztonsága” Nemzetközi Iparbiztonsági Tudományos Konferencia pp. 315. 2018

## MELLÉKLETEK

### 1. Alkalmazott rövidítések jegyzéke

<b>ALARA</b>	As Low As Reasonably Achievable (az ésszerűen elérhető legalacsonyabb)
<b>Atv</b>	Atomtörvény / Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény
<b>ATÜ</b>	Atomerőmű tűzoltóság
<b>ÁVIT</b>	Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv
<b>BESZ</b>	Baleset-elhárítási Szervezet
<b>BF</b>	Balti-tenger fölötti szint
<b>BM OKF</b>	Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
<b>BME</b>	Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
<b>BVFR</b>	Baleseti Veszélyhelyzet Felismerő Rendszer
<b>CBF</b>	Célzott Biztonsági Felülvizsgálat
<b>ENSREG</b>	European Nuclear Safety Regulators Group (Európai Unió nukleáris biztonsági hatóság)
<b>ÉÓZ</b>	Élelmiszer-fogyasztási korlátozások óvintézkedési zónája
<b>EIK</b>	Erőmű Irányító Központ
<b>EPR</b>	European Pressurized Reactor (Európai típusú nyomottvizes reaktor)
<b>ERBE</b>	MVM ERBE Zrt.
<b>EURDEP</b>	Európai Radiológiai Adatcsere Platform
<b>EÜM</b>	Egészségügyi Minisztérium
<b>GFR</b>	Gas-cooled Fast Reactor (Gázhűtéses gyors reaktor)
<b>GPS</b>	Global Positioning System (Globális Helymeghatározó rendszer)
<b>GSM</b>	Global System for Mobile Communications (Globális mobil kommunikációs rendszer)
<b>IAEA</b>	International Atomic Energy Agency (Nemzetközi Atomenergia Ügynökség)
<b>INES</b>	International Nuclear and Radiological Event Scale (Nemzetközi Nukleáris Eseményskála)
<b>ITER</b>	International Thermonuclear Experimental Reactor (Nemzetközi Kísérleti Termonukleáris Reaktor)
<b>Kat. tv.</b>	A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény
<b>KBFMR</b>	Kritikus Biztonsági Funkció Monitorozó Rendszer
<b>KFKI</b>	Központi Fizikai Kutatóintézet
<b>KI</b>	Katasztrófavédelmi Igazgatóság
<b>KKÁT</b>	Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója
<b>KKB</b>	Katasztrófavédelmi Koordinációs Kormánybizottság
<b>Korm. rendelet</b>	Kormányrendelet
<b>KÜTR</b>	Kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer
<b>L-ÁOKU</b>	Leállási Állapot Orientált Kezelési Utasítás
<b>LFR</b>	Lead-cooled Fast Reactor (Ólomhűtéses gyors reaktor)
<b>MÁSZ</b>	Mértékadó Árvízi szint

<b>MÓZ</b>	Megelőző óvintézkedések zónája
<b>MSR</b>	Molten Salt Reactor (Olvadéksó reaktor)
<b>MSSZ</b>	Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat
<b>MTK</b>	Műszaki Támogató Központ
<b>MVM Zrt.</b>	Magyar Villamos Művek Zrt.
<b>NAÜ</b>	Nemzetközi Atomenergia Ügynökség
<b>NBIÉK</b>	Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központjának
<b>NBSZ</b>	Nukleáris Biztonsági Szabályzatok
<b>OAH</b>	Országos Atomenergia Hivatal
<b>OBEIT</b>	Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv
<b>ONER</b>	Országos Nukleárisbaleset-elhárítási rendszer
<b>OSJER</b>	Országos Sugárfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszer
<b>OTSZ</b>	Országos Tűzvédelmi Szabályzat
<b>Paks II</b>	Paks II. Atomerőmű Zrt.
<b>RHFT</b>	Nemzeti Radioaktív Hulladéktároló
<b>RHK Kft.</b>	Radioaktív Hulladékokat Kezelő Közhasznú Nonprofit Kft
<b>SBK</b>	Súlyos Baleset-kezelés
<b>SBKU</b>	Súlyosbaleset-Kezelési Útmutató
<b>SCWR</b>	Supercritical Watercooled Reactor (Szuperkritikus vízhűtéses reaktor)
<b>SFR</b>	Sodium-cooled Fast Reactor (Nátriumhűtéses gyors reaktor)
<b>SÓZ</b>	Sürgős óvintézkedések zónája
<b>TA</b>	Tervezési alap
<b>TAK</b>	Tervezési alap kiterjesztése
<b>TBJ</b>	Telephely Biztonsági Jelentés (Paks II.)
<b>TEK</b>	Terror Elhárítási Központ
<b>TMMT</b>	Tűzoltási és Műszaki Mentési Terv
<b>Ttv.</b>	1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról
<b>TÜM</b>	Tanácsadó ügyeletes mérnök
<b>TVP</b>	Tartalék Vezetési Pont
<b>ÜFK</b>	Üzemeltetési Feltételek és Korlátok
<b>ÜM</b>	Ügyeletes Mérnök
<b>ÜMR</b>	Üzemállapot Monitorozó Rendszer
<b>ÜV</b>	Üzemzavari védelem
<b>VB</b>	Védelmi Bizottság
<b>VHTR</b>	Very High Temperature Reactor (Nagyon nagy hőmérsékletű reaktor)
<b>VTK</b>	Veszélyhelyzeti Tervezési Kategória
<b>VU</b>	Végrehajtási Utasítás
<b>VVER</b>	Vodo-Vodyanoy Energeticheskiy Reaktor (Vízűtéses-vízmoderátoros energetikai reaktor - nyomottvizes típuscsalád)
<b>VVP</b>	Védett Vezetési Pontot
<b>ZÜHR</b>	Zóna üzemzavari hűtő rendszer

## 2. Fogalomtár

**Aktív zóna:** A reaktornak az a térfogata, melyben a láncreakció végbemegy.

**ALARA elv:** A sugárveszélyes munkakörben dolgozók védelme érdekében, figyelembe véve a gazdasági és társadalmi szempontokat, olyan munka- és sugárvédelmi szabályozók lettek megalkotva, melyek értelmében a foglalkoztatottak sugárterhelése az észszerűen megvalósítható legalacsonyabb szinten kell tartani.

**Alfa-sugárzás:** Igen rövid hatótávolságú (levegőben néhány cm-ig eljutó), erősen ionizáló sugárzás. Tulajdonképpen nagy sebességgel repülő hélium atommagok árama.

**Atomerőmű:** Egy vagy több atomreaktor segítségével a maghasadás során felszabaduló energiát termelő és hasznosító üzem. Egyes atomerőművek az áram mellett hőenergiát is termelnek és értékesítenek (pl. házak fűtésére vagy ipari üzemek hőellátására.) (Atv.)

**Atomkár:** Az emberélet elvesztése, a személyek testi épségében és egészségében keletkezett minden kár, minden anyagi kár, az ezekkel együtt jelentkező környezeti kár ésszerű mértékű helyreállításának költsége, valamint a károk csökkentése érdekében ténylegesen végrehajtott, ésszerű és szükséges intézkedéssel kapcsolatban felmerült költség, amennyiben azokat a nukleáris üzemanyag, a nukleáris létesítményben lévő radioaktív termék, hulladék, vagy a nukleáris létesítményből származó, abból kiszállított, illetőleg oda küldött nukleáris anyag révén a létesítményben vagy a szállítás során bekövetkezett rendkívüli esemény okozta. (Atv.)

**Általános Beavatkozási Szint (General Intervention Level):** Olyan nemzetközileg elfogadott dózisszint, amelynek elérésekor a megfelelő lakosságvédelmi intézkedések alkalmazása általában indokolt és optimált.

**Általános Cselekvési Szint (General Action Level):** Olyan nemzetközileg elfogadott, például dózisteljesítményben, aktivitáskoncentrációban kifejezett szint, amelynek elérésekor a megfelelő lakosságvédelmi intézkedés alkalmazása általában indokolt és optimált.

**Általános Veszélyhelyzet (General Emergency):** Az Általános Veszélyhelyzet olyan sugárterhelést vagy radioaktív anyag környezetbe kerülését, illetve radioaktív anyag környezetbe kerülésének kockázatát idézi elő, ami nagy kiterjedésű területen indokolja sürgős óvintézkedések bevezetését a lakosság védelme érdekében. Az Általános Veszélyhelyzet kihirdetését követően azonnal intézkedni kell a következmények mérséklésére, valamint a kijelölt óvintézkedési zónákban tartózkodó személyek megfelelő védelme érdekében a szükséges óvintézkedések végrehajtására.

**Baleset:** Olyan nem tervezett esemény, amikor a tervezési alapon rögzített korlátozások kibocsátási mértékét várhatóan vagy valószínűleg meghaladják, valamint nagyobb külső és belső sugárterhelést okoznak.

**Beavatkozási szint:** Az elkerülhető egyenérték dózisonak vagy effektív dózisonak azon értéke, amely elérésekor a beavatkozási intézkedéseket számításba kell venni.

**Becquerel, Bq (ejtsd bekerel):** A radioaktív anyag aktivitását a benne másodpercenként elbomló atomok számával mérjük. Ennek egysége a becquerel. Egy Bq az aktivitása annak az anyagmennyiségnek, amelyben másodpercenként egy bomlás zajlik le.

**Belső védelmi terv:** A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek kialakulásának megelőzését, a balesetek elhárítását, következményeinek mérséklését szolgáló intézkedések megtételét, az értesítési, riasztási, felkészítési feladatok veszélyes anyagokkal foglalkozó üzemen, veszélyes anyagokkal foglalkozó létesítményen belüli végrehajtásának rendjét, feltételeit szabályozó üzemeltetői okmány. (Kat.tv.)

**Béta-sugárzás:** Elég rövid (de az alfa-sugárzásénál nagyobb) hatótávolságú sugárzás, nagy sebességgel repülő elektronokból áll. A magok béta-bomlásának eredménye.

**Csökkentett raj:** a tűzoltás és műszaki mentés szervezetének olyan taktikai része, amely a rendelkezésre álló eszközeivel önálló beavatkozásra képes, létszáma 1+4 fő.

**Cselekvési szint:** Az a dózisteljesítmény, vagy aktivitáskoncentráció szint, amely felett helyzetjavító, vagy védelmi intézkedéseket kell végrehajtani, tartósan fennálló, vagy baleseti helyzetben.

**Dekontaminálás (sugármentesítés):** Az emberi testen, a tárgyakban, vagy azok felületén lévő, továbbá a környezetben megjelenő radioaktív szennyeződés eltávolítása, vagy csökkentése. (487/2015 Korm.rendelet)

**Determinisztikus hatás:** Olyan sugárhatás, amelynek dózisküszöb-értéke van, amely felett a hatás súlyossága a dózissal növekedik. Ha az emberi szervezetet egy bizonyos küszöbdózisonál nagyobb dózis éri, rövid idő után megjelennek az ún. sugárbetegség tünetei, melynek súlyossága a besugárzás mértékétől függ. A sugárbetegség kezdeti tünetei általában: égési sérülésekhez hasonló sebek, hányás, hasmenés, láz.

**Dúsítás:** Az a bonyolult és energiaigényes folyamat, amelyben a természetes uránban igen kis hányadban (0,7 %) jelen lévő 235-ös tömegszámú uránizotóp részarányát megnöveljük. A legtöbb reaktortípus csak dúsított uránnal tud működni. (A paksi reaktorok friss üzemanyaga 3,8-4,2 %-ra dúsított.)

**Elzárkóztatás:** A nukleáris veszélyhelyzet korai időszakában, a lakosság (telephelyen tartózkodók) tagjainak védelme érdekében hozott intézkedés. Ennek során az érintett lakoságnak, vagy lakossági csoport(ok)nak bezárt és tömített nyílászárókkal ellátott helyiségben kell tartózkodnia. Az elzárkózás időtartama – ha az illetékes hatóság másként nem rendelkezik – 2 napnál nem hosszabb.

**Expozíció:** Az expozíció az a leggyakrabban alkalmazott mennyiség, mely egy adott helyre érkező sugármennyiséget fejez ki.

**Élelmiszerfogyasztási Korlátozások Óvintézkedési Zónája (Food Restriction Planning Zone):** Az Élelmiszerfogyasztási Korlátozások Óvintézkedési Zónája az a terület, amelyen belül szükségessé válik a lakosság élelmiszer-fogyasztásának korlátozása, a mezőgazdasági termelők és az élelmiszer-feldolgozó ipar ellenőrzése, tevékenységük szerint szigorú rendeleti szabályozása, illetve korlátozása.

**Felezési idő:** Az az idő, amely alatt egy radioaktív izotóp mennyisége és így aktivitása is felére csökken a radioaktív bomlási folyamat következtében. Ez egy meghatározott radioaktív izotópra (adott nuklidfajtára) természeti állandó, például a rádium esetében 1620 év. A különböző radioaktív izotópok felezési ideje a másodperc igen kis tört részétől milliárd évekig terjedhet.

**Félráj:** a tűzoltás és műszaki mentés szervezetének olyan taktikai része, amely a rendelkezésre álló eszközeivel önálló beavatkozásra képes, létszáma 1+3 fő.

**Fűtőelemköteg, kazetta:** Az uránpasztillákat tartalmazó fűtőelempláncákat egy közös szerelvénybe, közös tokba (kazettába) fogják össze. Ilyen egységenként kezelik (mozgatják) az üzemanyagot.

**Gamma-sugárzás:** Elektromágneses sugárzás, mint a fény vagy a hősugárzás is, de azoknál sokkal „keményebb”, rövidebb hullámhosszú. Míg a látható fény vagy a röntgensugárzás az atom elektronhéjában lejátszódó folyamatok eredménye, a gamma-sugárzás az atommagban bekövetkező, ezért nagyobb energiájú folyamatokból származik. A gamma-sugár kibocsátása egy nuklid gerjesztett állapotból alacsonyabb energiaállapotba kerülésének eredménye. A gamma-bomlás tehát minőségi magátalakulással nem jár. (Nem keletkezik másfajta nuklid. Az alfa-bomlás vagy a béta-bomlás eredményeként keletkezett atommag a kiindulási magtól különböző lesz.)

**Generátor:** Egyen- vagy váltakozó feszültségek és áramok előállítására használt berendezés. Az egyenáramú generátort dinamónak is nevezik. Az erősáramú generátor olyan villamos forgógép, amelyben, egy mágneses térben forgó rész v. rotor vezetőiben az elektromágneses indukció elve alapján villamos feszültség keletkezik, és mechanikai teljesítményt alakít át villamos energiává.

**Genetikus sugárzási hatások:** Azok a sugárhatások, amelyek nem a sugárzást szenvedett egyedben, hanem annak később születendő utódaiban jelentkezhetnek.

**Hasadási termékek:** Az elhasadó nehéz magból keletkezett, rendszerint két középnehéz mag (un. hasadványmagok), ezek bomlástermékei, valamint a hasadáskor felszabaduló neutronok és más részecskék.

**Hasadóanyagok:** Azok az anyagfajták, amelyeknek magjai hasadásra képesek.

**Helyi Veszélyhelyzet (Site Area Emergency):** A Helyi Veszélyhelyzet a sugárterhelés vagy a sugárterhelés kockázatának nagymértékű növekedését eredményezi a közelben tartózkodók számára. A Helyi Veszélyhelyzet kihirdetését követően azonnal intézkedni kell a következmények mérséklésére, a közelben tartózkodó személyek védelmére, és fel kell készülni a szükségessé váló lakosságvédelmi óvintézkedések végrehajtására.



**Inkorporáció:** Az a folyamat, amely során a szervezetbe jutott radioaktív anyagmennyiség részt vesz az anyagcserében, s így hosszabb-rövidebb ideig beépül a szervezetbe. A belső sugárterhelés zömét az inkorporált radioizotópok okozzák.

**Ion:** Ha az alapállapotban elektromosan semleges atomok elektronjaikból egyet vagy többet elveszítenek (illetve többletelektront vesznek fel), pozitív (illetve negatív) ion áll elő. Az ehhez vezető (pl. ütközési) folyamat az ionizáció.

**Ionizáló sugárzás:** Olyan sugárzás, amely anyagba hatolva képes abban ionokat létrehozni. Legfontosabb fajtái az alfa-, béta-, gamma-, röntgen- és neutronsugárzás. (A látható fény és az ultraibolya sugárzás nem tartozik ide.) (Atv.)

**Izotópok:** Egy adott kémiai elem (ez egyértelműen meghatározza a protonok számát) különböző fizikai tulajdonságú változatai, amelyek csak az atommagban lévő neutronok számában (és ezáltal tömegében) különböznek. Egy elem természetes előfordulásban általában izotópjainak keverékéből áll.

**Jódprofilaxis:** Reaktorbaleset esetén nagy mennyiségű radioaktív jód kerülhet ki a környezetbe, amely a szervezetbe jutva annak kis részében, a pajzsmirigyben dúsul fel, így helyileg nagy besugárzással fenyeget. Ezért baleset esetén tablettá formájában nagy mennyiségű jódot adagolnak a veszélyeztetett lakosságnak, hogy a szervezet telítődjön jóddal, és így csökkenjen a pajzsmirigy radiojód-felvétele.

**Katasztrófa:** A veszélyhelyzet kihirdetésére alkalmas, illetve e helyzet kihirdetését el nem érő mértékű olyan állapot vagy helyzet, amely emberek életét, egészségét, anyagi értékeiket, a lakosság alapvető ellátását, a természeti környezetet, a természeti értékeket olyan módon vagy mértékben veszélyezteti, károsítja, hogy a kár megelőzése, elhárítása vagy a következmények felszámolása meghaladja az erre rendelt szervezetek előírt együttműködési rendben történő védekezési lehetőségeit, és különleges intézkedések bevezetését, valamint az önkormányzatok és az állami szervek folyamatos és szigorúan összehangolt együttműködését, illetve nemzetközi segítség igénybevételét igényli. (Kat.tv.)

**Káreset:** A tüzeset és a műszaki mentés gyűjtőfogalma.

**Kárelhárítás:** Mindazon műszaki és nem műszaki feladatok összessége, melyek magukba foglalják a természeti csapás, baleset, káreset, rendellenes technológiai folyamat műszaki meghibásodás, veszélyes anyag szabadba jutása vagy egyéb cselekmény által előidézett veszélyhelyzet során az emberélet, a testi épség és az anyagi javak védelme érdekében végzett műszaki beavatkozó tevékenységeket.

**Kárhely:** A tűzoltói beavatkozás során érintett terület, melynek határát az irányításért felelős személy (a tűzoltásvezető) jelöli ki.

**Készenlét:** Az MVM PA Zrt. üzemviteli, karbantartási és veszélyhelyzet-kezelési tevékenységének támogatására folyamatos készenléti rendszert üzemeltet. A készenlétesek munkaidőben a munkahelyeiken, munkaidőn kívül lakásukon tartanak készenléti szolgálatot úgy, hogy értesítésük (riasztásuk) esetén a meghatározott normaidőn belül a szolgálati helyükre beérkezzenek.

**Kiegészítés:** Az a folyamat, amikor a reaktor üzemanyagból a nagyszámú hasadás következtében fogy a 235-ös tömegszámú uránizotóp. Nem jelent kémiai égést.

**Kimenekítés:** A nukleáris veszélyhelyzet korai időszakának óvintézkedése, melynek során a lakosság egy csoportját (munkavállalókat) sugárterhelésük csökkentése érdekében egy területről gyorsan, ideiglenesen (jellemzően legfeljebb 1 hétig) eltávolítják.

**Kitelepítés:** Különleges jogrendben, vagy veszélyhelyzetben a veszélyeztető esemény által sújtott vagy azzal fenyegetett területen élő személyeknek, illetve az ott található, létfenntartásukhoz szükséges anyagi javaknak, tervezett, az arra jogosult döntésén alapuló, szervezett kivonása.

**Konténment:** Az atomreaktort és annak közvetlenül kapcsolódó részeit, rendszerelemeit magába záró nyomásálló, hermetikusan kialakított építmény, amelynek az a funkciója, hogy normál üzem, várható üzemi események és tervezési üzemzavarok esetén megakadályozza vagy korlátozza a radioaktív anyagok környezetbe jutását. Különböző tervezési koncepciójú konténmentek léteznek. Vannak vasbeton, feszített vasbeton, acél, egy- és kettősfalú, teljes vagy csökkentett nyomású konténmentek. A paksi atomerőmű konténmentje vasbeton dobozszerkezet.

**Könnyű víz – nehéz víz:** Előbbi a hidrogén legközönségesebb, magjában egyetlen protont tartalmazó változatából felépülő közönséges víz, míg az utóbbiban a hidrogén ún. nehéz hidrogén formájában jelenik meg, amelyben a proton mellett egy vagy két neutron is található (előbbi a deutérium, utóbbi a trícium). A nehézvíz jóval drágább, de kevésbé nyeli el a neutronokat, mint a közönséges („könnyű”) víz, ezért egyes reaktortípusok (deutériumtartalmú) nehézvízzel működnek.

**Kritikus állapot:** A reaktornak azon állapota, amikor minden hasadásból származó 2-3 neutron közül statisztikus átlagban egy neutron hoz létre új hasadást. Ekkor a hasadások száma és ezzel a termelt energia mennyisége is időben állandó. A reaktor folyamatos energiatermelés közben végig „kritikus” állapotban van.

**Lassú neutron – gyors neutron:** A hasadási folyamatban gyors neutronok keletkeznek. Ahhoz, hogy jobb hatásfokkal tudjanak új hasadásokat létrehozni, le kell őket lassítani. Ezt a lassítást a moderátorban való ütközések segítségével valósítjuk meg. (A paksi reaktorokban a moderátor közönséges víz.) Ne keverjük össze a neutronlassítás és a neutronelnyelés feladatát! Az utóbbit végzi a bór - bóracél, illetve bóroltat formájában. A moderátor azért kell, mert csak a lelassult neutronok tudják fenntartani a láncreakciót.

**Létesítményi Tűzoltóság:** A gazdálkodó szervezet vagy más jogi személy tevékenységével összefüggő tűzoltási és más műszaki mentési feladatok elsődleges ellátására létrehozott és fenntartott szervezet. (Ttv.)

**Létesítményi Veszélyhelyzet (Facility Emergency):** Létesítményi Veszélyhelyzetben a védelem szintjének nagymértékű csökkenése következik be nukleáris és/vagy radioaktív anyagot alkalmazó létesítményhez kötött tevékenység során. A Létesítményi Veszélyhelyzet kihirdetését követően azonnal intézkedni kell a következmények mérséklésére és a létesítmény telephelyén tartózkodó személyek védelmére. Az ilyen minősítésű veszélyhelyzet sohasem veszélyezteti a telephelyen kívüli területeket.

**Lokalizációs torony:** A hermetikusan zárt, passzív elven működő nyomáscsökkentő rendszere, a konténment része. Nagy térfogatú medencékben vizet tartalmaz, amely a primerkörüli hűtőkör törése esetén a kiáramló gőzt kondenzálja, így megakadályozza a megengedettnél nagyobb nyomás kialakulását.

**Magfúzió:** Az energiatermelés egyik lehetséges módja, amelynek során könnyűmagok épülnek össze nehezebb magokká, miközben energia szabadul fel. Ilyen folyamat adja a Nap és a hidrogénbomba energiáját is. Földi körülmények között szabályozott energiatermelő fúziós láncreakciót még nem sikerült megvalósítani. A megvalósított atomreaktorokban nem fúzió, hanem meghasadás (fisszió) zajlik.

**Maghasadás:** A nehéz mag szétválása két kisebb atommagra. E folyamat általában neutronsugárzással, gamma-sugárzással, ritkábban töltött magtöredék kibocsátásával jár együtt. A maghasadást rendszerint a magba behatoló neutron idézi elő, de nagyon kis valószínűséggel spontán módon is bekövetkezhet.

**Megelőző Óvintézkedések Zónája (Precautionary Action Zone):** Ez az I. veszélyhelyzeti tervezési kategóriába tartozó létesítmények esetében egy előre kijelölt terület, amelyre a sürgős óvintézkedéseket előre megtervezik, és az általános veszélyhelyzet kihirdetését követően azonnal elrendelik.

**Monitor:** Olyan készülék, amelynek célja az ionizáló sugárzás vagy radioaktív anyagmennyiség mérése és lehetőleg figyelmeztetés adása akkor, ha ez bizonyos előre beállított értéknél nagyobbá válik.

**Nemzetközi Nukleáris Eseményskála:** A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által bevezetett hétfokozatú skála, amelynek feladata, hogy a média és a nagyközönség számára egyértelmű tájékoztatást tegyen lehetővé atomerőműben bekövetkezett üzemzavarok vagy balesetek esetén. A skála 3 üzemzavari és 4 baleseti szintet különböztet meg.

**Normál üzem:** A nukleáris létesítménynek a Hatóság által jóváhagyott üzemeltetési feltételek és korlátok betartása melletti üzemeltetése, beleértve atomreaktor és erőmű esetén a terhelésváltoztatást, a leállást, az indítást, a fűtőelem cserét, karbantartást, próbákat és egyéb tervezett műveleteket.

**Nukleáris anyag:** A radioaktív anyagok közül mindazok, amelyek önfenntartó nukleáris láncreakcióra képesek, vagy képessé tehetők, továbbá ezek vegyületei, vagy az elemet, illetőleg vegyületét tartalmazó anyag, különösen az urán, a tórium, a plutónium és bármilyen anyag, amely az előbbiekből egyet vagy többet tartalmaz, a bányászat, illetőleg az ércfeldolgozás körébe tartozó ércek és érchulladékok kivételével. (Atv.)

**Nukleáris baleset:** Minden olyan rendkívüli esemény, amely atomkárt okoz. (Atv.)

**Nukleárisbaleset-elhárítás:** Az emberi egészséget és biztonságot, az élet minőségét, az értéket és a környezetet veszélyeztető nukleáris veszélyhelyzet következményeinek enyhítését szolgáló intézkedések végrehajtása.

**Nukleáris láncreakció:** Olyan reakciósorozat, amelyben az egyes reakciók teremtik meg a további reakciók feltételeit. Az atomenergia termelésében döntő jelentőségű a hasadási láncreakció, amelynél a hasadásban keletkező neutronok hoznak létre további hasadásokat. (Atv.)

**Nukleáris üzemanyag:** Hasadási láncreakció előállítására alkalmas anyag (rendszerint urán), amelyet megfelelő műszaki kialakítással atomreaktorok töltetékül használunk. (Atv.)

**Nukleáris veszélyhelyzet:** Rendkívüli esemény következtében előálló állapot, amelyben a lakosságot érintő következmények elhárítása vagy enyhítése érdekében intézkedésekre van, vagy lehet szükség. A nukleáris veszélyhelyzet a lehetséges nukleáris létesítményi nukleáris veszélyhelyzetek és a radiológiai veszélyhelyzetek együttes gyűjtő elnevezése. (Atv.)

**Nuklid:** Meghatározott proton- és neutronszámmal jellemzett mag neve. Nem más, mint egy kémiai elem egy meghatározott izotópjának a magja.

**Nyomottvízes reaktor:** Olyan reaktor, amelynek a primer körű hűtőközege akkora nyomás alatt van, hogy abban a magas hőmérséklet ellenére nem forr a víz.

**Önfenntartó nukleáris láncreakció:** Olyan nukleáris láncreakció, amelyben egy reakció által kiváltott újabb reakciók száma átlagosan eggyel egyenlő. Így a folyamat önmagát fenntartja. Az atomenergetika szempontjából döntő fontosságú az önfenntartó hasadási láncreakció.

**Potenciális Veszélyhelyzet (Alert):** A Potenciális Veszélyhelyzet a dolgozók és a közelben tartózkodó személyek védelmi szintjében bizonytalanságot vagy jelentős csökkenést eredményez. A Potenciális Veszélyhelyzet kihirdetését követően azonnal intézkedni kell a következmények felmérésére és mérséklésére, továbbá fokozni kell a baleset-elhárítási szervezetek készenlétét.

**Primer kör:** A reaktor és a hozzá csatlakozó hűtőhurkok közös neve. A benne lévő közeg általában erősen radioaktív, kikerülésének megakadályozása alapvető műszaki feladat. A primerkörű hőhordozót a szekunderkörtől a gőzfejlesztők hőátadó csövezése választja el.

**Radioaktivitás:** Egyes atommagoknak az a tulajdonsága, hogy sugárzás (pontosabban egykét „ionizáló sugárrészecske”) kibocsátása mellett elbomlanak, más atommaggá alakulnak. Egy adott kémiai elem (kálium, vas stb.) atommagjai általában stabil, illetve radioaktív változatban is léteznek a Földön.

**Radioaktív anyagok:** A bomlásképes atommagokat tartalmazó, ezért folyamatosan sugárzást kibocsátó anyagok. Ezek lehetnek természetes vagy mesterségesen előállított radioaktív anyagok. Fogyásukat és így intenzitásuk csökkenését a felezési idő jellemzi. (Atv.)

**Radioaktív bomlás:** Olyan spontán bekövetkező magátalakulás, amelynek során részecskék vagy gamma-sugárzás lép ki.

**Radioaktív hulladék:** Az atomenergia hasznosításának vagy egyéb, nukleáris technikát alkalmazó eljárás (pl. nukleáris medicina, kutatás, ipari anyagvizsgálatok stb.) tovább már nem hasznosítható radioaktív melléktermékei. (Atv.)

**Radiológiai káresemény:** Sugárforrás ellenőrizetlenné válása következtében fellépő nukleáris veszélyhelyzet, amely a lakosság, illetve dolgozók nem tervezett és ellenőrizetlen besugárzásához vezethet (nem tartozik ide a nukleáris anyag vagy létesítmény balesete következtében létrejövő ellenőrizetlen sugárforrás).

**Radiológiai veszélyhelyzet:** Radioaktív anyagot tartalmazó létesítményben vagy radioaktív anyaggal végzett tevékenység következtében kialakuló nukleáris veszélyhelyzet.

**Raj:** a tűzoltás és műszaki mentés szervezetének taktikai része, amely a rendelkezésre álló eszközeivel önálló beavatkozásra képes, létszáma 1+5 fő.

**Reaktor:** Olyan berendezés, amiben szabályozott körülmények között láncreakció játszódik le. Működésének fizikai alapját az jelenti, hogy az üzemanyaga neutronok hatására két, közel egyenlő tömegű részre hasad, és keletkezik néhány új, gyors neutron. Ezeket a reaktorban le kell lassítani a moderátorral mielőtt újra szét tudna hasítani egy atommagot. A reaktor szabályozása a jó neutronelnyelő képességű szabályzó és biztonságvédelmi rudak segítségével történik.

**Rendkívüli esemény:** Az atomenergia alkalmazását szolgáló létesítményben, berendezésben, vagy radioaktív (nukleáris) anyaggal végzett tevékenység során - bármilyen okból - bekövetkező olyan esemény, amely a biztonságot kedvezőtlenül befolyásolhatja, és az emberek nem tervezett sugárterhelését, valamint a környezetbe radioaktív anyagok nem tervezett kibocsátását eredményezi, eredményezheti.

**Rendkívüli üzemeltetési állapot:** Üzemzavari vagy üzemzavar bekövetkezésével közvetlenül fenyegető helyzetben kihirdetett üzemállapot, amelynek folyamán rendkívüli esemény megelőzésére, annak bekövetkezésekor elhárítására, továbbá nukleáris veszélyhelyzet kialakulásának megakadályozására irányuló tevékenységek a rendeletben irányadó rendelkezésektől eltérően is végrehajthatók.

**Röntgensugárzás:** Olyan áthatoló elektromágneses sugárzás, amely nehéz atomok elektronhéjának belső rétegeiben zajló folyamatokból származik, sokkal rövidebb hullámhosszú (azaz nagyobb energiájú), mint a látható fény, amely az elektronhéj legkülső rétegeiben lezajló folyamatok terméke.

**Sugárbaletet (Radiológiai baleset):** A radioaktív anyagok felhasználásával vagy az ionizáló sugárforrások alkalmazásával kapcsolatos rendkívüli esemény, amelynek során az üzemviteli személyzet vagy a környezetben tartózkodó más személyek dóziskorlátán felüli sugárterhelést kaptak, vagy a dóziskorlát túllépését előidéző mértékben szennyeződtek radioaktív anyaggal.

**Sugárbetegség:** Az egész testet vagy annak nagyobb részét érő túlzott (meghatározott küszöbnél magasabb) besugárzás miatti, jól körülírható tüneteket okozó megbetegedés.

**Sugárforrás:** Minden olyan radioaktív anyag, készülék vagy berendezés, amely ionizáló sugárzás kibocsátására szolgál. Az atomerőművi gyakorlatban sugárforrásnak nevezzük továbbá mindazokat a berendezéseket, eszközöket és tárgyakat, melyek ionizáló sugárzást bocsátanak ki. (487/2015 Korm.rendelet)

**Sugárvédelem, radiológiai védelem:** Az ionizáló sugárzás emberre gyakorolt káros hatásainak korlátozásával kapcsolatos intézkedések. Például az ilyen sugárzások embert érő mennyiségének és radionuklidok inkorporálásának (testbe jutásának) korlátozása, és a fentiek bármelyikéből eredő fizikai károsodások megelőző korlátozása. (487/2015 Korm.rendelet)

**Súlyos Baleset:** A reaktorzóna jelentős károsodásával, zónaolvadással együtt járó, a tervezési üzemzavaroknál, valamint a tervezésen túli üzemzavaroknál súlyosabb külső hatásokkal járó baleseti állapot.

**Sürgős Óvintézkedések Zónája (Urgent Protective Action Planning Zone):** Az I., vagy II.tervezési kategóriába tartozó létesítmények esetében előre kijelölt terület, ahol előkészületeket kell tenni sürgős óvintézkedések azonnali elrendelésére a környezeti monitorozási adatok, vagy a létesítmény állapotának értékelése alapján.

**Szabályozó rúd:** Neutronelnyelő anyagot, rendszerint bórt tartalmazó rúd (a paksi reaktoroknál kazetta), amit a reaktor aktív zónájába mélyebben vagy kevésbé betolva változtathatjuk a neutronok és ezzel a hasadások számát, így a reaktor által termelt energia mennyiségét.

**Szekunderkör:** A gőzfejlesztő tápvíz és gőz oldala, valamint a turbina és a hozzá kapcsolódó segédrendszerek összessége alkotja.

**Szennyező anyagok:** A radioaktív anyag füst, por, aerosol vagy folyékony halmazállapotban megjelenő formái, amelyek személyekkel vagy tárgyakkal való érintkezés során azok elszennyeződését okozhatják.

**Sztochasztikus hatás:** Olyan sugárhatás, amelynek nincs küszöbdózisa, előfordulási valószínűsége arányos a dózissal, súlyossága azonban független attól. Jellemzője, hogy csak évekkkel, vagy akár nemzedékekkel később jelentkezik. Ide tartoznak a sugárzás által kiváltott rákos megbetegedések, és a mutációk hatásaként jelentkező genetikai hatás.

**Taktika:** A tűzoltás, műszaki mentés azon útjai, eszközei és formái, amelyek az adott pillanatban a leginkább megfelelnek a konkrét helyzetnek, valamint a leghatékonyabban és legcélravezetőbben biztosítják a tűzoltási, műszaki mentési feladatok elvégzését.

**Természetes háttérsugárzás:** A természetben mindenütt jelen lévő, emberi tevékenységtől független ionizáló sugárzás. Legfőbb forrásai a földkéreg és a világűr.

**Természetes radioaktivitás:** A természetben előforduló nuklidok radioaktivitása.

**Természetes urán:** A természetben előforduló izotóp-összetételű urán. Döntő többsége 238-as tömegszámú uránizotóp, és csak 0,7 %-ban tartalmazza az atomenergetika szempontjából döntő fontosságú 235-ös tömegszámú uránizotópot.

**Tervezési üzemzavar:** A tervezési alapanb feltételezett kezdeti események által kiváltott és az egyszeres meghibásodás elve szerint elemzett, valamint ezen elemzések által lefedett az atomerőmű üzemideje során csekély valószínűséggel előforduló folyamat, amely csak a tervekben meghatározott jellegű és mértékű fűtőelem károsodást eredményez.

**Turbina:** A gőzfejlesztőkben termelt gőz hő és mozgási energiáját mechanikus forgó mozgássá kell alakítani, hogy az a generátort forgásba hozza és ezáltal elektromos áramot állítson elő. Ebben az energia átalakító folyamatban a gőzturbina feladata, hogy a gőz hő és mozgási energiáját forgó mozgássá alakítsa át.

**Üzemanyag-átrakás:** A kiégett üzemanyag cseréje újra, valamint a részlegesen kiégett kazetták más pozícióba történő áthelyezése egy reaktorban.

**Üzemzavar:** A normál működéstől eltérő olyan nem tervezett események, melyek az üzemeltető akaratától függetlenül jönnek létre.

**Veszélyes anyagok:** A külön jogszabályban meghatározott anyagok, melyek-hatásukat kifejtve- halált, egészségkárosodást okoznak, vagy a környezetet és az anyagi javakat jelentősen károsítják.

**Veszélyhelyzeti sugárterhelés:** Olyan önkéntes személyeknek a dóziskorlátok egyikét meghaladó sugárterheléssel járó sugárterhelése, akik veszélyeztetett személyek segítségére szolgáló sürgős intézkedést hajtanak végre, elősegítik népességi csoport(ok) sugárterhelésének megelőzését, vagy csökkentését, közreműködnek létesítmény(ek), vagy javak megóvásában.

**Veszélyhelyzeti tervezési kategória:** A baleset-elhárítási tervezés megkönnyítése és egységesítése céljából a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség ajánlásait követve – a kockázatok nagysága és időbeli változása alapján – a létesítményeket, illetve tevékenységeket öt veszélyhelyzeti tervezési kategóriába sorolják. A veszélyhelyzeti tervezési kategóriák tételes meghatározását az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv tartalmazza.

**Veszélyhelyzeti osztály:** A nukleáris veszélyhelyzet súlyosságának minősítésére alkalmazandó osztályozás a nukleáris veszélyhelyzet olyan körülményein, feltételein alapszik, amelyek megközelítőleg azonos kockázati szintet képviselnek, és a bejelentést követően, kockázattal arányos, azonos szintű beavatkozást indítanak el az országon belül az elhárításra.

### 3. Ábrák, fényképek, táblázatok jegyzéke

#### Ábrák

1. ábra: Az értekezés fejezeteinek kohéziója
2. ábra: Nukleáris létesítmény biztonsági tervezésének összegző ábrája
3. ábra: Alapvető biztonsági gátak az atomerőműben
4. ábra: A Paksi Atomerőmű veszélyhelyzeti zónahatárai (szerző által szerkesztve)
5. ábra: Veszélyhelyzeti zónahatárok a tervezési kategóriába sorolt létesítményeknél
6. ábra: Alkalmazott riasztó jelzések
7. ábra: Oktatási tematika viszonyítása a témához
8. ábra: ÜMR felhasználói felület tervezet
9. ábra: Vezetési Törzs séma
10. ábra: Bővített BESZ strukturális sémája
11. ábra: A BESZ riasztási folyamat bővítése
12. ábra: Veszélyhelyzeti TMMT metszet
13. ábra: ÁVIT szerinti víznyerési és betáplálási pontok
14. ábra: Kétlépcsős vízkivitelű mesterségesen kialakított hidegvizes csatorna a Paks II-höz
15. ábra: VVER 1200 gőzfejlesztő külső levegőelvezetése és hűtése (szerkesztett ábra)
16. ábra: A Nemzeti Jelentés jellemző magasságszintjei a Paksi Atomerőmű telephelyén
17. ábra: A Telephely Hidrológiai jellemzés és árvízvédelmi jegyzet előírás szerint kialakított árvízvédelmi töltés a mértékadó árvíz-szint jelölése
18. ábra: Kétlépcsős vízkivitelű mesterségesen kialakított hidegvizes csatorna árvízelvezetési iránya
19. ábra: A kétlépcsős vízkivitelű mesterségesen kialakított hidegvizes csatorna frissvízhűtéses hűtőrendszer helyszínrajza
20. ábra: Forralóvizes reaktor (magyar nyelvűre módosítva)
21. ábra: Nyomott vizes reaktor (magyar nyelvűre módosítva)
22. ábra: Nehésvíz reaktor
23. ábra: Grafit moderátoros reaktor (magyar nyelvűre módosítva)
24. ábra: Nátriumhűtésű gyorsreaktor
25. ábra: Ólomhűtésű gyorsreaktor



26. ábra: Nemzetközi Kísérleti Termonukleáris Reaktor – Tokamak
27. ábra: VVER-1200-as reaktor vázlata
28. ábra: Sugárzások áthatoló képessége (magyar nyelvűre módosítva)
29. ábra: BESZ riasztási folyamatábrája
30. ábra: A BESZ eseménykezelési és riasztási folyamatábrája

## **Fényképek**

1. kép: ATÜ Renault Tornado gépjárműve az SBK felszerelések szállítására
2. kép: ATÜ Renault Tornado SBK felszerelései
3. kép: Az árvízvédelmi előadás és a Telephely Hidrológiai jellemzése alapján szerkesztett Google térkép
4. kép: A Telephely Hidrológiai jellemzés árvízszimulációs ábrája
5. kép: Az árvízvédekezésben részt vevők gyakorlata
6. kép: Az ATÜ árvízi védekezés felszereléseinek málházasi és elhelyezési fényképei
7. kép: A veszélyeztetett területek behatárolása Paks II., Telephely Biztonsági Jelentés alapján
8. kép: 2019 jegesedés elhárítási gyakorlat képe 1
9. kép: 2019 jegesedés elhárítási gyakorlat képe 2

## **Táblázatok**

1. táblázat: Atomerőmű blokkjainak üzemállapota
2. táblázat: Veszélyhelyzeti zónahatárok a tervezési kategóriába sorolt létesítményeknél
3. táblázat: Veszélyhelyzeti osztályok a tevékenységekhez viszonyítva
4. táblázat: Veszélyhelyzeti potenciális károsító hatások
5. táblázat: Veszélyhelyzeti tervezési kategóriák, az osztályok és a zónahatárok összerendelése
6. táblázat: ÁVIT készenléti működés meghatározása
7. táblázat: Dóziskorlátok
8. táblázat: Javaslat az oktatás moduláris tematikai felépítésére
9. táblázat: Ügyeletes Mérnök információgyűjtési lista módosítása
10. táblázat: EIK szolgálatvivő információgyűjtési lista módosítása
11. táblázat: Azonnali válaszingéskedés módosítása a technológiai osztálymeghatározások alapján I. és III. Veszélyhelyzeti Tervezési Kategóriában

12. táblázat: Veszélyhelyzeti osztályok kihatásának fejlesztése
13. táblázat: Veszélyhelyzeti osztály bővítése
14. táblázat: Balesetkezelés metszete
15. táblázat: Fizikai védelmi, tűz, természeti vagy egyéb események szerinti osztályozás kiegészítésének implementálására a bővített ÁVIT-hoz, a Telephely Biztonsági Jelentés: Hidrológia 13. oldalának jeges árvíz és a 30. oldal jegesedés elemzési része, valamint a Meteorológia fejezet iránymutatását követő módosítási javaslat
16. táblázat: Mélységben tagolt védelem szintjei az üzemállapotok vonatkozásában
17. táblázat: Sugárzási súlytényezők
18. táblázat: A szövetekre vonatkozó súlytényezők
19. táblázat: Magyarországot veszélyeztető létesítmények és tevékenységek besorolása
20. táblázat: Veszélyhelyzeti osztályok jellemzése
21. táblázat: A technológiai állapot szerinti osztálymeghatározás
22. táblázat: Sugárzási helyzet szerinti osztálymeghatározások
23. táblázat: Fizikai védelmi, tűz, természeti vagy egyéb események szerinti osztályozás
24. táblázat: Azonnali válaszingedések
25. táblázat: INES Nukleáris Esemény Skála 2020
26. táblázat: Ügyeletes Mérnök információgyűjtési lista
27. táblázat: EIK szolgálatvivő információgyűjtési lista
28. táblázat: A disszertációban általam fejlesztésre, bővítésre javasolt újítások fejezetekre bontott összegző táblázata

## **4. Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv**

# **Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyv**

**Paks  
2022**

## TARTALOMJEGYZÉK

1. Az atomenergia általános felhasználásához kapcsolódó nukleáris alapismeretek .....	228
1.1. Atomerőművi alapismeretek .....	228
1.2. A nukleáris biztonsági alapvetések bemutatása .....	229
1.3. Reaktortípusok csoportosítása moderátoruk szerint .....	231
1.4. Az atomerőművek generációkba sorolása .....	237
1.5. A Paksi Atomerőmű illeszkedése az atomerőművek típusai közé .....	239
1.6. A tervezett új paksi atomerőmű differenciái .....	240
2. A biztonságra törekvés és üzemeltetés szabályozóinak és célkitűzéseinek követelményrendszere .....	242
2.1. A nukleáris biztonságra törekvés szabályozói és célkitűzései .....	242
2.2. A tervezéshez tartozó üzemi állapotok és a biztonsági funkciók meghatározása .....	244
2.2.1. Mélységben tagolt védelem .....	246
2.2.2. A mélységben tagolt védelem működésének célkitűzései .....	249
2.3. A biztonsági osztályba sorolt kritikus rendszerek és rendszerelemek bemutatása .....	249
2.4. Tűzvédelmi követelmények vizsgálata .....	255
3. A nukleáris baleset-elhárítás kivitelezése és az egészségügyi hatások szakirányú bemutatása .....	259
3.1. Nukleáris baleset-elhárítás alapelveinek bemutatása .....	259
3.2. Az ionizáló sugárzás lényegi veszélyforrásai és hatásai .....	260
3.2.1. Ionizáló sugárzás jellemzése .....	260
3.2.2. Sugárzás fajtája és hatásai .....	262
3.3. A nukleáris létesítmények általános veszélyhelyzeti tervezése .....	263
3.4. Nukleáris veszélyhelyzeti osztályok bemutatása .....	265
3.5. A veszélyhelyzeti óvintézkedések vizsgálata .....	266
3.6. A magyarországi nukleáris baleset-elhárítási feladatok ellátási rendszerének bemutatása .....	269
3.6.1. Országos Nukleáris baleset-elhárítási rendszer .....	269
3.6.2. Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer .....	271
3.6.3. Nukleáris baleset-elhárítási döntéstámogató rendszer .....	271
3.6.4. Nemzetközi radiológiai adatcsere rendszer .....	271
3.7. A Paksi Atomerőmű nukleáris baleset-elhárítási rendszerének ismertetése .....	272
3.7.1. Veszélyhelyzet tervezés atomerőművi vonatkozásai .....	273
3.7.2. Intézkedések végrehajtása a veszélyhelyzeti osztályok bontásában .....	278
3.7.3. Az egyes veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok meghatározása .....	279
3.7.4. Azonnali válaszintézkedések meghatározása a Paksi Atomerőmű veszélyhelyzeti osztályaihoz .....	283
3.8. Védekezés és kárelhárítás elemzése a Paksi Atomerőműben .....	286
3.8.1. A Baleset-Elhárítási Szervezet működésének ismertetése az atomerőműben .....	286
3.8.2. A Baleset-Elhárítási Szervezet felépítésének bemutatása .....	290
3.8.3. A védekezés és kárelhárítás sugárvédelmi szempontú vizsgálata .....	294
3.9. Nemzetközi Nukleáris Eseményskála ismertetése .....	298
Hivatkozott Irodalom jegyzéke .....	301

## 1. Az atomenergia általános felhasználásához kapcsolódó nukleáris alapismeretek

### 1.1. Atomerőművi alapismeretek

Az erőművek energiatermelési elve hasonló, azonban egy atomerőmű esetén a folyamathoz szükséges hő nukleáris energia biztosítja. A nukleáris láncreakció szabályozására és a keletkező hő elvezetésére hivatott közeg biztosítására több alternatíva is létezik, a reaktor típusának megfelelően. Típustól függetlenül a három alapvető biztonsági feltételnek teljesülnie kell a káros hatás mentes energiatermeléshez:

- a nukleáris láncreakció hatékony szabályozása;
- a termelt energia és hő megfelelő elszállítása;
- a radioaktív anyagok kikerülésének megakadályozása. [1]

A legfontosabb paraméterek az atom-energia termelésben a moderátor, a neutronelnyelő- és a hűtőközeg. Az atomreaktorban lezajló nukleáris láncreakció során a maghasadás egy neutron befogadó izotóp több neutron termel. A földön létező egyetlen természetesen előforduló, neutron hatására könnyen hasadóképes izotóp az Urán 235-ös tömegszámú izotópja. A neutrontermelés energiefel szabadulással jár együtt, vagyis 1 db Urán 235 izotóp (továbbiakban: 235U) elhasadásakor kb. 200 MeV szabadul fel. (1 MeV=1.6 10<sup>-13</sup> Joule). Az Urán 238-as izotópja (továbbiakban 238U) a természetben előforduló urán 99.3%-át teszi ki és csak 0.7%- a 235U. Bizonyos atomreaktor típusokban felhasználható továbbá a neutronbefogással 238U-ból előállított plutónium 239 és 241-es izotópja, valamint a tórium 232-es izotópjából nyerhető 233U izotóp. [2]

A reakció állandó szinten tartásának és leállításának, valamint az üzemi stabil működtetés biztosításának minden esetben szabályozhatónak kell lennie. A maghasadások és a láncreakció szabályozása részben a keletkező többletneutron elnyelésével lehetséges. A bór 10-es tömegszámú izotópjának, a kadmiumnak, a gadolíniumnak, diszpróziumnak vagy az erbiumnak neutron elnyelő hatása van. A maghasadási reakció fenntartásához azonban nem elegendő a neutronelnyelő közeg alkalmazása. Egy maghasadás során keletkező nagy energiájú neutronokat az 238U továbbhasadás nélkül befogja és megállítja, így a benne lévő hasadóképes 235U izotóp reakció esélye kicsi. Hogy a hasadási folyamat mégis továbbmenjen, a láncreakció fenntartásához két megoldást alkalmaznak.

