

Doktori (PhD) értekezés

Manga László

2023

NEMZETI KÖZSZOLGÁLATI EGYETEM
HADTUDOMÁNYI ÉS HONVÉDTISZTKÉPZŐ KAR
KATONAI MŰSZAKI DOKTORI ISKOLA

Manga László

**Súlyos nukleáris baleseteket követő környezeti
sugárzási helyzet felmérési eljárások és
módszerek kutatása és fejlesztése**

Doktori (PhD) értekezés

Tudományos témavezetők:



.....
Prof. Em. Dr. Solymosi József DSc. Dr. habil. Kátai-Urbán Lajos PhD

BUDAPEST, 2023.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS.....	4
1. A KUTATÁS AKTUALITÁSA	4
2. A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA	10
3. KUTATÁSI HIPOTÉZISEK.....	12
4. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK.....	13
5. KUTATÁSI MÓDSZEREK.....	13
6. RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE	15
7. AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE, TARTALMA ÉS ELHATÁROLÁSOK.....	32
1. NUKLEÁRIS KÖRNYEZET-ELLENŐRZÉS ELEMZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE	35
1.1. A kibocsátás- és környezet-ellenőrzés alapjai.....	35
1.2. Kibocsátás-ellenőrzés távadó rendszerei és mintavételei.....	40
1.2.1. Légtörzi kibocsátás ellenőrzés rendszerei	41
1.2.1.1. Levegősebesség/Térfogatáram-mérő Rendszer (KS-411-S).....	42
1.2.1.2. Izokinetikus Mintavevő Rendszer (KS-411-M)	43
1.2.1.3. A PING (Particle-Iodine-Noble Gas) mérőrendszer	44
1.2.1.4. Szellőzőhídi gamma-sugárzás dózisteljesítménymérő.....	46
1.2.1.5. NEKISE (Nemesgáz-Kibocsátás-Sugárzás-Előőrző) mérőrendszer	47
1.2.1.6. Egészségügyi épületi légnemű kibocsátás-ellenőrző rendszer	50
1.2.2. Folyékony kibocsátás ellenőrzés	51
1.2.3. A mintavételezésen alapuló kibocsátás-ellenőrzés.....	54
1.2.4. Kibocsátás-ellenőrző távadó rendszereken és mintavételezésen végrehajtandó fejlesztési javaslatok.....	59
1.3. Környezet-ellenőrzés távadó rendszerei és mintavételei.....	68
1.3.1. Az üzemi terület sugárzási állapotát ellenőrző rendszer (udvartéri detektorok) .	70
1.3.2. Meteorológiai mérőrendszer.....	71
1.3.3. Az A, B és a G típusú környezeti távmérő állomáshálózat	74
1.3.4. Mintavételezésen alapuló környezet-ellenőrzés	78
1.3.5. Környezet-ellenőrző távadó rendszereken és mintavételezésen végrehajtandó fejlesztési javaslatok.....	86
1.4. Részkövetkeztetések.....	92
2. NUKLEÁRISBALESET-ELHÁRÍTÁS SUGÁRHELYZETÉRTÉKELÉSI ESZKÖZRENDSZEREINEK FEJLESZTÉSE	98

2.1	OBEIT és ONER-szervek kapcsolódása az atomerőmű nukleárisbaleset-elhárításával	98
2.2	Nukleárisbaleset-elhárítás alapjai	99
2.3	Sugárvédelmi vonatkozású feladatok	117
2.4	Sugárhelyzetértékelés eszközrendszerei és fejlesztései	126
2.4.1	Terjedésszámító szoftverek és fejlesztési lehetőségeik	128
2.4.2	Sugárvédelmi mérőkocsi fejlesztésével kapcsolatos észrevételek	143
2.4.3	Drónok alkalmazása a súlyos nukleáris baleset során	151
2.5	Részkövetkeztetések	156
3.	Komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztése	160
3.1	Döntéstámogató rendszerekről általában	160
3.2	Döntéstámogató rendszerek erőforrásairól és felépítéséről	163
3.3	Komplex döntéstámogató szoftver az atomerőművek kapcsán	169
3.4	Komplex döntéstámogató szoftver a BESZ szervezeti egységek szemszögéből.....	176
3.5	Részkövetkeztetések	194
	ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK.....	195
	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK.....	198
	AZ ÉRTEKEZÉS AJÁNLÁSAI	199
	A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA.....	200
	HIVATKOZOTT IRODALOM	201
	A TÉMAKÖRBŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM.....	236
	MELLÉKLETEK	240
1.	A kutatási témához kapcsolódó jogszabályok.....	240
2.	Alkalmazott rövidítések jegyzéke	246
3.	Fogalomjegyzék	250
4.	A kutatómunkát megalapozó kiegészítő adatok és információ.....	255
5.	Ábrák, táblázatok és fényképek jegyzéke	280
6.	Kohéziós táblázat - az értekezés hipotéziseinek, célkitűzéseinek, és tudományos eredményeinek egymásra épülése	284

BEVEZETÉS

1. A KUTATÁS AKTUALITÁSA

Az emberiség történelmét jelentősen befolyásoló meghatározó tudományos felfedezése volt a radioaktivitás és annak ipari, technológiai alkalmazása. Az atomerőművek világszerte hatalmas hangsúlyt kapnak, köszönhetően hasznosságuknak, de egyben veszélyességüknek is, amelyet a rendszer meghibásodása okozhat, jelentősen károsítva ezzel a környezetet. Az atomerőmű normálüzemi körülmények között környezetbarát, de a környezeti hatások értékelésekor nem szabad megfeledkezni az üzemzavarokról és a balesetekről, valamint lehetséges következményeiről sem [1].

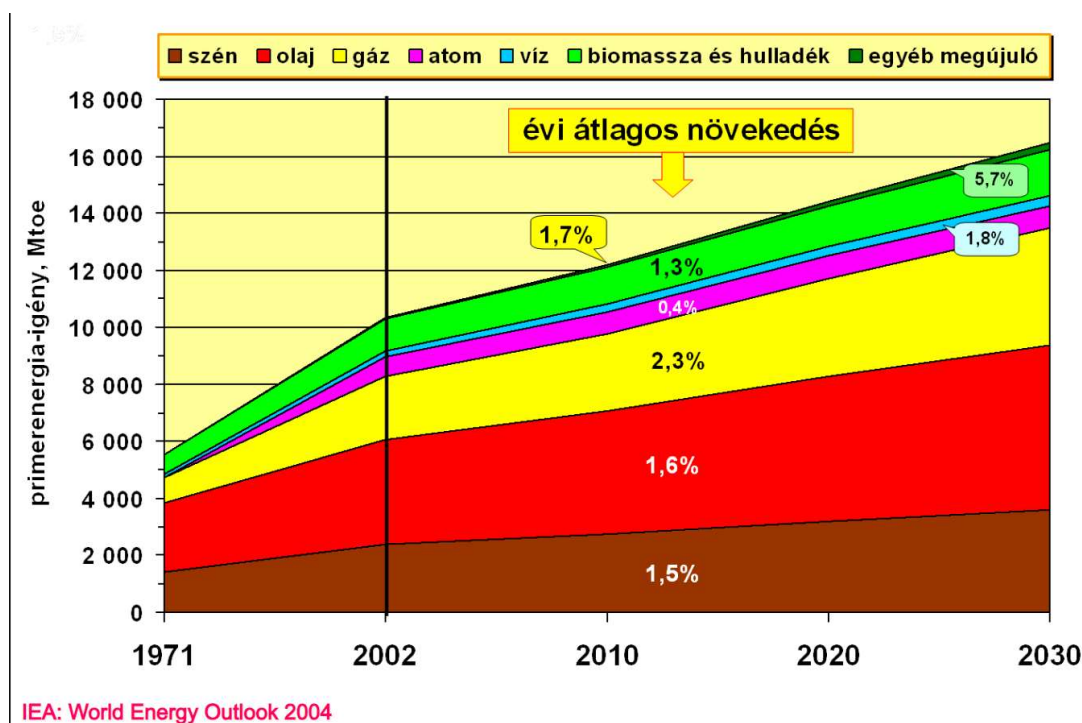
Éppen ezért az atomerőművek szabályos üzemeltetése, a biztonsági előírások betartása ugyanolyan fontos, mint egy nukleárisbaleset–elhárítási terv kidolgozása egy nukleáris veszélyhelyzet esetére. Az atomenergia sokrétű felhasználhatósága mellett annak potenciális veszélyei is hamar felismerésre kerültek, ezért az alkalmazásának biztonságát szolgáló szabványok, előírások kidolgozása kezdettől fogva párhuzamosan haladt e technika kifejlesztésével. Ennek következtében az atomerőművek létesítésének megindulásakor már rendelkezésre álltak a nemzeti szabályozási keretek és nemzetközi szinten is megfogalmazódtak elvárások. Ez utóbbiak egyrészt egyezményekben, másrészt a nemzetközi szervezetek ajánlásaiban jelentek meg [1].

E téren kiemelkedő jelentősége van az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) keretében működő Nemzetközi Atomenergia Ügynökségnek (a továbbiakban NAÜ, angolul: IAEA – International Atomic Energy Agency), amely elősegíti az atomenergia békés célú felhasználásával kapcsolatos nemzetközi együttműködést és megfogalmazza az atomenergia békés célú felhasználásának alapvető követelményeit (biztonsági normáit). A csernobili atomerőművi balesetet követően a NAÜ keretében példa nélküli gyorsasággal dolgozták ki a tagországok a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről, [2] valamint a nukleáris baleset vagy radioaktív veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló egyezményt [3]. A NAÜ égisze alatt létrejött egyezmények ajánlásai szerint az országoknak arra kell törekedniük, hogy kétoldalú egyezményeket is fogadjanak el az érintett országok közötti közvetlen együttműködés kialakítására [4]. A fentiekben említett két alapvető jelentőségű sokoldalú nemzetközi egyezmény hazai végrehajtásának általános feladatairól külön kormányrendeletek intézkednek [5, 6].

A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények jogszabályi előírásaként az 1996. évi CXVI. (a továbbiakban Atv.) atomenergiáról szóló törvényben [7] jelentek meg először összefoglalóan Magyarországon. A törvény a nukleárisbaleset-elhárítást, mint az atomenergia biztonságos alkalmazásának egyik fő tényezőjét az alapelvek között említi és kitér az e téren való fejlesztés és oktatás fontosságára. A törvény az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban OAH) feladatkörébe utalja a nukleárisbaleset-elhárításával kapcsolatos hatósági feladatok ellátását, valamint az ezzel összefüggő tájékoztatási tevékenység összehangolását és ellátását [8]. A törvény a nukleáris létesítmények engedélyese feladatául szabja a Baleset-elhárítási Intézkedési Tervek (a továbbiakban BEIT) elkészítését és annak jóváhagyását az illetékes hatóságokkal [7].

Az 1/2022 (IV.29.) rendelet [9] mellékleteként jelentek meg a Nukleáris Biztonsági Szabályzatok (a továbbiakban NBSZ) [10], amelyek az atomerőmű vonatkozásában korlátozott mértékben tovább pontosítják a kibocsátással- és környezet-ellenőrzéssel szemben támasztott követelményeket és a nukleárisbaleset-elhárítási előírásokat, illetve a szabályzatokhoz kapcsolódóan segítséget nyújtanak az útmutatók [11]. A fenti kötelező érvényű jogszabályokon túl 2020 elején megjelent a jelenleg is érvényes, az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv (a továbbiakban OBEIT) [12] 5. fejezetéhez kapcsolódó OBEIT 5.1. útmutató a Szervezeti Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv kidolgozása és folyamatos karbantartása címen. [13]. Az útmutató ajánlásokat tartalmaz az Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer (a továbbiakban ONER) számára saját Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervük (a továbbiakban NBEIT) kidolgozásához, felülvizsgálatához. Az útmutató célja, hogy a tervek kidolgozása, felülvizsgálata során egységes szempontrendszer érvényesüljön, és így a tervek összhangban álljanak egymással és az OBEIT-tel.

Az energia kezdetektől fogva fontos szerepet játszik mind az élettelen, mind pedig az élő környezet kialakulásában. Amennyiben visszatekintünk a történelemben jól nyomon követhető, hogy egy új energiaforrás megjelenése mekkora technológiai fejlődést vont maga után. Elég ha csak az ipari forradalom hatására kialakuló robbanásszerű gazdasági, társadalmi, szellemi, műszaki fejlődést vesszük figyelembe. Az energiaigény azonban – az előrejelzések szerint – tovább fog növekedni, mint ahogy az 1. ábrán is látható. Az eddigi tendencia azt mutatja, hogy 1970 és 2000 között az energiaigény megduplázódott és az elkövetkező harminc évben is megmarad [14].



1. ábra: A világ primerenergia-igényének változása. Forrás: [15]

Azonban a Föld energiakészlete véges. A fenntartható fejlődés érdekében törekednünk kell arra, hogy minél ésszerűbben és minél jobb hatásfokkal használjuk fel a különböző energiahordozókat. Az emberiség számára alapvetően három energiatermelési mód áll rendelkezésére: a fosszilis energia (szén, kőolaj, földgáz) a megújuló energia (vízi-, szél-, napenergia) és az atomenergia. Mint az az 1. ábrából látható, jelenleg a megtermelt villamos áram nagy részét a fosszilis energiaforrásból nyerjük.

A világ energiatermelése napjainkban elérte azt a szintet, ami globális környezeti problémákhoz vezet. Elsősorban az üvegházhatású szén-dioxid kibocsátás miatt, de egyéb pl. kén-, nitrogén stb. vegyületek szennyezése is káros hatással van a környezetre. Az energianövekedés azonban nem feltétlenül kell, hogy környezet károsodással járjon. Mérlegelve az előző gondolatokat jöhet számításba a nukleáris energiára alapozott energiatermelés.

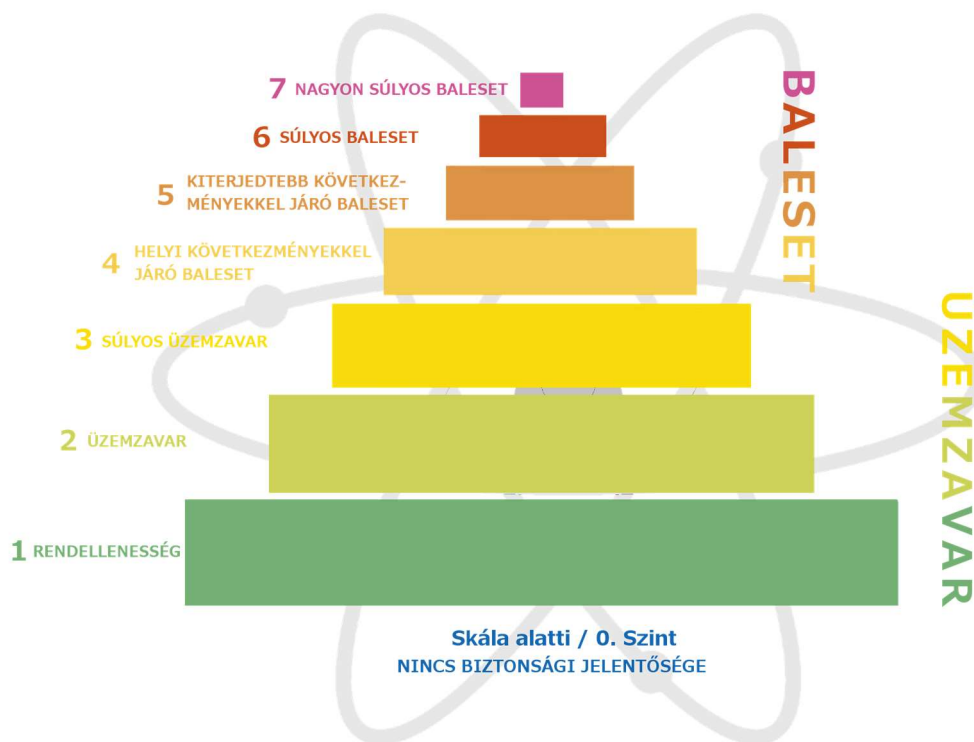
Az atomenergia alapvetően környezetbarát. Ez könnyen belátható, ha az egy maghasadásból felszabaduló körülbelül 200 millió elektronvolt energiát összehasonlítunk az egy szénatom elégetéséből felszabaduló mintegy 10 elektronvolt energiával. Ebből az arányból következik, hogy az azonos mennyiségű energia termeléséhez az atomerőműben tíz-húsz milliószor kevesebb üzemanyag szükséges, mint a szénerőműben és ugyanez az arány vonatkozik a keletkezett hulladék mennyiségére is. Ez az arány önmagában is nyilvánvalóvá teszi az atomenergia környezetbarát voltát [16].

A fent leírt energia-felszabadulási aránynak van még egy további érdekes következménye. Egy szénerőmű több radioaktív anyagot bocsát a környezetébe normálüzemi körülmények között, mint egy atomerőmű. Ez az állítás első hallásra abszurdnak tűnik, de mégsem az, hiszen a legtöbb kőzet tartalmaz kisebb-nagyobb mértékben radioaktív anyagokat (pl. tóriumot, uránt). A kibányászott szén radioaktív tartalma nem nagy, gyakorlatilag elhanyagolható. Tekintettel azonban arra, hogy a szénerőművek üzemanyag-fogyasztása, mint láttuk, mintegy 10-20 milliószorosa az azonos teljesítményű atomerőművek urán fogyasztásának és mert az atomerőműben keletkező radioaktív anyagok többsége nem kerül a környezetbe, a szénerőműből viszont igen, ez az arány nem is olyan meglepő [16].

Az atomerőmű kiégett fűtőelemeit természetesen soha senki sem akarta egyszerűen a környezetbe kibocsátani, ez veszélyességük miatt nem is lenne lehetséges. A szén elégetésének terméke ezzel szemben a környezetbe kerül. Ez lehetséges, és ezt a szenes (vagy olaj-, gáz-) energiatermelés előnyének szokták tekinteni. Normálüzemi körülményeket figyelembe véve az atomenergia hatása a környezetre biztosan sokkal kedvezőbb, mint a szén elégetésén alapuló bármely energiatermelése [16].

A világ 30 országában jelenleg 436 atomerőművi blokk (reaktor) működik [17], (4.1 melléklet: A világon található reaktorok száma), ebből Európán belül 168 található [18] (4.2 melléklet: Európán belül található reaktorok száma). E harminc között van a világ legtöbb fejlett országa és sok fejlődő gazdaság is. A NAÜ elemzői szerint a nukleáris energiatermelés előretörése leginkább a Távol-Keleten és Dél-Ázsiában figyelhető meg, elsősorban az óriási fejlődési ütemet produkáló, és ezért rendkívül energiaéhes Kínában és Indiában [19]. Mint ahogy már korábban említettem az atomerőmű normálüzemi körülmények között környezetbarát, de a környezeti hatások értékelésekor nem szabad megfeledkezni az üzemzavarokról és balesetektől, valamint azok lehetséges következményeiről sem.

A NAÜ által kiadott Nemzetközi Nukleáris Eseményskála (továbbiakban INES – angolul: International Nuclear Event Scale) [20] besorolása szerint a biztonságot érintő rendellenességek hét csoportra oszthatóak (2. ábra).



2. ábra: Az INES eseményskála. Forrás: [20]

A besorolás egyik szempontja a telephelyen kívüli környezeti hatás, a másik a telephelyen belüli hatás, végül figyelembe veszik azt is, volt-e további potenciális veszély azaz fennállt-e annak a lehetősége, hogy súlyosabb eseményekre is sor kerüljön. Ha egy esemény a fenti szempontok szerint különböző csoportba kerülne, akkor mindig a magasabbat kell figyelembe venni. Az első négy csoport olyan rendellenességeket jelent, amelyek esetében a környezet nem károsodik, azaz nincs telephelyen kívüli hatás. A felső három csoportba tartozó események már a környezetet is károsítják. Ezek már az erőmű szempontjából súlyos események, a környezetre gyakorolt hatásuk azonban igen különböző, ezért is érdemelnek három csoportot [16]. A világon eddig három olyan esemény történt, amelyek a felső csoportokba sorolhatók. 1979-ben az Egyesült Államokban a Three Mile Island-i, 1986-ban Ukrajnában a csernobili és 2011-ben Japánban a fukusimai [21] balesetek.

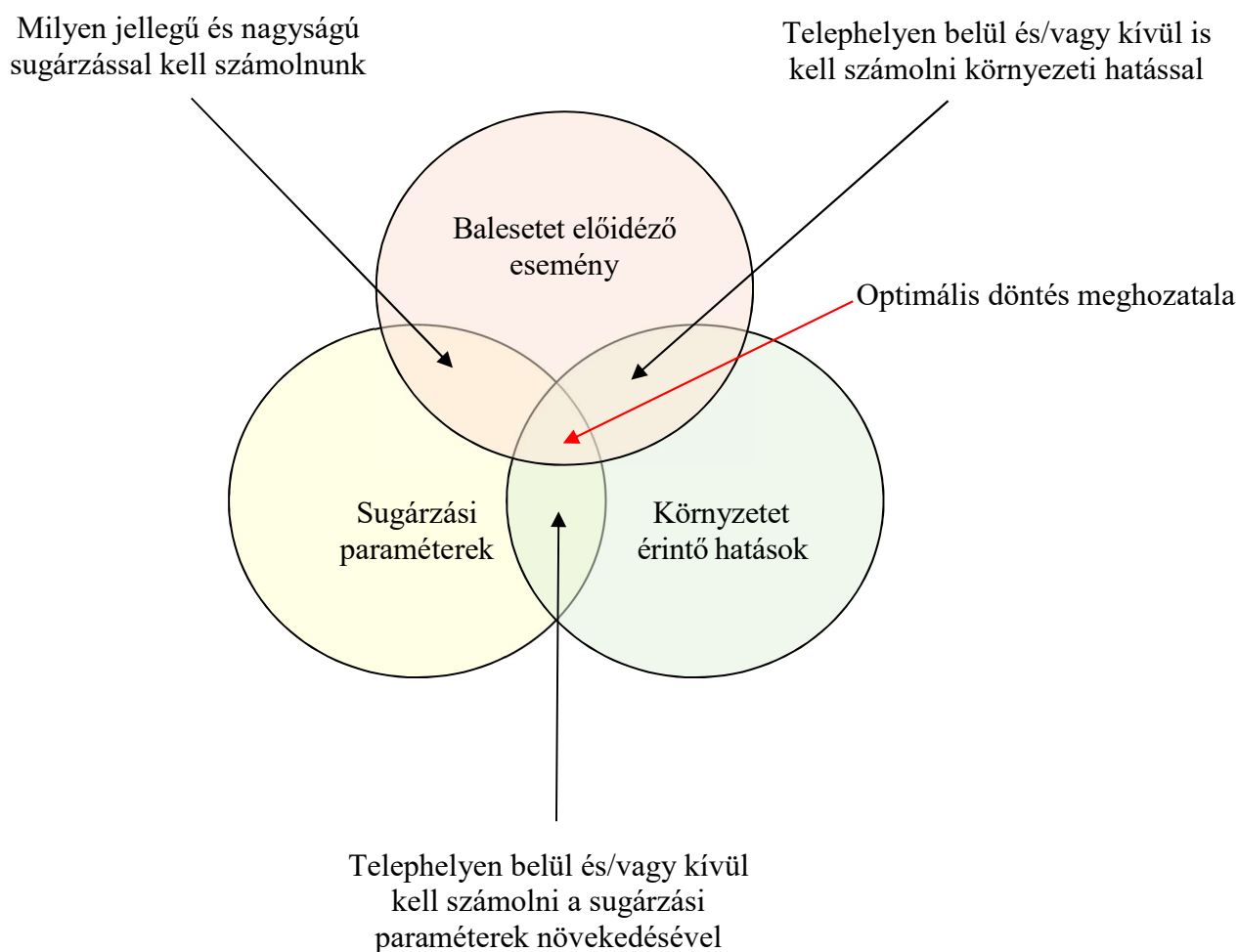
A súlyos balesetek elemzése a csernobili katasztrófa után kezd világszerte elterjedni, ez a katasztrófa egyetlen pozitív következménye. Ma már sehol a világon nem helyeznek úgy atomerőművet üzembe, hogy azt megelőzően súlyos baleseti elemzéseket ne végeznének, sőt a legtöbb már régen üzemelő erőműre is elvégezték ezeket az elemzéseket [16]. A súlyos balesetek elemzésének eredményétől függően olyan biztonságnövelő intézkedéseket kell végrehajtani, amelyek e ritka eseményeket vagy még valószínűtlenebbé teszik vagy az esemény lehetséges következményeit mérséklék. Ilyen átalakítások következtében évről évre javul az atomerőművek biztonsága. Azzal azonban tisztában kell lenni, hogy nulla kockázat nincsen, érdemes viszont kritériumokat megfogalmazni, hogy melyek azok a következmények amelyek egy adott valószínűségű baleset esetében még elfogadhatóak. Az indokolatlan szigorúság nem megengedett hiszen az ésszerűtlen költségnövekedésre vezetne [16].

Az üzemzavarokra és balesetekre vonatkozó kockázati kritériumok minden országban léteznek, a ritka, súlyos balesetekre vonatkozóak kidolgozása egyes országokban megtörtént van ahol még folyamatban van. A kritériumokat jó lenne úgy kialakítani, hogy azokat az érintett lakosság többsége elfogadja, ehhez azonban széles körű és alapos tájékoztatásra van szükség, a kritérium kialakításában nyilván csak az tud részt venni, aki kellően tájékozott [16]. Napjainkban egyéb kihívásokat is figyelembe kell vennünk. A koronavírus okozta pandémiás helyzet több kritikus infrastruktúrának, így az atomerőműveknek is újabb kihívást jelentett, hogy az üzemeltető személyzet a megfelelő számban rendelkezésre álljon és ne jelentsen az üzemeltetés szempontjából biztonsági veszélyt. Ugyancsak nagy biztonsági kockázatot jelentenek a háborúk, aminek okán említhetem a napjainkban folyó ukrán-országi válságot. Az energiaválság kapcsán pedig megemlíteném az Európai Uniót, ami súlyos energetikai kihívásokkal áll szembe. E kapcsán is tapasztalhatjuk, hogy az atomerőművek szerepe egyre inkább felértékelődik. Újabb és újabb európai tagállam épít vagy kíván építeni új atomerőművi egységeket, miközben számos esetben a meglévő blokkok üzemidejét is tervezik meghosszabbítani [22].

A fent leírtakat összefoglalva megállapítható, hogy az energia iránti kereslet egyre növekvő tendenciát mutat, ennek a leghatékonyabb és leginkább környezetbarátabb módja a meglévő atomreaktorok üzemidejének meghosszabbítása és új reaktorblokkok létesítése. Ezen jövőbeli elképzelések elengedhetetlen része a nukleáris biztonság, amihez kapcsolódik kutatási témám is az esetlegesen bekövetkező „Súlyos nukleáris baleset környezeti sugárzási helyzet felmérési módszereinek kutatása, fejlesztése”. Aktualitása vitathatatlan, mert nemcsak világ- és nemzetközi szinten, hanem nemzeti szinten is érdekeltek vagyunk a paksi atomerőmű üzemidő hosszabbítása és a Paks II. leendő atomerőművünk révén.

2. A TUDOMÁNYOS PROBLÉMA MEGFOGALMAZÁSA

Egy esetlegesen bekövetkező súlyos nukleáris baleset esetén alapelvárás, hogy megfelelő baleset-elhárítási intézkedési tervvel rendelkezünk, aminek elengedhetetlen része, hogy folyamatosan tisztában legyünk a sugárzási viszonyokkal. E két tényező alapvetően határozza meg, hogy a környezetet érintően milyen hatásokkal számolhatunk. Ezt szemlélteti a következő 3. ábra is.



3. ábra: Balesetet előidéző esemény – sugárzási paraméterek – környezetet érintő hatások kapcsolatrendszer. Készítette a szerző, forrás: [saját]

Ahhoz, hogy ezen összefüggéseket tisztán lássuk tanulmányozni kell az atomerőmű nukleáris környezetellenőrzéssel kapcsolatos rendszereit, munkaprogramjait és az azokból kinyerhető adatokat. Továbbá meg kell vizsgálni, hogy ezen adatok, hogyan integrálhatók be a nukleárisbaleset-elhárításba, illetve mely eszközökön, rendszereken kell és lehet fejlesztéseket eszközölni, hogy a lehető leghatásosabban csökkentsük a környezet terhelését és ezzel óvjuk az emberek életét, egészségét. Figyelemmel az előzőekben leírtakra kutató munkámban a következő kérdések tudományos alapú vizsgálatát tervezem elvégezni:

1. A kibocsátás- és a környezeti sugárzás monitorozására szolgáló munkaprogram megvizsgálása. Ezen programok célja azt biztosítani, hogy a hatóság által előírt követelmények teljesüljenek, beleértve azon feltételek meglétét, melyek a kibocsátási határértékek származtatása során fennállnak. A környezeti monitoring programnak a megfelelő szintű megbízhatósággal képesnek kell lennie a kritikus csoport sugárterhelésének meghatározására [9. NBSZ 4.10.7.0100]. A kibocsátás-ellenőrző valamint a környezeti monitoring rendszert úgy kell megtervezni, hogy közel valós időben legyen képes észlelni a kibocsátások szignifikáns növekedését. A rendszernek az észlelésről közel valós időben visszajelzést kell biztosítania [9. NBSZ 4.10.7.0200]. A létesítmény üzembe helyezése előtt a sugárvédelmi és környezeti monitoring rendszert a valóságoshoz a lehető legjobban közelítő módon, tesztprogrammal kell vizsgálni. Ennek során szimulálni kell a baleseti helyzetek rendszerre vonatkozó következményeit, a meghibásodásokat, továbbá a környezeti hatásokat (hőmérséklet, túlnyomás, nedvesség, vibráció, sugárzás) [9. NBSZ 4.10.7.0400]. Az atomerőműből mind normálüzemben, mind üzemzavar, illetve nukleáris baleset során radioaktív anyag jut ki a környezetbe. A kibocsátás- és környezetellenőrzés általános feladata az, hogy az erőmű minden üzemi állapotában kellő mennyiségű és megbízhatóságú közvetlen mérési adatot szolgáltatson a környezeti hatás megítéléséhez, adott esetben a szükséges intézkedések meghozatalához.

2. A baleset-elhárítás területére vonatkozó követelmények és feladatainak felülvizsgálata. A baleset-elhárítás területére vonatkozó követelményeket az atomtörvény, a katasztrófavédelmi törvény, illetve alacsonyabb szintű jogszabályok tartalmazzák. A baleset-elhárítási tevékenység feladata közül elsősorban a nukleáris veszélyhelyzettel kapcsolatos teendőket vizsgálom, aminek kiindulópontja, hogy a nukleáris létesítmény létesítésének megkezdése előtt a telephelyre vonatkozó létesítményi NBEIT-et kell kidolgozni. A nukleárisbaleset-elhárítási intézkedéseket úgy kell megtervezni és megvalósítani, hogy több előnnyel járjanak, mint amennyi kárt okoznak. A bevezetendő intézkedés formáját, mértékét és időtartamát optimalizálni kell, kiválasztásánál az intézkedés által elérhető védelem maximalizálására kell törekedni [9. 42. §]. Ehhez kapcsolódóan a korábbi munkámban a sugárvédelemmel kapcsolatos teendőkre helyezem a hangsúlyt és azon belül is a sugárhelyzetértékelés eszközeire, eszközrendszereire. Tanulmányozom és felülvizsgálom az erőmű által használt terjedésszámító szoftvereket, a meglévő sugárfelderítő képességeket és vizsgálom a sugárfelderítés kapcsán új eszközök bevezetését.

3. A nukleáris környezetellenőrzéshez és baleset-elhárításhoz kapcsolódóan megvizsgálom, hogy a jogszabályozási és egyéb szabályozási rendszerekkel összhangban – elsősorban a sugárvédelemet fókuszba helyezve – milyen területeken és mértékben lehet a bejövő adatokat összeintegrálni egy rendszerbe. Problémának látom azt, hogy a jelenlegi sugárvédelmi paramétereket mérő rendszerek nincsenek összekötve olyan szempontból, ami egy súlyos nukleáris baleset esetén véleményem szerint elengedhetetlen. Megoldásnak látom a rendelkezésre álló monitoring- modellező- és előrejelző rendszerek oly módon való összekötését, ami a megfelelő algoritmusok és szűrések alkalmazásával a végleges döntés szempontjából releváns információkat hordozza magába a döntéshozók számára, hogy a lehető leggyorsabban a leoptimalisabb döntést tudják meghozni. A komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztése még további lehetőségeket nyújthat, amennyiben kiegészítjük egyéb adatbázisokkal, szoftverekkel az információáramlást és kommunikációt is beleértve.

3. KUTATÁSI HIPOTÉZISEK

1. Feltételezem, hogy az atomerőműveknél használt nukleáris környezeti távadó rendszereken további fejlesztések hajthatók végre. Ezek a fejlesztések egy esetlegesen bekövetkező súlyos nukleáris baleset esetén kulcsfontosságú adatokat szolgáltatnak a döntéshozóknak az optimális döntés meghozatalában, ezzel elősegítve a környezeti hatások minimalizálását. Ezeket a fejlesztéseket a paksi atomerőmű példáján keresztül szeretném bemutatni.

2. Vélelmezem, hogy a nukleáris környezeti monitoring rendszer kiegészíthető olyan alrendszerekkel, amelyek nemcsak normálüzemi és üzemzavari, hanem baleseti és súlyos nukleáris baleseti helyzetben is alkalmazhatók. Alkalmazásuk humán erőforrás-, gazdaságossági- és sugárterhelési szempontból is nagyon előnyös és adott esetben preventív tulajdonságokkal bír. Bizonyos elemei pedig a nukleáris ipar más területére is kiterjeszhető.

3. Feltételezem, hogy olyan döntéstámogató rendszer fejleszhető ki, ami egy súlyos nukleáris baleset esetén megkönnyíti, gyorsabbá és hatékonyabbá teszi a döntéshozók munkáját. Ez a rendszer az atomerőművi környezeten kívül még alkalmazható lehetne egyéb országos szerveknél is, akik egy ilyen helyzetben érintve lehetnek.

4. KUTATÁSI CÉLKITŰZÉSEK

A kutatási célkitűzéseimet – a tudományos problémák meghatározásánál már ismertetett – három fő kutatási részterületen fogalmazom meg:

1. Célkitűzésem a hazai jogszabályi környezet vizsgálata, elemzése, értékelése, ami összhangban van a nemzetközi szabályozásokkal, valamint a nukleáris kibocsátás- és környezet-ellenőrző rendszer egyes elemeinek fejlesztésére irányuló javaslatok adása, megvalósulásában való közreműködése, figyelembe véve az eddig bekövetkezett súlyos nukleáris balesetek tanulságait.

2. Célkitűzésem a környezeti monitoring rendszer kibővítése olyan alrendszerrel, amelyek jól alkalmazhatók súlyos nukleáris balesetek esetén, illetve segítséget adhat a környezeti hatások csökkentésében preventív módon. Ebben szeretném felhasználni, vizsgálni és értékelni a nukleáris baleset-elhárításhoz köthető nemzetközi és hazai jogszabályi ajánlásokat és az eddigi kutatásokban megjelent eszközrendszereket nemzetközi és hazai jó tapasztalatokat. Ezen alrendszerek egyes elemei a nukleáris létesítmény egyéb helyzeteiben és területein is előnyösen alkalmazhatók.

3. Célkitűzésem olyan döntéstámogató szoftver kifejlesztésére javaslatot tenni, ami képes az erőmű összes olyan adatát fogadni, ami a balesetkezelés, így a súlyos nukleáris baleset során is fontos lehet. Továbbá a döntéshozók felé eljuttatni a prioritizált releváns információkat. További opció lehet ennek kiterjesztése vagy beintegrálása az országos illetékes szervek felé.

5. KUTATÁSI MÓDSZEREK

Kutatási témámhoz és annak egyes részterületeinek tanulmányozásához, célkitűzéseim eléréséhez az olyan alapvető módszereken kívül, mint a szintézis, analízis, dedukció és indukció a következő eljárásokat alkalmaztam.

1. Nemzetközi- és hazai szakirodalmak tanulmányozása. Kiemelten az eddig bekövetkezett atomerőművi súlyos baleseteket, biztonsági elemzéseket, sugárzásmérő eszközöket, felderítési módszereket, távadó és mintavevő rendszereket, döntéstámogató szoftvereket, veszélyhelyzetkezelési intézkedési terveket. A szakirodalmi áttekintés magába foglalja a szakkönyveket, szakcikkeket, szakmai előadásokat, tudományos konferenciákon hallottakat, diplomadolgozatokat, értekezéseket, szabadalmakat, jelentéseket.

2. Nemzetközi-, európai uniós és hazai jogszabályi előírások tanulmányozása és összehasonlítása. A hazai jogszabályokon belül a törvényi, illetve alacsonyabb szintű jogszabályi környezetben lévőket előnyben részesítettem, mivel ebben konkrétan vannak megfogalmazva a követelmények.

3. A nemzetközi szakmai szervezetek ajánlásainak tanulmányozása és annak hazai adaptálásának vizsgálata az egyes jogi szabályozókban, útmutatókban, szabályzatokban, előírásokban, szabványokban, engedélyezési eljárásokban, megállapodásokban, akciótervekben, tervezetekben.

4. Nemzetközi és hazai egyezmények tanulmányozása, azok nyomon követhetősége a hazai jogszabályokban, előírásokban.

5. Tanulmányoztam különböző modellezésen alapuló, döntéstámogató- és terjedést számító szoftvereket.

6. Tanulmányoztam hatósági nyilvántartásokat, jelentéseket, értékeléseket, biztonsági előírásokat és a témához kapcsolódó hírleveleket.

7. Szakmai konzultációt folytattam olyan hazai és nemzetközileg is elismert szakemberekkel, akik a kutatott témával foglalkoznak.

8. Kutatási részeredményeim előadtam hazai- és nemzetközi- szakmai- és tudományos konferenciákon, továbbképzéseken, közép- és felsőoktatási intézményekben.

9. Részt vettem olyan tanulmányutakon, konferenciákon, amely országok meghatározó szakmai és tudományos háttérrel rendelkeznek a kutatott témában.

10. Szakértőként és előadóként részt vettem a nukleáris ipar meghatározó, atomerőműveket gyártó cégénél Oroszország több területén, ahol a szakmán belül meghatározó emberekkel konzultálhattam.

11. NAÜ találkozók révén visszacsatolást kaptam az alkalmazott ajánlásokról, útmutatókról, irányelvekről és üzemeltető tapasztalatokról.

12. Több mint húsz éves tapasztalataim felhasználása a nukleáris létesítmény különböző területein úgy, mint a sugárvédelem (dozimetria, nukleáris környezetellenőrzés) és a baleset-elhárítás.

6. RELEVÁNS SZAKIRODALOM ÁTTEKINTÉSE

Jelen szakirodalmi összefoglalóban célom elemezni és értékelni a kutatási témámhoz kapcsolódó nemzetközi és hazai szabályozásokat, előírásokat, ajánlásokat, a legjobb atomerőművi gyakorlatot tükröző nemzetközi és hazai mértékadó műszaki szakirodalomban foglaltakat.

Nemzetközi, európai-uniós és hazai jogi szabályozók

Az *atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény* [7] 8 §-a alapján az OAH együttműködik más országok hasonló hatósági feladatokat ellátó szervezeteivel és velük kétoldalú szakmai megállapodásokat köt, két- és többoldalú nemzetközi kapcsolatokat épít ki és tart fenn. A hivatal továbbá összehangolja az atomenergia alkalmazásának biztonságával és védettségével összefüggő nemzetközi együttműködést és ennek körében véleményezi az e téren kötendő nemzetközi egyezményeket valamint figyelemmel kíséri – hatáskörét illetően – azok megvalósulását. Ennek tükrében kapcsolata van több nemzetközi szervezettel, így azok szabályozásaival is. Többek között a NAÜ-vel [23], Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet Nukleáris Energia Ügynökségével (a továbbiakban OECD NEA) [24], Európai Atomenergia Közösséggel (a továbbiakban EURATOM) [25], Nyugat-európai Nukleáris Hatóságok Szövetségével (a továbbiakban WENRA) [26] és az Európai Sugárvédelmi Hatóságok Vezetőinek Találkozóit lebonyolító szervezettel (a továbbiakban HERCA) [27] [28].

Nemzetközi szerződések tekintetében meg kell említeni az *1992/26. Nemzetközi Szerződés a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség alapokmányát* [29], ami az atomenergia békés célú felhasználását segíti elő. A nukleárisbaleset-elhárítás területén a nemzetközi együttműködési jogszabályi kereteit a NAÜ égisze alatt létrejött nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről szóló *28/1987. (VIII.9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről* [5] és nukleáris baleset vagy sugaras veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló *29/1987. (VIII.9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris baleset, vagy sugaras veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló* [6] egyezmények, valamint a radiológiai veszélyhelyzet esetén történő gyors információcserére vonatkozó *Council Decision of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of radiological emergency (87/600/Euratom)* [30] közösségi szabályozásról szóló Euratom határozat biztosítják [31].

Magyarország kétoldalú (bilaterális) szerződést kötött Ausztriával a 70/1987. (XII. 10.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és az Osztrák Köztársaság Kormánya között a nukleáris létesítményeket érintő, kölcsönös érdeklődés tárgyát képező kérdések szabályozásáról Bécsben, 1987. április 29-én aláírt egyezmény kihirdetéséről [32], Csehországgal és Szlovákiával a 108/1991. (VIII. 28.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Cseh és Szlovák Szövetségi Köztársaság Kormánya között a kölcsönös tájékoztatásról és együttműködésről a nukleáris biztonság és sugárvédelem területén Bécsben, 1990. szeptember 20-án aláírt egyezmény kihirdetéséről [33], Horvátországgal a 13/2000. (II. 11.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Horvát Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről Zágrábban, 1999. június 11-én aláírt egyezmény kihirdetéséről [34].

Majd ugyanígy tett Németországgal a 73/1991. (VI. 10.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Németországi Szövetségi Köztársaság Kormánya között a nukleáris biztonsággal és a sugárvédelemmel összefüggő kölcsönös érdeklődés tárgyát képező kérdések szabályozásáról Budapesten, 1990. szeptember 26-án aláírt megállapodás kihirdetéséről [35], Romániával 61/1998. (III. 31.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Románia Kormánya között nukleáris balesetek esetén adandó gyors értesítésről Bukarestben, 1997. május 26-án aláírt Megállapodás kihirdetéséről [36], Szerbiával a 180/2014. (VII. 25.) Korm. rendelet a Magyarország Kormánya és a Szerb Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről [37].

Folytatta a sort Szlovéniával a 185/1997. (X. 31.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Szlovén Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről Budapesten, 1995. július 11-én aláírt egyezmény kihirdetéséről [38] és az Ukrajnával a 108/1999. (VII. 7.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Ukrajna Kormánya között nukleáris balesetek esetén való gyors értesítésről, a kölcsönös tájékoztatásról és együttműködésről a nukleáris biztonság és sugárvédelem területén Budapesten, 1997. november 12-én aláírt megállapodás kihirdetéséről [39], hogy nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzet esetén, annak korai szakaszában egymást értesítik, valamint kérésre egymásnak segítséget nyújtanak. A kétoldalú együttműködés kiváló lehetőséget nyújt a tapasztalatok megosztására, közös baleset-elhárítási gyakorlatok megrendezésére és a közös munka szakmai kereteinek kialakítására.

A nemzetközi kötelezettségek teljesítése, a tudományos és a műszaki fejlődés nyomon követése, valamint az együttműködés és tapasztalatcsere elősegítése érdekében munkatársai révén az OAH bekapcsolódik a nemzetközi szervezetek munkájába [31]. Részt vesz többek között az Európai Nukleáris Biztonsági Hatóságok Csoportja – Európai Bizottság [40] (a továbbiakban ENSREG), Európai Nukleáris Biztonsági Szabályozók Szövetsége [41] (a továbbiakban ENSRA), Euratom Ellátási Ügynökség [42] (a továbbiakban ESA), Nemzetközi Sugárvédelmi Bizottság [43] (a továbbiakban ICRP), Nemzetközi Sugárvédelmi Szövetség [44] (a továbbiakban IRPA), szakirányú munkacsoportjaiban és a jogszabályi felhatalmazások szerint ellátja Magyarország érdekeinek nemzetközi képviseletét.

A 93/1989. (VIII. 22.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között kötött, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által Magyarországnak nyújtott műszaki segítségről szóló, 1989. június 12-én aláírt Felülvizsgált Kiegészítő Megállapodás kihirdetéséről [45] szóló rendelet azt segíti elő, hogy a NAÜ szükség esetén műszaki segítséget nyújt, de a Kormány vállalja, hogy azt csak az atomenergia békés célra történő felhasználásra fordítja és semmiféle katonai cél elérését nem segíti elő.

Az esetleges atomkár felelősségével kapcsolatosan hirdették ki a 24/1990. (II. 7.) MT rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről Bécsben 1963. május 21-én kelt nemzetközi egyezmény kihirdetéséről [46] rendeletet, ami deklarálja a személyi, illetve üzemeltetői felelősségvállalást. Ugyancsak az atomkárokkal kapcsolatos polgári jogi felelősségvállalásról szól a 130/1992. (IX. 3.) Korm. rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről szóló Bécsi Egyezmény és az atomenergia területén való polgári jogi felelősségről szóló Párizsi Egyezmény alkalmazásáról szóló, 1989. szeptember 20-án aláírt közös jegyzőkönyv kihirdetéséről [47]. Ugyancsak meghatározó az a törvényi erejű egyezmény, ami a nukleáris biztonság magas szintjének elérését segíti elő 1997. évi I. törvény a nukleáris biztonságról a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében Bécsben, 1994. szeptember 20-án létrejött Egyezmény kihirdetéséről [48].

Figyelembe véve a lakosság egészségét, környezetét született meg egy másik egyezmény a nukleáris anyagok és nukleáris létesítmények fizikai védelméről a 2008. évi LXII. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott, és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről [49] törvénnyel.

Az európai uniós jogszabályok között kell megemlíteni az *Euratom-szerződés egységes szerkezetbe foglalt változatát*, aminek 3. fejezetének (egészségvédelem) több cikke (35-38.) is foglalkozik a különböző környezeti elemekben található radioaktivitás monitorozásával és az ellenőrzési adatok jelentési kötelezettségével [50]. Az Euratom Szerződés 35. és 36. cikk végrehajtásának – azaz az ellenőrzési eredményeknek a lakossági sugárterhelés meghatározásához szükséges – gyakorlati követelményeit a *2000/473/Euratom ajánlás* tartalmazza [51]. Ugyancsak fontos megemlíteni az *Európai Unió a szerződések egységes szerkezetbe foglalt változata alapjogi chartát* [52].

A nukleáris biztonság területéről megemlíteném a *A Tanács 2009/71/Euratom irányelve (2009. június 25.) a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági közösségi keretrendszerének létrehozásáról* [53] és *A Tanács 2014/87/Euratom irányelve (2014. július 8.) a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági közösségi keretrendszerének létrehozásáról szóló 2009/71/Euratom irányelv módosításáról* [54] irányelvét, ami meghatározza többek között a foglalkozási, lakossági sugárterhelésnek kitett személyek egészségének az ionizáló sugárzás veszélyeivel szembeni védelmet szolgáló egységes alapvető biztonsági előírásokat. Ugyancsak a lakosság és a munkavállalók védelmében fogalmazták meg *A Tanács 2013/59/Euratom irányelve (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről* [55] irányelvet.

A lakosság radiológiai veszélyhelyzet esetén alkalmazandó egészségvédelmi intézkedésekről és a védekezés során irányadó magatartási szabályokkal kapcsolatos *A Tanács 89/618/Euratom Irányelve (1989. november 27.) a lakosságnak a radiológiai veszélyhelyzet esetén alkalmazandó egészségvédelmi intézkedésekről és a védekezés során irányadó magatartási szabályokról történő tájékoztatásáról* [56] irányelve. *Az ellenőrzött területen munkájukat végző külső munkavállalók védelméről szól a A Tanács irányelve (1990. december 4.) az ellenőrzött területeken munkájuk során ionizáló sugárzás kockázatának kitett külső munkavállalók védelméről* [57] irányelv. Ugyancsak a lakosság védelme érdekében született *A Tanács 96/29/Euratom irányelve (1996. május 13.) a munkavállalók és a lakosság egészségének az ionizáló sugárzásból származó veszélyekkel szembeni védelmét szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról* [58] szóló irányelv.

Megfelelve az Atv. alapelveinek kutató munkámmal a 4.§ 8. pontjának igyekszem eleget tenni „Az atomenergia biztonságos alkalmazását – beleértve a nukleárisbaleset-elhárítást – és az ezzel összefüggő kutatási-fejlesztési feladatok megoldását a tudomány és a technika fejlesztésével, a kutatómunka összehangolt szervezésével, a hazai, illetve a nemzetközi tudományos kutatások eredményeinek gyakorlati alkalmazásával, valamint szakemberek képzésével, továbbképzésével kell elősegíteni”. Ugyancsak szem előtt tartva a II. fejezet 8.§ 4 e) pontját „Baleset-elhárítási Szervezet megszervezésével, felkészítésével és működtetésével ellátja a számára jogszabályban meghatározott nukleárisbaleset-elhárítási feladatokat, továbbá azokat a nukleáris balesetekkel kapcsolatos gyors értesítési, kapcsolattartási és hatósági feladatokat, amelyek az európai uniós tagságból, továbbá jogszabállyal kihirdetett, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében a nukleáris veszélyhelyzeti gyors értesítésről és a segítségnyújtásról létrejött nemzetközi egyezményekből, valamint a kapcsolódó kétoldalú nemzetközi megállapodásokból erednek” [7].

A hazai jogszabályi környezetről már említést tettem a „A kutatás aktualitása” részben (Atv. [7], 1/2022 (IV.29.) [9]), de ezen túlmenően vannak még fontos magyarországi szabályozások amiknek nukleárisbaleset-elhárítás eleget kell, hogy tegyen. Elsőként említeném meg a 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről [59] rendeletet, amivel összhangban kell, hogy legyenek a szervezeti NBEIT-ek. A sort folytatnám a 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról [60] szülő törvénnyel, ami a válságkezelés és a különleges jogrend idejével összefüggő feladatok átfogó megközelítésével és végrehajtásával foglalkozik, valamint ehhez a törvényhez szorosan kapcsolódó 427/2022. (X.28.) Kor. rendelettel [61], ami 2022. november 1-el lépett hatályba és az új védelmi igazgatási körülményekről, a területi és helyi védelmi bizottságokról és nukleáris részlegeik munkájáról szól a lakosság megbízható védelme érdekében és az 1997. (XII. 10.) Korm. rendelet az atomkár felelősségre vonatkozó biztosítási vagy más pénzügyi fedezet jellegéről, feltételeiről és összegéről [62] szülő rendelettel, ami a nukleáris létesítmény megtérítésére vonatkozó kötelezettségéről szól.

Az OAH nukleáris energiával kapcsolatos nemzetközi- és európai uniós kötelezettségeivel kapcsolatos rendelet a 112/2011. (VII. 4.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról [63].

A nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet lakossági tájékoztatásával kapcsolatos a 165/2003. (X. 18.) Korm. rendelet a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet esetén végzett lakossági tájékoztatás rendjéről [64]. A korábbiakhoz képest most már csak részben tartalmaz a 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról [65] rendelet a nukleáris létesítménnyel kapcsolatos sugáregészségügyi vonatkozású feladatokat.

A nukleáris környezetellenőrzés elengedhetetlen rendelete a 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről [66], ami többek között a folyékony és légnemű kibocsátások tervezési szintjeit és kibocsátási határértékeit deklarálja. A korábban már említett nemzetközi jogszabályokkal harmonizálva adták ki a 28/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről [5] rendeletet. A nukleáris létesítmény, illetve nukleáris anyag és radioaktív- sugárforrás és hulladékok fizikai védelmével foglalkozik a 190/2011. (IX. 19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről [67] rendelet.

A nukleáris üzemanyag szállítás és NBEIT kapcsolata lévén térnek ki a 51/2013. (IX. 6.) NFM rendelet a radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról [68] rendeletre. Az előző rendelettel is összefüggésében a 47/2012. (X. 4.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával összefüggő rendőrségi feladatokról [69] rendelet kitér a rendőrségi feladatokra az atomenergia alkalmazásával összefüggésében. A veszélyhelyzeti sugárzási helyzetekre irányadó vonatkoztatási szinteket is magába foglaló rendelet a 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről [70]. Az ONER működéséhez szükséges ellenőrzési és monitorozási adatok szolgáltatása révén tartom fontosnak a 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről [71] szóló rendeletet.

Többek között a nukleáris és más radioaktív anyaggal kapcsolatos bejelentési kötelezettség és az országos NBEIT kapcsolatát írja le a 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről [72] szóló rendelet.

A nukleáris baleset-elhárításhoz szorosan kapcsolódnak a katasztrófavédelemmel kapcsolatos jogi szabályozók is, ilyen a 2011. évi CXXVIII. (X. 3.) törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról [73], a 2011. évi CLXXXIX. törvény Magyarország helyi önkormányzatairól [74], a 219/2011. (X.20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről [75], a 62/2011. (XII.29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól [76].

A sor folytatódik még a 234/2011 (XI.10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. Törvény végrehajtásáról [77], a 1150/2012. (V.15.) Korm. határozat a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság létrehozásáról, valamint szervezeti és működési rendjének meghatározásáról [78], 521/2013. (XII.30.) Korm. rendelet az egészségügyi válsághelyzeti ellátásról [79], az 51/2011. (XII.21.) BM rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés hatósági eljárásaiban az igazgatási szolgáltatási díj fizetési körébe tartozó hatósági eljárásokról, igazgatási jellegű szolgáltatásokról és bejelentésekről, továbbá a fizetendő díj mértékéről, valamint a fizetésre vonatkozó egyéb szabályokról [80].

