

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS SZERZŐI ISMERTETŐJE

**NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA**

Antal-Farkas Zoltán

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

Témavezetők:

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

Budapest

2022. 09. 20.

A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

Napjainkban a villamos energia olyan mindennapi nélkülözhetetlen elemmé vált, amely folyamatos előállítás igényel, hiszen nem vagyunk képesek egyelőre 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. A napról napra növekvő egyéni fajlagos energiaigény a technológiai fejlődés és működési hatásfoknövekedés következménye, ami optimális és stabil villamos energiatermelést követel meg.

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.

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. A

műszaki megoldásokhoz társított kockázatelemzések akkor tekinthetők teljesnek, ha a zónaszerűléshez, 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 mértének függvényében soroljuk be bizonyos irányelvek alá. Az ebből adódó egyezményes szintek támpontokat adnak a technológiai, ipari rendszerek és folyamatok biztonságos létesítéséhez és üzemeltetéséhez. 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.

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. 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.

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. 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. A biztonsági és védelmi rendszerek és rendszerelemek több párhuzamos működésű folyamatként üzemelnek, biztosítva az üzemállapotok és ugyanakkor egymás szintjeinek sérthetlenségét is.

Az új erőművek technológiai újításait azonosíthatni szükséges a régi erőmű protokolljaival és azokat egy közös rendszerben továbbfejleszteni. 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 tartalmaznak olyan lényeges fejlesztéseket, melyekről érdembeli említést kell honosítani a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (továbbiakban: NBSZ) kötetei közé.

A magyarországi NBSZ kötetek tartalmazzák 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. 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.

Számolni kell azzal, hogy a rendszerek működtetése közben nemmegfelelőségek lépnek fel, amelyek kezelésére a tervezésnek ki kell térnie a veszélyeztetettség elkerülése érdekében. Ahhoz, hogy ez valóban megvalósuljon, olyan folyamatokat kell kidolgozni, melyek modellezik a következményeket lépésről lépésre úgy, hogy a végeredmény olyan visszacsatolás legyen, ami megelőző és ismétléseket elkerülő protokollokat eredményez. 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. Hogy ez létrejöhessen, a nukleáris biztonság szempontjából fontos rendszerek és rendszerelemek tervezési alapelveinek és követelményeinek pontos meghatározása kellett.

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 üzemállapokra 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 tetézhethők 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 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.

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. Céлом 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 övintézkedési 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 felmérésével 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.

AZ ELVÉGZETT VIZSGÁLAT TÖMÖR LEÍRÁSA FEJEZETENKÉNT

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 építünk 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 határfaktorainak releváns szükségzerű 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 válaszingykedések 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 többretű 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.

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 vázlok 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.

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 halmaz 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 elvekkel 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.

- 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. Összességében kijelenthető, hogy a lefektetett fejlesztési irányelv olyan mértékben járul hozzá a nukleáris biztonsághoz, hogy nemcsak a hipotézist 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 végrehajtói 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 leveztettem, 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 rendkívüli időjárási eseményekkel 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 tevékenységre 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 válaszintézkedések megvalósítására alkalmas, mint a jelenlegi helyzetkezelési eljárásrend.
3. A bővített BESZ, ÁVIT, Létesítményi Tűzoltóság és a kombinált TMMT tervezete 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 sorakoztathatók 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.

A DOKTORJELÖLT TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓS JEGYZÉKE

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

A DOKTORJELÖLT SZAKMAI-TUDOMÁNYOS ÉLETRAJZA

Név: Antal-Farkas Zoltán

Születési hely, idő: Pápa, 1985.04.29.

Tanulmányok:

2009-ben a Pázmány Péter Katolikus Egyetem, Vitéz János karán szerzett elektronikus sajtó szakirányú Kommunikátor oklevelet. A Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetemen kezdte meg Védelmi Igazgatási tanulmányait 2011-ben. 2014-ben Védelmi Igazgatási szervező oklevelet szerzett az idő közben Nemzeti Közszolgálati Egyetemmé átszervezett intézményben. 2017-ben a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen végzett, mint okleveles Védelmi Igazgatási vezető. A PhD képzést a Katonai Műszaki Doktori Iskolában kezdte meg, 2017-ben.

Szakmai pályafutás:

Tűzoltó pályafutását 2008-ban kezdte az ISD Dunafer Zrt. létesítményi tűzoltóságán, ahol 2014-től beosztott vezetői és tűzoltásvezetői tevékenységet látott el. 2015-ben az MVM Paksi Atomerőmű Zrt., Atomix Kft. Létesítményi Tűzoltóságára nyert felvételt szerparancsnokként és

alpin mentésvezetőként, valamint 2018 óta megbízott szolgálatparancsnok helyettesként és sugárvédelmi megbízottként szolgál. 2022-ben Mentőápoló végzettséget is szerzett, amellyel az Atomerőmű Tűzoltóság Mentőszolgálatánál is szakirányú feladatokat lát el.

Tudományos tevékenység:

Több mint 14 éves tapasztalattal rendelkezik tűzoltóként iparbiztonsági és tűzoltás-műszaki mentési területen. 7 éve dolgozik az atomerőműben és aktívan foglalkozik nukleáris balesetelhárítással. Az atomerőmű, a Katonai Műszaki Doktori Iskola és a tűzoltóság kapcsán jutott el a jelölt fő kutatási területéhez, mely szakmai előélete alapján a nukleáris veszélyhelyzet-kezelés lett. A kutatási területéhez iparbiztonsági, sugárvédelmi, egészségügyi és speciális mentési tanulmányokat és kutatásokat végzett, melyeket az értekezésében, az ahhoz tartozó és azon felül megjelent publikációiban is részletezett. Részt vett több hazai és nemzetközi konferencián, kiállításon és versenyen is.

Budapest, 2022. szeptember 20.



Antal-Farkas Zoltán