Az első lehetőség, hogy a hasadás során keletkező gyors neutronokat lelassítják, amihez neutronlassító anyagokat ún.: moderátorokat használnak fel. Ezen anyagok atommagjával ütközve a hasadvány-neutronok lelassulnak és termikus neutronok keletkeznek, amelyek nagyobb valószínűséggel hoznak létre újabb maghasadást.

Ilyen moderátor anyagok lehetnek:

- könnyűvíz;
- nehézvíz;
- grafit.

Könnyűvíz esetén, mivel a hidrogén kis mértékben elnyeli a termikus neutronokat, a maghasadás létrejöttének érdekében az 235U-öt 0.71%-ról 2-5%-ra dúsítják, növelve ezzel a termikus neutronok által létrehozott maghasadás lehetőségét. Nehézvíz vagy grafit moderátoros reaktornál a láncreakció természetes uránnal is megvalósulhat. A másik lehetőség az 235U nagy mértékű dúsítása és nagyobb mennyiségének felhalmozása egy reaktoron belül.

Ebben az esetben az  $^{238}\text{U}$  neutronelnyelése során új hasadó anyag, nevezetesen plutónium keletkezik. Ezt a folyamatot gyorsreaktoros tenyésztésnek hívják. A szaknyelvben ez a szabályzott keretek között fenntartott láncreakció az úgynevezett kritikus állapot. [3]

## 1.2. A nukleáris biztonsági alapvetések bemutatása

A nukleáris biztonság részletezéséhez ki kell fejteni néhány alapfogalmat annak érdekében, hogy minden későbbi ráutalás esetén egységesen értelmezhető legyen azok lényege.

Elsőként határozzuk meg az atomerőmű biztonságának fogalmát. A minőségi műszaki és szervezési megoldások felhasználásával zárható ki, hogy bármely üzemállapotban az erőmű személyzete és a környező lakosság a megengedettnél nagyobb sugárterhelést szenvedjen el, továbbá a természetbe az előírásnál nagyobb radioaktív kibocsátás ne juthasson. [4]

Minden atomerőművet meghatároz annak működési biztonsága, ami a normál üzemállapot fenntartásához szükséges tényezőket jelenti. [5] A normál működéstől eltérő eseteket kategorizálhatjuk azok veszélyességének mértékében. Az olyan nem tervezett eseményeket, melyek az üzemeltető akaratától függetlenül jönnek létre üzemzavarnak nevezzük. Ilyen esetekben a létesítmény rendszereinek olyan meghibásodásáról van szó, amikor a védelmet ellátó biztonsági funkciók a tervezett módon működésbe lépnek és a kialakult esemény nem vezet az előírtnál nagyobb sugárterheléshez. Amikor a nem tervezett események a tervezés alapján rögzített korlátozások kibocsátási mértékét várhatóan vagy valóban meghaladják, valamint nagyobb külső és belső sugárterhelést okoznak, balesetről beszélünk. [6]

Vannak bizonyos általánosan elvárt szemléletbeli elvek egy nukleáris létesítmény kapcsán. A létesítmény üzemeltetése és fenntartása több szervezet hatáskörébe tartozik, ezáltal feloszlik kisebb részegységekre, melyeknek egyenként is olyan önkritikus és biztonságtudatos munkavégzésre kell törekedniük, ami elvárható egy olyan létesítmény területén, melynek egy potenciális katasztrófa esetén kritikus hatása lehet a környezetében létező minden élőlényre, a társadalomra és a bolygó biztonságára. [5] A történelem során tapasztalt nukleáris balesetek, akár mulasztásra, akár előre nem látott külső körülmény által előidézett eseményekre vezethetők vissza, egy dologban hasonlóak, mégpedig abban, hogy lokális katasztrófájuk olyan világ méretű veszélyeztető körülménnyé bővült, melynek hatásait évekkel, évtizedekkel, talán éonokkal később is elszenvedi a Föld. [4] Az ilyen katasztrófák elszenvedésének elkerülésére fogalmazhatjuk meg azt az alapelvet, mely szerint a biztonsági szemlélet, a biztonsági kultúra színvonalának folyamatos növelése a nukleáris biztonság alapvetően elvárt koncepciója. [7]

A biztonság jegyében lett kialakítva a mélységben tagolt védelem elve is, mely lényegét tekintve a rendszerek olyan egymásba ágyazott összessége, amik az esetlegesen felmerülő meghibásodások során képesek a berendezések vagy az emberi hibák következményeinek kiküszöbölésére és kompenzálására, elkerülve ezzel a súlyos, károsító hatásokat. A mélységi védelem megléte és fenntartása mindenkor, a teljesítményi vagy üzemi állapottól függetlenül elengedhetetlenül szükséges. [8] A műszaki hibák kiküszöböléséről a céltudatos mérnöki tervezés gondoskodik, amely a több évtizedes nukleáris rendszerüzemeltetésre támaszkodik. Az emberi hibák kiküszöbölése azonban már egy egyéneként és szemléletenként változó nehézségű feladat. [64] A mulasztások elkerülése érdekében az atomerőműves folyamatok szigorú minőségbiztosítási és adminisztratív előírások alapján működnek. Ezek olyan önellenőrzési listákat is tartalmaznak, amelyek segítik munkatapasztalattól függetlenül a folyamatok helyes sorrendben történő elvégzését.

Az elvégzett munka során a teljesített feladatok és az ellenőrzőlista megfelelő adminisztrációjából a munkahelyi vezetők visszajelzést kaphatnak, hogy minden a megfelelő időben és sorrendben lett elvégezve. Az ilyen jellegű ellenőrző jelentések kitöltését csak olyan megbízott, szakmailag elhivatott dolgozó végezheti, aki felelősséget vállalva adja hozzá a nevét. Az atomerőmű személyzetének alkalmasságáról rendszeres időközönként megbizonyosodnak a szakmai vezetők, amihez elengedhetetlen követelményként társul a személyzet magas szintű képzése. [9]

A megfelelő periodikusságú minőségi képzés nélkül elképzelhetetlen volna a magas szakmai minőség megkövetelése. A sikeres képzések kulcsfontosságú pontja pedig az olyan oktatási anyagok elkészítése, amik érthetően és logikusan felépítve vezetnek végig a képzésen részt vevőket a céltudásig. [9]

A tudásbázis meglétének fontossága igaz az atomerőmű minden területén dolgozó számára, kiemelten az üzemeltetési feltételekkel kapcsolatosan, vagy a munka-, sugár- és tűzvédelem biztosításához.

A biztonsági elvek tarthatósága érdekében a következő feltételek szükségesek:

- a reaktorban keletkezett hőelvezetésnek minden körülmények közt meg kell valósulnia, akár alternatív vagy mobil megoldások alkalmazásával is;
- a kazetták hűtését leállított reaktor mellett is biztosítani kell;
- a kiégett üzemanyag is folyamatos hűtést igényel;
- meg kell gátolni a radioaktív anyagok környezetbe kerülését (mérnöki gátak);
- szükséges rendelkezni a láncreakció gyors leállítását szavatoló eszközökkel (szabályozó és biztonságvédelmi rudak);
- üzemzavari szituáció esetén sem lehet hűtéskimaradás. [10]

A minőségi oktatás és a visszaellenőrzés azonban még nem zárja ki az emberi mulasztások lehetőségét. Ezeket a hiányosságokat a tudatos mérnöki tervezések ellensúlyozzák az üzemeltetési korlátok beiktatásával. Az üzemeltetési korlátok olyan rendszerek és folyamatok terminuspontjai, melyek életbelépése az esetlegesen bekövetkezett hibák következményeinek csökkentésére lettek kialakítva. A mélységi védelem és az üzemeltetési feltételek tervezésének alapelvei érvényesek minden biztonsági rendszerre és rendszerelemre. A rendszereknek nemcsak függetlennek kell lenni az általuk kezelt eseménytől, de bizonyos hibatűréssel is szükséges számolniuk.

A biztonsági rendszer tervezést tehát a következő megoldási elvek használatával lehet megvalósítani: [6]

- redundancia;
- diverzitás;
- rendszer függetlenség;
- meghibásodás-biztos tervezés;
- minőség.

A felsorolásból egyértelműen kitűnik, hogy nem csak a biztonsági funkciókat megvalósító rendszerek duplikálásáról van szó, hanem olyan egymással párhuzamosan működő, azonos védelmet biztosító berendezésekről, melyek kialakításukban némelyest különböznek egymástól a típushibák kiküszöbölése érdekében. A biztonsági rendszerek függetlensége olyan funkcionális elkülönítést jelent, ami csökkenti a meghibásodott rendszerhez kapcsolt rendszerelemek meghibásodásának valószínűségét. [11]

### 1.3. Reaktortípusok csoportosítása moderátoruk szerint

A kezdeti atomerőművek technológiája és azok biztonsági aspektusai lényegesen megváltoztak a fejlődéssel párhuzamosan. Az innovatív gondolkodás és a biztonságra törekvés jegyében megvalósított nukleáris energiahordozók kiaknázását ma már generációkba soroljuk és működési szempontból típusokra bontjuk. Az épülő 3 és 3+ generációs atomerőművek és az előrevetített, a jövő generációi számára kifejlesztésre váró, egyenlőre még elméleti stádiumban lévő atomerőművek alátámasztják a megelőző technológiák fejlesztett alkalmazásainak hasznosságát. [12]

Az atomerőművek besorolásánál csak nagyvonalakban választhatjuk külön a generációkat. Az azonos generációba tartozó erőművek között is vannak különbségek, hiszen nem egy lokálisan fejlesztett majd terjesztett típusról van szó. Több ország, több tudóscsapat és sokféle cél vezérelte a világot az atomenergia hasznosítására. A II. Világháború után az atomenergia felhasználásának lehetősége olyan kiaknázatlan területté vált, ami később annak becsült hasznosságát is bőven túlszárnyalta mindamellet, hogy egyértelműen determinálta a jövő fegyvereinek fejlesztési irányát. [13]

Az elmúlt évtizedekben a rohamosan fejlődő tudománynak köszönhetően a nukleáris energia felhasználása is egyre biztonságosabbá vált. A lehetőségek tárháza minden egyes újítással és fejlesztéssel egyre tágabb, melyet sikerül megvalósítani és megbízhatóan a társadalom szolgálatába állítani.

A generációs elválasztás elve talán a negyedik generációs atomerőműveknél fog érvényesülni élesebben, vagy olyan komoly technológiai áttörésből származó újítás esetén, mint amilyen a kísérleti stádiumban lévő hidrogénfüzió. Az új erőművek elvi sémájának tényleges kivitelezésére ugyan még várunk kell, de minden egyes fejlesztés és kutatás hatással van az azt követő és rá akár csak részben is építkező kutatásokra. A műszaki kutatás és fejlesztés tehát folyamatosan zajlik és látható, hogy a holnap nukleáris energiafelhasználásához elengedhetetlen a biztonság tudatos tervezés már ma. [14]

Az atomerőművek fejlődése látható az egymástól nem egyértelműen elhatárolható generációs besorolás révén is, hiszen minden változtatás, ami megvalósításra került, nem eredményezhet egy újabb generációt. Ugyanakkor a jelenleg besorolt és használt generációs fogalmak, működési elvek és reaktortípusok ismerete elengedhetetlen egy új atomerőmű létesítéséhez. A biztonsági követelmények a nukleáris láncreakció okozta veszélyek miatt lettek kialakítva, amelyek természetes velejárói egy atomenergia működtette erőmű életének.

A sugárzás szinten tartása és a biztonságos működés szavatolása olyan alapvető biztonsági kritériumok, melyek alapos tanulmányozásához a megelőző technológiák működésének pontos ismerete szükséges.

A nukleáris láncreakció nem változott az első erőmű megépítése óta, de az azt megvalósító, szabályzó, felhasználó technológia viszont sokrétű fejlődésen ment keresztül. Egy új atomerőmű létesítéséhez és annak biztonsági követelményeihez elengedhetetlen a már működő és fejlesztés alatt álló technikák ismerete. [13]

#### *Termikus reaktorok*

A termikus reaktorokban az önfenntartó maghasadást lassú neutronok tartják fenn, miközben a keletkező nagy mennyiségű hő elvezetéséről grafit moderátor esetében szén-dioxid vagy héliumgáz felhasználásával gondoskodnak, míg könnyű- és nehézvíz esetében a hűtőközeg lehet maga a moderátor vagy kialakítható erre a célra külön hűtővízrendszer is. [15]



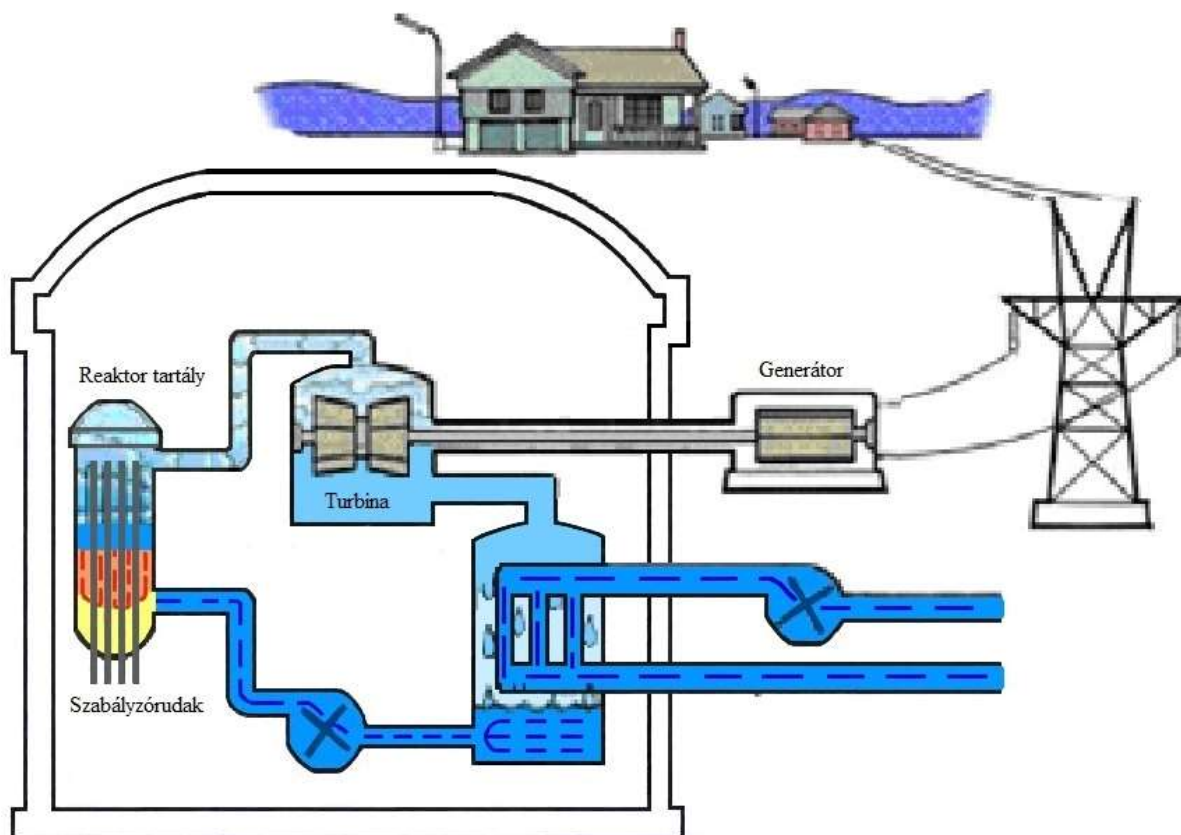
## Folyadék moderátorú termikus reaktorok

A könnyűvízzel moderált reaktoroknál a hűtőközeg és a moderátor anyaga egyaránt víz. A láncreakció során keletkező hőfejlődés következménye, hogy ha reaktor túlhevül, a benne lévő víz forrni kezd, így csökken a moderátor a reaktorban, ami által annak neutronlassító képessége is csökken. Ennek kapcsán a keletkező gyors neutronok befogódnak az uránban és megszakad a maghasadási folyamat. A könnyűvízes reaktortípusok lehetnek nyomottvízes vagy forralóvízes termikus reaktorok, melyek alapvető különbsége a primer és szekunderkör valamint az őket körülvevő konténment kialakításában van. [16]

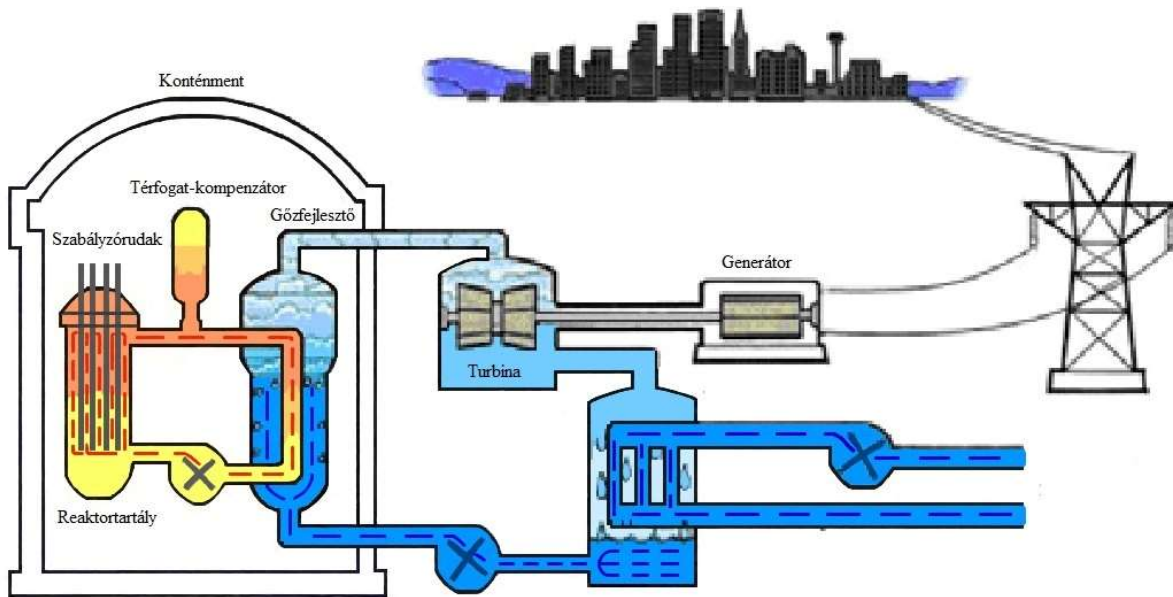
A nyomottvízes atomreaktor moderátora és hűtőközege könnyűvíz, üzemanyaga pedig alacsony dúsítású urán. A primerköri aktív zónában felszabaduló hőt egy hőcserélőn át adja át a szekunder körnek, ahonnan az elforrással keletkezett gőzt a turbinák meghajtásához használják fel. A primer és szekunder vízkör egymástól fizikailag elhatárolt, gőzképzésre alkalmas kialakítású, eltérő nyomású hűtővízrendszerből áll. [15]

A konténment a primerköri részeket veszi körbe, ami egyben a fizikai gátak egyike is, mivel az a szekunderköri vízzel nincs közvetlen kapcsolatban. A primerköri víz extrém magas nyomáson tartása által érhető el, hogy a hűtővíz magas hőmérsékleten se forrjon el, azonban a gőzfejlesztők csöveibe érve a csövek falán keresztül kapcsolatba lép a szekunderköri vízzel, ezáltal visszahűl és egy körfolyamat révén visszajut a reaktorba. Ennek az elválasztó kialakításnak köszönhetően a radioaktív anyagok a primerkörben maradnak. [17]

A forralóvízes reaktorok a nyomottvízessel ellentétben egykörűek. Itt a reaktor aktív zónáján áthaladva a víz elforr, majd leválasztva, telített gőz állapotban kerül a turbinákra. Ebben az esetben viszont fontos része a védelmi tervezésnek, hogy a szekunder kör, vagyis a turbinák is a konténmenten belülré kerüljenek, mivel azokban is kering enyhén radioaktív közegek. [3]



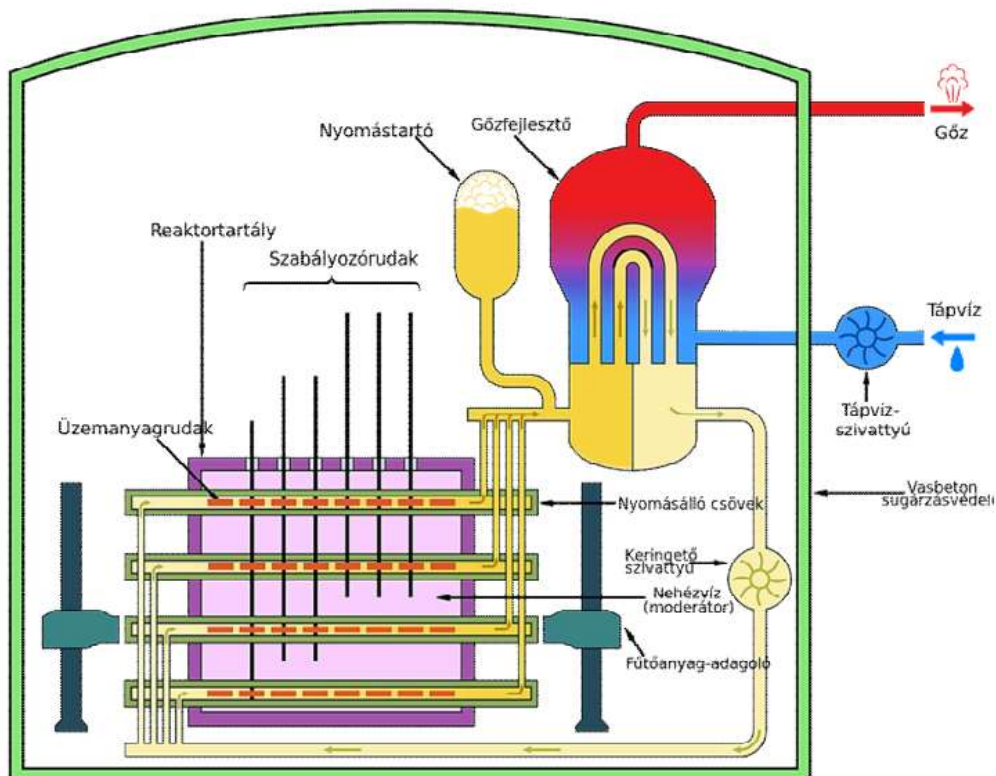
20.ábra: Forralóvízes reaktor (magyar nyelvre módosítva),  
forrás: <http://watt-logic.com/2017/12/06/abwr/> (letöltés ideje: 2022.03.20)



21.ábra: Nyomott vizes reaktor (magyar nyelvűre módosítva),

forrás: <http://watt-logic.com/2017/12/06/abwr/> (letöltés ideje: 2022.03.20)

A nehézvízzel moderált reaktoroknál a hűtőközeg könnyűvíz. A működtetéshez használható természetes vagy enyhén dúsított urán egyaránt, mivel a nehézvíz nem nyeli el a neutronokat. Különlegessége még ezeknek a reaktoroknak, hogy a friss üzemanyag feltöltéséhez nem szükséges leállítani a reaktort, hanem egyesével, folyamatos működtetés mellett is felnyithatóak. Ennek oka, hogy azok speciális nyomásálló csövekben vannak elhelyezve, nem pedig tartályokban. [17]

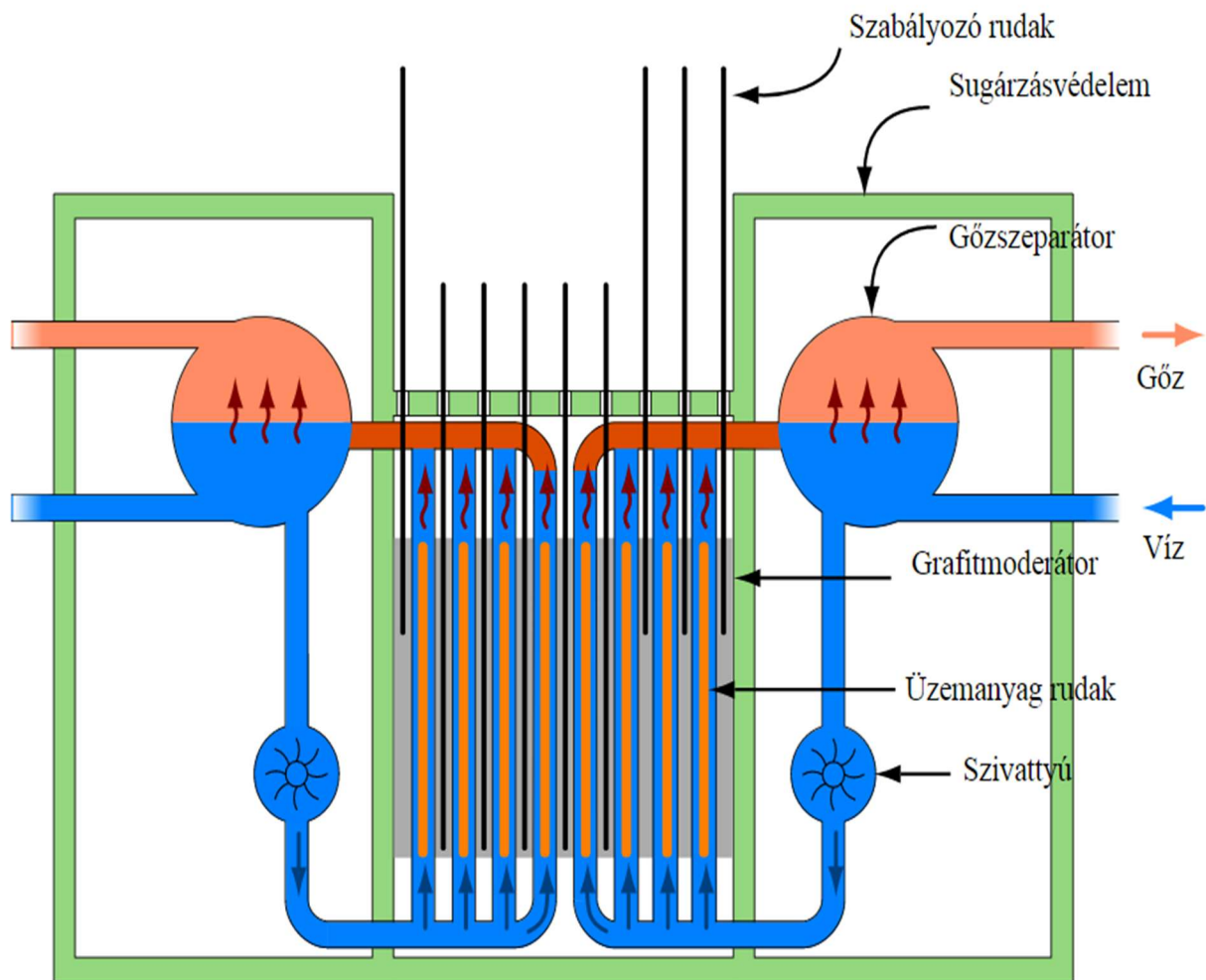


22.ábra: Nehézvíz reaktor, forrás: Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük. [17]

### Szilárd moderátorú termikus reaktorok

Szilárd moderátoros reaktorok esetében a moderátor alatt grafitot értünk, amelyhez gáz (szén-dioxid, hélium) vagy könnyűvíz hűtőközeg társul. Fontos előnye a veszélyessége mellett, hogy természetes uránnal is működtethető, de a gazdaságosság szempontjából általában enyhén dúsított uránnal működtetik. [16] A külön veszélyességét a reaktorok között az adja, hogy a könnyűvíz hűtőközegek reaktorok esetében, mivel a neutronelnyelést a víz végzi, annak elforrása esetén a grafit-moderátor megmarad és ezzel együtt a láncreakció is folytatódik.

Ilyen esetekben a hőtermelés folytatódása révén beszélhetünk a reaktor esetleges megszaladásáról, mint amilyen a Csernobili Atomerőmű baleset kapcsán meg is történt. [15]



23.ábra: Grafit moderátoros reaktor (magyar nyelvűre módosítva), forrás:

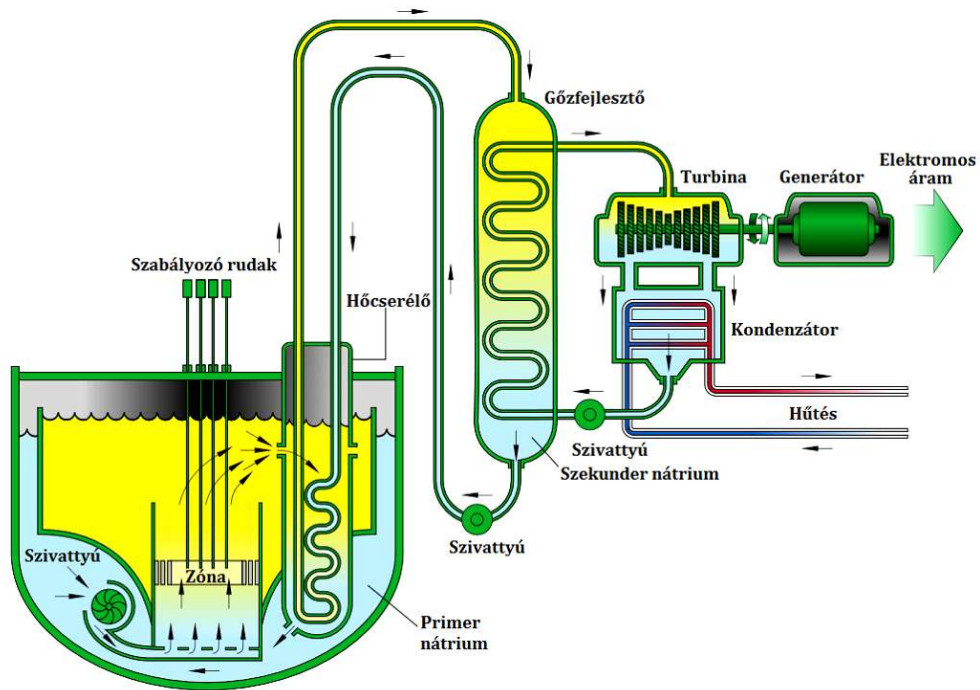
<https://sites.google.com/site/q8cxct/atomeromuvek-tipusai> (letöltés ideje: 2022.03.20)

### Gyors reaktorok

A gyorsreaktor esetében a neutronok nem lassulnak le az aktív zónában, mivel nincs bennük moderátor. Működtetésük nagy dúsítású uránnal vagy plutóniummal valósulhat meg, amit kiegészített nukleáris üzemanyagokból vagy leszerelt atomtöltetektől nyernek. [17]

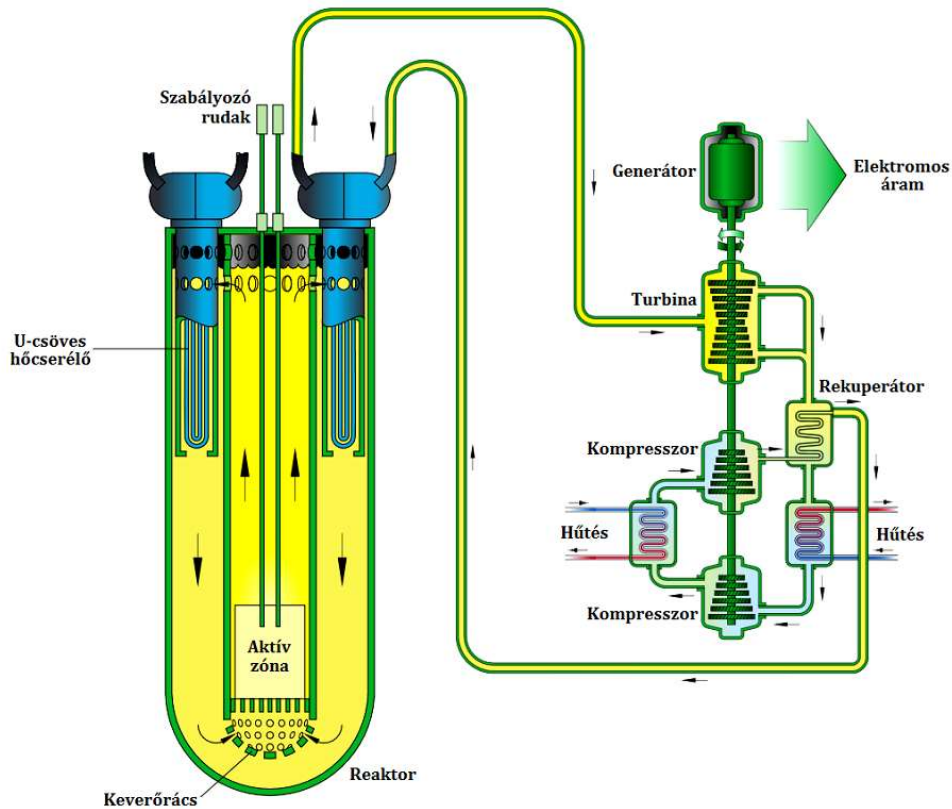
A gyorsreaktorok szerepe kettős, mivel a villamos energia előállításán felül újabb hasadó anyagokat is termelnek, ezért a gyors reaktorokat szokás tenyésztőreaktoroknak is nevezni.

A reaktor intenzív hűtéséről úgy kell gondoskodni, hogy amellet a hűtőközeg ne lassítsa le a neutronokat. Erre a célra folyékony fémeket, nátriumot vagy ólmot használnak. [17]



24.ábra: Nátriumhűtésű gyorsreaktor,

forrás: Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük [54]



25.ábra: Ólomhűtésű gyorsreaktor,

forrás: Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük [17]

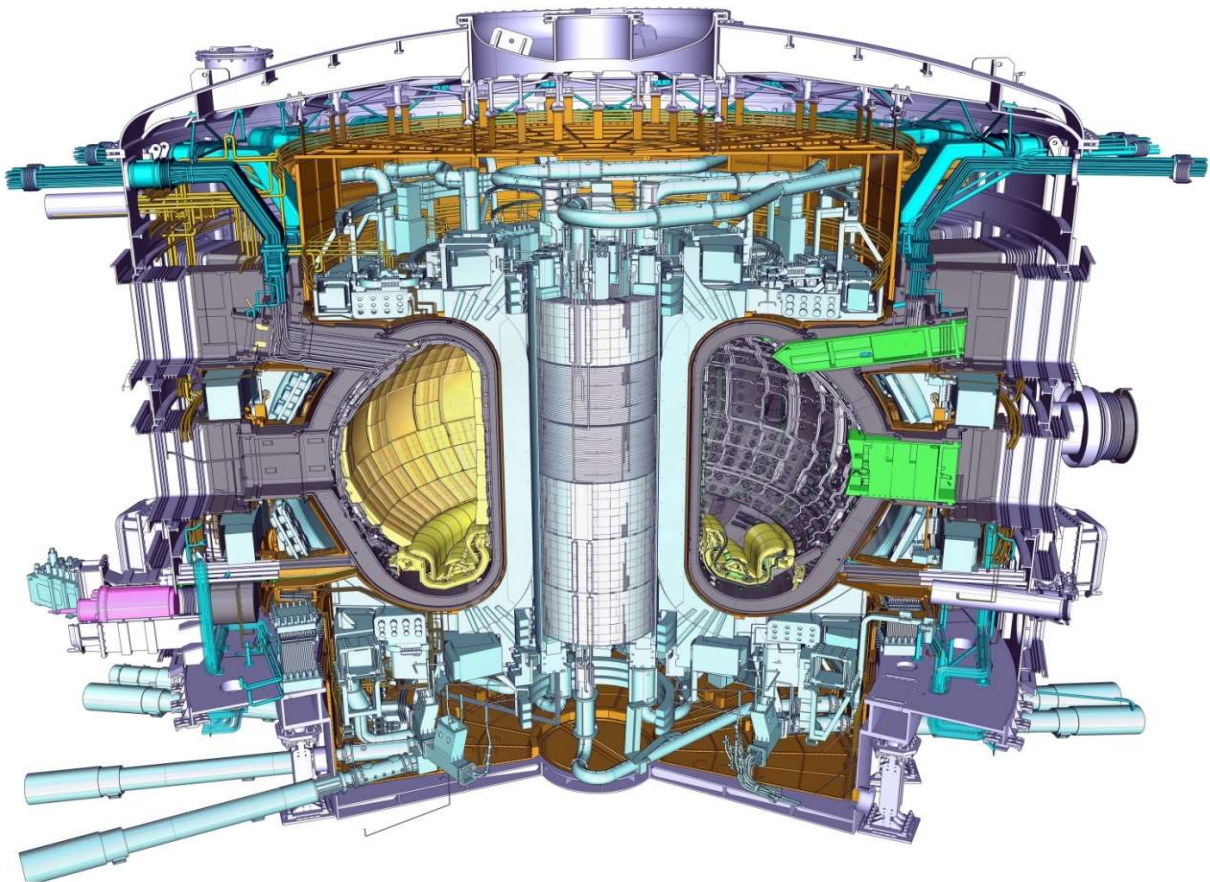
## Tenyésztőreaktorok

Ahhoz, hogy egy gyors reaktor tenyésztő reaktor is legyen fontos, hogy az előállított új hasadó anyag aránya a felhasznált anyagnál nagyobb legyen. Ez egy nem elhanyagolható szempont, abban az esetben, ha figyelembe vesszük az atomenergia uránfelhasználásának jövőjét, hiszen az  $^{235}\text{U}$  egy nem megújuló energiahordozó és bár az emberiség jelentős készlettel rendelkezik, de a felhasználások arányában létezik olyan prevízió, ami szerint 50-100 év múlva elfogyhat. [12] A maghasadási láncreakció fenntartására a plutóniumon felül a  $^{232}\text{Th}$  izotóp is alkalmas, ami neutronbefogással nyerhető tóriumból. Ugyan a tenyésztő reaktorok javarészt fejlesztés alatt állnak és a villamos energiatermelésben nem vesznek aktívan részt, de a már említett fosszilis energiahordozó szempontból egyre nagyobb jelentőséget kapnak kis számuk ellenére is. [17]

## Fúziós reaktorok

A Tokamak-nak nevezett reaktorok olyan speciális építési és kísérleti stádiumban lévő, lehetséges energiaforrások, amelyek még komoly működési problémák legyőzése előtt állnak ugyan, de folyamatosan komoly kutatási források célzott projektjei. [18]

A fúziót, melynek révén plazmaállapotot kívánnak megvalósítani, deutérium és trícium hevítésével szeretnék elérni, amit tórusz formájúra kialakított reaktorban, mágneses térrel körpályára kényszerítenek. Az így létrejövő ionreakció révén valósulhat meg plazmaállapot, miközben hélium is keletkezik. A felhevült reaktor falának vízhűtése során keletkező gőzt kívánják elvezetni a turbinákra. [19]



26.ábra: Nemzetközi Kísérleti Termonukleáris Reaktor – Tokamak, forrás: <https://cpb-us-e1.wpmucdn.com/sites.psu.edu/dist/8/38131/files/2016/04/ITER.jpg> (letöltés ideje: 2022.03.20)

#### 1.4. Az atomerőművek generációkba sorolása

##### 1. generáció

Az ötvenes évektől több olyan kezdeményezés is elindult, amely az atomenergia békés célú felhasználását tűzte ki célul, ezek tartoztak az első generációk közé. Bár a II. Világháború előtti években is a békés atomenergia termelés beindításának alapjait kívánták lefektetni a tudósok, azonban a háború és az atombomba bevetése elodázta a nukleáris energia fegyvermentes kiaknázását. [17]

Az első generációba tartozó atomreaktorok sokban különböztek egymástól és ahány csak épült, mind eltért egymástól működésben és/vagy rendeltetésben. 1951-ben az USA-ban üzembe helyezték az első kísérleti szaporító gyorsreaktort, ami nátrium-kálium hűtésű volt és már termelt villamos áramot, azonban a saját reaktorcsarnoka világításánál többet nem tudott ellátni. Ennek ellenére megvolt a maga haszna, mivel Urán 238-ból állított elő Plutónium 239-et, az atombomba alapanyagát. [14]

Pár évvel később, 1953-ban, az angliai Windscale-ben üzembe állították a világ első kereskedelmi célú atomerőművét, ami azonban 1957-ben leégett. Még ugyanabban az évben került átadásra a Magnox erőmű, ami szintén Plutónium előállítására alkalmas szén-dioxid hűtésű, grafit moderátoros reaktortal volt felszerelve.