A polgárvédelem és a nukleárisbaleset-elhárítás kapcsolatrendszerét pedig a következő jogi szabályozókon keresztül lehet nyomon követni. Magyarország Alaptörvénye [81], a 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezetendő intézkedésről [82], a 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről [83], a 49/2016. (XII. 28.) EMMI rendelet az emberi erőforrások miniszterének feladatkörét érintő ágazati honvédelmi feladatokról [84], a 22/1992. (XII. 29.) KTM rendelet az életvédelmi létesítmények létesítéséről, fenntartásáról és békeidőszaki hasznosításáról [85].

Ugyancsak a polgárvédelemhez kapcsolódóan a 131/2003. (VIII. 22.) Korm. rendelet a nemzetgazdaság védelmi felkészítése és mozgósítása feladatai végrehajtásának szabályozásáról [86], a 100/2004. (IV. 27.) Korm. rendelet az elektronikus hírközlés veszélyhelyzeti és minősített időszaki felkészítésének rendszeréről, az államigazgatási szervek feladatairól, működésük feltételeinek biztosításáról [87], a 290/2011. (XII. 22.) Korm. rendelet a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről szóló 2011. évi CXIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról [88], a 346/2010. (XII. 28.) Korm. rendelet a kormányzati célú hálózatokról [89].

A kutatási témám elhelyezése a tudományterületek rendszerében

A kutatási területemet a műszaki tudományokon [90] belül elsősorban a katonai műszaki tudományokhoz lehet kapcsolni [91, 92]. Ezen belül a katasztrófavédelmet a környezetbiztonságot [93] és részben a biztonságtechnikát érinti [94]. A kutatások közös célja biztonsági jellegű. Kiemelten foglalkozik a környezeti veszélyforrások kutatásával, a környezetvédelem és az esetleges katasztrófák, balesetek megelőzésével, elhárításával, a helyreállítással kapcsolatos műszaki kérdések kutatásával [95], amihez szorosan kapcsolódik az emberi élet és egészség védelme. A kutatásom kapcsolódik még a társadalomtudományok két tudományterületéhez is, így az állam- és jogtudományokhoz, illetve a hadtudományokhoz. Az állam- és jogtudomány nélkül a veszélyes üzemek üzemeltetői nem kapnának olyan keretrendszert, ami szükséges végső soron a lakosság jogainak gyakorlásához.

Ehhez kapcsolódnak még az egyes hatóságok, önkormányzatok munkái is ugyanis ezzel biztosítható a jog- és intézményrendszer létrehozásának és működtetésének kutatása-fejlesztése. A hadtudomány kapcsolatát, pedig pont az előbb említett két tudományterület és a hadtudomány területeinek közös kutatási feladataiban látom. Az előzőekben elmondottakat véleményem szerint jól tükrözi a hadtudomány fogalma [96], miszerint a hadtudomány „*a nemzetközi és nemzeti biztonságot fenyegető kihívások és veszélyek ellen alkalmazott katonai erők és eszközök sikerét meghatározó elméleti tételek és tapasztalatok összefoglaló ismeretrendszere*”. Az atomerőműben lezajló folyamatokhoz és a működéséhez kapcsolódóan pedig a természettudományok tudományterületét is érinti.

Nemzetközi mértékadó szakirodalom elemzése

A korábban történt súlyos nukleáris balesetek kapcsán tanulmányoztam az Amerikai Egyesült Államok Környezetvédelmi Minisztériumának folyóirata által 1980-ban közzétett az „EPA (US Environmental Protection Agency) szerepe a Three Mile Island atomerőmű balesete kapcsán” [97] cikket, a Nukleáris Világszövetség honlapján (Nuclear World Association – Fukushima Daiichi Accident) Fukushima Daiichi balesetét [98]. és a (Nuclear World Association - Chernobyl Accident 1986) Csernobili balesetet [99]. Hasznos beszámolókat tartalmaz a „*The World Nuclear Industry Handbook*” [100] és „*Status Report*” [101] a világi nukleáris erőműveinek kapcsán, ami a biztonsági felülvizsgálatokhoz köthetőek. A tágabb értelemben vett veszélyhelyzet kezeléshez, balesetkezeléshez a NAÜ általi ajánlások nyújtanak nagy segítséget. Ezek a dokumentumok a *Nuclear Safety & Security – IAEA Safety Standards* [102], *International Basic Safety Standards* [103], *Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants* [104], *INES: The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual* [105].

Szűkebb értelemben az NBEIT-hez kapcsolódóan a *NAÜ GSR Part 7 „Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency”* [106], ami a nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzetre segíti a felkészülést és reagálást, a *GS-G-2.1 „Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency”* [107], ami a nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzetre fogalmaz meg felkészülési intézkedéseket, de ide sorolható még az *EPR METHOD 2003 „Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency”* [108].

A módszertani útmutatók közül a nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzeti reagálás intézkedéseinek kidolgozására, valamint a *TECDOC-955* [109] ami a veszélyhelyzetben foganatosítandó óvintézkedések kidolgozási folyamatát tárgyalja. A *TECDOC-1162* [110] a radiológiai veszélyhelyzetek értékelésére és azok elhárítására való felkészüléshez ad ajánlásokat, ugyanígy tesz a *TECDOC-1092* [111] ami a nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzetek közben végzendő monitorozás megszervezéséhez nyújt segítséget. A veszélyhelyzetkezeléshez kapcsolódóan sok plusz információval szolgált az *„Accident Management under Extreme Events”* [112] angol nyelvű szakcikk, ami az elmúlt események, baleset tükrében, az extrém körülményeket (pl. légi baleset, árvíz, földrengés stb.) is figyelembe veszi.

A kibocsátás- és környezet-ellenőrzés terén nagy segítségemre volt a *NAÜ RS-G-1.8 kiadványa „Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection”* [113], amely anyag a forrás- és környezeti monitorozás témakörében nyújtott hasznos információkat és ehhez szorosan kapcsolódik a *NAÜ SRS 64 „Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring”* [114] kiadványa is, ami az előzőekben említett általános ajánlások gyakorlatiasabb megközelítésű kiegészítése.

A sugárvédelem kapcsolatban elemeztem a „A Tanács 2013/59/Euratom (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről” irányelvét [115], a Nemzetközi Nukleáris Esemény Skáláról (International Nuclear and Radiological Event Scale - INES) ami a lakosságnak a sugárzás forrásaival kapcsolatos események biztonsági jelentőségéről való azonnali és következetes tájékoztatására szolgál [116].

Az évtizedes atomerőmű üzemeltetési és engedélyezési tapasztalatok tanúsága szerint az Amerikai Egyesült Államok Nukleáris Biztonsági Hatósága (US NRC) által kiadott Regulatory Guide 1.70 szerinti kezdeti esemény lista jól lefedi azon feltételezhető üzemzavarok, illetve balesetek körét, amelyek a valószínűségek és következmények együttes értékelésével az erőmű és környezet biztonsága szempontjából leginkább mértékadók [117]. Ezt az eseménylistát lehet kiegészíteni a NAÜ, WWER atomerőművek baleseteinek elemzéséhez segítséget nyújtó útmutatójával a *Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants, IAEA-EBP-WWER-01* [118]. A WENRA [119] és NAÜ [120] ajánlásai a tervezési alapon túli üzemzavarok elemzésére és meghatározott eseményekre terjed ki, azzal a céllal, hogy megállapítható legyen, vajon a súlyos baleset bekövetkezésének meggátlására megfelelő eszközökkel rendelkezik-e az erőmű.

A légi sugárfelderítés módszertanával kapcsolatosan alapidokumentumnak tekinthető a NAÜ gondozásában megjelent *TECHNICAL REPORTS SERIES No. 323 „Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying”* [121] és *IAEA-TECDOC-1363 „Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data”* [122] ajánlások, ami nagy segítségemre volt a téma kutatása kapcsán.

Magyarországi mértékadó szakirodalom és útmutatók vizsgálata

A katonai műszaki tudományok kutatási-fejlesztési eredményeket a nukleárisbaleset-elhárítás területén hazánkban már a paksi atomerőmű építését megelőzően is felhasználtak. A hidegháború idején az 1960-as évektől a csernobili katasztrófaig alapvetően a Magyar Honvédség Vegyvédelmi Szolgálat és a Polgári Védelem Országos Parancsnoksága látta el az ország Atom-, Biológiai- és Vegyvédelmi (a továbbiakban ABV) feladatokat. A kutatás-fejlesztési tevékenység pedig a Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézet irányításával a haditechnikai gyártó üzemekkel együtt történt [123].

A Haditechnikai Intézet történetét és működését 1920-tól 1990-ig foglalja össze Hajdú Ferenc PhD értekezése. [124] Kifejezetten az ABV technikai fejlesztéseket mutatja a Haditechnikai Intézet Vegyvédelmi Fejlesztő Osztályainak a tevékenységéről írott közleményében Halász László és Pintér István [125]. Részletes elméleti és gyakorlati összefoglaló ismereteket tartalmaz a vegyvédelmi kutatási-fejlesztési eredményekről és gyártmányokról 2003. évig bezárólag a Magyar ABV védelmi technikai almanach, Erdős József, Pintér István és Solymosi József [126]. Solymosi József kandidátusi disszertációja révén ad betekintést a radioaktív termékek gyors műszeres mérésére [127], amiből Tömör József és Gaál József közreműködésével szabadalom is született [128]. Solymosi József Zagyvai Péterrel, Vodicska Miklóssal, Nagy Lajos Györggyel és Baumler Edével nemzetközi szinten is publikálták az újításukat. [129, 130]

A szabadalmi oltalommal védett eljárásaik alapján a Gamma Művek sorozatban gyártotta a Polgári Védelemnél rendszeresített és alkalmazott műszereket: a belső sugárterhelés értékelésére szolgáló kormérési eljárás alapján gyártották a SZÉM-1 típusú sugárszennyezettség- és életkor mérőműszert, a külső sugárterhelés értékelésére szolgáló kormérési eljárás alapján pedig az SVJ-1 és SVJ-2 típusú sugárveszély fokozatjelző műszert [131]. Solymosi József MTA doktori disszertációját védte meg 1992-ben a nukleáris környezetellenőrző mérőrendszerek témakörében [132]. Többek között a környezetellenőrzés terén szeretném megemlíteni Deme Sándor nevét, aki szerzőtársaival együtt Kanyár Bélával, Vincze Árpáddal, Zagyvai Péterrel, Zombori Péterrel és Fehér István kíséretében megírták a Sugárvédelem című szakkönyv ezen fejezetét, de a többi szerzőtárs révén András Andor, Bujtás Tibor, Horváth Kristóf, Koblinger László, Nádas Iván, Ballay László, Csete István, Köteles György, Ormai Péter segítségével egy teljes áttekintést kaphatunk a sugárvédelem egyéb aspektusairól is [133].

Csurgai József, Vincze Árpád, Solymosi József és Zagyvai Péter jelentősen továbbfejlesztették az atomrobbantások radioaktív (hasadási) termékeinek a kormeghatározására kifejlesztett eljárást [134]. Egyfelől kiterjesztették az eljárás érvényességét az atomreaktorok kiégett fűtőelemeire, másfelől numerikus módszerekkel sikerült nagyságrendekkel megnövelni a mérési pontosságot. Az eredmények szórását a kezdeti néhányszor tíz százalékról 1-2%-ra csökkentették le. Solymosi József, Baumler Ede, Gresits Iván, Gujgiczler Árpád, Németh Ferenc, Nagy Lajos György, Horváth László, Sarkadi András egyedi mérési eljárást fejlesztettek ki a felületi szennyezettség és a (térfogati) radioaktív koncentráció egyszerű meghatározására, amely szabadalommal zárult [135]. Az előzőekben említettek kapcsán, kiegészülve Körösi Sándorral, Dorogi Lászlóval, Vodicska Miklóssal továbbfejlesztették a mérési módszert, kiterjesztve az érvényességét a jel/zaj viszony javítására szolgáló, az intenzív gamma-háttérsugárzásban történő béta-sugárzás mérésére energiakompensációs módszerrel, ami ugyancsak szabadalmat vont maga után [136].

Nemzetközi szintű cikkek is jelentek meg a béta detektálásról Solymosi József, Zagyvai Péter és Nagy Lajos György közreműködésével [137, 138, 139] A két eljárás alapján a Gamma Művek sorozatban gyártotta az IH-90 (BNS-90) típusú hordozható sugárszennyezettség-mérő műszert. Ugyancsak magyar szabadalommal, köszönhetően még Nagy Lászlónak, Platchovics Györgynek, Illés Zsoltnak és Szabó Endrének [140, 141]. A járműfedélzeti sugárszintmérés elvei és gyakorlati megvalósításuk harctevékenység, illetve nukleárisbaleset-elhárítás során kutatási témával nyerte el a katonai műszaki tudományok PhD doktora tudományos fokozatot Pintér István. [142]

A járműfedélzeti sugárfelderítésre is született szabadalom [143], ami a honvédségnél rendszeresített, sorozatban gyártott termékként debütált, ami Solymosi Józsefen kívül köszönhető volt még Baumler Edének, Nagy L Györgynek, Zagyvai Péternek, Gresits Ivánnak, Gujgiczter Árpádnak, Dorogi Lászlónak, Takács Mártának, Vajda Nórának, Vodicska Miklósnak. Kifejlesztettek egy magyar szabadalmat az ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére is [144], ugyancsak az előzőekben említettek közreműködésével. Később ezt a szabadalmat továbbfejlesztették a légi sugárfelderítés képességeinek alkalmazhatóságának vizsgálatával az elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatására, illetve szennyezett terepszakaszok felderítésére [145], Solymosi József, Zelenák János, Csurgai József, Halász László, és Vincze Árpád közreműködésével.

A megnövekedett nemzetközi mértékű terrorfenyegettség miatt el kellett végezni a nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegettségének értékelését. Az értékelések módszertanát több tudományos közleményben tették elérhetővé a tudományos közélet számára Rónaky József, Macsuga Géza, Volent Gábor, Csurgai József, Cziva Oszkár, Horváth Kristóf, Petőfi Gábor, Vincze Árpád, Zelenák János, Solymosi József, Molnár László, Tóth József [146, 147]. Csurgai József, Solymosi József, Zelenák János, Vincze Árpád, Lajos Tamás, Goricsán István, Halász László, Kristóf Gergely, Csécs Ákos, Suda Jenő Miklós újszerű terjedési modelleket alkottak meg, vizsgálva ABV (NBC) anyagok épületen belül történő terjedését numerikus szimulációval és modellkísérletekkel [148, 149, 150].

Csurgai József nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata témával védte meg doktori (PhD) értekezését a katonai műszaki tudományok tudományágban [151]. Terjedési modellekhez kapcsolódva tanulmányoztam Földi Anikó, Mészáros Mihály, Sági László, Deme Sándor, Dombóvári Péter, Szántó Attila, Tóth Krisztina, Petőfi-Tóth Katalin cikkét a légköri terjedésszámító szoftverek összehasonlítása kapcsán [152]. Ugyancsak a témához kapcsolódóan a paksi atomerőművel kapcsolatosan Dombóvári Péter, Ranga Tibor, Nényei Árpád, Bujtás Tibor, Kovács Tibor, Jobbágy Viktor, Vincze Csilla, Molnár Ferenc osztották meg a terjedésszámító szoftver fejlesztésével kapcsolatos gondolatokat. A valós idejű méréseken alapuló súlyos erőművi balesetek környezeti kibocsátásának becsléséről szól Deme Sándor, Láng Edit, Pázmándi Tamás, C. Szabó István cikke [153].

A hermetikus téri túlnyomás következtében a környezetbe kikerülő kibocsátásról szól Deme Sándor, C. Szabó István, Láng Edit, Pázmándi Tamás, ami egy újabb megközelítése az üzemzavari eseményeknek [154]. A terjedésszámítás keretein belül megismerkedhettem a direkt és inverz terjedésszámítási módozattal is köszönhetően Nagy Attila Gábor, Deme Sándor, Páles József, Pázmándi Tamás és C. Szabó István kollégáimnak [155]. Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán szerzőtársaimmal tanulmányoztuk a légnemű kibocsátás ellenőrző rendszerek mérés technikai módszereit [156]. Az intelligens detektorok alkalmazási területeit taglalja Petrányi János, Vass Gyula, Csurgai József és Kátai-Urbán Lajos, amihez kapcsolódik Petrányi János felületi szennyezettség mérése nagy gamma-dózisteljesítmény melletti cikke is [157, 158].

A sugárnyékolt jármű lehetséges alkalmazási területeiről és képességeiről nagy segítségemre volt Bana János és Kovacsóczy László cikke [159]. Ugyancsak nagyon hasznos információkat tudhattam meg a feltételezhetően sugárszennyezet területek felméréséről, ami az IRPA konferencia keretében került publikálásra Petrányi János, Jónás Jácint, Zsitnyányi Attila, Kátai-Urbán Lajos és Vass Gyula tolmácsolásában [160]. A nukleáris biztonsági kultúra kapcsán nagyon hasznosnak tartottam Solymosi Máté, Horváth Kristóf, Petrányi János, Solymosi József és Vass Gyula nemzetközi konferencián publikált előadását és cikkét [161, 162]. Ugyancsak a nukleáris biztonság és védettség hazai eredményeit vizsgálja Sebestyén Zsolt, Horváth Kristóf, Kátai-Urbán Lajos szakcikkében, ami a nemzetközi ajánlásoknak való megfeleltetést taglalja. [163].

Figyelemre méltó a reaktorok sugárzásfigyelő rendszereinek korszerűsítéséről szóló publikáció is, ami a nemzetközi sugárvédelmi szövetség kongresszusára készült szerzőtársaimmal [164]. Solymosi József és munkatársai áttekintő képet adtak a nukleárisbaleset-elhárítás követelményeinek fejlesztésével és az új követelményrendszerével kapcsolatosan a Hadmérnökben megjelent cikkükkel [165]. Szakál Béla, Kátai-Urbán Lajos és Vass Gyula áttekintő képet adnak tankönyv formájában a katasztrófavédelemmel kapcsolatos ismeretekről [166]. Az üzemeltetői és hatósági feladatokat mutatja be az iparbiztonsággal kapcsolatosan Bognár Balázs, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula az Iparbiztonság I. kézikönyv keretei között [167] és ehhez kapcsolódóan ismerhetjük meg Hoffman Imre, Kátai-Urbán Lajos, Lévai Zoltán, Vass Gyula munkája által az iparbiztonság kockázatával kapcsolatos kockázatokat cikk formájában [168].

Dobor József, Pátzay György, Kossa György cikkei jól összefoglalják az atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságait és ugyancsak nagyban hozzásegítettek az ismereteim bővítéséhez [169, 170]. Horváth Péter, Ballagi Áron, Nagy Attila és Kuti Rajmund exoskeleton alkalmazási területeivel kapcsolatosan, atomerőművi lehetőségeket is látok, ezért ismeretterjesztés szempontból fontosnak tartottam [171]. A nyomottvizes reaktorok működésébe enged betekintést Házi Gábor az „Atomreaktorok biztonsága” című könyv kapcsán Elter József, Gadó János, Holló Előd és Lux Iván kíséretében [172]. Ugyancsak Házi Gábor és Páles József engedtek betekintést a paksi, teljesléptékű virtuális vezénylő fejlesztéséhez kapcsolódóan [173] és Jánosy János és Végh Endrével kiegészülve a szimulátor termohidraulikai modelljének lecseréléséhez kapcsolódóan [174].

Az előzőekben említett szerzők kíséretében Keresztúri András is hozzájárult, hogy ezzel kapcsolatosan nemzetközi szinten is megjelenjen a nyomott vizes reaktorok kapcsán a valós idejű szimulátorral foglalkozó cikkük [175]. Veszélyhelyzeti szabályozásokkal kapcsolatosan ismerkedtem László Viktória és Muhoray Árpád cikkével, a jogfejlődés tapasztalatai kapcsán [176], illetve ugyancsak Muhoray Árpád írt a védelmi-biztonsági szabályozásról a műhelytanulmányában [177]. Ugyancsak tanulmányoztam Muhoray Árpád „A katasztrófavédelem és a védelmi és biztonsági feladatok tükrében” cikkét, ami egy újabb aspektusát mutatja be a katasztrófavédelemnek [178]. Érdekesnek tartottam a csernobili kiürítési zónáról írt cikkét is Muhoray Árpádnak, aki Szilcsanov Zoltán szerzőtársával együtt számolt be az ott látottakról [179].

Antal Zoltán, Révai Róbert és Bérczi László cikksorozata a nukleáris baleset-elhárításról, annak egészségügyi hatásairól szól, ami egy nagyon lényeges eleme az emberek védelme érdekében [180, 181]. Az iparbiztonság fontosságát hangsúlyozza Nagy Rudolf cikke, ami felhívja a figyelmet a környezetet fenyegető káros hatások megelőzésének fontosságára [182]. A kritikus infrastruktúrákkal kapcsolatos veszélyek egy másik oldalát mutatja be ugyancsak Nagy Rudolf egy másik cikke [183]. Nagy Rudolf PhD értekezése is sok érdekes kérdést feszeget a kritikus infrastruktúrák kapcsán [184]. Muhoray Árpád és Nagy Rudolf elmélyültek a katasztrófák elleni védelem rendszere témában is a létfontosságú infrastruktúrák biztonságáért [185]. Sokat lehet tanulni Tatár Attila, Solymosi József, Szakál Béla, Lévai Zoltán súlyos balesetek megelőzéséért szóló cikkéből is [186]. Solymosi József, Rónagy József, Lévai Zoltán, Vincze Árpád, Földi László közleményükben a nukleáris biztonsági értékelés technikáit értékelik az NBC-én belül terrorizmus elleni küzdelem szempontjából [187].

A kitelepítéssel és kimenekítéssel kapcsolatos általános és speciális feladatokat Teknős László cikke segítségével tanulmányoztam [188]. Súlyos baleset esetén sok feladat hárul a tűzoltóságra ezért ezzel kapcsolatosan bővítettem ismereteimet az önkéntes tűzoltók bevonhatóságát illetően Bérczi László és Varga Ferenc ezzel foglalkozó publikációival [189, 190]. Kuti Rajmund cikke is segítségemre volt a műszaki mentőjárművek és mentőeszközök egyetemi jegyzete által [191]. Tanulmányoztam még ugyancsak Kuti Rajmundtól a mentesítésre vonatkozó ismereteket is [192]. Ugyancsak hasznosnak tartottam az ABV kapcsán használható felderítő és támogató eszközök kapcsán Kuti Rajmund egy másik cikkét is, amit Svájcban használnak [193].

Elgondolkodásra készített Földi László, Berek Tamás és Padányi József két cikke. Az egyik az energiabiztonság révén az egyre szélsőségesebb környezeti tényezőket (éghajlatváltozást) figyelembe véve [194] a másik cikk pedig ugyancsak kapcsolódva a szélsőséges környezethez a honvédség által a katasztrófavédelemhez hozzájáruló kihívások, amik nemzetközi együttműködés fejlesztését is maguk után vonják [195]. Nagyon hasznos ismereteket tudhatunk meg Halász László, Földi László által a környezetbiztonságról szóló könyvük révén Berek Tamás szerkesztésében [196]. Berek Tamás révén pedig megismerhetjük az ABV-vel kapcsolatos ismereteket is [197, 198, 199]. Berek Tamás tolmácsolásában az óvóhelyekről is szerezhettünk ismereteket [200].

Pátzay György munkássága is nagyon hasznos volt számomra a sugárvédelmi ismereteim bővítésében [201], illetve szerzőtársai kíséretében Benkő Zsolt István, Csövári Mihály, Divós Ferenc, Kovács Tibor, Raics Péter, Somlai János és Várhegyi András [202] valamint az atomenergetika és nukleáris technológia kapcsán [203, 204]. Az atomerőművek biztonságáról, baleseteiről és üzemzavarairól szintén Pátzay György és szerzőtársai, Kossa György és Grósz Zoltán tolmácsolásában olvashattam [205]. Mivel munkámban kitérek a szélsőséges körülményekre, mint például a földrengés elleni védelemre fontosnak tartottam ismereteket szerezni Pátzay György és Dobor Józseftől Fukusima tanulságairól, az atomerőmű földrengéses övezetéről [206]. A földrengések következményeinek értékelése kapcsán fontosnak tartom megemlíteni Vilimi András és Katona Tamás János nevét, akik a paksi atomerőmű kapcsán foglalkoztak a kérdéssel [207], de a felvetődő kérdések általános érvényűek az atomerőművek kapcsán, amit ugyancsak Katona Tamás János írt meg [208]. A földrengéshez köthetően a talajfolyósodás is problémaként jelentkezhet, amiről ugyancsak Katona Tamás János ír több cikkében is [209, 210].

A paksi atomerőmű vonatkozásában a súlyos balesetek kezelésére szolgáló rendszerek kapcsán is írt cikket Katona Tamás János és Vilimi András [211]. Katona Tamás János MTA doktori értekezését is az atomerőmű biztonságos üzemeltetésével kapcsolatosan írta [212]. A Katonai Műszaki Doktori Iskolában több értékes PhD értekezés is született a Nukleárisbaleset-elhárításhoz köthető témakörében: Bujtás Tibortól a „Sérült fűtőelemek eltávolításának sugárvédelmi tervezése és végrehajtása a Paksi Atomerőműben” [213], Eigemann Józseftől: „Aeroszol és gáztisztító szűrők minősítése a Paksi Atomerőmű technológiai rendszereiben” [214]. Földi Lászlótól „A Magyar Honvédség tevékenysége a vegyi katasztrófák elleni védelem összefüggés-rendszerében” [215]. Horváth Kristóftól „Forrástag meghatározása a kibocsátást megelőzően reaktor-balesetek esetén” [216]. Janik Zoltántól: „A nukleáris balesetet követő kárelhárítás hatékonyságát, biztonságát növelő eljárások és eszközrendszerek kutatása, fejlesztése” [217].

Kátai-Urbán Lajostól „Az ipari balesetek országhatáron túli hatásai elleni védekezés alkalmazási feltételeinek értékelése és fejlesztése” [218]. Molnár Árpádtól „Automatizálható integrált radiológiai és vegyi érzékelők” [219]. Nagy Gábortól „Hordozható energiaszelektív sugázmérő szonda kifejlesztése PIN dióda alkalmazásával” [220]. Pellérdi Dezsőtől „Az ABV védelem kihívásai háborús és békeműveletekben” [221]. Petőfi Gábortól „Radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás hatásainak vizsgálata, következményeinek elhárítására való felkészülés” [222]. Rónaky Józseftől „Az atomenergia hazai alkalmazásának biztonságát szolgáló eljárások kutatása” [223], Sági Lászlótól „Radioaktív anyagok légköri kibocsátásainak elemzése” [224]. Zelenák Jánostól „A vegyi- és sugárhelyzet értékelés eljárásainak továbbfejlesztése” [225]. Solymosi Mátétól „Új eljárások a nukleáris biztonsági és védettségi kultúra felmérésére és fejlesztésére” [226]. Petrányi Jánostól „Research and development of intelligent detectors and systems for detection of ionizing radiation for military and disaster management applications” [227]. Antal-Farkas Zoltántól „Atomerőmű létesítés nukleáris veszélyhelyzet-kezelési követelményeinek kutatása és fejlesztése” [228].

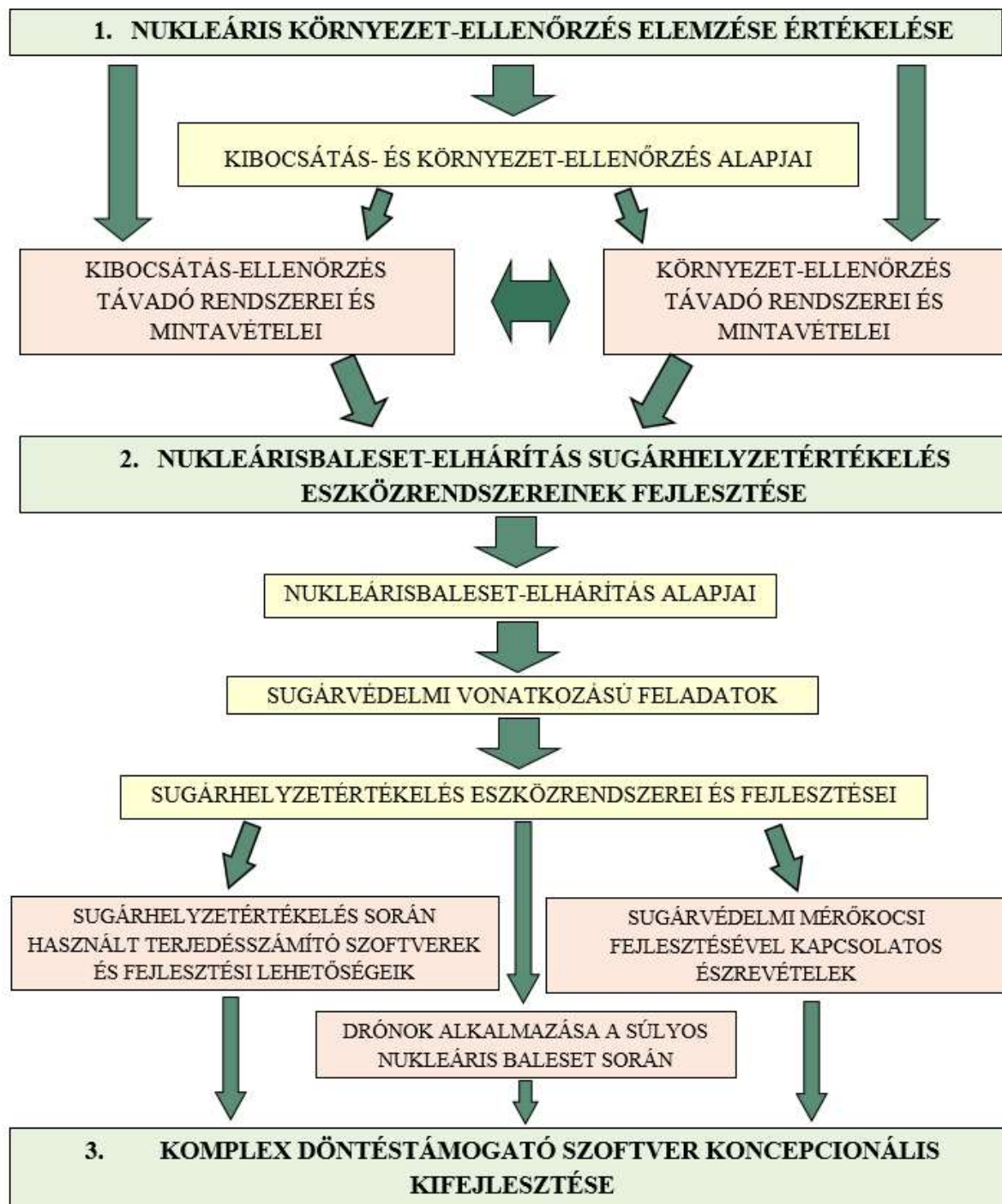
Az OBEIT-hez kapcsolható útmutatók ugyancsak nagyon hasznosak, amik sok esetben a nemzetközi ajánlásokon alapszanak és nagyban segítik a témával kapcsolatos dokumentumok és szabályozók megalkotását. Az én munkámat is sokban segítették. Az OBEIT 2. fejezetéhez kapcsolódóan: 2.2. útmutató (Lakossági óvintézkedések bevezetését megalapozó védekezési stratégia) [229]. Az OBEIT 3. fejezetéhez kapcsolódóan: 3.1. útmutató (Az ONER kritikus feladatai), OBEIT 3.2. útmutató (Az ONER kritikus feladatainak értékelése), OBEIT 3.3. útmutató (Szervezett segítségnyújtás a védekezésben), OBEIT 3.4. útmutató (Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer felépítése és működése), OBEIT 3.5. útmutató (Baleseti monitorozási stratégia) [230, 231, 232, 233, 234].

Az OBEIT 4. fejezetéhez kapcsolódóan: OBEIT 4.1. útmutató (Az ONER szervek készenléttel kapcsolatos tervező munkája), OBEIT 4.2. útmutató (Az ONER szervek közötti kommunikáció) [235, 236]. Az OBEIT 5. fejezetéhez kapcsolódóan: OBEIT 5.1. útmutató (Szervezeti Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervek kidolgozása és folyamatos karbantartása), OBEIT 5.2. útmutató (Nukleárisbaleset-elhárítási gyakorlatok előkészítése, végrehajtása és értékelése), OBEIT 5.3. útmutató (ONER riasztási gyakorlatok előkészítése, levezetése és értékelése) [237, 238, 239]. Az OBEIT 7. fejezetéhez kapcsolódóan: OBEIT 7.2. útmutató (Radiológiai veszélyhelyzetek helyi kezelése) [240]. Az OBEIT 10. fejezetéhez kapcsolódóan: OBEIT 10.1. útmutató (Sugársérültek kezelésének és ellátásának megszervezése) [241].

Az eróművön belüli több releváns irodalom is rendelkezésre állt, amiket ugyancsak felhasználtam az értekezésem során. Az egyik ilyen szabályzat a Kibocsátás-ellenőrzési Szabályzat [242] volt, amiben bemutatásra kerül a kibocsátásra kerülő légnemű és folyékony kibocsátandó anyagok ellenőrzése, gyakorlatilag felöleli a Kibocsátás-ellenőrző Labor feladatát. A másik pedig a Környezet-ellenőrző Szabályzat [243], ami pedig a kibocsátásra kerülő légnemű, folyékony szilárd és bizonyos élelmiszerek, növények mintáinak ellenőrzésén alapszik, gyakorlatilag a Környezetellenőrző Laboratórium feladatait öleli fel. Ugyancsak jól tudtam hasznosítani a Végleges Biztonsági Jelentés [244] egyes ide vonatkozó fejezeteit, amik összefoglalóan mutatják be egyes rendszerek, rendszerelemek legfontosabb ismereteit. „A Paksi Atomerőmű célzott biztonsági felülvizsgálatáról” szóló jelentés és az „MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk: Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Előrehaladási Jelentés” [245] is fontos elemét képezte a kutatásaimnak, ami kapcsán fel lehetett tárni azokat a rendszerelemeket, amik a nukleáris biztonság szempontjából elengedhetetlenek. Végül, de nem utolsó sorban a nukleárisbaleset-elhárítás szempontjából megkerülhetetlenül fontos szerepe van az Átfogó Veszélyhelyzeti Intézkedési Tervnek (a továbbiakban ÁVIT) [246] a megfelelő fejezetei.

7. AZ ÉRTEKEZÉS FELÉPÍTÉSE, TARTALMA ÉS ELHATÁROLÁSOK

Tudományos célkitűzéseim alapján a doktori értekezésemet három nagy, de szervesen összekapcsolódó fejezetre bontva dolgozom ki, amelyet a 4. ábra szemléltet.



4. ábra: Az értekezés szerkezeti felépítése. Készítette a szerző forrás: [saját]

Az **első fejezetben** a nukleáris létesítményekre jellemző kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer felépítését mutatom be a távadóival és a mintavételi munkaprogramjával együtt. Majd meghatároztam azokat a rendszerelemeket, amik megerősítésre szorulnak, egy esetleges súlyos nukleáris baleseti helyzetet feltételezve, figyelembe véve a fukushimai események kapcsán meghatározott – célzott biztonsági felülvizsgálaton adott – szempontokat is. Ezeket a felülvizsgálatokat külön elvégzem a kibocsátás-ellenőrző és külön a környezet-ellenőrző távadó hálózatra és a mintavételi eljárásokra. Ezek után fejlesztési javaslatokat tettem a behatárolt rendszerelemek megerősítésére és/vagy fejlesztésére. Ezzel párhuzamosan pedig felülvizsgáltam, hogy a nemzetközi és hazai szabályozásoknak maradéktalanul eleget tesznek-e a rendszerek és a munkaprogramok. Ezen vizsgálatok és fejlesztések mind a környezetbiztonság, környezetterhelés és ezzel szorosan összefüggően az emberek védelme érdekében történtek.

A **második fejezetben** először ismertetem a nukleárisbaleset-elhárítási rendszer alapvető követelményeit, majd ezen belül külön kitértem a sugárvédelmi vonatkozású feladatokra és ezen belül is a sugárhelyzetértékelésre, ami egy súlyos nukleáris baleset esetén elengedhetetlen, hogy a környezeti terhelést a lehető legkisebb mértékű legyen. Ezt a vonalat folytatva megvizsgáltam a jelenlegi eszközrendszereket és javaslatokat tettem a meglévők fejlesztésére és új eszközrendszerek beszerzésére. Külön taglaltam a sugárhelyzetértékelés szempontjából nagyon fontos szerepet betöltő terjedésszámító szoftvereket, sugárvédelmi felderítő eszközöket úgy, mint a sugárvédelmi mérőautót és a drónokat. Ezen eszközrendszerek – visszautalva a távmérőrendszerekre – jól kiegészítik egymást és nemcsak súlyos baleseti helyzetben használhatók hatékonyan, hanem normál üzemi, üzemzavari és baleseti helyzetben is. Ráadásul az eszközök egy jó része a nukleáris létesítmény egyéb területein, szakterületein is hasznos feladatot tudnak ellátni gazdaságosan, humán erőforrás kockázata nélkül hatékonyan és gyorsan.

Végezetül a **harmadik fejezetben** az előzőek hasznosulásának szempontjából bemutatok egy koncepciótervet a komplex döntéstámogató rendszeren keresztül, ahova az összes olyan adat és információ befut, ami a döntéshozók munkáját megkönnyíti, hogy a lehető leggyorsabban és legprecízebben, a lehető legjobb döntést meghozhassák. A kommunikáció és információáramlás meggyorsításául lehetőséget látok minden olyan szervnél megjeleníteni a releváns adatokat, információkat, ami egy ilyen helyzetben elengedhetetlen.

A dolgozat elkészítésénél az alábbi *elhatárolási szempontokat* veszem figyelembe:

a) A doktori értekezésem elkészítése során a nukleáris környezetellenőrzés kapcsán nem vizsgáltam mélyrehatóan a mintavételen alapuló laboratóriumi nukleáris mérés technika aspektusait, mivel a súlyos nukleáris balesetek kapcsán elsősorban a távadó rendszerekből célszerű az adatok kinyerése.

b) Nem dolgozok ki a kutatásaim keretein belül, részletekbe menően súlyos balesetre új mintavételi-, mintafeldolgozási- és mérés technikai eljárásokat, amik elsősorban normálüzemi körülményekre vannak felkészítve. Súlyos nukleáris balesetek esetén ugyanis a kezdeti időszakban erre kevés az idő és a kapacitás, sokkal hatékonyabb a sugárfelderítési módszerek előnyben részesítése.

c) Kutatómunkám során kizárólag a paksi atomerőmű példáján keresztül mutatom be a nukleáris környezetellenőrző hálózatot, nem figyelembe véve a tervezett élettartam hosszabbítást és a leendő Paks II. környezetellenőrző hálózatának beintegrálását a meglévő hálózatba.

d) Disszertációmiban a nukleáris környezetellenőrzés fejlesztésére tett javaslataim esetén csak a földrengést és teljes feszültségkiesést vettem figyelembe – megfigyelve a fukushimai események utáni „stresszteszt” vizsgálatoknak –, mint szélsőséges körülményeket.

e) Jelen kutatásomnak nem tárgya az egyéb veszélyhelyzeti intézkedések elemzése, csak a nukleáris baleset-elhárításhoz kapcsolódó és azon belül is csak a sugárvédelmi vonatkozású területeket érintem. A sugárvédelmi szervezeten kívüli egyéb szervezetek munkáját mélyrehatóan nem kutattam.

d) Értekezésem során kizárólag az erőműre és annak közvetlen környezetére vonatkozó sugárhelyzetértékelő rendszereit és eszközeit vizsgáltam. Az országos szervek nukleáris baleset-elhárítására vonatkozó rendszereit és képességeiket nem vizsgáltam.

e) Kutatásaim a drónok tekintetében nem terjed ki a jogszabályi háttérre, ami a repüléshez köthető engedélyek szükségességét teszi lehetővé.

f) Doktori értekezésem során nem végzek elemzéseket az egyes informatikai hálózatok, kommunikációs eszközök, információbiztonsági követelmények megfeleltetésére vonatkozóan.

A kutatásaimat 2023. szeptember 05-én zártam le.

1. NUKLEÁRIS KÖRNYEZET-ELLENŐRZÉS ELEMZÉSE ÉS ÉRTÉKELÉSE

Az értekezésem első hipotéziséhez kapcsolódóan a paksi atomerőmű példáján keresztül először bemutatom majd felülvizsgálom a nukleáris környezetellenőrző rendszereket. Azonosítom azokat a területeket, ahol fejlesztési lehetőségeket látok és javaslatokat teszek a megoldásokra figyelembevéve egy esetlegesen bekövetkező súlyos nukleáris balesetet, így elősegítve a még hatékonyabb környezeti hatások csökkentését. Előre bocsátom, hogy a 2011-es Fukushima-ban bekövetkező súlyos nukleáris baleset kapcsán a paksi atomerőmű is átesett az úgynevezett Célzott Biztonsági Felülvizsgálaton [247] (továbbiakban CBF), aminek keretében munkacsoportok jöttek létre. A szakterületemnek megfelelően én is részt vettem ezeken a felülvizsgálatokon, aminek keretében bizonyos fejlesztésekre már sor került, egyes fejlesztések pedig folyamatban vannak. A CBF keretében a hatóság előírta a szélsőséges környezeti viszonyokra (földrengés elleni- és teljes feszültség kiesésé elleni) való felkészítést a nukleáris környezet-ellenőrzést illetően. Itt jegyezném meg, hogy 2006 óta a környezetellenőrzés terén a teljes nyitottság és a nemzetközi adatcsere jegyében az erőmű közelében osztrák-magyar kétoldalú megállapodás keretében a Tolna vármegyei Gerjenben nagyérzékenységű sugárzásmérő állomást telepítettek. Ennek adatai félórás frissítéssel jutnak el az Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központba (a továbbiakban NBIÉK) ahonnan továbbításra kerülnek az adatok az Osztrák Állami Korai Riasztási Központ részére. Az ilyen jellegű törekvések folyamatosan megvalósulnak a nemzetközi adatcsere terén más országokkal is [248, 249].

1.1. A kibocsátás- és környezet-ellenőrzés alapjai

Az Atv. 68. § (12) bekezdés 9. pontjában kapott felhatalmazás alapján és a 6/J. § (1) bekezdés *j*) pontjában meghatározott feladatköréből eljárva az OAH kiadta az 1/2022. (IV.29.) OAH rendeletet [9] a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységéről. A 3. § (1) alapján a nukleáris létesítmények nukleáris biztonságára vonatkozó hatósági eljárásokra, a nukleáris létesítmények irányítási rendszereire, valamint a nukleáris létesítmények életciklusa szerinti tevékenységek végrehajtására és azok felügyeletére vonatkozó nukleáris biztonsági követelményeket magukba foglaló NBSZ 1-10. mellékletek tartalmazzák. A nukleáris környezetellenőrzés rendszerre vonatkozó rendszertechnikai és funkcionális követelményeket az NBSZ 3. és 4. kötetei adják [10]. Az Atv. 68. § (12) bekezdés 3-7. pontjában kapott felhatalmazás alapján és a 6/J. § (1) bekezdés *j*) pontjában meghatározott feladatköréből eljárva az OAH kiadta az 2/2022. (IV.29.) OAH rendeletet [70] az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről [244].

Az Atv. 68. §-ának (3) bekezdésében foglalt felhatalmazás alapján az OAH felügyeletét ellátó miniszterrel, a közlekedési és vízügyi miniszterrel, valamint az egészségügyi miniszterrel egyetértésben a következő 15/2001 (VI.6) KöM rendeletet [66] az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről adta ki. A 15/2001 (VI.6.) KöM rendelet (továbbiakban Kömr.) 6. §. 2. bek. b. pontja előírja, hogy a kibocsátásokat az illetékes környezetvédelmi hatóság által jóváhagyott Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat (a továbbiakban KiESZ) [242] szerint kell mérni és meghatározni. A rendelet 4. számú melléklete írja elő „Az üzemeltetés kibocsátás ellenőrzési követelményei”-t és az 1.2. pontja, hogy a KiESZ tartalmazza a kibocsátás ellenőrzés rendjét, módszereit és eszközeit, azok teljesítőképességének és hatékonyságuknak jellemzőit.

A 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet 6. §. 2. bek. f. pontja, az atomenergia alkalmazásával kapcsolatban előírja az üzemeltető számára a tevékenységből származó radioaktív kibocsátásokkal összefüggésben a levegő és a vízi környezet radioaktív terhelésének ellenőrzését, valamint az e tevékenységet szabályozó Környezet Ellenőrzési Szabályzat (a továbbiakban KöESZ) [243] készítését. A rendelet 5. számú mellékletének 2. pontja szerint a KöESZ-nek tartalmaznia kell az ellenőrzés rendjét, módszereit és eszközeit, azok teljesítőképességének és hatékonyságának jellemzőit. A melléklet további pontjai az üzemeltetés egyéb környezetellenőrzési követelményeit írják elő.

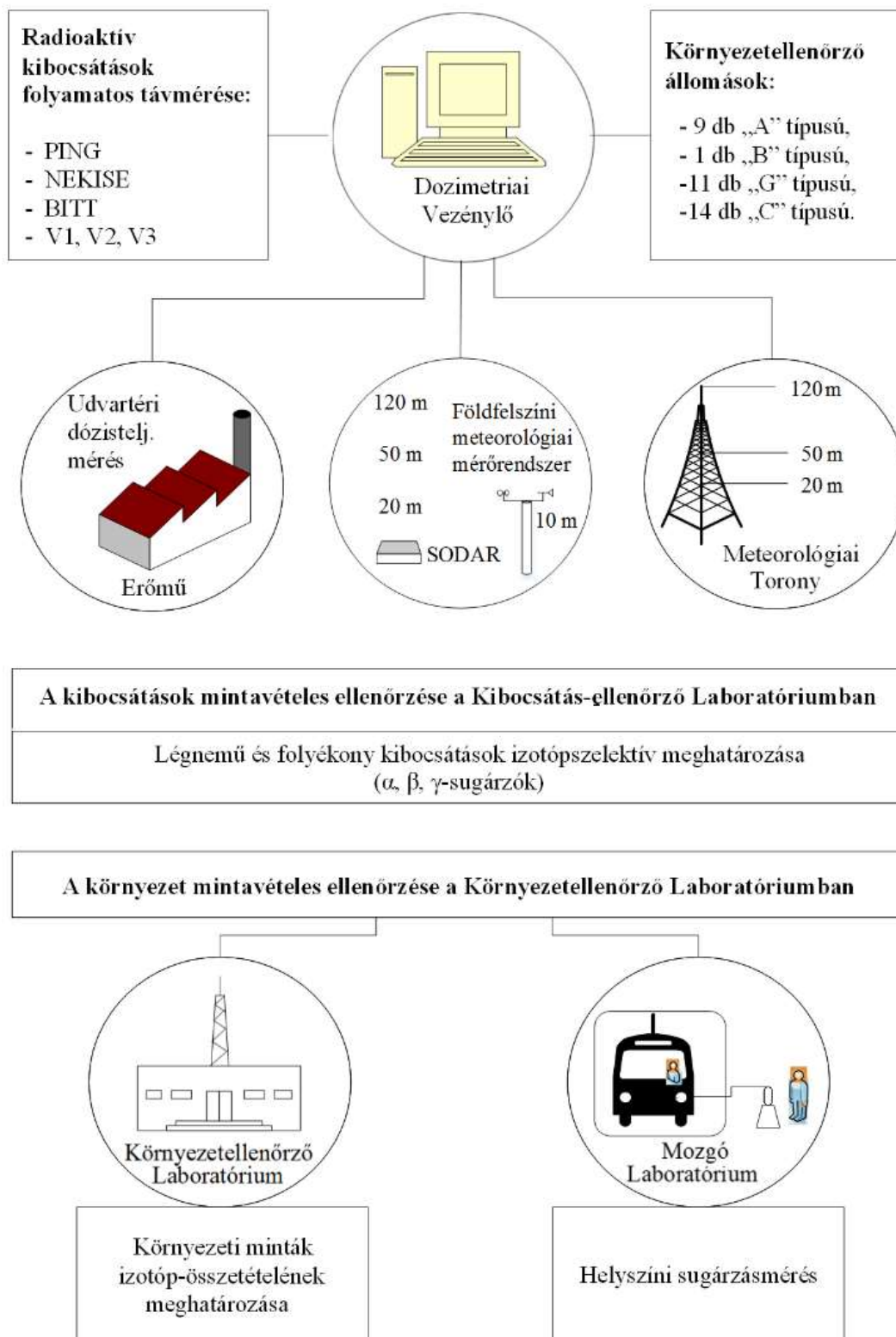
A paksi atomerőművön belül a III-IV. szintű felügyeleti alrendszer folyamatdokumentumai között található sugárvédelmi FSU301 [250] Kibocsátás ellenőrzés és FSU302 [251] Környezetellenőrzés eljárásrendek szerint történik. Ezeket bemutató folyamatábrák a mellékletben megtekinthetők (4.3 melléklet: FSU301 és FSU302 folyamatábrák és jelmagyarázatuk). A vizsgálatokat a Kibocsátás-ellenőrző Laboratórium (a továbbiakban KIL) és a Környezetellenőrző Laboratórium (a továbbiakban KEL) végzi. A paksi atomerőmű szervezeti rendszerében mindkét laboratórium a Környezetvédelmi Osztály (továbbiakban KVO) alá tartozik.

Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer.

Az atomerőműből mind normálüzemben, mind üzemzavar, illetve nukleáris baleset során radioaktív anyag jut ki a környezetbe. A kibocsátás- és környezetellenőrzés általános feladata az, hogy az erőmű minden üzemállapotában kellő mennyiségű és megbízhatóságú közvetlen mérési adatot szolgáltatson a környezeti hatás megítéléséhez, adott esetben a szükséges intézkedések meghozatalához [244].

Ezt a feladatot összességében az „Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer” (a továbbiakban ÜKSER) látja el. Az ÜKSER tevékenysége részben laboratóriumi mintamérések, részben telepített kibocsátás-ellenőrző, illetve környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszerek távmérései által valósul meg.

A kibocsátás- és környezet-ellenőrzési feladatokat, illetve rendszereket vázlatosan a következő 5. ábra mutatja be [244].



5. ábra: A Paksi Atomerőmű Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerének (ÜKSER) működési sémája. Forrás [244]

Minden kibocsátási útvonalon (légnemű- és folyékony kibocsátások) a mintavételi ellenőrzésen kívül, távmérő rendszerek folyamatosan monitorozzák a kibocsátást. A légnemű kibocsátások kiépítéseként kéménypárokon keresztül történnek, és mindkét kéményben egyforma távmérő- és mintavevő rendszer üzemel folyamatosan. A folyékony kibocsátások ellenőrző tartályokból történnek a mintavétel utáni mérések függvényében. A folyékony kibocsátások monitorozását telepített automatikus mintavevők és távmérő rendszerek végzik.

A kibocsátások számítása (kivételt képez a nemesgáz kibocsátás) a laboratóriumi mérések eredményein alapul. A kibocsátási határértéket minden kibocsátási módra, továbbá minden olyan radionuklidra vagy azok csoportjaira származtatni kell, amelyek kibocsátásra kerülhetnek. A kibocsátási határérték származtatása [66]:

$$EL_{ij} = \frac{1}{\Gamma} * \frac{DL}{DE_{ij}}$$

ahol,

- EL_{ij}: az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra vonatkozó kibocsátási határértéke (Bq év⁻¹),
- DL: a tevékenységre vonatkozó dózismegszorítás (Sv év⁻¹),
- DE_{ij}: az i radionuklid vagy radionuklid csoport j kibocsátási módra történő egységnyi kibocsátásra eső éves dóziszáruléka (Sv év⁻¹/Bq év⁻¹)
- Γ: a származtatási folyamat bizonytalanságát figyelembe vevő biztonsági tényező. Értékét kiemelt létesítmény esetén a környezetvédelmi hatóság állapítja meg (Γ≤5)

A kibocsátási határérték kritérium:

$$\sum_{ij} \frac{R_{ij}}{EL_{ij}} \leq 1$$

Illetve kibocsátási kivizsgálási kritérium:

$$\sum_{ij} \frac{R_{ij}}{EL_{ij}} \leq 0,3$$

ahol,

- EL_{ij}: az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra vonatkozó kibocsátási határértéke (Bq év⁻¹),
- R_{ij}: az i radionuklid, illetve radionuklid csoport j kibocsátási módra vonatkozó éves kibocsátása (Bq év⁻¹).

Az atomerőmű üzemi környezeti sugárvédelmi ellenőrzésének egyik feladata, hogy közvetlen mérésekkel bizonyítsa, az erőmű normál üzemben radioaktív izotópokkal, sugárzásukkal kevésbé terheli a környezetet, mint az elfogadhatónak megállapított érték. További feladata, hogy – elsősorban az üzemi területen végzett méréseivel – hozzájáruljon a környezetet veszélyeztető technológiai rendellenességek feltárásához, kiküszöbölésük után pedig ellenőrizze a környezetveszélyeztetés megszűnését. Végül, egy esetleges üzemzavar környezeti következményeinek megítéléséhez, a lakosságot érintő beavatkozások megalapozásához a környezet sugárzási állapotáról gyorsan, megbízható adatokat szolgáltatson.

Telepített sugárvédelmi ellenőrzés.

Az atomerőmű üzemi területének, az ellenőrzött zóna helyiségeinek és technológiai rendszereinek sugárzási viszonyainak, a légköri- és vízkibocsátási útvonalainak folyamatos ellenőrzésére szolgál a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (a továbbiakban SER). A távadó rendszerek elvi sémája a 4.4 mellékletben „Az atomerőmű telepített sugárvédelmi ellenőrzése”, és a 4.5 melléklet „Az üzemi SER állapot” látható [244].