1954-ben az oroszországi Obnyinszkiben hálózatra kapcsoltak egy grafitmoderátoros, vízhűtésű reaktort. 1957-ben az USA-ban üzembe állt a Shippingport erőmű, egy könnyűvízes reaktortal, ami alapjában véve még katonai célra termelt Plutóniumot mindamelllett, hogy 60 MW teljesítménnyel villamos energiát termelt. [20]

##### 2. generáció

A második generációba tartozó reaktorok az első generációs reaktorhibákból levont tanulságok és a megnövelt biztonság megvalósulása jegyében lettek kifejlesztve a 70-es években. Tulajdonképpen napjaink legtöbb atomerőművében ilyen reaktorok találhatóak. Ekkor került kifejlesztésre az úgynevezett konténment, amely egy nyomásálló burkolatot jelentett, ami baleseti helyzetben megakadályozza a radioaktív anyagok szabadba kerülését. Ezen atomerőművek már elsődlegesen villamos energia előállítására lettek építve, akár csak a Paksi Atomerőmű négy blokkja. [14]

Bár a magyarországi atomerőmű reaktorai a második generációhoz tartoznak, de a technológia fejlődésével együtt, ahogy a világ legtöbb pontján, úgy nálunk is több komoly teljesítmény és biztonságnövelő fejlesztésen estek át. [21]

##### 3. generáció

A napjainkban és közeljövőben épülő erőműveket soroljuk a harmadik generációba, melyeket evolúciós erőműveknek is szokás nevezni. A korábbi tapasztalatokat felhasználva a továbbfejlesztett és bővített kivitelezési megoldásokkal 60 évre meghosszabbított üzemidővel, valamint gazdasági és biztonsági optimalizálással készülő erőművek olyan megnövelt üzemanyag hatásfokkal működhetnek, ami korábban nem volt elképzelhető.

A számítástechnika fejlődésének köszönhetően jelentős fejlesztésen mentek át az aktív és passzív biztonsági rendszerek is, amihez felhasználásra kerültek a korábbi balesetek mértékadó tapasztalatai. [17]

A fejlesztések révén a következő harmadik generációs erőművek jöttek létre:

- EPR (European Pressurized Reactor) – megnövelt hatásfokú, acéllal erősített duplafalú beton konténmenttel ellátott nyomottvizes reaktor, melynél már megtalálható a reaktor olvadás esetére kialakított zónaolvadék felfogó rendszer. [12]

Hűtő- és jelzőrendszerének különlegessége, hogy a fejlesztések révén, a négy független hűtőrendszer a reaktor leállítása után is 1-3 évig működőképese marad.

- AP-1000 Westinghouse – Az amerikaiak által fejlesztett harmadik generációs reaktor, amelyben a biztonsági rendszerek komoly többleti felhalmozása található, mely speciális, emberi beavatkozások nélküli vészhelyzeti működtetést tesz lehetővé, ami akár 72 órán át is stabil hűtést biztosít anélkül, hogy a környezeti aktivitás-kibocsátás megvalósulna. A pihentető medence is áttervezésre került, amivel az üzemanyag kezelés biztonsága is megnőtt.

- AES 2006 (VVER1200) – Orosz fejlesztésű, megnövelt hatásfokú nyomottvizes, vízmoderátoros és vízhűtéses reaktor. Erről a típusról a Paks II beruházás miatt még részletesen szó esik. Lényegét tekintve azonban olyan innovatív megoldásokat tartalmaz, amelyek az EPR és az AP-1000 reaktorokban is megtalálhatóak.

További egyedi kivitelezésű biztonsági rendszerekkel is fel van szerelve, valamint a konténment kialakításának innovációja révén a pihentető medence a nyomástartó falakon belülré került. [22]

#### 4. generáció

A negyedik generációba az innovatív erőművek tartoznak, melyek működési mechanizmusa alapvetően eltér a többi erőműétől. A fejlesztések jelen esetben még nem kiforrottak, de olyan lehetőségeket és megoldásokat vetítenek előre, amik megváltoztathatják a világ energiatermelésének mai képét. Minden olyan nukleáris reaktor dizájn, ami még kutatási vagy fejlesztési szakaszban van ide sorolható. Ilyen például a fúziós erőművek modellje.[18]

A negyedik generációs erőművekkel szemben a prekogníciós vélemények megosztottak, ennek fényében a mai erőművek biztonsági követelményein felüli feltételeknek kell eleget tenniük. [20] A nukleáris hulladék minimalizálása és újrahasznosíthatósága mellett az üzemanyagcellák stabilitásának biztosítása és azok kezelési érzékenységének pontos behatárolása is elvárt követelmény. [14]

A harmadik generációs atomerőművek elvét követő lépcső bizonyos mértékben követi a korábbi reaktorok működési elvét, egyelőre azonban ezek is csak kísérleti állapotban vannak. Csoportosításuk is eszerint történik:[20]

„Termikus atomreaktorok:

- *Nagyon nagy hőmérsékletű reaktor (VHTR – Very High Temperature Reactor);*
- *Szuperkritikus vízhűtéses reaktor (SCWR – Supercritical Watercooled Reactor);*
- *Olvadéksó reaktor (MSR – Molten Salt Reactor).*

Gyors/tenyésztő reaktorok:

- *Gázhűtéses gyors reaktor (GFR – Gas-cooled Fast Reactor);*
- *Nátriumhűtéses gyors reaktor (SFR – Sodium-cooled Fast Reactor);*
- *Ólomhűtéses gyors reaktor (LFR – Lead-cooled Fast Reactor).” [12:158]*

### 1.5. A Paksi Atomerőmű illeszkedése az atomerőművek típusai közé

A Paksi Atomerőmű 4 darab VVER 440/213-as típusú nyomottvízes reaktorral felszerelt nukleáris létesítmény. A reaktorok összteljesítménye mintegy 2000 MW, hőteljesítménye pedig: 1485 MW. Az üzem műszaki és biztonsági kialakításai révén a világ 25 legbiztonságosabb atomerőműjének egyike, amely Magyarország energiatermelésének több mint 50%-át biztosítja. [8] Az erőmű reaktoronként 42 tonnányi, 3,5 - 4,8 % dúsítású urán-dioxid-al ( $UO_2$ ) üzemel, amelyek hengeres pasztillákba préseltek. A 9 mm magas, 7,6 mm átmérőjű pasztillákat egy 2,5 m hosszú, 9 mm átmérőjű cirkónium-nióbium csőbe töltik, amit aztán héliumgázzal töltenek fel és hermetikusan lezárnak.

Ez a fűtőelem pálcá burkolat akadályozza meg a hasadványok hűtővízbe kerülését. A pálcákat a könnyebb mozgatás érdekében kötegekbe fűzik és a 126 darab fűtőelemet hatszög alakú kazettákba foglalják. A kazetták tartalmáról általánosan elmondható, hogy azonos dúsítású fűtőelemeket tartalmaznak. A reaktor aktív zónájában 349 darab kazetta fér el, amiből 312 darab csak fűtőelemet tartalmaz. A maradék 37 azonos méretű, bóracélból készült kazetta a láncreakció szabályozására szolgáló úgynevezett szabályozó és biztonságvédelmi rúd, amelyek felülről lógnak be az aktív zónába és üzem közben 7 kivételével állandóan kihúzott állapotban vannak. Ezek a rudak biztonsági szerepet töltenek be, hogy szükség esetén 10-12 másodperc alatt becsúszva a többi kazetta közé leállítsák a reaktort. [23]

A 7 szabályozó rúd a teljesítményszabályozást végzi, azonban ezek aljához is kapcsolnak egy-egy fűtőelem kazettát. [2] Az elhasználdott üzemanyagot a reaktor üzemileg előírt, biztonságos leállítása után 3 évre áthelyezik a pihentető medencébe, ahol aztán további három évig víz alatt tárolják. Ekkor már tényleges nukleáris láncreakció nem zajlik bennük, azonban a radioaktív bomlások folytatódása miatt továbbra is bizonyos mennyiségű hő termelnek. A sugárzás nemcsak elnyelődik a medence speciális vizében, de továbbra is hűtést biztosít a kazetták számára. A hőtermelés olyan mértékű csökkenésére, hogy a kazetták szállítható állapotba kerüljenek nagyjából három évre van szükség, ahonnan a már lecsökkent sugárzású kazetták a Paksi Atomerőmű telephelyének szomszédságában létesített Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolójába kerülnek. Itt a kazetták tárolását legalább 50 évre biztosítják, ahonnan a tervezet szerint a kialakítás alatt álló nagyaktivitású tárolóba szállítják majd át. [1]

A VVER típusú nyomottvízes reaktorok primer körében a hűtőközeg elforrásának megakadályozását magas nyomással érik el. A normál 1 bar-on  $100^\circ\text{C}$  elforrású vízzel ellentétben itt speciálisan tisztított és kémiaiilag kezelt 123 bar nyomású,  $297^\circ\text{C}$ -os vizet keringtetnek. A nyomás kiegyenlítéséért blokkonként a 4 darab hidroakkumulátor és a hurok melegágához kapcsolt úgynevezett térfogatkompenzátor felel.

A térfogatkompenzátor és a hidroakkumulátorok egyedi kialakítású álló elrendezésű tartályok. A térfogatkompenzátor-tartály alja a hűtőkör meleg ágához kapcsolódik, míg a felső része egy szeleprendszerrel a hidegágához. Benne  $325^\circ\text{C}$ -os, telített állapotú víz található. A térfogatkompenzátor biztonsági szelepeinek rendeltetése a primerköri rendszerek túlnyomás elleni védelme. Adott túlnyomáson a szelepek nyitnak és gőzt engednek a térfogatkompenzátorból a buborékolató tartályba, csökkentve a fővízköri nyomást. A térfogatkiegyenlítő szigetelt szénacél tartály, ausztenites belső plattírozással ellátva. Teljes térfogata 44 m<sup>3</sup>. A tartály alján található NA 300-as csonkon keresztül, két vezetékkel kapcsolódik a fővízkörhöz. [23]



A tartályon több vízszint és nyomásmérő berendezés található, valamint a hengerpalást alsó részén fűtőtestek vannak bevezetve a vízhőmérséklet szabályozására. A hidroakkumulátorok víztartalmát nitrogéngáz párna tartja nyomás alatt. A hidroakkumulátorok a passzív Zóna Üzemzavari hűtőrendszer részei. A rendszer lényege, hogy külső segédenergia nélkül képes biztosítani a zóna megbízható hűtését villamos betáplálás hiánya esetén.

A passzív rendszer a fizika törvényeit kihasználva működik, mivel jelentős primerkörü nyomáscsökkenés esetén a hidroakkumulátorok által tárolt hűtővíz beáramlik a primer csővezetékekbe. A tartályban a primerkörü nyomásnál magasabb lesz a nitrogénpárnás nyomás, így a határoló gátak kinyílnak. [2]

A villamos energia előállítása a szekunderkörben történik, ahol a reaktorban megtermelt hő átalakul a gőzfejlesztőkben közvetetten találkozó, tehát szeparált primer- és szekunder víz találkozása és hőmérsékletkülönbsége révén. A primerkörü 297°C-os közeg a szekunderkörü 46 bar nyomású 222°C-os vizet 260°C-osra hevíti és elforrálja. A vízcseppeket a keletkezett gőz útjába épített cseppelválasztókkal el kell távolítani, hogy azok ne károsítsák a turbinalapátokat. A terelőlemezekkel leválasztott gőz nedvességtartalma a kilépő oldalon kisebb, mint 0,25%. A turbinalapátokat a mintegy 450 t/h tömegáramú száraz-gőz hajtja meg.

Egy reaktorblokkhoz 6 darab gőzfejlesztő tartozik, melyek hármásával hajtanak meg egy-egy turbinasort, ahol a gőz expanziója és munkavégzése végbemegy. 8 turbinasoron, soronként közös tengelyen helyezkedik el egy 7 fokozatú nagynyomású és két 5 fokozatú kisnyomású, úgynevezett turbina-ház és a hozzájuk kapcsolt generátor forgórésze. A gőz hőmérséklete már a nagynyomású sátorban 135°C-ra csökken, viszont nedvességtartalma megnő megközelítőleg 12%-osra. Ezért mielőtt átléphetne a kisnyomású házakba, újabb cseppelválasztó és gőztúlhevítő berendezésen áramlik keresztül, ahol a vízcseppek eltávolításán túl telítési hőmérséklet fölé melegszik. A turbinasorról a gőz egy kondenzátorba áramlik, amiben 25°C-os Dunavízet keringtetnek. [23]

Turbinaegységenként két kondenzátor található, amelyekben 0,035 bar-os vákuum van fenntartva, hogy a gőzfejlesztő és a kondenzátor közti nyomáskülönbség áthajtsa a munkagőzt. Innen az újra-cseppfolyósított munkaközeg az előmelegítő és tisztító berendezéseken keresztül visszajut a gőzfejlesztőbe a tápszivattyúk által. [2] Az előmelegítésre a jobb hatásfok miatt van szükség, amit a turbináról elvezetett gőzzel végeznek el úgy, hogy a 25°C-os 8 hőcserélőn keresztül 222°C-ra melegítik fel, hogy újra beléphessen a gőzfejlesztőbe. [63]

#### *A Paksi Atomerőmű hűtővizének visszavezetése*

A Duna, mint felszíni víz ellátja megfelelő mennyiséggel az atomerőmű hűtését, ugyanakkor hidrológiai és környezeti szempontból nem hagyható, hogy a nukleáris létesítmény működtetése veszélyeztesse a Duna vizét, annak környezetét és élővilágát. A melegvizes csatornán keresztül történő visszavezetés és ezáltal a hőterhelés elleni védelem érdekében a kibocsátásra kerülő és a befogadó víz hőmérséklete közötti különbség 11°C-nál nem lehet nagyobb. Olyan esetben, ha a befogadó víz hőmérséklete +4°C alatt van, akkor a kibocsátás nem haladhatja meg a 14°C-ot. Ezen felül a melegvizes csatorna kibocsátási pontjától folyásirányban 500m-en lévő szelvény bármely pontján a víz hőmérséklete nem haladhatja meg a 30°C-t. [24]

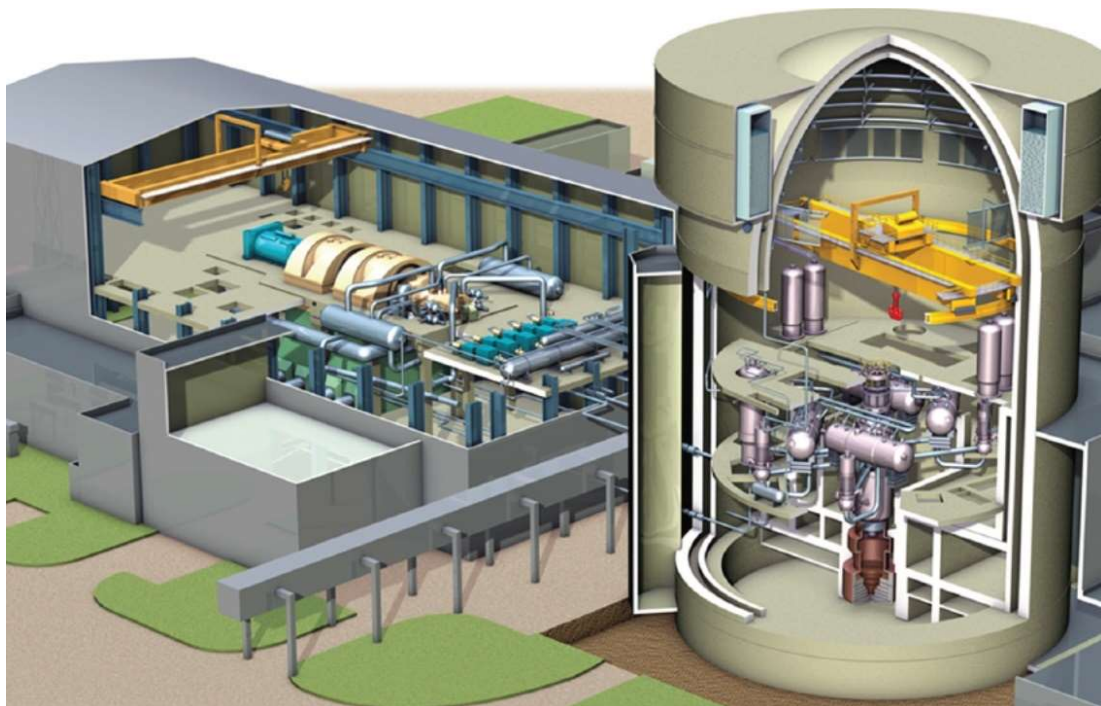
### **1.6. A tervezett új paksi atomerőmű differenciái**

A 3+ generációba tartozó VVER-1200-as továbbfejlesztett vízhűtéses, vízmoderátoros nyomottvizes reaktor a legmodernebb tervezésű aktív és passzív biztonsági rendszerekkel biztosítja a nukleáris létesítmény védelmét. Konténmentje már egy különálló külső és belső burkolatból áll, melynek sajátos új védelmi funkciói is vannak azon felül, hogy többszörösen megerősített védelmet nyújtanak.

A belső burok egy csőrácshálóval erősített, vastag acéllemez borítású fal, ami ellenáll a magas hőmérsékletnek és a nagy nyomásnak. A külső burok 80 cm-es vastagságával elbírja akár egy utasszállító repülőgép becsapódását is, továbbá kibírja a földrengéseket vagy nagynyomású lökéshullámokat is. [25] Ennél a típusú reaktornál a pihentető medence a konténmenten belül került kialakításra és egy esetleges sérült reaktorban keletkező gőzkifúvás kondenzálására külön nagynyomású, továbbfejlesztett befecskendezőrendszer került kialakításra, ami a hűtőközeg betáplálásában is részt vesz. Az elhasznált fűtőelemek átmeneti tároló medencéjének 2000m<sup>3</sup>-es víz jelentős része szintén felhasználható pótvízként. [26] A reaktor alacsony- és magasnyomású rendszereken keresztül használja fel a hűtővizet. Kis szivárgásnál a magas nyomású, nagy mennyiségű elfolyásos csőtörés esetén az alacsony nyomású szivattyúk lépnek működésbe. A passzív működtetésű tartalék hűtővízrendszereket és a reaktor-befecskendezést nitrogénpárnás nyomás tartja fenn. Ahogyan az EPR reaktor, úgy a VVER-1200-as is zónaolvadék csapdával kerül kiépítésre, ahol leolvadás során a láncreakció leállításáról egy speciális anyag gondoskodik, továbbá az olvadéktároló hűtéséről külön redundáns működtetésű hűtőrendszer gondoskodik. [26] Abban az esetben, ha a primerköri csővezeték törése következne be, az új aktív és passzív biztonsági rendszerek emberi beavatkozás és villamos betáplálás nélkül is fenntartják a stabil zónahűtést akár 72 órán keresztül. [4]

Baleseti helyzetben, a hidrogénrobbanás megelőzésére és konténmentre belülről ható nagy nyomás csökkentése érdekében speciális továbbfejlesztett hidrogén rekombinátor rendszert építenek ki. A hidrogénrekombinátorok megakadályozzák a hidrogénrobbanást, ami a gőz és olvadt cirkónium reakciójaként szabadul fel úgy, hogy a hidrogén-oxigén egyesülést felgyorsítják egy speciális palládium lamella-rácson keresztül áramoltatva azt, aminek eredményeként víz keletkezik. [22]

A VVER-1200-as, egyedi lengéscsillapítókra ültetett, 20 cm-es falvastagságú reaktorban a 160 bar-os hűtővíz 328°C-os, ami hűti és moderálja a cirkónium fűtőanyag pálcákat, miközben megvalósul a négy gőzfejlesztőre kivezetett közvetett gőzfejlesztés. [61] A reaktorban immáron 163 üzemanyag kazetta helyezkedik el, melyek egyenként 312 fűtőelem pálcát tartalmaznak, továbbá 121 szabályzórudat. [25]



27.ábra: VVER-1200-as reaktor vázlat, forrás: <http://static.ezermester.hu/Ezermester-online/2016/03/atoeromu%20paks2/1418055380.jpg> (letöltés ideje: 2022.03.20)

## 2. A biztonságra törekvés és üzemeltetés szabályozóinak és célkitűzéseinek követelményrendszere

### 2.1. A nukleáris biztonságra törekvés szabályozói és célkitűzései

Ahhoz, hogy egy atomerőmű villamos energiát termeljen, az üzemnek a műszaki feltételek mellett meg kell felelnie a jogi szabályozók követelményeinek. Nem elhanyagolható szempont az sem, hogy figyelembe legyenek véve a józan ész diktálta alaposan megfontolt biztonsági intézkedések. Nukleáris létesítményeknél az alapvető törvényi szabályozás az *atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény* és a hozzá kapcsolódó *nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet*. Ezek a jogi szabályozók lefektetik azokat a rendszerek és rendszerelemek megvalósíthatóságára vonatkozó irányelveket és kereteket, amelyek révén az atomerőmű létesítésének tervezése, üzemeltetése, valamint a későbbi leszerelése a nukleáris biztonság jegyében megvalósítható. [27] A nemkívánt üzemi eseményekkel kapcsolatosan is tartalmaznak elvárásokat, amelyek a normál üzemre történő visszaállítás elérésére szolgálnak, miközben megtartják az emberi élet és környezet védelmének szemléletét. [28]

Az NBSZ az atomtörvénnyel összhangban, a Magyarország területén belüli nukleáris létesítményekre vonatkozik és annak mellékletei részletesen taglalják az egységes elvárásokat, amelyektől eltérni a biztonság pozitív mérlege mellett lehetséges, amennyiben azt a hatóság jóváhagyja. [28]

NBSZ kötetek téma szerint:

*„1 melléklet - Nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági hatósági eljárásai;*

*2 melléklet – Nukleáris létesítmények irányítási rendszerei;*

*3 melléklet - Üzemelő atomerőművek tervezési követelményei;*

*3a melléklet - Új atomerőművi blokkok tervezési követelményei;*

*4 melléklet - Atomerőművek üzemeltetése;*

*5 melléklet - Kutatóreaktorok tervezése és üzemeltetése;*

*6 melléklet - Kiegészítő nukleáris üzemanyag átmeneti tárolása;*

*7 melléklet - Nukleáris létesítmények telephelyének vizsgálata és értékelése;*

*8 melléklet - Nukleáris létesítmények megszüntetése;*

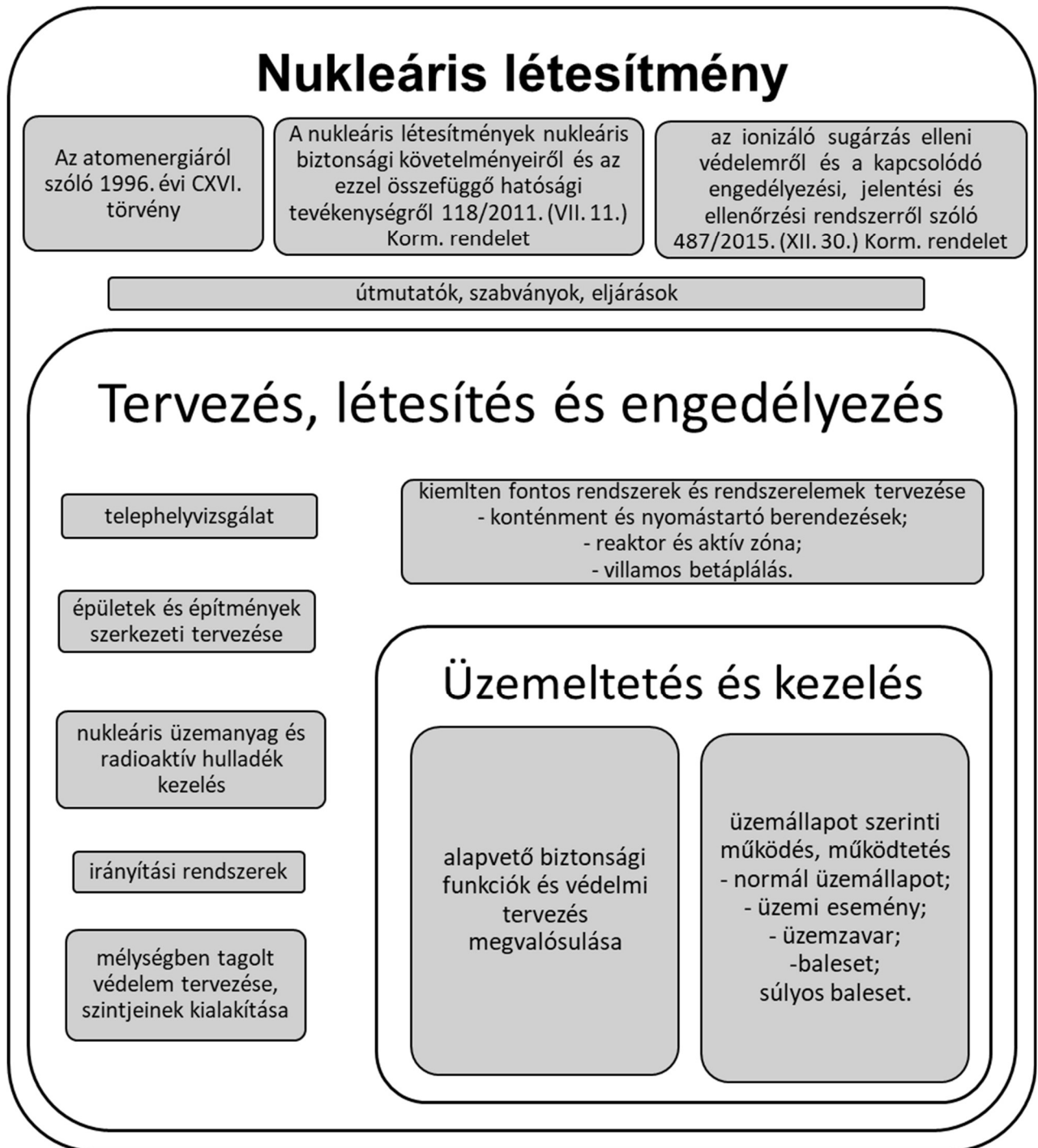
*9 melléklet - Új nukleáris létesítmény tervezési és létesítési időszakára vonatkozó követelmények;*

*10 melléklet - Nukleáris Biztonsági Szabályzatok meghatározásai.” [30:123]*

Az NBSZ kötetekben foglalt követelmények alapvetően a nemzetközi szabályozások és a tapasztalatokból levont megelőzési irányelvek összességéeként születtek meg, melyhez az atomerőművek technológiai alapjaként a második generációs erőművek paraméterei szolgáltak. A kötetek folyamatos bővítésen esnek át, és követik a technológiai fejlesztések támasztotta lehetőségeket. Az új, 3+ generációban tartozó atomerőművek rendszerei és rendszerlemei bár műszakilag más megoldásokat tartalmaznak mint elődeik, ugyanakkor a kialakításra, építésre és üzembe helyezésre vonatkozó alap szabályozásoknak ugyanúgy kötelező megfelelniük. [14] Az eltérések biztonságosságának megítélésére a vonatkozó nemzetközileg elfogadott irányelveket célszerű honosítani. [14]

Egy atomerőművet számos követelménnyel kell azonosítani már a tervezési, megelőző periódusban is. Az atomenergia alkalmazásánál mindig szem előtt tartandó, hogy a békés célú alkalmazás mellett is megvan az esélye az emberi élet és az élővilág valamint a környezet és anyagi javak veszélyeztetésének.

A felhasználás békés jellegű célja a tudományos kutatások számos területén hasznosítható és általa az emberi életfeltételek javítása és kielégítése a biztonságra törekvő magatartással a legkedvezőbb eredményeket hozza. [68] Ennek az elvnek a pontos meghatározása egy atomerőmű tervezésének legelső célkitűzése. Az optimális kivitelezés és üzemeltetés a gazdaságos energiatermelés és veszélyeztetettség határértékeken belül tartásának mérlegelt hányadosa. [27]



2.ábra: Nukleáris létesítmény biztonsági tervezésének összegző ábrája, forrás: saját ábra

Az atomerőművek rendszereinek és rendszerlemeinek minden életciklusukban illeszkedniük kell az NBSZ kötetekhez, hogy megvalósuljanak a védelmi tervezésben foglalt biztonsági faktorok. A biztonság megőrzésének alapvető célkitűzése továbbá, hogy a nukleáris üzemeltetésből származó veszélyforrások aktív kezelő rendszerei mellett a passzív biztonsági szabályozás rendszerlemei is működésbe lépjenek emberi beavatkozás nélkül a szükséges védelmi szinteken úgy, hogy lehetőleg biztosítsák egy nukleáris veszélyhelyzet kialakulásának megelőzését vagy a kialakult eseményláncolatok hatásainak szintentartását a további külső beavatkozások végrehajtásáig. [27] Ezen elvek mentén történő tervezés kivitelezéséhez olyan sokrétű ismeretanyag szükséges, melyhez az NBSZ kötetek vonalvezetése tud segítséget nyújtani karöltve olyan más erőművek tervezési tapasztalataival, ahol a biztonságért felelős rendszerek már bizonyították adott körülmények között a működés hatékonyságát, továbbá igazodnak a tervezett erőmű technológiai konstrukciós megoldásaihoz. [28]

Az atomerőmű létesítés kritériumainak előkészítése különleges opciókat követel meg. A terület, amelyre a létesítmény megépítésre kerül szintén speciális szempontok vonatkoznak, hiszen az építményekben az erőmű működtetésére szolgáló kiszolgáló rendszereket kell elhelyezni. [29]

Az alapelveknek megfelelően tehát az építményszerkezeteket előre meghatározott kritériumoknak megfelelően szükséges kialakítani a bennük elhelyezett és biztonsági osztályba sorolt rendszerlemekkel együtt. Az egyedi tervezés és kivitelezés, valamint a céloknak való megfelelés együttese teszi alkalmassá a területet arra, hogy nukleáris létesítményként üzemelhessen. [28] A nukleáris működési szempontok figyelembevételével megállapítható, hogy annak alapjához tartozik egy olyan kidolgozott irányítási rendszer üzemeltetése, amely nemcsak megfelel a követelményeknek, de szükség esetén bővítésre vagy fejlesztésre is alkalmas lehet. [30]

A rendszerek működése és működtetése közben nemmegfelelőségek léphetnek fel, ami a tervezésből ki nem hagyható, mivel azok irányított kezelése a veszélyhelyzetek kontrollálása érdekében elengedhetetlen. Ennek megvalósulásához modellezett folyamatkidolgozás szükséges, ami képes számolni a meghibásodások vagy nem teljesülések okaival és következményeivel lépésről-lépésre úgy, hogy olyan megelőző és ismétléskerülő protokollokat eredményez, melyek teljesülése eleget tesz a követelményekben rögzített szinteknek. [31] Ezen folyamatok egyike például a reaktorbiztonság azon szintje, amikor a reaktorhűtés aktív és passzív rendszerei egyaránt alkalmasak annak megfelelő szintentartására és a passzív rendszerek nemcsak hogy emberi beavatkozásokat nem igényelnek, de villamos betáplálást sem. [2]

## **2.2. A tervezéshez tartozó üzemállapotok és a biztonsági funkciók meghatározása**

A tervezéskor megvizsgálásra kerül a létesítmény normál, rendeltetésszerű üzemű működésének minden aspektusa az ettől eltérő üzemállapotot eredményező faktorokkal együtt. A tervezési alapba (továbbiakban: TA) foglalt üzemállapotokat a normál működéstől eltérő állapotra kényszerítő események gyakorisága szerint rendezhetjük, a bekövetkezések valószínűségével szinkronizált éves viszonyszámának hozzárendelésével. [28]

A TA tervezéséhez tartozik minden olyan esemény feltételezése, amely a létesítmény vagy a környezet veszélyeztetésével járhat. Az atomerőmű nukleáris biztonsága azt jelenti, hogy az elfogadott kockázati szint feletti veszélyeztetés megelőzésére létrehozott intézkedések összessége nemcsak az emberi élet és a környezet védelmére szolgál, de behatárolja a TA eseményeinek következtében fennálló beavatkozások pontos paramétereit.

Ahhoz, hogy a TA-ba foglaltak teljesülhessenek, a reaktorhő elvezetésének és a hűtővíz biztosításának kiesése nem megengedhető.

A TA behatárolja az atomerőmű üzemének függvényében a működési stratégiákat. Ennek értelmében meghatározza a normál üzemtől eltérő állapotokat, amelyek modellezésével és biztonsági szempontból releváns hatásaival sorolhatók be. A várható üzemi események vagy potenciálisan tervezhető üzemzavarok olyan kategóriák, melyek elhárítása nem jelenthet indokolatlanul magas veszélyfaktort vagy megnövekedett kibocsátást.

Az olyan komplex üzemzavarok vagy súlyos balesetek esetében, ahol jelentős biztonsági rés támadhat az erőmű biztonsági pajzsán, a védelemre tervezett rendszereknek nemcsak hatékonyan be kell tudni avatkozni, de léteznie kell olyan alternatív eljárásoknak, melyek a kialakult helyzet függvényében képesek részben vagy teljesen átvenni az egyes védelmi feladatokat. Mindezen beavatkozásoknak és eljárásrendeknek pedig a TA-ban foglaltak értelmében szerint csakis egyfajta végeredménye lehet, a létesítmény ellenőrzött vagy biztonságosan leállított állapotba kerülése. [28]

1.táblázat: Atomerőmű blokkjainak üzemállapota, forrás: [28]

Üzemállapot	Megnevezés	Esemény gyakoriság (f [1/év])
TA1	normál üzem	-
TA2	várható üzemi események	$f \geq 10^{-2}$
TA3	kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-2} > f \geq 10^{-4}$
TA4	nagyon kis gyakoriságú tervezési üzemzavarok	$10^{-5} > f \geq 10^{-5}$

A nukleáris biztonság teljes körülhatárolásához a tervezési alap kiterjesztett (továbbiakban: TAK) kategóriáinak meghatározására is szükség van, mivel ezek olyan eseményekre vonatkoznak, amelyek nem részei a TA-nak, mivel ezek átmenetet képeznek a jelentős környezeti hatásokkal járó, tervezet szerinti eszközökkel nem kezelhető és a bizonyosan kontrollálható események között. Az ilyen események relevanciája elenyésző, ezért nem részei a TA-nak, viszont gyakorlatilag nem kizárhatóak.

A két TAK kategória a következő:

- TAK1: olyan komplex hibára vonatkozik, mely nem okozza az aktív zónában és a pihentető medencében található üzemanyagok olvadását;
- TAK2: olyan súlyos baleset, melynek során jelentős üzemanyagolvadás következik be.

A normál állapotú üzem minden tevékenységének biztonságos kezeléséhez szükséges, hogy minden lehetséges külső és belső veszélyeztető tényező meghatározásra kerüljön. Minden lehetséges emberi, műszaki és környezeti veszélyeztető tényező releváns kombinációja számít, hiszen azokkal számolva elkerülhetőek a TA4 vagy TAK üzemállapotok.[63] A TA üzemállapotainak kezelésére olyan eljárások kidolgozását követeli meg, amelyek az észszerűség keretein belül elérhető legrövidebb idő alatt ellenőrzött, biztonságos üzemállapotot eredményeznek. [28]

A legfontosabb tervezés alá tartozó események a következők:

- feszültség teljes elvesztése;
- TA2 üzemállapot reaktor leállítási funkciókat ellátó rendszer elvesztése;
- a gőzfejlesztő hőátadó felületének sérülése gőzvezeték-törés által;
- olyan közvetlen környezeti kibocsátás, ami megkerüli a hermetikus tér védelmét;
- tápvízellátás teljes kiesése;
- olyan hűtőközegvesztés, mely együtt jár a zóna-üzemzavari hőrendszer elvesztésével;
- a természetes reaktorhűtés cirkulációs fázisában vagy üzemanyag átrakás során bekövetkező szabályozatlan szintcsökkenés;
- egy vagy több alapvető biztonsági funkciót ellátó berendezések segédrendszerének kiesése;
- maradványhő elvezetésének kiesése révén az aktív zóna hűtésének megszűnése;
- pihentető medence hűtésének elvesztése;
- olyan bórhiágulási folyamat, mely ellenőrizetlenül befolyásolja a reaktorteljesítményt;
- gőzfejlesztő hőátadó csöveinek többszörös egyidejű törése;
- olyan biztonsági rendszer elvesztése, mely egy feltételezett kezdeti esemény kezeléséhez szükséges;
- végső hőelnyelő veszteség;
- egyéb üzemanyag-olvadással járó események.

A TAK események kezelésére vonatkozó terveknek ésszerű megoldásokat és intézkedési rendszert kell szolgáltatniuk a súlyos balesetek megelőzéséhez, továbbá az eredményes működéstől függetlenül tartalmazniuk kell azokat az eljárásokat is, melyek a már bekövetkezett súlyos balesetek kezelésére vonatkoznak. A tervezésnél a fent felsorolt események elkerüléséhez érdemes a gyakorlati kizárhatóság elvét figyelembe venni ellenben a feltételezés- és valószínűség számítással szemben, vagyis a fizikai lehetetlenségen alapuló tervezést követni.[1]

### **2.2.1. Mélységben tagolt védelem**

A TA-ban foglaltak kielégítésére speciális, erre alkalmas rendszereket indokolt tervezni, melyeknek igazodniuk kell az úgynevezett mélységben tagolt védelem egyes szintjeihez. Ennek értelmében a tervezési konstrukciók és szervezeti struktúrák az üzemállapotok függvényében történő, egymásba ágyazott, többszintű védelmi elvet követik, kialakításuk révén lehetőséget teremtve az egyes hibák korrigálására, kompenzálására még mielőtt azok súlyos következményekhez vezetnének.[28]

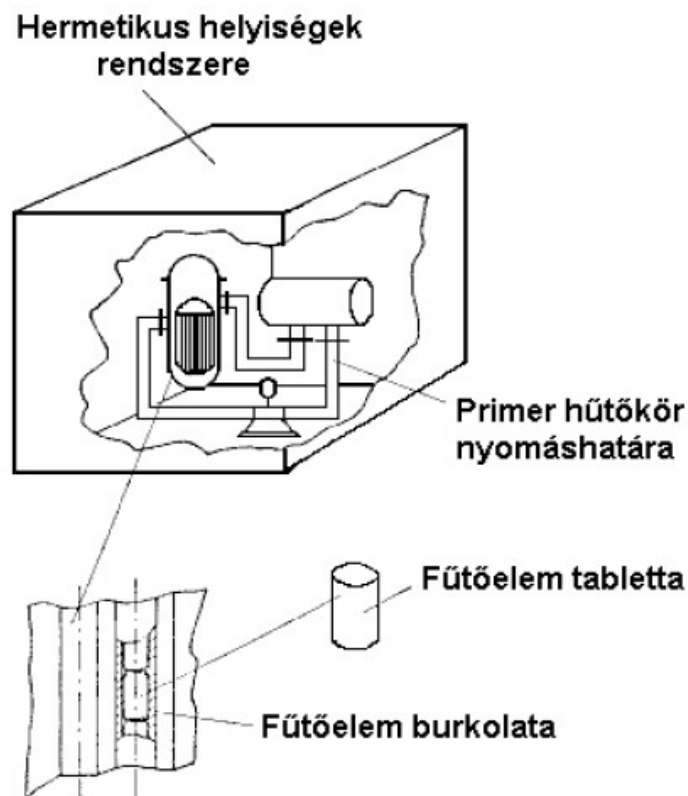
A kialakított műszaki megoldások és intézkedések olyan egymásra épülő rendszert alkotnak, melyeknél a kockázatsökkentő biztonsági célkitűzés akkor is megvalósul, ha bármelyik rendszerelem hatástalansága lép fel. Ebből is látszik, hogy a tervezés számol a belső hibákkal és lehetséges külső hatásokkal, hogy kialakíthassa ezekkel szemben a megfelelő mértékű ellenállást és csökkentse a belső hibák kialakulásának gyakoriságát.

Fontos szempont, hogy a lakosság és a környezet védelmére tervezett biztonsági gátak működése a lehető legkisebb valószínűséggel legyen befolyásolható, illetve a védelmi rendszer hatékonyságcsökkenése esetén is ellássa feladatát. [31] A mélységben tagolt védelem tervezett automatikus és kézi beavatkozásainak kialakításakor számolni kell azzal, hogy a kialakult esemény kezelésére esetlegesen a biztonsági védelmi szint valamely magasabb rendű folyamatára van szükség, aminek idejekorán mutatkoznia kell, hogy a felismeréstől a végrehajtásig a lehető legkevesebb idő teljen el. [9]

Az egyes védelmi szintekhez tartozó biztonsági funkciók meghibásodása pedig nem vonhatja maga után bármely más magasabb szintű biztonsági rendszer összeomlását, viszont annak életbe léptetését kezdeményezheti.[2]

A mélységben tagolt védelem megfelelő alkalmazásához négy úgynevezett fizikai (mérnöki) gát védelmét kell biztosítani:

- az üzemanyag-mátrix;
- a fűtőelem burkolata;
- a reaktor primer körének határa;
- a konténment rendszer (hermetikus tér).



3.ábra: Alapvető biztonsági gátak az atomerőműben, forrás: [10]

A gátak védelmét már a tervezési periódustól indokolt szem előtt tartani, hiszen az ezekhez tartozó rendszerek mérnöki pontosságú kialakítása és összehangolt, hatékony működtetése által alakítható ki a kívánt átfogó biztonság. [28] A lehetséges hibafaktorok azok következményeik tekintetében vannak biztonsági osztályokba sorolva, figyelembe véve az üzemi állapotok sajátosságait és a fizikai gátak tulajdonságait. [27] Ezek együttesen adják a mélységi védelem egymástól függetlenített, üzemi szintekhez társított helyzetkezelési útmutatóit, melyek minden adott szinten meghatározzák az adott védelem tartósságának feltételeit, valamint azokat a preventív eljárásokat, amik kényszerítetten kezelhető mederben tartják a kialakult eseményt és a lehető legrövidebb időn belül biztonságos üzemi állapotot eredményeznek. [31] A potenciálisan előforduló funkcióvesztés miatt a besorolás megmutatja, hogy a kiesett védelmi funkció helyett melyik következő védelmi szintnek szükséges életbe lépnie és ahhoz milyen protokollnak kell indulnia, hogy elkerülhető legyen a funkcióvesztés miatti veszélyhelyzet súlyosbodás. [1]



Mélységben tagolt védelem szintjei az üzemállapotok szerint

16.táblázat: Mélységben tagolt védelem, forrás: 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet 3a melléklet 6-7. oldal [28]

Mélységi védelem szintje	Célkitűzés	Alkalmazandó eszközök	Radiológiai következmények	Vonatkozó üzemállapot	
1.	Normál üzemi állapottól való eltérések és hibák megelőzése	Konzervatív tervezés, magas színvonalú létesítés és üzemeltetés; fő üzemi paraméterek előírt határok között tartása	Nincs a hatósági korlátokat meghaladó telephelyen kívüli radiológiai hatás	Normál üzem (TA1)	
2.	Normál üzemi állapottól való eltérések és hibák kezelése	Szabályozó és biztonságvédelmi rendszerek; egyéb felügyeleti módszerek		Várható üzemi események (TA2)	
3.	3.a.	Üzemzavarok kezelése a radioaktív kibocsátás korlátozása és az üzemanyag olvadás megelőzése érdekében	Biztonsági rendszerek, üzemzavar-elhárítási utasítások	Nincs vagy csak minimális telephelyen kívüli radiológiai hatás	Tervezési üzemzavar (TA3-4)
	3.b.		Hozzáadott biztonsági eszközök komplex üzemzavarok elhárítására, üzemzavar-elhárítási utasítások, telephelyi baleset-elhárítási intézkedések		Komplex üzemzavar (Feltételezett többszörös meghibásodás) (TAK1)
4.	A nagy vagy korai kibocsátás gyakorlati kizárása, az üzemanyag olvadással járó balesetek kezelése a telephelyen kívüli kibocsátások korlátozása érdekében	Kiegészítő biztonsági eszközök az üzemanyag olvadás korlátozásához, baleset-kezelési útmutatók, telephelyi baleset-elhárítási intézkedések	A telephelyen kívüli radiológiai hatás térben és időben korlátozott lakossági óvintézkedések bevezetését indokolhatja	Súlyos baleset (TAK2)	
5.	Jelentős radioaktív anyag kibocsátás radiológiai következményeinek csökkentése	Telephelyi és telephelyen kívüli baleset-elhárítási intézkedések; beavatkozási szintek	A telephelyen kívüli radiológiai hatás lakossági óvintézkedéseket indokol	Nagyon súlyos baleset	

### 2.2.2. A mélyégben tagolt védelem működésének célkitűzései

Célkitűzés, hogy a biztonsági tervezésben foglalt mind a négy mérnöki gát megőrizze az integritását. A primerkör falának komoly veszélyeztetettsége vagy sérülése esetén, a megmaradt három gát védelme jelenti a legfőbb védvonalat. [2] Ezáltal a célok a szubkritikusság és a hőelvonás fenntartása, valamint indokolt esetben a közvetlen üzemanyag-olvadás megakadályozása lesznek. Ha feltételezzük, hogy az első három gát megsérült, a prioritás az utolsó fizikai gát, a hermetikus tér védelmének működtetése lesz, ami a nyomás-, a hőmérséklet kontrollálást, a robbanásveszélyes gázok keletkezésének kezelését és a hőelvonás fenntartását foglalja magában.[1]

A tervezés vonatkozásában azt az eseményt, amely a külső és belső veszélyeztető tényezők hatására a fizikai gátak és a mélyégben tagolt védelem egyidejű összeomlását eredményezhetik, „szakadékszél-effektus”-nak nevezzük. Ennek elkerülése érdekében minden ilyen eseményhez vezető paramétert elemezni és azonosítani szükséges, hiszen a feltárt opciók függvényében lehet a kialakulásra megelőzési eljárásokat és a következményekre olyan beavatkozási tartalékokat kidolgozni, melyek a biztonságos küszöbértékek átlépése után is képesek fennmaradni. [27] Látható, hogy a biztonsági rendszerek működésének feltétele mindig visszatér az alapvető elvhez, ami az, hogy a védelem tervezéséhez a nukleáris biztonságot befolyásoló események keletkezésének paramétereit indokolt meghatározni, amiket aztán a következményeik és hatásaik alapján szükséges hozzáadni a TA-hoz, hogy az üzemállapot funkcióvesztések származtathatóak legyenek belőlük. A pontos tervezés nem csak a műszaki paramétereket és a nukleáris technológia rendszereinek működési összességét és egymásra gyakorolt hatásait vizsgálja, hanem a létesítmény telephelyének környezetével kapcsolatos természeti hatásokat, továbbá a szándékos vagy véletlenszerű telephelyen belüli vagy azon kívüli célzott behatásokat eredményező tevékenységeket is.

Abban az esetben, ha több nukleáris létesítmény van egymás közvetlen közelében, a védelmet célzó elemzésnek létfontosságú kiterjednie arra, hogy a létesítmények és reaktorblokkjaik az üzemállapotok függvényében befolyásolt, környezeti tényezők által határolt veszélyeztető tényezőkkel együtt milyen hatással lehetnek egymásra. Ilyenkor különös figyelmet kell fordítani az elemzés során az olyan biztonsági rendszerekre, melyeknél esetlegesen több reaktorblokk használ egy közös aktív vagy passzív védelmi megoldást. [28]

A fent említett esethez véleményem szerint a mélységi védelem szintjeinek üzemállapotokhoz rendelt speciális tervezése szükséges, ahol az automatikusan életbe lépő védelmi funkciók nem korlátozzák vagy befolyásolják a másik nukleáris létesítmény üzemállapot biztonságát és abban sem indít el visszahatást. [28]

Mivel a védelmi funkciók kiiktatására nem lehet lehetőséget kínálni, és a kezelői beavatkozás is csak akkor opcionális, ha az esemény észlelésének és a végrehajtandó szükséges intézkedésnek az időintervalluma ezt bizonyíthatóan megengedi, így számolni kell azzal a feltétellel, hogy az egyik erőmű automatikusan életbe lépő biztonsági protokollja esetlegesen valós idejű kommunikációt valósít meg a másik nukleáris létesítmény védelmét ellátó rendszereivel, de legalább annak aktuális vezető-felügyelő személyzetével.[1]

### 2.3. A biztonsági osztályba sorolt kritikus rendszerek és rendszerelemek bemutatása

A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszer és rendszerelemek egymástól elválasztott és független működésűre tervezése alapvetés, mivel nemcsak, hogy az egyes rendszerhibák nem terjedhetnek ki további rendszerekre, de léteznie kell olyan alternatívának, mely értelmében a hibás rendszerelem funkcióját át tudja venni egy másik berendezés. Ennek az elvnek a célja a normál üzemállapot megőrzése.

A rendszerek tervezett működtetéséhez szükségszerű számolni az emberi hibák eredményezte rendszerlem-funkciókieséseket is, rendszertípustól függő relevanciával. Ez vonatkozik arra is, hogy a konstrukciós tervezés révén a rendszer kezelőszemélyzete se legyen képes megakadályozni az automatikus biztonsági rendszerek működésbe lépését. Az emberi hibafaktorokon és a fizikai meghibásodásokon túl elengedhetetlen számba venni a villamos energiaellátás és vezérlés hibáinak valószínűségét is, amelyeknek biztonsági rendszerenként függetlennek és elválaszthatónak kell lennie. [29]

A nukleáris biztonsági tervezésű rendszerek működési követelménye, hogy a lehető legkevésbé legyenek hajlamosak a felaktiválódásra. Ezzel összefüggően szükséges minden primer- és szekunderköri vízüzemű rendszer biztonságot ellátó funkcióját tervezni. A vízbe kerülő radioaktív anyagok mennyiségét mindig az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten kell tartani, hozzászámolva a víz fizikai és kémiai tulajdonságainak hatását a szerkezetekre, a korróziós folyamatokkal járó hatásokkal együtt.

Az atomerőműves rendszereken belüli korrózió eltávolítására is léteznek megoldások, ahogyan a víztisztításra, továbbá az eltávolított radioaktív hulladékok kezelésére is léteznek olyan rendszerek, melyek segédrendszerként üzemelnek az aktivitás csökkentésére vagy folyamatosan alacsony szinten tartására. [32]

A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek tervezésénél különösen nagy figyelmet kell fordítani a várható előregedési folyamatokra és azok a rendszerekre és biztonságra gyakorolt hatásait. Az öregedési folyamatok nem mindenhol egységesen jelentkeznek, továbbá azonos rendszereknél nem minden esetben ugyanakkora használati időt képesek üzembiztosan elviselni. [9]

Figyelembe kell venni továbbá, hogy az egyes rendszerek vagy azok részelemeinek folyamatos vizsgálata és ellenőrzése fizikai korlátokba ütközhet, amik a szerkezeti takarások, lefedések vagy egyéb korlátozó kialakítások következménye. Ilyen esetekben, amikor a maradéktalan ellenőrzés nem lehetséges, mérlegelni kell az egyéb speciális tervezési megoldásokat.

Az atomerőművek további biztonsági eleme a létesítmény épületeinek szerkezeti stabilitása. Az egyedi terhelések vonatkozásában, mint amilyenek a TAK üzemállapotok és környezeti hatások, olyan megoldások és felhasznált anyagminőségek alkalmazása a célszerű, melyek semmilyen körülmények között nem befolyásolják az üzemi biztonságot. Az egyedi biztonságos megoldások kialakítása igaz a szállítási útvonalak tervezésére is. [3]

Az NBSZ kötetek teljesülésére alkalmazott megoldások révén lesznek alkalmasak a rendszerek egymástól függetlenül kiszolgálni a komplex védelmi funkciókat. Ez a funkcionális tervezés olyan redundáns biztonsági többletet eredményez, amely több, mint elég az üzemi stabilitáshoz. [30]

A passzív rendszerek alkalmazása pedig, mivel nemcsak egymástól függetlenített tervezéssel valósul meg, de külső beavatkozás nélküli működtetésű, így lefedik az NBSZ által megkövetelt szegmenseket. [1]

A függetlenített biztonsági funkciók kötöttek a mélységben tagolt védelem egyes szintjeihez figyelmet fordítva az egymás meghibásodására vonatkozó szabályokra és a lehető legkönnyebb megvalósíthatóságra. A megvalósítás érdekében minden esetben az észszerűség határain belül érdemes tervezni, hiszen az indokolatlan feltevések tovább bonyolítják a rendszerek összefűzött láncolatát és növelik a védett működésű beavatkozások számát, ami ellentmond az egyszerű hatékonyság és gazdaságosság elvének.

A fontos rendszerek és rendszerelemek követelménye még, hogy a tervezési szabványban rögzített anyagi specifikációs határértékeken belüli, kipróbált minőséggel kell rendelkezniük, mivel ez befolyásolja a neutronsugárzásnak kitett elemek felaktiválódási paramétereit. [33]

### *Konténment és nyomástartó berendezések*

A nukleáris létesítmények nyomástartó rendszerei speciális törésmechanikai megoldások alapján készülnek, amihez meghatározásra kerülnek azok üzemi felhasználási körülményei és a mechanikai terheléseik függvényében. A konténment is nyomástartó berendezésnek minősül, amit annak teljes élettartama alatt monitoroznak, hiszen fontos védelmi szerepet tölt be. A konténment egy nyomásálló, hermetikusan kialakított építmény, melyhez hozzá tartozik az atomreaktor és annak közvetlen rendszerelemei. Funkciója, bármely üzemállapotban megakadályozza vagy korlátozza a radioaktív anyagok környezetbe jutását. Jellemzően olyan szívóssági paraméterekre tervezik, hogy az üzemzavarok hatásai miatt ne keletkezzenek rajta repedések vagy törések, továbbá a konténment berendezéseit a mechanikai és áramlási rezgések által keltett romboló hatások elleni védelmére is kondicionálják. A határoló falakon áthaladó fővízköri nyomáshatárral és a légtérrel közvetlen kapcsolatban lévő csővezetékek a fal külső és belső oldalán el vannak látva két, egymástól független elzáró szerelvényvel. [28]

Az újabb, 3+ generációba tartozó erőművek esetében ez módosul, mivel azok duplafalú konténmenttel rendelkeznek, így ott további speciális védelmi berendezések kiépítésére van szükség. A külső burok immár olyan erőhatások ellen is lett tervezve, mint a nagynyomású lökéshullámok vagy földrengések hatásai és ellenállóságát kiválóan mutatja, hogy a 80 cm vastag burkolat egy utasszállító repülőgép becsapódását is elviseli. A belső burok egy csőrácshálósított, belső acéllemez borítású nyomás és hőálló szerkezet. [25]

Az atomerőművek nyomástartó berendezéseinek tervezése során figyelembe kell venni a neutronfluxus hatásait is, vagyis az egységnyi idő alatt, egységnyi felületen átáramló neutronok hatásait a szerkezeti elemekre. Ennek figyelembevétele adja meg, hogy a biztonsági funkciókat ellátó rendszerek karbantartási és javítási időszakára szóló fizikai kizárások milyen eszközökkel és helyeken valósítható meg. Azokon a helyeken, ahol a megengedettnél nagyobb nyomás alakulhat ki, nyomáshatároló eszközök felszerelése válik indokolttá, amelyek kiépítése a rendszerek működési és funkcionális kiesésük következményeivel mérlegelt tervezést követel meg, szem előtt tartva a radioaktív kibocsátás minimalizálását. [2]

A konténment nyomáscsökkentését szolgálja a Paksi Atomerőműben az úgynevezett lokalizációs torony és annak speciálisan kialakított sprinkler rendszere, valamint az aktív és passzív zóna-üzemzavari hűtőrendszerek. Megjegyzendő, hogy a 3+ generációba tartozó atomerőművek esetében is megtalálható a sérült reaktorból távozó gőz kondenzálására és nyomáscsökkentésére szolgáló befecskendező rendszer, amihez a kiégett üzemanyag átmeneti-tároló hűtővizének jelentős része felhasználható pótvízként. [25]

A magas nyomású rendszerek kis szivárgás esetén alkalmazhatóak, hiszen ilyenkor a reaktorban is magas nyomás uralkodik még, az alacsony nyomású rendszerek pedig nagy elfolyással járó csőtöréskor működtethetőek. A tartalék hűtővizet nitrogénpárnával helyezik nyomás alá. Ennek oka az, hogy passzív automatikus működtetést valósít meg, mivel a fővízkör adott nyomás alá esésekor a nitrogénpárna általi nyomás bekényszeríti a hűtőközeget a hűtőkörbe. Az aktív és passzív rendszerekkel akár 72 órás hűtést is lehet biztosítani, amihez a konténmenten belüli hidrogén rekombinátorok adnak támogatást azzal, hogy az esetleges fűtőelem olvadáskor, a gőz és olvadt cirkónium reakciójaként keletkező hidrogéntöbblet oxigénnel való egyesülését gyorsítják fel. [31]

A tervezés szempontjából fontos, több egymással kapcsolatban álló meghatározott nyomású rendszer esetén a nagyobb nyomású rendszer határértékeit veszik figyelembe a biztonsági paraméterek kialakításánál. [33]

### *Reaktor és aktív zóna*

Az atomreaktor tervezés alapvető szempontja, hogy annak tervezéséhez a teljes élettartamát kell figyelembe venni. Ehhez az összes lehetséges károsító és előregedési hatást indokolt számba venni, amit az üzemállapotok függvényében szükséges kiegészíteni a leszerelésig tartó potenciális műszaki változtatásokkal. A sugárzási, kémiai, mechanikai belső hatások mellett a hőmérséklet okozta deformációkon túl magának a reaktornak is rendelkeznie kell elmozdulás elleni biztosítással. A zónaszerkezet egészére nem lehet kihatással a szerkezeten belüli elemek nem tervezett elmozdulása és az esetlegesen károsodáshoz vezető rezgések. Ezeken felül a biztonsági tervezés része, hogy minden potenciális környezeti és emberi tényezővel számoljon.[28]

Az alapvető műszaki hibák elkerülése érdekében a reaktor, valamint annak minden külső és belső eleme csak egyféleképpen, a megfelelő sorrendben szerelhető össze. A létesítmény földrajzi, meteorológiai, égvöi elhelyezkedésének vonatkozásai nagyban befolyásolják a reaktorhoz kapcsolt fizikai védelmi rendszerek kialakításának és periodikus karbantartásának paramétereit. Ennek tükrében a területen belüli és kívüli minden objektum és földrajzi specialitás azonosítása a tervezéshez szükséges hatáselemzés része.

Mivel a reaktorok bizonyos paraméterei csak mérőműszeres monitorozással ellenőrizhetőek, ezért azok működését több szinten kell biztosítani, hiszen az aktuálisan végbemenő folyamatokról valós idejű és pontos adatok szükségesek a biztonságos kezeléshez. [34]

Az aktív zónának megfelelői követelményei vannak a TA-ban foglalt üzemállapotokhoz viszonyítva, melynek értelmében semelyik a zónához tartozó komponensnek és segédelemnek a működése nem ütközhet fennakadásba a TA 1 és TA 2 üzemállapotokban, valamint a TA 3, TA 4, továbbá a TAK 1 üzemállapotokban nélkülözhetetlen a biztonságos leállított állapotban tartottság megvalósulása. [31] Az atomreaktor működéséhez a kezelő rendszereknek egymástól függetlenitettsége szükséges akkor is, ha az egyes rendszerek önmagunkban is képesek a reaktor leállítására.

A leállítás, mint már említésre került olyan automatikus rendszerekkel ellátott folyamat, melynek során az előre meghatározott sorrendű feltételek lépnek életbe az üzemi személyzettől függetlenül, amennyiben legalább két, egymástól független fizikai jellemző bármelyikének határérték-túllépése következik be. [31]A határértékek túllépésének elkerülését hivatottak a reaktor-szabályozó rendszerek kontrollálni az aktuális üzemállapot függvényében. A reaktor nyomás alatt lévő statikus és dinamikus terhelésű rendszerlemeinek esetében folyamatos monitorozást kell végezni, hogy a fővízkör sérülése, az indokolatlan felaktiválódás és bármely fővízköri elem sérülése elkerülhető legyen. [34]

A primer és szekunder vízkör egymással csak közvetett kapcsolatban van, ahol a kettő közti gátat a gőzfejlesztő csőrendszerének fala jelenti. Ugyan a szekunderköri víz lokálisan behatol a hermetikus téren belüli területre, de onnan felügyelt és ellenőrzött rendszereken keresztül lép ki, hogy a fővízkörhöz hasonló zárt rendszerben lekondenzálva és visszahűlve haladjon körbe ismét, munkára kényszerítve a turbinákat. [2]

A két vízkör közötti gátat minden esetben biztosítani kell, de mint ahogyan később még szó lesz róla, a primerköri biztonsági folyamatok részét képezi, hogy a szekunderköri víz folyamatos átáramoltatása a gőzfejlesztőn hőelvonást biztosít a primer vízkörnek. A hőmérsékletváltozások kiegyenlítésére és az esetleges hirtelen nyomásváltozásokkal szembeni védelem érdekében térfogatkompenzátorok vannak beépítve a primer vízkörbe. [31]

Az atomerőmű aktív zónájának és védelmi funkcióinak működtetésére folyamatos villamos betáplálásra van szükség. [34] Ennek kiesése semelyik üzemi állapotban nem megengedhető, ami azt jelenti, hogy a biztonsági tervezésnek minden esetben megoldást kell biztosítani a szükséges rendszerek üzemeltetéséhez, figyelembe véve a lehetséges közös, egymásra épülő hibákat. Ehhez alapvetően szünetmentes betáplálást kell biztosítani más blokkok villamos hálózatának visszacsatolásával, azonnali működés-helyettesítő akkumulátorokkal, illetve az üzemzavar elhárításban részt vevő, automatikusan induló vagy külső betáplálású aggregátorok felhasználásával. [33]

Fontos tudni, hogy a gőzturbinák kifutásának ideje alatt is termelődik villamos energia, amikor az esetleges üzemzavar miatt a turbinákra nem érkezik gőz, viszont a természetes forgás-lassulás miatt a generátor még működik. [2]

### *Építmény és szerkezeti tervezés*

Az atomerőmű épületeinek tervezése során nemcsak az általános műszaki szabályok betartása alapvető követelmény, de a nukleáris létesítmény rendszereire megállapított követelmények figyelembevétele mellett kell tervezni. Az atomerőmű építményszerkezeteinek tervezéséhez az NBSZ kötetek és a nemzetközi irányelvek adnak támpontokat, de különös részletességgel kell tervezni egy olyan új atomerőmű építményeit, amely egy már üzemelő erőmű közvetlen közelébe épül. [28]

A környezet talaj- és rétegviszonyainak változásai kihatással lehetnek az egyik, de akár mindkét atomerőmű biztonságos működésére. Ennek kapcsán a talaj és környezeti viszonyok vizsgálata, valamint az azokat befolyásoló faktorok miatt az építményeket biztonsági osztályokba sorolják. A besorolás elkészítése olyan modellezési együtthatók figyelembe vételével készül, melyek vizsgálják és elemzik a potenciális veszélyeztető tényezőket, mint például a földrengések okozta káros hatásokat. A hatástanulmányok a részét képezik a nukleáris létesítmény aktív és passzív rendszerei, melyek az üzemzavari körülményekre vonatkozó korlátokat hivatottak feltárni az építménytervezés és nukleáris biztonság hatékony együttes kivitelezésére. [33]

### *Nukleáris üzemanyag és radioaktív hulladékok*

A radioaktív hulladékok és nukleáris üzemanyagok kezeléséhez a tárolási, szállítási, csomagolási, felhasználási körülmények behatárolásán felül olyan paraméterek meghatározására is szükség van, amelyek a megfelelően biztosítják a radioaktív kiszóródás elkerülését. Ezekre műszaki védelmi intézkedéseket és eljárásokat dolgoznak ki, hogy az új vagy már használt fűtőelemekben ne keletkezzen indokolatlanul megnövekedett feszültség, védett legyen a külső és esetenként a belső sérülésektől, továbbá ne juthassanak be szennyeződések az üzemanyag burkolatán belülről. [32] A már besugárzott üzemanyagok esetében viszont már többletvédelmi intézkedésekre is szükség van, hiszen az üzemanyag burkolata már nem nyújt elegendő biztonságot és a maradványhő elvezetéséről is gondoskodni kell. [3] A hőelvezetés és a hermetikusság fenntartása az elhasznált fűtőelemek legfontosabb kérdései, ezért került a pihentető medence is a konténmenten belülről. [1]

A hatékony hulladékkezeléshez a radioaktív hulladékokat halmazállapot szerint szétválogatják és osztályozzák, amihez figyelembe veszik a felezési időt, a fizikai és kémiai tulajdonságokat, a radionuklid összetételt, térfogatot és aktivitáskoncentrációt. [31] Az olyan létesítmények, ahol radioaktív anyagokat tárolnak, de nem rendelkeznek atomreaktorral, szintén részei a védelmi tervezésnek, mivel a hulladék tulajdonságainak mértékében fenyegetést jelentenek. Az atomerőműben keletkező kis- és közepes aktivitású szilárd vagy folyékony hulladékokat a Bataapatiban található Nemzeti Radioaktív Hulladék Tárolóba szállítják. [35]

Mivel a végleges elhelyezést szilárd állapotú hulladékokkal valósítják meg hatékonyan, ezért a folyékony anyagokat előbb speciális eljárásokkal még az atomerőműben megszilárdítják. Minden olyan kis és közepes aktivitású hulladék, ami nem atomerőműben keletkezik, a Püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló üzemből kerül elhelyezésre. [1]

#### *Üzemeltetés és telephely vizsgálat*

Az atomerőművek üzemeltetése igazodik a biztonsági szabályozásokhoz, melyekben a legfontosabb elemek a követelmények alapján működtetett rendszerek és rendszerelemek megfelelősége. A folyamatos monitorozás és állapotfenntartás kritikus jelentőségű a nukleáris biztonság szempontjából, ahogyan az átalakítások koordinálása és felülvizsgálatok alaposan megtervezett végrehajtása is. Mindezen szempontok alapján az üzemeltetés során fellépő tervezett és váratlan események mind besorolhatóak valamely előre meghatározott folyamat struktúrába annak érdekében, hogy a lehető legoptimálisabb idő és hatékonysági rátával valósuljon meg a normál üzem fenntartásához szükséges felülvizsgálat és karbantartás.

A működtetést tovább befolyásolják a tapasztalatok, a tudomány és a technika fejlődésének folyamatos változói, mivel ezek alapján változnak a nukleáris létesítmények üzemeltetésének követelményei is. A szabályzatokban foglalt betartására vannak olyan üzemeltetési korlátok, melyeket az üzemi berendezések paraméterei tartanak meg, másokat a műszaki követelmények és karbantartási eljárások rendje szabályoz, de vannak olyan feltételek is, melyek betartása szimplán emberi odafigyelésre és szakmai tudásukra alapoz. Ennek fényében az emberi tényezőre alapozott üzemeltetéshez a szakmai és biztonság utáni elhivatott mentalitás elengedhetetlen. Az üzemeltetéshez és működtetéshez tartozó minden feltétel a létesítéstől a leszerelésig, vagyis az atomerőmű teljes élethosszának tekintetében szigorúan és következetesen szabályozott. [28]

Az egyik ilyen fontos alapelem a sugárvédelem biztosítása. A sugárvédelmi módszerek és eljárások teljesülése olyan program kidolgozásán alapul, ami a radioaktív kibocsátást az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartja. [36] A rendszerek és rendszerelemek, valamint a munkavállalók monitorozása és a munkaterületek zónákba sorolása része a program teljesülésének és a kötelező határértékek betartásának. Az atomerőmű telephelyének kiválasztásához a természeti és emberi eredetű veszélyeztető tényezők pontos feltárása mellett figyelembe kell venni az egyéb, nukleáris biztonsági szempontból közeli egyéb létesítmények veszélyeztető faktorait. [10]

*„A műszaki paraméterek, a tapasztalatok felhasználása és a normatív határértékek szintén beleszámítanak a nukleáris létesítmény sérülékenységének elemzésébe, ami által valószínűségi veszélyeztetési diagramokat határoznak meg, melyeket a gyakorisági függvényekkel és a veszélyeztető tényezők intenzitásának meghatározásával párosítanak.” [30:141]*

#### *Nukleáris létesítmény megszüntetése*

Az atomerőművek üzemidejéről már a tervezési és létesítési fázisban is szót kívánok ejteni. A nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek az erőmű teljes élettartama alatt működtetik a biztonsági berendezéseket és segédrendszerekkel megvalósítják a védelmet. [28] A hosszú, évtizedes üzemidő alatt azok a rendszerek berendezései, melyek egyáltalán nem kerülnek kicserélésre, ellenben folyamatos karbantartási munkálatokat végeznek rajtuk, a leszereléskor egyedi feltételek alapján kezelendők. Ehhez a leszerelési időszakot a kritikus berendezések biztonságos szétszerelésének optimális időintervallumára szükséges tervezni. [27]

Az atomerőmű leszerelésének stratégiai lényege, hogy technológiailag megvalósítható legyen, akár már a tervezési periódusban is olyan módon, hogy a keletkezett radioaktív hulladék és a felaktiválódott berendezések a lehető legkisebb mértékben szennyezzék el a környezetet.[32]

A fel nem használható rendszer elemek leszerelés utáni kezelésére speciális körülmények vonatkoznak.

A leszerelési terv az atomerőmű indításától eltelt idő és az esetleges fejlesztési átépítések tekintetében tartalmaz olyan alternatív koncepciókat, melyek a megváltozott körülmények függvényében követik a leszerelési munkálatokat és azok munkaerőigényének paramétereit. [28] A végleges leszerelésben a nukleáris szakhatóság is részt vesz, amely az atomerőmű teljes nukleáris üzemanyag és radioaktív anyag mentesítését jelenti. [33]

#### **2.4. Tűzvédelmi követelmények vizsgálta**

Az atomerőművek tervezési és létesítési szabályzóihoz szervesen kapcsolódnak a tűzvédelmi követelmények teljesülése. A tűzvédelem tervezése és a megelőzési irányelvek hatékony működtetése magában foglalja a létesítmény specialitásából fakadó szempontokat, amihez a hazai és nemzetközi biztonságra vonatkozó követelmények szolgáltatnak tervezési alapot. Ehhez a lokális környezeti és műszaki paraméterek alapján kell átültetni a szabályzók összességét úgy, hogy az minden üzemállapotban működőképes védelmet valósítson meg.[37]

A tűz elleni védekezés megfelelőségét az úgynevezett tűzbiztonsági tervdokumentáció tartalmazza. Egy esetleges tűz vagy robbanás esetén minden olyan rendszernek vagy építményszerkezeti elemnek, amelynek szerepe lehet a tűzbiztonság szavatolásában, olyan megoldásokkal és elemekkel kerülnek kivitelezésre, hogy a külső vagy belső behatástól függetlenül csökkentsék a tűz vagy robbanás hatásait. [38]

Az atomerőműves tűzbiztonság tervezése igazodik a mélységben tagolt védelem elvéhez, vagyis a védelmi konstrukciók és a tűzbiztonság strukturálása az egymásba ágyazott, többszintű, redundáns felépítést követi, amelyben tervezetten lehetőség van a hibák korrigálására vagy kompenzálására mielőtt azok súlyos következményekhez vezetnének. [34] A tűzbiztonság tervezésénél is igaz, hogy nem csak a műszaki hibák okozta védelmi hatástalanság esetén, de az emberi hibák következményeivel szemben is magas fokú ellenállást kell tervezni a rendszerbe, amihez szükséges a minőségi kivitelezés. A védelem szempontjából fontos, hogy a veszélyhelyzeti tűzbiztonságot működtető rendszerek automatikus és kézi indítással egyaránt rendelkezzenek, ezen felül kiemelten fontos tényező ezen rendszerek indulása a lehető legrövidebb időn belül, az üzemállapot és a meggátolni kívánt esemény függvényében. [38]

A kiépített rendszerek feladata tehát, hogy minimalizálják a tűzkeletkezés lehetőségét vagy annak terjedését, továbbá képesek legyenek kezelni a mérgező égéstermékeket. Az automatikusan induló oltó- és kárelhárító rendszerek, valamint az aktív és passzív biztonsági elemek beavatkozási szintjeinek tervezésénél is fontos figyelembe venni, hogy az egyes szintek funkcióvesztése ne okozhassa más biztonsági protokollok és rendszerek működésképtelenségét vagy sérülését. [28]

A tűz elleni védekezés operatív megközelítése, hogy a fizikai lehetetlenségre kell törekedni, azonban ez mégsem valósulhat meg tökéletesen ott, ahol az üzem működéséhez használatos éghető anyag található vagy tranziens éghető anyag jelenlétével számolhatunk. A tüzesetek elleni védelem az egyes blokkok üzemszüneti és karbantartási időszakára vonatkoztatva is tervezést igényel, hiszen a nukleáris folyamatok nélkül is lehetnek olyan fennálló veszélyek, amelyekről a leállított blokkot, pihentető medencéket, működtetéshez szükséges rendszereket és rendszer elemeket vagy a szomszédos üzemelő blokkokat védeni szükséges. [34]



A magas szintű biztonság érdekében a tervdokumentáció egyszerre két mértékadó tüzeset feltételezésével számol, melyeknél az egyes tüzek továbbterjedéséből kialakuló károkat ugyanazon mértékadó tüzeset részeseményének kell tekinteni. [28]

#### *Tűzmegeelőzés tervezése*

Az atomerőműben a tűzmegeelőzés, a tűzszakasz határok, minden közlekedési és menekítési útvonal, a tárolt éghető anyagok, a kiépített rendszerek és szerelemek, valamint építményszerkezetek és felhasznált anyagok összegzetten a nem gyújtásveszélyes tervezésen alapulnak, összhangban az atomerőmű tervezési és létesítési alapelveket tartalmazó tervdokumentációival. [38]

A rendszertervezés egyik szempontja, hogy a rendszerek nemcsak, hogy egymás meghibásodását vagy gátlását ne okozzák, de azok semmilyen folyamata vagy meghibásodása ne vezessen tűz keletkezéséhez. Minden olyan rendszernél, ahol ez nem biztosítható, külön odafigyelést és tervezést igényel a tűz elleni védelem. Ez kiváltképp igaz azoknál a szerelemeknél, ahol radioaktív kibocsátással lehet számolni. A következő lépcsője a tűzbiztonságnak, hogy a védelemben részt vevő rendszerek nem okozhatnak tüzet vagy veszélyeztethetnek más biztonsági rendszereket és építményeket, továbbá azok tüze esetén is meg kell tartani a tűzterhelésre vonatkozó legalacsonyabban tartási rátát. Annak érdekében, hogy ez megvalósuljon, a felhasznált anyagokat azok hő- és hangszigetelési tulajdonságaik alapján választják ki, valamint tűzgátló szerkezeteket és mértékadó térelválasztásokat alkalmaznak, amelyek külön-külön és együttesen is megfelelnek a tűzvédelmi osztályba sorolás követelményeinek. [34]

Olyan esetekben, ha a biztonsági rendszerek térelválasztása ütközik az atomerőmű funkcionális működtetésével, távolságvédelmet, aktív vagy passzív tűzvédelmi rendszerek beiktatását szükséges alkalmazni, továbbá a hő- és füstelvezetés tervezése és kiépítése csak azzal a feltétellel tervezhető, ha kizárható a radioaktív anyagok kikerülése. A tűzállósági teljesítmény megtartása érdekében, az olyan kivitelezéseket, ahol a tűzbiztonsági alapelvektől eltérő megoldások alkalmazása válik szükségessé, illetve hatással lehet a nukleáris biztonságra, külön erre kitérő tűzkockázat-elemzéssel kell alátámasztani. [28]

Az atomerőmű tervezése során az éghető anyagok, illetve veszélyes anyagokkal kapcsolatos tárolási helyek és mennyiségek kiépítésének követelménye, hogy azok megközelítése, a hozzájuk viszonyított tűzszakaszhatárok és ezek értelmében a menekülési, kiürítési és beavatkozási útvonalak megfeleljenek nukleáris biztonság feltételeinek. [34]

#### *Villamos berendezések*

Az atomerőműveknek villamos energiaellátásra van szükségük a folyamatos üzemeléshez, aminek biztosításában nem lehet kiesés. A folyamatos ellátottság egyaránt fontos a nukleáris rendszerek és a tűzvédelmi berendezések működtetéséhez, amit az esetleges villamos karbantartások idején is el kell látni. A biztonságért felelős rendszerek üzemképessége meghatározza a nukleáris biztonság aktuális szintjét, ezért azok energiaellátását és vezérlését a normál üzemi rendszerektől független és szünetmentes megoldásokkal szavatolják. Ahogy a biztonsági rendszerek esetében, úgy a villamos berendezések esetén is alkalmazandó a fizikai elválasztás elve, hogy a meghibásodások ne okozzanak kárt más rendszerek működésében, beleértve a párhuzamosan működő egyazon funkcióval rendelkezőket. [2]

A villamos berendezések és kábelek kiépítésénél a tartószerkezetek tűzállósági határértékeit is figyelembe veszik, a működőképesség nehezítése nélkül, valamint a lefektetett kábeleket és berendezéseket egymástól szeparálva helyezik el. A feltételeknek olyan szintű alkalmazása szükséges, amely során a túlmelegedés és a rövidzárlat kizárható, viszont adott esetben létezzen meghibásodás vagy zárlat esetére olyan alternatíva, amely lehetővé teszi az üzemeltetett berendezések más irányú betáplálását. A kábelnyomvonalak kialakításánál figyelembe kell venni a mértékadó tűzszakaszokat, az épület és a környező rendszerlemek adottságai és amennyiben megvalósíthatósági probléma vagy magas kockázati faktor merülne fel, másodlagos tűzszakaszok kialakítása szükséges. [34]

#### *Tűzjelző és oltóberendezések alkalmazása*

Az *Országos Tűzvédelmi Szabályzatról* szóló 54/2014. (IX.6.) BM rendelet alapján beépített tűzjelző- és oltóberendezéseknek nevezzük az építményben, szabadtéren elhelyezett, helyhez kötött, a tűz kifejlődésének korai szakaszában észlelést, jelzést és megfelelő tűzvédelmi intézkedést (többek között a tűzoltóság értesítése, tűzszakasz határon elhelyezett ajtók csukása, oltóberendezések indítása) önműködően végző berendezést. [39] A tűzvédelmi biztonsági rendszerek esetében az automatizáláson felül szükség van a manuális tűzoltási lehetőségek biztosítására is, annak függvényében, hogy a hely specifikussága és a technológiai megoldások milyen kombinációt követelnek meg.

Az atomerőműben az oltóberendezések létesítése az automatikus érzékelés és indítás elvét prioritizálja, de előfordulhat csak manuális oltóberendezés is abban az esetben, ha az oltórendszer olyan indokolatlan működése következhet be, amely negatív hatással lehet a biztonságra. [31] Az érzékelő és oltórendszerek fontos működési követelménye, hogy a külső behatásoktól védettek legyenek, elhelyezésük optimális hatékonyságot valósítson meg és vezetőik külön mechanikai védelemmel rendelkezzenek. A biztonsági rendszerek hibatűréseit, a kézi és automatikus tesztek periodikusságát, valamint a meghibásodások lehetséges okait tartalmazzák a tűzkockázatelemzések. Ezek jelentősége, hogy a működésük esetleges elmaradását minimalizálják, hiszen azzal veszélyeztethetik a nukleáris biztonságot. [39]

Az oltóberendezések esetében jelentősége van az oltóanyag kiválasztásának is, mivel azokat a hatékonyságuk és a környező rendszerekre gyakorolt másodlagos kárhatásuk együtthatói alapján tudják hatékonyan felhasználni. Ezen felül a kiválasztás szempontja az is, hogy az esetleges működés ne okozzon indokolatlan nukleáris kockázatonövekedést. Alapesetben a vizes oltáson alapuló berendezések alkalmazására törekszenek, főleg olyan helységeknél és kábeltereknél, ahol az egy tűzszakaszra eső tűzterhelés különösen magas, vagy éghető folyadékokat tartalmazó technológiák vannak jelen, mint amilyenek az olajhűtésű transzformátorok is.

Az oltóvíz betáplálások, vízhozam és nyomásteljesítmények a tűzvédelmi biztonsági kritériumok alapján lettek meghatározva úgy, hogy azok több vízforrásból is el tudják látni rendeltetésszerű feladatukat, továbbá ezen felül a lehetőségekhez mérten megvalósítható legyen a vezetékek kiszakaszolása. [2] A gázzal oltó rendszerek tervezése és kiépítése egybekötött az épületgépészeti elemek és nyílászárók tervezésével, figyelembe véve az oltógáz környezeti és egészségügyi hatásait. [34]

Az atomerőművek működtetéséhez használt veszélyes anyagok közt vannak éghető gázok és folyadékok is. A csővezetékek, tárolási mennyiségek és módok definiálása a tervezési folyamatok szerves része. A biztonsági rendszerekkel és a technológiai folyamatokhoz használatos, együtt tárolt éghető anyagok helységeinek paraméterei és a beltéri tárolás mennyiségei külön biztonsági tervezést igényelnek.

Az éghető folyadékok és gázok szállítására szolgáló rendszerek kifolyás, szivárgás és hőszigetelések abszorpciójára vonatkozó védelmi tervezésnek részét képezi az olyan biztonsági rendszerek beiktatása, amelyek a meghibásodások esetén korlátozzák, elvezetik vagy megszüntetik a kifolyást vagy szivárgást. A zárt térben tárolt éghető anyagokhoz automatikus monitorozó és beavatkozó védelmi berendezéseket alkalmaznak, melyek az adott anyag alsó robbanási határérték 20%-ának elérése esetén már szellőztető rendszereket léptetnek életbe. [40]

Az atomerőművek tűzmelegelőzési, és azzal kapcsolatos védelmi rendszereinek egyedi követelményeit a külön erre a célra készített és jogszabályoknak megfelelően tűzvédelmi dokumentáció tartalmazza. A dokumentációban vannak megfogalmazva a kockázati osztályba sorolásokra; a technológia tűzvédelmére; az alkalmazott épületszerkezetek tűzvédelmi paramétereire; a tűzszakaszolásra, a tűzterjedés gátlására, a tűztávolságra; a hő és füst elleni védelem kialakítására; a hasadó, hasadó-nyíló felületekre; a tűzoltósági beavatkozási feltételekre; a kiürítésre, mentésre; a beépített automatikus tűzjelző és tűzoltó berendezések kialakítására; a biztonsági jelzésekre vonatkozó megoldásokat. [41]

A tűzvédelmi rendszerekhez a műszaki leírásokat a tűzvédelmi technológiai működési hatásaihoz társítják, amihez meghatározzák a fizikai, karbantartási és alkalmazási szempontokat. [28] A felhasznált anyagokról vagy az üzemeltetés során járulékosan keletkező anyagokról biztonsági adatlapot vagy azzal egyenértékű, pontos jellemzőket meghatározó leírást kell vezetni, ami aztán a tűzvédelmi dokumentációhoz csatolandó.

Az egyes rendszerek szükségességét a dokumentáció tűzkockázat-elemzés része tartalmazza, ami alapján aztán valószínűsíthetőek a tűz és robbanásveszélyes állapotok kialakulásának és kezelésének lehetőségei. Ebben vonatkoztatva vannak a tűzveszélyes villamos gépek, felszerelések és szerelvények alkalmazási helyeire vonatkozó biztonsági követelmények, továbbá a villamos betáplálás, mechanikus és sztatikus feltöltődés elleni védelmek. [34]

Ahhoz, hogy a tűzvédelmi dokumentáció megfelelő alapja legyen az atomerőmű tűzvédelmi tervezés biztonságos szinten tartásának, a tűzkockázat-elemzés alapos kidolgozására van tehát szükség. A legfőbb feladat a determinisztikus alapú kockázatbecslés, a tűzszakaszok meghatározása, az éghető anyagok nyilvántartása és szakszerű kezelése, valamint minden tűzvédelmi berendezés és azokkal kapcsolatos intézkedés jellemzése és leírása. [41]

A feltételezhető tüzesemények során működtetett rendszerek üzemiállapotokhoz viszonyított hatékonysága és azok esetleges nem tervezett hibás működése vagy teljes üzemképtelensége befolyásolja a nukleáris biztonság megvalósulását.