A telepített sugárvédelmi rendszerek jelzései a Dozimetriai Vezénylőben (továbbiakban DV) 6. ábra, a Védett Vezetési Ponton (továbbiakban VVP), Tartalék Védett Vezetési Ponton (továbbiakban TVP) a Blokkvezénylőkben (továbbiakban BV), és a Blokk Számítógépen (továbbiakban BSZG) keresztül a Közös Üzemi Vezénylőben (továbbiakban KÜV) és a karbantartók helyiségeiben is megjelennek. A SER lokális hálózata szerves része az erőművi Technológiai Számítástechnikai Hálózatnak, a TSZH-nak. A rendszer adatainak feldolgozására, archiválására és megjelenítésére, egységes számítástechnikai kezelésére a SER SCADA informatikai rendszer szolgál.



6. ábra: Dozimetriai vezénylő sugárvédelmi megjelenítő rendszere. Forrás [saját]

A sugárvédelmi rendszerek által mért összes adat hosszútávú mintegy egy éves időtartamra visszamenően archiválásra kerül. Az archiváló rendszer lehetőséget ad a mérőcsatornák kiválasztott csoportjának hosszú idejű külön mentésére is. Az adatok megjelenítése a SER SCADA-ban grafikus vagy számjegyes formában történhet. Grafikusan az archivált adatokról trend készíthető, illetve sémaképek hívhatók le a különböző rendszerekről. A sémaképen dinamikus adatként látható a detektor által mért pillanatnyi érték, valamint a mérőcsatorna állapotjelzései (pl. határérték túllépés). A MultiScada archív rendszer lényeges tulajdonsága az, hogy a sugárvédelmi rendszereknél igen fontos tömbök (spektrumok, terjedésszámítási adatok) kezelését is biztosítja.

Az atomerőmű radioaktív kibocsátásának és környezetellenőrzésének vizsgálatát kétszintű sugárvédelmi ellenőrzés jellemzi. A Kibocsátás- és Környezetellenőrző Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (továbbiakban KK SER) távmérő rendszerek folyamatos, de részletességét tekintve nem teljes mértékben kielégítő adatait a mintavételes ellenőrzéssel kapott izotópszelektív és a kibocsátott izotópok kémiai-fizikai formáira is felvilágosítást adó mérési eredmények pontosítják [252]. A KK SER rendszerlemei különféle feladatokat látnak el, különböző tervezési üzemzavarok, tervezésen túli üzemzavarok és súlyos baleset szituációk esetén. A radioaktív kibocsátások monitorozására és a potenciálisan bekövetkező jelentősebb változások azonnali nyomon követésére szolgálnak.

A mintavételes kibocsátás- és környezetellenőrzés keretében az integrális mérési adatokat szolgáltató üzemi távmérő rendszer méréseinek pontosítása történik a kibocsátásokból és környezetből vett nagyszámú minta érzékeny mérés technikával végrehajtott laboratóriumi vizsgálatával. A mintavételes kibocsátás- és környezetellenőrzés szolgáltatója azokat a mérési eredményeket, amelyek alapján vizsgálhatók a kibocsátásokra vonatkozó tervezési adatok és hatósági korlátok teljesülése valamint az alap- és vonatkoztatási szintű felmérések összehasonlíthatósága [253, 254].

1.2. Kibocsátás-ellenőrzés távadó rendszerei és mintavételei

A paksi atomerőmű kibocsátás ellenőrző távrendszerei lehetővé teszik, hogy szinte online módon (perces, tíz perces) folyamatosan megfigyelhessük a környezetbe bocsátandó légnemű és folyékony kibocsátásokat. A sugárzási paraméterek nyomon követése elsősorban a DV-ben valósul meg – de ezen kívül az előzőekben említett számos helyen is nyomon követhető – a folyamatos műszakos dozimetriai személyzet segítségével.

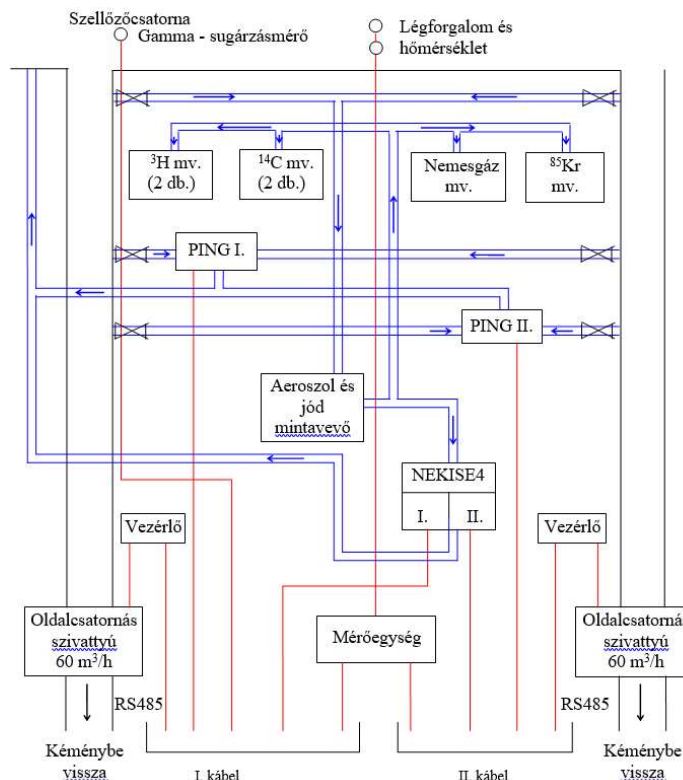
A vezénylői személyzet természetesen nemcsak a kibocsátási- és környezeti sugárzási viszonyokat követi nyomon, hanem az úgynevezett Munkahelyi Technológiai Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer (SER MT) adatait is. A határértékek – figyelmeztető- és vészszint – elérésekor természetesen hang és fényjelzés is felhívja a személyzet figyelmét a kritikus mérési csatorna ellenőrzésére. A következő 1. táblázatban felsoroltam a kibocsátás-ellenőrző rendszerhez tartozó légköri és folyékony távmérő rendszereket.

Légköri kibocsátások rendszerei	Folyékony kibocsátások rendszerei
1. Levegősebesség/Térfogatáram-mérő Rendsze (KS-411-S)	1. V1 hidegvíz csatorna vízmérő állomás
2. Izokinetikus Mintavevő Rendszer(KS-411-M)	
3. Lénemű Kibocsátás-ellenőrző Rendszer (PING) 1) 2 db radioaktív aeroszol mérő (ABPM 201-L) 2) 2 db radioaktív jód mérő (IM 201-L) 3) 2 db radioaktív nemesgáz mérő (NGM 204-L)	2. V2 melegvíz csatorna vízmérő állomás
4. 2 db szellőzhídban elhelyezett dózisteljesítmény mérő (BITT szonda)	
5. Izotópszелеktív Nemesgázmérő rendszer (NEKISE)	3. V3 mérleg feletti vizeket mérő vízmérő állomás
6. Egészségügyi épület légnemű kibocsátás-ellenőrző rendszer	

1. táblázat: Kibocsátás-ellenőrzés távmérő rendszerei. Készítette a szerző, forrás: [242]

1.2.1. Légköri kibocsátás ellenőrzés rendszerei

Az atomerőművi blokkok üzemelése során a hatóságok által engedélyezett útvonalon és mértékben radioaktív anyagok kerülhetnek a környezetbe. A kibocsátások ellenőrzése azt a célt szolgálja, hogy a radioaktív izotópok kibocsátására vonatkozó hatósági korlátok betarthatók és ellenőrizhetők, valamint a tényleges kibocsátási értékek megfelelően dokumentálva legyenek. A rendszernek normál üzemben kell biztosítania a fenti feltételeket, de az esetleges üzemzavari és baleseti helyzetekre is fel kell készíteni. A szellőzőkéményen át kibocsátott levegő sugárvédelmi ellenőrző rendszerének elvi sémája látható az 7. ábrán. Személyes véleményem az, hogy ez a rendszer nemcsak a hatósági igényeket elégíti ki, hanem nemzetközi szinten is megállja a helyét. Alapozom ezt személyes tapasztalataimra is, amit nukleáris környezetellenőrzési szakértőként vizsgálhattam a legújabb orosz blokkok kapcsán Oroszországban. A mintavétel és a méréstechnika mindenre kiterjedő, logikusan felépített és a reprezentativitási és izokinetikusi feltételeknek megfelel a nukleáris iparban alkalmazott nemzetközi sztenderdeknek megfelelően, egyedül a súlyos nukleáris balesetek kapcsán látok további fejleszteni valót. Itt jegyezném meg, hogy a légnemű radioaktív anyag kibocsátására vonatkozóan vizsgáltuk szerzőtársaimmal cikk keretén belül, hogyan tudunk online mérést végezni közvetlenül a légtechnikai rendszerben [261].



7. ábra: A szellőzőkéményen át kibocsátott levegő sugárvédelmi ellenőrző rendszerének elvi sémája. Forrás: [244]

1.2.1.1. Levegősebesség/Térfogatáram-mérő Rendszer (KS-411-S)

A levegősebesség/térfogatárammérő rendszer feladata az üzemi (primerköri) helyiségekből, a két blokkhoz tartozó kéményen kiáramló, vagyis a szellőzőcsatornán át áramló levegő - továbbiakban fő levegőáram - sebességének és térfogatáramának folyamatos, hosszú idejű pontos meghatározása, valamint a központi számítógép (SCADA) felé az éppen aktuális, pillanatnyi értékek elküldése. A központi számítógép állítja elő ezekből az átagolt légsebességet valamint a kémény-keresztmetszet és egy 1,25-ös konzervatív biztonsági tényezővel való szorzás után a levegő térfogatáramát [244]. A KS-411-S levegősebesség/térfogatáram-mérő két mérőkörből áll, amiknek közös elemei a sebességmérő szondák. A fő levegőáram sebességének mérési pontjai az MSZ EN 13284-1 [255], VDI 2066 [256] alapján vannak meghatározva. A mérési keresztmetszet a szellőzőhíd rendelkezésre álló részének az 1/3–2/3 felosztásával lett kijelölve. Az áramlásérzékelő szenzorok és áramcsövek három függőleges oszlopon helyezkednek el. Oszloponként 3-3 (összesen kilenc) mérési pont van az ISO-9096-os szabvány [257] előírásainak megfelelően. Ezekre a pontokra vannak elhelyezve az EGE légáramlás érzékelő szondák [242].

1.2.1.2. *Izokinetikus Mintavevő Rendszer (KS-411-M)*

A nagyterfogataramú mintavevő rendszer alkalmas a fő levegőáramban található aeroszolok, jódgőzök, nemesgázok, vízgőz folyamatos mintavételezésére. A KS-411-M mérőkörök feladata a kémény kibocsátás ellenőrző mérőeszközök (PING mérőrendszerek, laboratóriumi és hatósági mintavevők, NEKISE) ellátása a főszellőző csatornában áramló levegőből izokinetikus és reprezentatív mintával, valamint a központi számítógép (SCADA) felé az éppen aktuális, pillanatnyi mintavételi értékek közlése. A KS-411-M „Izokinetikus Mintavevő Rendszerben” egymástól két teljesen független KS-411 izokinetikus mérőkör működik egymással párhuzamosan normál működés esetén. A mérőkörök alkalmasak arra, hogy külső parancs hatására egymást kiváltsák. [242].

KS-411 izokinetikus mérőkör működik egymással párhuzamosan normál működés esetén. A mérőkörök alkalmasak arra, hogy külső parancs hatására egymást kiváltsák. Az Izokinetikus Mintavevő Rendszer egységei mérőkörönként: KS-411-M mérésvezérlő és szabályozó elektronika, EGE légsebességmérő referencia és szabályozó szonda, motoros gömbcsapok, mérőperem, frekvenciaváltó, oldalcsatornás szivattyú [242].

A mintavevő konstrukciója olyan, hogy a DIN 25423-1 : 1999-12 [258] és az ANSI/HPS N13.1-1999. [259] ajánlásainak megfelelően a mintavételi hiba - azaz a diffúziós, gravitációs és impakciós veszteség - kicsi legyen. Az eredmények szerint a 2 µm alatti részecskékre az áteresztőképesség nagyobb 85 %-nál. Nagyon kis részecskeméretknél a diffúzió miatt újra csökken az áteresztőképesség: 0,01 µm átmérőjű részecskékre még 98%, de 1 nm-es méretre már csak kb. 60 %. Ez az eredmény teljességgel kielégítő, miután az aeroszol aktivitást döntő mértékben az 1 nm és 1 µm közötti részecskék kötik meg [260].

A mintavételezés primer és szekunder mintavételi körből áll. A primer mintavételi körön átáramló levegő a továbbiakban primer részlevegőáram. A szekunder mintavételi körön átáramló levegő a továbbiakban szekunder részlevegőáram. A nagyterfogataramú primer részlevegőáramnak a főlevegőáramból való kiszívásánál a mintavétel izokinetikusnak tekinthető.

A nominális szekunder részlevegőáram mintavételi légforgalmai a 2. táblázatban követhetők nyomon.

A nominális szekunder részlevegőáram mintavételi légforgalmai	
A rendszer megnevezése	Légforgalom
PING1 és PING2	1,68 m ³ /h, összesen 3,36 m ³ /h
aeroszol és jód mintavevő	1,5 m ³ /h csatornánként, összesen 4,5 m ³ /h.
nemesgáz mintavevő	0,01 m ³ /nap
⁸⁵ Kr – mintavevő	0,020 m ³ /hónap
³ H – mintavevő	0,01 – 0,03 m ³ /h mintavevőnként (teljes 0,02 – 0,06 m ³ /h)
¹⁴ C – mintavevő	0,01 – 0,03 m ³ /h mintavevőnként (teljes 0,02 – 0,06 m ³ /h)
A teljes szekunder mintavételi légforgalom mintegy 10 m ³ /h	

2. táblázat: A nominális szekunder levegőáram mintavételi légforgalmai.

Készítette a szerző, forrás: [244]

Tehát megállapítható, hogy a szellőzőcsatorna keresztmetszvényének geometriai középpontjához közeli pontjában az aktivitáskoncentráció nagyon megközelíti a teljes keresztmetszvény átlagára vonatkozó koncentrációt. Ebből következően a mintavétel egy – a szellőzőcsatorna geometriai középpontjához közeli – pontban is kielégítő pontosságot ad. Konzervatív megközelítéssel a mért aktivitás 1/0,82-es értékkel szorozható, így bármely szellőzési állapotnál megállapítható a kibocsátási érték lehetséges felső értéke.

1.2.1.3. A PING (Particle-Iodine-Noble Gas) mérőrendszer

A PING rendszer kéménypáronként (az erőmű két blokkjához tartozó) két teljesen azonos felépítésű, egymástól független mérőegységből áll. A rendszer a blokki szellőzőkémények felé menő hídon került elhelyezésre. Mindkettőt az izokinetikus mintavevő rendszer látja el levegőmintával. A PING (szóösszetételét tekintve: Particle – Aeroszol, Iodine – Jód, Noble Gas – Nemesgáz) rendszer a kibocsátott levegőben lévő aeroszokok alfa- és béta-aktivitásának, az elemi és szerves fázisú radiojód ¹³¹I gamma-aktivitásának és a radioaktív nemesgázok összes béta-aktivitásának folyamatos mintavételezésű, tíz perces ciklusidejű mérésére szolgál. Három önálló, de légáramlás szempontjából sorosan kapcsolt műszerből áll, ezek a radioaeroszol mérő (ABPM 201), az elemi és szerves formájú radiojód mérő (IM 201) és a radioaktív nemesgázmérő (NGM 204) 1. kép.

A levegőmintát grafitlapátos szivattyú szívja át, amely a nemesgázmérő egységre van felszerelve. A térfogatáram 26–30 liter/perc közötti.



1. kép: A PING rendszer sorba kötött egységei (ABPM 201, IM 201, NGM 204).
Forrás: [saját].

A mérőegységek jelei (intenzitások, aktivitáskoncentrációk, saját légforgalom) a SCADA technológiai informatikai rendszerbe jutnak, ahol archiválásra kerülnek és a származtatott mennyiségek meghatározása is itt történik (tízperces, órás, napi kibocsátások). A mért aktivitáskoncentráció adatok a terjedésszámításoknál input adatokként kerülnek felhasználásra. A PING rendszer három-három egységének az atomerőmű üzeme közben üzemképesnek kell lennie [244].

A radioaktív aeroszol (RAE) mérőegység (részletesebb kép 4. 6 mellékletben látható az ABPM 201-ről) [262] szűrőszalagos felépítésű. A szűrőszalagot cserélni kell, ha a készülék csere szükségességét jelzi vagy a szűrőszalag elfogyott. A szűrőszalag álló helyzetében mindaddig akkumulálja a levegő-aeroszolt, ameddig bizonyos aktivitás, vagy nyomásesés nem mutatkozik (vagy újraindításkor) utána a szalag egy hellyel továbbítódik. A mérés PIPS (Si-félvezető) detektorral egy perces ciklusidővel folyamatosan történik, a béta és alfa aktivitásértékek differencia-képzéssel keletkeznek. A kijelzett értékek az aktuális időpontra vonatkoznak. Mérési tartománya 1 Bq/m^3 - 1 MBq/m^3 közé esik. A radioaktív jód (RAI) mérőegység (részletesebb kép 4. 7 mellékletben látható az IM 201-ről) [262] aktívszén-szűrőpatronnal rendelkezik; NaI(Tl) szcintillációs detektor gamma-sugárzást mér a ^{131}I izotóp 364 keV-es vonalára beállított $\pm 50 \text{ keV}$ széles ablakban. Mérési tartománya 1 Bq/m^3 - 1 MBq/m^3 közé esik. A radioaktív nemesgáz (RNG) mérőegység (részletesebb kép 4. 8 mellékletben látható az NGM 204-ről) [262] egy 300 cm^3 térfogatú mérőkamrával rendelkezik, amelyben PIPS detektor van elhelyezve a kamrán keresztül áramló levegő béta sugárzásának detektálására. Mérési tartománya, 10^2 Bq/m^3 - 10^9 Bq/m^3 közé esik ^{85}Kr -re vonatkoztatva.

A PING rendszerhez beállított riasztási szintek a 3. táblázatban láthatóak.

PING rendszer részegységei	Figyelmeztető szint (Bq/10 perc)	Vészszint (Bq/10 perc)	Figyelmeztető szint (Bq/óra)	Vészszint (Bq/óra)
RNG	$1,6 \times 10^{12}$	$1,0 \times 10^{14}$	$5,2 \times 10^{12}$	$3,8 \times 10^{13}$
RAI	$2,7 \times 10^7$	$1,0 \times 10^{10}$	$8,9 \times 10^7$	$6,4 \times 10^8$
RAE β	$7,9 \times 10^6$	$2,6 \times 10^{12}$	$2,6 \times 10^7$	$1,9 \times 10^8$

3. táblázat: A PING rendszerhez beállított riasztási szintek. Készítette a szerző, forrás: [242]

A radiatív jód- és nemesgáz 10 perces vész-szintjei az ÁVIT potenciális vészhelyzeti szintek egy tizedeként lettek meghatározva [246].

1.2.1.4. Szellőzőhídi gamma-sugárzás dózisteljesítménymérő

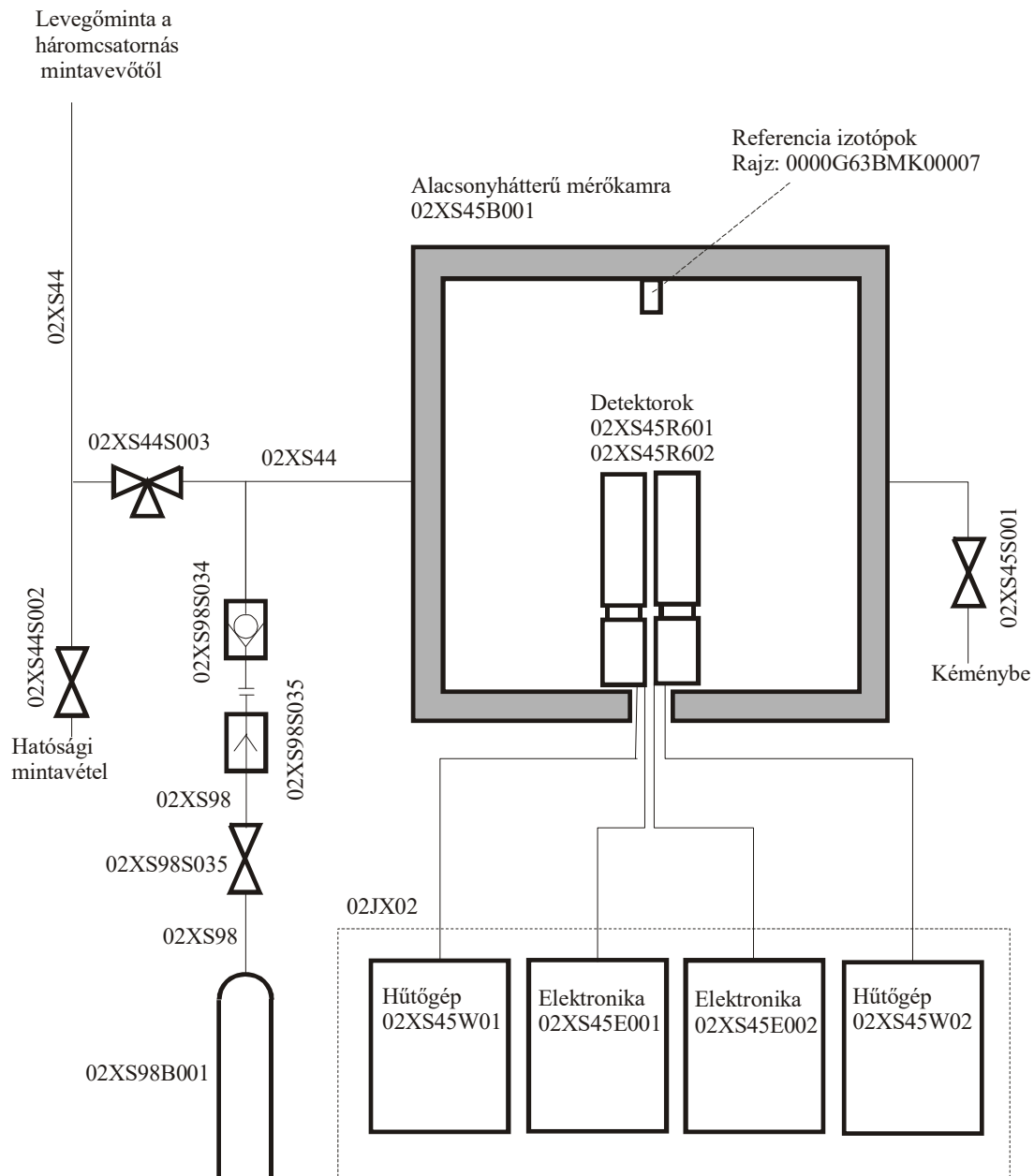
A szellőzőhídban gamma-sugárzás dózisteljesítménymérő BITT detektor került elhelyezésre. A detektor 2 db proporcionális számlálót tartalmaz a nagy méréshatár kiterjesztése végett (2. kép). Tekintve, hogy az adott műszer a kibocsátott levegő által a szellőzőcsatorna adott pontján létrehozott dózisteljesítményt méri, ezért szükség van egy a dózisteljesítmény és az aktivitáskoncentráció közötti átszámítási tényező meghatározására. A detektor érzékenységére végzett számítások szerint, ha a térben homogén aktivitáskoncentrációt másodpercenként, köbméterenként 1 db 1 MeV-es gamma-foton kibocsátást tételezünk fel, akkor $6,44 \times 10^{-12}$ Sv/h dózisteljesítményt kapunk. Ha a gamma-sonda felső méréshatára 10 Sv/h, akkor $1,55 \times 10^{12}$ Bq/m³ koncentráció mérését teszi lehetővé (ez 420-szor több mint a PING berendezés $3,7 \times 10^9$ Bq/m³ felső méréshatára).



2. kép: Gamma dózisteljesítmény mérésére szolgáló BITT detektor. Forrás: [saját]

1.2.1.5. NEKISE (Nemesgáz-Kibocsátás-Sugárzás-Ellenőrző) mérőrendszer

A kéménypáronként azonos felépítésű folyamatos működésű gamma spektrometriai mérőrendszer (NEKISE) alkalmas a nemesgáz kibocsátások izotópszелеktiv mennyiségi mérésére. A szellőzőhídból származó levegőminta az Izokinetikus Mintavevő Rendszeren keresztül a Kombinált mintavevőkön (aeroszol, elemi- és szerves-jód szűrők) áthaladva a három párhuzamos ág egyesítése után jut le a kémény aljában elhelyezett alacsony háttérű mérőkamrába (8. ábra).



8. ábra: NEKISE rendszer sematikus ábrája. Forrás: [saját]

A kémény aljában egy 80x80x80 cm térfogatú vas mérőkamrában található két szimmetrikus elrendezésű HPGe (High Purity Germanium) félvezető detektor. A detektorokkal szemben a mérőkamra felső részén van elhelyezve a két sugárforrás (1-1 db ^{241}Am és ^{137}Cs 5-10 kBq aktivitással), amelyek segítségével a szoftver automatikusan végzi az energia kalibrációt. A detektorokhoz tartozó hűtőgépek és a biztonsági egységek mérőkamra mellett helyezkednek el. A kémény aljában kialakított másik helyiségben helyezkedik el az erősítő, nagyfeszültségű tápegység és a kisfeszültségű tápegység, valamint az ipari PC alapú sokcsatornás-analizátor, ami a detektor működéséhez és az eredmények kiértékeléshez szükséges. A levegőforgalom a kamrákba 3,4–5,1 m³/h közé esik. A kamrák környezetében elhelyezett szelepek a levegő-mintavételt, illetve kalibrálási lehetőséget biztosítanak.

A telepített félvezető detektorokkal – teljes gamma spektrum felvétellel – a kibocsátott levegő összes, illetve izotóponkénti nemesgáz aktivitás-koncentrációjának meghatározása történik 10 radionuklidra. Ezen kívül figyeli a spektrumban megjelenő egyéb radioaktív izotópokat és meghatározza az aktivitás-koncentrációikat. Ezek a nuklidok az aeroszol és jód előszűrőn csak annak meghibásodása esetén juthatnak át jelentős mennyiségben. Bármely nuklid megjelenése az előszűrő meghibásodására, esetleg az illékony komponensek szűrőbeli telítettségére utal. A rendszer feladata még az adatok ciklikus mentése, megjelenítése, eljuttatása a SER KK alrendszerbe. A rendszer 10 perces ciklusidővel az utolsó hat ciklus összegzett spektrumát értékeli ki. A SCADA rendszer felé továbbításra kerülnek a 10 perces, az órás és napi aktivitás koncentrációk valamint a kimutatási határok. A SCADA rendszer a légforgalom ismeretében számolja az órás kibocsátást, majd megfelelő algoritmus szerint az órás és napi kimutatási határ és aktivitáskoncentráció adatokból napi kibocsátást határoz meg.

A riasztási idő a legrövidebb ciklusidőhöz kapcsolódik, azaz maximum 10 perc szükséges a határérték sértés központi kijelzéséhez annak detektálását követően. Ennek megfelelően a hálózati kommunikáció minimális ciklusidő is ennek megfelelően lett kiválasztva. Az öndiagnosztikai célokra az alap ciklusidőnél kisebb, perces ciklusidő lett alkalmazva. Ez egyben alkalmas a nagymértékű szintnövekedések gyors detektálására is. A megállapított ciklusidőkkel biztosítható a szükséges - vészszint 1 %-nál kisebb - kimutatási határértéke (izotóponként).

A mérés bizonytalanságot jellemző szórás értékeknek a figyelmeztetési szint környékén 10%-nál kisebbnek kell lenniük. Ez az előzőekben említett adatgyűjtési stratégia mellett teljesíthető. A kimutatási határ $0,25-5 \times 10^2 \text{ Bq/m}^3$ közé esik és a figyelt izotópok az ^{41}Ar , $^{85\text{m}}\text{Kr}$, ^{87}Kr , ^{88}Kr , ^{133}Xe és ^{135}Xe . A NEKISE rendszer által kimutatandó nemesgáz izotópok és korlátai a 4. táblázatban láthatók.

Szint [Bq/h]	^{41}Ar	$^{85\text{m}}\text{Kr}$	^{87}Kr	^{88}Kr	^{133}Xe	^{135}Xe
figyelmeztető szint	$1,6 \times 10^{12}$	$1,4 \times 10^{13}$	$2,5 \times 10^{12}$	$9,9 \times 10^{11}$	$6,8 \times 10^{13}$	$8,2 \times 10^{12}$
vészszint	$5,3 \times 10^{12}$	$4,7 \times 10^{13}$	$8,3 \times 10^{12}$	$3,3 \times 10^{12}$	$2,3 \times 10^{14}$	$2,7 \times 10^{13}$

4. táblázat: A NEKISE rendszer által kimutatandó nemesgáz izotópok és korlátai.
Készítette a szerző, forrás: [242]

A rendszer a fentiekén kívül a mérőtérfogat vagy a szűrők elszennyeződésére utaló további izotópok aktivitás koncentrációját is meghatározza (5. táblázat).

Izotópok				
$^{110\text{m}}\text{Ag}$	^{76}As	^7Be	^{58}Co	^{60}Co
^{51}Cr	^{134}Cs	^{138}Cs	^{59}Fe	^{131}I
^{132}I	^{133}I	^{134}I	^{135}I	^{42}K
^{85}Kr	^{140}La	^{54}Mn	^{56}Mn	^{99}Mo
^{24}Na	^{95}Nb	^{88}Rb	^{103}Ru	^{124}Sb
^{75}Se	$^{99\text{m}}\text{Tc}$	^{65}Zn	^{95}Zr	–

5. táblázat: A NEKISE egyéb a szűrő elszennyeződésére utaló izotópok listája.
Készítette a szerző, forrás: [245]

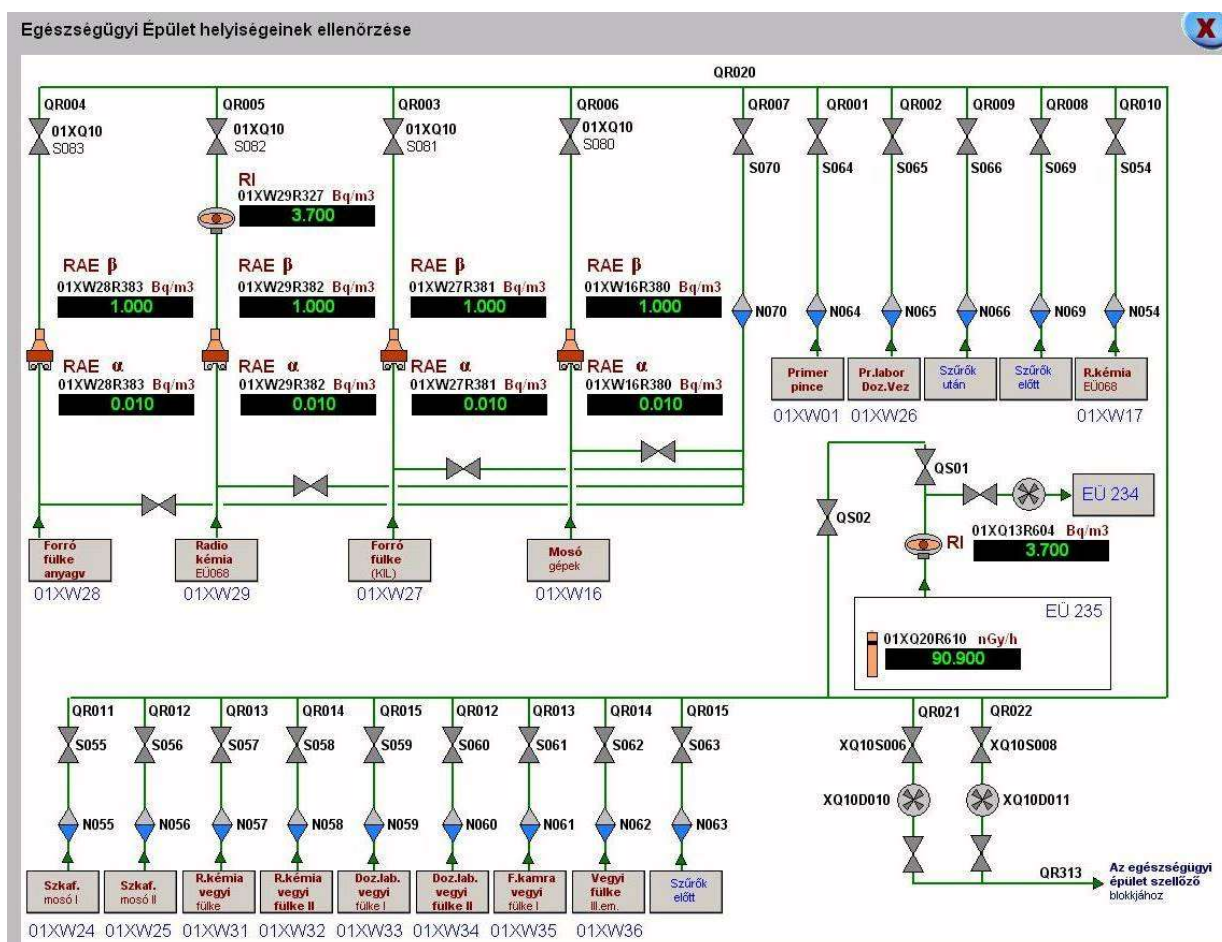
A további izotópok adatait a gammavonal átlapolások hatásának korrekciójánál is figyelembe vesszük. Az elszennyeződések legfőbb indikációi: jód izotópok, ^{60}Co , cézium izotópok.

1.2.1.6. Egészségügyi épületi légnemű kibocsátás-ellenőrző rendszer

A 9. ábra szerinti elrendezés alapján a következő elszívó szellőző rendszerek ellenőrzése történik. Folyamatos alfa- és bétasugárzó aeroszol mérővel: (ABPM201 készülékkel) a következő helyeken:

- 01XW28 (anyagvizsgálók forrókamra sorának elszívó szellőzése),
- 01XW27 (Eü 090 és Eü 092 forrófülke elszívó szellőzése),
- 01XW16 (Primerköri mosógépek elszívó szellőzése),
- 01XW29 (Radiokémia forrófülke elszívó szellőzése);

Folyamatos radiojód mérés (IM201 készülékkel) a 01XW29 rendszeren, (Radiokémia forrófülke elszívó szellőzése) sorba kötve az aeroszol mérővel. Térfogatáramok minden esetben 20-35 liter/perc közé vannak beállítva.



9. ábra: Egészségügyi épület légnemű kibocsátás-ellenőrző rendszerének felépítése. Forrás [242]

Az aeroszol mérőegység mérési tartománya alfa sugárzókra: $10^{-2} - 10^4$ Bq/m³, béta sugárzókra: $10^0 - 10^6$ Bq/m³. A jód mérőegység mérési tartomány: $3,7 \times 10^0 - 3,7 \times 10^6$ Bq/m³. A mérési eredmények a SER részeként a SCADA megjelenítőn keresztül megjeleníthetők a dozimetriai vezénylőben. Amennyiben a kibocsátás a figyelmeztető szintnél magasabb, úgy a párhuzamos mintavételi ág aeroszol szűrőjét ki kell cserélni. A kibocsátást laboratóriumban gamma-spektrometriai mérőrendszerrel kell meghatározni. Az Egészségügyi Épület (a továbbiakban EÜ épület) RAE és RAI ellenőrzéséhez beállított riasztási szintek a 6. táblázatban látható értékek tartoznak.

EÜ épület helységeinek ellenőrzése	Sugárzás fajtája /izotópra vonatkoztatás	Figyelmeztető szint	Vész-szint
RAE	alfa-sugárzó [Bq/m ³]	$1,5 \times 10^{-1}$	$5,0 \times 10^{-1}$
	béta-sugárzó [Bq/m ³]	$1,2 \times 10^2$	$1,2 \times 10^3$
RAI	jód-131 [Bq/m ³]	$3,3 \times 10^2$	$3,3 \times 10^3$

6. táblázat: Egészségügyi Épület helységellenőrzéseikhez beállított riasztási szintek.

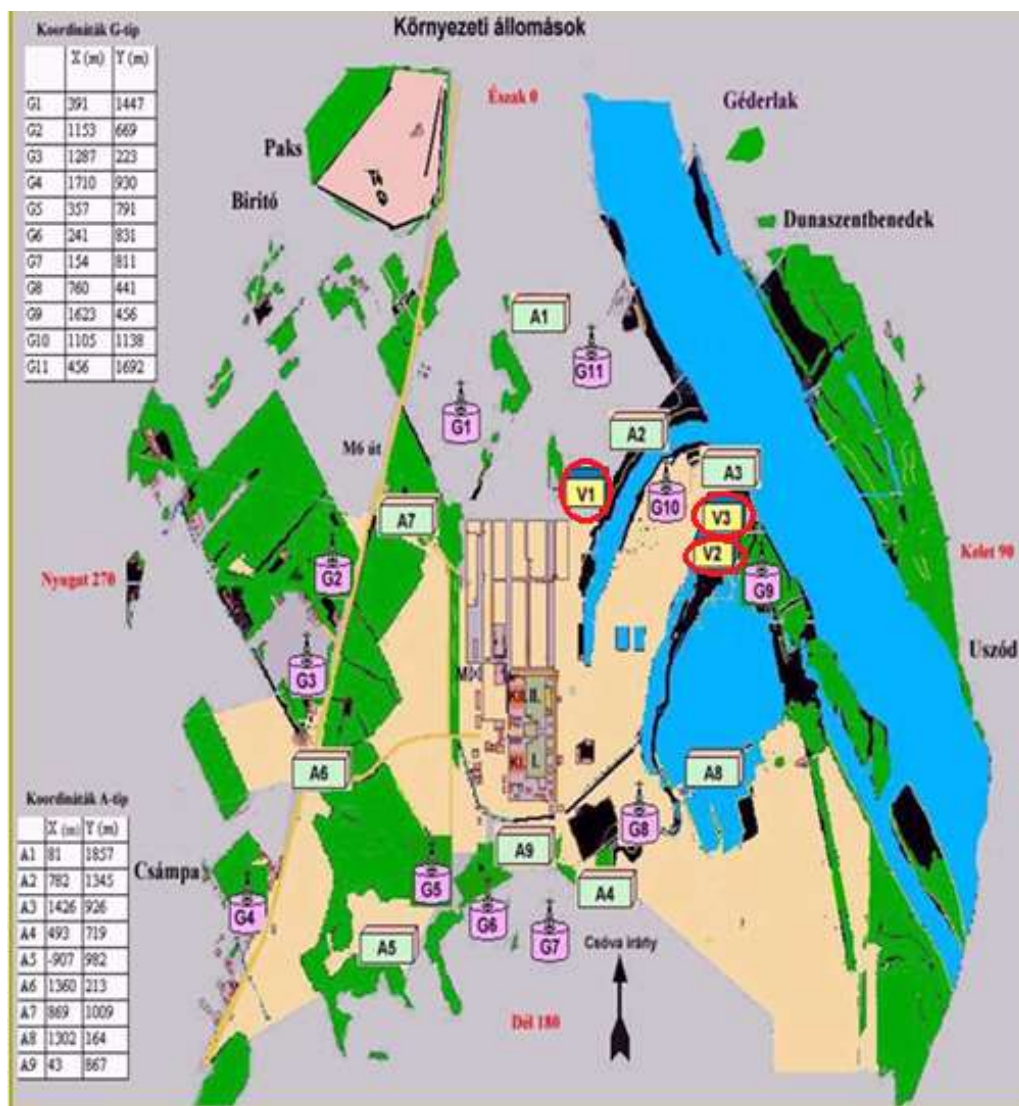
Készítette a szerző, forrás: [242]

1.2.2. Folyékony kibocsátás ellenőrzés

A paksi atomerőmű folyékony kibocsátásainak radioaktív monitorozása teljeskörűnek mondható a nemzetközi- valamint hazai jogszabályokkal és egyéb szabályozásokkal összhangban. A technológiai épületeken belül a munkahelyi technológiai sugárvédelmi ellenőrző rendszernek köszönhetően folyamatosan rendelkezésre állnak a sugárvédelmi jellemzők. A feldolgozás utáni, kibocsátásra szánt vizeket tartályparkokban gyűjtik és kibocsátás előtt reprezentatív módon mintázzák a hatósági előírásoknak és a kritériumrendszereknek megfelelően mérik és minősítik. A kibocsátás a megfelelő engedélyezési eljárások után bocsáthatók csak ki és a kibocsátási útvonalak is folyamatos dozimetriai monitorozásnak vannak kitéve. Fejlesztési lehetőséget a súlyos nukleáris baleseteket is szem előtt tartva a környezetbe kikerülő vizek monitorozása kapcsán látok. Mindenek előtt azonban ismertetném a jelenlegi rendszer felépítését. A hidegvíz csatorna melletti V1 vízmérő állomás a Duna, a melegvíz csatorna melletti V2 állomás a hűtővíz kondenzátor, biztonsági és technológiai hűtővíz, a zagyteri medencékből túlfolyó víz, valamint az övárokból átemelt esővíz együttes jellemzőit méri. A kidobó vezetéken távozó tisztított fekáliás szennyvíz és a mérleg feletti vizek együttes jellemzőit a V3 állomás ellenőrzi 10. ábra. A fekáliás kidobó vezeték végpontja a melegvíz csatornába csatlakozik, közvetlenül annak törőműje előtt, így a kibocsátott aktivitás rögtön igen nagy mennyiségű felmelegedett kondenzátor hűtővízzel keveredve jut a Dunába. Tekintettel arra, hogy a melegvíz csatorna vize gyakorlatilag a Dunából a hidegvíz csatornán keresztül kivett víz, a kibocsátási értékek helyes elemzése céljából (különbségképzés) a bejövő vizet a hidegvíz csatorna mellé telepített állomás (V1) ellenőrzi.

A V2 és a V3 távmérő állomások, mint utolsó ellenőrzési pontok olyan detektorokkal vannak felszerelve, ami a víz összes-gamma aktivitás koncentrációját méri. Azonban a kibocsátási útvonal ezek előtt is monitorozható a sugárvédelmi ellenőrző rendszerhez tartozó szcintillációs detektorokkal (SAS203), melyek a következők:

- a melegvízes csatorna zárt szelvényű szakaszán lévő detektorok (összesen 4 db),
- a biztonsági hűtővíz blokkonkénti csővezetékeibe épített detektorok (összesen 12 db),
- a tisztítatlan fekáliás szennyvíz vezeték aknájának detektora, valamint a szennyvíztisztító I. és/vagy II. műtárgysor előlevegőztető medence detektora. A szennyvíz előlevegőztető medence detektorai a szennyvíz mennyiségétől függően



10. ábra: Vizeket ellenőrző állomások (V1, V2, V3) elhelyezkedése (pirossal bekarikázva).
Készítette a szerző, forrás: [saját]

A V1 és a V2 állomásoknál a csatornából búvárszivattyúval kiemelt víz egy 400 dm³ térfogatú, 5 cm vastag ólomárnyékolással ellátott mérőedényben kering, az aktívabb közeget mérő V3 állomáson a mérőedény 30 dm³-es. Az edény geometriai közepén védőcsőben elhelyezett, temperált, 65x65 mm átmérőjű szcintillációs detektor méri 10 perces időciklusokban a víz összes-gamma aktivitáskonzentrációját (1–10⁶) kBq/m³ határok között (2:1 aktivitáskonzentráció arányú ⁶⁰Co, ¹³⁷Cs keverékre vonatkoztatva). A vízmérő állomásokon helyi számítógép végzi az adatgyűjtést, az előfeldolgozást és a kommunikációt a központi SCADA számítógépekkel. Az állomásokon automatikus vezérléssel folyamatos, „csepegtetős” mintavételezés történik (5–7 dm³/24 óra) laboratóriumi vizsgálatok céljából, napi minta-elvitellel. A különböző V-típusú állomások vízmintavevő tartályait a 3. képen látjuk.



3. kép: Vízmintavételre és mérésre szolgáló V-típusú állomások. Baloldalon a 400 literes (V1-, V2 típusú), jobb oldalon 30 literes (V3 típusú). Forrás: [saját]

Az egyes állomásokon és mérőaknáknak folyó távmérések figyelmeztető és vész-szintjei a 7. táblázatban láthatóak.

Állomás/akna	Figyelmeztető szint [kBq/m ³]	Vész-szint [kBq/m ³]
Melegvíz csatorna zárt szelvényű szakasza	40	85
Biztonsági hűtővíz	40	85
V1	10	20
V2	10	20
V2-V1	5	10
F1	500	1000
Szennyvíz előlevegőztető medence	250	500
V3	100	1000

7. táblázat: Az egyes állomásokon és mérőaknákban folyó távmérések figyelmeztető- és vész-szintjei. Készítette a szerző, forrás: [242]

1.2.3. A mintavételezésen alapuló kibocsátás-ellenőrzés

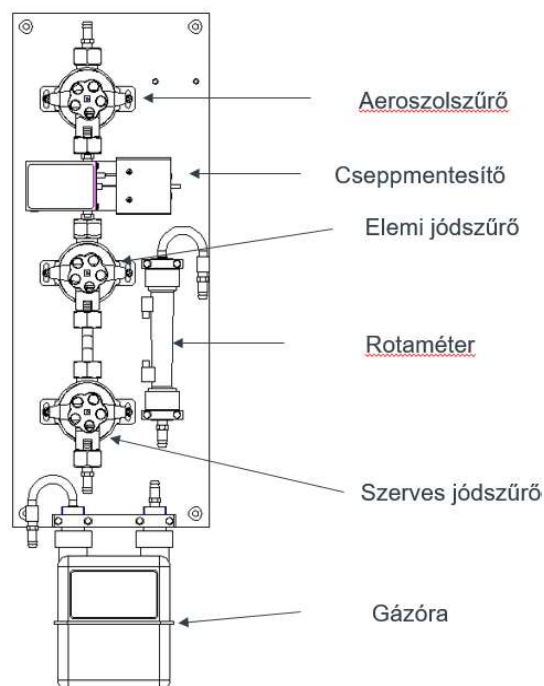
Egy súlyos nukleáris baleset esetén kezdetben elsősorban a távadó rendszerekre támaszkodunk, mert azok nyújtanak gyors, tájékoztató adatot a sugárzás állapotáról. Azonban előfordulnak olyan esetek, amikor a baleset típusától, súlyosságától függően sokszor szükség van a kibocsátáson alapuló mintavételre vagy mintavétellel kiegészült vizsgálatokra. A baleset utáni időszaknak pedig elengedhetetlen része a mintavételezésen alapuló felmérés, hogy pontos ismereteink legyenek milyen további intézkedés szükséges a környezeti terhelés további csökkentése végett. Ezeket figyelembe véve röviden bemutatom a kibocsátás-ellenőrzés mintavételen alapuló munkaprogramját, lehetőségeit.

A kibocsátás-ellenőrzésben alkalmazott mintavételes laboratóriumi ellenőrzésének programot a 4.9 melléklet „A radioaktív anyagok kibocsátásának mintavételes laboratóriumi sugárvédelmi ellenőrzése” mutatja be (mivel a blokkonkénti szétválasztás nem minden esetben oldható meg így a táblázatban csak egy blokk kibocsátásának vizsgálatára vonatkozó éves mintaszám szerepel) [242]. A laboratóriumi mintavevő rendszer alkalmas aeroszolok és nemesgáz, különböző kémiai formájú radiojódok, trícium és radiokarbon folyamatos mintázására. A laboratóriumi mintavevő rendszer lehetővé teszi mind az üzemi, mind a hatósági mintavételezést. A légnemű környezeti elemek mintavételezésének eszközei és a rá vonatkozó kritériumok megegyeznek a légnemű kibocsátásnál említettekkel. A folyékony környezeti elemek mintavételezése különböző. A V1, V2 és V3 minták folyamatosan vett napi átlagminták, míg a többi pont mintának tekinthető. A V1, V2 és V3 mintázása a folyamatos aktivitáskoncentráció mérésére szolgáló detektor mérőaknájából történik egy szivattyú segítségével.

Légköri kibocsátások mintázása.

A paksi atomerőmű légköri mintázására a szellőzőkéményekbe telepített levegőmintavételi rendszerek szolgálnak. A kéménybe telepített laboratóriumi mintavevőkkel mód van a trícium és a radiokarbon különböző kémiai formái szerinti mintázásra, továbbá laboratóriumi mérések céljából a nemesgázok mintázásra is. A kombinált mintavevőkkel külön mintázzák az aeroszoloikat, valamint a jódok elemi és szerves formáját [242]. Kiegészítésül megjegyezném, hogy a kéményen keresztüli mintavételen alapuló offline kibocsátás mérésével behatóan foglalkoztunk szerzőtársaimmal, amiről cikk formájában számoltunk be [261].

Kombinált mintavevő egység. A berendezés két fő részegysége a szűrő tartó egység és a hozzájuk tartozó szivattyú egység. A szűrők tokokban vannak elhelyezve a következő sorrendben: legfelül aeroszol szűrő, alatta elemi jód szűrő, s legalul szerves jód szűrésére szolgáló aktív szénes szűrőbetétet tartalmazó szűrő. A szivattyú egység tartalmazza a szabályozható fordulatszámú szivattyút és ki- és bekapcsolást, valamint a légszállítás sebességének szabályozását lehetővé tevő fordulatszám szabályzót. A berendezésbe beépített cseppmentesítő biztosítja, hogy az elemi jód és a szerves jód megkötésére szolgáló szűrőkbe ne juthasson olyan levegő, melyben a víz folyékony fázisban is jelen van. A cseppmentesítőtől kilépő levegő az előírt légszállítás mellett 10°C-al magasabb hőmérsékletű a belépőnél. A kombinált mintavevő egységek felépítése a 11. ábrán látható.



11. ábra: Párhuzamos ágú aeroszol és radiojód mintavevő egység. Forrás: [244, 242]

Az aeroszol szűrésre 70 mm átmérőjű orosz szűrő szolgál (AFA-RMP-20) míg az elemi jód megkötésére hazai fejlesztésű jódszűrőt (BME PACI) használunk, ami ugyancsak 70 mm átmérőjű és a szerves jód megkötésére jódpatron (KC-9) használatos. A mintavétel folyamatos $1,5 - 1,8 \text{ m}^3/\text{h}$ térfogatáram mellett, az aeroszol és jódszűrők cseréje napi és heti és a jódpatronok cseréje heti gyakoriságú. Mintavétel után az aeroszol- és jódszűrők, valamint a szerves jódot megkötő patronok izotóp-összetételének meghatározása gamma-spektrometriával történik.

A szűrők egy része a Kibocsátásellenőrző Laboratórium által végzett mérések után átadásra kerülnek hatósági analízis céljából. Az összegyűjtött aeroszol szűrő mintákból negyedévenként a radiostronciumok aktivitásának meghatározása kémiai elválasztás után folyadék-szcintillációs módszerrel történik.

Trícium mintavevő. Mintavevő berendezés egyedi fejlesztésű, 2 db molekulaszitával töltött adszorpciós oszlop. Az aeroszolok kiszűrése után az egyik oszlop a HTO megkötésére, a másik a HT – hidrogéngáz katalitikus oxidációja utáni – megkötésére szolgál. Kéményenként 2 darab mintavevő üzemel. A mintavétel térfogatárama $15 \text{ dm}^3/\text{h}$. Expozíciós idő maximum 336 óra, ha szükséges rövidebb időtartam is lehet. Az oszlopok rendkívüli cseréjének szükségességét a Blau-gél kékből rózsaszínbe történő átcsapása jelzi. Az adszorber töltet típusa: 4 A molekulaszita, tömege: 400 g. A katalizátor üzemi hőmérséklete $450 \text{ }^\circ\text{C}$. A feldolgozott mintákból a kéménylevegő tríciumaktivitás-koncentrációjának meghatározása folyadékszcintillációs mérés technikával történik.

Radiokarbon mintavevő. Mintavevő berendezés egyedi fejlesztésű, 2 db NaOH-os buborékoltató oszloppal ellátott készülék. Az aeroszolok kiszűrése után az egyik a szén-dioxid (CO_2) megkötésére, a másik a szén-dioxid és a szénhidrogének ($\text{C}_n\text{H}_m + \text{CO}_2$) katalitikus oxidáció utáni megkötésére szolgál. Kéményenként 2 darab mintavevő üzemel. A mintavétel térfogatárama $10 \text{ dm}^3/\text{h}$. Expozíciós idő 336 h, öthetes hónap végén 168 h. Az abszorber térfogata 500 cm^3 3 mólos NaOH oldat. A katalizátor üzemi hőmérséklete $450 \text{ }^\circ\text{C}$. A feldolgozott mintákból a kéménylevegő radiokarbon aktivitáskoncentrációjának meghatározása folyadékszcintillációs mérés technikával történik).

Nemesgáz mintavevő. Két darab folyamatos mintavevőből az egyiket munkanapokon cserélik és a levegő nemesgáz izotópösszetételt határozzák meg, míg a másik havi gyakorisággal cserélt, a ^{85}Kr laboratóriumi meghatározásának céljából. Izotópösszetétel meghatározására szolgáló mintavevő berendezés egyedileg kifejlesztett programozható mintavevő. Expozíciós idő programozhatóan 1 – 7 nap. A mintavétel térfogatárama: 5 – 10 dm^3 /beállított időszak.

A mintákból a nemesgáz izotópok aktivitáskoncentrációjának meghatározása gamma-spektrometriával történik. A ^{85}Kr mintavevő ugyancsak egyedileg kifejlesztett programozható mintavevő. Expozíciós idő programozhatóan 14 – 31 nap. A mintavétel térfogatárama: 15 – 27 dm^3 /beállított időszak. A mintákból a ^{85}Kr aktivitását külső szerződés keretében határozzák meg gáztöltéses proporcionális számlálási módszerrel.