A tüzeseteket azok gyakorisága alapján kategorizálhatjuk, a kiváltó eseményekkel és következményekkel együtt, a legkisebb tűztől a zónaolvadáshoz vezetőig. Az aktív és passzív tűzvédelmi rendszerek teljes lefedésén felül a kockázatelemzés tartalmazza a tűzoltás során felmerülő másodlagos károk hatásait is. [34]

Látható, hogy az atomerőművek kapcsán a tűzbiztonság érdekében kiépített, egymásra épülő rendszerek nem csupán elméleti vagy tesztelési feladatokra hivatottak, hiszen nem egyszerűen a jogszabályi és hatósági követelményeknek megfelelés a cél, hanem olyan alaposan megtervezett rendszerek megalkotása és hatékony működtetése a feladat, amelyek bármely körülmény esetén védelmet nyújtanak és segítenek megelőzni a katasztrófát. [42]

### 3. A nukleáris baleset-elhárítás kivitelezése és az egészségügyi hatások szakirányú bemutatása

#### 3.1. Nukleárisbaleset-elhárítás alapelveinek bemutatása

A nukleárisbaleset-elhárítás az üzemállapotok elemzése alapján kerül megtervezésre, az összes egyszerre fellépő üzemállapot változást kiváltó események és nukleáris veszélyhelyzetek figyelembevételével. A veszélyforrások súlyossága alapján kerülnek az egyes eljárások besorolásra különböző tervezési kategóriákba, melyeket meghatározzák továbbá a reaktorral közvetlenül vagy közvetetten összefüggő kockázati tényezők. [43] A kiegészítő üzemanyagokkal, pihentető medencével és radioaktív hulladékokkal kapcsolatos baleseti helyzetek, valamint az atomerőművön kívüli létesítmények, kiváltképp más nukleáris veszélyforrások, további opcionális eljárási lehetőségekkel bővítik a besorolást. [33] A tervezés a lehető legsúlyosabb baleseti szituációra alapozza a balesetkezelési eljárásokat, ami alapján a baleset osztályozás és az arra vonatkozó intézkedések optimálisak kerülnek végrehajtásra. [28] Az egyes eseménytípusokhoz szükséges erő és eszközigények egyértelműen behatárolhatóak a veszélyhelyzetek eseménycsoportosítása és következményvizsgálata alapján. Az atomerőmű, az olyan események kezelésére, amely veszélyhelyzet kialakulásának kockázatával járó rendkívüli eseményt okozhat, külön szervezetet működtet, sajátos irányítási rendszerrel és Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervvel. [31]

#### *Nukleáris baleset-elhárítás és egészségügyi hatások*

A nukleáris intézmények biztonságos működtetése olyan elsődleges egészségügyi korlátok által határolt irányelvek kidolgozását tette szükségessé, amelyek kielégítik a védelmi kritériumokat. Ehhez az egészségügyi hatástanulmányok, a környezetre gyakorolt potenciális hatások elemzése és a meglévő nukleáris technológiai és felhasználási tapasztalatok szolgáltattak alapot. Fontos, hogy mivel a balesetelhárítás az automatizált berendezéseken felül, emberi erő által valósul meg, ezért a hatékony nukleáris hatáskezelés a szükségesség mértékének megfelelően legyen biztosítva és kivitelezve, belekalkulálva az intézmény releváns sajátosságait is. [44]

A nukleárisbaleset-elhárítás Magyarországon a helyi nukleáris sajátosságok figyelembevételével, az Európai Unió követelményeinek megfelelően és a környező országok nukleáris programjaihoz igazodva épül fel. Ennek tükrében a Paksi Atomerőmű olyan, a maga nemében egyedülálló balesetelhárítási szervezetet működtet, amely kiépítettségében és alkalmazott megoldásaival összhangban működik az országos komplex intézkedési sémákkal. [27] Magyarországon négy olyan létesítmény üzemel, amely a hazai nukleárisbaleset-elhárítás tekintetében jelentős szerepet tölt be. [1]

- „Paksi Atomerőmű;
- *Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója;*
- *Központi Fizikai Kutatóintézet Kutatóreaktora;*
- *Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktora.*” [1:512-513]

A Paksi Atomerőmű négy VVER 440/213 típusú vízűtéses - vízmoderátoros reaktorblokkot üzemeltet, széles kört lefedő emberi, technológiai és infrastrukturális háttérrel. A Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója az atomerőműben keletkezett elhasznált fűtőelemek hűtésére és hosszú távú tárolására szolgál, annak közvetlen szomszédságában. [2] A KFKI budapesti kutatóreaktora fizikai és nukleáris technológiai kutatásokhoz szolgál nagyteljesítményű neutronforrásként és kutatási felhasználásra állít elő radioizotópot.

Az oktatóreaktor pedig a felsőoktatási intézmények hallgatói számára szolgáltat lehetőséget a reaktorhoz kapcsolódó laboratóriumi és reaktorüzemeltetési ismeretek gyakorlati alkalmazására. A magyarországi nukleáris létesítményeken felül a környező országok atomerőműi szintén részei a balesetelhárításnak, hiszen azok balesete közvetlenül befolyásolná Magyarország lakosságának biztonságát és veszélyeztetné az egészséget. [10] További alanyai a nukleáris létesítmények védelmére szolgáló tervezésnek azok a radioaktív anyagokat tároló létesítmények, melyek ugyan nem rendelkeznek atomreaktorral, azonban mégis releváns fenyegetést jelenthetnek. [43] Ilyenek a Bataapátiban található Nemzeti Radioaktív Hulladék Tároló és a Püspökszilágyi Radioaktív Hulladék Feldolgozó és Tároló, melyek kis- és közepes aktivitású hulladékok tárolását valósítják meg. A felsorolt létesítmények egyedi besorolást kapnak a védekezés tervezésének egyes szintjeibe a nukleáris veszélyeztető tényezők és működési sémáik alapján. [1] Az értekezés érinti a sugárvédelem témakörét, és az ionizáló sugárzás hatásai elleni védekezés lehetőségeit. Ennek értelmében elengedhetetlennek tartottam az ionizáló sugárzásról alapvető ismertetést készíteni, hogy a veszélyek forrásai érdemben azonosításra kerüljenek.

### **3.2. Az ionizáló sugárzás lényegi veszélyforrásai és hatásai**

Az atomerőművekben ionizáló sugárzás keletkezik, amely más veszélyes hatásokkal szemben, mint például rezgések, elektromos áram, hőhatás, érzékszerveinkkel nem észlelhető és nem kelt közvetlen érzetet, ugyanakkor súlyos egészségkárosító hatással járhat. A munka- és sugárvédelmi, valamint a technológiai sajátosságokhoz rendelt biztonsági szabályok betartásával és a dolgozók fegyelmezett, tudatosan biztonságos munkavégzésével az egészségkárosodás kockázata csökkenthető, a környezet, az anyagi javak károsodása megelőzhető. Ennek fényében lettek kialakítva a biztonságos üzemeltetést szavatoló sugárbiztonsági, szervezési, műszaki és egészségügyi intézkedések, melyek végrehajtásának fő célkitűzése, hogy a lakosság és a környezet sugárterhelése az észszerűen elérhető legalacsonyabb szinten legyen tartva az adott társadalmi és gazdasági körülmények figyelembevételével. [45]

A nukleáris veszélyhelyzeteket a nukleáris létesítményeken felül előidézhetik olyan radiológiai káresemények, melyek emberi hibára vagy szándékosságra vezethetők vissza. Nukleáris balesetként kell kezelni a balesetek okozására alkalmas veszélyes ipari röntgenforrások, egészségügyi sugárforrások, továbbá ellenőrizetlenül hagyott, elveszett, elhagyott, helytelenül használt vagy szállított radioaktív anyagokat. [46] Ezen veszélyforrások sajátosságainak értékelése mutathat rá a potenciális veszélyhelyzet megfelelő kezelésére. Az értékeléshez a sugárforrások hatásainak alapos ismerete szükséges, továbbá a sugárzás kezelési lehetőségeinek következményei. [47]

#### **3.2.1. Ionizáló sugárzás jellemzése**

Nukleáris veszélyhelyzetek során olyan intézkedésekre is szükség van, melyek a lakosság védelmében elhárítják vagy csökkentik az ionizáló sugárzás okozta következményeket. Az ionizáló sugárzás egyedi a károsító hatások sorában, mivel ellentétben például a rezgésekkel, elektromos árammal vagy hővel, nem kelt közvetlen érzetet és normál érzékszerveinkkel nem is észlelhető.

Egészségkárosító hatása ennek ellenére jelentős és végzetes lehet. A károsító hatás mértékét befolyásolják a sugárzás fajtái és az egyes emberi szövetek specifikusságának jellemzői, valamint azok a további tényezők, amelyek alap esetben az ionizáló sugárzás elleni védekezés alappillére is egyben. [48]

Ezek az idő, a távolság és az árnyékolás védő hatásai, ami azt jelenti, hogy egészségkárosító sugárzás közvetlen közelében tartózkodást a lehető legrövidebb időre redukáljuk.

A sugárforrást csak olyan mértékben közelítsük meg, amennyire feltétlenül szükséges, valamint használjunk fel minden természetes vagy mesterséges objektumot, ami akár a legcsekélyebb mértékben is pajzsként szolgálhat a sugárzás ellen. [47] A sugárzás mérésére műszereket használunk, melyekhez a mértéket számokban többféleképpen fejezhetünk ki. A különböző anyagokban elnyelődött sugárdózist a „Gray” (Gy) mértékegység fejezi ki, ezzel szemben a biológiai szövetekben elnyelődött sugárzást az úgynevezett „Sievert” (Sv) jelöli. A két mértékegység azonos dimenziójú, ugyanakkor összetevőinek exponensei különböző tényezőkkel alkotnak eredményt. [36]

A mértékegységek megfelelnek 1 kg szövet által elnyelt 1 J sugárzási energiának ( $Gy = J/kg$ ), ugyanakkor a különböző sugárzások energiatartománya változó, ebből következik, hogy a sugárzás típusa és energiatartománya alapján módosul a dózis mértéke. [10] Az emberi szervek és szövetek által elnyelt dózis azok specifikusságának függvényében védenek, illetve tovább súlyosbítanak a sugárzás mértékén. [47]

A Gray-ben mért elnyelt dózis és az egyes szöveti sugárzási súlytényezők szorzata adja a Sievertet eredményező úgynevezett egyenértékűdózist.

A súlyozott, szövetben vagy szervben elnyelt dózis összességét befolyásolja a sugárzás típusa és az azt elnyelő szövet fajtája. [10]

A súlyozó tényező „W” jelölése az alábbiak szerint adja meg az értéket:

$$1 \text{ Sv} = 1 \text{ Gy} * W = J/kg * W$$

Megállapítható tehát, hogy a sugárzás olyan többkomponensű veszélyeztető hatások gyűjtőfogalma, melynek detektálása és következményei széles spektrumon mozognak.

Súlytényezők a sugárzás típusa szerint:

17.táblázat: Sugárzási súlytényezők, forrás: 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet [49]

A sugárzás típusa és energiatartománya	Sugárzási súlytényező wR
Fotonok, minden energián	1
Elektronok és müonok minden energián	1
Protonok és töltött pionok	2
Alfa-részecskék, hasadványok, nehézionok	20
Neutronok, $E_n \leq 1 \text{ MeV}$	$2,5 + 18,2 e^{-[\ln(E_n)]/2/6}$
Neutronok, $1 \text{ MeV} < E_n \leq 50 \text{ MeV}$	$5,0 + 17,0 e^{-[\ln(E_n)]/2/6}$
Neutronok, $E_n > 50 \text{ MeV}$	$2,5 + 3,25 e^{-[\ln(E_n)]/2/6}$

\* $E_n$ : a neutron-energia MeV-ben.

Az egyes szövetek sugárvédelemben használt súlytényezője:

18.táblázat: A szövetekre vonatkozó súlytényezők, forrás: 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet [49]

Testszövet vagy szerv	Súlytényező, WT
Csontvelő	0,12
Vastagbél	0,12
Tüdő	0,12
Gyomor	0,12
Emlő	0,12
Egyéb szövetek*	0,12
Ivarmirigyek	0,08
Nyelőcső	0,04
Máj	0,04
Pajzsmirigy	0,04
Csontfelszín	0,01
Agy	0,01
Nyálmirigyek	0,01
Bőr	0,01

\* Az egyéb szövetekre megadott wT (0,12) érték a két nemet illetően az alábbiakban felsorolt 13 szervet, illetve szövetet érő dózis számtani közepére vonatkozik. Egyéb szövetek: mellékvesék, felső légutak, epehólyag, szív, vesék, nyirokcsomók, izom, szájnyalkahártya, hasnyálmirigy, prosztata (férfiak), vékonybél, lép, csecsemőmirigy, méh/méhnyak (nők).

### 3.2.2. Sugárzás fajtája és hatásai

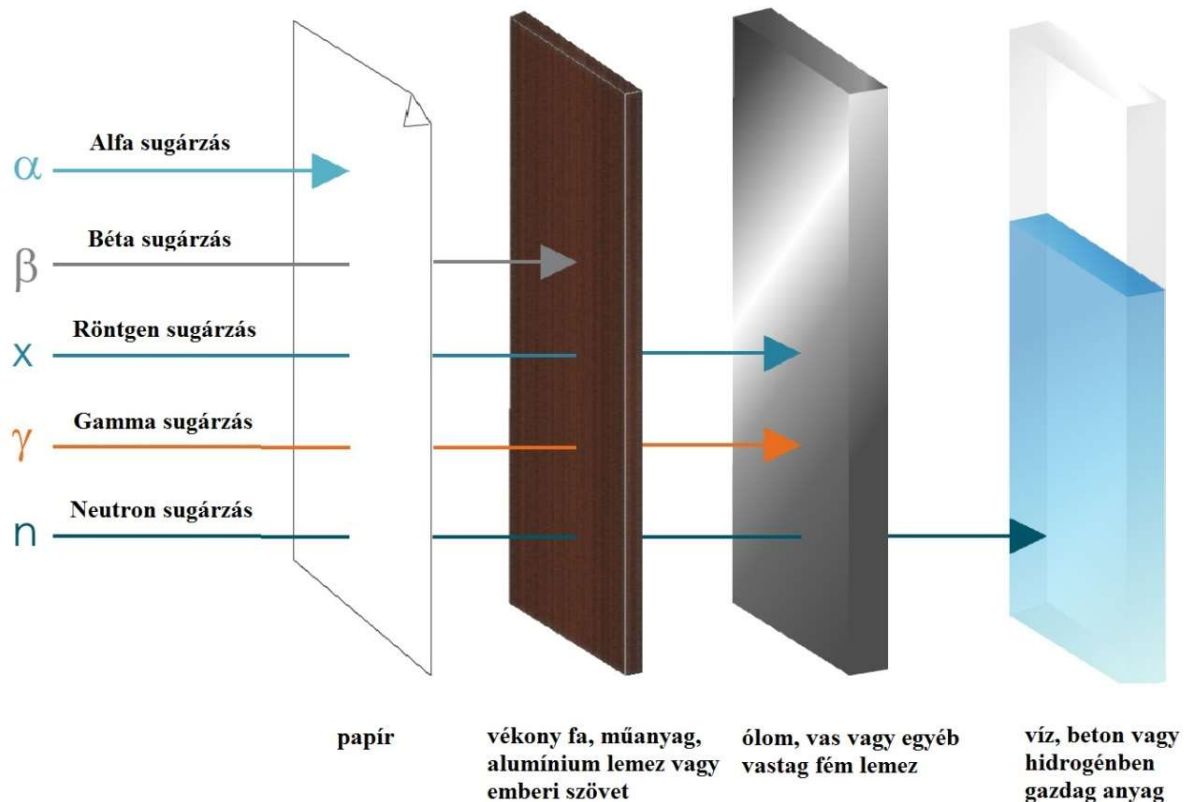
*Alfa-sugárzás:* Kis áthatoló képességű, könnyen elnyelődő sugárzás, melynek korlátot szab egy vékony papírlap vagy akár az emberi bőr felülete. Veszélyessége a lenyelt vagy belélegzett sugárzó anyag hatásaiban rejlik, mivel az élő sejteket bombázva okoz súlyos elváltozásokat és rákosodást.

*Béta-sugárzás:* Az Alfa-sugárzónál nagyobb az áthatoló képessége, de kis mértékben járul hozzá a külső dózishoz. Akár a levegőben is elnyelődik néhány centiméter után, és nem tud áthatolni vékony fán, műanyagban vagy alumíniumlemezen. A szervezetbe bejutva és feldúsulva viszont komoly roncsolást okoz a környező szöveteken.

*Gamma-sugárzás:* A  $\gamma$ -sugárzás tömeg és töltés nélküli, nagy áthatoló képességű elektromágneses sugárzás. A sugárzás elleni árnyékoláshoz megfelelő vastagságú ólomra vagy vasbetonra van szükség. Ugyan a belső sugárterhelésben kis szerepe van, viszont a nagy áthatoló képesség miatt a külső dózis szinte teljes egészében innen származtatható.

*Neutronsugárzás:* Maghasadás során felszabaduló, nagy energiájú termikus sugárzás, mely erősen károsítja a szervezetet a jelentős külső és belső sugárterheléssel. Elnyelésére hidrogénben gazdag közeg képes.

Az ionizáló sugárzás biológiai hatásait alapvetően két csoportba soroljuk, ezek a sztochasztikus és determinisztikus hatások. Bizonyos dózisszint felett biztosan bekövetkeznek a determinisztikus hatások, melynek súlyossága az elnyelt dózis nagyságától függenek. A tünetek időben és súlyosságban az enyhe lefolyásútól a halálosig terjedhetnek a dózis függvényében. A sztochasztikus hatásoknak ugyan nincs küszöbdózis, de a dózis mértékével egyenes arányban megnő az általa okozott biológiai elváltozások valószínűsége. A következmények évekkal később is okozhatnak rosszindulatú daganatos megbetegedéseket vagy genetikai mutációkat, melyek a gyermekekben és unokákban is vagy először náluk jelentkezhetnek. [10]



28. ábra: Sugárzások áthatoló képessége (magyar nyelvre módosítva),

forrás: [https://mirion.s3.amazonaws.com/cms4\\_mirion/files/images/content-images/learning-center/radiation-penetration.jpg?1559587860](https://mirion.s3.amazonaws.com/cms4_mirion/files/images/content-images/learning-center/radiation-penetration.jpg?1559587860) (letöltés ideje: 2022.03.20)

### 3.3. A nukleáris létesítmények általános veszélyhelyzeti tervezése

Baleset-elhárítási szempontok alapján a nukleáris létesítményeket és radioaktív anyagokkal végzett tevékenységű intézményeket a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség, a nukleáris veszélyek kialakulásához vezető kockázati mértékek és az időbeli változók alapján különböző, úgynevezett tervezési kategóriákba sorolja. [1]

I. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

A telephely területén túlnyúló és lakosságot veszélyeztető, akár csak kis valószínűséggel is bekövetkező determinisztikus hatások fellépése esetén sorolunk ide létesítményt. Ide soroljuk a 100 MWth feletti hőteljesítményű atomreaktorokat, a fűtőelem pihentető medencéket és a speciális radioaktív anyagokkal foglalkozó telephelyeket, melyeknél a kiszóródás következtében determinisztikus hatások léphetnek fel az üzem területén kívül is.

II. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Ide soroljuk a létesítményt abban az esetben, ha egy, a telephelyen bekövetkezett esemény olyan sürgős óvintézkedéseket tesz szükségessé, mely kihatással van a környező lakosságra, de nem lép fel az üzem területén kívül determinisztikus hatás. Ilyenek lehetnek a 2 – 100 MWth közötti atomreaktorok, az aktív hűtést igénylő fűtőelem tárolók, illetve a telephely közvetlen környezetében fellépő ellenőrizetlen kritikus események és balesetek kapcsán, amikor diszperz radioaktív anyagok kerülhetnek ki.



### III. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Ha egy telephelyen a kialakult esemény kapcsán életbe léptetett sürgős óvintézkedések az üzem területén belülről korlátozódnak, ide soroljuk a létesítményt. Ilyenek a 2 MWth-nál nem nagyobb hőteljesítményű atomreaktorok, az 1 méteres távolságon belül 100 mGy/h dózisteljesítményű árnyékolatlan sugárforrások, vagy a telephelyen belül súlyos óvintézkedések bevezetését szükségessé tevő diszperzáló radioaktív kiszóródások.

### IV. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Ide tartoznak az előre nem látható kiterjedésű területen szükségessé váló sürgősségi óvintézkedések bevezetését igénylő radiológiai veszélyhelyzetet előidéző tevékenységek. Ilyenek az illegális tevékenységek, szállítási és mobil sugárforrásokkal kapcsolatos cselekmények, ipari radiográfiás vagy radiotermikus generátorok üzemeltetése. Ugyan ebbe a kategóriába sorolt tevékenységek alacsonyabb kockázati faktoral rendelkeznek, de jellegük miatt sokfelé előfordulhatnak az országban, így az ilyen jellegű veszélyekkel a statikus fenyegetettségétől függetlenül minden közigazgatási területnek számolni és tervezni kell.

A IV. tervezési kategóriát külön veszélyhelyzet-típusokra lehet bontani. Ezek a sugárforrással előidézett veszélyhelyzetek, a szállítási balesetek, a súlyos besugárzások hatásai és a szándékosan előidézett veszélyhelyzet (terror-tevékenység) lehetnek.

### V. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Az I. és II. tervezési kategóriába sorolt környező országok létesítményeinek nukleáris vagy radioaktív balesetei révén a reálisan valószínűsíthető magyarországi területeken élelmiszerek korlátozási zónáját szükségessé tevő események tartoznak ebbe a kategóriába. A nukleáris vagy radioaktív balesetek okozta hatások minden esetben zónaátfedésekkel értelmezendők, amelynek értelmében az egyik zóna hatótávján belül érvényesül a nagyobb hatókörű zóna-következmény hatása is. [50]

*19. táblázat: Magyarországot veszélyeztető létesítmények és tevékenységek besorolása,*

*forrás: Iparbiztonságtan I. 516-517. oldal [1]*

<b>I. kategória</b>
Paksi Atomerőmű
<b>II. kategória</b>
A Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója (KKÁT)
Budapesti Kutatóreaktor
Izotópintézet Kft.
<b>III. kategória</b>
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor
Püspökszilágyi Radioaktív Hulladékfeldolgozó és Tároló Telep (RHFT) Nemzeti Radioaktív Hulladéktároló, Bábaapáti
<b>V. kategória</b>
Bohunice Atomerőmű
Mohovce Atomerőmű
Krsko Atomerőmű
Dukovany Atomerőmű
Temelin Atomerőmű

### 3.4. Nukleáris veszélyhelyzeti osztályok bemutatása

A hatékony beavatkozások kivitelezése érdekében szükséges, hogy a megfelelő műveletek adott sorrendben legyenek végrehajtva annak érdekében, hogy optimálisan enyhítsék vagy hárítsák el a veszélyhelyzet következményeit, továbbá a kialakult esemény súlyosságának függvényében ellássák a lakosság védelmét és a megszabott további óvintézkedéseket. [1] Ezen elven alapul a védelem optimalizálását célzó veszélyhelyzeti osztályba sorolás. Az adott osztályba sorolt beavatkozások hatékony kivitelezése érdekében a meghatározott intézkedéseket késedelem nélkül, folyamatos koordináció mellett kell megvalósítani. [44] A veszélyhelyzetekhez különböző óvintézkedési eljárások tartoznak, melyek kötelező érvényességűek és a tervezési kategóriák, valamint az alábbi osztályba sorolás alapján lefednek egy, ezen biztonsági szempontok alapján meghatározott területet. [1]

Magyarországon a veszélyhelyzeti osztályba sorolás a létesítmények és tevékenységük tükrében a következőképpen összegezhető: [1]

3.táblázat: Veszélyhelyzeti osztályok a tevékenységekhez viszonyítva, forrás: Iparbiztonságtan I. 519. oldal [1]

Veszélyhelyzeti osztály	Létesítmény, tevékenység
Általános veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű
Helyi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópinintézet Kft., radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek
Létesítményi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópinintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokat alkalmazó létesítmények
Potenciális veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópinintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek

A veszélyhelyzeti osztályokat társítva a tervezési kategóriákhoz látható, hogy az I. és II. kategóriába sorolt létesítményeknél minden osztály eseményjellege bekövetkezhet, ugyanakkor a III. tervezési kategóriánál meghatározott létesítményeknél a veszélyesség jellegének megfelelően már csak a létesítményi és a potenciális veszélyhelyzet jöhet relevánsan számításba. [1]

Ugyanígy másként kerül megállapításra egy IV. kategóriába sorolt esemény is, mivel nem létesítményhez kötött, itt nem értelmezhető a létesítményi veszélyhelyzet, viszont egyedileg a sürgős óvintézkedések eljárásainak bevezetése megvalósulhat.

Az V. kategóriába sorolt létesítményeknél, a külföldön bekövetkezett I. és II. tervezési kategóriába sorolt létesítményi események által az adott területen az élelmiszerekre vonatkozó óvintézkedési protokollokat indokolt bevezetni, amennyiben az esemény jellege eléri az általános veszélyhelyzetre vonatkozó korlátokat. [50]

### Potenciális károsító hatások

A veszélyhelyzetek kapcsán fellépő károsító hatások részletezése a nukleáris veszélyhelyzetek osztályozásához elengedhetetlen. Az ionizáló sugárzás hatásain felül előfordulhatnak nem sugárzáshoz kötött egészségkárosító hatások is, továbbá befolyással lehet a környezetre és gazdaságra egyaránt. [38] Ezek bekövetkezéseik és kifejtett hatóidejük alapján eltérőek lehetnek, ugyanakkor általános ismervük, hogy egyidőben jelentkeznek és ha nem is érvényesül azonnal minden negatív jellemzőjük, de egymás hatáskövetkezményeinek katalizátorai lehetnek. Egy veszélyhelyzeti esemény kapcsán a kiterjedés nagyságának mértéke adja a radiológiai vonatkozású egészségügyi, környezeti és gazdasági következményeket. [1]

4.táblázat: Veszélyhelyzeti potenciális károsító hatások, forrás: Iparbiztonságtan I. 520. oldal [1]

Veszélyhelyzeti osztály	Létesítmény, tevékenység	Következmények	Kiterjedés
Általános veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű	determinisztikus; sztochasztikus; nem-radiológiai; gazdasági; környezeti.	általánosan nagy kiterjedés; több 10 – 100 km.
Helyi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegett Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek	determinisztikus; sztochasztikus; nem-radiológiai; gazdasági; környezeti.	telephely; telephelyen kívül néhány 100m – néhány km.
Létesítményi veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegett Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokat alkalmazó létesítmények	determinisztikus; sztochasztikus; nem-radiológiai; gazdasági.	létesítményen belüli.
Potenciális veszélyhelyzet	Paksi Atomerőmű, Kiegett Kazetták Átmeneti Tárolója, Budapesti Kutatóreaktor, Izotópintézet Kft., Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Oktatóreaktor; nagyaktivitású radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek	nem-radiológiai; gazdasági.	létesítményen belüli; a tevékenység szűk körzetében.

### 3.5. A veszélyhelyzeti óvintézkedések vizsgálata

Egy üzem telephelyének a létesítmény saját üzemeltetése által ellenőrzött és körülvett biztonsági terület minősül. Olyan esetekben, amikor ellenőrizetlen területen vagy szállítás közben alakul ki veszélyhelyzet, nem beszélhetünk előre meghatározott kontrollált területről vagy telephelyről. [44] Ilyenkor a sugárforrás tulajdonságai és a környezeti tényezők alapján kerül kijelölésre a biztonsági és műveleti terület.

Az I. és II. veszélyhelyzeti tervezési kategóriába sorolt létesítmények esetében, ha jelentős veszélyhelyzet következik be, a beavatkozások biztonsági tervezését befolyásolja a létesítménytől való távolság és az esemény kiindulópontja. [50]

Megelőző óvintézkedések zónája (MÓZ):

Az I. tervezési kategóriába sorolt létesítmények esetében az általános veszélyhelyzet megállapítása azonnali intézkedések végrehajtását követeli meg, melyek a hozzá tartozó előre kijelölt körzeten belül kerülnek alkalmazásra. A sugárforrások tulajdonságai és a potenciálisan kialakuló veszélyhelyzetek függvényében lettek megtervezve a sürgősségi intézkedések, melyek célja, hogy közvetlenül a kibocsátás során vagy röviddel azt követően a súlyos determinisztikus hatások megelőzésre, a sztochasztikus hatások kialakulása pedig minimalizálásra kerüljenek. [1]

Sürgős óvintézkedések zónája (SÓZ):

Az I. és II. tervezési kategóriába sorolt létesítményekre vonatkozó előre meghatározott sürgős óvintézkedések végrehajtására vonatkozó intézkedések az adott területen. Olyan azonnali intézkedések végrehajtásáról van szó, melyek a jogszabályok által meghatározott kibocsátásra vonatkozó dóziskorlátok elérésének megakadályozására irányulnak a lakosság és a környezete sugárterhelés-védelme érdekében, figyelembe véve az üzemállapotok ide vonatkozó releváns sajátosságait és a környezetmonitorozás által kapott eredményeket. A nukleáris veszélyhelyzet során olyan intézkedéseket kell végrehajtani, mint pl.: elzárkóztatás, jódprofilaxis és kimenekítés. [1]

Élelmiszer-fogyasztási korlátozások óvintézkedési zónája (ÉÓZ):

A veszélyhelyzetet előidéző esemény kiterjedésétől és mértékétől függően indokoltá válhat a mezőgazdasági termelések és élelmiszerfeldolgozó üzemek tevékenységének szabályozott működtetése, ami magával hozhatja az egyes területeken termelt élelmiszerfogyasztás korlátozását is. A korlátozások és szabályozások konkrét célja, az adott területen élő lakosság inkorporációjának megakadályozása, ami zónakiterjedés nagy mértéke miatt akár a lakosság áttelepítését is vonhatja magával. [1] A zónakijelölés tervezési kategóriákhoz rendelt ismérvei alapján látható, hogy a III. és IV. tervezési kategóriába sorolt létesítmények esetében nem szükséges a megelőző- és sürgős óvintézkedési zónák meghatározása, mivel ezek esetében a két zóna határvonalát általában olyan természetes határok alkotják (pl.: utak, folyók, hegyvonulatok), melyek a helyszínen, az operatív intézkedések során kerülnek egyértelműen beazonosításra. [50] A kibocsátás mértékének elemzésével kapott eredmények szolgáltatnak alapot az óvintézkedési zónák méretének meghatározásához, továbbá a potenciális károsító hatások befolyásolják az egyes zónákban a specifikált óvintézkedések bevezetését. [51]

*A zónák kiterjedése*

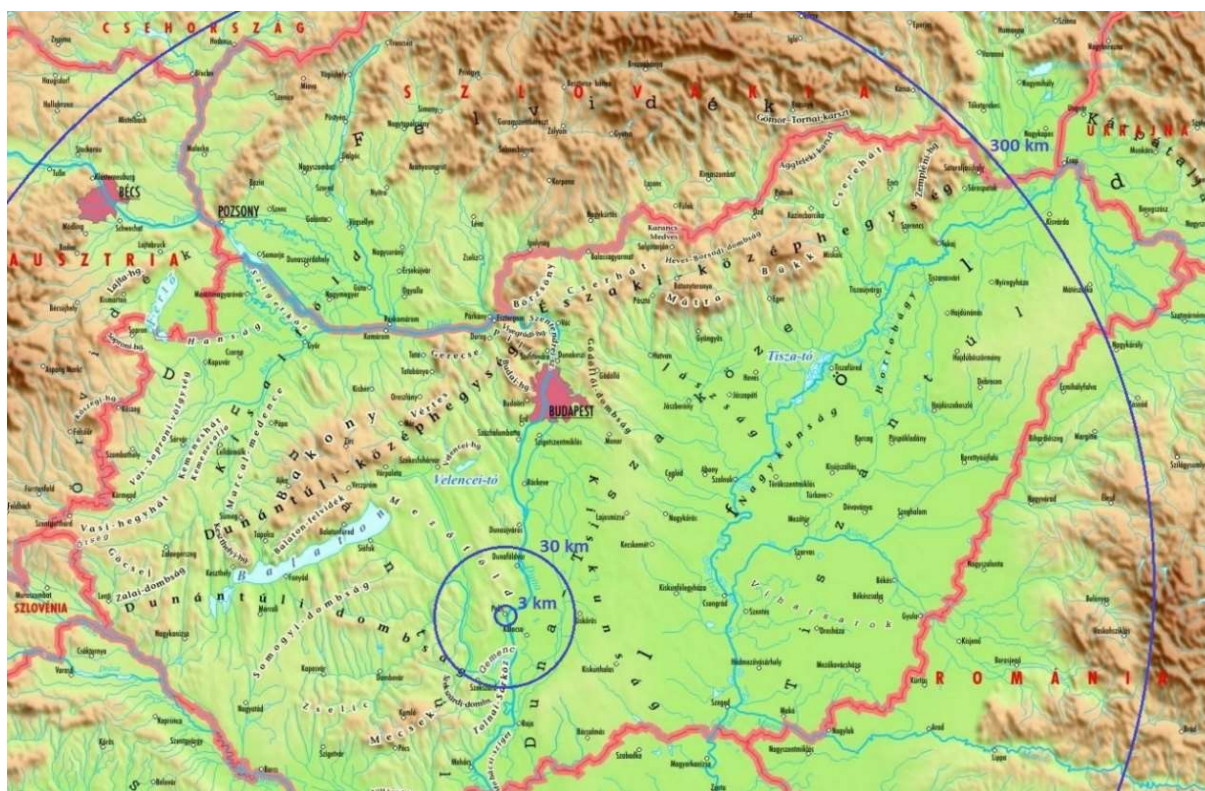
Az óvintézkedési zónák kiterjedése egy nukleáris veszélyhelyzet kapcsán az egyes létesítmények potenciális hatásainak területi lefedettségéhez igazodik. [44] Ez azt jelenti, hogy ha veszünk egy I. vagy II. tervezési kategóriába sorolt külföldi nukleáris létesítményt, amelyet a magyarországi besorolás az V. kategóriába sorol, annak potenciális veszélyeztető faktorai miatt élelmiszer korlátozási óvintézkedések bevezetését teheti szükségessé hazai területeken. [52] Ezzel szemben a IV. tervezési kategóriába sorolt tevékenységek nukleáris veszélyeztető hatásai és az azokra történő reagálás lemodellezhető ugyan a potenciális károsító hatások kezelésére és megfékezésére szolgáló helyzetvariációk meghatározásával, azonban konkrét kiterjedés megállapítására az aktuálisan érintett terület ismeretlen tényezői miatt nem lehetséges. [44]

2.táblázat: Veszélyhelyzeti zónahatárok a tervezési kategóriába sorolt létesítményeknél,

forrás: Iparbiztonságtan I. 523. oldal [1]

	MÓZ	SÓZ	ÉÓZ
<b>I. VTK</b>			
Paksi Atomerőmű	3 km	30 km	300 km
<b>II. VTK</b>			
KKÁT	-	-	3 km
Budapesti Kutatóreaktor	-	KFKI telephely	1 km
Izotópintézet Kft.	-	KFKI telephely	1 km
<b>III. VTK</b>			
BME Oktatóreaktor	-	-	-
Radioaktív Hulladékfeldolgozó és Tároló Telep, Püspökszilágyi	-	-	3 km
Nemzeti Radioaktív Hulladéktároló, Bataapáti	-	-	3 km
<b>V. VTK</b>			
Bohunice	3 km	30 km	300 km
Mohovce	3 km	30 km	300 km
Krsko	3 km	30 km	300 km
Dukovany	3 km	30 km	300 km
Temelin	3 km	30 km	300 km

A fenti táblázatból látható, hogy Magyarország területén csak a Paksi Atomerőmű körül van kijelölve megelőző óvintézkedési zóna. A külföldi atomerőművek megelőző- és sürgős óvintézkedési zónái kívül esnek hazánk területén, ugyanakkor a külföldi erőművek által határolt élelmiszer-fogyasztási korlátozások zónája több rétegben is lefedi hazánk területének egyes részeit. [52]

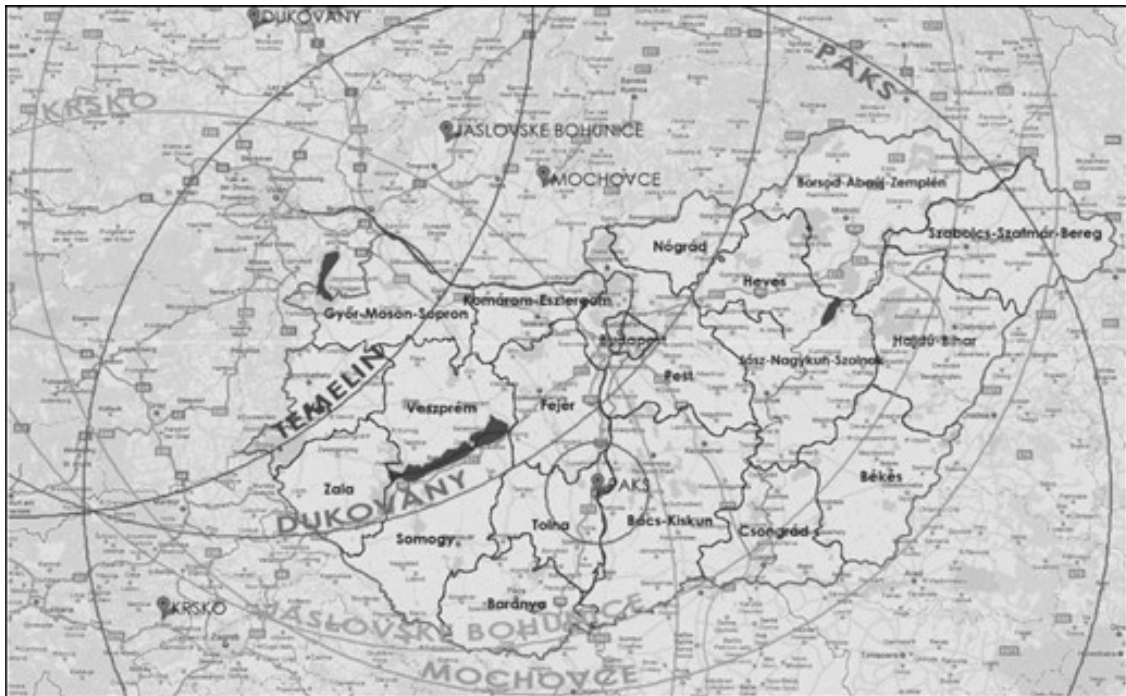


4.ábra: A Paksi Atomerőmű veszélyhelyzeti zónahatárai (szerző által szerkesztve),

forrás: <http://oterkep.blogspot.com/2008/04/magyarorszag-domborzati-trkp.html>

A sürgős óvintézkedések zónája magyarországi viszonylatban szintén a Paksi Atomerőmű vonatkozásában releváns, hiszen annak 30 kilométeres körzetében van kijelölve. A Budapesti Kutatóreaktort magába foglaló Központi Fizikai Kutatóintézet (KFKI) telephelyének tekintetében is beszélhetünk ilyen zónameghatározásról, azonban itt a telephely saját területe határolja azt körül. Ahogy a külföldi atomerőművek tekintetében az élelmiszer-fogyasztási zóna kiterjed hazánk területére, úgy a Paksi Atomerőmű üzemállapotainak kritikus változása is hatással van Magyarország és a területileg releváns országok területeinek biztonságára egyaránt. [1]

A Paksi Atomerőmű veszélyhelyzete által életbe léptetett élelmiszer-fogyasztási korlátozás gyakorlatilag lefedi hazánk teljes területét. [48] A korlátozás hosszútávú fenntartása révén a lakosság ugyan elkerüli az inkorporáció veszélyét, azonban tervezett alternatív ellátási rendszer kiépítésének szükségességét hozza magával, továbbá szervezni kell, hogy a fellépő gazdasági és környezeti válság ne vezessen társadalmi összeomláshoz. [52] A szabályozások és korlátozások működtetésének egyik legfontosabb aspektusa a védelem-elhárítási intézkedések alapos megtervezése és a folyamatos sugárzás-monitorozás. [50]



5.ábra: Veszélyhelyzeti zónahatárok a tervezési kategóriába sorolt létesítményeknél,  
forrás: Iparbiztonságtan I. 525. oldal [1]

### 3.6. A magyarországi nukleárisbaleset-elhárítási feladatok ellátási rendszerének bemutatása

#### 3.6.1. Országos Nukleárisbaleset-elhárítási rendszer

Magyarországon Országos Nukleárisbaleset-elhárítási rendszer (továbbiakban: ONER) működik, melynek feladata a veszélyhelyzet elhárítása és a következmények enyhítésére szolgáló intézkedések végrehajtása a lakosság védelme érdekében.

A lakosság nem tervezett, rendkívüli sugárterhelésének elhárítása és a következmény csökkentés hatékonysága érdekében átfogó intézkedések kerülnek bevezetésre, melyek összehangolása kormány szintű feladat. Ezt a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény, valamint az annak végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) Kormányrendelet szabályoz.

A jogszabályok tükrében került kialakításra az *ONER felépítéséről és feladatairól rendelkező 167/2010. (V. 11.) Kormányrendelet*.

Az ONER minőségi, szintekre tagolt működése besorolásra került egyes működési állapotokba, amelyek meghatározzák az egyes feladatok elvégzésének szükségességét és az eseménykezelési protokollokat. [53]

A négy működési szint a következő:

- Normál működési állapot;
- Készenléti működési állapot;
- Veszélyhelyzeti működési állapot;
- Helyreállítási működési állapot.

Normál működési állapot

A riasztási rendszer általános működésének szintje, melynek során az országos sugárzási szint valós idejű monitorozása, továbbá radiológiai adatok gyűjtése és elemzése az alapvető feladat. Az elemzés során kiértékelésre kerülnek az adatok és ellenőrzik a működést biztosító rendszerek üzemképességét. [54]

Az ellenőrzések és kiértékelések eredményei alapján tartják napra készen a Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervet, valamint az érintett szervezetek az abban foglaltaknak megfelelően végeznek félkészülési gyakorlatokat az esetleges helyzetspecifikus eseményekre. [51]

Készenléti működési állapot

A normál működési eljárásokon és tevékenységen felül egy esemény hatására sugárvédelmi tevékenységet igénylő feladatok végrehajtása is szükségessé válik, melyhez lakossági tájékoztatás is társul, azonban az esemény súlyossága még nem éri el a veszélyhelyzeti működési állapotot meghatározó küszöbszintet, ugyanakkor számolni kell a radioaktív kibocsátás közvetlen veszélyével. Ennek bekövetkezése történhet a hazai nukleáris és sugárzó anyagot tároló létesítményekben vagy releváns lehet azon külföldi nukleáris létesítmények tekintetében, melyeknél Magyarország területe a 300 km-es óvintézkedési zónán belül helyezkedik el.

Az állapot és annak eljárásai abban az esetben lépnek életbe, ha olyan káresemény történik, melynél a környezeti sugárterhelés megnövekedése várható vagy az Országos Sugárfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszer (továbbiakban: OSJER) mérőállomásairól riasztási jelzés érkezik a meghatározott szintek függvényében. [53]

Veszélyhelyzeti működési állapot

Ebben az állapotban a nukleáris veszélyhelyzetet előidéző rendkívüli esemény következményit szükséges felmérni, csökkenteni és a lehető legrövidebb időn belül felszámolni. Ezen felül konkrét lakosságvédelmi óvintézkedésének bevezetésére kerül sor, amíg a nem tervezett sugárterhelést előidéző esemény kezelése eredményesen meg nem valósul.