Aeroszol mintavevő. A szűrőtartó egységben elhelyezett aeroszol szűrő a trícium mintavevő, radiokarbon mintavevő és nemesgáz mintavevő levegőminta előszűrését végzi. A szűrő a rutin vizsgálatokhoz végrehajtott mintavételi programban nem szerepel, de igény szerint, például alfa-sugárzók ellenőrzésére felhasználható. A mintavétel térfogatárama 1 dm^3 /perc, a mintavétel folyamatos és a szűrő csere havi gyakoriságú. A szűrő típusa megegyezik a kombinált mintavevő egységnél említett szűrőtípussal.

Egészségügyi épületi mintavevő rendszere. A 10 db Eü épületi primerkörü szellőzőrendszer kimenetének mindegyikéhez külön mintavételi ág tartozik, összesen 14 db. A technológiai szűrősorral rendelkező szellőzőrendszerek közül annál a négyenél, amelyik az egészségügyi épületi légnemű kibocsátás-ellenőrző rendszerrel is rendelkezik, avval párhuzamosan aeroszol-szűrő ág került kiépítésre, míg a jód-szűrőt tartalmazó tok a folyamatos aeroszol-mérő után található; kivéve a radiokémiai forrófülke elszívó szellőző rendszert, mert annál a mintavételes jódszűrő is a párhuzamos aeroszol mintavételi ágban helyezkedik el. A többi szellőzőrendszer mintázása is aeroszol és jódszűrővel történik.

Az előbb külön említett négy szellőzőrendszer, és további négy, technológiai szűrővel rendelkező szellőzőrendszer bemeneti ágai 1–1 csoportos mintavételi lehetőséggel is rendelkeznek. A mintavételi ágakban alkalmazott szűrőtípusok megegyeznek a kombinált mérőegységnél említettekkel. A mintavétel térfogatárama 1,2 – 1,5 m^3 /h közötti. A mintavétel folyamatos, a szűrőcsere negyedéves gyakoriságú, amennyiben a távmérő rendszer a háttérnél magasabb értéket mutat, azonnali szűrőcsere kell végrehajtani. A mintavétel után az aeroszol- és jódszűrők izotóp-összetételének meghatározása gamma-spektrometriával történik, valamint negyedéves gyakorisággal radiostroncium meghatározáson esik át a minta.

Folyékony radioaktív kibocsátások mintavételezése

Az atomerőmű technológiai rendszereiből radioaktívan szennyezett vizet csak engedélyezett útvonalon, ellenőrző tartályokon keresztül szabad kibocsátani. A vízkibocsátást kezdeményező köteles a kibocsátott mennyiségről, a kibocsátás időtartamáról információt adni a vízkibocsátási engedélyt kiállító dozimetriai szakembernek. A lehűtő rendszer vízminőségét javító vízcsere során a teljes átáramlott térfogatot a művelet végén a Dozimetriai Szolgálat felé jelenteni kell. A kibocsátási engedélyen a kibocsátott mennyiségi és idő adatokat a dozimetriai szakembernek rögzíteni kell.

Mintavétel az ellenőrző tartályokból. A mintavétel előtt zárni kell a tartály feltöltésére szolgáló vezeték elzáró szerkezetét olyan módon, hogy azt a leürítés befejezéséig ne lehessen kinyitni, azután a tartályban lévő vízből mintát kell venni. A mintavétel előtt a közeget homogenizálni kell. Valamennyi leürítésre kerülő tartály pH-ját és összes-béta aktivitáskoncentrációját meg kell mérni egyes tartályok esetén összes-alfa mérést is kell végezni. A kibocsáthatóság eldöntését ezekre a mérésekre kell alapozni. A kibocsátási határértékek a 4.10 mellékletben a „Vízkibocsátási rend az atomerőmű radioaktív anyagokkal szennyezett hulladékvizére” táblázatban láthatók [242]. Kibocsáthatóság esetén – 4.11 mellékletben „Vízkibocsátási Engedéllyel” [242] – a tartály ürítővezetékének zárt állapotban leplombált zárószelvényén a plombát fel lehet bontani, az ürítés után ennek helyére újat kell elhelyezni, a feltöltővezeték csak ezután válhat nyithatóvá.

Gőzfejlesztők és szekunderköri lehűtőrendszer. Valamennyi leürítésre kerülő gőzfejlesztő vizének pH-ját és összes-béta aktivitáskoncentrációját meg kell határozni. Ezen adatok ismeretében kell a lehetséges kibocsátási útvonalat meghatározni. Az eljárás – vízkibocsátási rend és engedély – megegyezik a mintavétel az ellenőrző tartályoknál leírtakkal. Amennyiben a mintavételkor a primer oldali nyomás magasabb a szekunder oldali nyomásnál a mintavételtől a kibocsátás megkezdéséig 24 óra áll rendelkezésre, ezt meghaladva új mintavétel szükséges. Egyéb esetben a mintavétel eredménye érvényes marad ameddig potenciálisan befolyásoló technológiai esemény nem történt.

Legkésőbb a mintavétel idejétől a kibocsátás engedélyezéséig a gőzfejlesztők lehetséges kibocsátási útvonalain levő kijelölt armatúrákat zárt állapotban le kell plombálni. Ha a primerköri nyomás alacsonyabb a szekunder körinél és a lehűtő rendszer víz-vizes üzemmódban üzemel, a lehűtő-rendszeri közeg a főgőzkollektorra kapcsolt gőzfejlesztőkkel együtt homogénnek tekinthető, az esetben elegendő az egy közös minta vétele. Visszaindulási fázisban, amikor a primerköri nyomás magasabb a szekunder körinél a gőzfejlesztők és a főgőzkollektor ürítéséhez külön-külön (6+1 db) minta szükséges.

A hideg (V1)- a meleg (V2) és a mérleg feletti (V3) vizesállomások mintavételei. A V1, V2 és V3 csatornákból a telepített automatikus mintavevők folyamatosan mintát gyűjtenek laboratóriumi vizsgálatok céljából. A lecserélt mintavételi edényeket munkanapokon délelőtt naponta, a hétvégi, továbbá a munkaszüneti napok alatt gyűjtött mintákat a legközelebbi munkanap délelőttjén szállítják a laboratóriumba, ahol a minták radioanalitikai vizsgálatát végzik. A napi V1, V2 és V3 mintákból összes-béta aktivitáskoncentrációt határoznak meg. A napi V1, V2 és V3 minták folyamatos bepárlásával képzett havi átlagminta száraz maradékát gamma-spektrometriai mérésnek vetik alá az izotóp-összetétel meghatározása végett. A havi átlagmintákból trícium, a negyedéves átlagmintából ^{90}Sr , radiokarbon és összes-alfa aktivitáskoncentráció meghatározása is történik.

1.2.4. Kibocsátás-ellenőrző távadó rendszereken és mintavételezésen végrehajtandó fejlesztési javaslatok

Ahogy már a bevezetőben is említettem a kibocsátás ellenőrző rendszer kulcsfontosságú szerepet játszik a baleset-elhárításban, egy esetleges súlyos nukleáris baleset következményeinek csökkentésében. A változtatásokra és a fejlesztésekre vonatkozó javaslatoknak az elsődleges célja, hogy súlyos nukleáris baleseti helyzetben is szolgáltatson adatokat, további célja, hogy ezt még szélsőséges esetben – ezek közé tartozik a földrengés (a továbbiakban FR) és teljes feszültség kiesés (a továbbiakban TFK) – esetén is megőrizze működőképességét, hogy így is tudja támogatni az elhárítást, illetve a következmény csökkentés folyamatát.

Kéménykibocsátás-ellenőrzés eszközeivel kapcsolatos fejlesztési javaslatok

A kémények sugárvédelmi ellenőrzésére szolgáló helységeibe telepített PING és NEKISE rendszerek, valamint az őket kiszolgáló légsebesség mérő és izokinetikus mintavételt biztosító rendszerek fontos szerepet játszanak a kibocsátott radioaktív anyagok mennyiségének becslésében. Súlyos baleseti szituáció esetén azonban a H1 szellőzőhídban elhelyezett gamma-sugárzás dózisteljesítmény mérő szerepe felértékelődik, ez szolgál a kibocsátott nagyobb aktivitáskoncentrációk mérésére. A redundancia biztosítása érdekében a kémény légterében egy újabb BITT és EGE szonda elhelyezése célszerű. Mind a BITT szondákat, mind a légsebességmérőket földrengésálló és teljes feszültség kiesés elleni módon kell telepíteni. Mint ahogy korábban említettem a KS-411-S típusú levegősebesség/térfogatáram-mérő rendszer feladata az üzemi helyiségekből a H1 szellőzőcsatornán átáramló főlevegőáram sebességének és térfogatáramának folyamatos, hosszú idejű mérése.

A főlevegőáram sebességének mérése 9 ponton történik. A sebességmérési helyek kijelölése úgy történt, hogy a szellőzőcsatorna 3 x 3 részre való osztása révén a kilenc azonos méretű, közel négyzet keresztmetszetű szelvény mindegyikének középpontjába egy-egy sebességmérő detektor került elhelyezésre. E detektorok által mért sebességnek és a hozzá tartozó keresztmetszetnek a szorzatát összegezve kapható meg a légforgalom. Érdeemes azt is megemlíteni, hogy TFK esetén a kéményen keresztül érdemi kibocsátásra nem lehet számítani, hiszen ilyenkor a ventilátorok nem működnek. Ilyenkor a levegő az elszívó nyílásoktól először lefelé áramlik jó néhány métert, majd a ventilátor lapátok mellett a légréseken keresztül a kéményhatással jut ki a környezetbe.

Mivel a kiáramlási sebesség ilyenkor rendkívül alacsony, így a kéményen keresztül kikerülő nuklidok a kémény mellett szinte rögtön lefelé fognak áramlani. A légforgalom ismeretének jelentősége miatt, annak nagy biztonságú megállapítására, hogy a kéményen keresztül van-e légforgalom vagy nincs, egy új nagymbízhatóságú földrengésálló módon telepített és teljes feszültségkiesés esetén is működő légforgalom detektáló egység beépítését kell elvégezni, amely a jelenlegi mérés redundáns, diverz párjának tekinthető majd. Az új mérés beépítése során a tartószerkezet megerősítésére is szükség van.

A kéményenként egy-egy, a H1 szellőzőhidban elhelyezett gamma-sugárzás dózisteljesítmény mérő széles mérési tartománya lehetővé teszi a kéményben a nagy aktivitáskoncentrációk mérését. A detektorba proporcionális számláló van beépítve, amely kis dózisteljesítménynél impulzus, nagy dózisteljesítménynél áramüzemben működik. A lekérdezés BITT protokoll szerint 1 perces ciklusidővel történik. A paksi atomerőmű esetén a detektor áramellátását közvetve a kémény ellenőrző helyiségben lévő szünetmentes alelosztó szekrények biztosítják, amelyek betáplálása szünetmentes nem biztonsági főelosztókról történik. Így e szünetmentes tápegység bevizsgálása szükséges, hogy az elvárt 72 órát tudja-e biztosítani.

Ahogy már korábban említettem a BITT szonda mérési eredményei nagyon fontosak súlyos baleseti helyzetekben. Problémát jelenthet ennek meghibásodása, ezért a mérés redundanciájának biztosítása érdekében mindkét kéménybe egy-egy további gamma dózisteljesítmény mérő telepítése szükségszerű (a meglévő BITT szonda elhelyezésével szimmetrikusan), földrengésálló rögzítéssel, villamos betáplálási és kommunikációs kapcsolati útvonal kialakításával.

A gyártóval és a műszaki leírást készítőivel való egyeztetés után arra a következtetésre jutottam, hogy a kiegészítő gamma dózisteljesítménymérővel szemben támasztott követelmények, hogy méréstartománya 10nSv/h – 10Sv/h közötti legyen, a detektor típusa proporcionális számláló legyen a következő paraméterekkel: ≤ 30 mSv/h esetén 40 keV – 3 MeV és >30 mSv/h esetén 100 keV – 3MeV $\pm 30\%$ a mérési bizonytalansága ≤ 1 Sv/h: $\pm 10\%$, >1 Sv/h: $\pm 15\%$, hőmérsékleti tartománya $-30 - +70^\circ\text{C}$ és a teljesítmény felvétele kisebb 1 W-nál és a tápellátása 12 V legyen [263].

A fent leírtak azonban nem jelentik azt, hogy a NEKISE és PING rendszert ne lehetne felülvizsgálni súlyos nukleáris baleseti helyzetre. Amennyiben nem feltételezünk teljes feszültségvesztést és/vagy földrengést a NEKISE rendszer által izotópszelektíven mért nemesgázkoncentrációk nagyon fontosak. A súlyos nukleáris balesetek esetén a kezdeti kibocsátások legnagyobb dóziszárulékát a nemesgázok okozzák és a későbbiekben is létfontosságú a terjedésszámító szoftverek forrástagjaként. Éppen ezért célszerű lenne a NEKISE rendszer felső méréshatárának bevizsgálása és ennek tükrében különböző technikák alkalmazása, hogy a felső méréshatárt még jobban ki tudjuk terjeszteni.

Az egyik ilyen technika lehet, hogy ismert mennyiségű és koncentrációjú inert gázzal hígítjuk a mérésre szánt levegőt. A kísérleti úton gyűjtött összefüggéseket ezek után be lehetne építeni az üzemi rendszer algoritmusába. Egy másik megoldás lehet, hogy az üzemi félvezető HPGe detektor mellé egy másik kisebb relatív határfokkal rendelkező félvezető detektort helyezünk, ami „meleg tartalékot” képezne, ezzel elősegítve, hogy nagy kibocsátások esetén a detektor holt idejét csökkentjük. Egy harmadik megoldás lehet az árnyékolás-kollimálás technikája. Mindhárom technika vagy ezek kombinálása elősegítheti a felső méréshatár kiterjesztését.

A PING esetében is szükségesek a méréshatárok kiterjesztése, hiszen a korábbi elemzések rámutattak arra, hogy a BITT szondához képest – 1 MeV-es gamma foton kibocsátása, egy köbméterre és egy másodpercre vonatkoztatva - három nagyságrenddel elmaradnak az aktivitáskoncentrációk terén. Még a BITT szonda esetén jobb esetben egy izotópra vonatkoztatva tud visszaszámolni az összes gammadózisteljesítményből, addig a PING rendszer csoportokra szedve tudna információt adni az izotóp összetételéről. Egy súlyos nukleáris baleset esetén pedig a pontosabb izotópösszetétel vagy azok aránya megintcsak elengedhetetlen a forrástag definiálásában, hogy pontosabb előrejelzéseket, számításokat tudjunk alkalmazni.

Az előbb leírtak tükrében ugyancsak fontos lenne e rendszerek megerősítése FR és TFK ellen. A PING rendszer esetén is elmondható, hogy időszerű a műszerek felülvizsgálása, hiszen a közel húsz éve átesett rekonstrukció óta szélesebb körű lett a műszerpaletta és így nagyobb méréshatárú műszerek beszerzése is elérhetővé vált. Ez a felülvizsgálat igaz az egyéb folyamatperifériás eszközökre is, hogy a tartalék eszközök beszerzése, a szoftver támogatások és számítástechnikai eszközök elavulása ne jelentsen problémát a karbantartóknak és hogy az eszközök nagyobb rendelkezésre állásra legyenek képesek. A radiokatív jód monitorozással összefüggésben az a véleményem, hogy mindenképp érdemes elgondolkodni az automata mintavételi módszeren, ugyanis számításba véve egy súlyos nukleáris balesetet nem célszerű élőerő alkalmazása a mintavételi patron cseréje miatt, főleg úgy, hogy az aeroszol és nemesgáz monitoring tekintetében a folyamatos mintavétel megoldott.

A vízmérőállomásokkal kapcsolatos fejlesztési javaslatok

A „V” típusú vízmérő állomások alapvető funkciója, annak igazolása, hogy a paksi atomerőmű, valamely alapvető technológiai rendszerének (pl. gőzfejlesztők) üzemzavara miatt, nem bocsájt-e ki radioaktív anyagokat a Duna vízébe. Ennek meghatározására a meleg- („V2”) és hidegvizes („V1”) csatorna vízminták aktivitáskoncentrációjának különbsége szolgál. Ez a mérési elv a baleset jellegétől függően, súlyos baleseti szituációk esetén is segíthet pl. a kibocsátási források azonosításában és így közvetve a baleset-elhárításban, ezért megerősítésük feltétlenül indokolt.

Érdemes megemlíteni, hogy a vízmérő állomások közvetlen vízaktivitás mérése csak indikátornak tekinthető arra vonatkozóan, hogy a vízmintát soron kívül be kell-e gyűjteni és el kell-e végezni annak nuklidszelektív laboratóriumi analízisét. Vagyis a „V1” és „V2” állomások FR és TFK esetére is biztosítandó funkciói: a kibocsátás üzemszerű folyamatos ellenőrzése és a figyelmeztető, ill. vészszint elérése esetén jelzés generálása, valamint reprezentatív minta biztosítása a laboratóriumi kibocsátás ellenőrzéshez.

A „V3” állomás a fekáliás csatornán keresztül történő kibocsátást méri. Ide az ún. mérleg feletti vizek, a laboratóriumi, a mosodai, valamint az ellenőrzött zónából származó kommunális szennyvíz kerül. Az idekerülő jelentős kibocsátások minden lehetséges esetben ellenőrzött útvonalon történnek. Az egyéb nem ellenőrizhető (pl. csapadék) útvonalon bekerülő aktivitás nem adhat szignifikáns mennyiséget, ill. releváns információt egy FR következményeként kialakuló kibocsátásra vonatkozóan. Ennek ellenére az állomás FR, illetve TFK megerősítése szükséges, mivel a vízaktivitás folyamatos monitorozására szükség van, hogy egy esetleges nem tervezett kibocsátást ki tudjunk mutatni.

A paksi atomerőmű példájánál maradva „V” típusú állomásokon az adatgyűjtő rendszer elavult – 2005-ben volt az utolsó rekonstrukció – és földrengésállósága sem igazolható, így szükségszerű a folyamatperiféria eszközök és az ehhez kapcsolódó adatgyűjtő számítógépek cseréje, vagy más adatgyűjtési koncepció bevezetése. Ez a koncepció általános érvényű az összes atomerőmű kapcsán, célszerű lenne legalább tíz évente a számítástechnikai eszközök és egyéb folyamatperifériai eszközök felülvizsgálata, hogy a kor színvonalának megfelelő eszközök álljanak rendelkezésre, ne okozzon problémát a tartalék eszközök beszerzése, biztosítva legyen a szoftverek támogatása. Ez elengedhetetlen feltétel a nagyfokú rendelkezésre állást illetően.

A „V1” és „V2” állomásokon lévő mintavevő szivattyú teljesítményigénye nagy ezért velük párhuzamosan csak TFK esetén üzemelő kis fogyasztású szivattyúkra is szükség van. A V3-as állomáson a tartályrendszer karbantartása, tisztítása nehézkes, a mérőrendszerben a víz egy része nem cserélődik, csak kering benne, a mérés pontatlan, nem megfelelő a feldolgozás szinkronizálása a vízforgalommal. TFK és FR esetére is alkalmas, közvetlenül a csővezetékben folyó víz aktivitáskoncentrációját mérő detektorra van szükség.

A „V” típusú állomások TFK elleni védelmére megnövelt szünetmentes betáplálást kell biztosítani és az eddig ki nem alakított új rádiós kapcsolat FR álló módon való megvalósítása szükséges, hogy ezek után a vezeték nélküli kommunikáción keresztül is megérkezessenek az adatok a SCADA rendszerbe. Ezekon kívül a környezeti hőmérséklet és az állomáson belüli elektronikus berendezések védelme érdekében hőszigeteléssel és fűtő/hűtő klímaberendezéssel kell ellátni az állomásokat a még biztosabb rendelkezésre állás végett.

Az „V” típusú állomások esetén figyelembe véve a tervezett üzemidőhosszabbítást és „V1” esetén esetlegesen a Paks II. létesítési helyét időszerű a megtáplálási és jelkábelek újra fektetése, hiszen az erőmű építéskor használt kábelek szavatossága a vége felé jár. Ezzel kapcsolatosan célszerű a kábeleket is FR ellenálló módon újra fektetni, figyelembe véve a Paks II. leendő atomerőmű nyomvonalait is, hogy egy esetleges üzemzavari vagy súlyos baleset esetén ez ne legyen akadálya a távmérőállomások kiesésének.

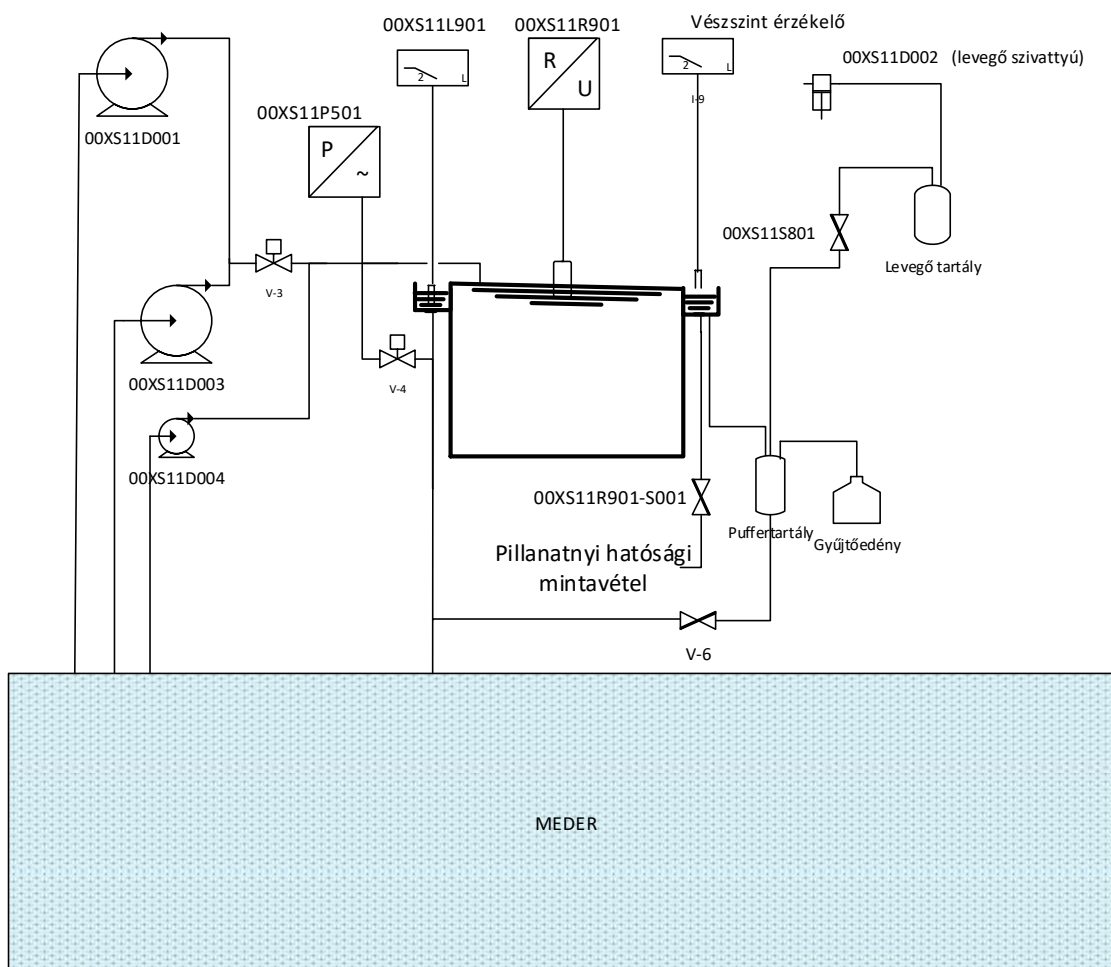
A „V1” és „V2” állomás – részben a „V3” – esetén a fejlesztésre vonatkozó koncepció ugyanaz, mivel a két állomás felépítése egyforma (12. ábra). Az állomások földrengés elleni megerősítése csak új konténer típusú mérőállomásokkal lehetséges. A telepítési helye a korábbival megegyező módon ideális, sőt a „V1” esetén még a leendő Paks II. erőmű „friss” víz monitorozására is alkalmas lehet. A jelenlegi vízszivattyús vízkiemelés megmaradása mellett a TFK és FR esetére is gondolva – korábban az ilyen esetekre nem volt felkészítve – egy kisebb teljesítményű szivattyúnak kell biztosítani a mintavételt, aminek energiaigénye jóval kisebb.

A szivattyúnak tápfeszültség kiesésekor el kell indulni és az indulásával párhuzamosan az üzemi szivattyúk nyomóágán lévő motoros szelepnek le kell zárni. A kisebb szivattyúval szemben támasztott követelmények a helyi specifikációk tükrében - egyeztetve a szivattyú gyártókkal és az illetékes szakterületekkel - a következőkre jutottunk: a helyi adottságoknak megfelelően az emelő magassága 15 m legyen, ami 20 liter/perc vízforgalmat kell, hogy tudjon és a tápfeszültsége 12 V a teljesítménye pedig maximum 80 W legyen. A kisebb szivattyúteljesítmény a 400 liter térfogatú mérőedényben a jelenleginél lassabb vízcseréhez vezet, de még 5 liter/perces szivattyúteljesítmény esetén is 80 perces vízcserét jelent, ami mind mintavétel, mind közvetlen mérés szempontjából megfelelő a Duna lassú aktivitás változása miatt. Az új mérőtérfogatot a korábbival egyező, de FR álló módon kell kialakítani [263].

Az alapvető mérési filozófia a korábbival hasonló, normálüzemben a csatornából szivattyúk által felnyomott víz a 400 literes mérőedénybe áramlik. A mérőedény normál üzemben teljesen fel van töltve és a víz túlcordulva, az edény peremén elhelyezett gyűrűcsatornába folyik. Az itt elhelyezett szintérzékelő jelzi, hogy a normálüzemnek megfelelően a tartály teljesen fel van töltve. A gyűrűcsatornából a két leeresztő ágon távozik a túlcordult víz, továbbá szintén innen lehet kivezetni a folyamatos és pillanatnyi hatósági mintavételhez tartozó két mintavételi ágat. A szintmérést ki kell egészíteni egy vérszint érzékelővel, amely mérés alapján automatikusan le lehet állítani az éppen üzemelő szivattyút, amennyiben a gyűrűcsatorna feltelne vízzel.

A pillanatnyi mintavételezést egy kézi szelep nyitásával lehet elvégezni, míg az egész napos hatósági mintát egy külső tartályba kell gyűjteni a következő módon: A gyűrűcsatornából az egyik mintavételi ágon keresztül egy teljesen feltöltött puffer tartályba kerül a leeresztett víz, amelybe egy levegő pumpa segítségével megadott időközönként levegőt nyomunk. A benyomott levegő túlnyomást hoz létre a pufferedényben, aminek hatására annak tetejéről egy adott mennyiségű víz a gyűjtőtartályba távozik. A szivattyúk vezérlése egy kiegészített funkciójú szivattyú vezérlő elektronikával továbbra is megoldható. A vezérlő az üzemi szivattyúkat 10 perces periódusidővel váltogatja. A jelenlegi rendszerben a beömlő és kiömlő ágak között elhelyezett kézi szelep segítségével lehet beállítani a belépő víz forgalmát. A belépő víz úgy van a tartályba bevezetve, hogy abban folyamatos keveredést hozzon létre. A továbbfejlesztett rendszerben feszültségkiesés esetén az adatgyűjtőnek kell gondoskodni arról, hogy a kisteljesítményű pótszivattyú elinduljon. Annak érdekében, hogy a pótszivattyú által felnyomott víz a mérőtartályba áramoljon, az adatgyűjtőnek le kell zárni egy új, az üzemi szivattyúk nyomóágán elhelyezett motoros szelepet.

Mivel a kisteljesítményű szivattyú esetén az üzemi szivattyúk forgalmánál jóval alacsonyabb forgalom alakul ki, ezért annak érdekében, hogy a tartály továbbra is mindig feltöltött állapotban legyen, a beömlő és kiömlő ágak között elhelyezett kézi szelepet motoros szelepre kell lecserélni és az adatgyűjtőnek kell gondoskodnia arról, hogy a szelep, a kis teljesítményű szivattyú forgalmától függően, amennyire szükséges lezárjon. A műszaki leírásban erre készült vázlatos rajz az alábbiakban látható [263].

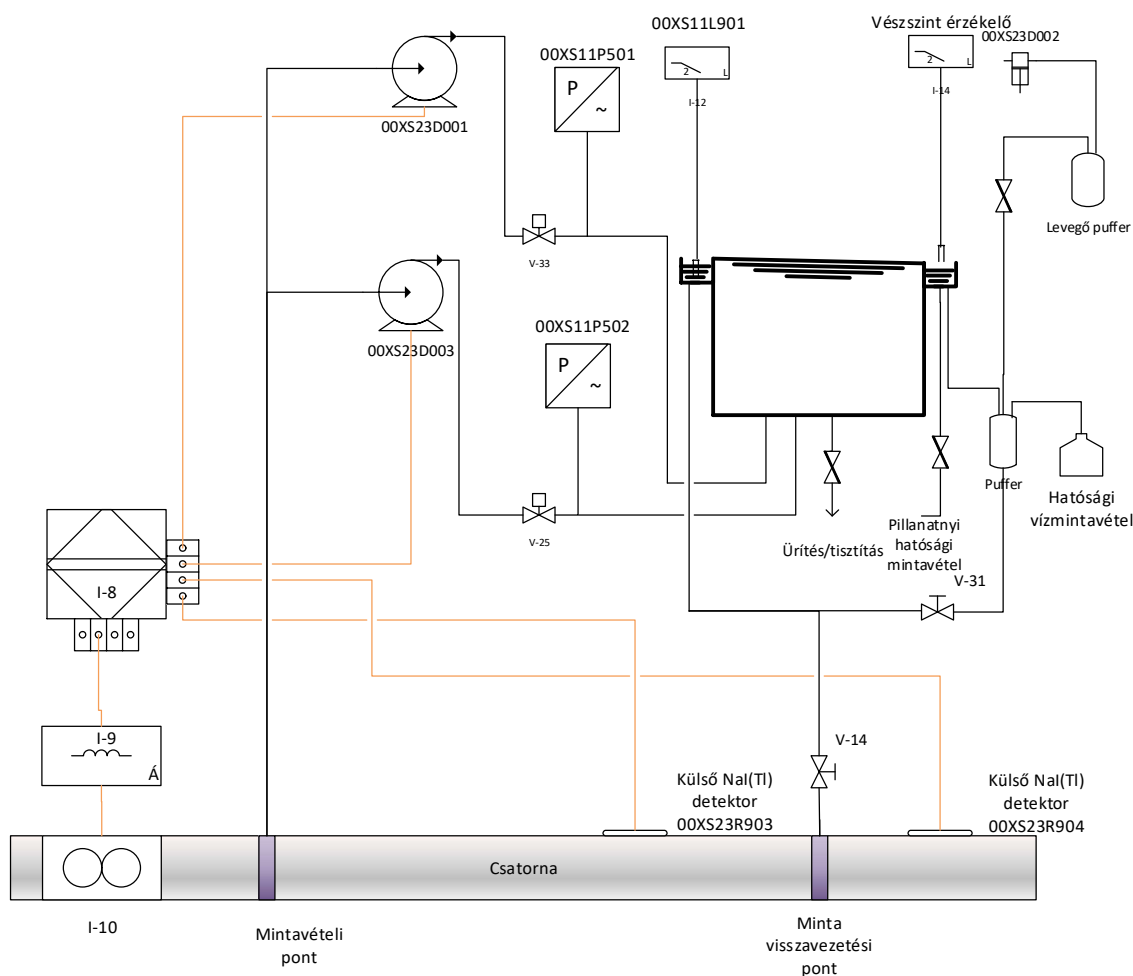


12. ábra: Az átalakítandó V1 és V2 állomások koncepcionális kialakítása. Forrás: [263]

A „V3” állomás (13. ábra) is megerősítésre szorul FR és TFK szempontjából. Az állomás kialakításánál gondoskodni kell arról, hogy a jelentős vízforgalom változás ellenére reprezentatív mintagyűjtés és mérés valósuljon meg. Ennek megfelelően gondoskodni kell arról, hogy a hatósági mintavételezés csak akkor történjen, amikor az NA 400 kidobó vezetéken (továbbiakban a csatorna) áramlás (vagyis kibocsátás) lép fel.

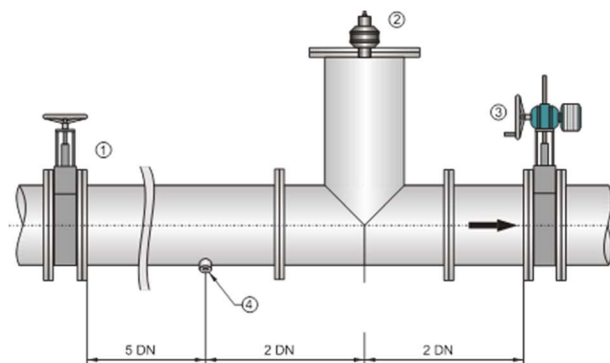
Ehhez a csatornába be kell építeni egy, az adatgyűjtő egységhez kapcsolódó új forgalommérőt, ami a két redundáns ülepítő tartállyal rendelkező darálószerkezetes szennyvízszivattyú indítását vezérli. A szivattyúk a mérőtartályt alulról töltik, amelynek peremén a „V1” és „V2” állomások mintájára elhelyezett gyűrűcsatorna helyezkedik el. A mintavétel ebben az esetben is a gyűrűcsatornából történik (két redundáns ágon, amit az alábbi ábrán nincs jelölve), azonban a „V1” és „V2” állomásoktól eltérő módon itt a tartályban lévő víz aktivitáskoncentrációját nem mérjük online .

On-line mérésre két, a cső fala mellett elhelyezett NaI(Tl) detektor szolgál. A detektálás alapvető funkciója a kibocsátott közeg összgamma értékének megállapítása. Kibocsátás nélküli időszakban a detektor a csőfal háttérértékét méri folyamatosan. Kibocsátás esetén a mérés, az áramlásmérő értéke alapján, a környezeti kibocsátás összaktivitás értékét adja meg. Ez látható az alábbi sematikus rajzból is a műszaki leírásnak köszönhetően [263].



13. ábra: Az átalakítandó V3 állomás koncepcionális kialakítása. Forrás: [263]

A tervezők számításai alapján forgalommérésre egy $\pm 5\%$ pontosságú forgalommérőt kell elhelyezni a csatornában, amely képes részlegesen kitöltött csatorna esetén is meghatározni a forgalmat. A várható max. forgalom értéke $300\text{m}^3/\text{h}$. Egy lehetséges megoldást mutat az alábbi 14. ábra, amely esetén a távadóhoz két érzékelő csatlakozik. Egy cső kialakítású sebesség érzékelő, mely a csővezeték aljára egy $6/4''$ -es csőcsonkba építhető, valamint egy szintmérő, amelyhez a csatornában egy dóm kialakítása szükséges az ábrán 2-es szám szerint [263].



14. ábra: V3 állomáshoz kapcsolódóan a sebesség és szint mérés koncepcionális kialakítása.

Forrás: [263]

Másik lehetséges megoldás egy kombinált induktív sebesség és kapacitív szintmérő alkalmazása. [263] A „V3” állomás kialakításánál megfelelő bevezetési pontok kialakításával gondoskodni kell arról, hogy a mérőrendszer minden egyes elemének tisztítása megoldható legyen.

A „V1”, „V2” és „V3” állomásokon egyaránt, helyileg telepített 72 órás áthidalásra képes, földrengésálló szünetmentes rendszer szükséges. Szünetmentes betáplálást csak a szükséges rendszerelemek kapnak. Emiatt a villamos elosztóból a közös táplálást kapó fogyasztókat szét kell választani szünetmentes és szünetmentes betáplálást nem igénylő fogyasztókra. A 72 órás feszültségkiesés után dönteni kell az aggregátoros üzembről, ill. a töltött akkumulátorokkal való üzemidő meghosszabbításról.

A „V” típusú állomásokat el kell látni rádiótechnikai elemekkel. A rádiós elemek FR állóságát meg kell állapítani. Ezek után már lehetséges a szünetmentes tápegység akkumulátoros üzembről - ami a normál betáplálás kimaradását jelenti – jelzések átküldése az új rádiós kapcsolaton keresztül a dozimetriai vezénylőbe a VVP-be és a TVP-be. A „V1” és „V2” állomások konténere szigetelt kell, hogy legyen, valamint a téglafalú „V3” állomásnak is kapnia kell utólagos hőszigetelést és mindhárom állomást el kell látni fűtő/hűtő klímaberendezéssel. TFK esetén ezeknek a berendezéseknek nem kell működni.

A mintavételes sugárvédelmi ellenőrzéssel kapcsolatos fejlesztési javaslatok

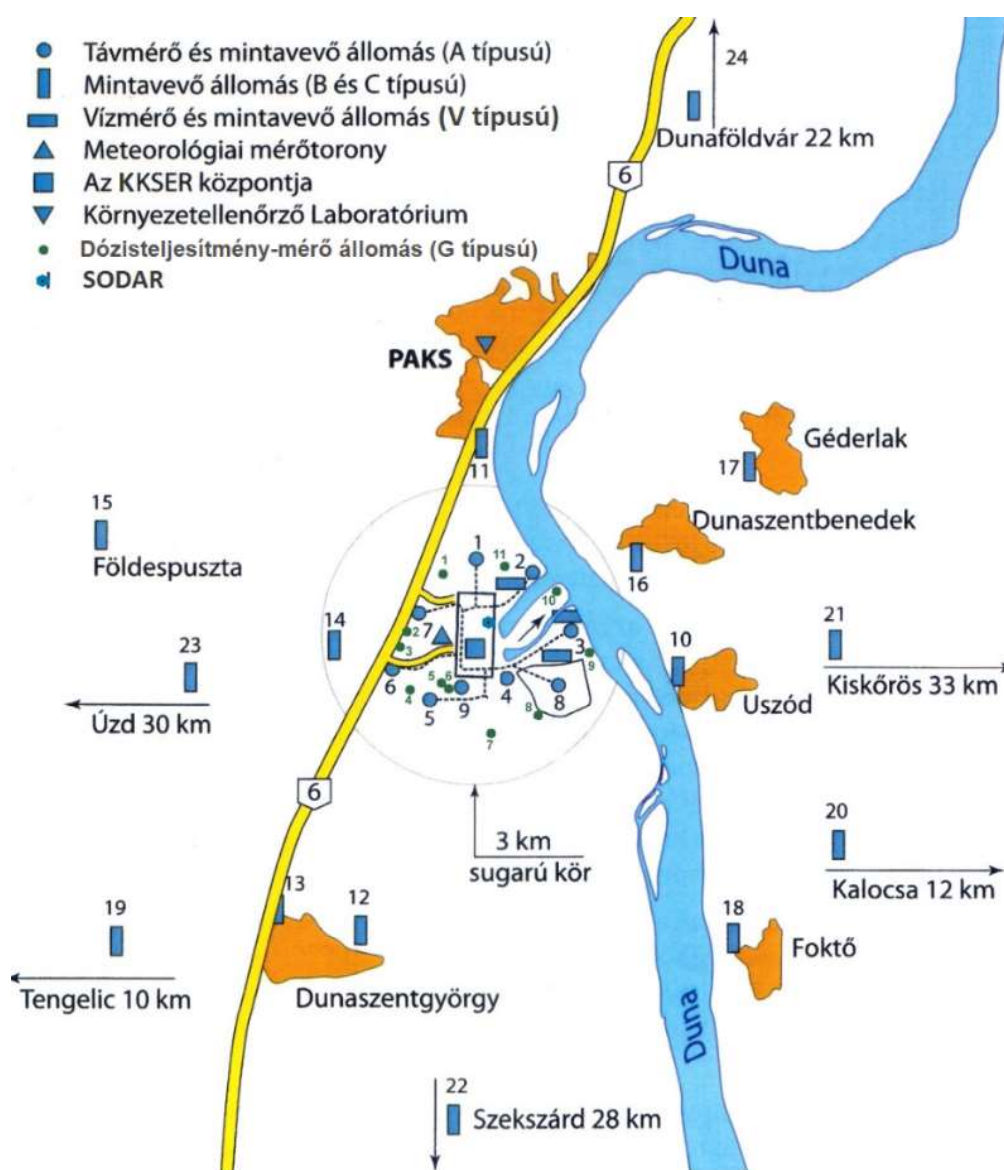
A KiESZ [242] tanulmányozása, elemzése során azt állapítottam meg, hogy a mintavételi program felülvizsgálata javasolt, hogy megfeleljen a TA2-4 (várható üzemi eseményekere és tervezési üzemzavarokra) és a TAK1-2 (komplex és súlyos balesetekre) szempontrendszerének is. A szabályzat ugyan most is tartalmaz olyan részt, ami a normál üzemviteltől eltérő, de úgy gondolom az előzőekben leírtak alapján részletesebb kidolgozása szükségzerű, ugyanis lényeges eltérést jelenthetnek a mintavételi helyekben, mintákban, mintaelőkészítésben és az alkalmazott mérések paramétereiben egyaránt, így véleményem szerint indokolt az ellenőrzési programban ezek szerepeltetése is.

1.3. Környezet-ellenőrzés távadó rendszerei és mintavételei

A paksi atomerőmű környezet-ellenőrző rendszere lehetővé teszi, hogy az atomerőműből esetlegesen kikerülő radioaktív anyagra vonatkozóan megállapíthassuk annak irányát, mértékét, formáját. A távadó rendszerek további előnyét kihasználva mindezt szinte online módon (perces, tíz perces) követhetjük nyomon. A sugárvédelmi paraméterek folyamatos nyomon követésében elsősorban továbbra is dozimetriai szolgálatra számíthatunk, akik a vezénylőben összevetve a munkahelyi-technológiai- és kibocsátási sugárzási adatokkal következtetni tudnak például arra, hogy az erőműben végbemenő események okozzák a környezeti terhelést vagy esetlegesen más okból (pl. anyagvizsgálat, szállítás, más radiológiai vagy nukleáris jellegű eseményekből) kifolyólag emelkedettebbek az adatok a környezetben. A következőekben bemutatom és megvizsgálom a paksi atomerőmű példáján keresztül a környezet-ellenőrzés távmérő rendszereit, mintavételeit és javaslatot teszek azon rendszerek megerősítésére, fejlesztésére, amik véleményem szerint fontosak lehetnek egy esetleges súlyos nukleáris baleset során. A környezeti mérésekkel, távadó és mintavételi rendszereinek vizsgálatával több publikációmban is foglalkoztam [252, 253, 254, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271]. A telepített környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszer részét képezi az üzemi terület sugárzási állapotát mérő rendszer (udvartéri detektorok) a környezeti „A” és „B” típusú távmérő állomások hálózata, a „G” típusú dózisteljesítmény mérő állomások hálózata, a meteorológiai paramétereket mérő rendszerek az ultrahang alapján mérő szélprofilmérő az úgynevezett, Sonic Detection And Ranging (továbbiakban SODAR) és a meteorológiai mérőtorony, röviden környezetellenőrző hálózat.

Az „A” típusú állomásokon kívül a 15. ábrán látható továbbá a környezeti távmérő és mintavető hálózat többi elemének telepítési helye is: az „A” típusúval megegyező dunaföldvári kontroll „B” (B24) állomás, a mintavételezésre szolgáló „C” típusú állomások a „V” típusú vízmérő állomások, a SODAR és a meteorológiai mérőtorony, a Környezetellenőrző Laboratórium és a központi számítógépes adatgyűjtő és vezérlő központ. Ez a hálózat – kivéve a „B” és a „G” típusú állomást – az erőműből kap biztonsági energia betáplálást, ezen kívül a hálózat mindegyik tagja saját szünetmentes energiaellátó egységgel is rendelkezik.

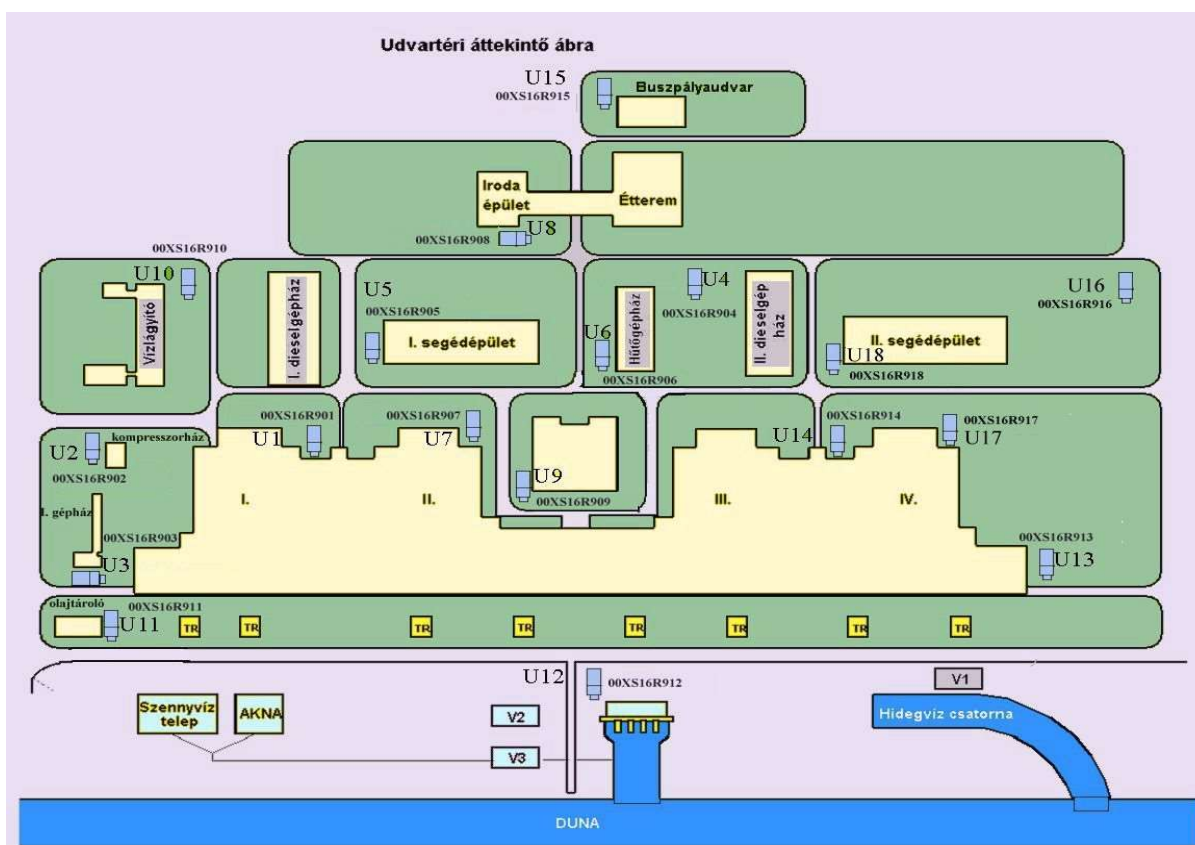
A környezetellenőrző hálózat érzékelői több mint 100 különböző sugárzási és meteorológiai paraméterről szolgáltatnak folyamatosan, 10 perces mérési időciklusokban információt, melyek jelkábelen és rádiótelefonon keresztül a blokki számítógéptermekekben elhelyezett SCADA számítógépes adatgyűjtő és feldolgozó egységekbe kerülnek. A SCADA-ból az információk a különböző munkahelyeken – DV-ben, VVP-én, TVP-én, BV-ben, BSZG-en, KÜV-ben és a karbantartók helyiségeiben – telepített számítógépes munkaállomásokon megjeleníthetők, illetve szerves része TSZH-nak. Határérték túllépéskor a DV-ben fény- és hangjelzés hívja fel a figyelmet az adott mérőcsatorna jelzésére. A távmérő állomások aktív és passzív mintavevő egységekkel is fel vannak szerelve, melyek folyamatos mintavételt végeznek a különböző környezeti közegekből laboratóriumi vizsgálatok céljára.



15. ábra: Környezet-ellenőrző hálózat elhelyezkedése. Készítette a szerző, forrás: [saját]

1.3.1. Az üzemi terület sugárzási állapotát ellenőrző rendszer (udvartéri detektorok)

Az erőmű üzemi területén a sugárvédelmi ellenőrző rendszer részeként 18 db dózisteljesítmény mérő szonda (16. ábra) méri folyamatosan a környezeti gamma-sugárzás dózisteljesítményét és azonnal jelzik, ha bármilyen ok következtében - legyen az üzemzavar vagy nukleáris baleset - a dózisteljesítmény megnő. E szondák jelzése az első, igen fontos információ arra vonatkozóan, hogy egy környezetet veszélyeztető esemény következményeként a radioaktív izotópok az erőműből jelentős mennyiségben ténylegesen ki is jutottak a környezetbe. Az udvartéri detektorok méréstartományja 10 nSv/h-tól 10 Sv/h-ig terjed. A detektorok figyelmeztetési szintje 500 nSv/h, vész-szintje 10 μ Sv/h értékre van beállítva. Az udvartéri detektorok (továbbiakban U típusú állomások) BITT szondái RS03/232 típusúak és mindegyike külön címen lekérdezhető, aminek adatai továbbításra kerülnek a SER KK SCADA-ba.



16. ábra: Az udvertéri BITT szondák elhelyezkedése. Forrás:[saját]

1.3.2. Meteorológiai mérőrendszer

A meteorológiai mérőrendszer folyamatos üzemű, mind a normálüzemi, mind a baleseti légköri terjedésszámításokhoz az alapvetően szükséges meteorológiai adatokat szolgáltatja. A meteorológiai mérőrendszerhez az alábbi állomások/adatforrások tartoznak:

1. Elsődleges adatforrás a SODAR szélprofil mérő állomás és a közelébe telepített 10 m-es torony a diverz szélirány, szélesebbesség, sugárzásegyenleg és csapadék mennyiség mérővel, valamint a SODAR közelébe telepített, földrengésálló megerősítéssel rendelkező konténer a szükséges adatgyűjtő egységgel.
2. Másodlagos adatforrás: A 120 m magas acélszerkezetű meteorológiai mérőtorony, valamint a mellette levő talajállomás mérőberendezései és a mellette lévő konténerben helyet foglaló adatgyűjtő egység.
3. Harmadlagos adatforrás: Országos Meteorológiai Szolgálat észlelő állomása (a továbbiakban OMSZ) [243].

A földfelszíni mérőrendszer és a korábban épített meteorológiai mérőtorony műszaki megoldása eltérő, ezen kívül az erőmű épülettömbjének ellentétes oldalán vannak telepítve, ezzel a rendelkezésre állás kibocsátás esetén is megnő. A meghibásodás kockázata a beépített redundanciával csökkentett. A jelenleg elérhető műszaki megoldásokkal a meteorológiai mérőrendszer rendelkezésre állása baleseti kibocsátás esetén a SER KK rendszer környezeti mérőegységeinek rendelkezésre állásával – a 72 órás áthidalást kivéve TFK esetén - egyenértékű [245].

A SODAR esetén diszkrét osztás szerint adott határok között tetszőleges magasságokban lehet szélirányt, sebességet, fluktuációt mérni. A beállítások azonban úgy kerültek kialakításra, hogy a torony méréseivel megegyező magasságokban (20m, 50m és 120m) és gyakorisággal produkálják a megfelelő adatokat, így a két rendszer összevethető, mérésenként egymást tudják helyettesíteni. A SODAR közelébe telepített meteorológiai oszlopon 10m-es szinten szélirány, szélesebbesség mérések, valamint a talajszint közelében sugárzásegyenleg és csapadékmennyiség mérők lettek telepítve. A földfelszíni rendszer és a torony villamos betáplálása is redundanciával bír, ezen belül is 24 órás önálló szünetmentes tápegységekkel rendelkeznek. A SODAR ezen felül rendelkezik dízel aggregátor csatlakozási lehetőséggel, ahonnan a szünetmentes tápegységek töltése és a földfelszíni rendszer üzemeltetése egyszerre biztosítható [243].

A SODAR hangradar és a meteorológiai oszlop méretezése F2 tornádó terhelésére is tesztelve van, amelyhez 70 m/s (252 km/h) szélesség tartozik, illetve SL-2 szintű földrengésre is. A primer meteorológiai mérések száma 10, ehhez 14 állapotfigyelő mérés járul. A PC adatgyűjtő által előállított 10 perces mennyiségeket a 18 számított adatot a 8. táblázatban láthatjuk [244].

Érzékelő (4 s gyakoriságú jel)		Képzett mennyiség (10 perces adat)
10 m	szélirány szélesség	szélirány (átlag) szélirány fluktuáció szélesség (szélút) széllökés (max. sebesség 4 s-ra)
20 m	szélirány szélesség	szélirány (átlag) szélirány fluktuáció szélesség (szélút) széllökés (a vízszintes szélirány átlagos szórása)
50 m	szélirány szélesség	szélirány (átlag) szélirány fluktuáció szélesség (szélút) széllökés (a vízszintes szélirány átlagos szórása)
120 m	szélirány szélesség	szélirány (átlag) szélirány fluktuáció szélesség (szélút) széllökés (a vízszintes szélirány átlagos szórása)
2 m	sugárzásegyenleg	sugárzásegyenleg
2 m	csapadék	csapadék mennyiség

8. táblázat: SODAR rendszer mért és számított adatai. ,Készítette a szerző, forrás: [245].

A 120 m-es meteorológiai tornyon elhelyezett műszereknek a méretezési környezeti paramétereket el kell viselniük. A talajállomás, az acélszerkezetű meteorológiai torony, valamint az elsődleges adatgyűjtő és feldolgozó egységet befogadó konténer zárt meteorológiai kertben, az üzemi terület nyugati szélén, a déli bejárótól északra található. A mérőegységeket kellő redundanciával telepítették. A légköri turbulenciára jellemző ún. Pasquill kategória meghatározására azonban mindkét üzemmódban (normál vagy baleseti) a 20 m-en mért szélirány fluktuációt használja a program. Ha a hihetőség-vizsgálat eredményeképp vagy egyéb okok miatt ez a mérés nem megbízható, további módszerek vannak tartalékban a kategória meghatározására a többi szinten mért paraméterek segítségével. Az adatgyűjtő PC által előállított 10 perces mennyiségeket a 18 számított adatot a 9. táblázat foglalja össze.