A külföldi nukleáris balesetekből adódó hazai sugárveszélyt előidéző vagy radiológiai következményekkel járó események esetén meghatározásra kerülnek a szükséges mértékű óvintézkedések. [53]

Helyreállítási működési állapot

Ezen működési állapot feladata, hogy minden szükséges eszközzel és eljárással elő segítse, hogy a biztonságos működési állapot feltételei megvalósuljanak visszaállva a normál működési állapotra és visszatérve annak feladatvégrehajtásaihoz. Minden olyan intézkedés, folyamat és tevékenység, amely ezt támogatja és megvalósítja, az a helyreállítás szerves részeként kezelendő. [53]

### **3.6.2. Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer**

A rendszer olyan kihelyezett folyamatosan működő sugármérő műszerekkel ellátott, automatikus adattovábbítással rendelkező állomások összessége, mely előre beállított riasztási szintjeivel és információival alapozzák meg az ONER működési állapotait. [53] A katasztrófavédelmi központi szerv Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központjának (továbbiakban: NBIÉK) nyomon követett értékeléseire, valamint az atomenergia alkalmazójánál működő mérőhelyek mérési adataira alapozva végzi a rendszer a közreműködő szervek tájékoztatását. Minden érzékelt figyelmeztetés vagy riasztás esetén a rendszer hitelességvizsgálatot végez az esetleges kiváltó okok meghatározásával. [51] Ezen esemény-állapot jelentések kerülnek aztán továbbításra az ONER-t működtető vezetőknek kiértékelésre. A lakosság nukleárisbaleset-elhárítással kapcsolatos tájékoztatását, az országos korai előrejelzés központi feladatmeghatározását, valamint a nemzetközi radiológiai adatcsere rendszer működtetését az NBIÉK végzi. Részt vesz továbbá a valós idejű döntés-előkészítő tevékenységek támogatásában és a lehetséges terjedési útvonalak kalkulálásában is. [53]

### **3.6.3. Nukleárisbaleset-elhárítási döntéstámogató rendszer**

A kialakult nukleáris veszélyhelyzetben a hatékony operatív beavatkozás kritikus feltétele, hogy az egyes szituációk felmérése és értékelése megfelelő időn belül és pontosan megtörténjen, amely információk aztán a döntéstámogató rendszeren keresztül jelentős segítséget nyújtanak a hatékony kárelhárításban. A beérkezett információk ugyan nagyban segítik a hatékony döntésmeghozatalt, ugyanakkor a feladatok sokrétűsége miatt indokolt, hogy ne egy személyi felelőse legyen a kialakult veszélyhelyzetnek, hanem a meglévő információk alapján az intézkedési feladatokat és azok sorrendjét egy kompetens csapat határozza meg. A döntéstámogató rendszernek mind normál, mind pedig veszélyhelyzeti időszakban jelentősége van, hiszen a hiteles tájékoztatás és folyamatos sugárzási helyzetértékelés olyan mindenkori feladat, melynél folyamatos optimális működés és szakszerű működtetés biztonsági alapkövetelmény, aminek teljesülnie kell. [1]

Az NBIÉK-ben, a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság által üzemeltetett RODOS rendszere hivatott szavatolni ezen rendszerkövetelményeknek a megfelelést. A kifejezés egy mozaikszó, mely a Realtime, Online, Decision Support System teljes elnevezésből származik. Ez a valós idejű, online döntéstámogató rendszer az Európai Unió támogatásával kerül kifejlesztésre. A rendszer célja, hogy a rendszert használó országok regionális együttműködéssel és pontos határon túli terjedési megjelenítéssel támogatott egységes kárelhárítási és veszélyhelyzet kezelési együttműködést tegyen lehetővé. Bármely európai ország területén keletkezett balesetmodellezés nemcsak hatáselemzést végez, de ugyanakkor prioritizált sorrendű óvintézkedési eljárásokat is javasol, melyekkel a kialakult helyzet függvényében csökkenthetőek a károsító hatások. [53]

### **3.6.4. Nemzetközi radiológiai adatcsere rendszer**

Az Európai Radiológiai Adatcsere Platform (továbbiakban: EURDEP) keretein belül a helyhez kötött sugármérő állomások folyamatos sugármérési adattovábbításban vesznek részt, hogy bármely potenciális következményekkel járó baleset során hatékonyabb kezelést és kárelhárítást valósítson meg. A platform célja, hogy elősegítse a benne részt vevő országok ionizáló sugárzással kapcsolatos adatcserejét, egységes információbázist hozva létre. Az Európai Unión belül minden ország kötelező jelleggel adatszolgáltatást nyújt a rendszerhez, azonban lehetőség van más országok csatlakozására is. [51]



### 3.7. A Paksi Atomerőmű nukleáris baleset-elhárítási rendszerének ismertetése

Az atomerőmű biztonságfilozófiája szervesen kapcsolódik az országos védelmi tervezéshez, valamint a nemzetközi operatív beavatkozási eljárások honosításával és a helyi specifikumokra történt fejlesztésekkel teljesskörű védelmet biztosít a nukleáris veszélyhelyzetekkel szemben. [50]

Annak érdekében, hogy a magyarországi nukleáris létesítmények biztonsága teljes lefedettségében szavatolható legyen, olyan elsődleges irányelvek kidolgozása vált szükségessé, megalapozott védelmi funkciókat megvalósítva, amik minden lehetséges módon lefedik a létesítmények által potenciálisan kiváltott veszélyhelyzetek kezelésének spektrumát. [44] A környezeti és egészségügyi hatástanulmányok, valamint a már meglévő nukleáris és technológia felhasználási tapasztalatai alapozzák meg a szükséges szempontokat a szakszerű irányelvek és eljárásrendek kidolgozásához. Ezen ismeretek felhasználásával jönnek létre az olyan intézményi sajátosságokra specializált nukleárisbaleset-elhárítási rendszerek, mint amilyen a Paksi Atomerőmű balesetelhárítási rendszere is, amely alapos kidolgozottsága révén biztosítja a védelem széles körű és hatékony lefedettségét a szükségesség mértékének megfelelően. [50]

A Paksi Atomerőmű védekezési stratégiája összhangban van az országos nukleáris védekezési eljárásokkal és megfelel a nemzetközi követelmények rendszerének egy olyan speciálisan továbbfejlesztett szinten működtetve, amely nemcsak elméletben állja meg a helyét, de gyakorlatban is többszörösen kipróbált. A tevékenységét végrehajtó személyzet pedig folytonos fejlesztések megvalósításán dolgozik annak minőségi ellenőrzésével párhuzamosan. Ennek a stratégiai elvnek köszönhetően a tényleges biztonság napról napra növekszik. A nukleáris biztonsági stratégia és a védelmi tervezés kiemelkedően fontos szempontja, hogy az operatív elhárításban részt vevő személyzet a lehető legalaposabb felkészülésben részesüljön és az ok-okozati összefüggések az irányítóktól a beosztottak szintjéig mindenki számára világos legyen a következmények hatásaival együtt. Annak érdekében, hogy ez biztonsággal teljesüljön, átfogó nukleáris ismeretekre van szükség, valamint a beavatkozók készség szintű szakterületismeretére. Ezek összessége képes lefedni a minden releváns biztonsági kockázatot jelentő területet. Minden egyes országos vagy lokális besorolást és intézkedést jelentő nukleárisbaleset-elhárítási szint szervesen kapcsolódik egymáshoz, így értelemszerűen a Paksi Atomerőmű rendszerei is ezekhez a sémákhoz idomulnak. [50] A nukleárisbaleset-elhárítás fontos aspektusa az operatív beavatkozók egészségének védelme. Ezért az erőműben a műszaki és technológiai elhárítási megoldásokon felül komoly hangsúlyt fektettek az egészségvédelemre és annak kezelésére, hiszen az ellátásnak helyzetspecifikusan a lehető legmegfelelőbbnek kell lennie, hogy megelőzhetőek legyenek a káreset-hatások szövődményei és elkerülhető az indokolatlan veszélyeztetés. [10]

A Paksi Atomerőmű Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Tervvel rendelkezik (továbbiakban: ÁVIT), amely magában foglalja azokat a szabályzókat és biztonsági intézkedéseket, mint amilyenek a magyarországi jogszabályoknak való megfelelés, a nemzetközi elvárások hatósági előírásainak és a megelőző tapasztalatok által feltárt fejlesztések lehetőségeinek összessége. A tervezéshez szükséges volt meghatározni az üzembiztonságot érintő nukleáris és radiológiai veszélyhelyzetek eseménycsoportjait a lehetséges következményekkel együtt, továbbá a felszámoláshoz tartozó erő és eszközigényeket az optimális helyzetkezeléshez. [44] Ahogyan a nemzetközi ajánlásokban is szerepel, a balesetelhárításban részt vevő szervezeteknek és tagjaiknak ismerniük kell az alkalmazandó veszélyhelyzeti eljárások ok-okozati összefüggéseit, valamint munkájukat a lehető legrészletesebben átgondolt és hatékonyság orientált végrehajtási struktúra szerint végezzék el.

Ez azt jelenti, hogy a lehetséges nukleáris biztonságot fenyegető eseményekre indokolt a megelőzési, elhárítási és helyreállítási terv elkészítése, amit aztán a beavatkozó szervezetek készség szinten megismernek és begyakorolnak. A beavatkozó szervezetek egységein felül fontos, hogy az üzemi személyzet is tisztában legyen az egyes eljárások fontosságával és végrehajtási módszereivel, hiszen ezzel növelhető a biztonságos és hatékony beavatkozás az egyes veszélyhelyzetek kapcsán. Amennyiben az eseménykezelés specifikus lépéseit lokális szinten nem is tudja elősegíteni, de ilyen esetekben bizonyosan nem is fogja hátráltatni annak megvalósulását, és önmagát sem sodorja további indokolatlan veszélybe a kialakult helyzetkezelésből adódó potenciális információhiány miatt. [55]

Ennek azért van relevanciája, mert a sugárveszélyes munkakörben dolgozók védelme érdekében, figyelembe véve a gazdasági és társadalmi szempontokat, amúgy is olyan munka- és sugárvédelmi szabályozók lettek megalkotva, melyek értelmében a foglalkoztatottak sugárterhelése az észszerűen megvalósítható legalacsonyabb szinten van tartva. Ezt nevezzük **ALARA** elvnek. [50]

Beavatkozási szempontból az ALARA elv figyelembevételével az ÁVIT a következő célokat határozza meg:[10]

- a veszélyhelyzet során a beavatkozási eljárások révén visszaszerezni az uralmat az kialakult kontrollálatlan események felett;
- következmény enyhítés és további veszélyhelyzetek megelőzése;
- determinisztikus hatások kialakulásának megelőzése és elkerülése;
- elsősegélyre szorulókat ellátása, kiemelt figyelemmel a sugársérültek kezelésére;
- a sztochasztikus hatások minimalizálása;
- környezet és anyagi javak védelme releváns mértékben a kialakult nukleáris veszélyhelyzet és az esemény utókezelésének függvényében;
- hiteles és folytonos lakosságtájékoztatás; [56]
- eseményfelszámolás utáni helyreállítási feladatok szervezése.

A fenti célok teljesülésének figyelembevételével meghatározásra kerültek a tervezési kategóriáknak megfelelő veszélyhelyzetek és ennek eredményeként készült el a veszélyhelyzeti osztályba sorolás is. A tervezés nemcsak a nukleáris vagy radiológiai események kezelésére és megelőzésére tér ki, de magában foglalja a nem sugárzáshoz kapcsolódó rendkívüli helyzetek kezelésével és felszámolásával kapcsolatos feladatokat is.

Minden intézkedés szervesen kapcsolódik a specifikus eseményhez és annak aktuális állapotához, annak függvényében, hogy milyen következményekkel kell számolni a keletkezési esemény azonnali beavatkozása során és milyen hosszútávú hatások fognak érvényesülni. [54]

### **3.7.1. Veszélyhelyzet tervezés atomerőművi vonatkozásai**

Az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv által meghatározott veszélyhelyzeti tervezési kategóriák közül a nukleáris létesítmények kockázatait tekintve a Paksi Atomerőműben az I., a III. és a IV. kategória számít a tervezési alapokhoz, mivel az üzemeltetés, valamint a nukleáris és radioaktív anyagokkal végzett tevékenységek minősülnek releváns veszélyforrásoknak. [29] A veszélyhelyzeti tervezés az atomerőmű tekintetében azt jelenti, hogy az kiterjed az üzembiztonságot jelentősen befolyásoló eseményekre, legfőképp a nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzetekre. [51]

Az egyes veszélyhelyzetekben a védekezési és elhárítási feladatok végrehajtásának definiálásához a várható következmények csoportosításával meghatározhatóak a szükséges erő-eszköz igények. [50]

Az I. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

Az atomerőmű blokkjai és azok üzemeltetésének fő- és segédrendszerei, továbbá a fűtőelemek telephelyen belüli transzport folyamatai és a pihentető medence tárolási procedúrái számítanak ebbe a kategóriába.

A III. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

A veszélyes sugárforrások tárolásához és alkalmazásához kötődő tevékenységek miatt sorolandó ebbe a kategóriába. Ezen nukleáris és radioaktív anyagok illetve azokat tartalmazó készítmények, műszerek és berendezések pontos nyilvántartásba kerültek az OAH által, valamint ezek a sugárvédelemért felelős szervezet jóváhagyásával használhatók fel, csak a meghatározott mennyiségben. [36]

Az ellenőrzött anyagok a Metrológiai laboratóriumban és a Központi Izotóptárolóban vannak elhelyezve, melyek szállítására és kezelésére külön speciális biztonsági szabályok lettek optimalizálva. A kategóriába tartozó atomerőművi anyagok a következők:

- Cézium-137 (CS-137);
- Amerícium-241/Berillium (Am-241/Be);
- Plutónium 239 (Pu-239).

A IV. veszélyhelyzeti tervezési kategória:

E veszélyhelyzeti kategóriában akkor tartoznak az egyes események, ha a telephelyen belül olyan veszélyhelyzetet okozó esemény alakul ki, ami miatt a sürgős óvintézkedések zónájára jellemző intézkedések elrendelése válik szükségessé. Ilyen tevékenységek lehetnek a friss vagy kiégett üzemanyagok szállításával, valamint mobil sugárforrásokkal kapcsolatos események.[44]

#### *Veszélyhelyzeti osztályozás*

A létesítmények telephelyének elhelyezkedését és radiológiai jellemzőit figyelembe véve a bekövetkezett eseményeket veszélyhelyzeti osztályokba szükséges sorolni, melynek alapjául a blokkok állapota és az erőmű fizikai védelmi helyzete adják.

A nukleárisbaleset-elhárítás veszélyhelyzeti osztályba sorolása szorosan kapcsolódik a tervezési kategóriák alapján meghatározott elvekhez, egyedileg specifikálva az adott létesítmény környezetére és veszélyforrásaira. Ennek megfelelően az atomerőmű veszélyhelyzeti osztályozása követi ezeket a meghatározásokat és az alapul vett kidolgozások bővítésével növeli a biztonságos üzemeltetést és a működési normál állapot fenntartását. [44]

Amennyiben egy esemény annak jellege alapján megköveteli, azt az ÁVIT-ban foglaltak szerint kell egy-egy veszélyhelyzeti osztályokba besorolni. A kategorizálás alapján egyértelműen látható, hogy a kiváltó esemény függvényében melyik előre meghatározott konkrét elhárítási intézkedési tervet szükséges megvalósítani a kárelhárítás optimális felszámolása érdekében. Ennek a specifikált besorolási elvnek a lényege, hogy a legmagasabb releváns veszélyhelyzet feltételezésével kell megkezdeni a konkrét időrendbe szedett végrehajtási lépéseket, továbbá amennyiben egyszerre több blokkot érintő veszély lép fel, akkor az összegzett adatok alapján a legmagasabb osztályba sorolási protokollt kell követni.

Az ÁVIT értelmében az osztályba sorolást a kialakult esemény függvényében negyed óránként kötelező felülvizsgálni, valamint radiológiai és technológiai helyzetváltozást követően megismételni. A veszélyhelyzeti osztályba sorolás során a műszerek állapotértékeinek érdemi ismerete az egyes események kialakulása során nem elegendő információforrás. [36] Ahhoz, hogy az esemény megfelelő besorolást kapjon, melyhez hatékony beavatkozási eljárás társul, több párhuzamosan működő támogatórendszer is szükséges.

A rendszerek egyedi eredményei adnak támpontot a kezelőszemélyzet számára a szükséges veszélyhelyzeti osztályokhoz tartozó intézkedési tervek életbe léptetéséhez. Ilyen rendszerek az ún.: Baleseti Veszélyhelyzet Felismerő Rendszer (továbbiakban: BVFR) jelzései valamint a Súlyos Baleseti Mérőrendszer (továbbiakban: SBM) adatai melyek a veszélyhelyzeti osztályba sorolási Kritikus Biztonsági Funkció Monitorozó Rendszer (továbbiakban: KBFMR) érdemi működéséhez szolgáltatnak információt. [50]

Az atomerőmű négy megkülönböztetett veszélyhelyzeti osztálya a legalacsonyabbtól a legmagasabb szintűig a következő: [44]

- potenciális veszélyhelyzet;
- létesítményi veszélyhelyzet;
- helyi veszélyhelyzet;
- általános veszélyhelyzet.

A veszélyhelyzeti eseményeket kiváltó okok és az erőmű állapota által behatárolt paraméterek egyaránt fontosak az osztályozáshoz. Ilyenek a technológiai állapot, a sugárzási helyzet, illetve olyan fizikai védelmi események (például: tűz, természeti vagy egyéb események), melyek biztonsági szempontból jelentőséggel bírnak az eseménykezelési eljárásokkal kapcsolatban. [44]

#### Az Ügyeletes Mérnök

Az Ügyeletes Mérnök az atomerőműben folyó energiatermelés normál üzemállapotú irányításával megbízott személye, aki képes az üzemzavari szituációkban az elhárítási tevékenység irányítására az üzemzavari következmények minimalizálása mellett. Ismereteit tekintve képesnek kell lennie az általános és munkahelyi biztonságtechnikai, továbbá tűzvédelmi és sugárvédelmi szabályok, előírások alkalmazására. Felügyelnie kell a blokkok primer-, szekunder-, külső üzemi-, valamint a vegyszeti technológiai rendszereinek működését. Súlyos üzemzavari körülmények közt részt vesz a BESZ munkájában a kialakult veszélyhelyzet feladatköreinek függvényében. [10]

#### Potenciális veszélyhelyzet

A tervezési üzemzavarokra jellemző maximális kibocsátás mértékét esetenként megközelítő vagy meghaladó, de aktív zóna sérüléssel nem járó események során beszélünk potenciális veszélyhelyzetről, amelyre jellemző, hogy a létesítményben tartózkodók és a lakosság védelmét csökkentő eljárások kivitelezésére kerül sor.

A be nem következett zónasérülés ellenére léteznek potenciális veszélyforrások, melyeknél fennáll a nukleáris veszélyhelyzet kialakulásának lehetősége. A következőkkel lehet számolni: [31]

- hűtővíz ellátás veszélyeztetése;
- gőz- vagy tápvíz rendszerek meghibásodása;
- primerköri rendszerek meghibásodása;
- SÓZ intézkedések bevezetését indokló, ártó szándékú cselekmény.

### Létesítményi veszélyhelyzet

A Helyi- vagy Általános veszélyhelyzet mértékét át nem lépő és a telephelyen kívüli környezetet nem veszélyeztető eseményeket soroljuk e kategóriába, melyek nem fejlődhetnek tovább olyan eseménnyé, amely a létesítmény telephelyének területén túlra terjedne. Ugyanakkor az atomerőmű területén tartózkodók védelmének jelentős csökkenése következik be olyan tüzesetek vagy üzemanyag-kezelési és szállítási balesetek által, melyek során a sugárforrások kontrollvesztése okozhat determinisztikus egészségügyi hatásokat az atomerőművön belül, de nem veszélyezteti a kritikus biztonsági rendszereket. [50]

### Helyi veszélyhelyzet

Ebbe az osztályba tartoznak azok az események, melyek nemcsak az atomerőmű telephelyén és területén, de annak közvetlen környezetében is lényeges védettségi szint-csökkenést eredményeznek. Ezen esetek alapján véve a következőkből eszkalálódhatnak:[31]

- az aktív hűtéssel ellátott kiegészítő fűtőelemek és radioaktív anyagok, illetve az aktív zóna védelmi szintjének jelentős mértékű csökkenése;
- létfontosságú és kritikus árnyékolatlanság elleni védelem jelentős mértékű elvesztése;
- olyan körülmények, melyek általános veszélyhelyzethez vezetnek;
- a sürgős beavatkozási értéket elérő telephelyen belüli vagy azon kívüli magas sugárzási szint;
- A SÓZ óvintézkedés szintjét megközelítő magas dózisteljesítmény a telephelyen kívül.

### Általános veszélyhelyzet

Általános veszélyhelyzetről beszélhetünk olyan rendkívüli események bekövetkezésekor, ahol tényleges, jelentős légköri kibocsátás történik és indokoltá válik a telephelyen kívüli sürgős óvintézkedések végrehajtása.

Az óvintézkedések bevezetésének forrásai a következők lehetnek: [10]

- zóna vagy kiegészítő fűtőelem jelentős mennyiségének sérülése;
- fizikai gát funkcióvesztéssel járó sérülése;
- kritikus biztonsági rendszerek olyan jellegű sérülése, ami kibocsátáshoz vagy súlyos árnyékolatlansághoz vezet.

Bármely kiváltó tényező esetében az óvintézkedések bevezetésével a MÓZ területére kiterjedően végre kell hajtani a kimenekítést és a vonatkozó létfontosságú intézkedéseket. [1] A nukleáris baleset-elhárítás összegzésében a veszélyhelyzeti tervezési kategóriákat, a veszélyhelyzeti osztályokat és az óvintézkedési zónákat az alábbi táblázat szerint rendeli egymáshoz az egyes intézkedések indokoltságának bevezetésével: [44]

5.táblázat: Veszélyhelyzeti tervezési kategóriák, az osztályok és a zónahatárok összerendelése,

forrás: Iparbiztonságtan I. 525. oldal [1]

Veszélyhelyzeti tervezési kategória	Veszélyhelyzeti osztályok				Óvintézkedési zónák		
	Potenciális	Létesítményi	Helyi	Általános	MÓZ	SÓZ	ÉÓZ
I.	X	X	X	X	X	X	X
III.	X	X	-	-	-	-	X
IV.	X	-	X	X	-	-	-

A Magyarországi Nukleáris Baleset-elhárítás keretrendszerében megfogalmazott irányelvek, amelyek a Paksi Atomerőmű biztonságpolitikájának szerves részét képezik a helyi sajátosságoknak megfelelően átültetve kerültek megvalósításra, olyan komplex rendszert alkotva, amelyek nemcsak párhuzamban állnak a követelményekkel és idomulnak az elvárásoknak, de konkrét eseményekre és veszélyhelyzet specifikációkra bontott eljárásrendekkel kerültek kidolgozásra. [49] Ezen gondolatmenet révén nemcsak általános irányelvek, de konkrét végrehajtási utasítások jöttek létre az egyes veszélyfaktorokat párosítva a végrehajtandó azonnali intézkedésekkel és a következmények nyomon követésével, a hatékony beavatkozás és elhárítás érdekében. [10]

A tervezési kategóriák besorolása így a veszélyhelyzeti osztályokba illesztve pontos feladatmeghatározásokat tartalmaznak, amit a BESZ állománya fel tud használni arra, hogy bármely veszélyeztető tényező esetén a helyes irányba indulva kezdhesse meg a tevékenységét. [44] Az alábbi táblázatok ezen működések és végrehajtások összerendelését mutatja meg, a releváns tevékenységi körökkel.

6.táblázat: ÁVIT készenléti működés meghatározása, forrás: ÁVIT Mellékletek 34. oldal [57]

Kezdeti esemény	Készenléti működés
Jelentősen felaktiválódott anyag kontroll alóli kikerülése	Sugárforrás hiány, elvesztés, ellopás
A szabad zóna sugárzási szintjének emelkedése	Udvartéren és meghatározott mérőállomásokon a dózisteljesítmény ismeretlen okból 500 nSv/h fölé emelkedik
Nem tervezett erőművi kibocsátás	Olyan emelt szintű kibocsátás, amelynél az 1-7 napra integrált kibocsátási határérték meghaladja a 0,3-at
Normál üzemállapotú működést befolyásoló, akadályozó természeti események	Szélsőséges időjárási események. Szélvihar, extrém hőmérsékletváltozás, árvíz, alacsony vízszint
Földrengés	A tervezési földrengés határértékét el nem érő mértékig

A táblázatban szereplő összefüggések a korábbi tervezés alapján lettek optimalizálva, azonban az empirikus tapasztalat azt mutatja, hogy külön részt érdemelnek bizonyos extrém időjárási viszonyok által kiváltott kiindulási és következmény adatok, mint amilyen az extrém jegesedés problémája. [44]

A technológiai állapotok között szerepel a hűtőközegvesztés és áramellátás hiány, de ugyanakkor külön kiemelendő, hogy ezeket extrém időjárási viszonyok is előidézhetik. Az egyes adott problémák révén a táblázat továbbfejlesztésére sor kerül a további fejezetekben, a témakörükbe tartozó hipotézisek alapján.

Az atomerőmű területén kialakult vagy előre látható potenciális veszélyhelyzet kapcsán a helyzetkezelés alapja, hogy a lehető legalaposabb információk begyűjtésével egyértelműen meghatározható legyen az esemény súlyossága. Az információ gyűjtés az érintett területektől, adott bloktól telefonon, az üzemi személyzettől személyesen vagy a számítógépes rendszerek alkalmazásával végezhető.

Az esemény pontos leírása után a dozimetriai szolgálat megállapítja, hogy az épületen belül vagy kívül történt-e kibocsátás és mennyiben változott a sugárzás mértéke az üzemi normát tekintve. A kialakult helyzet alapján értesítésre kerülnek az ügyeletes mérnök által az érintett szervek, azok hivatalos elérésén keresztül, mint amilyenek a fegyveres biztonsági őrsg, az atomerőmű tűzoltósága, továbbá a relevánsan illetékes egészségügyi szolgáltatók és szakszemélyek. [58]

### 3.7.2. Intézkedések végrehajtása a veszélyhelyzeti osztályok bontásában

20.táblázat, forrás: Iparbiztonság tankönyv és Az Országos Nukleárisbaleset-elhárításról szóló 167/2010. Korm. rendelet [53]

Veszélyhelyzeti Osztályok	
Általános veszélyhelyzet:	A sürgős óvintézkedési zóna azonnali bevezetését teszi indokolttá olyan nagy kiterjedési terület érintettsége esetén, ahol a radioaktív anyag kiszóródása vagy annak potenciálisan nagy fokú kockázata révén a sugárterhelés jelentős mértéknövekedése áll fenn. A kihirdetés révén az operatív intézkedéseket azonnal végre kell hajtani, és a területen lévőket haladéktalanul kimenekíteni, hogy a sztochasztikus és determinisztikus hatások megelőzhetőek legyenek.
Helyi veszélyhelyzet:	A veszélyhelyzet területén belül, az esemény következményei által a környezetben tartózkodók sugárterhelése nagymértékben megnövekedhet. Ennek elhárítására és csökkentésére azonnali intézkedéseket kell végrehajtani, valamint a lakosságvédelmi intézkedéseket is szüksége előkészíteni.
Létesítményi veszélyhelyzet:	Az adott nukleáris vagy radioaktív anyagot felhasználó létesítmény valamely tevékenysége során az üzemi területen belül a védelem nagymértékű csökkenése következhet be, amely által a telephely személyzetének védelmére és a következmények csökkentésére azonnali védelmi intézkedések végrehajtása válik indokolttá.
Potenciális veszélyhelyzet:	Az osztály behatárolásába tartoznak az olyan bekövetkezett, de bizonytalan üzemi biztonsági változások és a körzetben tartózkodók védelmi szintjének jelentős csökkenése, amely azonnali következmény és kockázatfelmérést tesz indokolttá. A szakszerű beavatkozások és a veszélyhelyzet mérséklésére tett intézkedések a feltárt súlyosság függvényében változnak.

### 3.7.3. Az egyes veszélyhelyzetekre vonatkoztatott osztályok meghatározása

21.táblázat A technológiai állapot szerinti osztálymeghatározás, forrása: ÁVIT Mellékletek 34-36. oldal [57]

Kezdeti esemény	Veszélyhelyzeti osztályok			
	Potenciális, ha:	Létesítményi, ha:	Helyi, ha:	Általános, ha:
Reaktor védelmi működés meghiúsulása	Üzemzavari védelem során a reaktor azonnali leállítását eszközölő összes SZBV rúd beejtésének megtörténte után a reaktor teljesítménye 5% felett marad.		Az SZBV rudak által leállított aktív zóna után több mint 5% reaktorteljesítmény marad, továbbá a kilépő hőmérséklet meghaladja az 550°C-t.	Az SZBV rudak által leállított aktív zóna után több mint 5% reaktorteljesítmény marad, továbbá a kilépő hőmérséklet meghaladja az 1100°C-t.
Primerköri hőmérséklet magas (elégtelen zónahűtés)	Az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja a 370°C-t.		Az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550°C-t.	Az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100°C-t.
Primerköri maradványhő elvonás elégtelen	Minden gőzfejlesztő vízszintje alacsonyabb mint 770 mm.		A szekunderköri hőelvonó képesség elvesztése esetén a primerköri biztonsági szelepekkel történő lefúvatás és ZÜHR rendszerrel történő visszatöltés (ún.: Bleed&Feed eljárás) és felbórozás indulása, ahol az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550°C-t.	Az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100°C-t.
Primerköri hőhordozó vesztes	Üzemzavari védelem során a reaktor azonnali leállítását eszközölő összes SZBV rúd beejtésének megtörténte után a hermetikus tér nyomása nagyobb, mint 650 mbar, éles ZÜHR működés nagynyomású befecskendezéssel.		A hűtőközeg vesztes következtében az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550°C-t és a hermetikus tér nyomása megközelíti a 1,5 bar-t.	A hűtőközeg vesztes következtében az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100°C-t.
Primerköri folyás közvetlenül az atmoszférába	A gőzfejlesztők lefúvatásának aktív védelmi működése mellett a hermetikus tér nyomása nagyobb, mint 650 mbar.		A gőzfejlesztők lefúvatásának aktív védelmi működése mellett kinyitott és nyitva maradt egy gőzfejlesztő biztonsági szelep.	A gőzfejlesztők lefúvatásának aktív védelmi működése mellett kinyitott és nyitva maradt egy gőzfejlesztő biztonsági szelep, továbbá az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100°C-t.
Biztonsági rendszerek energiaellátásának kiesése	A biztonsági rendszerek működéséhez szükséges váltó- vagy egyenáramú energiai ellátás egyetlen áramforrásra korlátozódott.		A biztonsági rendszerek működéséhez szükséges váltó- vagy egyenáramú energiai ellátás megszűnt.	A biztonsági rendszerek működéséhez szükséges váltó- vagy egyenáramú energiai ellátás megszűnt és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja a 800°C-t.



Kezdeti esemény	Veszélyhelyzeti osztályok			
	Potenciális, ha:	Létesítményi, ha:	Helyi, ha:	Általános, ha:
Külső vagy belső esemény, mely potenciálisan veszélyezteti az erőmű hűtővízellátását	A biztonsági rendszerek hűtővízellátása potenciálisan veszélyeztetett vagy megszűnt.		Minden biztonsági rendszer hűtővíz ellátása megszűnt és következtében az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550°C-t.	Minden biztonsági rendszer hűtővíz ellátása megszűnt és következtében az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100°C-t.
Tápvíz-, vagy főgőzvezeték törés	Főgőz vagy tápvíz rendszerben hirtelen nyomáscsökkenés következik be és a gépházi nagy kiáramló közegforgalom miatt magas gőzképződés és hanghatás jön létre.		Főgőz- vagy tápvíz vezeték miatt Bleed & Feed eljárás indul és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550°C-t.	Főgőz- vagy tápvíz vezeték miatt Bleed & Feed eljárás indul és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100°C-t.
Pihentető medence hőhordozóvesztés	Lehetetlenné válik a kiegészítő üzemanyagot tároló pihentető medence vízszintjének tartása		A pihentető medencében a vízszint az üzemanyag felső végénél alacsonyabb szinten van.	A pihentető medence teljesen leürült vagy a reaktorcsarnok radiációs szintje a grafikus támogatási információk alapján a blokkiesés utáni időfüggvényében kritikus szintet ért el.
Pihentető medence hőmérséklet emelkedés	A kiegészítő üzemanyagot tároló pihentető medence hőhordozójának hőmérséklete meghaladja a 80°C-t.		A pihentető medencében a vízszint az üzemanyag felső végénél alacsonyabb szinten van.	A pihentető medence teljesen leürült vagy a reaktorcsarnok radiációs szintje a grafikus támogatási információk alapján a blokkiesés utáni időfüggvényében kritikus szintet ért el.
Reaktorban vagy a pihentető medencében lévő fűtőelem sérülése az átrakás alatt		A reaktorban vagy a pihentető medencében a fűtőelem fizikai sérülést szenvedett.		
Nagy aktivitású radioaktív anyag sérülése vagy annak fokozott kockázata telephelyi szállítása során		A nagy aktivitású sugárforrás vagy kiegészítő üzemanyag sérülést szenvedett, mely annak inheretikuságát vagy kezelhetetlenné válását eredményezte.		

22.táblázat: Sugárzási helyzet szerinti osztálymeghatározások, forrása: ÁVIT Mellékletek 37-38. oldal [57]

Kezdeti esemény	Veszélyhelyzeti osztályok			
	Potenciális, ha:	Létesítményi, ha:	Helyi, ha:	Általános, ha:
Magas sugárzási szint a hermetikus helységekből	A hermetikus térben a dózisteljesítmény mérő rendszer egymást követő mérési ciklusainak értéke több mint 10 mGy/h.		A hermetikus térben a dózisteljesítmény mérő rendszer egymást követő mérési ciklusainak értéke több mint 50 mGy/h.	A hermetikus térben a dózisteljesítmény mérő rendszer egymást követő mérési ciklusainak értéke több mint 5 Gy/h.
Magas sugárzási szint az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain	A dózisteljesítmény az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain néhány órán át nagyobb mint 1 mSv/h.		A dózisteljesítmény az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain néhány órán át nagyobb mint 10 mSv/h.	A dózisteljesítmény az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain néhány órán át meghaladhatja a 100 mSv/h értéket.
Magas sugárzási szint a szabadzónában	A szabad zónában a kibocsátásból származó dózisteljesítmény meghaladja a 0,01 mSv/h értéket.		A szabad zónában a kibocsátásból származó dózisteljesítmény meghaladja a 0,1 mSv/h értéket.	A szabad zónában a kibocsátásból származó dózisteljesítmény meghaladja a 1 mSv/h értéket.
Magas sugárzási szint a telephelyen kívül	Az „A” típusú sugárzásmérő állomások közül egy vagy több magasabb, mint 1μSv/h dózisteljesítményt mér.		Az „A” típusú sugárzásmérő állomások közül egy vagy több magasabb, mint 10μSv/h dózisteljesítményt mér.	Az „A” típusú sugárzásmérő állomások közül egy vagy több magasabb, mint 1mSv/h dózisteljesítményt mér.
Tervezetlen kibocsátások az erőműben	A légnemű radiojód kibocsátás mértéke 10 perc alatt több, mint $10^{11}$ Bq vagy a nemezgáz kibocsátás a $10^{15}$ Bq felett van; Folyékony kibocsátás esetében a 10 perc alatt az erre rendelt mérőállomás jelzése alapján az aktivitáskoncentráció meghaladja a 370 GBq-t.		A légnemű radiojód kibocsátás mértéke 10 perc alatt több, mint $5 \times 10^{11}$ Bq vagy a nemezgáz kibocsátás a $5 \times 10^{15}$ Bq felett van.	A légnemű radiojód kibocsátás mértéke 10 perc alatt több, mint $10^{12}$ Bq vagy a nemezgáz kibocsátás a $10^{16}$ Bq felett van.
Jelentős radioaktív jód kibocsátás növekedés erőműben	3 km-en belül a maximális inhalációs pajzsmirigy vonatkoztatott értéke az 1-3 mSv-es tartományba esik.		3 km-en belül a maximális inhalációs pajzsmirigy vonatkoztatott értéke az 5-30 mSv-es tartományba esik. Ebben az esetben a szennyeződés kiterjedése meghaladhatja a 3 km-es zónahatárt.	3 km-en belül a maximális inhalációs pajzsmirigy vonatkoztatott értéke nagyobb, mint 30 mSv. Ebben az esetben a szennyeződés kiterjedhet a 30 km-es zónára is.

23.táblázat: Fizikai védelmi, tűz, természeti vagy egyéb események szerinti osztályozás, forrása: ÁVIT Mellékletek 39-40. oldal [57]

Kezdeti esemény	Veszélyhelyzeti osztályok			
	Potenciális, ha:	Létesítményi, ha:	Helyi, ha:	Általános, ha:
Fizikai védelmi esemény (erőmű területére való behatolás vagy terrorista támadás)	A biztonsági rendszerek működését potenciálisan befolyásoló vagy bizonytalan védelmi működést eredményező fizikai védelmi esemény.			
Tűz vagy robbanás (beleértve turbina-meghibásodásokat is)		A biztonsági rendszerek elhelyezésére szolgáló területeket potenciálisan érintő tűz vagy robbanás.		
Mérgező vagy gyúlékony gázok, folyadékok megjelenése a légtérben		Hidrazint vagy salétromsavat tároló tartály sérülése következtében történő teljes tartalom környezetbe kerülése szállítás vagy tárolás során; Kültéri hidrazin vezeték csőtörése.		
Földrengés az erőmű területén vagy a környezetében	Tervezési földrengés határ-érték túllépése, amennyiben a szabadfelszínen mért gyorsulásjeléből 5% csillapítás mellett meghatározott válaszspektrum amplitúdója nagyobb, mint 0,2g a 2-10 Hz-es tartományban, továbbá a kumulatív abszolút sebesség értéke bármely irányban számítva meghaladja a 0,16 gsec-et;			
Járvány az erőmű területén vagy a környezetében	Olyan járványos megbetegedések, melyek az atomerőmű területét vagy az üzemviteli személyzetet érintik és ezáltal veszélyeztetik a blokkok üzemeltetését.			

3.7.4. Azonnali válaszingtézkedések meghatározása a Paksi Atomerőmű veszélyhelyzeti osztályaihoz

24.táblázat, forrása: ÁVIT Mellékletek 54-57. oldal [46]

Veszélyhelyzeti osztály	Azonnali válaszingtézkedés I. és III. Veszélyhelyzeti Tervezési Kategóriában
Potenciális Veszélyhelyzet	
<p>A lakosság vagy az üzemviteli személyzet védelmi szintjének ismeretlen, bizonytalan vagy jelentős csökkenésével jár.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Életmentés és elsősegély nyújtás;</li> <li>- Telephelyen kívüli hivatásos szervek értesítése;</li> <li>- Baleset-elhárítási rendszer megfelelő mértékű indítása, kialakult helyzet elemzése és az okozati körülmények csökkentése vagy megszüntetése;</li> <li>- Telephelyen belüli és közvetlen körzetében monitorozási tevékenység végzése;</li> <li>- Következmény mérséklésre történő intézkedések végrehajtása;</li> <li>- Szükség esetén műszaki segítségnyújtás a vezénylői személyzet számára.</li> </ul>
Létesítményi Veszélyhelyzet	
<p>A lakosság vagy az üzemviteli személyzet védelmi szintjének jelentős csökkenésével járó esemény, melynél feltételezhető, hogy a veszélyhelyzet nem terjed tovább olyan mértékben, hogy telephelyen kívüli óvintézkedések bevezetését tegye szükségessé.</p> <p>Az I. Veszélyhelyzeti Tervezési Kategóriához tartozik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Üzemanyag kezelési baleset;</li> <li>- Telephelyen belüli tűz;</li> <li>- A biztonsági rendszereket nem érintő veszélyhelyzetek;</li> <li>- Telephelyen kívüli kibocsátást nem eredményező potenciális kritikusságot vagy sürgős óvintézkedések bevezetését indokló terror- vagy bűncselekmény.</li> </ul> <p>A III. Veszélyhelyzeti Tervezési Kategóriához tartozik:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reaktor zóna védelmi szintjének jelentős csökkenése;</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Életmentési tevékenység és elsősegély nyújtás biztosítása;</li> <li>- Telephelyen kívüli hivatásos szervek értesítése és indokolt esetben segítségnyújtás igénylése, de folyamatos kommunikáció fenntartása;</li> <li>- A telephelyen tartózkodók létszámának számba vétele;</li> <li>- A nem létfontosságú feladatokat ellátó személyzet, látogatók és vendégek evakuálása vagy telephelyen belüli biztonságos elhelyezése;</li> <li>- A telephelyi személyzet teljes szennyezettség ellenőrzése és szennyezett tárgyak telephely el nem hagyásának biztosítása;</li> <li>- A sugárterhelést szenvedettek ellátása, azok mentesítése és dózismeghatározások mellett gondoskodás a kezelésről és elszállításról;</li> <li>- A telephelyen kívüli óvintézkedések bevezetésének kizárására monitorozási tevékenységet végez;</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>- Nagy gamma sugárzó vagy kiégett üzemanyag árnýékolásának vagy felügyeletének elvesztése;</li> <li>- Kritikus esemény kialakulása a létesítmény határától távol;</li> <li>- A sürgős óvintézkedések beavatkozási szintjeit megközelítő telephelyi dózisok;</li> <li>- Olyan veszélyhelyzet, mely a lakosság vagy a létesítmény területén tartózkodók jelentős sugárterhelését vagy elszennyeződését okozza;</li> <li>- Terrorista támadás vagy bűncselekmény, amely potenciálisan veszélyhelyzetet előidézõ létesítményen belüli körülményekhez vezet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Telephelyen belüli és kívüli védelmet biztosítani a BESZ személyzete részére;</li> <li>- Baleset-elhárítási rendszer részleges aktiválása;</li> <li>- Következmény mérséklésre történõ intézkedések végrehajtása;</li> <li>- Szükség esetén műszaki segítségnyújtás a vezénylõi személyzet számára;</li> <li>- Telephelyen belüli és kívüli baleset-elhárítási feladatok összehangolása;</li> <li>- A veszélyhelyzeti besorolás fenntartásának folyamatos felülvizsgálata és annak megfelelõ módosítása.</li> </ul>
<p>Helyi Veszélyhelyzet</p>	
<p>Olyan események tartoznak ide, melyek a létesítmény területén és a telephely környezetében tartózkodók védettségi szintjének lényeges csökkenését idézik elő.</p> <p>Konkretizált esetek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktív zóna vagy aktív hűtéssel ellátott nagy mennyiségű kiégett fűtőelem védelmi szintjének jelentős csökkenése;</li> <li>- Árnýékolatlan kritikusság elleni védelem jelentős csökkenése;</li> <li>- Olyan határponti körülmények kialakulása, melyek után minden további meghibásodás általános veszélyhelyzeti besorolást tehet indokolttá;</li> <li>- A telephelyen kívül mérhető, a sürgős óvintézkedési szintet megközelítő dózisteljesítmény;</li> <li>- Olyan terrorista- vagy bűncselekmény, amely a kritikus biztonsági funkciók potenciális veszélyeztetését, jelentős kibocsátást vagy sugárterhelést eredményezhet.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Életmentési tevékenység és elsősegély nyújtás biztosítása;</li> <li>- Telephelyen kívüli hivatásos szervek értesítése, egyben javaslatétel a felkészülési és óvintézkedési feladatokra történõ felkészülésre. Továbbá indokolt esetben segítségnyújtás igénylése és folyamatos kommunikáció fenntartása;</li> <li>- A telephelyen tartózkodók létszámának számba vétele;</li> <li>- A nem létfontosságú feladatokat ellátó személyzet, látogatók és vendégek evakuálása vagy telephelyen belüli biztonságos elhelyezése;</li> <li>- Telephelyen belüli és kívüli védelmet biztosítani a BESZ személyzete, továbbá a segítségre érkezők részére;</li> <li>- Baleset-elhárítási rendszer teljes aktiválása;</li> <li>- Következmény mérséklésre történõ intézkedések végrehajtása;</li> <li>- Szükség esetén műszaki segítségnyújtás a vezénylõi személyzet számára;</li> <li>- Telephelyen kívüli monitorozást végez a létesítmény környezetében;</li> <li>- Telephelyen belüli és kívüli baleset-elhárítási feladatok összehangolása;</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A hivatalos szervekkel együttműködve lakosságtájékoztatás megvalósítása a kiépített rendszerek és a média segítségével;</li> <li>- A veszélyhelyzeti besorolás fenntartásának folyamatos felülvizsgálata és annak megfelelő módosítása.</li> </ul>
<b>Általános Veszélyhelyzet</b>	
<p>Légköri kibocsátással járó vagy annak komoly kockázatával fenyegető sugárterhelést okozó események, melyek a létesítményen kívül sürgős óvintézkedését teszik szükségessé.</p> <p>Konkretizált esetek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aktív zóna vagy aktív hűtéssel ellátott nagy mennyiségű kiégett fűtőelem sérülése vagy annak valószínű bekövetkezése;</li> <li>- Mérnöki gátak vagy kritikus biztonsági rendszerek sérülése, amely kritikus árnyékolatlansághoz vagy kibocsátáshoz vezet, ami által a telephelyen kívül óvintézkedések bevezetését teszi indokolttá;</li> <li>- A telephely környezetében vagy annak közvetlen határán potenciálisan fellépő kritikus esemény bekövetkezése;</li> <li>- Létesítményen kívül észlelt olyan mértékű sugárzási szint észlelése, amely indokolttá teszi a sürgős óvintézkedések bevezetését;</li> <li>- Olyan terrorista- vagy bűncselekmény, amely az óvintézkedések bevezetését szükségessé tevő kritikus biztonsági funkciók, továbbá jelentős kibocsátás vagy sugárterhelés megelőzésére alkalmazott biztonsági rendszerek monitorozásának, felügyeletének vagy alkalmazásának akadályozására irányuló tevékenység.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Életmentési tevékenység és elsősegély nyújtás biztosítása;</li> <li>- Telephelyen kívüli hivatásos szervek értesítése, egyben javaslatlét a felkészülési és óvintézkedési feladatokra történő felkészülésre. Továbbá indokolt esetben segítségnyújtás igénylése az elhárításhoz, valamint folyamatos kommunikáció fenntartása;</li> <li>- A telephelyen tartózkodók létszámának számba vétele;</li> <li>- A nem létfontosságú feladatokat ellátó személyzet, látogatók és vendégek evakuálása vagy telephelyen belüli biztonságos elhelyezése;</li> <li>- Telephelyen belüli és kívüli védelmet biztosítani a BESZ személyzete, továbbá a segítségre érkezők részére;</li> <li>- Baleset-elhárítási rendszer teljes aktiválása;</li> <li>- Következmény mérséklésre történő intézkedések végrehajtása;</li> <li>- Szükség esetén műszaki segítségnyújtás a vezénylői személyzet számára;</li> <li>- Telephelyen kívüli monitorozást végez a létesítmény környezetében;</li> <li>- Telephelyen belüli és kívüli baleset-elhárítási feladatok összehangolása;</li> <li>- A hivatalos szervekkel együttműködve lakosságtájékoztatás megvalósítása a kiépített rendszerek és a média segítségével.</li> </ul>

### **3.8. Védekezés és kárelhárítás elemzése a Paksi Atomerőműben**

A magyarországi Nukleárisbaleset-elhárítás és rendkívüli helyzetekre történő felkészülés alapjául a jogi szabályozóknak való megfelelés és a nemzetközi ajánlások honosítása szolgál. Ezekhez társulnak az egyes országokon belüli radiológiai vagy nukleáris veszélyhelyzetek kialakulásának lehetőségét magában hordozó üzemek működtetési és biztonsági tervezetei. [53] Az országos szintű szervezetek megalapozott működési stratégiáival és szakszerűen megtervezett eljárásaival összhangban vannak az atomerőmű biztonságos működését szavatoló protokollok. [50]

Az országos balesetelhárítási rendszerek sémájával homogén működésben valósítja meg az atomerőmű szakmai szervezete a helyzetspecifikus veszélyhelyzetek elleni védekezést. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség biztonsági normáinak tekintetében Magyarország és ezen belül a Paksi Atomerőmű olyan részletes és széles spektrumú operatív veszélyhelyzet kezelést valósít meg, amely nemcsak megfelel a nemzetközi elvárásoknak, de jóval túlmutatnak azok biztonsági követelmény-szintjein is.