Érzékelő (4 s gyakoriságú jel)		Képzett mennyiség (10 perces adat)
0 m	szélirány szélsébség	szélirány (átlag) szélirány fluktuáció szélsébség (szélút) széllökés (max. sebesség 4 s-ra)
50 m	szélirány szélsébség	szélirány (átlag) szélirány fluktuáció szélsébség (szélút) széllökés (max. sebesség 4 s-ra)
120 m	szélirány szélsébség	szélirány (átlag) szélirány fluktuáció szélsébség (szélút) széllökés (max. sebesség 4 s-ra)
2 m 20 m 120 m	léghőmérséklet léghőmérséklet léghőmérséklet	léghőmérséklet 2 m-en léghőmérséklet 20 m-en léghőmérséklet 120 m-en hőmérséklet gradiens (20–120) m-re
2 m	sugárzásegyenleg	sugárzásegyenleg
1 m	csapadék	csapadék mennyiség

9. táblázat: Meteorológiai torony mért és számított adatai.
Készítette a szerző, forrás: [244].

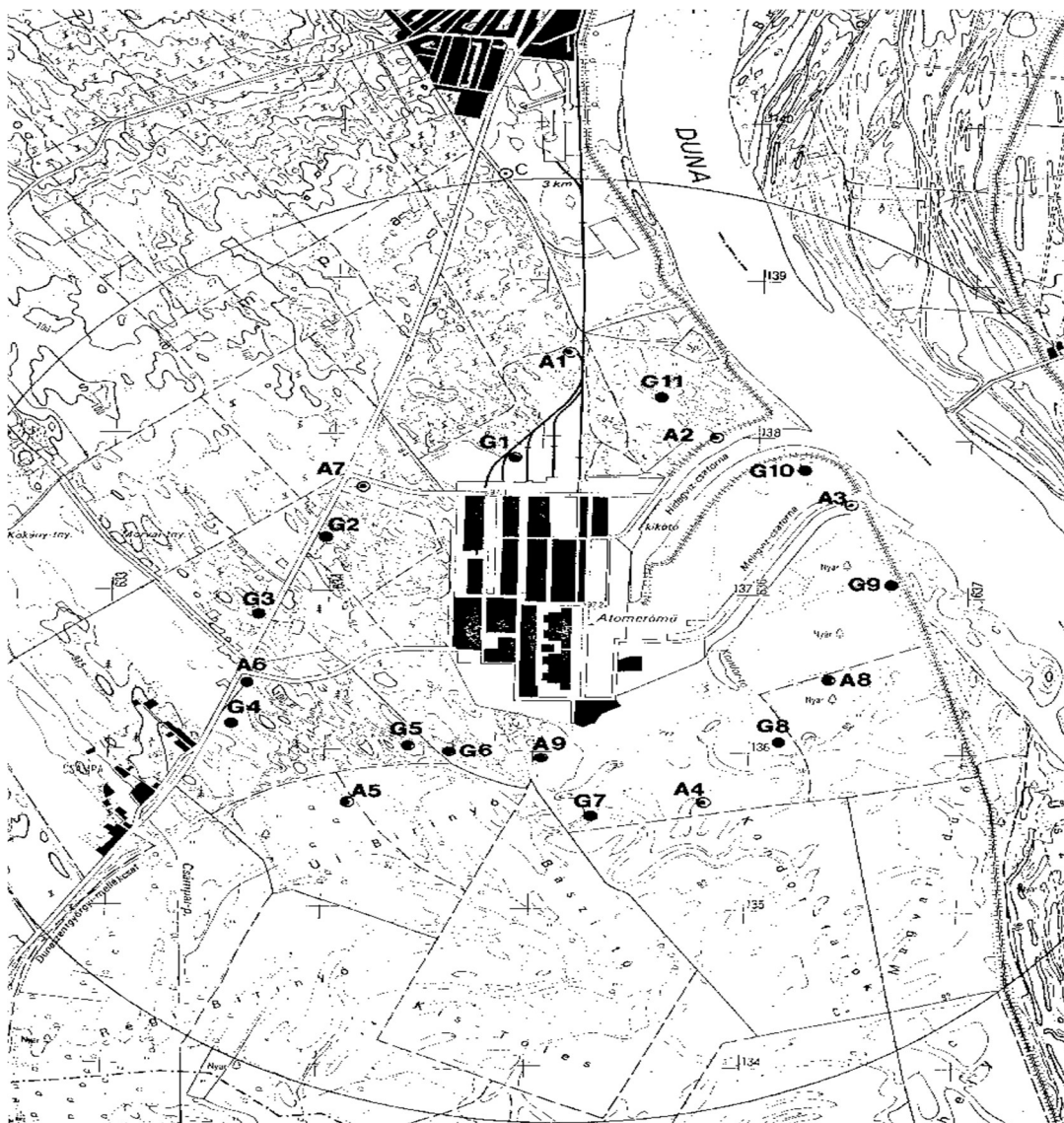
A SODAR és a meteorológiai torony érzékelők jeleit egy programozható, nagy megbízhatóságú adatgyűjtő ipari PC fogadja. Ez az adatgyűjtő gondoskodik a detektorok által szolgáltatott különféle analóg és digitális jelek fizikai hihetőség- vizsgálatáról, mérnöki egységekre való átalakításáról, a származtatott értékek előállításáról valamint a kapott eredmények és státuszok rádiós és kábeles továbbításáról a SER-KK SCADA (a meteorológiai torony esetében még az OMSZ országos hálózata) felé. Az adatgyűjtő mérési periódusideje 4 másodperc, azaz ilyen gyakorisággal gyűjti az „eseményvezérelt” (szélsébség, szélirány, csapadékmennyiség), illetve „lekérdezéses” (hőmérséklet, légáramlás érzékelő, sugárzásegyenleg, szünetmentes táp hiba) jeleket. Ezekből a kerek 10 percek követő első percben előállítja az adott 10 percre jellemző mennyiségeket, melyeket automatikusan azonnal elküld a SER-KK SCADA irányába (a meteorológiai torony esetében még az OMSZ országos hálózata felé). A SER-KK SCADA-ból a meteorológiai adatok – más adatokkal együtt – eljutnak az erőmű VVP-re, ahol ugyancsak megtörténik az erőmű szellőzőkéményétől induló légtömegek nagy hatótávolságú (>30 km) terjedési trajektóriáinak számítása.

Az OMSZ országos hálózatába GPRS modem segítségével továbbított adatok lehetővé teszik a torony mérési eredményeinek folyamatos gyűjtését és megjelenítését. A képernyőn az adatok 10 percenként frissülnek, s mód van állandó figyelésükre, kontrollálásukra az OMSZ megfigyelő szolgálatának segítségével. Ez a szakmai felügyelet egyben lehetővé teszi az OMSZ megfelelő méréseivel való közvetlen összehasonlítást (földközeli szélirány, szélsébség, hőmérséklet, csapadék adatok). Továbbá, ha valamely fontos toronymérési adat kiesne, ezt az OMSZ főállomás méréseiből a szükséges adat manuális bevitelével helyettesíteni lehet.

1.3.3. Az A, B és a G típusú környezeti távmérő állomáshálózat

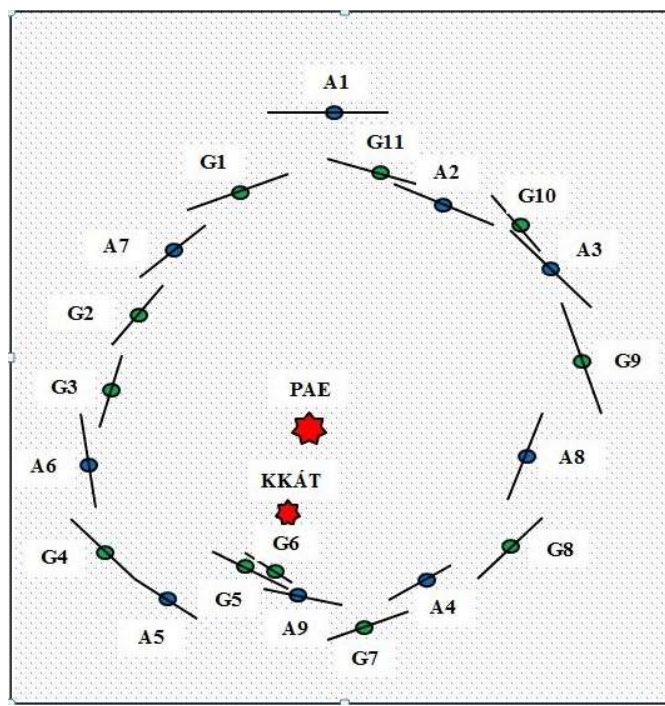
Az „A” és „B” típusú mérő állomások a légkörbe kikerülő radionuklidok környezeti sugárzási hatásának mérésére szolgálnak. A mérő állomásokkal normál üzem esetén azt kell bizonyítani, hogy az erőműből nem kerül a légkörbe számottevő mennyiségű radionuklid. Üzemzavari és baleseti állapotban pedig a legfontosabb feladat az, hogy az állomások olyan esetben is folyamatosan szolgáltatassanak adatokat a környezeti sugárzás legfontosabb összetevőiről, ha a kibocsátás nem a kéményen keresztül történik. Ezeknek az információknak alkalmasnak kell lenniük arra, hogy megalapozzák a környezetben élő lakosság védelmére hozandó intézkedéseket.

A normál üzem igen kis sugárzási szintjeinek mérése nagy érzékenységgű rendszert igényel, a baleseti szintek viszont a nagy méréshatárt és az adatok azonnali rendelkezésre állását, tehát a távmérést követelik meg. A célkitűzések ezt a kettősséget tükrözik, ezeknek a követelményeknek felelnek meg az 1 – 1,5 km távolságba kiépített 9 db „A” és a kb. 30 km-es távolságra telepített 1db „B” típusú referencia állomás. A radionuklidok terjedésének minél pontosabb meghatározása érdekében, a jobb területi lefedés biztosításához az „A” típusú állomások közé további, 11 db gamma sugárzást mérő „G” típusú állomás került telepítésre (17. ábra).



17. ábra: Az „A” és „G” típusú állomások egymáshoz való elhelyezkedése. Forrás: [saját].

A 18. ábra egyszersmind szemlélteti az erőmű körüli térség lefedettségét kéményen keresztül történő kibocsátás és „D” diffúziós kategória esetén, azt feltételezve, hogy a terjedő radioaktív anyagcsóva maximumának 1/10-e érinti valamelyik állomást. A kiegészítő 11 db szonda helye terjedésszámítás alapján lett kijelölve, figyelembe véve a terepi (megközelíthetőség) feltételeket is. A „G” típusú állomásokat az „A” típusú állomásokon telepített szondákkal azonos módon (magasság, lehetőleg eredeti talajfelszín, felerősítés) lettek telepítve, figyelembe véve, hogy feladatuk a légnemű radioaktív anyagcsóvából (felhő) és a talajfelszínre kiülepedett radionuklidokból származó gamma-dózisteljesítmény mérése.



18. ábra Az „A” és a „G” típusú távmérő állomások elhelyezkedése az atomerőmű körül. (A vonalak a lefedettséget mutatják kéményen keresztül történő kibocsátás, „D” diffúziós kategória esetén, feltételezve, hogy az anyagcsőve maximumának legalább 1/10-e érinti valamelyik állomást.) Készítette a szerző, forrás: [saját].

Az „A” és a „B” típusú állomások azonos felépítésűek, azonban a „B” típusú mérő állomás szemben az „A” típusú állomásokkal, kábeles adatátvitellel a központ felé nem rendelkezik mivel telepítési helye Dunaföldvár (az erőműtől kb. 30 km távolságban) és energiaellátása helyi hálózatról történik. Feladata a háttérsugárzás mérése. Az „A” és „B” típusú állomások mindegyike rádiós kapcsolatot is tart az erőműben található adatgyűjtő központtal.

A, B típusú állomás funkciói:

- A gamma-sugárzás dózisteljesítményének mérése
- Az aeroszolk összes béta-aktivitáskoncentrációjának mérése
- A radiojód elemi és szerves fázisának együttes mérése
- Aeroszol és jód mintavétel laboratóriumi mérésekhez
- A mért adatok gyűjtése, feldolgozása és tárolása. Az adatok továbbítása a SER KK SCADA-ba rádió és off-line módon, adathordozó segítségével történik
- Trícium és radiokarbon mintavétele

A klimatikus feltételeknek megfelelően (szabadtéri elhelyezés) a berendezések hőszigetelt konténerben vannak elhelyezve. A levegőaktivitás koncentráció mérő (a továbbiakban jódtáv mérő) berendezés aeroszolmérője, elemi jódmérője és az organikus/elemi jódmérője légtechnikailag az előbb felsoroltak szerint sorba vannak kapcsolva. A mérőberendezésen a szivattyú által átszívott levegő 0,2-0,4 m³/h-t egy légforgalom mérő méri. Az állomásokon lévő berendezések méréstartományai a 10. táblázatban láthatóak (a Bq/m³-ben megadott adatok friss szűrőre, ill. adszorbensre és 10 perces mérési időre vonatkoznak). A jódtáv mérővel kapcsolatosan cikk keretében foglalkoztunk szerzőtársaimmal, ahol megvizsgáltuk súlyos balesetben való használhatóságát, külön kitérve a mérőrendszer szűrőjének hasznosíthatóságát, mint minta kiértékelési lehetőséget [272].

Berendezés megnevezése	Méréstartomány
Gamma dózisteljesítmény mérő	10 nSv/h – 10 Sv/h
Aeroszolk folyamatos összes béta-aktivitás mérő	6x10 ² - 3x10 ⁸ Bq/m ³ 10 ² - 5x10 ⁷ Bqh/m ³
Radiojód elemi fázis mérő	6x10 ² - 3x10 ⁸ Bq/m ³ 10 ² - 5x10 ⁷ Bqh/m ³
Radiojód szerves fázis mérő	1.2x10 ³ -3x10 ⁸ Bq/m ³ 2x10 ² - 5x10 ⁷ Bqh/m ³

10. táblázat: Az „A” és „B” típusú állomások távadóinak méréstartományai
Készítette a szerző, forrás: : [255].

Az „A” és „B” típusú állomások hálózatkimaradás esetén szünetmentes tápfeszültségről működnek (kivételt képez ez alól a nagytérfogatú levegő mintavevő). A gamma-sugárzás dózisteljesítményének mérésére a BITT gyártmányú szonda szolgál. A széles mérési tartomány lehetővé teszi a természetes környezeti radioaktivitás kisebb változásainak felismerését, valamint magas dózisteljesítmények mérését. A detektorba NPGD02 típusú proporcionális számláló van beépítve, amely kis dózisteljesítménynél impulzus, nagy dózisteljesítménynél áramüzemben működik. A számlálóső érzékenysége természetes háttérsugárzás szintjén a nagy méréstartomány ellenére is meglehetősen nagy. A számlálóső jeleit mikroprocesszor értékeli, átszámolja dózisegységértékké, folyamatosan ellenőrzi a szonda üzemi adatait, tárolja a mérési adatokat és biztosítja a kommunikációt a szonda és a központi egység között.

Az aeroszolok össz-béta aktivitásának mérésére plastik szcintillátor szolgál, ugyanilyen detektort használnak az elemi radiojód mérésére is. Mindkét mérésnél a SCADA-ban beállított figyelmeztetési szint 1 kBq/m^3 , a vész szint 10 kBq/m^3 . Az organikus fázisú radiojód gamma-sugárzásának mérése egy NaI(Tl) szcintillációs spektrométerrel történik. A figyelmeztetési szint 8 kBq/m^3 , a vész szint 10 kBq/m^3 . Aeroszol szűrésére üvegszálás szűrőt, elemi jódszűrésre hazai gyártmányú aktív szenes szűrőpapír használatos. A szerves jódok szűrő anyaga jód adszorbens. A levegőaktivitást mérő detektorok analóg áramkörei magukba foglalják a detektorok tápfeszültség előállítását. A detektorok folyamatperiféria rendszeren keresztül csatlakoznak az adatgyűjtőhöz. Az adott kiépítés tetszőleges későbbi bővítést tesz lehetővé.

A G-típusú állomáson telepített szonda megegyezik az „A” típusú állomáson alkalmazott, gamma-sugárzást mérő szondával. A „G” típusú állomás tápellátása független a villamos hálózattól, önálló akkumulátorról kapja a villamos betáplálást, amit napelemek töltenek. A 10 perces mérési eredmények rádiófrekvenciás adatátvitellel jutnak a központi számítógépekbe. A szondák mérési tartománya azonos az „A” típusú állomáson lévővel. Mindkét állomás-típus esetében a szondák figyelmeztetési szintje 250, vészszintje 500 nSv/h értékre van beállítva (megegyezően az országos ellenőrző hálózatéval).

1.3.4. Mintavételezésen alapuló környezet-ellenőrzés

A környezetellenőrzés telepített rendszerei az emelt szintű, illetve üzemzavari és baleseti kibocsátások radiológiai környezeti hatásainak gyors felmérését és értékelését szolgálják, míg az atomerőmű radiológiai környezeti hatásának meghatározására a mintavételes ellenőrzés szolgál. A mintavételes ellenőrzések gyakoriságát, a minták feldolgozási technikáját és az elérhető jellemző kimutatási határt a 4.12 melléklet táblázatos formában „A mintavételes környezetellenőrzés programja” foglalja össze [243] kiegészítve a mintavételi eljárások rövid ismertetésével.

A környezeti mintákban lévő radioaktív izotópok aktivitáskoncentrációjára, valamint a környezeti gamma-sugárzás dózisára vonatkozó vizsgálatoknak az a célja, hogy közvetlen mérési adatokat kapjunk az erőműből kibocsátott radioaktív izotópok által létrehozott környezetterhelésre. Az érzékeny, nuklidspecifikus laboratóriumi vizsgálatok egyben kiegészítik, világosabbá teszik a távmérések útján kapott képet. Az ellenőrzés főleg az elsődleges környezeti közegekre – a légköri eredetű, a talajfelszíni, a felszíni víz és a talajvíz mintákra – terjed ki.

A minták túlnyomó része az erőmű 3 km-es, néhányé a 30 km-es sugarú körzetéből származik. A legfontosabb mintákat a távmérő és mintavevő állomások folyamatos üzemű aktív mintavevői szolgáltatják (aeroszol, jód, víz minták). A táplálék-féleségek közül a normálüzemi ellenőrzés a fűre, a tejre és a halra korlátozódik. Az erőmű normál üzemelése mellett a környezeti minták gyűjtése (a mintacserék végzése) előre meghatározott program szerint történik. A mintákat a Környezetellenőrző Labor dolgozza fel és méri meg aktivitáskoncentrációjukat. A mérési eredményekről a laboratórium vizsgálati jegyzőkönyvet, heti, havi és éves jelentést készít, melyek közül a havi jelentéseket az érintett hatóságoknak rendszeresen elküld.

Hozzávetőlegesen azt lehet mondani, hogy ez az ellenőrzési rendszer alkalmas az 1 Bq – 1 kBq nagyságrendű minta-aktivitások vizsgálatára (a nagyobb aktivitások felé haladva egyszerűsített mintafeldolgozásra, rövidebb mérési időkre térve át, ami egyben a vizsgálati kapacitás növekedését eredményezi). A kis kimutatási határnak köszönhetően nemcsak a paksi atomerőmű kibocsátásából származó radionuklidok kimutatására képes a rendszer, hanem a világ más táján bekövetkező események kapcsán is. Ilyen volt pl. a Fukushimai eseményekhez köthető izotópok kimutatása vagy a ^{106}Ru , ami feltehetően a Volga és Urál közötti részről származhatott. Ennek tanubizonyosságául több publikációm is jelent meg szerzőtársaim kíséretében [273, 274].

A 10 kBq nagyságrendű aktivitások felett lényegi változtatások bevezetése válhat szükségessé (a munkavégzés körülményeinek és a mérések feltételeinek romlása, a radioaktív elszennyeződés veszélye következtében stb.). A paksi atomerőmű környezetének sugárvédelmi ellenőrzési programja a Kiegészített Kazetták Átmeneti Tárolójával (a továbbiakban KKÁT) kapcsolatban csak azokat a vizsgálatokat tartalmazza, amelyek a két létesítmény közelségéből, valamint a környezetellenőrző hálózat kiépítettségéből, elhelyezkedéséből adódóan nem választhatók szét (ezek mindkét létesítmény Környezetellenőrzés Szabályzatában ugyanúgy szerepelnek). Ebben az esetben a forrás-oldal megítélésében fokozott hangsúlyt kap egyéb tényezők figyelembe vétele (üzemi/üzemzavari esemény bekövetkezte, kibocsátás, szélirány, izotóp-összetétel stb.). Az ellenőrzések mennyisége és minősége az eddigi tapasztalatok szerint nemzetközi összehasonlításban is széleskörűen lefedi egy atomerőmű környezetellenőrzésével szemben támasztható igényeket.

Évente legalább 3000 különböző minta vizsgálatára kerül sor, a mérési eredmények száma pedig – a nuklidspecifikus vizsgálatoknak köszönhetően – 10 000 körül mozog. A vizsgálatok érzékenysége (kimutatási határa) gyakorlatilag minden vonatkozásban teljesíti a KöM rendelet 5. melléklet 4. pontjában előírt értéket, esetenként nagyságrendekkel jobb annál. Munkanapokon a laboratórium nappali műszakrendje, hétvégeken (az utolsó munkanap 16:00 órájától a következő munkanap 7:00 órájáig) az ÁVIT szerint elrendelt otthoni készenlét, esetleges nukleáris baleset bekövetkeztekor az ÁVIT szerint életbe léptetett munkarend hivatott biztosítani a feladatok ellátását. A mintavételezés során a laboratórium mintavevő szakemberei nem szabványosított módszereket alkalmaznak [246].

A jódtáv mérő szűrőmintái (aeroszol, elemi jód, szerves jódszűrő). A távmérő állomásokon működő, jódtáv mérő rendszer lecserélt szűrőmintái alkalmasak laboratóriumi gamma-spektrometriai vizsgálatra és az összes megkötött aeroszol, különböző formájú jód-izotóp aktivitáskoncentrációjának meghatározására. Normálüzemi körülmények között erre nincs szükség, mert az ún. nagytérfogatú levegő mintavevő szűrői sokkal jobb kimutatási határral lehetővé teszik ezeket a méréseket. A jód-táv mérő kis levegőárammal vett szűrőinek mérése tartalék lehetőség baleseti szituációban, kiváltképp, ha egyidejűleg a nagy-térfogatú levegő-mintavétel kiesik. A lecserélt szűrőminták a KEL részére nem szükségesek, igény esetén hatósági ellenőrzés céljából átadhatók.

A nagy-térfogatú levegő-mintavevő szűrőmintái (aeroszol, elemi jód-, szerves jódszűrő). A távmérő állomásokon 40 m³/h térfogatárammal folyamatos aeroszol, elemi és szerves jód mintavétel is történik laboratóriumi vizsgálatok céljából (heti aeroszol és havi jódszűrő cserével). A heti első munkanapon történő szűrőcserét követően a minták egyszerű dobozolás után gamma-spektrometriai mérésre kerülnek. Az aeroszol szűrőket (valamennyit külön-külön) célszerűen 3 nap pihentetés után, az elemi jódszűrőket előbb együttesen, majd szükség szerint egyedileg mérik meg. Az aktív szén szűrőket – a jód-kibocsátást és a szélirányt figyelemmel kísérve – egyenként mérik meg. A begyűjtés utáni héten a gamma-spektrometriai mérések befejeződnek. A B24 állomás havi egyesített aeroszol mintájából a vonatkoztatási szint mérése és időszakos ellenőrzése, az esetleges eróművi járulék kimutatása céljából radiokémiai módszerrel meghatározzák a ⁹⁰Sr aktivitáskoncentrációját a levegőben. A nagytérfogatú mintavevő nagyban hozzájárul, hogy – a korábban már említett – igen kis mennyiségű aeroszolhoz kötődött izotópokat ki tudjuk mutatni. Itt szeretnék visszautalni a Magyarországon, sőt Európán kívüli radioaktív kibocsátások kimutathatóságára [273, 274].

Levegő HT, HTO mintái. Mintavételre molekulaszitával töltött adszorpciós oszlopot használnak. Az egyik oszlop a levegő HTO, a másik a HT frakcióját köti meg (a HT-t platina-palládium katalizátoron történő HTO-vá oxidálással). Az oszlop-párok az „A”- és „B”-típusú mintagyűjtő állomásokon lévő speciális mintavevőben helyezkednek el. A mintavevő berendezés méri az átszívott levegő áramlási sebességét és a teljes átáramlott mennyiséget. Az oszlopokat havonta cserélik. A megkötött vízpárát egy erre a célra szolgáló deszorpciós egységben szabadítjuk fel. Az előkészített minta tríciumaktivitás-koncentrációját folyadékszcintillációs spektrométerrel mérik meg. A lemért mintát, valamint a deszorpcióból megmaradt vizet mindaddig megőrizik, amíg a mérési eredmény megbízhatóan elő nem áll. Az erőművi járulék meghatározásához a B24 állomás szolgáltatja a viszonyítási alapot, az itt mért értékeket egyben a vonatkoztatási szintnek tekintjük. Az atomerőmű környezetében lévő légköri trícium kimosódással kapcsolatosan hazai és nemzetközi szinten is beszámoltunk szerzőtársaimmal [275, 276].

Levegő CO₂, C_nH_m mintái. Mintavételre NaOH-dal töltött buborékoltató oszlopot használnak. Az egyik oszlop a levegő CO₂, a másik a CO₂+C_nH_m frakcióját köti meg (a C_nH_m-t platina katalizátoron történő CO₂-vé oxidálással). Az oszlop-párok az A- és B-típusú mintagyűjtő állomásokon lévő, a radiokarbon mintázására szolgáló speciális mintavevőben helyezkednek el. A mintavevő berendezés méri az átszívott levegő áramlási sebességét és a teljes átáramlott mennyiséget. Az oszlopokat havonta cserélik. A karbonát formájában megkötött CO₂-t és C_nH_m-t erre specializált intézménnyel határoztatják meg. Az erőművi járulék meghatározásához a B24 állomás szolgáltatja a viszonyítási alapot, az itt mért értékeket egyben vonatkoztatási szintnek tekintjük. Az atomerőmű környezetében radiokarbonra vonatkozó vizsgálatokról számoltunk be szerzőtársaimmal nemzetközi szinten cikk formájában [277].

Fall-out minták. Mintavételre állomásonként 0,14 m² felületű, párhuzamos falú rozsdamentes acél edény használatos, melybe gyűjtő folyadékként ioncserélt vizet, valamint 5-5 cm³ 10⁻⁴ mol/ dm³ koncentrációjú CsCl, CoCl₂ és AgNO₃ hordozó oldat kerül. Télen a fagyás ellen etilénlikolt tesznek az edénybe. A folyadékfelszín folyamatos meglétét rendszeresen ellenőrzik és szükség esetén az elpárolgott folyadékot ioncserélt vízzel pótolják. A mindenkori csapadékot is tartalmazó, havonta begyűjtött fall-out mintákat infra-lámpa alatt bepárolják, majd alumínium tálkába átmosva és szárazra párolva adott geometriájú mintát képeznek a gamma-spektrometriai vizsgálathoz.

Talajminták. Talajmintázást félévente az „A1”-, „A9” és a „B24” állomás környezetében, valamint évente az üzemi terület 14 meghatározott pontján, lehetőség szerint nem művelt talajfelszínen végeznek. A mintavétel helyszínenként 3-3 ponton, a 0-3 cm-es mélységből történik, egy erre a célra kialakított speciális mintavevő lapáttal. A helyszínenként összegyűjtött mintát szárítószekrényben kiszárítják, laboratóriumi malomban porítják, majd szitán átszitálják. A szitált, homogenizált frakcióból gamma-spektrometriai vizsgálat céljára 1 dm³-es Marinelli edényt töltenek meg. A maradékot ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció meghatározása céljából átadják a szerződésben álló intézménynek. A gamma-spektrometriai mérést az adott minta előkészítését követően néhány napon belül végrehajtják. Az üzemi terület mintázása egyrészt a fokozott ellenőrzést, másrészt a vonatkoztatási szint esetleges változásának figyelését szolgálja. Az ellenőrzés teljessége érdekében ezeknél a mintáknál alfa-spektrometriai módszerrel meghatározzák a transzurán izotópok aktivitáskoncentrációját is.

Fűminták. Fűmintákat évente kétszer, a tavaszi és az őszi vegetációs időszakban, az „A1”-, „A9” és a „B24” állomás környezetéből gyűjtik. A mintákat a laboratóriumban megszárazítják, majd malommal apróra vágják. A homogenizált fűből 1 dm³-es Marinelli edényt töltenek meg gamma-spektrometriai vizsgálat céljára, a maradék egy részét átadják ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció meghatározása céljából a szerződésben álló intézménynek. A gamma-spektrometriai mérést az adott minta előkészítését követően néhány napon belül elvégzik.

Dózismérés Termolumineszcens Doziméterrel (TLD). A környezeti gamma-sugárzás havi dózisát TLD-vel mérik mindegyik környezetellenőrző állomáson. Dózismérésre a Magyar Kereskedelmi Engedélyezési Hivatal (MKEH) által típusvizsgált és környezeti dózisegyenértékben hitelesített TLD mérőrendszert használnak. A havi csere során kifüggesztik az előzetesen kifűtött (lenullázott) dózismérőket, a begyűjtötteket pedig még aznap kiértékelik. A hónapról hónapra történő jobb összehasonlíthatóság érdekében meghatározzák a havi átlagos dózisteljesítményt nSv/h-ban; ez az érték alkalmas továbbá a távmérő állomásokon folyamatosan üzemelő dózismérő szondák által szolgáltatott havi átlagos dózisteljesítmény adatokkal való összehasonlításra is. A dózismérés eredményei a tárgyhónapot követő két héten belül rendelkezésre állnak. Az előbb említett két mérés technikán alapuló összemérésekről hazai és nemzetközi publikáció is született [278, 279].

Helyszíni mérések. A KEL sugárvédelmi mérőkocsijával évente egyszer – általában az átrakások, főjavítások befejezését követően – a távmérő állomások és a „B24” állomás környezetében helyszíni gamma-spektrometriai méréssel meghatározza a talajfelszín radioaktív „szennyezettségét” és a dózisteljesítményt. Az üzemi területen vett talajminták gamma-spektrometriai vizsgálatának eredményeit figyelembe véve évente egyszer 8 ponton végez helyszíni gamma-spektrometriai és dózisteljesítmény mérést. A mérések helyét és idejét úgy választják meg, hogy egy közülük az adott blokk átrakásának befejezését kövesse. Azon helyeken, ahol radioaktív, vagy radioaktívan szennyezett anyagok kiszállításából következően felszíni szennyeződésre lehet számítani – elsősorban a kapuk környezete –, por, törmelék és kaparék mintát vesznek laboratóriumi vizsgálat céljára. Ezekkel a mérésekkel párhuzamosan félévente az üzemi területen, a fő- és a segédépületeket körbevevő közlekedési útvonalak mentén a sugárvédelmi mérőkocsival útvonal monitorozást hajtanak végre. A mérési eredmények az adott helyszíni mérés, útvonal monitorozás befejeződésével egyidejűleg előállnak. A mintavételes vizsgálatokat a vételtől számított egy héten belül befejezik. A helyszíni úgynevezett in-situ mérésekre nagyon jó nemzetközi összeméréseket szoktak szervezni, amikről rendszeresen beszámolunk konferencia keretében [280].

Tejminták. Tejmintákat az erőműtől közel, déli irányban lévő tehenészetből havonta vesznek. A tejet előkészítés, feldolgozás nélkül 1,5 dm³-es Marinelli edénybe helyezve gamma-spektrométerrel mérik meg. A mérést a mintavételt követő 1-2 napon belül elvégzik.

Halminták. Halmintát – elsősorban pontyot – az erőmű melletti horgásztóból negyedévente a Paksi Atomerőmű Horgászegyesület biztosít a vizsgálatokhoz. A halat konyhakész állapotúra dolgozzák fel és a hal test részét 1,5 dm³-es Marinelli edénybe helyezve gamma-spektrométerrel mérik meg. A mérést a mintavételt követő néhány napon belül elvégzik (a mérésig az előkészített mintát fagyaszttóban tárolják).

Talajvíz minták. A talajvíz radioaktív szennyezettségének ellenőrzésére 25 db automatikus víz-mintavevővel ellátott és 29 kézi mintázású kút áll rendelkezésre (4. 13 melléklet „Talajvíz figyelőkutak elhelyezkedése”) [244]. A kutak a telephelyen található több mint 150 kútból optimalizálással lettek kiválasztva. Két dedikált kút (T58, V205) a trícium vonatkoztatási szintje változásának ellenőrzését szolgálják, ezeket negyedévente mintázzák. Az automatikus mintavevők a lebegő anyagok kiszűrésére szolgáló szűrőből, valamint kation és anion-cserélő gyantát tartalmazó oszlopokból állnak.

A rendszeren szivattyú áramoltatja át a vizet, az átáramlott víz térfogatát a rendszer méri. Az átáramlott víz a kútból kivezető csövön át távozik s ez a víz gyűjtőedényben felfogva alkalmas trícium-mérésre. Az ioncserélő oszlop kimerülése esetén az áramlást egy vezetőképességet mérő egység automatikusan leállítja. Az áramlást biztosító szivattyút és a vezérlő elektronikát akkumulátor táplálja. Az egész rendszer a figyelő kutakban a vízszint alá süllyesztve 2 hónapig üzemképes. Ezután az ioncserélő oszlopokat regenerálni kell, az akkumulátorokat pedig fel kell tölteni. Az erőmű más szervezeti egysége által gyűjtött minták minden hónap közepéig érkeznek be a laboratóriumba, ahol a többi talajvízmintával együtt történik a feltárás.

A kézi mintázású kutak esetenként változnak, a változást a trícium-felhő jobb nyomon követése különböző technikai (pl. kút-beomlás), technológiai okok (pl. esetleges újabb kijutási pont) indokolják. A kézi mintázású kutakból minden hónapban 1 dm³ vizet vesznek a ³H aktivitáskoncentráció meghatározására. A mintavételt a felszín alatti vizek mintavételére vonatkozó érvényes szabályozás szerint végzik.

A rutinszerű, ún. megelőző monitoring keretében az összes mintázott kút vizének meghatározzuk a ³H aktivitáskoncentrációját. A mintafeldolgozás és a mérés időigénye legalább két hét, a mérési eredmények a tárgy hónapot követő hónap közepéig állnak elő. A vizsgálat egészének vagy egy részének – feldolgozás+mérés, csak mérés – megismétlésére általános tapasztalati szempontként akkor kerül sor, ha az aktuális eredmény néhányszoros faktoral eltér az előző hónapok vizsgálatának eredményétől. Ha a minta ³H aktivitáskoncentrációja meghaladja az 500 Bq/dm³-t, a maradék vízből 300 cm³-t bepárolva összes-béta számlálással meghatározzuk az aktivitáskoncentrációt, s ha ez 0,1 Bq/dm³-nél nagyobb, gamma-spektrometriai mérést is végzünk ugyanerre a mintára.

A hidrológiai modell futtatása érdekében a talajkutak trícium mérési eredményeit átadjuk az erőmű más szervezeti egysége részére. A hidrológiai modell futtatása lehetővé teszi a mért tríciumaktivitás-koncentráció adatok térképre történő illesztését, illetve egyéb jellemzőinek feltárását (keletkezési idő, kikerült radioaktív anyag terjedésének követése stb.). Az automatikus mintavétellel regenerálás után kapott mintákból külső vállalkozó határozza meg a gamma-sugárzó, az alfa-sugárzó radionuklidok, a radiostroncium és a radiokarbon aktivitását. Mivel ebben az esetben nagyszámú minta időigényes vizsgálatáról van szó, ezeket félévente összesítve értékeli a külső vállalkozó a tríciumaktivitás-koncentráció adatok kiegészítéseként. A minták feldolgozása következtében archiválásra nincs mód.

Egyéb felszíni vízminták. A mintázásra kijelölt négy halastóból (Kondor tó, Halnevelő, Horgásztó és Vörösmalmi tó), az esővíz-gyűjtő övások meghatározott négy pontjából, valamint a zagytéri két ülepítő medencéből negyedévente egyszer vesznek 2-2 dm³ pontmintát. A Faddi árok bevezető szakaszából havonta vesznek ugyancsak 2 dm³ vízmintát (amennyiben van vízkibocsátás). A Dunából két ponton (a melegvíz-csatorna torkolatától É-ra és D-re egy-egy ponton) évente egyszer 20 dm³ mintát vesznek gamma-spektrometriai vizsgálat céljára.

A mintákból felrázás után 300-300 cm³ kivett mennyiséget bepárló-csészében infralámpa alatt bepárolnak, majd az egész anyagot gondosan 60 mm átmérőjű réztálcába mossák át és teljesen szárazra párolják. Az így előkészített mintának alacsony háttérű béta-számlálóval

⁹⁰Sr-re vonatkoztatva megméri az összes-béta aktivitását. A minták ³H aktivitáskoncentrációját ugyanolyan eljárással határozzuk meg mint a talajvíz mintákét.

Gamma-spektrometriai vizsgálatot a tárgyév végén, negyedévente 1-1 dm³ víz összeöntéséből képezett éves átlagminta száraz maradékából végzik. A 4 dm³ vizet bepárlócsészében, infra-lámpa alatt folyamatos feltöltéssel majdnem szárazra párolják, majd az egész anyagot gondosan egy 100 cm³-s alutálcába mossák át. A Duna esetében 20 dm³ vízzel végzik el ezt a műveletet. A teljesen szárazra párolt maradékot tartalmazó tálcát adott geometriára hajtogatják s ez a minta kerül hosszú idejű gamma-spektrometriai vizsgálatra. Az azonos jellegű mintákat (halastavak, övások – Faddi árok, vegyszeres medencék) egy időpontban mintázzák. Az összes-béta és a tríciummérés eredményei a mintázást követő két héten belül, a gamma-spektrometria vizsgálatok eredményei a tárgyév végén állnak rendelkezésre.

Dunai iszapminták. A Dunából félévente, három kijelölt szakaszon (Paks buszpályaudvar magassága, a melegvíz csatorna torkolata, a torkolattól D-re), a víz szélén vesznek 3-4 kg iszapmintát (a mindenkori környezeti körülmények, valamint az iszapképződés sajátosságai miatt a mintavétel esetlegessége jelentősen befolyásolja a mérési eredményeket). A mintákat szárítószekrényben kiszárítják, malomban porítják, majd szitán átszitálják. A szitált, homogenizált frakcióból gamma-spektrometriai vizsgálat céljára 1 dm³-es Marinelli edényt töltenek meg. A szitált frakcióból 0,5 kg-ot átadnak a szerződésben álló félnek ⁹⁰Sr aktivitáskoncentráció meghatározása céljából. A gamma-spektrometriai mérést az adott minta előkészítését követően néhány napon belül elvégzik, a félévi három minta vételének, feldolgozásának és mérésének időtartama kb. 2 hét.

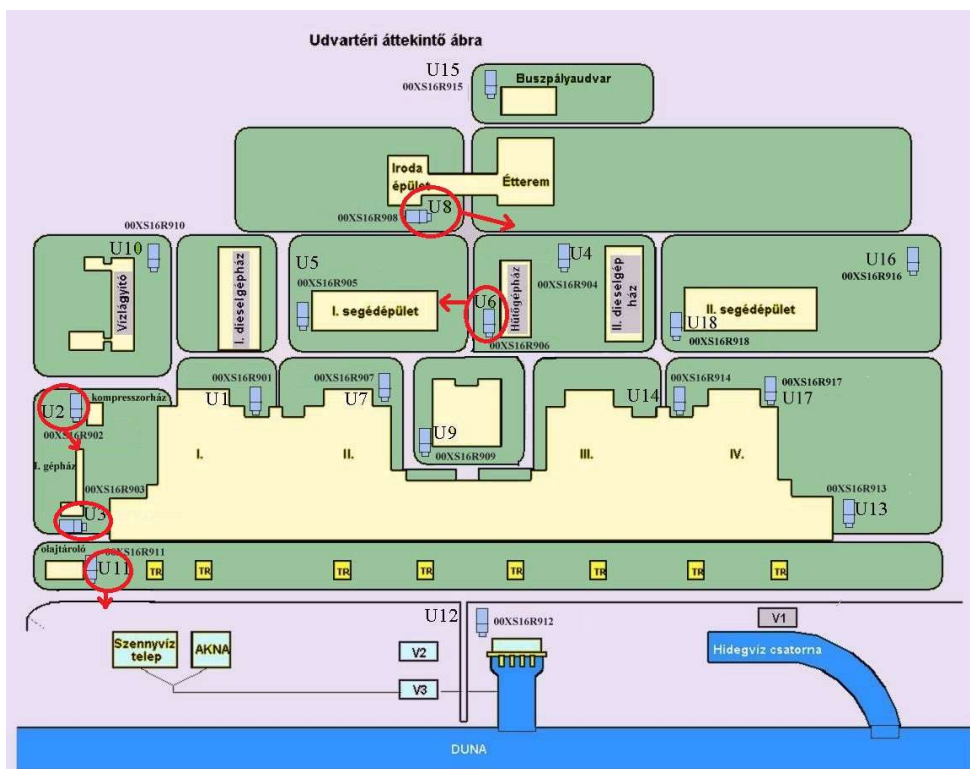
1.3.5. Környezet-ellenőrző távadó rendszereken és mintavételezésen végrehajtandó fejlesztési javaslatok

A kibocsátás-ellenőrzés mellett a környezet-ellenőrző rendszer is kulcsfontosságú szerepet játszik egy esetleges súlyos nukleáris baleset környezetre gyakorolt hatásának és következményeinek csökkentésében. A változtatásokra és a fejlesztésekre vonatkozó javaslatoknak az elsődleges célja, hogy súlyos nukleáris baleseti helyzetben is szolgáltatson adatokat további célja, hogy ezt még szélsőséges esetben – ezek közé tartozik a földrengés (a továbbiakban FR) és teljes feszültség kiesés (a továbbiakban TFK) – is megőrizze működőképességét, hogy így is tudja támogatni az elhárítás, illetve következménycsökkentés folyamatát.

Üzemi terület sugárzási állapotát ellenőrző rendszerrel kapcsolatos fejlesztési javaslatok.

Az „Udvartéri detektorok” a légkörbe kikerült radionuklidok környezeti sugárzási hatásának mérésére szolgálnak. A detektorokkal normál üzem esetén azt kell bizonyítani, hogy az erőműből nem kerül a légkörbe számottevő mennyiségű radionuklid. Üzemzavari vagy baleseti állapotban pedig a legfontosabb feladat az, hogy a detektorok olyan esetben is folyamatosan szolgáltatassanak adatokat a környezeti sugárzás legfontosabb összetevőiről, ha a kibocsátás nem a kéményen keresztül történik.

Az előzőekből tehát kiderül, hogy egy súlyos nukleáris baleset esetén a 18 „U” típusú állomás is kulcsfontosságú adatokat szolgáltat a sugárzási állapotokról. Ennek okán az összes udvartéri detektor telepítési helyét felülvizsgáltam a szakterületekkel és azokban az esetekben, ahol a közelében lévő épületek veszélyt jelentettek földrengés esetén, vagyis nincsenek romhatáron kívül azok áthelyezésre kerültek. A másik nagyon fontos szempont volt, hogy TFK esetén is szolgáltatassanak adatokat, mindezt vezeték nélküli kommunikáció segítségével, mert a vezetékek egy súlyos balesetet feltételezve akár meg is sérülhetnek. Az előzőek tükrében öt állomás („U2”, „U3”, „U6”, „U8” és „U11”) került áthelyezésre, amelyek földrengésállósága nem volt igazolható. Az alábbi 19. ábra mutatja az áthelyezendő detektorok új helyét.



19. ábra: Az érintett udvertéri szondák áthelyezési helye romhatáron kívülre.
Készítette a szerző, forrás: [saját]

Mivel a 18 db „U” típusú állomás nem volt földrengésálló ezért minden egyes állomás FR elleni megerősítése vált szükségessé. A detektorok közvetlen közelébe a terepi kapcsolószekrényekbe lett telepítve a 72 óra áthidalására képes hosszú élettartamú akkumulátorok és az Ultrarövidhullámú (a továbbiakban URH) rádiók, amik segítségével a vezeték nélküli kommunikáció is biztosítható egy esetleges kábelsérülés következtében.

További fejlesztési stratégia lehet a meglévő detektorok elhelyezkedésének további vizsgálata, abból a szempontból, hogy a jelenlegi helyükön mennyire vannak az épületek által leárnyékolva. Kimenekítés során a menekülési útvonalak kiemelten fontosak, ezért célszerű olyan mobil dózismérő állomások beszerzése, amit egy ilyen helyzetben ki lehet helyezni, azokra a kritikus helyekre, ahol szeretnénk tisztában lenni a sugárzási viszonyokkal. További követelmény a mobil dózismérő állomásokkal szemben, hogy saját akkumulátoros tápegységgel rendelkezzenek és képes legyen a vezeték nélküli kommunikáció felállítására oly módon, hogy az beintegrálható legyen a sugárvédelmi adatokat fogadó központba. A mobil dózismérő állomások nemcsak a kimenekítési munkálatok megkönnyítését céloznák, hanem egyéb területi lefedettségi hiányokat is pótolni képes, esetlegesen távado dózismérő meghibásodások kiváltására is alkalmasak lehetnek.

Egy súlyos nukleáris baleset esetén univerzális mobil távadók beszerzése esetén egyéb mérőműszerekkel, mintavételi egységekkel vagy más jellegű műszerekkel is el lehet látni, ami igen előnyös az ilyen helyzetekben. Az ilyen jellegű mobil távadók alkalmazása az eddigi nemzetközi tapasztalataim alapján nem terjedtek el, pedig igen jól kihasználhatók nemcsak baleseti helyzetben, hanem normálüzemi (pl. meghibásodott fix telepítésű távadó helyett, amíg nincs megjavítva) vagy egyéb veszélyhelyzeti működés esetén is.

A meteorológiai toronnyal és SODAR rendszerrel kapcsolatos fejlesztési javaslatok

Ahogy korábban már szó esett róla egy súlyos nukleáris baleset esetén elengedhetetlen a meteorológiai paraméterek rendelkezésre állása. 2015 óta az adatok elsődleges forrása a SODAR állomás. Ennek meghibásodása esetén lép be a másodlagos adatforrás a 120 m-es meteorológiai torony. Az eddigi tapasztalatok alapján a legalább egy hibás adatot tartalmazó rekordok száma 6-7% körüli, tehát a másodlagos adatforrás szükségyszerű, hogy a meteorológiai adatok folyamatosan hiány nélkül rendelkezésre álljanak. A meteorológiai toronnyal kapcsolatosan elmondható, hogy kiterjedése miatt a környezetre veszélyes lehet és műszerezettségé miatt bonyolultabb és költségesebb az üzemeltetése, karbantartása, de a diverzitás és a redundancia jegyében szükségyszerű. Fejlesztési alternatíva lehet a meglévő torony bevizsgálása F2 erejű tornádóra valamint FR állóságra és a TFK esetén is kiterjeszhető a szünetmentes áthidalási idő 72 órára. Egyéb alternatíva lehet további SODAR telepítése, amit az épületek hatása nem befolyásol és a későbbiekben a Paks II. részére is releváns adatokat szolgáltat.

A jelenlegi SODAR rendszeren pedig ugyancsak indokolt a fejlesztés ugyanis a jelenlegi akkupakkokkal csak 24 óra áthidalására van méretezve és ezért a többi környezeti állomásokkal szemben nem nyújt akkora biztonságot a rendelkezésre állás terén TFK esetén. Egy másik meglátás, hogy ugyan a SODAR rendelkezik aggregátoros megtáplálási lehetőséggel, de ehhez elengedhetetlen egy folyamatos tartalékot képező aggregátor beszerzése is, hogy szükség esetén azt az alternatívát is ki lehessen használni.

Az „A”, „B” és a „G” típusú környezeti távmérő állomáshálózattal kapcsolatos fejlesztési javaslatok

Az „A”, és „G” típusú állomások elsődleges szerepe, hogy egy súlyos nukleáris baleset esetén a légköri kibocsátások dózisviszonyairól adjanak információt online (10 perces) módon. Mindez fontos akár kémény-, akár épület- akár mindkettőn keresztüli kibocsátásról van szó vagy akár a terjedési modell futtatásakor az előrejelzések kapcsán.

Az „A” típusú állomás ezen kívül a jótáv mérő segítségével légköri kibocsátásokra vonatkozóan aktivitáskoncentráció meghatározására – érzékenységet tekintve jelenleg inkább csak baleseti helyzetben – is képes. Célszerű egyrészt megvizsgálni, hogyan lehet izotópszелеktiv méréseket elvégezni a jelenlegi rendszeren vagy egy másik megoldás lehet, hogy a helyszínen lévő nagytér fogatú mintavevő egység szűrőjét mérjük meg, amivel ha a laboratóriumi kimutatási határt nem is lehet elérni, de mégis nagyságrendekkel jobb kimutatást izotópszелеktiv módon lehetne megvalósítani. A „B” típusú állomás pedig az erőműtől való távolsága és iránya végett tölt be fontos szerepet referencia állomásként, ezért az „A” típusú állomással egyenértékű rendelkezésre állás várható el tőle.

Az „A” és „B” típusú állomások adatgyűjtő és számítástechnikai rendszerei a szakterületek bevonásával a legutolsó rekonstrukció óta elavultnak számítanak, ezért a kor műszaki színvonalának megfelelő kompakt, PLC által vezérelt adatgyűjtő- és továbbító rendszerekre való kicserélésre van szükség hasonlóan a „V” típusú állomásokéhoz. Az adatgyűjtővel szemben támasztott alapvető szempont, hogy az állomások kezelő nélkül működnek, így működésüket teljesen automatikusan nagy megbízhatósággal kell végezniük. A működés során előálló esetleges hibák nem juttathatják az adatgyűjtőt várakozó, kezelői beavatkozást igénylő állapotba [263].

A vezeték nélküli adattovábbítást szolgáló rádiótechnika ugyancsak elavult, illetve karbantartásuk, alkatrészeik beszerzése is egyre nehezekebb bizonyos esetekben nem megoldható, ezért a rádiók kicserélése is szükségszerű a „G” típusú állomásoknál alkalmazottakkal együtt. Ez a megállapítás született a híradástechnikai szakterület bevonásával, ami a műszaki leírásban lett konkrétizálva [263].

Az „A”, „B” és „G” típusú állomások FR elleni állékonysága sem igazolható teljeskörűen, ezért mind az állomás, mind a benne található eszközök FR elleni bevédése szükségszerű. Ugyancsak a súlyos baleseti helyzetet szem előtt tartva a létfontosságú berendezések TFK elleni védelme szükséges minimum 72 óra áthidalási idővel. A környezeti hőmérsékletváltozás és az állomásokon található berendezések védelme érdekében és egyben a biztosabb rendelkezésre állás miatt az állomásokat – kivéve a „G” típusút, mivel a hozzá tartozó berendezések aknában vannak elhelyezve és a tápellátás napelemtől működik - el kell látni szigeteléssel és hűtő/fűtő egységgel a „V” típusú állomásokhoz hasonlóan.

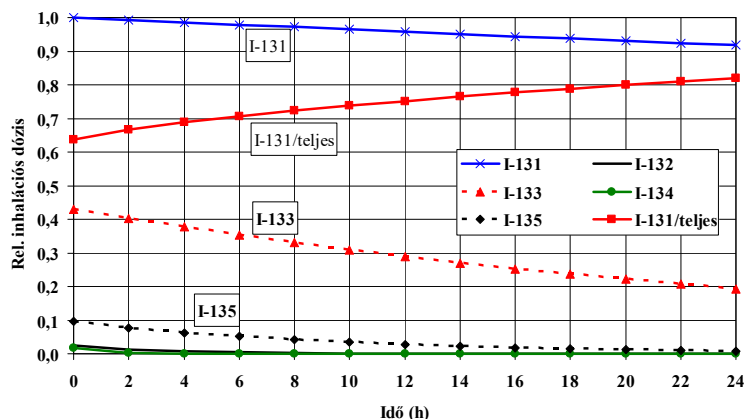
Az „A” típusú állomások esetén figyelembe véve a tervezett üzemidőhosszabbítást és a Paks II. létesítési helyét időszerű a megtáplálási és jelkábelek újra fektetése, hiszen az erőmű építéskor használt kábelek szavatossága a vége felé jár. Ezzel kapcsolatosan célszerű a kábeleket is FR ellenálló módon újra fektetni, figyelembe véve a Paks II. leendő atomerőmű nyomvonalait is, hogy egy esetleges üzemzavari vagy súlyos baleset esetén ez ne legyen akadálya a távmérőállomások kiesésének.

Méréstechnikai szempontból a kis-térfogatú levegőmintavevő- és távmérő rendszer (jód-távmérő) felülvizsgálata történt meg. Az aeroszoloctól megszűrt levegő választható módon – Y szelep átkapcsolásával - elemi+szerves jód szűrőre vagy külön elemi és ezt követő (elemi)+szerves jódszűrőre került. Tekintve, hogy a jód különböző fázisairól a maximális információt az elemi és a szerves jódmérő soros légáram kapcsolata adja, ezért elég csak ezt a változatot meghagyni. Ennek révén az értékelés egyszerűsödik.