Minden üzemállapotra olyan lokális, továbbfejlesztett operatív eljárásrend és intézkedési terv került megalkotásra, melyek hatékonysága mellett a környezeti veszélyek minimalizálása és az emberi erőforrások biztonságos bevetetősége is megvalósítható maradt.

#### **3.8.1. A Baleset-Elhárítási Szervezet működésének ismertetése az atomerőműben**

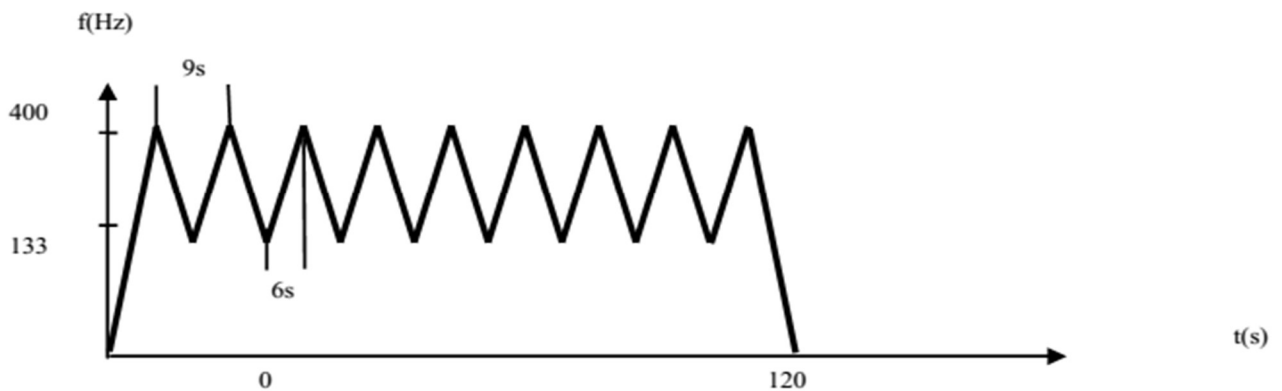
Az atomerőműben potenciálisan kialakuló rendkívüli események és veszélyhelyzetek kezelésére a létesítmény jellegének megfelelő működési és irányítási rendszerrel felépített baleset-elhárítási szervezet működik. A veszélyhelyzetek felszámolását, továbbá a mentési és helyreállítási feladatok végrehajtását az ÁVIT-ban foglalt alapelvek szerint irányítja az erre létrehozott Baleset-elhárítási Szervezet (BESZ).

A szervezet tevékenységi köre az erőmű területére terjed ki ugyan, de ha a BESZ összes erejét meghaladná a bekövetkezett káresemény, külső erők bevetését is igénybe veheti. [44] A létesítmény védelmére és az azon kívüli intézkedések végrehajtására lehetőség van az atomenergia felügyeleti szerv vezetőjének (OAH) kezdeményezésére a létesítményen belül elrendelni az ONER működtetésében részt vevő szervek alkalmazását. [53] A telephelyen belüli tevékenységirányítás és koordinálás a BESZ feladatkörében marad.

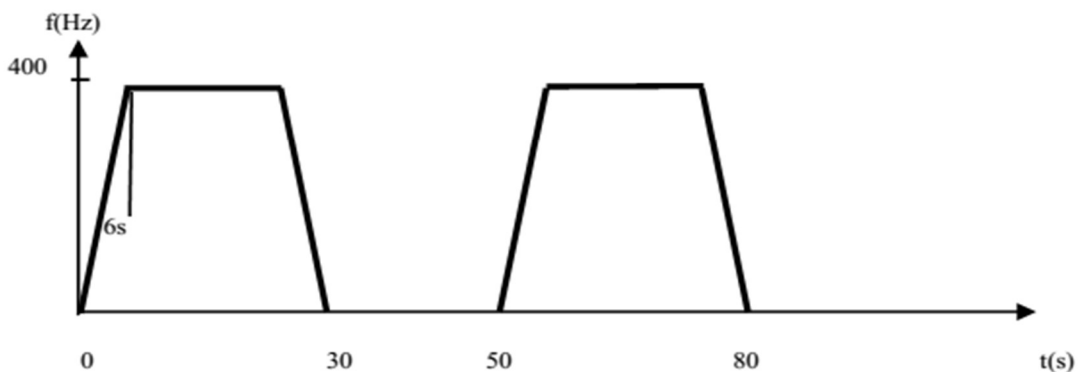
A szervezet, bár állandó kijelölt tagokkal rendelkezik, akik saját végrehajtási körüknek megfelelően látják el feladatukat, de a kárelhárítás hatékonyságának növelése érdekében szükség esetén bevonhatja az üzemi személyzet is. A BESZ riasztás történhet részleges vagy teljes formában, amelynek végrehajtását veszélyhelyzet vagy rendkívüli esemény, továbbá annak potenciális lehetősége esetén kell elrendelni. Ilyen esetben megtörténik a végrehajtók körébe tartozók berendelése és készenlétkébe helyezése is. Annak érdekében, hogy a normaidőn belüli feladatok végrehajtása zökkenőmentesen megkezdődhessen mind munkaidőben, mind pedig azon túl, a baleset-elhárítási feladatok tervezése és végrehajtása rendszeres begyakoroltatást igényel.

A baleset-elhárítás egyik fontos eleme a megfelelő tájékoztatás azok felé, akik nincsenek szervesen bevonva a kárelhárítás folyamataiba, ami által potenciálisan veszélyeztetett státuszba kerülnek. [56]

## KATASZTRÓFARIADÓ



## VESZÉLY ELMÚLT



6.ábra: Alkalmazott riasztó jelzések, forrás: ÁVIT II. modul 10. oldal [49]

A létesítmény területén vagy annak közvetlen környezetében tartózkodók számára ezért elsődleges az egységes információtovábbítás. [50] Ennek elérése érdekében Akusztikus Tájékoztató és Riasztó Rendszer működik, melyen keresztül kétféle hangjelzés, illetve szöveges közlemény kihirdetését lehet megvalósítani.

Azokban az esetekben, amikor megtörténik a „Katasztrófariadó” hangjelzésének alkalmazása, utána minden esetben szöveges tájékoztatást kell adni arról, hogy milyen a kialakult veszélyhelyzet jellege és területi érintettsége. [48] A szöveges közlemény kiadásának jóváhagyása a BESZ vezetőjének hatásköre. Az atomerőművön belüli akusztikus rendszeren felül az erőmű 30 km-es körzetében Lakossági Tájékoztató és Riasztó rendszert telepítettek. Az érintett településeket 16 szektorra osztották fel, melyeket együttesen vagy szeparáltan is lehetőség van működésbe hozni. [59]

A BESZ működésének alapja a hazai és nemzetközi jogrendszer által támasztott követelményeken alapul. Ezen előírások és ajánlások alapján került a működése megtervezésre, ezért a szervezet tevékenysége működési állapotokra lett bontva, amelyek igazodnak az ONER működési állapotaihoz és intézkedési normáihoz. [50]

A BESZ működési állapotai ennek értelmében:

- normál működési állapot;
- készenléti működési állapot;
- veszélyhelyzeti működési állapot;
- helyreállítási működési állapot.



## Normál működési állapot

Alapesetben, amikor normál működési állapotról beszélünk, a Baleset-elhárítási szervezet nem üzemel, illetve nem folytat folyamatos koordinált tevékenységet. A sugárvédelmi helyzet és a technológiai folyamatok állandó monitorozása által kapott normál üzemállapotú visszacsatolások mellett bizonyos időszakonként ismétlődő, esetlegesen valamely informatív, nem üzemállapotváltozást okozó esemény kapcsán rendkívüli felkészülési és gyakorlatozási tevékenységet végez.

A meglévő erők és eszközök működési készenlétben tartása mellett zajlik a nukleáris veszélyhelyzetekre történő felkészülés és gyakorlatozás, amelynek nem csupán a felkészültségi szint megtartása, de a bevált módszerek továbbfejlesztése is a célja. A normál állapot fenntartásának egyik pillére, hogy az arra kijelölt személyek ellássák azokat a feladatokat, melyek révén a szervezet teljes vagy részleges üzembe helyezésekor minden azonnal a rendelkezésre álljon a veszélyhelyzet megfelelő koordinálása és elhárítása érdekében. Ilyenkor túlnyomórészt az anyag-technikai feltételek biztosítottóságának és az ÁVIT-ban foglaltak naprakészségének felülvizsgálata zajlik. [50]

Bele tartozik a normál állapoti követelmények kielégítésébe az is, hogy az erőmű berendezései érvényes kezelési és üzemviteli utasítások szerint működjenek. Az Ügyeletes Mérnök irányítási és felelősségi körébe tartozik annak az ellenőrzése, hogy a megfelelő periódusos ellenőrzések és karbantartások végre lettek-e hajtva. [58]

## Készenléti működési állapot

Amennyiben erre szükség van, a BESZ-t készenléti állapotba helyezik, amikor is külön döntés alapján, részlegesen működésbe helyezik a szervezetet. A BESZ erre rendelt állományi részének a feladata ilyenkor, hogy a veszélyhelyzet szintjét el nem érő kialakult esemény kapcsán monitorozza a helyzetet és fokozott figyelemmel ellenőrizze a technológiai és dozimetriai adatok változását. Ennek lényege, hogy potenciálisan fokozódó veszélyszint esetén segítse és gyorsítsa a veszélyhelyzet elhárítására tervezett eljárások működésbe léptetését.

Ebben a működési állapotban ugyan a kialakult eseménykezelést konkrétan az üzemvitel személyzete végzi, de a BESZ felkészül a saját szervezeti egységeibe tartozó külső és belső végrehajtók riasztására. [50]

## Veszélyhelyzeti működési állapot

Annak fennállása esetén, ha egy rendkívüli esemény hagyományos besorolású vagy nukleáris veszélyhelyzetté eskalálódhat, a veszélyhelyzeti osztály meghatározásával elrendelhető a BESZ veszélyhelyzeti működési állapota. Ilyen kinyilvánított veszélyhelyzetben és elrendelt BESZ működési állapotban legalább részleges, de inkább teljes üzembe helyezést rendelnek el. [50]

A veszélyhelyzet korai szakasza, a radioaktív, veszélyes anyagok kibocsátását közvetlenül megelőző időszak, melynél az elsődleges feladat a baleseti helyzet és annak továbbfejlődésének elhárítása, valamint a következmények csökkentése és korlátozása, a technológiai és dozimetriai adatok fokozott ellenőrzésével párhuzamosan. Szükségessé válnak a megfelelő óvintézkedések végrehajtása és emellett a lakosságvédelmi riasztások és tájékoztatások ajánlása. [58]

A kései időszakban, a radioaktív és veszélyes anyagok kibocsátását követően a baleseti helyzet elhárítása és következmények súlyosságának becslés-értékelése a feladat. A BESZ a meglévő technológiai és dozimetriai adatok fokozott tovább ellenőrzése és monitorozása mellett végrehajtja a korai időszakban hozott intézkedéseket és megvalósítja a tájékoztatási feladatokat.

A veszélyhelyzet fennállása a BESZ vezetőjének azt megszüntető kihirdetéséig tart, melyhez az alábbi feltételek megléte szükséges:

- a nukleáris biztonság fenntartásához szükséges rendszerek teljes üzemképességének helyreállása;
- blokkok és technológiai rendszerek stabil állapota;
- a kibocsátás megszűnésével és a további kibocsátás megakadályozására tett intézkedésekkel szavatolt a biztonság;
- a szennyezett területek kijelöltek, behatároltak, körülzártak és biztosítottak;
- a létesítmény területén a sugárterhelés a normál üzemállapot korlátai között tartható, ez alól a biztosított területek képezhetnek kivételt;
- minden sérült ellátása és biztonságos elszállítása megtörtént;
- a veszélyhelyzet előtti létszámenőrzés alapján a megoldott veszélyhelyzet után eltűnt személy nincs.

A veszélyhelyzeti rendkívüli üzemeltetési állapot

A nukleáris veszélyhelyzet kialakulásának lehetősége esetén a BESZ vezetőjének lehetősége van az OAH tájékoztatásával egyidejűleg rendkívüli üzemeltetési állapot kihirdetésére. A veszélyhelyzeti rendkívüli üzemállapot alkalmazható a létesítmény egész területére vagy a reaktorblokkokra szeparáltan is. [28] A BESZ vezetője a kihirdetést követően alkalmazhatja az általa szükségesnek tartott, az ÁVIT-ban meghatározott veszélyhelyzet megelőzésére, illetve elhárítására szánt intézkedések bevezetését. [50]

Ezen speciális rendkívüli üzemeltetési állapotban az elrendelhető legfontosabb intézkedések a következők:

- a reaktor szubkritikus állapotra hozása és annak megtartására irányuló tevékenység;
- a szekunderkör hőelvonó képességének helyreállítására és fenntartására irányuló eljárások alkalmazása;
- a reaktor és a primerkör integritásának fenntartását szavatoló tevékenységek;
- a reaktorblokk természetes cirkulációs hűtésének helyreállítására és fenntartására szolgáló tevékenység;
- az aktív zóna hűtésének megvalósítására szánt intézkedések;
- primerköri elfolyás lokalizálására és megszüntetésére irányuló folyamatok kivitelezése;
- a radioaktív közeg környezetbe történő kijutását megelőző vagy minimum korlátozó intézkedések végrehajtása. [58]

Helyreállítási működési állapot

A veszélyhelyzetekre, azok jellege és hatásai alapján részletes intézkedési tervek készülnek annak érdekében, hogy a helyreállítási tevékenységek is megfelelően legyenek kivitelezve. A helyreállítási tevékenység keretében folytatott fontos feladatok:

- technológiai és dozimetriai adatok monitorozása;
- eseményhatás következményeinek felszámolása;
- mentesítés és szennyeződések kezelése;
- rövid és hosszútávú következmények és hatások kárfelmérése;
- baleset minősítés és értékelés;
- életvitel és helyzet normalizálás érdekében megfogalmazott intézkedések foganatosítása.

Amennyiben a helyreállítási állapot során végrehajtott intézkedések azt eredményezik, hogy a kialakult helyzet már a normál működési állapot keretein belül is kezelhető, akkor a helyreállítási működési állapot megszüntethető. [50]

### 3.8.2. A Baleset-Elhárítási Szervezet felépítésének bemutatása

A Baleset-elhárítási szervezet felépítése konkrétan meghatározott szakmai követelményekhez és felelősségi körökhöz kötött. [44] A szervezet felépítésének alapja, hogy az egyes feladatokhoz olyan megfelelő szakembereket ruházzanak fel a szervezeten belül egyéni felelősségű feladatokkal, melyek ellátása során a megbízható szakmai alapok és az elhivatottság kérdésköreiben nem merül fel kétely vagy inkompetencia. [31]

Ebből fakadóan a BESZ állományi jellemzése a következőképpen alakul:

Az állományi beosztások betöltéséhez adott követelmények szükségesek:

- szakmai ismeret;
- pszichológiai alkalmasság;
- fizikai alkalmasság.

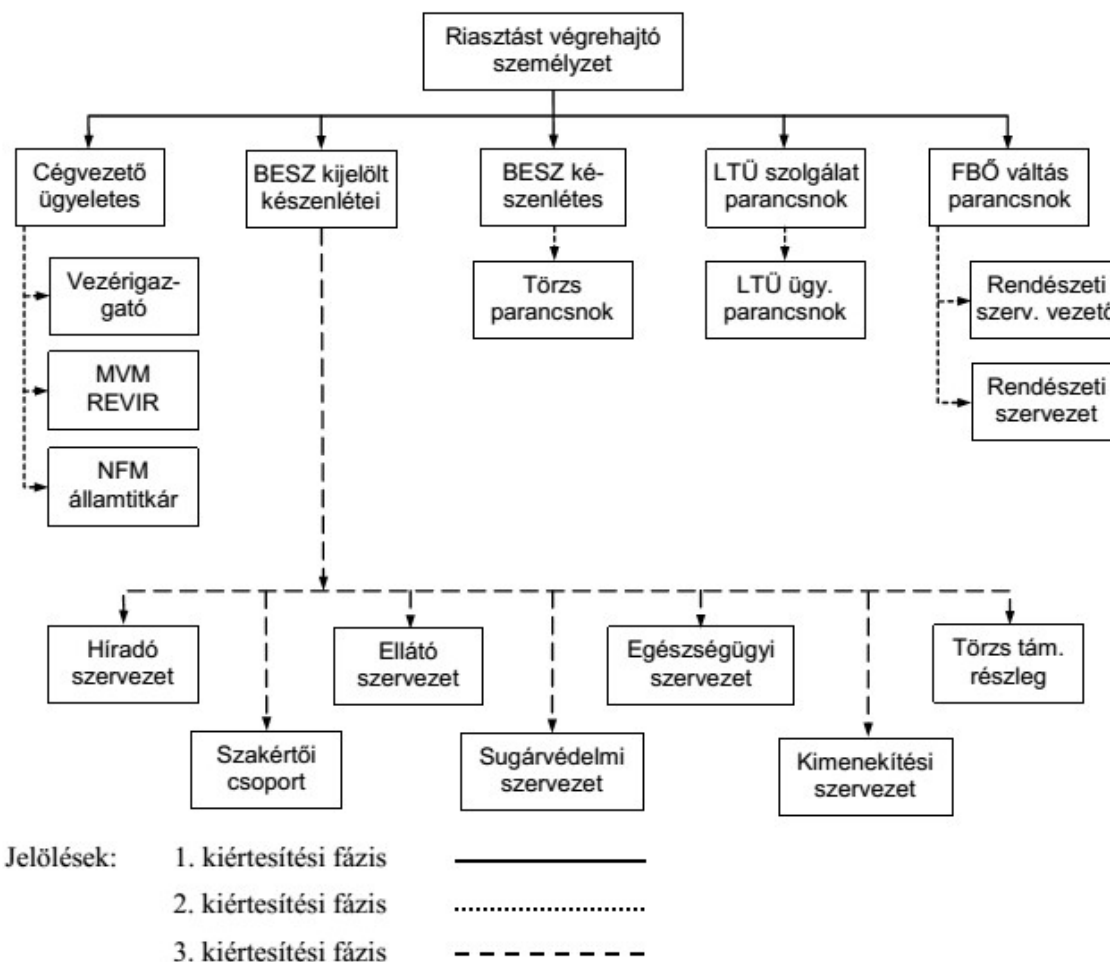
Az állományi beosztások betöltése bizonyos meghatározott felelősségi körökhöz kötöttek:

- döntéshozók;
- döntés-előkészítők;
- döntés megalapozók;
- végrehajtók.

„A BESZ az alábbi szervezetekből épül fel: [44]

- *Vezetési csoport;*
  - *BESZ vezető;*
  - *Törzsparancsnok (BESZ vezető helyettes);*
  - *Tanácsadó Ügyeletes Mérnök (TÜM), az MTK megalakulásáig;*
  - *Műszaki titkár;*
  - *RHK Kft. készenlétese;*
  - *Egészségügyi szervezet vezetője;*
  - *Ellátó szervezet vezetője;*
  - *Híradó szervezet vezetője;*
  - *Kimenekítési szervezet vezetője;*
  - *Létesítményi tűzoltóság parancsnoka;*
  - *Műszaki helyreállító szervezet vezetője;*
  - *Rendészeti szervezet vezetője;*
  - *Sugárvédelmi szervezet vezetője;*
  - *Tájékoztatási szervezet vezetője;*
  - *Üzemviteli szervezet vezetője (ÜM a mindenkori munkahelyén).*
- *Törzstámogató részleg;*
- *Műszaki Támogató Központ (MTK);*
- *Szakértői csoport;*
- *Egészségügyi szervezet;*
- *Ellátó szervezet;*
- *Híradó szervezet;*
- *Kimenekítési szervezet;*
- *Létesítményi tűzoltóság;*
- *Műszaki helyreállító szervezet;*
- *Rendészeti szervezet;*
- *Sugárvédelmi szervezet;*
- *Tájékoztató szervezet;*
- *Üzemviteli szervezet.*” [44:30]

A kialakult veszélyhelyzet során végzett szakszerű és eredményes tevékenységek végrehajtásáért és a vezetési csoport munkájáért a BESZ vezetője, mint elsődleges irányító a felelős. Az OAH külön személyt delegál a kárelhárításhoz, aki ugyan nem tagja a vezetési csoportnak, azonban a Védett Vezetési Ponton külön munkaállomással rendelkezhet. A veszélyhelyzeti jellegtől és a végrehajtandó feladatoktól függően az alárendelt szervezetek és személyek aktuálisan elvégzendő feladatait és azok sorrendiségét a vezetési csoport határozza meg.[53] A szervezet riasztására és a baleset-elhárítási munka gyors megkezdésére készenléti rendszer működik, melynek alapján az egyes feladatköröket betöltő személyek vállalt időkeretben ügyeleti készenlétet vállalnak, nemcsak normál munkaidőben, de azon túl is. Ez azt jelenti, hogy amennyiben egy esemény miatt beriasztás történik, akkor a munkaidőn kívüli személyek 1 órán belül, a munkaidőben lévők pedig 30 percen belül kötelesek munkára alkalmas állapotban a beosztásuknak megfelelő szervezeti helyükön megjelenni. [50] Minden együttműködővel informatikai és híradós eszközökön keresztül történik a kapcsolattartás és tájékoztatás. A modern technika adta azonnali reagálású távolsági információtovábbítása nagyban növeli és könnyíti a beriasztás menetét, ugyanakkor bármilyen akadályoztatás esetén lehetőség van az egyes szervezetek közti nyomtatott formában, faxon keresztül történő információ továbbításra is. [44]



29.ábra: A BESZ riasztási folyamata, forrás: ÁVIT I. modul 50. oldal [44]

A kapcsolattartás az ONER szervezeteivel telefonos úton vagy az ún. MARATHON Terra rendszer segítségével történik. Az országosan kiépített és kárhelykommunikációra használt EDR rendszer segítségével is megvalósítható a kommunikáció. A veszélyhelyzet elhárításban a további külső együttműködők lehetnek az OAH, a BM OKF, a megyei KI-k, a VB-ok, a honvédség, a tűzoltóság, a TEK, a rendőrség egységei, valamint a polgármesterek.

A gyors lefutású eseményeknél a BESZ értesíti az érintett szervezeti csoportok állományába tartozókat, valamint az országos és területi védekezés irányításáért felelős szervezetek megalakulásáig a kialakult sugárzási helyzet alapján a lakosság védelme érdekében javaslatokat tesz a környező települések polgármesterei és VB-ok elnökei részére a BESZ által szükségesnek ítélt feladatok végrehajtására. A működési állapotokat rendelve a veszélyhelyzeti tervezési kategóriákhoz, a külső szervezetek riasztásának sorrendje előre meghatározott. [53]

#### *A BESZ vezetője*

Az ÁVIT alapján a BESZ vezető felelős személye a részvénytársaság vezérigazgatójának megbízása alapján látja el feladatait. A BESZ vezető egyrészt a biztonságért felelős szervezet első számú felelős vezetője, továbbá a polgári védelemi parancsnok és az üzem területén általános kárhelyparancsnok is egyben. [50] A BESZ vezető megérkezéséig a felelős vezetői feladatokat az Ügyelete Mérnök látja el. A vezetés átvételére csak akkor kerülhet sor, ha a kialakult káresemény kapcsán minden információ a beérkező vezető tudomására jutott és nincs tisztázatlan kérdés a már elrendelt és végrehajtott eljárásokról és elhárítási feladatokkal kapcsolatban. [58]

#### *A létesítményi tűzoltóság szerepe a BESZ-ben*

A létesítményi tűzoltóság a BESZ keretein belül a tűzoltó parancsnok irányításával vesz részt, aki a vezetési csoport tagjaként is tevékenykedik. A tűzoltóság a feladatait a BESZ alárendeltségében látja el annak megalakulása után, azonban elsődleges feladata továbbra is a tűzoltás és az életmentés marad. A létesítményi tűzoltóság az üzemi területet továbbra sem hagyja el és nem végez külső feladatokat sem, de szükség szerint a többi szervezettel karöltve végzi a veszélyhelyzet során felmerülő feladatokat. Részt vesz a kutatási munkálatokban, az üzemzavar elhárításban, kárelhárítási és műszaki mentési tevékenységet végez, továbbá sürgősségi betegellátási és betegszállítási feladatokat hajt végre. Olyan rendkívüli veszélyhelyzetek alkalmával, mint amilyen a villamos energia kiesése esetén szükséges SBK dízel aggregátoros vagy külső mobil vízbetáplálás kiépítése, szintén a létesítményi tűzoltóság feladata, melyre külön speciális időjárási körülmények és nehezítő helyzetek szimulálásával történik rendszeres időközönkénti gyakorlati felkészülés. [50] A Paksi Atomerőmű elsődleges Nukleárisbaleset-elhárításáért felelős, operatív beavatkozó szervezeteként az atomerőmű tűzoltósága (továbbiakban: ATÜ) a fent említett két súlyos baleset esetén a kezelési eljárásokat külön erre a célra alkalmazott felszerelések és eszközök segítségével végzi el. [50]

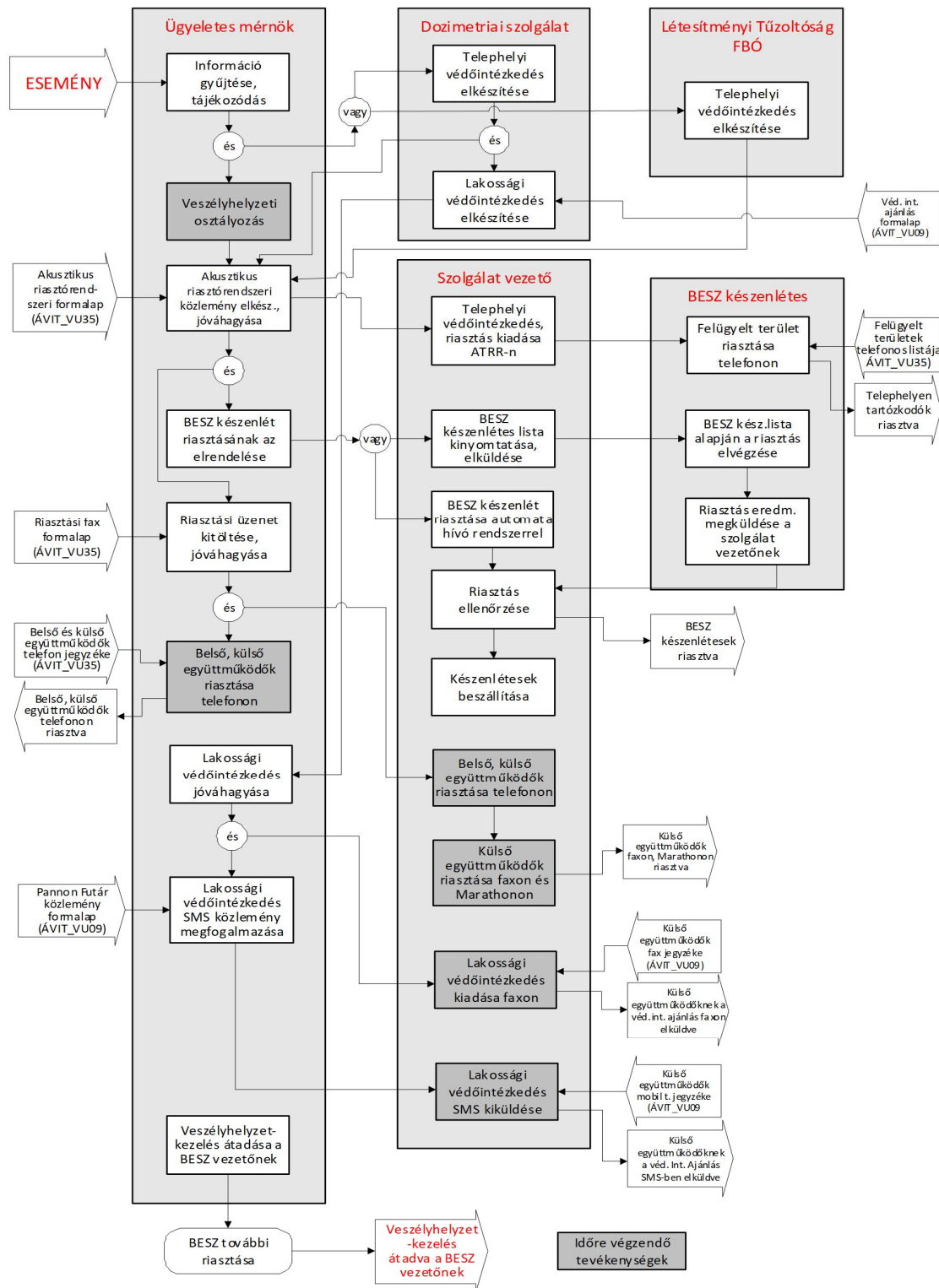
A súlyos baleset-kezelés két elsődleges veszélyfaktora és az elvégzendő feladatok a következők:

- a szekunderköri gőzfejlesztők, illetve szükség esetén magának a konténmentnek az alternatív víznyerő helyről történő külső hűtőközeg betáplálását speciális mobil eszközökkel lehet megvalósítani;
- villamos betáplálás feszültségvesztése esetén a mérőrendszerek, a primerköri nyomáscsökkentésére szolgáló térfogatkompenzátor, a lokalizációs torony ürítő valamint a hermetikus tér leeresztő szelepeinek működtetése biztosítható az erre a célra szolgáló dízelgenerátorok segítségével.

A tűzoltóság szerepe az elmúlt években a szélsőséges időjárásra és az árvízi védekezésre történő felkészülés révén kibővült. Mindkét veszéllyel szemben megtörtént az anyagtechnikai beszerzés és az érintett állomány elméleti és gyakorlati felkészítése, amely időszakosan a többi SBK eljárással együtt ismétlődően oktatásra és gyakoroltatásra kerül. A veszélyhelyzetek közül relevánsan a szélsőséges időjárás körébe tartozó jegesedéselhárítás tűnik ki a leginkább, mivel az ez elleni védekezés nemcsak gyakorlati formában történt meg.

A jegesedés veszélyeztetheti az erőmű hűtővízellátását, hiszen amennyiben a hidegvízi csatornán a jégtörés nem kellő eredménnyel sikerül és a melegvizes csatornából visszavezetett víz sem képes megfelelően eloszlatni a jégtáblákat, akkor azok bejutva a szivattyúba komoly károkat okozhatnak. Annak érdekében, hogy ez a veszély a jövőben ne jelentsen kritikus problémát, az SBK keretein belül külön kárelhárítási eljárások lettek rá kidolgozva.[57]

A BESZ eseménykezelési és riasztási folyamatábrája:



30.ábra: BESZ folyamatábra, forrás: ÁVIT\_VU35\_V11 37. oldal [57]

### 3.8.3. A védekezés és kárelhárítás sugárvédelmi szempontú vizsgálata

Az atomerőmű területén kialakult veszélyhelyzet kapcsán a lakosság, az üzemben dolgozók és a baleset-elhárításban részt vevők jelentős sugárterhelésnek lehetnek kitéve. A veszélyhelyzet jellege, a blokkok és a technológiai működési állapotok, továbbá a védelmi rendszerek szükséges üzembe lépése és működőképessége határozzák meg a fokozott sugárterhelés potenciális mértékét. [47]

A kibocsátás mértékéről számot adnak az egyes helységek és nyílt területek dózis és levegő aktivitás mérői, a meteorológiai torony és a távmérő állomások egységei, melyek adatainak felhasználásával az érintett terület behatárolható és konkrét helyszíni mérésekkel pontosítható. A beérkezett információk alapján a BESZ sugárterhelésértékelő csoportja a Vezetési Ponton elemzi és kiértékeli az adatokat, amihez az infokommunikációs hálózatok mérései alapján terjedésszámítást végez. Ezzel konkretizálva az aktuális és várható radioaktív kibocsátás terjedésének paramétereit.

A sugárzási adatok ismeretében a BESZ vezetője intézkedéseket fogantatosít az érintettek védelme érdekében. Minden olyan esetben légzésvédő eszközök alkalmazását rendeli el, ha feltételezhető, hogy az üzemi területen a levegő radioaktív jód vagy aeroszol által szennyezett. [52]

„Beavatkozási szintek:

- *Elzárkóztatás: 10 mSv elkerülhető effektív dózis legfeljebb két napra integrálva;*
- *Kimenekítés: Ideiglenes kitelepítésre 50 mSv elkerülhető effektív dózis legfeljebb 1 hétre integrálva;*
- *Jódprofilaxis: 100 mGy elkerülhető pajzsmirigyben lekötött dózis a jódizotópokból.*

*Nukleáris baleset cselekvési szintjei:*

- *Elzárkóztatás: 0,2 mSv/h dózisteljesítmény a csóvától és a kihullástól, 4 órás felhőátvonulás van figyelembe véve. Elkerülhető dózis 10 mSv;*
  - *Kimenekítés: 1 mSv/h dózisteljesítmény a csóvától és a kihullástól, 4 órás felhőátvonulás, 50 mSv elkerülhető dózis;*
  - *Jódprofilaxis: 0,1 mSv/h dózisteljesítmény a csóvától, 100 mGy elkerülhető dózis, 4 órás felhőátvonulás.”*
- [50:19]

*A nukleáris baleset-elhárításban részt vevők védelme*

A veszélyhelyzet kezelés alapvető beavatkozó-védelmi elve, hogy az esemény jellegéhez és kiterjedéséhez mindig az adott feladathoz szükséges mennyiségű erő és eszközállományt kell bevetni, a folyamatos váltás megszervezésével. [49]

A BESZ célja, hogy a kialakult baleset következtében a lakosságot érintő determinisztikus hatások ne haladják meg az 1 Gy küszöbszintet, míg az elhárításban résztvevők sugárterhelése ne lépje túl a 2 Gy szintet. Ennek betartása az ésszerűség és célszerűség határain belül kezelendő, de mindenképpen törekedni kell arra, hogy a küszöb alatti dózisok a minimumra legyenek csökkentve. [10]

Az aktuális baleset-elhárítási feladatok jellegétől és indokoltságától függően további visszahívási szintek kerülnek meghatározásra. A következő táblázatban foglaltak az egyes feladatok sugárterheléséhez származtatott szintjeinek meghatározására vonatkoznak. [50]

7.táblázat: Dóziskorlátok, forrás: ÁVIT II. modul 21. oldal [50]

Kategória	Feladat	Effektív dózis [mSv]
1.	Életmentéshez kapcsolódó tevékenység	250
2.	Megelőzést és a következmények csökkentését szolgáló tevékenységek. Telephelyi sürgős óvintézkedések bevezetése. A veszélyhelyzet súlyosbodásának megelőzését, vagy a súlyosbodás mértékének csökkentését szolgáló tevékenységek. Életveszély potenciális kialakulásának megelőzését, az ilyen jellegű kockázat csökkentését szolgáló tevékenységek. Telephelyen, a MÓZ és a SÓZ (Óvintézkedések Zónája) területén végrehajtott sugárfelderítés, amely a sürgős óvintézkedések alkalmazásának eldöntéséhez szolgáltat információt. Súlyos, nem halálos egészségkárosodás megelőzését szolgáló tevékenységek (kimenekítés, azonnali orvosi beavatkozás, személyi dekontaminálás).	100
3.	Sugárterhelést szenvedett személyek hosszú távú orvosi ellátása. Sérültek rövid távú ellátása. Radioaktív szennyeződés lokalizálása.	50
4.	Helyreállítás: Létesítmény, eszköz és berendezés helyreállítási tevékenységek, dekontaminálás, hulladékkezelés, hosszú távú orvosi ellátás.	A 16/2000 (VI.18.) EüM rendeletében a foglalkozási sugárterhelésre meghatározott dóziskorlátok

A veszélyhelyzetek során a beavatkozók elsődleges irányelve, hogy a megfelelő védőfelszerelések ellenére sem tölthetnek el szükségesnél több időt a kárhelyszínen. Ez alól csak a nevesített esetekben lehet korlátozott eltérés, ami azt jelenti, hogy az egyéni sugárterhelés differenciáltan az elvégzendő feladat szükségszerűsége alapján lehet magasabb. Ezen belül nem haladhatja meg veszélyhelyzet esetén a baleset elhárításában részt vevő személy sugárterhelése az 50mSv effektív dózist. Kivételt képez az érintettek körében ez alól, ha a népesség jelentős sugárterhelésének megakadályozása vagy életmentés a feladat. Ebben az esetben az érintett beavatkozóknak törekedni kell a 100mSv effektív dózis, illetve életmentés esetében a 250mSv effektív dózis meghaladásának elkerülésére.

A sugárterhelési korlátok betartásának érdekében célszerű felhasználni minden olyan lehetőséget, amely elősegíti a védekezést. Ilyenek lehetnek a terepviszonyok adta árnyékolási lehetőségek, a sugárforrástól való távolság és a már említett veszélyes helyen eltöltött idő minimalizálása. A sugárzasi szintek monitorozása alapján a veszélyes zónában tartózkodó személyt még a dózisterhelés biztonságos értékének meghaladása előtt ki kell vonni és szükség szerint váltani vagy alternatív megoldást használni. [46]

A kollektív és egyéni védőeszközök meghatározásánál fontos szempont a veszélyhelyzet jellegének figyelembevétele. Kollektív védőeszköznek minősülnek az óvóhelyek, a vezetési pontok, az önálló szűrőszellőztető rendszerrel ellátott gépjárművek, vagy az elzárkóztatásra alkalmas épületek. Az egyéni védőfelszerelések kategóriájába beletartozik minden légzésvédelem és bőrfelület védő felszerelés, amely képes megfelelő védelemmel felruházni a veszélyhelyzet elhárításban résztvevőket. [10]



### *A védekezésben, kárelhárításban nem érintett személyek*

A veszélyhelyzeti kategória meghatározása és kihirdetése után, amennyiben azt rendkívüli körülmény nem akadályozza, és a menekülési útvonalak is szabadak, minden kárelhárításban részt nem vevő személy elhagyja az üzem területét az általános ki- és beléptető pontokon keresztül a lehető legrövidebb útvonalon és időn belül. [9] Minden olyan közlekedési útvonal menekülési útvonalnak számít, amelyen keresztül bármely rendkívüli esemény során a veszélyeztetett területen dolgozók azt a legrövidebb idő alatt biztonságosan el tudnak hagyni. Szükség esetén, amennyiben erre a veszélyhelyzet körülményei okot adnak, alternatív menekülési útvonalak is kijelölhetők.[44]

Az ellenőrzött zónán belül annak érdekében, hogy az üzemi dolgozók könnyen megtalálják és követhessék a legrövidebb kimenekítési útvonalakat, egyértelmű jelzések és útvonalmegvilágítások mutatják az irányt a kijáratok és gyülekezési helyek felé. Azokat a fedett helyeket nevezzük gyülekezési pontoknak, melyek alkalmasak az elzárkóztatásra, rövid időn belül elérhetőek és létszámenőrzésre alkalmasak.[44] A gyülekezési helyek megfelelő kommunikációs eszközökkel vannak ellátva, így a pontokról a visszajelzés és a feljűk történő információközlés megkönnyíti a kárelhárítás kezelését. A gyülekezési pontokon és óvóhelyeken történő létszámenőrzés után kezdődik meg a kimenekítési fázis. [10]

A veszélyhelyzet jellegétől függően az üzemi terület minden elhárításban részt nem vevő személyét ki kell menekíteni a rendelkezésre álló eszközök felhasználásával. Utasításra a gyülekezési helyek készletében lezárt borítékban található meghatározott számú kálium-jodid tablettáinak bevitelével az ott tartózkodók jódpromóxiát hajtanak végre. Amennyiben azt a külső viszonyok lehetővé teszik, 20-30 fős csoportokban kell végrehajtani a kimenekítést, a BESZ erre a feladatra kijelölt csoportja segítségével úgy, hogy sugárellenőrző pontokon történő áthaladással megtörténjen az ellenőrzés, az esetleges szennyezettség mértékének behatárolására. [50]

### *A védekezés során felhasználható eszközök és létesítmények*

A veszélyhelyzet-elhárítás és felszámolás koordinálása az atomerőműben a Védett Vezetési Pontot (továbbiakban: VVP) történik, amely egy külön erre a célra kialakított és felszerelt óvóhely. Innen biztonságos körülmények között végezheti a munkáját az irányító személyzet. A VVP egy speciálisan felszerelt és kialakított aktív szén-szűrős szellőztető rendszerrel ellátott óvóhely, amely alkalmas 20 000 liter ivóvíztartalék, 50 fő 3 napi ellátására alkalmas élelem tárolására, valamint akár 450 fő befogadására. Az elzárkóztatásra tervezett védett óvóhelyektől eltérően azonban az irányításhoz szükséges infokommunikációs és híradási tevékenység ellátására alkalmas eszközökkel van felszerelve, melyek által a veszélyhelyzet közvetlen környezetéből, azonban biztonságos körülmények között megvalósítható a kárhelyirányítás. A biztonság tudatos tervezés eredménye, hogy létezik a VVP-n felül egy ún. Tartalék Vezetési Pont (továbbiakban: TVP), ahonnan a VVP irányítási feladatait annak használhatatlansága esetén szintén el lehet végezni és ugyanakkor a BESZ beriasztott állományának gyűjtőállomása is lehet. [31]

A vezetési pontokon felül létezik két, ún. kettős rendeltetésű óvóhely is, amely szintén megfelelő védelmet nyújtó aktív szén-szűrős szellőztetővel van felszerelve és képes ellátni a veszélyelhárításban részt vevők védelmét, továbbá 10 000 liter ivóvíz kapacitással és 300, valamint 450 fő befogadóképességgel rendelkezik. A veszélyhelyzeten kívüli, normál időszakban a BESZ felszerelésének tárolására is szolgál az építmény. [44] A BESZ felkészültség tükrözi, hogy a felszereléseinek egy része egy külön raktárban van elhelyezve tartalékképzés gyanánt, amely a megelőző óvintézkedések zónájának területén kívül helyezkedik el.