Az aeroszolt és elemi jódot mérő összes-béta plasztik szcintillátort nem szükséges kicserélni, viszont a szerves formájú jódot mérő NaI(Tl) szcintillációs egység kicserélése célszerű. Egyrészt azért, mert a hőstabilizálás révén (helyes kalibráció fenntartása végett van rá szükség) a detektor bizonyos esetekben „megfőtt” vagyis a hőmérséklet stabilizáló fűtő egység hibás („beragadt”) jelzésére folyamatos fűtésen maradt. Ez a detektor hibás működéséhez és egyben cseréjéhez vezetett. Másrészt a szcintillációs mérőfej és a sokcsatornás analizátor – aminek segítségével a spektrum kiértékelhető volt - külön egységként volt kezelendő. Ez a detektor azonban kicserélhető egy olyan intelligens szcintillációs mérőfejre, amelyben a sokcsatornás analizátor, a spektrumstabilizátor és a nagyfeszültségű tápegység is be van építve. A kicserélést követően a detektor rendelkezésre állása jobb lesz, mivel a hibalehetőséget jelentős mértékben csökkenteni lehet egy ilyen hőkompenzált intelligens detektorral.

További kritérium a detektorral szemben, hogy megfelelő felbontású legyen, ehhez szükséges a legalább 50 mm átmérőjű NaI(Tl) szcintillációs fej, energiafelbontás kapcsán legalább 512 csatorna álljon rendelkezésre, érintésvédelmi szempontokat figyelembe véve maximum 24 V tápfeszültségről üzemeljen, alacsony fogyasztású legyen (12 volton maximum 60 mA áramfelvétel). A detektor határozza meg a három energia ablakra a beütés számokat. A főablak 310 – 410 keV, az alacsony háttérkompenzáló ablak 260 – 310 keV és a magas háttérkompenzáló ablak 410 – 460 keV legyen. Rendelkezzen diszkriminációs lehetőséggel. Legyen alkalmas jelalak alapján a szcintillációs jelek szétválasztására, ennek segítségével legyen képes mind energia- mind jelalak alapján tartományos működésre. Rendelkezzen a megfelelő környezetállósági paraméterekkel (földrengésállóság, hőmérséklet stb.). Legyen kompatibilis a meglévő ólomtoronnyal [263].

Méréstechnikai szempontból felmerült még egy kérdés a szcintillációs detektor által mért jódiszotópokra vonatkozóan. Egy esetleges kibocsátáskor a négy keresett jód izotóp aránya kibocsátáskor ismert, az idővel változik bomlásuknak megfelelően (20. ábra). Jelentősége a leglassabban feleződő ^{131}I -nek van.



20. ábra: Az öt jódizotóp inhalációs dózishányadának időfüggése a ^{131}I 0 időpontra vonatkozó inhalációs dózisára normálva zónaolvadás esetén. Forrás [263]

További vizsgálat tárgyát képezte, hogy a ^{131}I szerves fázisának aktivitása a jövőben NaI(Tl) kristály helyett a jobb felbontást biztosító $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ kristállyal legyen-e mérve. Összehasonlításra került a két megoldás kimutatási határa. A $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ kristály háttere a 310-410 keV-es energiatartományban mintegy 10-szer magasabb a NaI(Tl) kristály 260-460 keV közötti hátterénél [292]. $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ 1,6-szor nagyobb hatásfoka ellenére a kimutatási határ kétszer jobb a NaI(Tl) esetében, viszont a $\text{LaBr}_3(\text{Ce})$ kétszer jobb felbontása jobb analízist tesz lehetővé. A kimutatási határ javára a NaI(Tl) detektor célszerű a távmérő rendszer szempontjából, mivel a felbontás kapcsán még ennél is sokkal jobb az utólagos laboratóriumi analízis (HPGe félvezető detektorokkal). A jódtáv mérőre vonatkozóan –a korábban említetteknek megfelelően – további tanulmányozást igényel az izotópszелеktiv mérés megvalósítása példának okáért, hogy egy súlyos baleset esetén a méréseket nagymértékben megzavarhatja a kibocsátások elején jellemző nagymennyiségű nemesgáz, ami a szűrőkön nem fog megkötődni, viszont a detektorokon nagymértékű beütésszámot fog generálni. Az „A” típusú állomások ugyancsak rendelkeznek külső aggregátoros megtáplálási lehetőséggel, amihez az aggregátorok nem biztosítottak. Ezek beszerzése célszerű a teljeskörű és biztosabb rendelkezésre állás végett.

A mintavételes sugárvédelmi ellenőrzéssel kapcsolatos fejlesztési javaslatok

A KöESZ [243] tanulmányozása, elemzése során ugyanazt állapítottam meg mint a KiESZ esetén. A mintavételei program felülvizsgálata javasolt, hogy megfeleljen a TA2-4 (várható üzemi eseményekere és tervezési üzemzavarokra) és a TAK1-2 (komplex és súlyos balesetekre) szempontrendszerének is. A szabályzat ugyan most is tartalmaz olyan részt, ami a normál üzemviteltől eltérő, de úgy gondolom, az előzőekben leírtak alapján részletesebb kidolgozása szükségszerű, ugyanis lényeges eltérést jelenthetnek a mintavételei helyekben, mintákban, mintaelőkészítésben és az alkalmazott mérések paramétereiben egyaránt, így véleményem szerint indokolt az ellenőrzési programban ezek szerepeltetése is.

1.4. Részkövetkeztetések

1. A jogszabályi háttérben megfogalmazottaknak a paksi atomerőmű kibocsátás- és környezetellenőrző rendszere megfelel.
 - a) Teljesíti a 15/2001. (VI.6.) KöM rendelet előírása szerinti a KiESZ és KöESZ-ben foglaltakat, illetve teljesíti a vonatkozó EU (Euratom Szerződés; 2000/473/Euratom; 1999/89/Euratom; 2004/2/Euratom) és NAÜ (NAÜ RS-G-1.8; NAÜ SRS 64) ajánlásokat is.
 - b) 1996. évi CXVI. törvény és az 1/2022 (IV.29.) OAH rendelet 3.§ (1) alapján a nukleáris környezetellenőrzés rendszere az egyes NBSZ pontoknak megfelelnek, aminek részletes listája a 4.14 mellékletben „Kibocsátás- és környezetellenőrzés rendszereinek NBSZ pontjainak megfeleltetése” címen megtalálható. A 4.15 mellékletben pedig hozzá az egyes NBSZ pontok meghatározása („NBSZ pontok kifejtve”) [10] is. Az FR és TFK-ra vonatkozó fejlesztések után a rendszerek további NBSZ pontoknak is megfelelnek, amire a hatóság az erőművet kötelezte is. Az atomerőművek földrengés elleni védelme kapcsán figyelembe lettek véve az ide vonatkozó ajánlások [282, 283].
 - c) Az Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer felépítése alapvetően jól átgondolt és teljeskörű mind hazai mind nemzetközi viszonylatban. Az egyes üzemállapotokra (TA1-4, TAK1-2) az NBSZ előírásai szerint alapvetően fel van készítve, viszont a szélsőséges esetekre (FR és TFK) nem teljeskörűen terjed ki. A mintavételi program pedig alapvetően normálüzemi körülményekre van meghatározva.
 - d) A telepített sugárvédelmi ellenőrzés (SER) jól strukturált és az adatok kellő biztonsággal rendelkezésre állnak a megfelelő helyeken (ez alól egyedül a TVP a kivétel, ahol az adatkapcsolatok fejlesztése szükséges). Célszerűnek látom azonban azon adatok összegyűjtését és megjelenítését, ami a tervezési üzemzavar, komplex üzemzavar vagy a súlyos baleset esetén releváns, hogy a döntéshozók könnyebben tudják meghozni döntéseiket és így lehetőség van egy komplex döntéstámogató rendszer kifejlesztésére is.
2. A kibocsátás-ellenőrző távadó rendszerei jól kiegészítik a SER MT-t, aminek köszönhetően a Dozimetriai Vezénylőben jól nyomon követhetőek a sugárzási viszonyokkal kapcsolatos események. Ezt megkönnyítően sémafal, fény- és hangjelzés is segíti a munkájukat. A légköri és folyékony kibocsátások monitorozására a megfelelő rendszerek állnak rendelkezésre viszont korszerűsítésük és a szélsőséges esetekre való felkészítésük elengedhetetlen egy esetleges súlyos nukleáris baleset kapcsán.

- a. A levegősebesség- és térfogatáram- mérő rendszer kellőképpen megalapozott mind a nemzetközi mind a hazai szabványoknak megfelelő módon. Súlyos nukleáris baleset esetén, viszont nagyon fontos tudnunk, a kéményben lévő légáramlást. Ez kulcsfontosságú a terjedésszámítás részére másrészt a telephelyen belüli sugárzási viszonyok alakulására is lehet következtetni. Ennek tükrében telepítésre került egy nagy megbízhatóságú, földrengésálló és teljes feszültség kiesése mellett is működő légforgalom mérő, ami a meglévő mérés redundáns diverz párjának tekinthető.
- b. Az izokinetikus mintavevő rendszer megfelel mind a nemzetközi, mind a hazai elvárásoknak és tudja biztosítani a megfelelő mintavételeket.
- c. A PING rendszer a nukleáris mérés technikában elterjedt módszer szerint végzi a méréseket. Célszerű azonban megfontolni a fejlesztését egy olyan rendszerre, amelyik ugyancsak ezen a mérési metodikán alapszik, viszont a felső méréshatára kiterjeszhető. Súlyos nukleáris baleset esetén a kéményből ily módon mért izotópok mennyisége pontosabb forrástagot tud generálni a terjedésszámítás részére. A másik érv, hogy a közel húsz éves konstrukció műszaki támogatása (pl. alkatrész, szűrőszalag, szűrőpatron, elektronikai és számítástechnikai) előbb-utóbb nehézségekbe ütközhet. A jó monitorozásához kapcsolódóan mindenképp célszerű automata mintaváltóval való kiegészítés, mivel egy súlyos nukleáris baleseti helyzetben nem célszerű a mérés helyére embert küldeni, hogy mintavételi patronot cseréljen.
- d. A szellőzőhídi gamma-sugárzás dózisteljesítménymérő ugyancsak elengedhetetlen egy súlyos nukleáris balesetet feltételezve, ezért ennek redundanciája mindenképp szükséges, hiszen a kéményen keresztüli áramlás mellett a levegő dózisteljesítménye – és ebből való aktivitás koncentrációk becslése – elengedhetetlen mind a terjedésszámítás, mind az egyéb sugárvédelmi eljárások – meteorológiával együtt - végett. A rendszert szélsőséges esetre felkészítve kell telepíteni, tehát FR és TFK elleni módon.
- e. A NEKISE rendszer nagy előnye, hogy izotópszelektíven képes mérni a kéményen keresztül kiáramló levegő nemesgáz összetételét, ami a súlyos nukleáris balesetek kapcsán a kezdeti időszakban a dóziszárulék legnagyobb hányadát képezi.

Ugyancsak fontosnak látom e rendszer felülvizsgálatát és fejlesztését, abból a szempontból, hogy ugyancsak a terjedésszámítás minél pontosabb forrástag meghatározását lehetővé tegyük. Ehhez a jelenlegi konstrukció felső méréshatárának meghatározását javaslom és ennek tükrében különböző technikák (pl. kisebb relatív hatásfokú félvezető detektor, inert gázzal való hígítása a mérendő mintának, árnyékolás és kollimálás technikáját stb.) alkalmazását e felső méréshatár kiterjesztésére.

- f. Az egészségügyi épület légnemű kibocsátás-ellenőrző endszere jól átgondolt és teljeskörű. Esetleges magasabb érték esetére jó alternatíva a gamma-spektrometriával való kiegészítés.
- g. A folyékony kibocsátás monitorozását végző „V1”, „V2”, „V3” távadó rendszer teljeskörű, a logikai felépítése és funkcionalitása is megfelelő, azonban a „V3” esetében az üzemeltetési tapasztalatok kapcsán egyéb fejlesztési lehetőségek is indokoltak. Ennek érdekében beszerzésre került a „V1” és „V2” állomás helyére új földrengésálló konténer és a jelkábeles kommunikáció kiegészítésre került a rádiós kommunikációval, ezzel is elősegítve a diverz és redundáns adat továbbítást. A teljes feszültség kiesésére való felkészítés kapcsán ki lett építve egy olyan folyamatos mintavételi rendszert, amely kisebb teljesítményű szivattyúval is tudja biztosítani a reprezentatív mintavételt. A „V3” esetén a meglévő épület megerősítése szükséges FR ellen és a mérés technika kibővítése szükséges oly módon, hogy a mérleg feletti és tisztított fekáliás szennyvíz mérése lehetővé váljon a csővezeték közvetlen mérésével és egyben kielégítve azt az igényt, hogy az energiafelhasználása TFK esetén legalább 72 órára biztosított legyen.

A mintavétel tekintetében olyan konstrukció kialakítása szükséges, ami a kidobó vezeték térfogatáramával arányos mintavételt biztosít a laboratórium és a hatóság részére a további analízis elvégzéséhez. A „V” típusú állomások ugyancsak kulcsszerepet töltenek be egy esetleges súlyos nukleárisbaleset esetén a kibocsátási források beazonosításába. Fontos fejlesztendő terület még az oda vezető betáp- és jelkábelek FR módon való kicserélése, figyelembe véve az üzemidő hosszabítást és a leendő Paks II. igényeit. Az állomások klimatizálása megtörtént az aggregátoros megtáplálás lehetőségére viszont plusz aggregátorok beszerzése indokolt a fokozottabb rendelkezésre állást elősegítve.

- h. A kibocsátás-ellenőrzéssel kapcsolatos mintavételek teljes mértékben megfelelnek a jogszabályi előírásoknak, sőt sok esetben azon túlmutatnak pl. a mérés érzékenysége terén. A mintavételi programmal kapcsolatosan érdemes kidolgozni a várható üzemi eseményekre (TA2) a tervezési üzemzavarokra (TA3-4), a komplex üzemzavarokra (TAK1) és a súlyos balesetkre (TAK2) egyaránt. Jelenleg a KiESZ erről szóló fejezete leginkább csak a meghibásodás esetére vonatkozik.
3. A környezetellenőrző rendszer jól kiegészíti a kibocsátás-ellenőrző- és SER MT rendszert. A folyamatos nyomonkövetés ez esetben is a DV-ből megoldható, ahol ugyancsak fény és hangjelzés ad riasztást a figyelmeztető és vészszint túllépésekor, vagy ha meghibásodásra utaló jel érkezik. A környezeti távmérőállomások alkalmasnak kell, hogy legyenek a környezeti háttér sugárzás az üzemzavari vagy a súlyos nukleáris baleseti mérésekre is. A felépítése és a műszerezettsége is ezt a kettőséget mutatja. A környezetbe kikerülő radioaktív izotópok összetételének vagy mennyiségének meghatározására a megfelelő rendszerek állnak rendelkezésre, azonban e rendszerek felülvizsgálatára, fejlesztésére is szükség volt szem előtt tartva egy esetleges súlyos nukleáris balesetet és a szélsőséges körülményeket (FR, TFK). A mintavételes ellenőrzésnek köszönhetően további eredményeket kaphatunk a talaj, iszap a növény és bizonyos élelmiszerek sugárzási állapotáról.
- a. Az udvartéri detektorok számszerűleg jól lefedik az üzemi területet és széles méréshatárának köszönhetően minden üzemállapotban szolgáltatnak adatokat a dózisviszonyokról. Segítségükkel következtetni lehet, hogy a kibocsátás épületen-, kéményen vagy mindkét kibocsátási helyen keresztül valószínűsíthető. További szerepe van még a kimenekítés kapcsán a menekülési útvonalak kijelölésében.

Fejlesztésükre mindenképp szükség volt FR és TFK elleni védelemmel az előbb említett fontosságuk révén. Megvizsgálva a korábbi helyüket, öt állomást kellett áthelyezni romhatáron kívülre. Abból a szempontból viszont továbbra is érdemes felülvizsgálni a detektorok elhelyezkedését, hogy az épületek árnyékoló hatása mennyire módosítja a valós környezeti dózisviszonyokat. Továbbá a kábeles jelátvitel és megtáplálás további rendelkezésre állási problémát okozhat FR és TFK esetén, ezért rádiós kommunikáció és 72 óra áthidalására képes akupakkal való ellátása volt szükséges.

- b. Meteorológia szempontjából az erőmű diverz és redundás módon be van biztosítva. Ez fontos is, hiszen súlyos nukleáris baleset esetén ugyancsak kulcsfontosságú mérésekről beszélünk. A két rendszer olyan módon van összekötve, hogy az esetlegesen kieső adatokat a másik pótolja. A SODAR rendszer az elsődleges adatforrás a 120 m-es meteorológiai torony pedig mind másodlagos adatforrásként szerepel. Ezen kívül, az OMSZ felügyelete alatt működő megfigyelő szolgálat tud adatot biztosítani, igaz nem online módon.

A SODAR rendszer előnyeként elmondható, hogy viszonylag egyszerű felépítésű és nincs benne mozgó alkatrész, földrengésálló módon történt a kivitelezése és 24 óra áthidalására képes akkupakkal rendelkezik. Ennek tükrében viszont szükséges az akupakkok kibővítése 72 órás áthidalásra, hogy szinkronban legyen a többi állomással. Továbbá a SODAR is megtáplálható aggregátor segítségével ezért ebben az esetben is szükséges az aggregátor beszerzése. A meteorológiai torony hátrányaként említhető, hogy F2 tornádó nagyságú szél ellen nincs bevizsgálva, ami veszélyt jelenthet a környezet szempontjából, további felépítéséből, nagyságából adódva az üzemeltetése, karbantartása nehezebb. Ennek tükrében célszerű átgondolni esetlegesen további SODAR állomás fellállítását olyan helyen, amit a környezetében lévő épületek turbulens hatása nem befolyásol és a Paks II. szempontjából is releváns adatokat szolgáltat. A meteorológiai torony esetében, annak további felülvizsgálása célszerű FR állóság és TFK tekintetében is.

- c. Az „A”, „B” és „G” típusú állomások ugyancsak kulcsfontosságú szerepet töltenek be a környezetellenőrzés szempontjából. Ezek közül a legszélesebb körű méréseket a kilenc „A” típusú állomás végzi, ami az erőmű 1-1,5 km-es körzetében található. Az állomáson található BITT szonda nagy méréshatárának köszönhetően a környezeti és az emelkedetebb, akár súlyos nukleáris baleseti dózisos monitorozására is képes. A konténeren belül található aeroszol- és jód- mérőegység (jód-távmérő) viszonylag kis szűrőméretének és alacsonyabb légforgalmának köszönhetően inkább üzemzavari, baleseti- és súlyos baleseti mérésekre képes. Az ettől érzékenyebb mérést igénylő minták az úgynevezett nagytérfogatú mintavételi egység segítségével vehetők, amit laboratóriumi körülmények között lehet kiértékelni.

Az előzőekből kiderült, hogy az „A” típusú állomás mérései elengedhetetlenek még szélsőséges körülmények között is ezért volt szükségszerű ezen konténerek FR és TFK elleni bevédésük. A TFK kapcsán elsődleges prioritást élvez a dozisteljesítménymérő, széles méréshatárának és viszonylag alacsony energiafogyasztásának köszönhetően, a jódtáv mérő rendszer berendezései csak a 24 órás áthidalás lehetőségét (nincs annyi hely az állomáson) tudják biztosítani, így itt ebben az esetben az aggregátoros megtáplálás nyújthat még alternatívát. További fejlesztési irány a jódtáv mérő NaI(Tl) hőstabilizált detektor kicserélése hőkompenzárra a meghibásodások csökkentése és a nagyobb rendelkezésre állás jegyében.

A nagytérfogatú rendszer nagy energiafogyasztásának köszönhetően ilyenkor leállításra kerül, szükség esetén a jódtáv mérő mintái állnak rendelkezésre mérésre. Az „A” típusú állomások nagyfokú rendelkezésre állása miatt itt is célszerű a jel-, és betáp kábelek kicserélése FR álló módon, mivel az üzemidőhosszabítás és Paks II. révén sokáig számíthatunk még a méréseire. További a rendelkezésre állást elősegítő a klimatizálás biztosítása és az aggregátorok beszerzése mivel itt is lehetőség van a külső megtáplálásra. A „B” típusú állomás referencia állomásként működik, de itt is szükségszerű az „A” típusnál végrehajtott fejlesztés, hogy az adatokat össze tudjuk hasonlítani. A „G” típusú állomás ugyancsak nagy méréshatárú BITT szondákkal rendelkezik, amik ugyancsak kulcsfontosságúak a 1,5 km-en belüli dózisviszonyok megállapítására, másrészt a terjedésszámításnak az „A” típusú állomásokhoz hasonlóan nyújt input adatot.

- d. A KiESZ és KöESZ tanulmányozása, elemzése során ugyanarra a következtetésre jutottam, miszerint a mintavételi program felülvizsgálata javasolt, hogy megfeleljen a TA2-4 (várható üzemi eseményekre és tervezési üzemzavarokra) és a TAK1-2 (komplex és súlyos balesetekre) szempontrendszerének is. A szabályzat ugyan most is tartalmaz olyan részt, ami a normál üzemviteltől eltérő, de úgy gondolom, az előzőekben leírt esetekre részletesebb kidolgozás szükségszerű, ugyanis lényeges eltérést jelenthetnek a mintavételi helyekben, mintákban, mintaelőkészítésben és az alkalmazott mérések paramétereiben egyaránt.

2. NUKLEÁRISBALESET-ELHÁRÍTÁS SUGÁRHELYZETÉRTÉKELÉSI ESZKÖZRENDSZEREINEK FEJLESZTÉSE

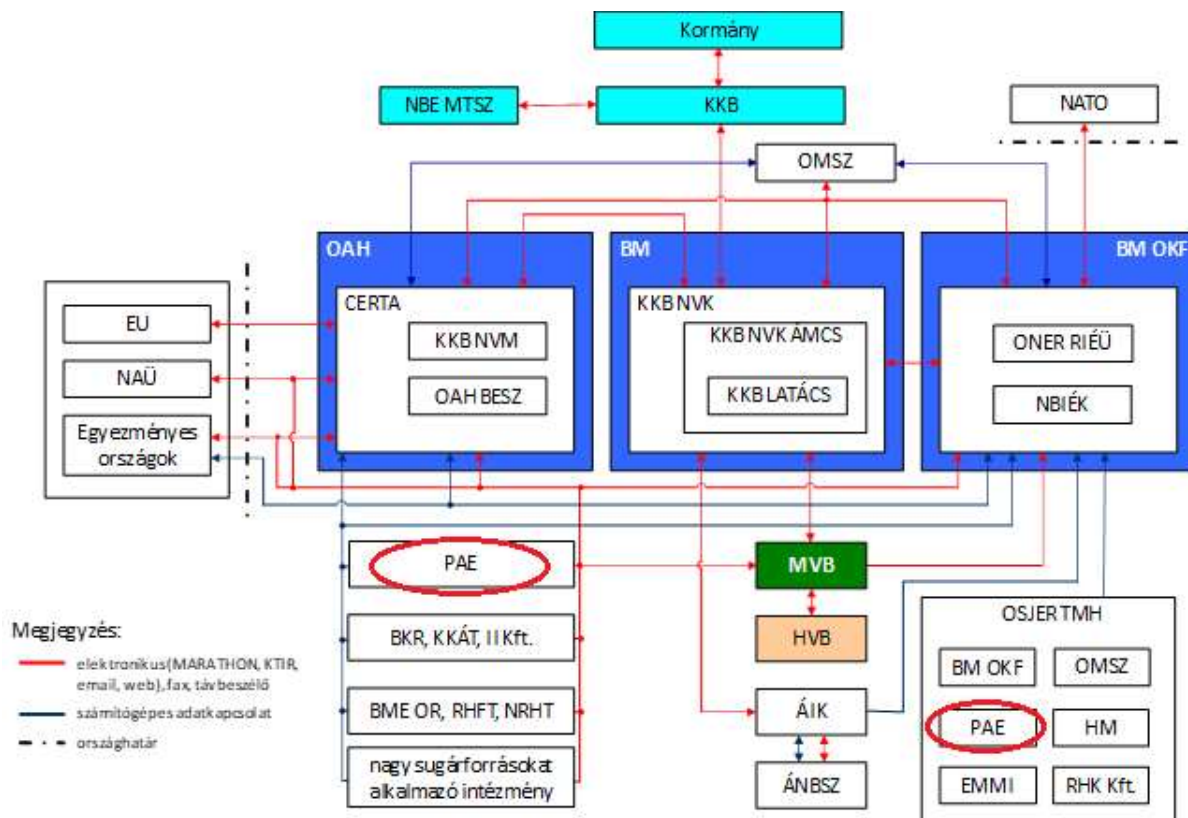
Az értekezésem második hipotéziséhez kapcsolódóan először bemutatom, hogy az OBEIT-en belül, hogyan épül fel az ONER, majd bemutatom és felülvizsgálom a paksi atomerőmű nukleárisbaleset elhárítással kapcsolatos alapvető elvárásokat, és ezen belül kitérek a sugárvédelmi vonatkozású feadatokra, képességekre és végül a sugárhelyzetértékelés eszközszerének fejlesztésére teszek javaslatot.

2.1 OBEIT és ONER-szervek kapcsolódása az atomerőmű nukleárisbaleset-elhárításával

A 21. ábra segítségével szeretném szemléltetni a paksi atomerőmű (PAE- piros karikával jelölve) kapcsolódását az ONER-szervekhez. Két kapcsolódási pontot láthatunk. Az egyik (jobb oldalt lent), miszerint az Országos Sugárfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszer Táv mérő Hálózatán (OSJER TMH) keresztül folyamatosan szolgáltat dózis adatot 20 db környezeti állomás (9 db „A”- és 11 db „G”- típusú segítségével). Ezen adatok a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságán (a továbbiakban BM OKF) belül működő NBIÉK futnak be, amely többek között az ország nukleárisbaleset-elhárítási korai előrejelzésében, a nemzetközi radiológiai monitoring adatcsere rendszer nemzeti központ feladataiban és a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság (a továbbiakban KKB) nukleárisbaleset-elhárítási döntés-előkészítő tevékenység közreműködésében játszik szerepet az ONER Riasztási és Értesítési Ügyelet (a továbbiakban ONER RIÉÜ) segítségével.

A másik kapcsolódási pont (bal oldalt lent) az OAH-ba vezet. Azon belül is a Centre for Emergency Response Training and Analysis-ba (CERTA), amit Veszélyhelyzeti Intézkedési, Gyakorló és Elemző Központnak szoktuk még hívni. A CERTA csak nukleáris vagy radiológiai veszélyhelyzetbe, illetve gyakorlatok esetén működik és kizárólag a baleset-elhárítási feladatok ellátására és gyakorlására szolgál. Ezt a munkát segíti a KKB Nukleáris Védekezési Munkabizottság (a továbbiakban KKB NVM) és az OAH Baleset-elhárítási Szervezete (a továbbiakban OAH BESZ). Közvetlen kapcsolatot az erőmű még a Megyei (Vármegyei) Védelmi Bizottsággal (a továbbiakban MVB) tart. A többi kapcsolódási pont is jól nyomonkövethető az ábrán, aminek rövidítései a 2. számú melléklet „Alkalmazott rövidítések jegyzéke”-ben megtalálunk. Véleményem szerint az ONER felépítése jól strukturált és elősegíti a nukleáris veszélyhelyzet elleni védekezés tervezését, irányítását, amit kormányzati szinten kell összehangolni.

Ezt a munkát jól tudja segíteni a KKB a megfelelő minisztériumok és állami szervek bevonásával, hogy a katasztrófavédelemmel kapcsolatos döntések előkészítését és a védekezéssel kapcsolatos feladatok ágazati összehangolását elvégezze. A nukleáris események során a működési állapotok meghatározását véleményem szerint jó, hogy az OAH elnökének és a BM OKF főigazgatójának kezdeményezésére a belügyminiszter rendeli el, hiszen ott összpontosulnak az ilyen eseményekhez kapcsolódó információk.



21. ábra: Az ONER szervek kapcsolatrendszere. Forrás [263]

2.2 Nukleárisbaleset-elhárítás alapjai

A paksi atomerőmű kidolgozta az ÁVIT-ot [246] az üzemeltetési és a gyakorlatok tapasztalatai és a jogszabályok, valamint nemzetközi ajánlások alapján. Az ÁVIT folyamatos karbantartása biztosítja az összhangot a jogszabályokkal, országos, területi, helyi balesetelhárítási intézkedési tervekkel [10, NBSZ 4.12.1.0200 c]. Az ÁVIT tartalmazza a Baleset-elhárítási Szervezet (a továbbiakban BESZ) működésére vonatkozó eljárásrendeket, végrehajtási utasításokat. A következőkben az ÁVIT második moduljával a nukleárisbaleset-elhárítási tervvel foglalkozom részletesebben, ott is leginkább a sugárvédelmi vonatkozású részekkel. A Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervben kitérek arra, hogy mekkora és milyen személyzettel, létesítményekkel, berendezésekkel, kell rendelkezni ahhoz, hogy az esetleges balesetet el tudják hárítani vagy legalább a következményeit enyhíteni.

A paksi atomerőműnek nemzetközi ajánlásoknak, törvényi-, rendeleti és alacsonyabb jogszabályi környezetben megfogalmazott követelményeknek kell megfelelni a balesetelhárítás során. A terv készítésekor figyelembe lettek véve a releváns irodalomban bővebben kifejtett nemzetközi, európai uniós és hazai szabályozások, ajánlások és útmutatók. Ezek közül is az Atv. [7] a 2011. évi CXXVIII katasztrófavédelemről szóló törvény [73], 1/2022. OAH rendelet [9], 167/2010 nukleárisbaleset-elhárításról szóló rendelet [59], 165/2003 nukleáris és radiológiai veszélyhelyzetről szóló rendelet [64], a 2/2022 OAH rendelet [70], az OBEIT és a hozzátartozó 5.1 útmutató [12, 237] képezi alapját a baleset-elhárításnak. A nukleárisbaleset-elhárításhoz köthető alapvető elvárásokról és felépítéséről szakcikk formájában írtam több alkalommal szerzőtársammal [285, 286].

A balesetek során nemcsak a nukleáris és radiológiai jellegű balesetekre kell gondolni, hanem egyéb veszélyhelyzetek is kialakulhatnak úgy, mint a természeti és ipari katasztrófák, tüzesetek, ártó szándékú cselekmények stb. Ilyen esetekre az erőműnek létre kell hozni, olyan szervezeti egységet, amely a baleseti felkészülést képes megszervezni és irányítani [10, NBSZ 4.12.1.0200 a]. A baleset-elhárítási szervezetnek fel kell készülni arra, hogy a baleset-elhárításban részt vevő központi, területi és helyi szervekkel együtt a nukleáris baleseteket vagy radioaktív kibocsátással járó üzemvarokat elhárítsa, és a következményeit csökkentse. Ennek érdekében a szervezetnek rendelkeznie kell olyan hatáskörrel, hogy az képes legyen a telephelyi döntések meghozatalától az operatív tevékenységig terjedő feladatainak ellátására a veszélyhelyzet minden fázisában [10, NBSZ 4.12.1.0200 b].

A Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv arra is kötelezi a szervezetet, hogy jelölje ki az egyes intézkedési funkciók végrehajtásáért felelős személyeket [10, NBSZ 4.12.1.0200 d], illetve úgy állapítsa meg a szervezet létszámát, hogy rendelkezésre álljon a nukleáris veszélyhelyzet fennállásának teljes időszakára. Ennek elengedhetetlen feltétele a megfelelő számú és képesítésű személyzet és a megfelelő anyagi háttér [59, 14.§ (b)]. Az előzőek tükrében elmondhatom, hogy a baleset-elhárításba beosztott több, mint négyszáz ember a vele szemben támasztott követelményeknek megfelel. Bizonyítják ezt a sikeres gyakorlatok száma. Amennyiben kisebb eltérések, problémák előfordulnak, azt pedig intézkedési tervekkel igyekszünk orvosolni. A folyamatos utánpótlás és szakmai kvalifikáció megfelelő, mondhatom ezt annak tükrében, hogy a hatóság által jóváhagyott éves gyakorlati tervben foglaltaknak az erőmű minden évben eleget tesz, ami legkevesebb tíz gyakorlatot foglal magában. A gyakorlatok kapcsán minden évben sor kerül egy teljeskörű komplex gyakorlatra, ami a legtöbb szakterületre kiterjed, kettő súlyos baleseti gyakorlatra, ami sok esetben több blokk súlyos sérülését feltételezi és elsősorban az üzemviteli személyzet gyakoroltatására ki van kielezve.

Minden évben megszervezésre kerül legalább egy törzsvezetési gyakorlat, ami a BESZ szervezeti vezetők összehangolt munkájáról ad tanubizonytságot. Természetesen ezeken kívül váratlan riasztási gyakorlatok egyes szakterületekre kidolgozott részgyakorlatok is mindig megtartásra kerülnek. Nagy hangsúlyt fektetünk az oktatásra, amire minden évben sor kerül. Külön kerül megtartásra az általános erőműre kiterjedő általános ismertető a szakterületek specifikus oktatása és a vezetők részére. Ennek keretében különböző célú gyakorlattípusok is vannak. Lehet például begyakorló vagy ellenőrző típus.

Szervezési követelmények

Az atomerőmű létesítésének megkezdése előtt a telephelyre vonatkozó NBEIT-et kell kidolgozni. Ez a terv összhangban kell, hogy legyen az aktuális jogszabályokkal, az országos, területi, helyi és a szomszédos telephelyeken lévő nukleáris létesítményekre vonatkozó nukleárisbaleset-elhárítási intézkedési tervekkel, a nemzetközi ajánlásokkal, valamint a nukleáris létesítmény egyéb, nem a nukleáris veszélyhelyzet elleni felkészülésre és elhárításra vonatkozó tervekkel [10, NBSZ 4.12.1.0200 c]. Ennek érdekében folyamatosan megvizsgáljuk a jogszabályi változásokat és szoros kapcsolatot tartunk a szomszédos telephelyen lévő olyan létesítményekkel vagy létesülendő objektumokkal, amik hatással lehetnek az atomerőmű szempontjából. A dokumentumban az intézkedéseket úgy kell megtervezni és megvalósítani, hogy több előnnyel járjanak, mint amennyi kárt okoznak.

A bevezetendő intézkedés formáját, mértékét és időtartamát optimalizálni kell, kiválasztásánál az intézkedés által elérhető védelem maximalizálására kell törekedni [9, 36.§]. Az atomerőmű által létrehozott baleset-elhárítási szervezet (4.16 melléklet: „Balesetelhárítás Szervezet sémája”) [246] olyan szakképzett személyekből álljon, akik rendelkeznek a megfelelő kiképzéssel, folyamatos készenlétet tudnak adni, valamint - legalább a jogszabályokban előírt gyakorisággal – gyakorlatozással rendelkeznek [9, 43.§ (1)]. Az atomerőmű telephelyén fel kell készülni a biztonsági elemzésekben azonosított valamennyi - radioaktív anyag kibocsátásával, sugárterheléssel járó - veszélyhelyzet elhárítására és a következmények enyhítésére szolgáló tevékenységre [9, 43.§ (2)].

A nukleárisbaleset-elhárítási eljárásokat különböző blokki üzemiállapotok (TA3-4 – tervezési üzemzavarok, TAK1 – komplex üzemzavarok, TAK2 – súlyos balesetek) elemzési eredményei alapján kell megtervezni, figyelembe véve, hogy az adott telephely összes reaktorában és nukleáris létesítményben egyszerre léphetnek fel a fenti üzemiállapotok. Az elemzések terjedelmének elegendő információt kell szolgáltatni a veszélyhelyzet elhárítási tevékenységek meghatározására [10, NBSZ 3.7.1.0100.].

A biztonsági elemzésekkel külön osztály foglalkozik, ami változások esetén megteszi az aktualizálásokat, modellezéseket pl.: más dúsítású fűtőelem alkalmazása vagy kampányidőszak kiterjesztése kapcsán. Az atomerőműnek biztosítani kell a nukleáris veszélyhelyzet következményeinek enyhítésére megfelelő csoportokat és gondoskodnia kell az üzemviteli személyzet műszaki támogatásáról [10, NBSZ 4.12.1.0200 e]. A veszélyhelyzetkezelés szervezeti egységeinek megoszlásáról külön publikációm is megjelent cikk formájában [291]. Biztosítani kell a balesetelhárítási szervezet és a felkészülést irányító szervezet működtetéséhez, valamint a NBEIT végrehajtásához szükséges műszaki feltételeket [10 NBSZ 4.12.1.0200 g] még abban az esetben is, ha a helyzet súlyosbodna [10, NBSZ 4.12.1.0200 h]. Külső veszélyeztető tényezők hatásainak elhárítására tervezett rendszerek és szervezési megoldások esetében figyelembe kell venni azt a helyzetet, ha a telephely megközelítése, a rendszerek kiszolgálása és működtetése tartósan nehézségekbe ütközik [10, NBSZ 3.3.6.2300.]. A baleset-elhárítási szervezetnek akkor is képesnek kell lennie feladatai ellátására, ha a telephelyen és a környezetében lévő infrastruktúrák súlyosan károsodtak [10, NBSZ 4.12.1.1300]. Az előzőeket figyelembe véve több fejlesztés is megvalósult az erőmű területén. Ilyen többek között a hermetikus téri túlnyomódás elleni hőelvonó rendszer kiépítése, vagy a gőzfejlesztőbe, illetve pihentető medencébe való víz bejuttatására alternatív útvonalak kiépítése, eszközök beszerzése és gyakoroltatása.

A nukleáris létesítmény területén mindig lennie kell a nukleáris veszélyhelyzet osztályba sorolására, a nukleáris veszélyhelyzet és megszűnésének kihirdetésére, a nukleárisbaleset-elhárítási intézkedések kezdeményezésére, a telephelyen kívüli szervezetek értesítésére feljogosított munkavállalónak, aki egyben felelős e feladatok haladéktalan ellátásáért, rendelkezik a hatékony intézkedéshez szükséges információkkal és utasítási jogkörrel az említett feladatok ellátásához szükséges eszközöket illetően [10, NBSZ 4.12.1.0500]. Ezt a funkciót a paksi atomerőművön belül az Ügyeletes Mérnök jogosult végrehajtani, amit az erőmű hierarchikus felépítésének köszönhetően indokoltnak látok, hiszen az összes releváns információ, ami ehhez szükséges rendelkezésre áll ezen a szinten. Az előzőekhez kapcsolódóan tehát az erőműnek fel kell készülnie a lakosság riasztására, az érintett megyei és helyi védelmi bizottságok tájékoztatására és szakmai támogatására, valamint az ONER központi szervezeteinek működésbe lépéséig sürgős óvintézkedési javaslatok biztosítására az érintett vármegyei és helyi védelmi bizottságok számára [10, NBSZ 4.12.1.0600 a-c]. Ehhez mind az eszközrendszer, mind a humánerőforrás rendelkezésre áll.

Az atomerőmű fel kell, hogy legyen készülve a telephelyen tartózkodó személyek számbavételére 22. ábra, amire úgy gondolom a 19 db gyülekezési hely megfelelő feltételeket nyújt a blokkoló órák segítségével. Az emberek biztonságának megóvására, biztosítania kell a nukleáris létesítmény területén bevezetendő óvintézkedésekhez szükséges védőeszközöket, jódtablettákat (4. kép), a nukleárisbaleset-elhárításban érintett személyek egyéni védelmét, dozimetrlását, valamint a sugárterhelést szenvedett vagy kontaminált sérültek - veszélyhelyzeti körülmények közötti – ellátását [10, NBSZ 4.12.1.0700]. A védőeszközök, jódtabletták és doziméterek a megfelelő mennyiségben és minőségben rendelkezésre állnak a sugárterhelést szenvedett munkavállalók és kombinált sérültek ellátására pedig ugyancsak fel van készülve az egészségügyi szolgálat.

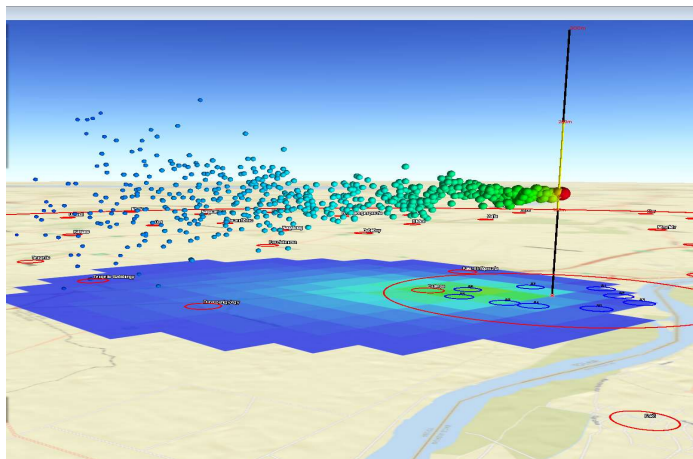


22. ábra. Gyülekezési helyre figyelmeztető tábla (bal oldal), gyülekezési pontok a telephelyen (középen), regisztrációt segítő blokkoló óra. Forrás: [saját]



4. kép. Gyülekezési helyeken található menekülő kámzsák és jódtabletták. Forrás [saját]

Az erőmű továbbá fel kell, hogy készüljön a veszélyhelyzet technológiai és sugárvédelmi elemzésére, a megtörtént vagy várható kibocsátás becslésére és a kibocsátás következményeinek előrejelzésére, valamint a kibocsátás monitorozására 5. kép [10, NBSZ 4.12.1.0800]. Az ÜKSER, a SER MT és a terjedést számító szoftverek és táblázatok segítségével az erőmű e feladatokat el tudja látni.



5. kép: Kibocsátás előrejelző modell. Forrás: [saját]

Létesítményi-, rendszer-, berendezés- és eszköz követelmények

A biztonsági osztályba sorolt építményeket biztonsági földrengés által okozott igénybevételekre kell tervezni, beleértve az alapozás megfelelő tervezését és a biztonsági földrengés által kiváltott geotechnikai veszélyek hatásait is. A biztonsági osztályba sorolt építmények megfelelő szerkezeti kialakításával minimalizálni kell azok földrengés során fellépő igénybevételét. A szomszédos építményekkel való kölcsönhatást a biztonsági földrengés esetén ki kell zárni [10, NBSZ 3.3.4.0400]. Ezen követelményeknek is megfelelnek az erőmű besorolt építményei és itt jegyzem meg, hogy az erőmű tudományos főszakértője révén Katona Tamás János is sokat foglalkozott és foglalkozik ezzel a témával kapcsolatosan, amit számos publikációja is alátámaszt nemzetközi és hazai szinten is [207, 208, 209, 210, 287, 288, 289, 290], de a témával kapcsolatosan megemlíthetem még Vilimi András, Pátzay György és Dobor József nevét is [206, 207].

Mind a blokkvezénylőtől, mind a tartalékvezénylőtől független műszaki támogató központot kell kialakítani a telephelyen, ahonnan műszaki támogatás nyújtható a blokkok tervezési alapjának kiterjesztett (TAK1, TAK2) üzemállapotában az üzemeltető személyzet részére. A központban hozzáférést kell biztosítani az üzemviteli paraméterekhez, az atomerőmű és közvetlen környezetének sugárzási adataihoz. A központot a blokkvezénylővel, a tartalékvezénylővel és az erőmű minden, a balesetkezelés szempontjából lényeges helyszínével való kommunikációra alkalmas eszközökkel el kell látni. A műszaki támogató központnak ad helyet a VVP, ahol folyamatosan történnek az oktatások az érintett üzemviteli személyzetnek és a fejlesztése folyamatos a tapasztalatok felhasználása alapján.

A központnak üzemképesnek és a személyzet által biztonságosan igénybe vehetőnek kell maradnia a blokkok TAK1 és TAK2 üzemállapotában [10, NBSZ 3.4.4.1400]. Veszélyhelyzeti irányító központot kell kialakítani az elhárítást végző személyzet számára 6. kép. Biztosítani kell, hogy a veszélyhelyzeti irányító központban legyen elégséges műszerezés és legyenek eszközök a veszélyhelyzet során szükséges beavatkozások irányítására, valamint a nukleárisbaleset-elhárításért felelős szervezeti egységekkel, helyszínekkel és a telephelyen kívüli nukleárisbaleset-elhárításért felelős szervezetekkel történő kommunikációra [10, NBSZ 3.7.1.0300]. Mindezek rendelkezésre állnak, de a szükséges beavatkozások megállapítására és döntéshozatal segítésére a későbbiekben kitérek egy fejlesztési javaslattal a komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztése révén.



6. kép: Műszaki támogató- és a vezetési csoport megalakulási helye. Forrás: [saját]

A veszélyhelyzeti irányító központot olyan redundáns és diverz kommunikációs rendszerrel kell felszerelni, amely alkalmas a telephelyen belüli, és a telephelyen kívüli, a nukleárisbaleset-elhárításért felelős szervezeti egységek és a telephelyen kívüli nukleárisbaleset-elhárításért felelős szervezetek riasztására, valamint a blokk- és tartalékvezénylővel, az atomerőmű egyéb fontos helyszíneivel és az atomerőműön kívüli nukleárisbaleset-elhárítási szervezetekkel történő kommunikációra 7. kép [10, NBSZ 3.7.1.0400]. Példának okáért sorolnám fel az Akkusztikus-, a Lakossági Tájékoztató Riasztó- az Automata- és Pannon Futár riasztó rendszert, de említhetném URH és Egységes Digitális Rendszerű (a továbbiakban EDR) rádiókat vagy a vonalas és műholdas telefonokat valamint az elektronikus levelező rendszereket és faxokat.



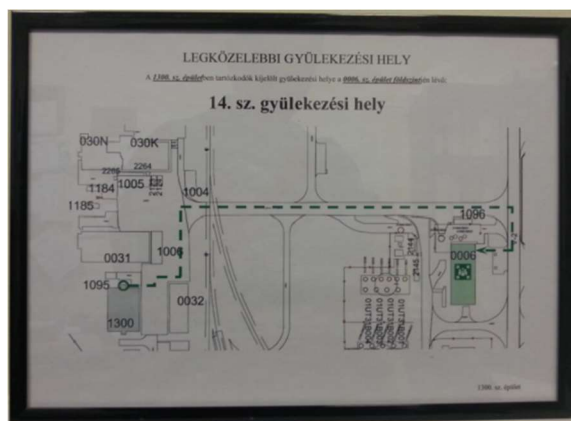
7. kép: Kommunikációért felelős berendezések helysége. Forrás: [saját]

A veszélyhelyzeti irányító központban tartózkodó személyzetnek a veszélyhelyzetből eredő körülmények elleni védelmét biztosítani kell (8. kép). Ennek a célnak megfelelnek a szűrő és oxigén betápláló rendszerek és a megfelelő tartalékkal rendelkező aggregátor berendezések, de az óvóhely megfelelő gáztömörségére vonatkozóan is két évente ellenőrzés történik.



8. kép: Védett Vezetési Pont dízel generátora és hermetizálás esetén a levegőtisztító rendszere. Forrás: [saját]

Lehetővé kell tenni a veszélyhelyzeti irányító központ funkcióképességének rendszeres ellenőrzését. A veszélyhelyzeti irányító központot úgy kell elhelyezni, hogy megközelíthetősége biztosított legyen a feltételezett veszélyhelyzetekben. A veszélyhelyzeti irányító központ használatának ellehetetlenülése esetére, az atomerőműtől elegendő távolságra tartalék veszélyhelyzeti irányító központot kell létesíteni, amely kielégíti a veszélyhelyzeti irányító központtal szemben támasztott elvárásokat [10, NBSZ 3.7.1.0500]. Ezt az előírást természetesen most is teljesíti az erőmű, de a közeljövőben átadásra kerülő új Tartalék Védett Vezetési pont véleményem szerint nemzetközi szinten is figyelemreméltó tulajdonságokkal rendelkezik, amiben a leendő Paks II. veszélyhelyzetkezelői személyzetre is gondoltak. A telephelyen tartózkodó minden személy riasztására alkalmas telephelyi riasztórendszert kell kiépíteni. A veszélyhelyzet intézkedések végrehajtásának érdekében egyszerűen, érthetően és tartós módon megjelölt és megbízhatóan kivilágítható biztonságos menekülési utakat és azok biztonságos használatához szükséges egyéb feltételeket kell biztosítani az atomerőműben. A menekülési útvonalakat úgy kell megtervezni, hogy azok kielégítsék a munkavédelmi, sugárvédelmi, tűzvédelmi és fizikai védelmi követelményeket (9. kép) [10, NBSZ 3.7.1.0600]). Ezekről személyesen is meggyőződünk minden évben és szükség esetén pótoljuk a jelzéseket valamint további fejlesztéseket végzünk a még hatékonyabb menekülési alternatívákat figyelembe véve.



9. kép: Gyülekezési hely és a menekülési útvonal térképe. Forrás: [saját]

A nukleárisbaleset-elhárításért részt vevő személyzet számára a polgári védelmi előírásoknak és a nukleárisbaleset-elhárítási tevékenységbe bevont személyek számának megfelelő óvólétesítményeket kell kialakítani [10, NBSZ 3.7.1.0700]. Véleményem szerint az erőművön belül található 300- és 450 fős óvóhelyek ezen igényeknek megfelelnek. A nukleárisbaleset-elhárításhoz szükséges eszközök tervezésekor figyelemmel kell lenni a nagy sugárzású terekben végzett munka szükségességére [10, NBSZ 3.7.1.0800.]. Veszélyhelyzetek kezeléséhez szükséges létesítményeket úgy kell megtervezni, hogy minden üzemállapotban, ideértve a TAK1-2 üzemállapotokat is, hosszú távon is üzemképesek legyenek és ellássák funkciójukat [10 NBSZ 3.7.1.0900.].

A nukleárisbaleset-elhárítási felkészülés során az atomerőmű felelős a baleset-elhárítási tevékenységek végrehajtásához szükséges eszközök, létesítmények és dokumentáció karbantartásáért és megfelelőségének rendszeres ellenőrzéséért, a baleset-elhárítási képzések és gyakorlatok tervezéséért és végrehajtásáért, valamint a külső intézményekkel a felkészülés időszakában szükséges kapcsolattartásért. A mobil eszközöket, ezek csatlakozási pontjait és kapcsolódó vezetékeket rendszeresen karban kell tartani, ellenőrizni és tesztelni kell [10, NBSZ 4.12.1.0910.]. A nukleárisbaleset-elhárítási intézkedések végrehajtásához szükséges eszközöket a várható felhasználási helyük közelében úgy kell elhelyezni, hogy azok felhasználása a várható feltételek mellett hatékony legyen [10, NBSZ 4.12.1.0920].

Biztosítja a baleset-elhárítási szervezet és a felkészülést irányító szervezet működtetéséhez, valamint a NBEIT végrehajtásához szükséges műszaki feltételeket [10, NBSZ 4.12.1.0200 g]. Módszeresen felül kell vizsgálni az olyan közös szolgáltatásokat és készleteket, amelyeket több blokk is használ. Biztosítani kell, hogy a közös használatú emberi, műszaki és egyéb erőforrások, amelyekre szükség van balesetek során, kellő hatékonyságúak legyenek és elegendő mennyiségben rendelkezésre álljanak minden blokkhoz. Ha a TAK üzemállapotok kezelésére a blokkok közti kapcsolatra, támogatásra van szükség, akkor igazolni kell, hogy az nincs negatív hatással egyik blokk biztonságára sem és egyik üzemállapotban sem [10, NBSZ 4.12.1.1700]. A tűzoltó és az üzemeltető személyzet számára hozzáférési és menekülési útvonalaknak kell rendelkezésre állniuk [10, NBSZ 4.13.0.0610].

Oktatás és gyakorlatok követelményei

A nukleáris létesítmény nukleárisbaleset-elhárítási felkészülésének biztosítania kell, hogy a telephelyet érintő nukleáris veszélyhelyzetben az elhárítási tevékenység összehangolt és hatékony végzéséhez szükséges feltételek a megfelelő időben, a megfelelő helyen, a megfelelő irányítás és ellenőrzés mellett teljesülnek és a rendelkezésre álló forrásokat a megfelelő személyzet a betanult és begyakorolt módon legyen képes felhasználni [10, NBSZ 4.12.1.0100].

A baleset-elhárítási szervezetben feladatokat ellátó személyzet számára alapképzést és előre meghatározott rendszerességgel folyamatos szinten tartó képzést, valamint gyakorlati kiképzést kell tartani a baleset-elhárítási szervezetben rájuk ruházott tevékenységeik elsajátítása, begyakorlása érdekében (10. kép) [10, NBSZ 4.12.1.1000]. Úgy gondolom a rész- és teljeskörű-begyakorló- és ellenőrző gyakorlatok ezt lehetővé teszik és az ebből gyűjtött tapasztalatok elősegítik a folyamatos eljárások, eszközök fejlesztését.



10. kép: Gyakorlatozás a védett ponton és terepen. Forrás: [saját]

A baleset-elhárítási szervezet baleset-elhárítási feladatai ellátásának képességéről rendszeres időközönként, de legalább évente tartott gyakorlatokkal kell meggyőződni. A gyakorlatok során lehetőséget kell biztosítani a telephelyen kívüli nukleáris veszélyhelyzet elhárításáért felelős szervezetek részvételére. Ezt elősegítve félévente ONER értekezletet tartunk, ahol az összes külső együttműködő képviselteti magát és jelezheti melyik gyakorlaton milyen mélységben kíván részt venni. A baleset-elhárítási képzésre, gyakorlatozásra hosszabb távú és éves tervet kell készíteni. A baleset-elhárítási gyakorlatokat szisztematikusan értékelni kell, az értékelés eredményeit vissza kell csatolni a tervezésbe [10, NBSZ 4.12.1.1100].

Minden olyan személyt, aki a nukleáris létesítmény területén felügyelet nélkül tartózkodhat, általános nukleárisbaleset-elhárítási képzésben kell részesíteni, amelynek keretében megismerheti a veszélyhelyzet esetén követendő teendőket [10, NBSZ 4.12.1.1200]. Több blokkal rendelkező atomerőmű esetén a baleset-elhárítási gyakorlat során olyan helyzetek kezelését is gyakorolni kell, amikor valamennyi vagy több blokk is érintett az eseményben. A mobil eszközök telepítését és használatát is gyakorolni kell [10, NBSZ 4.12.1.1500].

Tájékoztatás követelményei. Az atomerőmű felkészült kell, hogy legyen a veszélyhelyzet során történtek, a végrehajtott intézkedések, a veszélyhelyzeti kommunikáció tartalmának rögzítésére, és jogszabályban foglaltak szerint a lakosság és a sajtó tájékoztatására [10, NBSZ 4.12.1.0900]. A lakosság hiteles és időben történő tájékoztatása érdekében a személyi, tárgyi és szervezeti feltételeket biztosítani kell (11. kép) [72, 14.§ (c)].



11. kép: Lakossági tájékoztató- és riasztó rendszer. Forrás: [saját]

A lakosság hiteles és időben történő tájékoztatása érdekében a hivatásos katasztrófavédelmi szerv központi szervével egyeztetet sajtótájékoztatót kell tartania [72 14.§ (j)]. A paksi atomerőmű jogosult az ONER-en belül önálló lakossági tájékoztatás végzésére. Az önálló lakossági tájékoztatással egyidejűleg a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság Nemzeti Veszélyhelyzet-kezelési Központ Lakossági Tájékoztatási Csoport (a továbbiakban KKB NVM LATÁCS) munkacsoportját, a megelőzés időszakában Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóságot (a továbbiakban OKF) köteles tájékoztatni [75, 7.§ 2, a 3].

Lakossági Tájékoztató Tervet kell készíteni a lakosság hiteles és időben történő tájékoztatása érdekében és a balesetelhárítási intézkedési terv részeként kell kezelni [75, 3.§(1d, 4), 4.§ (5)]. Lakossági Tájékoztató Tervnek tartalmazni kell a tájékoztatás fő területeit, együttműködés rendjét, információáramlás módját, érintett lakosság körét, nemzetközi tájékoztatás tervét [75, 4.§]. A tervekészítésre kötelezett szervnél lakossági tájékoztatási munkacsoportot kell létrehozni, aminek a feladata a Lakossági Tájékoztatási terv végrehajtása [75, 4.§(3,4)]. A lakossági tájékoztatás kapcsán úgy gondolom az erőműnek kimagasló szerepe van abban, hogy minden év végén Lakossági Tájékoztató Naptár formájában kiadja a szirénapróbák idejét és a naptár végén pedig a legfontosabb tudnivalókat, teendőket, kapcsolatokat és szirénajelzések jelentését. A naptárakat pedig eljuttatja a valamivel több, mint 30 km-es körzetben lévő településekre. A nukleáris létesítmények esetén naptári évenként a feladatok teljesítésének értékelését el kell végezni és a következő év feladatait meg kell határozni a hivatásos katasztrófavédelmi szerv központi szerve útján a kormányzati koordinációs szerv tájékoztatása mellett [72, 14.§ (f)].

Veszélyhelyzet-kezeléssel kapcsolatos követelmények

A paksi atomerőműnek felkészültnek kell lennie a nukleáris veszélyhelyzetek azonosítására és a nukleárisbaleset-elhárítási tevékenység azonnali megkezdésére. Ennek érdekében veszélyhelyzeti osztályozási rendszert kell kidolgoznia. A veszélyhelyzeti osztályozási rendszer kidolgozására vonatkozó ajánlásokat útmutató tartalmazza. Az erőműnek biztosítani kell a feltételeket a nukleárisbaleset-elhárítás szervezet tagjainak és a telephelyen kívüli szervezetek haladéktalan riasztásához. [10, NBSZ 4.12.1.0400].

A nukleárisbaleset-elhárítási tevékenység végrehajtásának a kialakult veszélyhelyzet következményeinek megszüntetésére, enyhítésére kell irányulnia. [10, NBSZ 4.12.2.0100]. Az erőmű és személyzete nukleáris veszélyhelyzetben is gondoskodik az atomerőmű irányításáról és a károk elhárításáról. A nukleárisbaleset-elhárítási tevékenységet a NBEIT-ben rögzítettek szerint kell végrehajtani. [10, NBSZ 4.12.2.0200]. Az erőmű baleset-elhárítási szervezete tevékenységét a nukleáris veszélyhelyzet kihirdetése után késlekedés nélkül megkezdi, és azt úgy szervezi és irányítja, hogy ne akadályozza, vagy veszélyeztesse a biztonsági funkciók ellátását és az atomerőművi blokk biztonságos állapotba viteléhez szükséges üzemeltetői tevékenységet. [10, NBSZ 4.12.2.0300]

Az esemény veszélyhelyzeti osztályba sorolásának azonnal maga után kell vonnia a szükséges létesítményi óvintézkedéseket. [10, NBSZ 4.12.2.0400]. A nukleáris veszélyhelyzet elhárítása során folyamatosan hasznos és konzisztens információt kell biztosítani a lakosság számára. [10, NBSZ 4.12.2.0500]. Rendkívüli esemény bekövetkezése nyomán elrendelt magasabb szintű működési állapotnak megfelelő feladatokat végre kell hajtani. [72, 14.§ (g)]. A nukleáris veszélyhelyzet vagy annak várható kifejlődése esetén – az NBEIT-ben meghatározott módon – az ONER működésében résztvevő központi szervek, az energiapolitikáért felelős miniszter, valamint veszélyeztetett területeken az ONER működtetésében részt vevő területi és helyi szervek kapcsolattartási pontjainak és vezetőinek azonnali tájékoztatása a rendkívüli eseményről. [72, 14.§ (h)]. A lakosság védelmére, védelmi intézkedési javaslat kidolgozása és átadása a védelmi bizottság elnöke részére. [72, 14.§ (i)].

A fentiek tükrében röviden bemutatom a paksi atomerőmű NBEIT-ét. Az NBEIT paksi atomerőmű területét érintő nukleáris létesítményben bekövetkező és radiológiai rendkívüli események és veszélyhelyzetek kezelésére, elhárítására és felszámolására ad útmutatást úgy, hogy az elhárítást végző személyzet részére egy a kialakult helyzetet minden tekintetben kezelő terv álljon rendelkezésre, melyet felhasználva az intézkedéseket megfelelő hatékonysággal végre tudja hajtani. A terv a nukleáris létesítményben bekövetkező és radiológiai rendkívüli esemény és veszélyhelyzet kiváltó okaként figyelembe veszi mind a belső, mind a külső okokra visszavezethető eseményeket.

Veszélyhelyzeti osztályozás

Az első és talán legfontosabb feladat a veszélyhelyzeti osztályozás. Az eseményt követően 15 percen belül el kell végezni a veszélyhelyzeti osztály meghatározását a blokk/blokkok állapota, a telephelyen belüli, illetve kívüli radiológiai jellemzők, az erőmű fizikai védelmi helyzete alapján (Veszélyhelyzeti Osztályozás meghatározása: 4.17 mellékletben a technológia állapota szerint, 4.18 mellékletben sugárzási helyzet szerint, 4.19 mellékletben fizikai védelmi, tűz vagy egyéb események szerint) [246]. Ha párhuzamosan több esemény szerint is be lehet sorolni, mindig a magasabb veszélyhelyzeti osztályt kell alkalmazni. Az összesen négy veszélyhelyzeti osztály (potenciális-, létesítményi-, helyi-, általános veszélyhelyzet) közül a legmagasabb az Általános Veszélyhelyzet (a továbbiakban ÁVH) a legalacsonyabb a Potenciális Veszélyhelyzet. A veszélyhelyzeti osztályozást minden olyan esetben el kell végezni, ha a technológia vagy a radiológiai helyzet ezt megkívánja, de legalább kétóránként. A veszélyhelyzetek osztályozását a Kritikus Biztonsági Funkció Monitorozó Rendszerben (a továbbiakban KBFMR) működő Baleseti Veszélyhelyzeti Felismerő Rendszer (a továbbiakban BVFR) jelzései, valamint a Súlyos Baleseti Mérőrendszer (a továbbiakban SBM) jelzései tudják segíteni. A Kritikus Biztonsági Funkciók (a továbbiakban KBF) monitorozásának módszerét, a jelentések rendjét és a végrehajtandó feladatokat „Az Állapot Orientált Kezelési Utasítások (a továbbiakban ÁOKU) használatának szabályai” végrehajtási utasítás tartalmazza [246].

Tervezési Zónák. Fontos beszélni még a baleseti tervezési zónákról is, amit az OBEIT [12] tartalmaz. A tervezési zónák nagyságának meghatározása függ attól, hogy a létesítmény melyik tervezési kategóriába tartozik. Ez a paksi atomerőmű esetén az I., III. és IV. veszélyhelyzeti tervezési kategóriába tartozik. A továbbiakban - az I. veszélyhelyzeti tervezési kategóriából kiindulva - az erőmű három tervezési zónát különböztet meg. A Megelőző Óvintézkedések Zónáját (a továbbiakban MÓZ), a Sürgős Óvintézkedések Zónáját (a továbbiakban SÓZ) és az Élelmiszer-fogyasztási Korlátozások Óvintézkedési Zónáját (a továbbiakban ÉÓZ). A MÓZ az erőmű körüli 3 kilométeres övezet, amelyre sürgős óvintézkedéseket előre megtervezik és azok végrehajtását ÁVH megállapítását követően azonnal elrendelik. A SÓZ az erőmű körüli 30 kilométeres övezet, amelyre a sürgős óvintézkedéseket előzetesen megtervezik. A környezeti monitorozási adatok és a létesítmény állapotának értékelése alapján elrendelt, sürgős óvintézkedések végrehajtását azonnal megkezdik a vonatkozó jogszabályokban meghatározott dózisok elkerülése céljából. Az ÉÓZ az erőmű körüli 300 kilométeres övezet, amelyen belül szükségessé válik a lakosság élelmiszer-fogyasztásának korlátozása, a mezőgazdasági termelők és az élelmiszer-feldolgozó ipar ellenőrzése, tevékenységük szerinti, szigorú rendeleti szabályozása, illetve korlátozása [246].

Riasztás rendje

A riasztással kapcsolatosan a következők a teendők. A nukleáris vagy radiológiai rendkívüli esemény vagy veszélyhelyzet kialakulását követően a valószínűsített esemény, veszélyhelyzeti osztály felmérése, besorolása után a BESZ vezetője elrendeli a riasztást. A riasztás menete függetlenül attól, hogy az ellenőrzött zónán belül vagy ellenőrzött zónán kívül az őrzött üzemi területen történik a következőképpen zajlik le. Az Erőmű Irányító Központban (a továbbiakban: EIK) tartózkodó riasztásért felelős személy az Akusztikus Tájékoztató és Riasztó Rendszer (a továbbiakban: ATRR) kezelési utasításának megfelelően beállítja a „KATASZTRÓFARIADÓ” jelét és kiadja a megfelelő zónákra (a zónák kiválasztása az alállomások kijelölésével történik) a riasztó jelet. Amennyiben a riasztás elrendelésének idején a BESZ készenlétben lévő ügyeletes a helyszínen tartózkodik, vagy a BESZ szervezete működik, úgy a riasztás végrehajtása a BESZ riasztóközpont kezelőjének a feladata. A zónákat a veszélyeztetett területeknek megfelelően kell kijelölni [246].

Az ellenőrzött zónában munkavállalók a riasztó jelzés észlelése után kötelesek a kijelölt gyülekezési helyre vonulni - amennyiben az megközelíthető - és a további utasításokat végrehajtani. Ha a gyülekezési hely nem közelíthető meg, a menekülési útvonal jelölést követve a vészkijáratokhoz kell menniük és a riasztórendszeren keresztül kapott utasítások szerint kell eljárniuk. Az Ügyeletes Mérnök (a továbbiakban ÜM), vagy az EIK szolgálatvivő a riasztórendszer hangosan beszélő üzemmódjában szóbeli közléssel meghatározza a veszély jellegét és utasításokkal is irányítja az ellenőrzött zónában tartózkodókat. Az ellenőrzött zónán kívüli őrzött üzemi területen a riasztás észlelése esetén mindenki köteles az általa végzett tevékenységet az általános munka- és tűzvédelmi követelményeket figyelembe véve haladéktalanul befejezni és lehetőség szerint a gyülekezési helyekre menni. Az épületen belül tartózkodók kötelesek az elzárkózást végrehajtani, a szabad területen tartózkodók kötelesek azonnal az állandó munkahelyükre menni és ugyancsak elzárkózni, amennyiben más utasítás nem hangzik el a riasztórendszeren. Amennyiben a területen a mozgást nem teszik lehetővé, a legközelebbi elzárkózásra alkalmas épületbe kell menni és várni a további utasítást. Az esetleges látogató csoportok vagy egyéb okból a területen tartózkodó külsős vendégek a kísérő erőműves munkavállaló utasításai szerint kell, hogy tevékenykedjenek. Amennyiben lehetséges azonnal el kell hagyniuk a területet, amennyiben nem a legközelebbi elzárkózásra alkalmas épületbe kell vonulniuk és meg kell várniuk a kimenekítést. A riasztó rendszeren elhangzó utasításokat minden esetben végre kell hajtani [246]. Egyéb területek riasztása – paksi atomerőmű tulajdonában lévő, de nem őrzött üzemi területek - is szükséges. Ezekben a területeken az ATRR riasztójelzése nem feltétlen hallható, ezért a riasztást telefonon vagy gépkocsis hívóval kell végrehajtani.

Véleményem szerint az ilyen helyeket mindenképp célszerű felderíteni és az ATRR kihangosítást megoldani, akár fényjelzéssel kiegészíteni – azok kedvéért, akik esetleg zajos munka miatt hallásvédőt alkalmaznak -, ami felhívja a figyelmet az ATRR-en keresztüli információk közlésére. Az alkalmazott riasztójelzések lehetnek szöveges közlemények vagy a „KATASZTRÓFARIADÓ” vagy „VESZÉLY ELMÚLT” riasztó jelzés.

A BESZ részleges, vagy teljes riasztását a BESZ vezető utasítására hajtják végre. Minden esetben elsőként a készenléteket kell riasztani, a riasztást az Automata hívórendszer előre tárolt csoportjára kiadott közleménnyel, üzemképtelensége esetén telefonon, a BESZ riasztási névjegyzéke alapján kell végrehajtani. Amennyiben a riasztó rendszerek közül egyik sem működik, a riasztást futár útján kell végrehajtani. A riasztást az alábbi sorrendben és eszközökkel kell végrehajtani (11. táblázat):

Sorrend	Teljes vagy részleges csoportos riasztás	Egyéni riasztás
1.	„Automata hívórendszer”-en közleménnyel	mobiltelefonon szövegesen
2.	„Pannon Futár”-on keresztül kiadott SMS	vonalas telefonon szövegesen
3.	mobiltelefonon szövegesen	„Automata hívórendszer”-en közleménnyel
4.	vonalas telefonon szövegesen	„Pannon Futár”-on keresztül kiadott SMS
5.	riasztás futár útján	riasztás futár útján

11. táblázat: Teljes vagy részleges csoportos és egyéni riasztás sorrendje.

Készítette a szerző, forrás [246].

Itt jegyezném meg, hogy a közelmúltban végrehajtott fejlesztés, miszerint az Automata Hívórendszer és Pannon Futár rögtön át tudja venni a készenléteket a munkaidő nyilvánartó rendszerből, nagyban megkönnyíti a riasztást végző feladatát, mert nem kell neki a személyeket, csoportokat külön kijelölni. A külső együttműködők riasztását a működési állapot és a veszélyhelyzeti tervezési kategóriák alapján a következő külső szervezeteket kell riasztani (12. táblázat):

Sorrend	I. VTK.		III. VTK.	IV. VTK.
	készenléti	veszélyhelyzeti	veszélyhelyzeti	veszélyhelyzeti
1.	ONER RIÉÜ	ONER RIÉÜ	ONER RIÉÜ	ONER RIÉÜ
2.	OAH KÜGY	OAH KÜGY	OAH KÜGY	OAH KÜGY
3.	–	BKVM VB	TVM VB	TI VB
4.	–	FVM VB	MVM Zrt. REVIR KDSZ	MVM Zrt. REVIR KDSZ
5.	–	TVM VB	–	–
6.	–	MVM Zrt. REVIR KDSZ	–	–

12. táblázat: Külső együttműködők riasztása a működési állapot és a veszélyhelyzeti kategória szerint. Készítette a szerző, forrás [246].

Megjegyzés: ONER RIÉÜ – ONER Riasztási és Értesítési Ügylet; OAH KÜGY – OAH Készenléti Ügylet; BKVM VB – Bács-Kiskun Vármegyei Védelmi Bizottság; FVM VB – Fejér Vármegyei Védelmi Bizottság; TVM VB – Tona Vármegyei Védelmi Bizottság; MVM Zrt. REVIR KDSZ - Magyar Villamos Művek Zártkörűen Működő Részvénytársaság Rendkívüli Események Vezető Információs Rendszere Központi Diszpécser Szolgálat; TI VB – Területileg Illetékes Védelmi Bizottság

Ebben szerintem nagy segítséget tudna nyújtani az általam javasolt, későbbiekben ismertetésre kerülő komplex döntéstámogató rendszer, ami a riasztásban és az információáramlásban is segítséget tudna nyújtani. A külső riasztást a készenléti működésére vonatkozó kritériumok fennállása, vagy veszély-helyzet észlelése után 30 percen belül telefonon keresztül végre kell hajtani. A riasztást a Belügyminisztérium levelezőrendszerén keresztül, a Marathon Terra rendszeren vagy faxon, a veszélyhelyzet bekövetkezése után, legkésőbb egy órán belül, a riasztási pontokon rendelkezésre álló formanyomtatványon kell megerősíteni. A közleménynek a megerősítésen kívül tartalmaznia kell a baleset körülményeiről rendelkezésre álló rövid információkat is. A riasztásnak a legszükségesebb információkat kell tartalmaznia: esemény helye, jellege, időpontja, veszélyhelyzeti osztály megnevezése. Ez automatizmussal is működhetne, ami sokkal gyorsabb és csak az ellenőrzésre kellene hangsúlyt fektetni. Sőt elektronikus aláírással, akár több eszközre párhuzamosan is ki lehetne küldeni. A részletes információkat a működésük megkezdése után kapják meg a riasztottak. A riasztásra kijelölt szervezetek aktuális telefonszámait külön kell nyilvántartani és azt a VVP-n és a TVP-n kell tárolni. A tűzoltóság együttműködésbe bevont külső megsegítő erőinek riasztása a Műveléttirányító Tervadatlap alapján a Tolna Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság (a továbbiakban: TMKI) központi ügyeletén keresztül történik [246].

A lakossági riasztásra vonatkozóan a BESZ vezetője saját hatáskörben nem intézkedhet. A lakosság riasztása az erőmű 30 km-es körzetében telepített Lakossági Tájékoztató és Riasztó Rendszer (a továbbiakban LTRR) akusztikus szirénáival hajtható végre. A szirénákat központilag lehet vezérelni. A rendszer akusztikus szirénái szektoronként (16 szektor, az 1. szektor középpontja az északi irány, az óramutató járásával megegyező irányban növekvő számozás), zónánként (3, 9, 30 kilométer), településenként, vagy akusztikus szirénánként bármely variációban elindítható. A szirénák indítási helyei: VVP mobil indító pont, EIK, TVMKI központi ügyelete (Szekszárd), BM OKF központi ügyelete (Budapest). A sziréna rendszeren kiadható jelzések: katasztrófariadó, légi veszély, veszély elmúlt, csökkentett üzemű (morgató) próba, előre tárolt szöveges közlemények és élőbeszéd, akusztikus próba (csöndes teszt) [246].

Amennyiben a BESZ vezetője úgy ítéli meg a veszélyhelyzetet, hogy annak kifejlődése és lefolyása rendkívül gyors lesz, az országos védekezés irányításáért felelős szervezet útján – az idő rövidege folytán – amennyiben a SÓZ-ban élő lakosság védelmét szolgáló intézkedések késedelmet szenvednének, kötelees intézkedési javaslatát (lakosság riasztása és védőintézkedések) az érintett települések polgármesterei, vagy a vármegyei VB-k elnökei felé megtenni. A lakossági védőintézkedés ajánlás készítésekor nemleges eredmény esetén is kötelees az erőmű a tájékoztatást megtenni az érintettek felé. A vármegyei VB elnökök és az érintett települések polgármestereinek elérhetőségét biztosító telefonszámokat belső szabályozás tartalmazza [246].

Kapcsolattartás

A rendkívüli eseményekkel kapcsolatos és veszélyhelyzetben történő, a lakosság és a média felé irányuló tájékoztatási tevékenységet az érvényben lévő jogszabályi háttér alapján kell elvégezni úgy, hogy a fegyelem és a közrend fenntartása, illetve az óvintézkedések sikeres és gyors megvalósíthatósága biztosított legyen. A tájékoztatással kapcsolatos feladatokat az ÁVIT Lakossági Tájékoztatási Tervben (a továbbiakban: LTT) foglaltaknak megfelelően kell végrehajtani. Rendkívüli eseményeknél, vagy veszélyhelyzetben, vagy annak várható kifejlődése esetén a BESZ Tájékoztatási szervezetének munkaterülete a VVP vagy a TVP, amely rendelkezik a lakossági- és médiakapcsolatok ellátásához szükséges műszaki és hírközlési eszközökkel. A VVP-n tilos a média fogadása, erre a célra a veszélyhelyzet által érintett területen kívüli helyszínt kell kijelölni. A Tájékoztatási szervezet vezetője az információkat a BESZ vezetőjétől kapja. További, a munkáját segítő információk és adatok beszerzése érdekében fordulhat a BESZ jelenlévő szakembereihez, de ezek felhasználását egyeztetnie kell a BESZ vezetőjével [246].

A BESZ Tájékoztatási szervezet vezetője (a létesítményi Lakosság Tájékoztatási Csoport (a továbbiakban LATÁCS) vezetője is egyben) az összesített és egyeztetett információk alapján sajtóközleményeket fogalmaz meg, amelyek alapját képezik a későbbi sajtótájékoztatóknak. A közlemények nyelvezete és legfontosabb tartalmi sajátosságai meg kell, hogy feleljenek a részvénytársaságnál a lakosság és média tájékoztatásánál alkalmazott gyakorlattal. A BESZ vezetőjével történő egyeztetés után a közleményeket tájékoztatásul meg kell küldeni a vármegyei és az országos LATÁCS-ok részére. A paksi atomerőmű. az LTT-ben foglaltak szerint önállóan tájékoztatja a lakosságot, az országos LATÁCS megalakulásáig. Az országos LATÁCS megalakulása után is tovább kell folytatni a tájékoztatást, de a kiadott közleményeket a vármegyei és országos LATÁCS-ok részére meg kell küldeni. A kiadott közleményeket meg kell küldeni a kormányzati koordinációs szerv operatív munkaszerve részére. A LATÁCS-ok megalakulását követően és azt megelőzően is, a tájékoztatásnak a lehető legrövidebb időn belül meg kell történnie a fentiek szerint [246].

Gyors lefutású események során, az országos és területi védekezés irányításáért felelős szervezetek megalakulásáig, a paksi atomerőmű a tájékoztatáson túlmenően – „Pannon Futár” szolgáltatás segítségével – köteles a lakosság védelmében az általa szükségesnek ítélt intézkedésekre is javaslatot tenni a környező települések polgármesterei és a megyei VB-k elnökei részére a kialakult sugárzási helyzet alapján. Általános veszélyhelyzet kihirdetését követően a lakossági védőintézkedés ajánlást a technológiai kezdeti eseménynek megfelelően a csóvairány szerinti szélsébség alapján is meg kell határozni.

A polgármesteri csoportba tartozók kijelölése a kialakult helyzet függvényében változhat. Az ilyen tevékenység során használatos üzenetek többször ismételhetők a kialakult helyzettől függően, tartalmuk azonban nem lehet pánikkeltő, és nem térhet el a sajtóközleményekben foglalt jelentősebb ismérvektől és tényektől [246].

A külső együttműködőkkel – OAH, BM OKF, vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság (a továbbiakban KI), VB-k, honvédség, tűzoltóság, Terror Elhárítási Központ (a továbbiakban TEK), rendőrség, polgármesterek – történő kapcsolattartás a rendelkezésre álló híradó és informatikai eszközökön keresztül történik meg. Amennyiben az informatikai adattovábbítás nem működik, a tájékoztatáshoz szükséges adatokat nyomtatott formában faxon kell továbbítani az együttműködők felé. Amennyiben az együttműködők a létesítmény területén beavatkozást végeznek, el kell látni őket megfelelő hírközlő eszközökkel, melyek biztosítják a paksi atomerőmű saját hírközlő rendszerein keresztül a forgalmazást. Az ONER szerveivel a kapcsolattartás alapvető csatornáit a telefon és a „Marathon Terra”. Az elsődleges kommunikációs eszközök mellett további kommunikációs megoldások is rendelkezésre állnak pl. az EDR, videokonferencia. Amennyiben lehetséges – a riasztások, értesítések, Helyzetismertetők és Technológiai Tájékoztatók (a továbbiakban HITT), sajtóközlemények gyors továbbításának érdekében – elsődlegesen a Marathon Terra rendszert kell alkalmazni, de az OAH felé FAX-on az eredeti aláírt dokumentumokat is továbbítani kell. A HITT-eket készenléti és veszélyhelyzeti működési állapotban, legalább 2 óránként az alábbi kapcsolattartási pontokra kell eljuttatni:

Sorrend	készenléti	I. VTK.	III. VTK.	IV. VTK.
		veszélyhelyzeti	veszélyhelyzeti	veszélyhelyzeti
1.	ONER RIÉÜ	ONER RIÉÜ	ONER RIÉÜ	ONER RIÉÜ
2.	OAH KÜGY	OAH KÜGY	OAH KÜGY	OAH KÜGY
3.	–	BKVM VB	TVM VB	TI VB
4.	–	FVM VB	MVM Zrt. REVIR KDSZ	MVM Zrt. REVIR KDSZ
5.	–	TVM VB	–	–
6.	–	MVM Zrt. REVIR KDSZ	–	–

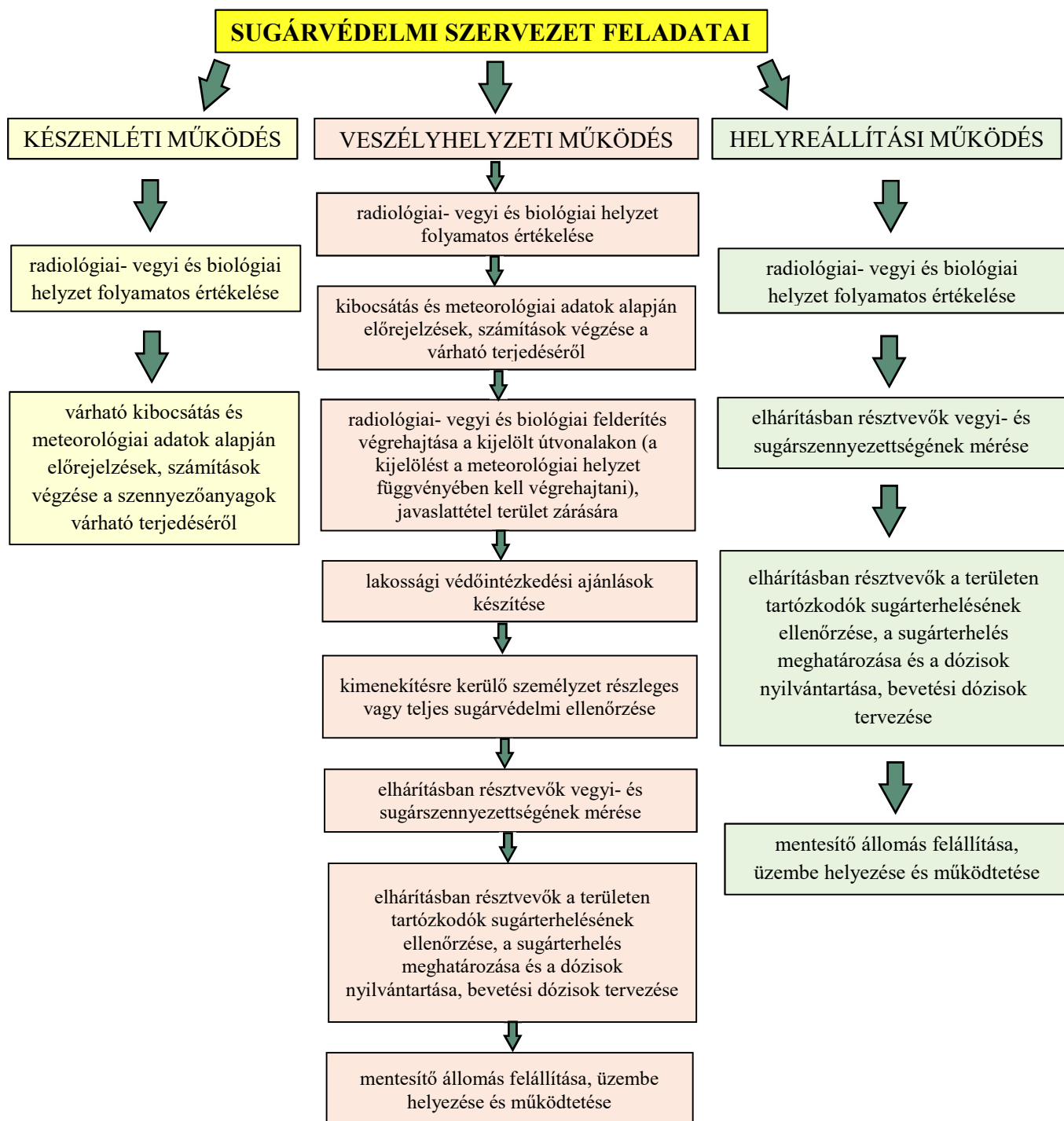
13. táblázat: A HITT elküldésének rendje. Készítette a szerző, forrás [246].

Megjegyzés: ONER RIÉÜ – ONER Riasztási és Értesítési Ügyelet; OAH KÜGY – OAH Készenléti Ügyletes; BKVM VB – Bács-Kiskun Vármegyei Védelmi Bizottság; FVM VB – Fejér Vármegyei Védelmi Bizottság; TVM VB – Tona Vármegyei Védelmi Bizottság; MVM Zrt. REVIR KDSZ - Magyar Villamos Művek Zártkörűen Működő Részvénytársaság Rendkívüli Események Vezető Információs Rendszere Központi Diszpécser Szolgálat; TI VB – Területileg Illetékes Védelmi Bizottság

A paksi atomerőmű ezeken kívül vállalta, hogy a Nukleáris Üzemeltetők Világszövetség Párizsi központja (World Association of Nuclear Operators Paris Centre - WANO PC) felé az együttműködési megállapodásában rögzítettek szerint az erőmű telephelyén kialakult veszélyhelyzetekre vonatkozó tájékoztatást formalapok kitöltésével, illetve elküldésével végrehajtja.

2.3 Sugárvédelmi vonatkozású feladatok

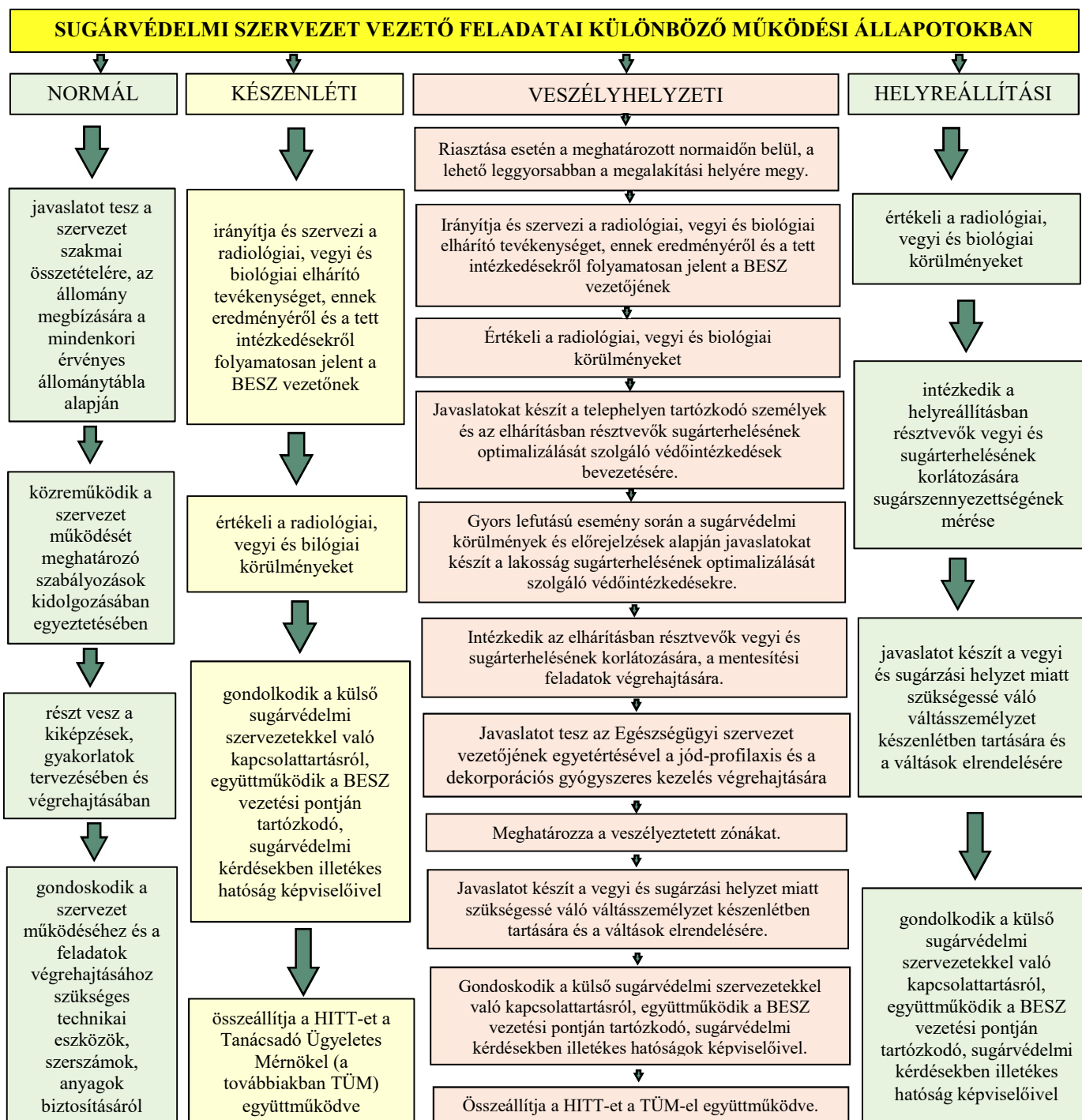
A sugárvédelmi szervezet a rendkívüli eseménynél és veszélyhelyzetben a kialakult helyzet értékelését végzi és biztosítja a BESZ radiológiai-, vegyi- és biológiai felderítő és ellenőrző tevékenységét, szervezi és irányítja a mentési feladatokat (23. ábra) [246].



23. ábra. Sugárvédelmi szervezet feladatai a különböző működési állapotokban.

Készítette a szerző, forrás [246].

A BESZ Sugárvédelmi szervezet vezetését a társaság sugárvédelemért felelős szervezetének vezetője látja el. A Sugárvédelmi szervezet vezetését a sugárvédelemért felelős szervezet vezetői készenlétese látja el mindaddig, amíg a szervezet vezetője be nem érkezik a paksi atomerőmű területére és át nem veszi tőle a szervezet irányítását (24. ábra) [246].



24. ábra. Sugárvédelmi szervezet vezetőjének feladatai különböző működési állapotokban.

Készítette a szerző, forrás [246].

Sugárhelyzet-értékelés. Nukleáris, vagy radiológiai veszélyhelyzet esetén az erőműben dolgozók, az elhárításban részt vevők, továbbá a lakosság fokozott külső és belső sugárterhelésnek lehetnek kitéve. A sugárzási helyzet jellemzőinek meghatározásához az alábbi információ-források jöhetnek szóba:

1. Az esemény jellege, jellemzői (a blokk/blokkok üzemállapota, a védelmi rendszerek működése, technológiai állapot jellemzők, szuperonálódó események stb.).
2. A sugárvédelmi ellenőrző rendszerek jelzései (MT- és KK rendszer detektorai, kibocsátás ellenőrző rendszerek, ezen belül is kiemelt fontosságú: a hermetikus téri baleseti dózisteljesítmény mérések, helyiség dózisteljesítmény- és levegő aktivitáskoncentráció mérések; udvartéri dózisteljesítmény mérések - a meteorológiai torony/SODAR mérései, légnemű és folyékony kibocsátások mérései, környezeti távmérőállomások dózisteljesítmény- és jód aktivitáskoncentráció mérései, laboratóriumi mintavételes vizsgálatok eredményei, a sugárvédelmi mérőkocsi mérései, a BESZ szervezet sugárfelderítő rajainak mérései és az óvóhelyeken telepített sugárvédelmi mérőrendszerek adatai) [246].

Mért adatok mellett vagy hiányában a rendelkezésre álló bármilyen információból az előzetes elemzések alapján felállított baleseti szituációk (szcenáriók) segítségével becsült sugárzási jellemzőket kell figyelembe venni. A távmérőrendszerek megjelenítésében a SER SCADA megjelenítő és adatgyűjtő rendszerek nyújtanak segítséget. Az itt összegyűjtött technológia és sugárzási adatok, valamint a meteorológiai paraméterek képezik a sugárhelyzet értékelő csoport számára az alapvető információkat. A VVP is rendelkezik SER SCADA megjelenítő állomásokkal, mely funkcióját és szolgáltatásait tekintve megegyeznek a vezénnyőben található megjelenítővel, így ide is hiánytalanul eljutnak a technológiai és dozimetriai információk. A TVP-én is - ugyan más technikai háttérrel -, de ugyancsak rendelkezésre állnak ezen információk. A sugárhelyzet értékelő csoport feladata a VVP-n, TVP kialakított munkahelyen sorrendben az alábbiak:

1. A pillanatnyi és várható radioaktív kibocsátások lehetséges útvonalainak, helyének, mértékének és izotóp-összetételének pillanatnyi és várható alakulásának becslése, illetve nyomon követése.
2. Az üzemi terület veszély-zónáinak meghatározása, a dózisviszonyok becslése a szóba jöhető menekülési útvonalak környékén.
3. Terjedési és sugárterhelési számítások alapján a lakossági dózisok becslése. Számítások végzése az erőmű körüli 3 km sugarú körre és a távmérő állomások helyére, s ez utóbbiak összevetése a közvetlenül mért megfelelő adatokkal.
4. A HITT adatlapok ide vonatkozó rovatainak kitöltése [246].

A sugárhelyzet értékelő csoport a BESZ Sugárvédelmi vezetőjétől kapja feladatait, és ugyanezen irányba adja vissza az eredményeket. Az adatok szolgáltatása részben a HITT adatlapokon, a SER SCADA-ból nyert adatok közvetlen átadása útján történik. A feladatok torlódása esetén a rangsorolást a rendelkezésre álló humán és számítógépes kapacitás függvényében a sugárvédelmi vezető dönti el. Szükség esetén – amikor a Sugárhelyzet értékelő csoport még nem kezdte meg működését – a SER SCADA-ban folyamatosan futó terjedésszámítási program is szolgáltat adatokat a környezet sugárterhelésére vonatkozóan vagy használható még az úgynevezett egyszerűsített TREX (TRansport Exchange) terjedés számító szoftver, ami a VVP-én illetve TVP-én futó TREX program egyszerűsített változata. Lehetőséggént szerepel még a lakossági ajánlások megalapozására excel alapú táblázat és a papíralapú táblázatokon alapuló besorolás is [246].

Sugárvédelmi- vegyi és biológiai felderítés eszközeinek biztosítása. A BESZ részére, rendkívüli esemény és veszélyhelyzetben igénybe vehető felderítő- és mérőeszközökről, illetve azok tárolási helyéről a VVP-n és a TVP-n nyilvántartást kell vezetni. Rendkívüli eseményeknél és veszélyhelyzetben a sugárvédelmi ellenőrzés a normálüzemi körülmények között is alkalmazott telepített mérőrendszerekkel, laboratóriumi mérőeszközökkel, kézi műszerekkel, doziméterekkel, illetve mobil mérő- és mintavevő eszközök felhasználásával történik. A sugárvédelmi ellenőrzés hordozható kézi mérőeszközei a felületiszennyezettség-mérő, gamma-dózisteljesítménymérő, neutron-dózisteljesítménymérő. A személyi dozimetriai ellenőrzés szempontjából a BESZ szervezet számára elegendő elektronikus személyi dózismérő és TLD áll rendelkezésre, illetve szükség esetén félvezető detektoros egésztest számláló. Rendkívüli eseményeknél és veszélyhelyzetben a KIL és KEL mérőrendszerei is rendelkezésre állnak, ami magába foglalja a telepített és hordozható gamma-spektrometriai mérőrendszereket, folyadékszcintillációs spektrométereket, összes-béta mérőegységeket, TL dózismérőket, sugárvédelmi mérőkocsit és a baleset-elhárítás szervezet kötelékébe tartozó sugárnyékolt autót is. A telepített sugárvédelmi mérőrendszerek leírását, a mérések számát, helyét és jellemzőit a vonatkozó kezelési utasítások részletesen tartalmazzák, aminek egy példányát a VVP-n és a TVP-n kell tárolni. A BESZ biológiai és vegyi felderítő és mérőeszközeinek beszerzése, az eszközök üzemeltetése, hitelesítése a társaság baleset-elhárítási felkészülésért felelős szervezeti egységének a feladata. A biológiai felderítés végrehajtásához rendelkezésre áll speciális szimuláns, ami az 5 leggyakrabban alkalmazott kórokozó előzetes kimutatására képes: Antrax, Botulin, Ricin toxin, SEB toxin és Yersinia pestis. Az életvédelmi létesítményekben telepített gázanalizátorok, mobil gázkoncentráció-mérő eszközök és különböző veszélyes vegyi anyagok kimutatására alkalmas eszközök (indikátorcsövek) állnak rendelkezésre [246].

Radiológiai-, Biológiai-, és Vegyi felderítés. A Radiológiai-, Biológiai-, és Vegyi felderítés (a továbbiakban RBV) csoporton belül foglal helyet a sugárszennyezettség-mérő részleg, illetve a három sugárfelderítő rajt magában foglaló sugárfelderítő részleg. A részlegek az aktuális helyzetnek megfelelően végzik munkájukat. A sugárszennyezettség mérő részleg feladatai közé tartozik az erőmű területét elhagyó emberek, járművek és egyéb felszerelések sugárszennyezettség felmérése és mentesítés esetén annak visszaellenőrzése. A sugárvédelmi felderítő rajok munkája komplexebb, hiszen ők nemcsak a sugárvédelmi vonatkozású felméréseket végzik, de szükség esetén a biológiai és vegyi felderítést is. Az egyik raj munkáját segíti a sugárvédelmi mérőautó, ami felszereltségének köszönhetően a helyszínen tud méréseket végezni vagy esetlegesen mintát venni. A fent nevezett részlegek eszköz biztosítását segíti a sugárvédelmi eszközök-biztosító részleg [246]. Az RBV feladatokhoz kapcsolódóan előadásaimban és cikkeimben is többször beszámoltam szerzőtársaim segítségével [292, 293, 294]. A felderítés során használt eszközökből látható néhány a következő (12. képen).



12. kép: Néhány felderítés során használt eszköz. Forrás [saját].

Mentesítő részlegek. A sugármentesítést a BESZ Sugárvédelmi szervezet rendeli el, illetve mérésekkel ellenőrzi a sugármentesítés megfelelőségét. Nukleáris, vagy radiológiai veszélyhelyzetben személyek, tárgyak, épületek és eszközök sugármentesítése egyaránt szükségessé válhat. A felkészülés időszakában biztosítani kell a beavatkozó állomány részére az önmentesítés végrehajtásához a szükséges eszközöket. A személyek esetében alkalmazott sugármentesítés helyéről és módszeréről a BESZ Sugárvédelmi szervezet dönt. Az ellenőrzött zónában a szennyeződött személyek sugármentesítése az ellenőrzött zónai állandó egészségügyi zsilipeknél lévő zuhanyzóban, vagy az ellenőrzött zóna határán kialakított központi egészségügyi zsilipben is végrehajtható, amennyiben ezt a körülmények lehetővé teszik. Az ellenőrzött zóna mentesítő helyeinek használhatatlanná válása esetén a mentesítést az ellenőrzött zónán kívül kell végrehajtani [246].

Az erőmű az Emergency Response Decontamination Unit (a továbbiakban ERDU), Cupola Decon 5/2 és Cupola Decon 5 mentesítő állomásokkal rendelkezik (13. kép), amik alkalmasak nukleáris, vegyi és biológiai szennyeződések esetén a szennyezett személyek mentésére védőruhában, vagy a szennyezett személyek testfelületének mentésére, járóképes és sérült állapotban is. Az ERDU mentesítő állomás alapját egy vontatható utánfutó alvázra épített kabin adja még a másik kettő esetén felfújható sátrak, melyek utánfutóba málázhatók [246].



13. kép: Az atomerőmű mentesítő állomásai, szerkesztette a szerző. Forrás[saját].

Vontatása az ERDU-nak egy kisteherautóval, vagy nehézgépjárművel megoldható a másik két esetben az utánfutó terepjáróval vontatható. A helyszínre érkezés után gyorsan (fél órán belül) beüzemelhető. A rendszerhez tartoznak védőruhák és egyéni légzésvédők az üzemeltető személyzet védelmére, illetve önmentéshez szükséges eszközökkel. A helyszíni munkák biztosítását helyszín megvilágító lámpák és hangosan beszélők segítik. A kiegészítő eszközök száma és típusa az igényeknek megfelelően változtathatók, kiegészíthetők. A mentéshez szükséges vizet biztosíthatjuk a felfújható víztartályból, illetve tartálykocsiból, vagy a vízhálózatról. A sátrak és az utánfutó fűthetők, így biztosíthatók a munkafeltételek különböző időjárási viszonyok között is. A keletkezett hulladékvizeket a rendszerhez tartozó zárt, 2 m³-es mobil tartályokba kell összegyűjteni és a tartályok tartalmát a mintavételezés és mérés eredménye alapján az érvényes előírások szerint kell kezelni. A rendszereket ki lehet egészíteni robbanó-motoros magasnyomású mosóberendezésekkel, melyekkel tárgyak és gépjárművek mentesíthetők. Az ERDU mentesítő állomás mentesítési kapacitása hordágyon 20-24 fő/óra, járóképesen 24–120 fő/óra, a Cupola Decon 5/2 esetén a mentesítési kapacitása 48–80 fő/óra és a Cupola Decon 5 esetén 50–100 fő/óra; 2–3 tehergépjármű/óra; 3–4 személygépjármű/óra [246].

A mentesítő anyagok beszerzése a társaság vegyészeti feladatokért felelős szervezeti egységének feladata, a baleset-elhárítási felkészülésért felelős szervezettel egyeztetve. A mentesítő anyagokból a mentesítő állomással együtt kell tárolni a megfelelő mennyiséget és ezekről az anyagokról nyilvántartást kell vezetni és azt a VVP-n és a TVP-n kell tárolni. A sérültek sugármentesítésére csak az elsősegélynyújtást, az életveszély elhárítását követően kerülhet sor. A szennyezett ruházat cseréjét, a könnyen eltávolítható bőrszennyeződések lemosását, ha a sérülések súlyossága megengedi, célszerű a helyszínen elvégezni. A sebek, sérült bőrfelület sugármentesítését a megyei kórházában kórházi szakellátás keretében, vagy a sugársérültek ellátására kijelölt más egészségügyi intézményeknél, a megfelelő szakértelem és műszerezettség birtokában kell végrehajtani [246].

A nukleárisbaleset-elhárításban résztvevők védelme. A veszélyhelyzet elhárításába alapvetően a veszélyhelyzet jellegének és kiterjedésének megfelelő nagyságú erőket kell bevonni. Az elhárításba bevont erők tagja minden esetben a váltóműszakos operatív személyzet és a BESZ kijelölt alegységei. Ezekon kívül az elhárításba bárki bevonható az erőmű munkavállalói közül [246].

Azoknál az eseményeknél, melyekre forgatókönyv nem került kidolgozásra a BESZ vezető saját hatáskörben határozza meg az elhárításhoz szükséges külső megsegítő erők körét és ennek megfelelően kezdeményezi azok bevonását. A nukleárisbaleset-elhárítás elsődleges célja, hogy a lakosság egyedeit a baleset következtében érő sugárterhelés értékét a determinisztikus következményekkel kapcsolatos küszöbértékeket az általános kritériumokban meghatározottak alatt, az elhárításban résztvevők esetén is a még ésszerűen elfogadható szint alatt tartsa, illetve a küszöb alatti dózisokat is a célszerűen elérhető minimumra csökkentse. Ezen ajánlott szintek alatt természetesen az adott tevékenység jellegétől és indokoltságától függően további ún. visszahívási szintek (turn back dose) lépnek életbe. A nukleáris veszélyhelyzet elhárítása érdekében végzett önkéntességi nyilatkozatban megállapított veszélyhelyzeti effektív dózisok maximumai a következők:

1. Életmentéshez kapcsolódó feladatok esetén: 250 mSv effektív dózis
2. Lakosság jelentős sugárterhelésének megakadályozásához kapcsolódó feladatok esetén: 100 mSv effektív dózis
3. A veszélyhelyzet következményeinek elhárításához kapcsolódó feladatok esetén: 50 mSv effektív dózis [246].

Nukleáris, vagy radiológiai veszélyhelyzet esetén az elhárításban résztvevők fokozott külső és belső sugárterhelésnek lehetnek kitéve. Sugárterhelésük függ a tevékenységi hely sugárzási jellemzőitől (dózteljesítmény, levegő aktivitáskoncentráció, felületi szennyezettség), illetve az alkalmazott védőeszközöktől, valamint a sugárzási térben való tartózkodási időtartamtól. A sugárterhelés meghatározására, ellenőrzésére – figyelembe véve az ellenőrzött zónában, illetve a környezetben végzett mérések alapján rendelkezésre álló információkat – az alábbi lehetőségek adódnak:

Külső sugárterhelés:

- a) A dózteljesítmény mérő szondák (munkahelyi és környezeti mérőműszerek) jelzéséből és a tartózkodási időtartamból számítással.
- b) A felületi szennyezettség mérők (kéz-szennyezettség, sugárkapuk stb.) jelzéséből számítással.
- c) Személyi (külső) dózismérő eszközökkel közvetlenül.

Belső sugárterhelés:

- a) A tartózkodási terület levegő-szennyezettségéből (SER mérések, laboratóriumi mintamérések, környezeti jód-koncentráció mérések), a tartózkodási idő és egyéb paraméterek alapján számítással.
- b) Pajzsmirigy, tüdőtraktus, egésztest mérésekből számítással.

A veszélyhelyzet elhárításban résztvevőket elektronikus, vagy passzív (TLD) doziméterekkel kell ellátni. A dozimétereket a baleseti védőkészletekben az üzemi területen, a VVP-n és a TVP-n kell tárolni. Az elektronikus dózismérők kiadása ebben az esetben hordozható számítógép segítségével személyre szólóan történik a kezelő által beállított értékek alapján. A dózismérőkből csak a BESZ szervezetébe beosztott, illetve az elhárításban részt vevő dolgozók kaphatnak. A dózismérők kiosztását, beszedését, a dózisok nyilvántartását a VVP-n, TVP-n az óvóhelyeken, illetve az egyéb helyeken (pl. porták) a BESZ sugárvédelmi eszközbiztosító részleg végzi. Elhúzódó esemény során, csak akkor lehet egy adott személyt veszélyelhárítás céljára igénybe venni, amennyiben még van dózis tartaléka. Azon személyeket, akik nem szükségesek a veszély-elhárítási tevékenység során, a lehető legrövidebb időn belül ki kell menekíteni a területről. A sugárterhelésük meghatározását dózteljesítmény mérések alapján becsléssel végezzük, ugyanis a személyzet többsége nem sugárveszélyes munkakörben alkalmazott dolgozó, így dozimétere sincs. Azon személyek, akik a veszélyhelyzet kialakulásakor passzív (TLD) dozimétert viseltek, ezt a dozimétert a kimenekítés során is maguknál tartják. Ezeket később a Nemzeti Népegészségügyi Központban (a továbbiakban NNK) ki lehet értékelteni [246].

Belső sugárterhelésük megállapítására a gyülekezési helyen lévő dolgozókból, a mentesítő részlegeknek, szűrőpróbaszerűen kell kiválasztani a mérendő személyeket. Ezek számát a rendelkezésre álló idő függvényében a csoport vezetője határozza meg. A felületi szennyezettség ellenőrzése során elsősorban a haj felületi szennyezettségét kell mérni, mivel az viszonylag nagy fennakadási tényezővel rendelkezik. A mért adatokat el kell juttatni a VVP-re, vagy a TVP-re ahol az adatok kiértékelését a Sugárhelyzet értékelő részleg végzi el. A belső sugárterhelés pontos ellenőrzését a veszélyhelyzet elhárítását követően kell elvégezni. Az orvosi rendelőben lévő egészségtest számláló helyiség szennyezettségi viszonyainak felmérését követően kell dönteni a mérőberendezés használatáról. A dolgozókat a Személyi Dozimetriai Laboratórium kiértékelésére és néhány hét alatt el kell végezni a teljes személyzet mérését. Amennyiben a mérőrendszer nem használható, vagy a mérendő személyek létszáma indokolja, akkor a méréseket szükség esetén az NNK-ban, vagy a kijelölt intézményekben kell elvégezni. A védekezésben résztvevő erőknél gondoskodni kell mind a külső, mind a belső sugárterhelés elleni védekezésről. A külső sugárterhelés esetében elsősorban a sugárzástól való távolság, illetve a rendelkezésre álló védelmi árnyékolások felhasználása eredményezheti a dózis csökkentését [246].