Ezen meglévő védelmi eszközökön és egyéni védőfelszereléseken felül a létesítményi tűzoltóság szertáiraiban is vannak, a mindennapi működés során málházott és raktározott eszközökön felül, védekezésre alkalmas tartalék eszközök elhelyezve. Ezek mennyiségét és állapotát a tűzoltóság szakemberei rendszeresen ellenőrzik és karbantartják. [60] Ilyen eszközök többek között a habképző anyagok, tűzoltó nyomóömlők, szivattyúk, kisméretű és mentőeszközök, továbbá a súlyos baleset-kezelési eljárás kiszolgálására beszerzett, külső hűtőközeg- és villamos betáplálás biztosítására szolgáló felszerelések, a jegesedés elhárítás és árvíz elleni védekezés eszközei, valamint az azok szállítására alkalmas tehergépjárművek. A BESZ normál időszakban szigorú keretek között ellenőrzi és ellenőrizteteti a felszerelések meglétét, állapotát és karbantartásának megvalósulását, melyről folyamatosan nyomon követhető leltári és műszaki dokumentációt vezet. [44]

#### *Veszélyhelyzeti egészségügyi ellátás*

A veszélyhelyzeti egészségügyi ellátás tervezésének alapvetése, hogy normál üzemállapottól eltérő rendkívüli események során egyaránt előfordulhatnak egyéni sérülések, tömeges balesetek, vagy akár közel azonos időben bekövetkező eltérő helyszínű egyedi személyi sérülések. [22] Egy nukleáris veszélyhelyzet során a mechanikai behatások okozta sérülések, sebek, törések és égési sebek ellátásán felül számolni kell a sugárforrások általi sérülésekkel, esetleges inkorporáció fennállásával, valamint a külső és belső sugárterhelés következtében fellépő szervezeti hatásokkal. [50] Ilyen téren a mechanikai sérülésekből további sugársérülések következhetnek be. Alapesetben a sérültek ellátása az üzemorvosi rendelőben vagy a tűzoltóság elsősegély helyén történik meg. A primerkörben külön elsősegélynyújtó helységek lettek kialakítva és felszerelve, ami által az ellenőrzött zónán belüli sérülésellátás is megvalósítható, elkerülve ezzel bármi nemű elsődleges elszennyeződés széthordását. [10]

Olyan esetekben, ha ezek egyike sem alkalmas a kialakult helyzet miatt a sérültek fogadására vagy ellátására, akkor külön ellátóhelyeket kell telepíteni az egyes biztonságos pontokon, vagy kialakítani az óvóhelyek területén. Az egyes sérülések ellátása adott esetben már a dolgozók által megkezdődhet, amihez a későbbiekben kikerkező létesítményi tűzoltóság mentős szakemberei közvetlenül bekapcsolódnak. [10]

A BESZ-en belül az Egészségügyi Szervezet pedig képes koordinálni és kezelni a felmerülő tömeges kezelést. Sugárforrások okozta tényleges vagy feltételezett sérülések esetén az elsősegélynyújtás és a közvetlen életveszély elhárítása után szükséges a szennyezett ruhák eltávolítás és megfelelő elhelyezése, továbbá mentesítés céljából a könnyen eltávolítható szennyeződések lemosása. Abban az esetben, ha sebek és sérült bőrfelületek mentesítésére lenne szükség, akkor azokat a Tolna megyei Balassa János Kórházban tudják az erre rendszeresített speciális műszerezettségű ellátóhelyeken kezelni. Minden személy mentéséhez és mentéséhez figyelembe kell venni a sérült fizikai állapotát és azokat a körülményeket, melyekhez orvosi beavatkozások szükségesek. Ezen döntések megállapításához támpontot szolgáltathatnak a sérült dozimétere által közvetített adatok, az adott helyszín és a szennyező anyagok kémiai és fizikai tulajdonságai, továbbá a sérülések jellege és kiterjedésének mértéke is. [44] Az üzemi terület dolgozói és a veszélyhelyzeti beavatkozó állomány önmentesítési felszereléseinek meglétéről és használati oktatásáról a felkészülési időszakban gondoskodni kell. [10]

#### *Felkészülési időszak*

Normál üzemállapotú időszakban történik a veszélyhelyzetekre és rendkívüli eseményekre történő felkészülés és tervezés, amely magában foglalja a személyi és anyagtechnikai feltételek biztosítását, melyért az érvényes jogszabályok értelmében az üzemeltető gazdálkodó szervezet a felelős.

A felkészülési időszak lényegi aspektusa, hogy az elméleti és gyakorlati felkészültség teljesen lefedje a cselekvési és beavatkozási szinteket, továbbá meghatározza a felelősségi köröket. A beavatkozásban részt vevők és a munkavállalók szakképzésének tematikája részletesen lefedi a meglévő és új ismeretek elmélyítését és gyakorlását. Ennek értelmében a BESZ vezető és beavatkozó állománya az üzemi személyzettel szimulált veszélyhelyzetek kezelését évente többször gyakorolja, eltérő körülmények közt. Minden gyakorlóról szakmailag kiértékelt dokumentáció készül az hibafaktorok feltárására és a kárelhárítás jövőbeni hatékonyságának növelésére. [44] Ezen kutatás-fejlesztési eljárások adják eredményül, hogy minden olyan anyagtechnikai feltétel biztosítva legyen, amely a szimulált kritikus körülmények során felmerül, mint beavatkozáskorlátozó esélyforrás. [44]

#### *A lakosság felkészítése*

Egy rendkívüli veszélyhelyzet kapcsán lényeges, hogy a környező lakosság megfelelő tájékoztatást kapjon a kialakult helyzetről. A felkészítés és tájékoztatás minőségi kielégítése pedig a létesítmény üzemén kívüli feladata. Ennek értelmében a helyzetspecifikusan meghatározott feladatok a lakosság számára egyértelműen lekommunikált és egységesen értelmezett helyzetmeghatározást jelent. [53] A végrehajtandó feladatok és magatartásformák megfelelő koordinálásának alapja az, hogy a lakosság ismerje és alkalmazza azokat a módszereket és eljárásokat, melyek az adott helyzetben csökkentik a pánik kialakulását és a járulékos szükségtelen emberi sérülések bekövetkezését. Ennek betartásával és a megfelelő fegyelmezett magatartással alapjaiban könnyítik meg a szakmai szervek kárelhárítási és szükségszerű kimenekítési feladatainak végrehajtását, ami által hatékonyabb rendkívüli védekezés valósulhat meg. Az atomerőmű a Katasztrófavédelmi Igazgatósággal egyeztetve a feladatokról 30 km-es körzetben tartózkodóknak lakosság tájékoztató naptárt és szórólapot készít. [1] Az óvintézkedések hatékony kivitelezéséhez fontos hírt adni a lakosság számára a kialakult eseményekről és azok lehetséges kimeneteléről, valamint a speciális feladatok végrehajtásának szükségességéről, amelyek esetlegesen érintik a lakosságot. A felkészülési időszakban felkért és megegyezett kommunikációs partnerek segítségével megvalósítható a rendszeres és hatékony tájékoztatás. [56] A rádiók és televíziós adások igénybevételén felül a mobilkommunikációs csatornákat és az internetes portálokat is be lehet vonni a tájékoztatásba. Az információk hitelességének alátámasztását és a hosszútávú elhárítási feladatok kihirdetését sajtótájékoztató szervezésével lehet végrehajtani. Ezzel elkerülhető a lakosság félreinformálása, amivel elkerülhető a pánik és minden olyan cselekmény kialakulása, amely akadályozná a kárelhárítást. [10]

### **3.9. Nemzetközi Nukleáris Eseményskála ismertetése**

A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség és a Nukleáris Energia Ügynökség közös szakértői által létrehozott csoportja 1989-ben megalkotta és kidolgozta az ún. INES skálát, amely a nemzetközi nukleáris események kategorizált besorolására szolgál. [59] Az egyezményes szintek támpontokat adnak az üzemek technológiai eseményeire vonatkoztatott veszélyek besorolásához, illetve a bekövetkezett események következményeinek meghatározásáról. Mivel az INES skála nemzetközileg elfogadott besorolás, és egységesen használt információkat tartalmaz, így határokon átívelő kommunikáció esetén is az azonnali kommunikáció eszközeként szolgál.

A skála szintmeghatározása alapján a szükséges intézmények azonnali reakcióval képesek végrehajtani a biztonsági tervszerűtükben foglalt feladatokat és annak segítségével következetesen behatárolhatóak az egyes üzemekben bekövetkezett balesetek biztonsági jelentőségei.

Az azonnali egyezményes információ továbbításon felül az INES skála megkönnyíti a szakmai közösség, a média és a lakosság közötti tájékozódást az események lehetséges következményeit illetően. A skála tükrözi a vélelmezett és megtörtént események tapasztalatait és egyben alapja egy korábbi, Franciaországban és Japánban alkalmazott besorolásnak, amit a nemzetközi irányelvek és a technológiai változások összessége formált egységesen elfogadottá. A kezdeti skálát az atomerőművekben bekövetkező események meghatározására alakították ki, azonban később kiterjesztették úgy, hogy az atomenergia békés célú felhasználása során bekövetkező események minősítésére is használható legyen. A fejlesztések és átdolgozások végleges eredményeként mára az INES skála alkalmazható a radioaktív anyagok tárolása, alkalmazása és szállítása során potenciálisan fellépő balesetek minősítésére is. A skála alapvetése, hogy az adott szintek logaritmikus felépítésben határozzák meg az esemény súlyosságokat. Ehhez a megtörtént eseményeket és azok hatásait vették alapul. Ennek kapcsán az 1986-os csernobili atomerőmű baleset INES 7-es besorolást kapott, mivel következményeit tekintve kiterjedt környezeti és egészségügyi hatásai voltak. Ilyen alapon a kritériumok kialakításakor a minősítés alapvetése az lett, hogy az egyes események alapján egyértelműen meg lehessen különböztetni egymástól a szinteket. 2011-ben egy földrengés következtében kiváltott cunami balesetet idézett elő a Fukushima-i atomerőműben, melynek hatásai alapján az először blokkonkénti besorolást, majd egyesített INES 7-es szintű esemény megjelölést kapott, annak ellenére, hogy bizonyítottan kiterjedt egészségügyi következményeket nem állapítottak meg. [1]

*Az INES skála fokozatainak példázata:*

0. fokozat: Biztonsági kockázattal nem járó egyéb üzemi esemény.

1. fokozat: Működési hibák, emberi mulasztások és nem megfelelő eljárások használata által a biztonsági protokollok megszegése. Előfordulhat a biztonsági rendszerelemek kisebb meghibásodása, de a mélységben tagolt védelem sértetlensége megmarad.

2. fokozat: Biztonsági berendezések hibás funkciója vagy nem megfelelő működése, mely mellett még elégséges védelem valósul meg.

3. fokozat: Biztonsági rendszer által kiváltott vagy annak meghibásodásából eredő üzemzavari esemény. Pl.: Paks (Magyarország), 2003

4. fokozat: A nukleáris berendezések mértékadó meghibásodásának baleseti szintje. A helyi élelmiszerek ellenőrzése szükségessé válik és a meghibásodás kapcsán számolni kell olyan a helyreállítást akadályozó körülménnyel, mint a részleges zónaolvadás. Példa: Windscale, 1973; Saint-Laurent (Franciaország), 1980.

5. fokozat: Komoly károsodás fellépése a nukleáris berendezésekben és potenciálisan komoly kár a reaktor aktív zónájában. A következmény lehet nagyobb kibocsátás vagy tüzesemény az épületen belül. Példa: Three Mile Island (Amerikai Egyesült Államok), 1979.

6. fokozat: Radioaktív anyagok közvetlenül környezetbe kerülése, magas sugárzással, melyre teljes körű helyi ellenintézkedést hajtanak végre. Példa: Kisztim (újrafeldolgozó üzem a mai Oroszországban), 1957.

7. fokozat: Magas közvetlen radioaktív környezeti kibocsátás nagy területeken és akár több országban eredményez egészségkárosító hatásokat. 1000 T Becquerel feletti sugárzás, rövid és hosszú felezési idejű bomlástermékekkel. Példa: Csernobili atomkatasztrófa (Szovjetunió, ma Ukrajna), 1986 és Fukusimai atomerőmű-baleset (Japán) 2011. [59]

A világ nukleáris létesítményeinek történelmében eddig 8 minősített esemény történt, amelyek közül két alkalommal kellett a legmagasabb, INES 7-es besorolást alkalmazni. Magyarországi viszonylatban rendkívüli üzemzavar 2003-ban történt a Paksi Atomerőműben.

25.táblázat, forrás: [https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2\\_6\\_1](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_6_1)  
(A letöltés dátuma: 2020. 01. 17.)

Kategória	Meghatározás	Esemény	Hatás
0	Skála alatti események	N/A	A biztonság szempontjából nincs relevanciájuk.
1	Üzemzavar	Rendellenesség	Biztonsági szabályozás megszegése, melynek hatásai nem jelentenek effektív kockázatot a dolgozókra és a lakosságra.
2	Üzemzavar	Üzemzavar	Potenciális biztonsági kockázatokkal járó esemény, amely során a dolgozók sugárterhelése még nem haladja meg az éves dóziskorlátokat.
3	Üzemzavar	Súlyos üzemzavar	A dolgozók dóziskorlát meghaladásával járó esemény, amely révén a veszélyeztetett lakosság sugárterhelése legfeljebb néhány tized mSv dózissal párosul.
4	Baleset	Elsősorban létesítményen belüli hatású baleset	Olyan rendkívüli esemény, mely részleges zónaolvadás következménye lehet. Az üzemi személyzet és közvetlenül érintettek körének kis részénél akut egészségkárosodás lép fel, de a veszélyeztetett lakosság számára ez még legfeljebb néhány mSv sugárterhelést jelent.
5	Baleset	Telephelyen kívüli kockázattal járó baleset	Súlyos reaktorzóna károsodás, melynél lakosságot veszélyeztető mértékű radioaktív izotóp kibocsátás következett be, melynek értéke 1014-1015 Bq is lehet. A lakosságra vonatkozó Baleset-elhárítási Intézkedési tervek (BEIT) részleges végrehajtása szükséges.
6	Baleset	Súlyos baleset	Jelentős radioaktív anyag (1015-1016 Bq) kibocsátás miatt fellépő súlyos egészségkárosító következmények. Az esemény kapcsán teljes körű BEIT végrehajtása szükséges.
7	Baleset	Nagyon súlyos baleset	Olyan esemény, mely révén a reaktortartályból a radioaktív anyagok nagy része a környezetbe kerül (>1016 Bq). Az atomerőmű területén belül és kívül az akut sugársérülés veszélye potenciálisan magas. Az esemény későbbi utóhatása pedig nagy területen jelentkező egészség- illetve környezetkárosító hatás.

## Hivatkozott Irodalom jegyzéke

- [1] Bognár Balázs, Kátai-Urbán Lajos, Kossa György, Kozma Sándor, Szakál Béla, Vass Gyula.: *Iparbiztonságtan I. - Kézikönyv az iparbiztonsági üzemeltetői és hatósági feladatok ellátásához*, Budapest: Nemzeti Közszerológálati Egyetem, Nemzeti Közszerológálati és Tankönyv Kiadó Zrt., 2013
- [2] Atomerőmű Tűzoltóság, Atomix Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat: *Szakmai Ismeretek Oktatási anyag*, Atomix at-me-6.2.2.-11-v2: Atomerőműves rendszerek, Paks, 2012. 08. 01.
- [3] Csom Gyula: *Atomerőművek*, Budapest, Magyar Atomfórum Egyesület, 2004
- [4] Szakál Béla - Vass Gyula - Kátai Urbán Lajos: *Katasztrófavédelem I. – Vegyipari Katasztrófák*, Budapest, Szent István Egyetem Ybl Miklós Főiskolai Kar 229 p, 2004
- [5] Földi László, Halász László, Kis Erika: *Környezetbiztonság*, Budapest, Complex kiadó, 2009
- [6] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *A nukleáris biztonság alapelvei*, V6.0, Paks, 2020
- [7] Solymosi Máté: *Kis szervezetek nukleáris biztonsági és védettségi kultúrájával kapcsolatos megfontolások*, Hadmérnök 12: (3) pp. 154-165. 2017
- [8] Sebestyén Zsolt, Horváth Kristóf, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris biztonság és védetség hazai kutatási-fejlesztési eredményei*, Hadmérnök XI: (4) pp. 69-90. 2016
- [9] Dan Gabriel Cacuci: *Handbook of Nuclear Engineering*, New York, Springer Science+Business Media LLC, 2010
- [10] MVM Paksi Atomerőmű Zrt. - *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat*, Paks, MSSZ\_V20, érvényes: 2020.04.01.
- [11] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., - Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk: *Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Előrehaladási Jelentés*, V1.0, Paks, 2011. augusztus 15.
- [12] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Atomerőmű generációk fejlődésének vonzatai*. Hadmérnök XIII. 3. pp 150-163 2018
- [13] Pátzay György: *Energiatermelés* című egyetemi előadása, <https://docplayer.hu/39547063-Energiatermeles-1-dr-patzay-gyorgy-1.html> (letöltés dátuma: 2022.04.10.)
- [14] Pór Gábor.: *Atomenergetikai alapismeretek – Atomerőművek generációi*, Budapest, Edutus Főiskola, 2012 [www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017\\_61\\_atomenergetikai\\_alapismeretek/ch01s03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_61_atomenergetikai_alapismeretek/ch01s03.html) (A letöltés dátuma: 2017. 10. 27.)
- [15] Hanusovszky Livia: *Atomreaktorok* előadás [http://atomfizika.elte.hu/magreszfiz/hanusovszkylivia\\_atomreaktorok.pdf](http://atomfizika.elte.hu/magreszfiz/hanusovszkylivia_atomreaktorok.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.10.27.)
- [16] *International Basic Safety Standards*. International Atomic Energy Agency, Safety Standards Series No.GSR Part 3, IAEA, Austria, 2014 <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards> (A letöltés dátuma: 2021.10.27.)
- [17] Radnóti Katalin, Király Márton: *Az atomenergiáról egyszerűen: az atomerőművek működése, típusaik és jövőjük*, Nukleon, VIII 177 1-13. oldal, 2015
- [18] Czifrus Szabolcs: *IV. generációs reaktorok kutatása*, <http://docplayer.hu/108279516-Iv-generacios-reaktorok-kutatasa-czifrus-szabolcs-bme-nti.html> (A letöltés dátuma: 2021.10.20.)
- [19] Iter.org: *What is a Tokamak?*, <https://www.iter.org/mach/Tokamak> (A letöltés dátuma: 2021.10.26.)

- [20] Rácz Ervin: *Nukleáris Erőművek előadássorozat, 6. előadás: Atomreaktorok generációi* [http://uni-obuda.hu/users/racz.ervin/NE\\_n\\_1\\_Eloadas.pdf](http://uni-obuda.hu/users/racz.ervin/NE_n_1_Eloadas.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.10.27.)
- [21] Hózer Zoltán, Pázmándi Tamás: *Új blokkok a paksi atomerőműben*, Nukleon VII. évf. (2014) 152, Magyar Nukleáris Társaság, 2014
- [22] Német Béla: *Nukleáris energetika előadássorozat, 7. előadás: Harmadik generációs atomerőművek, a paksi atomerőmű bővítése (Paks-II)*, Pécs 2015 [http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/Nucl-En-7\\_PaksII.pdf](http://www.physics.ttk.pte.hu/pages/munkatarsak/nemetb/Nucl-En-7_PaksII.pdf) (A letöltés dátuma: 2021.10.30.)
- [23] Boros Ildikó: *Atomerőművi főberendezések*, <https://docplayer.hu/39840997-Egyeb-reakortipusok-atomeromuvi-technologiak-boros-ildiko-bme-nti.html> (A letöltés dátuma: 2021.10.30.)
- [24] 15/2001. (VI.6.) KöM rendelet, az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről
- [25] The VVER today: *Evolution, Design, Safety* – State Atomic Energy Corporation ROSATOM <http://www.rosatom.ru/upload/iblock/0be/0be1220af25741375138ecd1afb18743.pdf> (A letöltés dátuma: 2022.03.03.)
- [26] Elter József - Tóthné Laki Éva - Peter Matejovic: *Súlyos baleset kezelési koncepció az olvadék reaktortartályban tartására a Paksi Atomerőműben*, <https://nuklearis.hu/nukleon/sulyos-baleset-kezelesi-koncepcio-az-olvadek-reaktortartalyban-tartasara-paksi-atomeromuben> (A letöltés dátuma: 2022.10.30.)
- [27] Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény
- [28] A nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet
- [29] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Atomerőművek létesítést megelőző alapvető szabályozóinak és tervezési kritériumainak vizsgálata*. Bolyai Szemle XXVI. évfolyam, 1. szám, pp.: 126-139 2017
- [30] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Nukleáris biztonsági irányelvek magyarországi megvalósulása*. Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Folyóirat (2498-6194): IV. 2. pp 122-145 2019
- [31] Atomerőmű Tűzoltóság, Atomix Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat: *Szakmai Ismeretek Oktatási anyag*, Atomix at-me-6.2.2.-1-v2: Üzemzavar elhárítási oktatási anyag, Paks, 2013. 07. 01.
- [32] Hoffmann Imre, Kátai-Urbán Lajos, Lévai Zoltán, Vass Gyula: *Iparbiztonsági kockázatok Magyarországon*, Védelem Online: Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár 22: (1) 546 2015
- [33] Safety of Nuclear Power Reactors World Nuclear Association: *Energy For Sustainable Development*, 2003. <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/safety-of-nuclear-power-reactors.aspx> (A letöltés dátuma: 2021.10.30.)
- [34] Az atomenergia alkalmazásával kapcsolatos sajátos tűzvédelmi követelményekről és a hatóságok tevékenysége során azok érvényesítésének módjáról szóló 5/2015. (II. 27.) BM rendelet
- [35] Solymosi Máté, Solymosi József, Vass Gyula: *A nukleáris biztonsági kultúra és a nukleáris védettségi kultúra történeti áttekintése és hazai alkalmazásai*, Védelem tudomány, 5: (1) pp. 181-191. 2020
- [36] Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Manga László, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán: *Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radioaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszerekben*, Sugárvédelem XIII: (1) pp. 1-8. 2020
- [37] Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris balesetektől levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész*, Bolyai Szemle 2016/4: pp. 120-136. 2016

- [38] Antal Zoltán, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Atomerőmű létesítés tűzvédelmi követelményeinek vizsgálata*. Védelem tudomány II. évfolyam, 1. szám, pp.: 17-30. 2017
- [39] Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (IX.6.) BM rendelet
- [40] Kátai-Urbán Lajos, Sibalinné Fekete Katalin, Vass Gyula: *Hungarian Regulation on the Protection of Major Accidents Hazards*. Journal of Environmental Protection, safety, Education and Management 4:(8) pp. 83-86. 2016
- [41] A 312/2012. (XI. 8.) Korm. rendelet az építésügyi és építésfelügyeleti hatósági eljárásokról és ellenőrzésekről, valamint az építésügyi hatósági szolgáltatásról
- [42] Cimer Zsolt, Szakál Béla, Hoffmann Imre: *Compliance with the new legal requirements on the demonstration of safety management systems in the safety report*. SCIENCE FOR POPULATION PROTECTION 8:(2) pp. 1-12. 2016
- [43] Petőfi Gábor, Rónaky József, Solymosi József: *A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése*, Hadmérnök 2: (1) pp. 58-64. 2007.
- [44] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) I. modul: *Általános kötet*, MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.
- [45] Az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról szóló 59\_2013 Euratom irányelv
- [46] Az egészségügyről szóló 1997 évi CLIV törvény 1997. évi CLIV. törvény
- [47] Berek Tamás: *Honvédelmi Ismeretek – ABV (CBRN) Védelmi Alapismeretek* jegyzet, Budapest, Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi egyetem, 2010
- [48] Manga László, Deme Sándor, Vincze Árpád: *A lakossági óvintézkedések bevezetésének sugárzás monitorozási kérdései nukleáris veszélyhelyzetben*, Sugárvédelem XII. évf.: (1. szám) pp. 41-50. 2019
- [49] Az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet
- [50] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, II. modul: *Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv*, Verziószám: 9.3, Paks, 2016.02.04.
- [51] A katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény
- [52] Az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet
- [53] Az Országos Nukleárisbaleset-elhárításról szóló 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet
- [54] 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról szóló 234/2011. (XI. 10.) Kormányrendelet
- [55] *Fire Safety in the Operation of Nuclear Power Plants* (2000), International Atomic Energy Agency IAEA Safety Standards Series No.NS-G-2.1, IAEA, Austria <https://www.iaea.org/publications/6018/fire-safety-in-the-operation-of-nuclear-power-plants> (A letöltés dátuma: 2021. 12. 17.)
- [56] Mógor Judit, Bonnyai Tünde: *A katasztrófavédelem lakosságtájékoztatási módszerei és eszközei*, Polgári Védelmi Szemle 19:3pp. 11-14., 4 p. 2012
- [57] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT): *Mellékletek* (2016). MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 9.3, Paks, 2016. 02. 04.



- [58] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) Végrehajtási utasítás: *A veszélyhelyzetek kategorizálásához és a veszélyhelyzet kialakulása esetén elvégzendő riasztási feladatok végrehajtásához az Ügyeletes Mérnök részére*, Paks, MVM Paksi Atomerőmű Zrt. ÁVIT\_VU35\_V11, 2021
- [59] Antal Zoltán, Révai Róbert, Bérczi László: *Nukleáris baleset-elhárítás Magyarországon, különös tekintettel az egészségügyi hatásokra – II. rész*. Műszaki Katonai Közlöny XXIX. évfolyam, 2019/4. szám, pp135-155. 2019
- [60] Safety of Nuclear Power Plants: *Design* International Atomic Energy Agency. IAEA Safety Standards Series No.SSR-2/1, IAEA, Austria 2012. <https://www.iaea.org/publications/10885/safety-of-nuclear-power-plants-design> (A letöltés dátuma: 2022.03.03.)
- [61] Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) Végrehajtási utasítás: *Végrehajtási utasítás a BESZ vezetője részére*, Paks, MVM Paksi Atomerőmű Zrt., ÁVIT\_VU40\_V03, 2019
- [62] Atomerőmű Tűzoltóság, Atomix Kft. Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat: *Üzemzavar elhárításban, Súlyos Baleset-kezelésben, Nukleáris Baleset-elhárításban közreműködés belső szabályzata*, Atomix BSz-03-AT, Paks, 2013.02.01.
- [63] MVM Paksi Atomerőmű Zrt., OF – *Súlyos Balesetkezelési Útmutatók*. V2.0, Paks, 2013.
- [64] Az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet
- [65] Tóth Ferenc, Mógor Judit, Bonnyai Tünde: *A katasztrófavédelem polgári védelmi feladatai*, Védelem – Katasztrófa – Tűz és Polgári Védelmi Szemle 18:6pp. 39-42., 4 p. 2011
- [66] INES 2020: *Nemzetközi Nukleáris Esemény Skála*. [https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2\\_6\\_1](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_6_1) (A letöltés dátuma: 2022. 01. 17.)
- [67] Dobor József, Pátzay György, Kossa György: *Atomerőművi Balesetek és Üzemzavarok Tanulságai 1.*, Hadmérnök 12: (1) pp. 58-71. 2017
- [68] Dobor József, Pátzay György, Kossa György: *Atomerőművi Balesetek és Üzemzavarok Tanulságai 2.*, Hadmérnök XII: (4) pp. 84-98. 2017

## 5. A veszélyhelyzet korai szakaszának információgyűjtésére szolgáló táblázatai:

26.táblázat: Ügyeletes Mérnök információgyűjtési lista, forrás: ÁVIT\_VU35\_V11 39. oldal [92]

	Ügyeletes mérnök	végrehajtva
1.	Az eseményről információ gyűjtése (blokk, dozimetria, tűzoltóság, rendészet)	<input type="checkbox"/>
2.	Veszélyhelyzeti osztályozás elvégzése (eseményt követő 15 percen belül)	<input type="checkbox"/>
3.	Riasztási formalap kitöltése, intézkedés a külső együttműködők felé történő továbbítására.	<input type="checkbox"/>
4.	Telephelyi védőintézkedések elkészítése, nyomtatvány kitöltése. Előtte konzultáció dozimetriával. Lakossági védőintézkedés ajánlás készítésének elrendelése.	<input type="checkbox"/>
5.	ÁVIT készenlétesek riasztására intézkedés, nyomtatvány kitöltése. ÁVIT készenlétesek riasztásának elrendelése.	<input type="checkbox"/>
6.	Belső, külső együttműködők telefonos riasztása. (eseményt követő 30 percen belül)	<input type="checkbox"/>
7.	Lakossági védőintézkedés jóváhagyása. Intézkedés a védőintézkedés kiadására MARATHON-on, vagy faxon	<input type="checkbox"/>
8.	Lakossági védőintézkedés SMS formanyomtatvány kitöltése. Intézkedés a védőintézkedés kiadására a Pannon Futáron.	<input type="checkbox"/>
9.	Ellenőrizni a belső, külső együttműködők telefonos riasztását, illetve az ÁVIT készenlétesek riasztását. A nem elérhető személyek pótlásáról intézkedni kell.	<input type="checkbox"/>
10.	Veszélyhelyzet-kezelés feladat átadása a vállalatvezető ügyeletesnek, vagy a BESZ vezetőnek.	<input type="checkbox"/>

27.táblázat: EIK szolgálatvivő információgyűjtési lista, forrás: ÁVIT\_VU35\_V11 40. oldal [92]

	<b>EIK szolgálatvivő</b>	<b>végrehajtva</b>
1.	Riasztási üzenet formalap előkészítése, MARATHON levelező rendszer ellenőrzése, Pannon Futár ellenőrzése, Akusztikus riasztó rendszer ellenőrzése.	<input type="checkbox"/>
2.	Riasztási üzenet formalap átadása ÜM-nek.	<input type="checkbox"/>
3.	Telephelyi védőintézkedés formalap átadása az ÜM-nek.	<input type="checkbox"/>
4.	Telephelyi védőintézkedés kiadása az Akusztikus riasztórendszeren keresztül az ÜM utasítására.	<input type="checkbox"/>
5.	BESZ készenlétesek riasztásának formalap előkészítése.	<input type="checkbox"/>
6.	BESZ készenlétesek riasztása a Pannon Futár - Automata hívórendszeren, vagy SMS-ben az ÜM utasítására	<input type="checkbox"/>
7.	Belső, külső együttműködők riasztása az ÁVIT mellékletei szerint az ÜM-kel együttműködve.	<input type="checkbox"/>
8.	Lakossági védőintézkedés kiadása MATATHON-on, vagy faxon az ÜM utasítására.	<input type="checkbox"/>
9.	Lakossági védőintézkedés SMS formanyomtatvány előkészítése.	<input type="checkbox"/>
10.	Lakossági védőintézkedés SMS kiadása a Pannon Futáron az ÜM utasítására.	<input type="checkbox"/>
11.	Riasztási formalap továbbítása a külső együttműködőknek MARATHON-on. Az OAH-nak faxon is továbbítani. (eseményt követő 60 percen belül)	<input type="checkbox"/>
12.	Az elkészített, kitöltött nyomtatványok, dokumentumok összegyűjtése, eljuttatása a Védett Vezetési Pontra.	<input type="checkbox"/>

## 6. A fejlesztési javaslatok összegző táblázata

28.táblázat: A disszertációban általam fejlesztésre, bővítésre javasolt újítások fejezetekre bontott összegző táblázata

Fejezet száma	Célterület	Új fejlesztések és javaslatok	Meglévő célterület fejlesztése/bővítése
1.	Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelés		Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési kézikönyvet állítottam össze, célzottan a releváns szakmai ismeretekhez
1.	Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelés	Moduláris felépítésű oktatási tematikát dolgoztam ki célcsoport meghatározással	
2.	Két atomerőmű közti valós idejű kommunikáció és eseménykezelés	Kidolgoztam az Üzemállapot Monitorozó Rendszert, továbbá annak technológiai követelményein alapuló kiépítési koncepcióját a hozzá tartozó fejlesztési ütemtervvel	
2.	Két atomerőmű közti valós idejű kommunikáció és eseménykezelés		Meghatároztam a két atomerőmű közti valós idejű kommunikáció fejlesztésének szükségességét
2.	Két atomerőmű közti valós idejű kommunikáció és eseménykezelés		Kidolgoztam az Ügyeletes mérnök és az EIK szolgálatvezető információgyűjtési táblázatának bővített verzióját
2.	ÁVIT veszélyhelyzeti osztály besorolás		Javaslatot fogalmaztam meg az azonnali választézkedések fejlesztésére a veszélyhelyzeti osztályok bontásában
3.	ÁVIT		Meghatároztam a két párhuzamosan működő atomerőmű tekintetében az ÁVIT bővítési területeit
3.	BESZ	Kidolgoztam a bővített BESZ szervezeti struktúra és feladatkörök új, „közreműködő” meghatározását	Kidolgoztam az összevont, bővített BESZ fejlesztési javaslatait, kitérve a működési állapotok, szervezeti struktúra és a feladatkörök fejlesztésére

3.	BESZ		Fejlesztési javaslatot fogalmaztam meg a BESZ riasztási láncolatával kapcsolatban
3.	ÁVIT		Javaslatot fogalmaztam meg olyan új, közös VVP-k kiépítésére, melyek a meglévő alapján képesek mindkét atomerőmű irányába ellátni a funkciójukat
3.	ÁVIT	A veszélyhelyzeti osztályok kapcsán meghatároztam a két atomerőmű egymásra gyakorolt kihatásának besorolását	A veszélyhelyzeti osztályok fejlesztését javasoltam, ami által immár két atomerőmű besorolása végezhető el
3.	Létesítményi Tűzoltóság		Meghatároztam a tűzoltóság erő-eszköz és állománybővítésének szempontjait, amelyek alapján javaslatot fogalmaztam meg annak fejlesztésére
3.	ÁVIT		Meghatároztam a meglévő TMMT-k alapján egy új, kombinált TMMT szempontrendszer és az azzal történő eseménypriorizálási lehetőségekre javaslatot fogalmaztam meg
3.	ÁVIT	Kidolgoztam egy veszélyhelyzeti tervezési metszetet az új TMMT-k kidolgozásának alapkövetelményeként	
4.	SBK		Meghatároztam a közös balesetkezelés lehetőségeit és javaslatot fogalmaztam meg a szükséges betáplálások átvezetésének lehetőségeire a két atomerőmű között
4.	SBK	Kidolgoztam az annulus levegőhűtésének betáplálási eljárását, mint új SBK betáplálási megoldást, a 3+ generációs atomerőmű technológiai eltéréseihez igazodva	
4.	SBK		Javaslatot fogalmaztam meg az új atomerőmű víznyerési lehetőségeivel kapcsolatban

4.	SBK		Meghatároztam az SBK kapcsán felmerülő erő-eszköz bővítésének szükségességét és javaslatot fogalmaztam meg a bővítésre
5.	Földrengés elleni védekezés		Javaslatot fogalmaztam meg a perifériás védelem bővítésére, óvóhelyek, adótornyok, SBK tárolók és vízbetáplálási útvonalak fejlesztésére
5.	Árvíz elleni védekezés		Javaslatot fogalmaztam meg a perifériás védelem fejlesztésére, erő-eszköz és emberállomány, továbbá a védművek bővítésére
5.	Árvíz elleni védekezés		Javaslatot fogalmaztam meg a perifériás védelem kapcsán az új atomerőmű területét érintő vízelvezetésének lehetőségeivel kapcsolatban
5.	Rendkívüli, szélsőséges időjárás elleni védekezés	Javaslatot dolgoztam ki a jegesedés elhárítás és az extrém alacsony vízszint kezelésének lehetőségeire figyelembe véve és előre vetítve a potenciális klimatológiai változásokat	
5.	Rendkívüli, szélsőséges időjárás elleni védekezés		A Paksi Atomerőmű jegesedéselhárítási tervszerve alapján javaslatot fogalmaztam meg az új atomerőmű vízellátásának megoldásaira
5.	Rendkívüli, szélsőséges időjárás elleni védekezés		Extrém alacsony vízszint esetére a Paksi Atomerőmű tervszerve alapján javaslatot fogalmaztam meg az új atomerőmű vízellátásának megoldásaira
5.	ÁVIT		Javaslatot fogalmaztam meg a jegesedés és alacsony vízszint implementálására az ÁVIT veszélyhelyzeti osztályai közé, melyhez bővítettem a releváns meghatározási táblázatot is

## 7. Kohéziós táblázat - a hipotézisek, kutatási célkitűzések és tudományos eredmények egymásra épülése

Sz.	Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célkitűzés	Javasolt kutatási eredmény
1.	Az atomerőművek technológiai és nukleárisbaleset-elhárítási szempontjainak iparbiztonsági célú összefoglalása témában a következőket dolgoztam ki:	Vélelmezem, hogy az atomerőműves technológia és a nukleáris baleset-elhárítás ismereteinek tematizált összefűzésével az általános kárelhárítási eljárásokon felül olyan oktatási és biztonsági eszközparkot felölelő, részletes segédanyagot készíthetnek, amely a Katasztrófavédelem szakemberei számára releváns tudást eredményez arról, hogy egy esetleges veszélyhelyzetben milyen protokollokat és eszközöket kell alkalmazni az optimális hatékonyság érdekében.	Összesíteni a meglévő szabályozókat, amelyek az atomerőmű tervezésével, építésével, üzemeltetésével kapcsolatosak, hogy a lényegi aspektusaikat összefűzve olyan komplex ismeretanyagot eredményezzen, amely az alapvető ismereteken felül bárkinek érthető és felhasználható, akár oktatási célokra is, továbbá kutatom mindazon feltételeket, melyek az atomenergia használata során a Katasztrófavédelem számára felmerülhetnek, a kockázati tényezőktől a társadalomra és gazdaságra gyakorolt hatásokig.	Az atomerőművek technológiai és nukleárisbaleset-elhárítási szempontjainak iparbiztonsági célú vizsgálatára alapozva <b><u>kidolgoztam</u></b> a nukleáris események kezelésében részt vevő beavatkozó állomány felkészítéséhez szükséges oktatási tematikát, valamint a hozzá kapcsolódó Nukleáris Veszélyhelyzet-kezelési Kézikönyvet, amellyel fokozható az érintett személyi állomány felkészültsége.
2.	A meglévő és tervezett atomerőművek valós idejű kommunikációja és eseményreagálási hatásfaktorai kapcsán a következő eredményeket sorakoztattam fel:	Vélelmezem, hogy a meglévő Paksi Atomerőmű és az épülő Paks 2 irányítási rendszereinek olyan irányú továbbfejlesztése szükséges, ahol az információtovábbítás az eseményhatásokról és az elindított eljárásokról valós idejű adatok továbbítását valósítja meg a védelemért felelős szervezetek felé, továbbá ennek kidolgozása alapján szükséges a veszélyhelyzetekre vonatkozó eljárások bővítése.	Meghatározom a jelenleg aktuális balesetkezelés során alkalmazott eseményfüggő protokollok relevanciáját és működőképességét két, egymás közvetlen szomszédságában működő atomerőmű tekintetében, amivel megalapozom egy új rendszer kifejlesztésének implementálását a védelemi rendszerek elvei közé.	A meglévő és tervezett atomerőművek valós idejű kommunikációja és eseményreagálási hatásfaktorainak átfogó és összehasonlító elemzésére építve <b><u>meghatároztam</u></b> az Üzemállapot Monitorozó Rendszerhez tartozó és a kivitelezési követelményeket figyelembe vevő technológiai beavatkozási lehetőségeket, amelynek kapcsán konkrét <b><u>javaslatot tettem</u></b> az üzemi dokumentációk és a veszélyhelyzeti eljárások bővítésére, valamint a rendszer felhasználói felületére és működési kritériumaira, ezzel biztosítva az együttes működés hatékonyságának növelését.

Sz.	Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célkitűzés	Javasolt kutatási eredmény
3.	A párhuzamosan működő atomerőművek komplex veszélyhelyzeti tervezésének fejlesztéséhez az alábbi bővítéseket dolgoztam ki:	Feltételezem a nukleáris biztonság jegyében történő, két erőműre vonatkoztatott, kombinált Tűzoltási és Műszaki Mentési Terv (továbbiakban: TMMT) kidolgozását, melyhez bővíteni kell a Baleset-elhárítási Szervezet (továbbiakban: BESZ) és az őket tartalmazó Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv (továbbiakban: ÁVIT) releváns részeit, kiegészítve a létesítményi tűzoltóság és a riasztási fokozatok speciális bővítésének javaslatával.	Célom az iparbiztonság és a két párhuzamosan működő atomerőmű számára jól meghatározott javaslatok kidolgozása, melyek hatékonyabbá teszik a veszélyhelyzetek kezelését és a bekövetkező balesetek elleni hatékonyabb megelőzési, felkészülési és védekezési feladatokat. A kidolgozandó javaslatok érintik a jogszabályi, technikai, eljárási, hatósági módszertanokat és szabályokat.	A párhuzamosan működő atomerőművek nukleáris balesetelhárítási feladatai kapcsán <b><u>megállapítottam</u></b> a Baleset-elhárítási Szervezet és a Létesítményi Tűzoltóság szervezeti fejlesztési lehetőségeit, az Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv bővítési és a kombinált TMMT tervezési szempontrendszerét, különös tekintettel a riasztási fokozatok bevezetésére és a külső beavatkozó szervezetek harmonizált közreműködésére, amely az együttes üzemelés feltételeit magasabb szinten képes biztosítani.
4.	A Súlyos Baleset-kezelési eljárások fejlesztése a párhuzamosan működő atomerőműveknél témában a bővítéshez a következő fejlesztéseket dolgoztam ki:	Vélelmezem, hogy a jelenleg működő négy atomreaktor biztonságnövelő intézkedéseinek keretében kidolgozott Súlyos Baleset-kezelési (továbbiakban: SBK) eljárások továbbfejlesztése szükséges az új generációs atomreaktorok technológiai sajátossága és különbségei végett, bővítve az SBK betáplálási eljárások rendjét, hogy az immár mindkét atomerőmű célzott biztonsági funkcióit képes legyen egyszerre lefedni.	Vizsgálom a két erőmű párhuzamos működésével kapcsolatos nukleárisbaleset-elhárítási tervezést, meghatározom és elemzem a jelenleg működő intézkedéseket és eljárásrendeket, amelyek révén fejlesztési javaslatokat fektetek le egy új, komplex védelmi tervezési és óvintézkedési rendszer meghatározásához	A párhuzamosan működő atomerőművek Súlyos Baleset-kezelési eljárásainak elemzése alapján az egységesítés érdekében fejlesztési javaslatokat <b><u>dolgoztam ki</u></b> a súlyos baleset-kezelési eljárásrendek közös rendszerben történő működtetésére, amely kiterjed a súlyos baleset-kezelési útmutatóra és az új atomerőmű technológia eltéréseit figyelembe vevő komplex eljárásrend koncepcióra, így erősítve a védekezésre vonatkozó felkészültséget.



Sz.	Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célkitűzés	Javasolt kutatási eredmény
5.	A párhuzamosan működő atomerőművek perifériás védelmi kiépítésének bővítése kapcsán a következő újító megállapításokat tettem:	Az elmúlt évek tapasztalatai alapján vélelmezem, hogy az Országos Atomenergia Hivatal által készített, a Paksi Atomerőmű Célzott felülvizsgálatáról szóló Nemzeti Jelentés bővítése szükséges az új atomerőmű létesítése kapcsán, hogy a perifériás védelmi eszközök kiépítésének koncepciója megvalósuljon.	A szakmában szerzett tapasztalataim és a közelmúlt nukleáris technológiát érintő eseményei tükrében következtetéseket vonok le a meglévő eljárásrendek aktuális hatékonyságának mértékéről és azok fejlesztése érdekében, ezek figyelembe vételével a meglévő szabályozókat és a technológiai ismeretanyagokat felhasználva megalapozott bővítési javaslatokat fogalmazok meg.	A párhuzamosan működő atomerőművek perifériás védelmi kiépítésének bővítése céljából végzett - a földrengésállóságot, az árvízi védekezést és a rendkívüli időjárási helyzetek érintő - kutatásom alapján <b><u>tudományos rendszerbe foglaltam</u></b> a biztonsági dokumentáció és az Átfogó Veszélyhelyzetkezelési és Intézkedési Terv részelemeinek fejlesztési szükségleteit, amelyek elősegítik a biztonságos működés feltételrendszerét.