A belső sugárterhelés ellen a radionuklidoknak a szervezetbe történő bejutása megakadályozásával, illetve csökkentésével lehet eredményesen védekezni. Gázálarc, illetve autonóm levegőellátást biztosító palackok használatával a belégzésből származó sugárterhelést minimalizálni lehet. Megfelelő, könnyen mentesíthető védőruhák alkalmazása elsősorban a radioaktív szennyeződés továbbterjedésének megakadályozásában bír nagy jelentőséggel. A szennyezett területen dolgozóknak be kell tartaniuk az általános sugárvédelmi rendszabályokat. Ez egyben azt is feltételezi, hogy a védekezésben résztvevő erőknek a szükséges sugárvédelmi alapismeretekkel rendelkezniük kell. A veszélyelhárításban résztvevők sugárterhelésének rögzítésére és egészségügyi státuszának nyomon követésére nyilvántartást kell vezetni. Célszerű központosított egészségügyi ellátás, vagy legalábbis a központosított nyilvántartás vezetése. Ezt legalább azok esetében kell megvalósítani, akik esetén nem zárható ki, hogy a veszélyhelyzet-elhárítási tevékenységük során a szervezetüket ért sugárterhelések összege meghaladja 100 mSv effektív dózist. Epidemiológiai és egyéb megfontolásokból célszerű ezt a kört a védekezés összes résztvevőjére kiterjeszteni. Vonatkozik ez a doziméterrel esetleg el nem látott azon dolgozókra is, akiknek a sugárterhelése a dózis-rekonstrukció során megállapítást nyert. A nyilvántartásnak a dozimetriai feljegyzéseken kívül (külső, belső dózis, a besugárzásra vonatkozó egyéb információ, közvetett dózisbecslések) tartalmaznia kell az egészségi állapot nyomon követésére végzett összes vizsgálati eredményt is. A sugársérültek esetében soron kívüli orvosi kivizsgálás szükséges.

2.4 Sugárhelyzetértékelés eszközszerkezetei és fejlesztései

Egy súlyos nukleáris baleset esetén a sugárhelyzetértékelésre nagyon fontos feladat hárul, ahogy az előzőekben ki is tértem rá. Az ezzel kapcsolatos feladatok sokrétűek, ezt személyes tapasztalatból is mondhatom, amikor a különböző súlyosságú nukleáris vagy radiológiai baleset-elhárítási gyakorlatok tervezését végzem. Az egyik legfontosabb feladat, hogy az aktuális sugárzási paraméterek és a meteorológiai adatok tükrében vagy azonnali javaslatokat adjanak a telephelyen belüli intézkedésekre, pl. elzárkóztatásra, menekülési útvonalak kijelölésére, a védőfelszerelések használatának esetleg a jódpromóxiás elrendelése. Vagy ugyancsak az előzőek tükrében terjedésszámító szoftver futtatása a beazonosított vagy vélt baleseti szituációnak megfelelő forrástaggal az előrejelzések a várható sugárzások és csóvairányok meghatározása az OMSZ előrejelzett adatai alapján. A sugárhelyzetértékelők feladata az is, hogy a sugárvédelmi vezető beleegyezése mellett a sugárvédelmi felderítő rajokat kiküldje azokra a helyekre, ahol vagy nincs, vagy kevés az információ a sugárzási helyzetről az aktuális döntés meghozatalához. Ezek a mérések lehetnek, gyors tájékoztató mérések vagy mintavételeken alapuló izotópösszetételre vagy fizikai-kémiai formára vonatkozó mérések. Ugyancsak feladatai közé tartozhat azon helyekre a sugárterhelés becslése, ahova emberek kell, hogy eljussanak, legyen az akár egy műszaki probléma elhárítása vagy esetleg a kimenekítéshez vagy sérültek esetleg emberélet megmentésére irányuló lépések. Ez a pár példa is alátámasztja, miért tartom fontosnak a sugárhelyzetértékelés eszközeinek felülvizsgálatát, kibővítését, fejlesztését. Mint ahogy már említettem is a környezetet érintő nukleáris balesetek káros következményeinek csökkentése szempontjából döntő fontossága van annak, hogy a környezeti sugárzási helyzetet rövid időn belül fel lehessen mérni és ennek révén optimális intézkedéseket lehessen hozni. Korábbi, de már nem ebben a formában hatályos 16/200 (VI.8.) EüM [65] hazai szabályozás szerint nukleáris balesetnél akkor van szükség beavatkozásra, ha az elzárkóztatás révén két nap alatt az elkerülhető dózis legalább 10 mSv. További előírás, hogy a kimenekítés akkor indokolt, ha egy hétnél nem hosszabb időszak alatt az elkerülhető dózis legalább 50 mSv. Az elkerülhető dózis közvetlen méréssel nem határozható meg, ugyanakkor közvetlen mérésre ad lehetőséget a NAÜ ajánlása [295]. Ennek megfelelően a kimenekítést is magában foglaló általános veszélyhelyzetnek az a kritériuma, hogy a talajfelszín radioaktív szennyezettségéből eredő dózisteljesítménye elérje az 1 mSv/h értéket. Meg kell jegyezni, hogy a hazai és a NAÜ szabályozás számérték szempontjából hasonló.

Ha a baleset után közvetlenül a talajfelszín szennyeződéséből eredő környezeti sugárzás 1 mSv/h , akkor a – radioaktív bomlás következtében folyamatosan csökkenő dózisteljesítményű – sugárzás egy hét alatt közelítőleg 50 mSv dózist ad le, amely a lakosság kimenekítésével elkerülhető. Az elzárkóztatás könnyen megvalósítható, kis kockázattal járó intézkedés, de csak korlátozott időre, a rendelet szelleme szerint két napra elrendelhető intézkedés. E két nap alatt célszerű elvégezni azokat a környezeti méréseket, amelyek alapján eldönthető, hogy a baleset révén elszennyeződött területen szükség van-e kimenekítésre. E méréseket pedig a leggyorsabban drónnal vagy bizonyos esetekben gépjárművel viszonylag könnyen, kicsit hosszabb időt igénybe véve és nehezkesebben viszont gyalogos felderítéssel is el lehet végezni. Erről részletesebben írtam is a drónokkal foglalkozó cikkemben [296].

A következőben bemutatok egy felmérési lehetőséget a környezetet érintő sugárbaleset után drón használatának példáján:

1. lépés. Az erőmű környezeti távmérő rendszere vagy a terjedésszámítási program eredménye alapján kijelöljük a csóva feltételezett tengelyét. A feltételezett tengely az erőmű és a két legnagyobb jelzést adó mérőállomás között van.

2. lépés. A drónnal a feltételezett tengelyre merőleges irányban végigmérjük a sugárzás dózisteljesítményét. E mérés révén kijelölhető a csóvatengely közelítő vonala, ha figyelembe vesszük a feltételezett kibocsátási pont helyét is.

3. lépés. A drónnal a feltételezett tengely mentén végigmérjük a sugárzás dózisteljesítményét. Ennek révén megbecsülhető a leginkább szennyezett terület helye.

4. lépés. A drónnal – a 2. és 3. lépés eredményei alapján – kijelöljük a csóvatengelyhez képest szimmetrikus területet. A terület kiválasztásánál legfontosabb a lakosságot érintő terület felmérése [296].

Az előzőekben bemutatott sugárfelderítési módszer is rávilágít arra, hogy a nukleárisbaleset-elhárítás során kiemelt szerepe van a sugárhelyzetértékelésnek és ezen belül a sugárfelderítésnek. A következőekben felsorolnám azokat a területeket a paksi atomerőmű példáján, amik ezt a munkát segítik és konkrét fejlesztési javaslatot tesznek, amit nemcsak hazai, de nemzetközi viszonylatban is fel lehet használni nemcsak baleseti, hanem normálüzemi vagy üzemzavari helyzetben is.

2.4.1 Terjedésszámító szoftverek és fejlesztési lehetőségeik

A következőkben bemutatom a paksi atomerőmű által használt terjedésszámító szoftvereket. Ezzel kapcsolatosan érdemes megjegyezni, hogy ezek a szoftverek kimondottan az erőmű részére helyi specifikumok figyelembevételével kerültek kifejlesztésre. Azonban az algoritmusok általánosságban véve minden atomerőmű környezetére hasonlóan használhatók. Ezen a területen (is) szoros együttműködés van az erőmű és a hazai kutatóintézetekkel, egyetemekkel, akik a szoftverek kifejlesztésében részt vettek más társszervek közreműködésével együtt. A kutatóintézet kapcsán elsősorban szeretném megemlíteni Deme Sándor nevét, aki mind a nukleáris környezettelenőrzés, mind a terjedésszámítás kapcsán rengeteg publikációval és egyéb tudományos munkával segíti a sugárvédelmet, kiegészülve kollégáival, Pázmándi Tamással, Láng Edittel, Szántó Péterrel és C. Szabó Istvánnal, de természetesen még folytathatnám a sort. Ugyancsak a terjedésszámító szoftver kapcsán pedig egyetemi szinten Kovács Tibor, Somlai János, Bátor Gergő és Mészáros Róbert nevét szeretném megemlíteni. A témához kapcsolódóan szeretnék kiemelni egy cikket is a „Légköri terjedésszámító szoftverek összehasonlítása” [152], címmel, ami a cikk megjelenésének évében az összes Magyarországon használatos terjedésszámító szoftver összehasonlítását foglalja magában ugyanazon input adatok mentén. Az eredmények összehasonlítása érdekes következtetést vont maga után. Ugyancsak szorosan kapcsolódik e témakörhöz az egyik cikkem is, amit szerzőtársaimmal írtam „A lakossági óvintézkedések bevezetésének sugárási kérdései nukleáris veszélyhelyzetben” címmel [297].

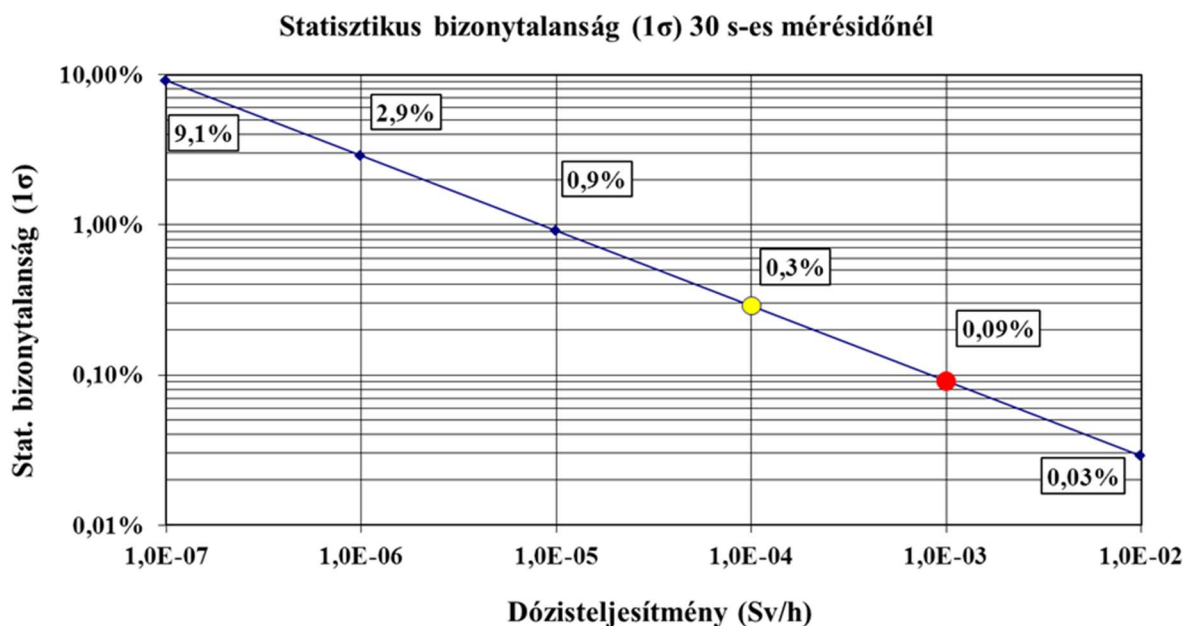
DOSE ON LITE. A Dose on Lite (egyszerűsített online dózisteljesítmény számító) a SER SCADA alatt folyamatosan futó program és elődjét a DOSE ON (online dózisteljesítmény számító) programot váltotta fel. Elsődleges feladata, hogy a paksi atomerőmű 30 km-es távolságáig tájékoztató adatokat szolgáltatson a gamma-sugárzás dózisteljesítmény eloszlásáról elősegítve a helyszíni felmérés területének kijelölését és a lakossági óvintézkedésekre vonatkozó döntések támogatását. Három modulból áll, de az oktató modult kihagyva csak a kiüledésből származó dózisteljesítményt számító modult (D modul) és a TREX normálási tényezőt számító modult (T modul) ismertetem röviden.

Kiindulási alap, hogy az OBEIT-el összhangban két származtatott intézkedési szintet (a továbbiakban SZISZ) különböztet meg [12]:

- ≥ 1 mSv/h (jódprofilaxis, elzárkóztatás, kimenekítés, élelmiszerkorlátozás) – vörös színezés,
- $0,1 - < 1$ mSv/h (élelmiszerkorlátozás) – sárga színezés [295, 297, 298].

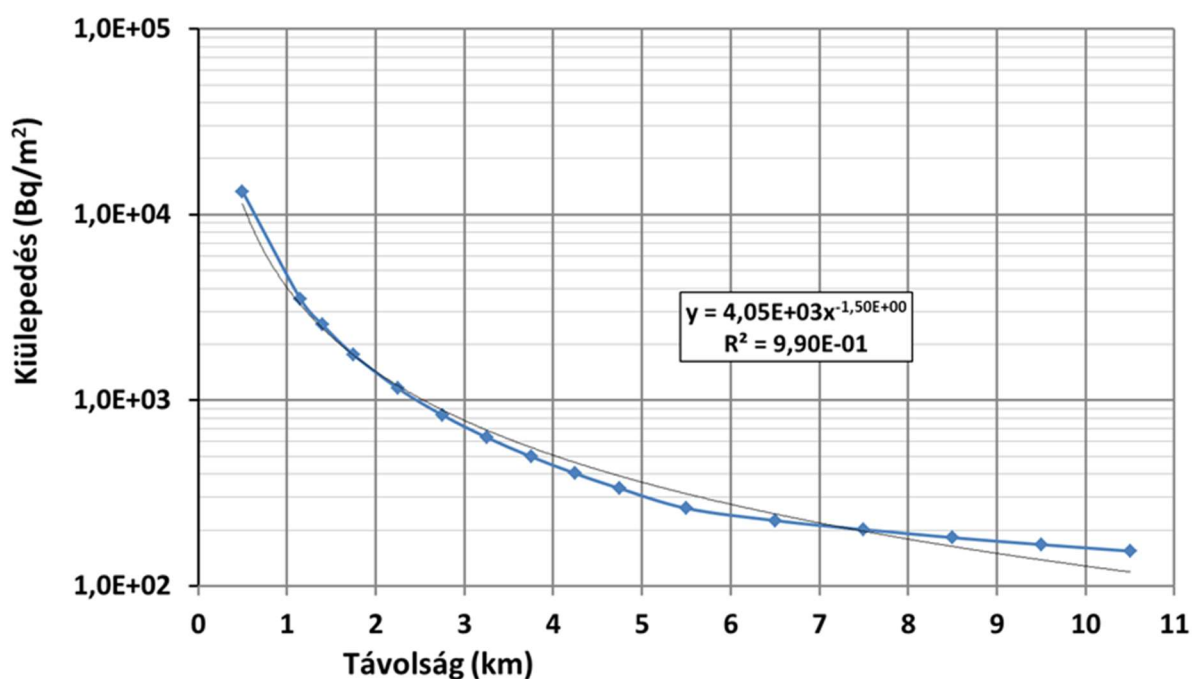
A D modul az „A” és „G” típusú állomásokon lévő, a gamma-sugárzás dózisteljesítményt mérő szondák adatai alapján (10 percenként 30 másodperces időfelbontással az átlagos és a minimális értéket figyelembe véve) meghatározza a 2-10 km között minden fél kilométeren és 15, 20, 25 és 30 km-en 10°-onként definiált 756 receptorpontra és az erőmű 30 km-es sugarú körzetében lévő 75 településre a dózisteljesítményt. Az eredményeket táblázatos és időfüggéses grafikus formában, térképszerűen megjeleníti a megfelelő színekkel a receptorpontokon. A program folyamatosan értékeli a mérőállomásokról beérkező gamma-dózisteljesítmény adatokat és minden állomásra meghatározza a 10 percre vonatkozó átlagos dózisteljesítményt. Ha a 10 percre vonatkozó átlagos dózisteljesítmény bármelyik állomáson eléri vagy meghaladja a $10 \mu\text{Sv/h}$ -t, akkor elindul a program környezeti dózisteljesítmény számító része, tehát ez az esemény a program indítójele, de lehetőség van a számítások operátori indítására is [299].

A $10 \mu\text{Sv/h}$ dózisteljesítmény azért indulási küszöb, mert a 30 s-os dózisteljesítmény egyszeres statisztikus bizonytalansága nem éri el az 1%-ot, így a kiüledésnek megfelelő minimum és a teljes sugárzásnak megfelelő átlagos dózisteljesítmény jól elkülöníthető és nem a minimum érték statisztikus ingadozásának következménye (25. ábra) [299].



25. ábra. Dózisteljesítményt mérő szonda 30 s alatti számlálási statisztikus bizonytalansága a dózisteljesítmény függvényében. Forrás [299]

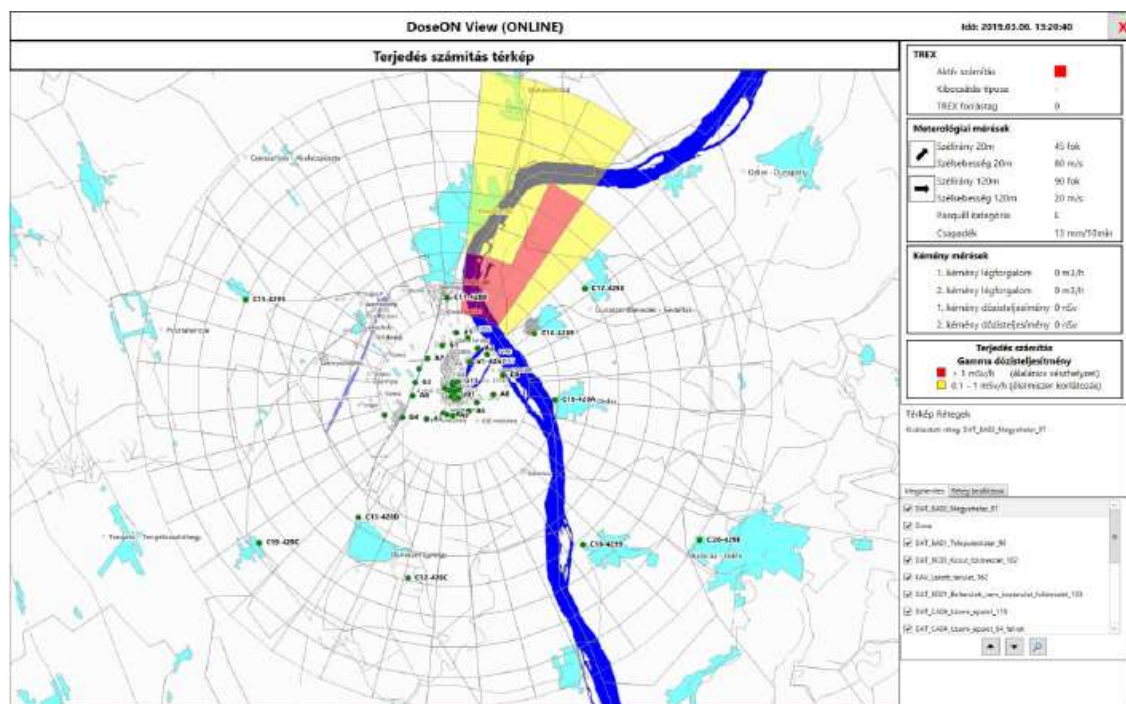
Az adott 10 percre vonatkozó 20 mérési adat minimuma tekinthető a kihullásból eredő dózisteljesítménynek, míg a teljes átlagos dózisteljesítményből kivonva a minimális dózisteljesítményt megkapható a felhőből származó 10 perces átlagos dózisteljesítmény. Ha a mérési ponthoz képest távolodunk az erőműtől, akkor –változatlan egyéb körülmények esetén – a felületi szennyezettség monoton csökken. A 26. ábra megadja a felületi szennyezettség távolságfüggését 10^{12} Bq ^{137}Cs kibocsátása esetén, ha a szélesebbég 10 m magasan 5 m/s, a felszín durva (magas növényzet), a kibocsátó épület 100 m széles és 40 m magas, a kibocsátás magassága 10 m [299]. A számítások PC COSYMA programmal lettek végezve [300].



26. ábra. Felületi szennyezettség távolságfüggése. Forrás [299]

Meg kell jegyezni, hogy a távolságfüggés nagyon sok paraméter függvénye, ezek a forrás geometriai jellemzői, a kibocsátás magassága, a kibocsátott anyagok fizikaikémiai jellemzői, a szélesebbég, a diszperziós jellemzők, a talajborítás (növényzet), az esetleges csapadék. Jelentősen befolyásolhatja a terjedést, ha a csóva áthalad a Duna medre felett. A 26. ábra képletét használva megadható a 2-10 km-es távolságra az extrapolált érték, illetve rendelkezésre áll az állomáson ténylegesen mért érték, azaz a tényleges és a virtuális állomás közötti normalizációs tényező. A következő lépésben a virtuális állomásokra kiszámított dózisteljesítmény értékeket a receptorpontokra kell átszámítani. Ez lineáris interpoláció révén lett elvégezve.

Ez a közelítés több 10 perces ciklus esetén a szélirány időbeli ingadozása révén – egyre jobb közelítést fog adni. Ennek tükrében, ha valamelyik mérőponton a dózisteljesítmény eléri bármelyik óvintézkedési szintet (0,1 mSv/h), akkor a receptorpont szinkódja a javasolt intézkedésnek megfelelő színre vált a megfelelő térkép háttérrel megjelenítve (27. ábra) és az egér kurzor ráhúzásával pedig megjelenik a számérték is. A dózisszámító program, ha eléri az óvintézkedési szintet fény- és hangjelzést hoz a DV-ben, amiből a hangjelzés nyugtázható [299].



27. ábra. Dose on Lite megjelenítő felülete. Forrás [299]

A T modul célja, hogy a TREN program részére forrástagot számítson ki a mért gamma-sugárzás dózisteljesítménye alapján. A gamma-sugárzás dózisteljesítményét a szellőzőkéményekben és a környezetben elhelyezett szondák mérik. Amennyiben a kéményekben lévő szondák $10 \mu\text{Sv/h}$ -t meghaladó jelzést adnak, akkor baleseti kéménykibocsátást tételezünk fel. Amennyiben nincs kéménykibocsátás, de a környezeti szondák bármelyikének jelzése meghaladja a $10 \mu\text{Sv/h}$ -t, akkor épületen keresztüli kibocsátással (épületkibocsátással) számolunk. Kéménykibocsátás esetén az épületkibocsátást kizárjuk. Kéménykibocsátás számításnál a szonda által mért dózisteljesítmény adat mellett szükség van a kémény légforgalom adataira is. A kéményben lévő szonda a szellőzőhíd légtérfogatának gamma-sugárzását méri. Ha ismerjük azt, hogy milyen összefüggés van a légtérfogat egy adott nuklidra vonatkozó aktivitáskoncentrációja és a detektor jelzése között, akkor a detektor jelzése alapján megadható a légtérfogat aktivitáskoncentrációja a számításnál használt nuklid gamma-sugárzásának egyenértékében [299].

Ha a térben 1 Bq/m^3 homogén aktivitáskoncentrációt és bomlásonként egy 1 MeV -es gamma-foton kibocsátást feltételezünk, akkor a térfogati numerikus integrál megoldásával $6,44 \cdot 10^{-12} \text{ Gy/h}$ dózisteljesítményt kapunk. Ugyanez az érték Microshield programmal [301] számolva $5,88 \cdot 10^{-12} \text{ Gy/h}$. A továbbiakban ez utóbbi értéket használva megállapítható, hogy ha a szellőzőkéményben lévő gamma-szonda felső méréshatára 10 Gy/h , akkor ez $1,7 \cdot 10^{12} \text{ Bq/m}^3$ koncentráció mérését teszi lehetővé a feltételezett hipotetikus nuklidnál. Az érzékenységet meghatároztuk ^{137}Cs nuklidra is. Ez $3,65 \cdot 10^{-12} \text{ Gy/h}$ 1 Bq/m^3 aktivitáskoncentráció esetén, azaz az 1 MeV -es érték 0,62-ed része. A program kiszámolja a 10 percre érvényes átlagos légköri aktivitáskoncentrációt kéménykibocsátást $\text{Bq/m}^3\text{s}$ Cs-137 gamma-sugárzás egyenértékben. Ezen adatok és a 10 percre vonatkozó légforgalom ismeretében az 14. táblázat alapján meghatározható a kibocsátott nuklidok ^{137}Cs -re vonatkozó aktivitása [299].

Nuklid	Dkt.	Nuklid	Dkt.	Nuklid	Dkt.	Nukli	Dkt
Kr-85	0	I-134	4,41	Sr-90	0	Cs-	1
Kr-85m	0,24	I-135	2,47	Sr-91	1,75	Ba-	0,3
Kr-87	1,17	Te-127	0,01	Mo-99	0,26	Zr-95	1,3
Kr-88	2,74	Te-127m	0,29	Tc-99m	0,24	La-	3,6
Xe-133	0,04	Te-129	0	Ru-103	0,87	Ce-	0,1
Xe-135	0,42	Te-129m	0,25	Ru-105	1,37	Ce-	0,4
Xe-135m	0,76	Te-131	0,73	Ru-106	0,35	Ce-	0,0
I-131	0,67	Te-131m	2,34	Rh-105	0,13	Sb-	1,1
I-132	3,89	Te-132	0,36	Cs-134	2,73	Sb-	2,3
14. I-	15. 1,	16. S	17.	18. C	19. 3,		

14. táblázat. Dóziskonverziós tényezők (Dkt.) a ^{137}Cs dóziskonverziós tényezőjére normálva. Készítette a szerző forrás [299]

A számításnál nem vesszük figyelembe a falakon és detektoron kiülepedő szennyezettséget. A kiülepedés elhanyagolásával elkövetett hiba üzemzavar (azaz általában rövid idejű, jelentős kibocsátás) esetén sokkal kisebb, mint normál üzemnél (folyamatos, kismértékű kibocsátás), mert a kiülepedés a kiülepedési idővel is arányos, míg a dózisteljesítmény csak a pillanatnyi aktivitáskoncentráció függvénye. Amennyiben épületen át történik a kibocsátás a forrástag meghatározása az inverz terjedésszámításon alapszik. Ennek lényege, hogy egy adott 10 perc alatti kiülepedésből eredő dózisteljesítmény növekmény alapján meghatározzuk a kiülepedés felületi aktivitáskoncentrációjának növekményét ^{137}Cs egyenértékben, majd a kiülepedési és kimosási tényezőt és a csapadékintenzitást felhasználva meghatározzuk a talajközeli légköri 10 perces átlagos aktivitáskoncentrációt. Ezután a további meteorológiai adatok (Pasquill-kategória és szélesség) alapján a hígulást és ennek révén végül megkapjuk a forrástagot. Miután kiindulási adatként csak a kiülepedésből eredő gamma-sugárzás dózisteljesítmény adat áll rendelkezésre, ezért a kibocsátott nuklidok külön-külön nem határozhatók meg, ezért számításokat ^{137}Cs -re lehet elvégezni, amely a 14. táblázat alapján átszámítható más aeroszol formájú radionuklidra.

TREX 2. A másik terjedésszámító szoftver a *TREX* (Transport Exchange) program, ami az OMSZ adatszolgáltatás változása, a modell továbbfejlesztése és a peremfeltételek változása miatt most már *TREX 2* néven fut. A program négy almodullal (baleseti- hosszútávú-, gyorsértékesítési és vízi almodul) rendelkezik, de én a kutatási témámból kifolyólag most elsősorban a baleseti modullal foglalkozok. A nagyteljesítményű számítógépet igénylő *TREX 2* program összesen három helyen futtatható, ebből kettő a balesetelhárítás szempontjából központi szerepet betöltő VVP és TVP. A *TREX 2* terjedési modellje a paksi atomerőmű területén történő baleset során a légkörbe került radioaktív izotópok kibocsátását, terjedését, bomlását és ülepedését szimulálja. A programmal egyéb származtatott mennyiség (aktivitáskoncentráció és különböző dózisek) is számíthatók. A modell az atomerőművi blokkok 30 km-es körzetére részletes felbontású rácson végzi a számításokat és a végén térképi megjelenítést (2D, 3D) tesz lehetővé az eredményekkel együtt.

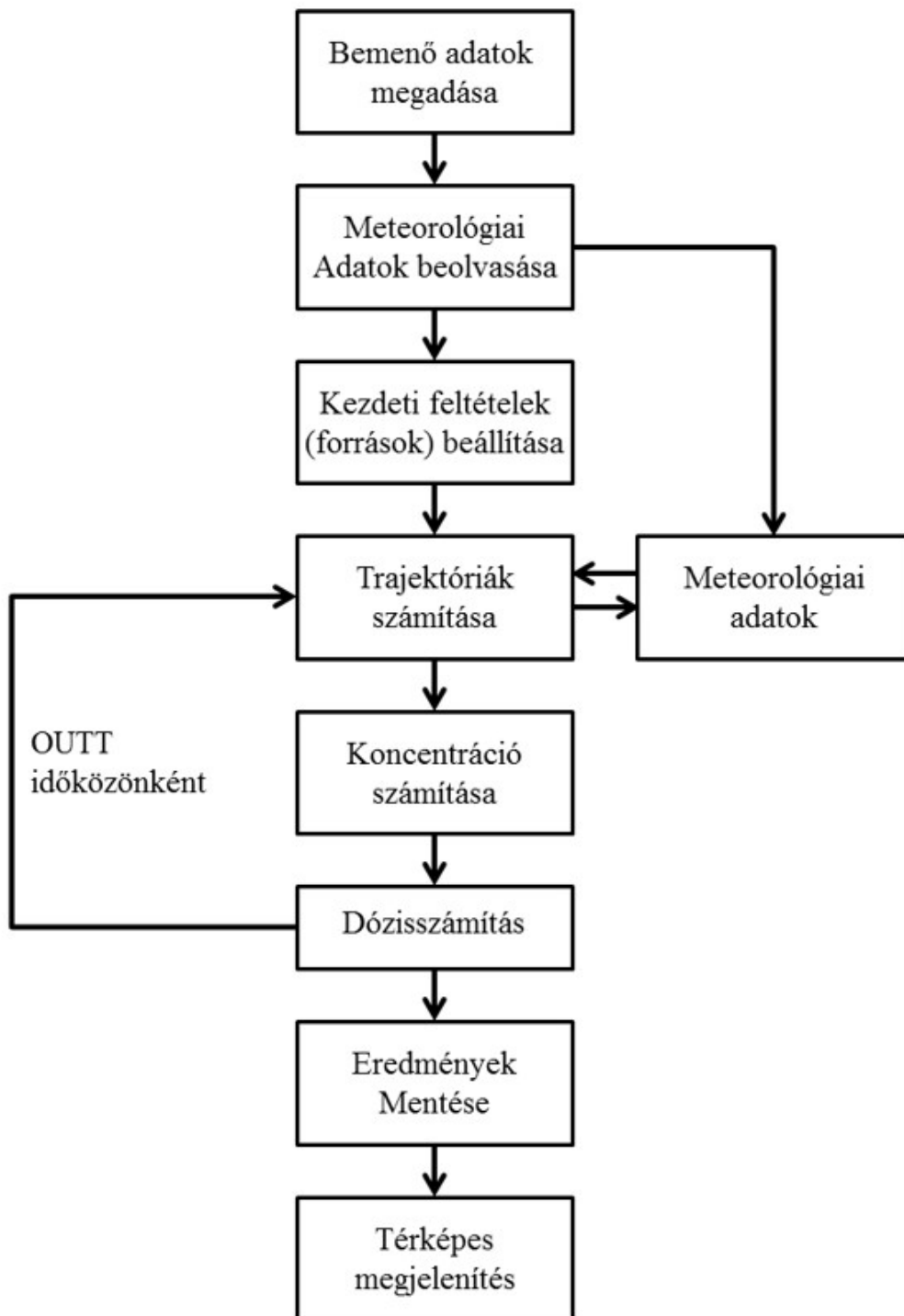
A szimulációk során felhasználható adatok a következők. Meteorológia adatok tekintetében az OMSZ által szolgáltatott AROME (Application of Research to Operations at Mesoscale) [302] előrejelző modell adatok állandó frissítéssel állnak rendelkezésre. Ezen adatok az OMSZ szuperszámítógépén futó nagy felbontású, korlátos tartományú modellezésen alapuló úgynevezett nem hidrosztatikus mezoskálájú numerikus előrejelzések, de választhatjuk a SCADA rendszer által szolgáltatott az erőmű telephelyét reprezentáló meteorológiai paramétereket is [303]. A kibocsátott anyagok tekintetében izotópspecifikus időbeli aktivitáskoncentrációkra van szükség, amit vagy a SCADA rendszer aktuális méréseiből vagy az eddig elkészült biztonsági elemzések üzemzavari vagy súlyosbaleset tanulmányaiból áll rendelkezésre. A meteorológiára- és az izotópokra vonatkozó adatokat természetesen szabadon paraméterezve manuálisan is bevihetjük [303]. A program a Lagrange-féle megközelítést alkalmazva a kibocsátott izotópok légköri trajektóriájának kiszámításával jelzi előre a koncentrációk alakulását. A modell a kibocsátott tömeget szennyezőanyagok-csomagokra osztja szét, és azok légköri mozgását a szélmező, illetve a turbulens keveredés figyelembevételével határozza meg.

Egy rácsra származtatott koncentrációmező az adott cellába eső részecskék hozzájárulásának összegzésével (szuperpozíciójával) állítható elő. TREX 2 bemenő adatait a 15. táblázat tartalmazza [303].

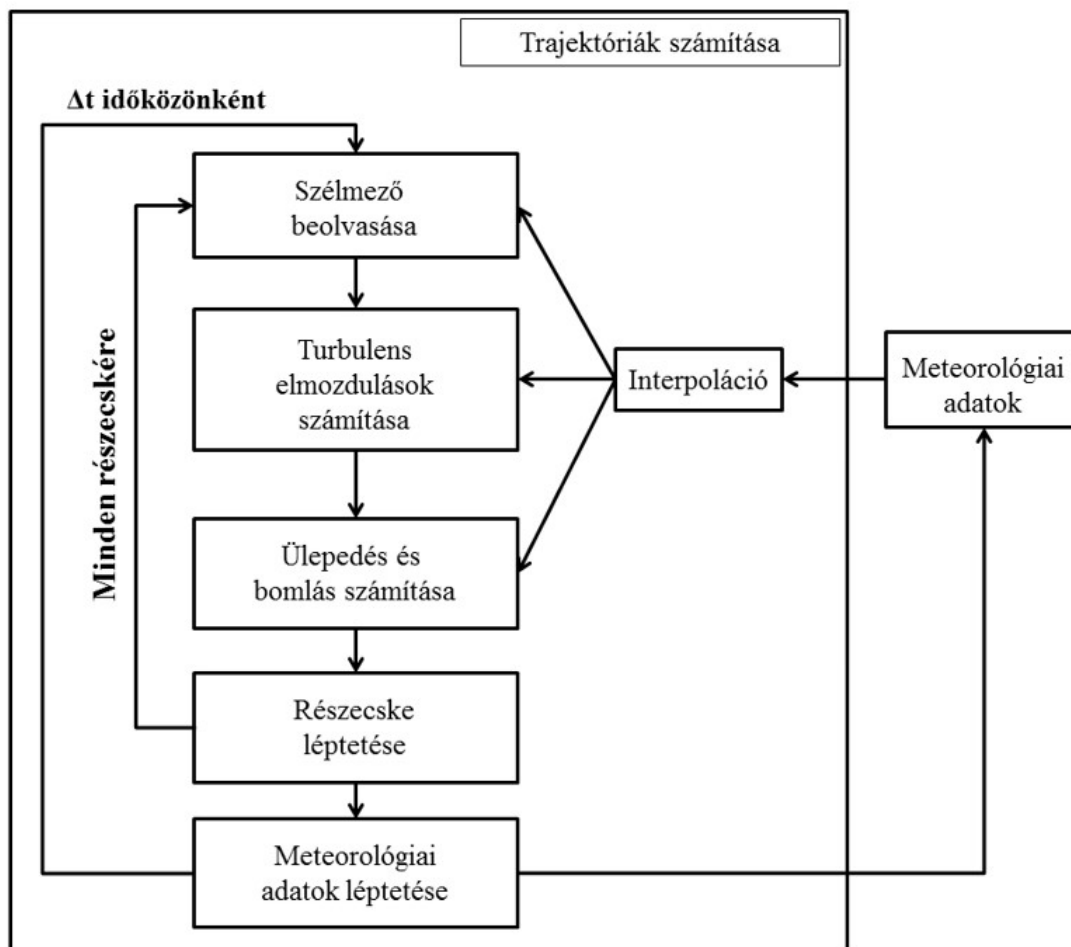
TREX 2 BEMENŐ ADATAI		
Modeljellemezők	Meteorológiai adatok	Kibocsátásra vonatkozó adatok
részecskék száma	meteorológiai adatok időbeli felbontása	forráspont(ok) helye
szimulált időtartam	meteorológiai adatok térbeli felbontása	kibocsátás(ok) ideje
számítási időlépés	szélesség	kibocsátás(ok) időtartama
eredmények térbeli felbontása	szélirány	kibocsátott tömeg kémiai komponensenként
eredmények időbeli felbontása	határreteg magasság	kibocsátott anyagok jellemzői
eredmények milyen magassági szintre vonatkoznak	szenzibilis és látens hőáram	felezési idő
	2 m magasan mért hőmérséklet	ülepedési sebesség
	felszíni légnyomás	
	érdességi magasság	

15. táblázat. TREX 2 bemenő adatai. Forrás [314]

A modell működését az 28-29. folyamatábra szemlélteti. Az adatok beolvasása után három egymásba ágyazott ciklus végzi el a számításokat. A külső ciklus változója a modellidő, amely a legkorábbi kibocsátás időpontjától a szimuláció időtartamán keresztül halad. A függvény egy lépésében két kiíratási időpont között ismételtel lépíti a trajektóriákat. A ciklus lépésköze a felhasználó által beállított „eredmények időbeli felbontása” (OUTT) paraméter [303].



28. ábra: a TREX 2 fizikai moduljának folyamatábrája. Forrás [303].



29. ábra: A „Trajektóriák számítása” modul részletes felépítése, forrás [303].

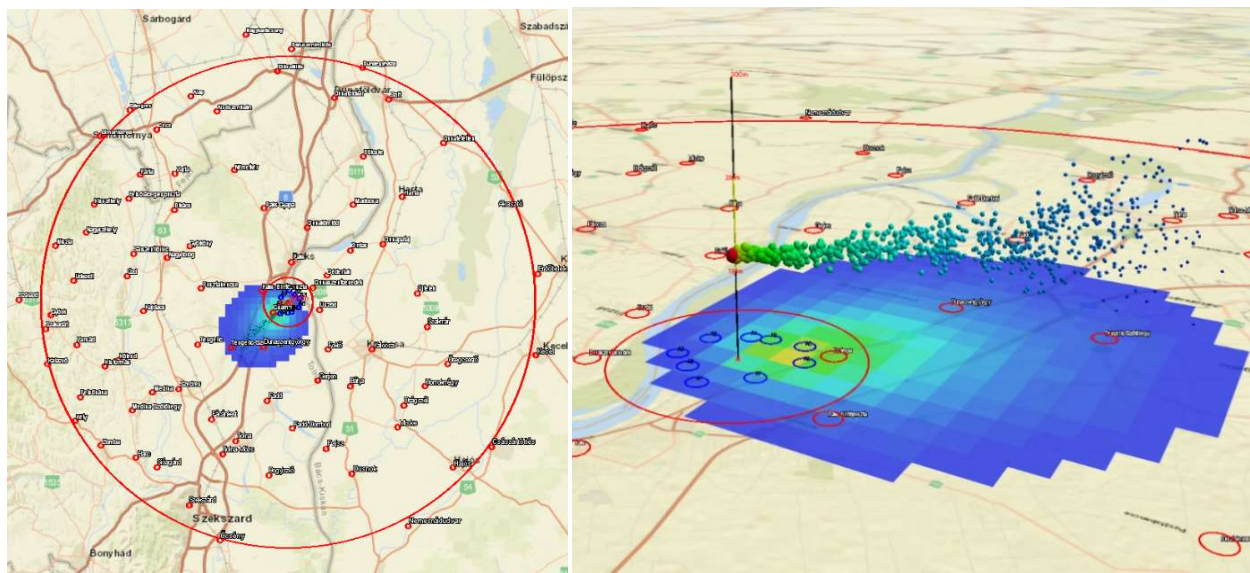
A középső ciklus („Trajektóriák számítása”, 29. ábra) változója szintén a modellidő, amely Δt lépésközzel halad a megelőzőtől a következő kiíratási időpont felé. Ezen a cikluson belül végezi el az egyenletek megoldását Δt időlépésenként. A modellidő léptetésének két ciklusra való szétbontása lehetővé tette a differenciálegyenletek megoldásához és a koncentrációmező kiszámításához használt időlépés szétválasztását, amivel jelentős futási időt és tárhelyet takarít meg. A két független ciklusváltozó konzisztenciája érdekében a bemenő adatoknál megadott OUTT csak Δt egész számú többszöröse lehet. A figyelembe vett izotópok köre, összetétele lefedi a különböző üzemi állapotokban várható kibocsátásra kerülő izotópok körét és összetételét. A terjedésszámító program a 16. táblázatban szereplő 190 izotóp figyelembevételére van felkészítve és ezek közül külön kezeli a radiojódok, elemi, aeroszol és szerves formáját. Az izotóppforma jellemzőit (és hozzá tartozó leányelemek), (légköri viselkedés, sugárzási jellemzők, táplálékláncbeli kinetikájuk stb.) leíró minden paraméter a felhasználó által is módosítható, és szükség szerint a lista tovább is bővíthető [303].

Lágy béta	Aktivációs-korróziós		Hasadási		Radiojód	Nemesgáz	Egyéb
H-3-HT	Ag-110m	Co-58	Ba-139	Cs-135	I-131-aer	Ar-41	U-230
H-3-HTO	Am-240	Co-60	Ba-140	Nb-97m	I-131-org	Kr-83m	U-231
Nb-95	Am-241	Cr-51	Br-84	Nd-144	I-131-mol	Kr-85	U-232
Ru-106	Am-242	Cs-136	Ce-141	Pr-144	I-132-aer	Kr-85m	U-233
	Am-242m	Fe-55	Ce-144	Rb-90m	I-132-org	Kr-87	U-236
	Am-243	Fe-59	Cs-134	Rh-105	I-132-mol	Kr-88	U-237
	Am-246	K-42	Cs-137	Rh-106	I-133-aer	Kr-89	Zn-65
	As-76	Mn-54	Cs-138	Ru-105	I-133-org	Kr-90	Zr-95
	Br-82	Na-24	Eu-154	Sb-127	I-133-mol	Xe-133	Am-246m
	C-14-CH4	Ni-59	Eu-155	Sb-129	I-134-aer	Xe-135	Bk-249
	C-14-CO2	Ni-63	La-140	Tc-99m	I-134-org	Xe-135m	Es-253
	Cf-249	Pu-236	Mo-99	Te-127	I-134-mol	Xe-138	Fr-221
	Cf-250	Pu-237	Nb-97	Te-127m	I-135-aer	Rn-218	Np-237
	Cf-251	Pu-238	Rb-87	Te-129	I-135-org	Rn-219	Np-239
	Cf-252	Pu-239	Rb-88	Te-129m	I-135-mol	Rn-220	Np-240
	Cf-253	Pu-240	Rb-89	Te-131		Rn-222	Pa-233
	Cf-254	Pu-241	Rb-90	Te-131m			Pb-209
	Cm-241	Pu-242	Ru-103	Y-91			Po-213
	Cm-242	Pu-243	Sb-125	Y-92			Ra-222
	Cm-243	Pu-244	Sr-90				Te-125m
	Cm-244	Pu-246	Sr-91				Th-226
	Cm-245	Rb-86	Sr-92				U-240
	Cm-246	Sb-122	Tc-99				
	Cm-247	Sb-124	Te-132				
	Cm-248	Se-75	Y-90				
		Sr-89	Zr-97				

16. Táblázat: A szoftverben a légköri terjedésből származó lakossági dózisok meghatározása során figyelembe vett radioizotópok. Készítette a szerző, forrás [303].

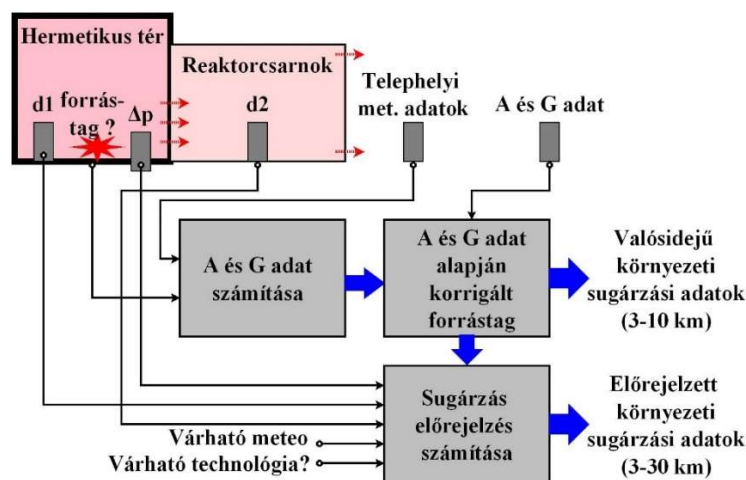
A programban a szennyezőanyag térbeli eloszlását lehetőségünk van 2- 3 dimenzióban megjeleníteni, amit forgatni, nagyítani és közelíteni is lehet 14. kép ezen belül számos térkép stílus (úthálózatok, műholdas stb.) közül tudunk válogatni, lehetőségünk van a blokkok körül a 3 km-es és 30 km-es lehatárolt részek megjelenítésére is. Amennyiben szeretnénk, láthatóak a települések, települések nevei, állomások, állomás nevei stb.

Állíthatók a skálák minimum és maximum értékei. A csóváról készíthetünk képet, animációt. A jelölt zónákon belüli településeken és állomásokon lehetőség van a különböző kibocsátott radionuklidok aktivitáskoncentrációjának és a számolt dózisainak akár grafikonos megjelenítésére is. Az aktivitás-koncentráció talajra számolt értékei ^{137}Cs -re vonatkozóan jelennek meg alapértelmezetten, mely izotóp változtatható. A háromdimenziós megjelenítő ablakon belül lehetőségünk van adatok és képek exportálására. A megjelenített képen minden esetben feltüntetésre kerül az ábrázolt mennyiség (aktivitás vagy dózis), a típusa (felhő, talaj stb), dózis esetén a korcsoport. Településekre és mérőállomásokra vonatkozó aktivitás értékek és dózisok grafikon formájában is megtekinthetők. A grafikonokon az x tengely az idő percben, skála a teljes időszakot átöleli, nullpontja a kibocsátás kezdete, vége a szimuláció vége. Az y tengely aktivitás esetén az adott pillanatnyi aktivitást jelenti (Bq/m^3 vagy Sv egységben), vagyis a kibocsátás kezdetétől az adott ideig összegzett dózist. A grafikon dinamikusan skálázású a tengely maximuma a maximális ábrázolt értékkel egyezik meg. Az eredmények táblázatos formában exportálhatók. Interaktív receptorpontokként, ahol az egér kurzorával állunk ott láthatjuk a koncentráció/dózis értékeket. Az effektív dózis értéke az inhalációs-, pajzsmirigy-, felhőből eredő- talajból eredő- táplálékláncból eredő dózisok összegéből kerül meghatározásra gyermekek esetén 70 évre és felnőtt esetén 50 évre figyelembe véve.



14 kép: TREX 2 két és háromdimenziós megjelenítési felülete, forrás [303]

Terjedésszámító szoftverekkel kapcsolatos fejlesztési lehetőségek a súlyos nukleáris balesetet szem előtt tartva. A Dose on Lite-al kapcsolatosan célszerűnek látom a korábbi DOSE ON verzió metodikájának megfelelő továbbfejlesztését és a Dose on Lite beintegrálását. Ez kell kiegészíteni az épületeken belüli és az épületek közvetlen közelében való terjedési modell kifejlesztésével. Mind, ahogy a következő részben a komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztésénél írom majd, célszerű az erőműben használt sugárvédelmi távadók adatainak, terjedési modellek, egyéb szoftverek összeintegrálása. Ezt segítheti elő a biztonsági elemzéseknél használt szoftverek is a KARATE, RELAP5, ATHLET, KIKO3D-RM, ATHLET-KIKO3D, SMAERTA, CONTAIN, REMIX, ACIB-RPV, Msc. MARC [244], amik segítségével a különböző üzemzavari, baleseti és súlyos baleseti elemzések eseményei alapulnak. Továbbá érdemes felhasználni a környezeti sugárzási viszonyok számítására alkalmas PC-COSYMA-t, illetve annak specifikus továbbfejlesztett változatát a CARC kódot [244]. Ezen fejlesztések megvalósulásával és összevonásával megvalósulhat a SER SCADA-n belül egy olyan terjedésszámító rendszer, ami felhasználja és meghatározza a hermetikus térben mért gamma-sugárzás dózisteljesítményt és túlnyomást, a reaktorcsarnokban lévő és a korábbi adatok alapján a későbbiekben várható dózisteljesítményt, a reaktorcsarnokból várható környezeti kibocsátást, a kibocsátás és a telephelyi meteorológiai adatok alapján az „A” és „G” típusú állomások várható dózisteljesítményt. A program az előző értékek mérése alapján a korrigált dózisteljesítmény extrapolálja a közeli 3 km-ig terjedő környezetre a MÓZ területére. Ha pedig rendelkezésre állnak az OMSZ numerikus előrejelzési adatai, akkor kiszámítja a már kibocsátott radioaktív anyagok terjedését időben és térben 30 km távolsáig, azaz a SÓZ területére. Ezt szemlélteti a következő 30. ábra.



30. ábra: A környezeti sugárterhelés számítása súlyos balesetnél a környezetellenőrző rendszer és az OMSZ előrejelzési adatai alapján. Forrás [263]

A programnak képesnek kell lennie felismerni a súlyos baleset három alapvető esetét:

- Kibocsátás a kéményen keresztül történik (felismerhető és regisztrálható a kéményben elhelyezett detektorokkal).
- Kibocsátás a hermetikus téren keresztül történik (felismerhető és regisztrálható a hermetikus tér széles méréshatárú gamma detektoraival).
- Kibocsátás a hermetikus téren kívül történik – By-pass eset (regisztrálható és felismerhető a gőzvezetékénél és a turbinagépházban elhelyezett detektorokkal) [263].

A baleseti izotóp-összetétel öt alapesetre vezethető vissza:

- Sikeres baleset-elhárítás minden alapesetben – legfeljebb fűtőelem burkolat sérülés (felhasadás) lép fel, csak a részaktivitás vagy annak egy része szabadul ki.
- Sikeres baleset-elhárítás hermetikus téren belüli kibocsátás esetén – zónaolvadás lép fel, de az olvadék a tartályon belül marad.
- Sikertelen baleset-elhárítás hermetikus téren belüli kibocsátás esetén – a reaktortartály sérül, az olvadék a reaktoraknába kerül (igen kis valószínűségű eset).
- By-pass eset – a primerköri vízaktivitásnak megfelelő kibocsátás (az ennél nagyobb zónasérüléssel járó kibocsátás igen kis valószínűségű eset).
- Kazetta elnyíródás a Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolójában (a továbbiakban KKÁT) [263].

A korábban használt DOSE ON szoftver a kibocsátott nuklidok terjedését egy ún. Gauss-eloszlású diszperziós pöff modellel, bomlásának, száraz kiülepedésének és kimosódásának meghatározását pedig empirikus összefüggésekkel vette figyelembe. A számítás pontosságának növelését a becsült aktivitások és a mérőállomásokon mért értékek illesztésével, pontosabban a számított eredmények megfelelő normálásával érte el. A mai kor számítástechnikai hátterének tükrében felül kell vizsgálni, hogy a Gauss-eloszlású diszperziós pöff modellek helyett milyen korszerűbb, más modelleket lehet felhasználni, illetve az épületeken belül vagy közvetlen környezetükbe milyen más, a részecskék mozgását leíró egyenletek használhatók.

A Dose on Lite korábbi verzióján még a további fejlesztéseket célszerű végrehajtani [263]:

1. A FORTRAN alapú programot, korszerű forrásnyelvre kell átültetni.
2. Korszerű felhasználói felületet kell kialakítani, amely a program off-line oktatói és mintaszámítási funkcióját is lehetővé teszi, szükség szerint egy, nem a SER-KK részét képező PC-n.

3. XML alapú input-output felületet kell biztosítani és lehetővé kell tenni, hogy súlyos baleseti szimuláció (Modular Accident Analysis Program - MAAP) [304] által számított eredményekkel is meg lehessen hajtani. Ez lehetővé tenné, hogy a későbbiek során a program oktatói változatát össze lehessen kötni a teljesléptékű szimulátor súlyos baleseti modelljével, és így a gyakorlatozás valóság-hű körülmények között folya.
4. Felül kell vizsgálni az üzemzavari ill. súlyos baleseti kibocsátások átkapcsolásának feltételeit, és azt a NEKISE mérései eredményei helyett a szellőző folyosóban elhelyezett BITT szondák méréseire kell alapozni.
5. A programot telepíteni kell a SER-KK COMP szerverein, ill. az autonóm adatgyűjtő szerveren, ahol biztosítani kell, hogy a rendelkezésre álló nyers adatok alapján működjön a terjedésszámítás.
6. A programnak szintén adatokat kell biztosítani a TREX 2 számára, a környezeti állomások dózisteljesítményei alapján meghatározott normálási tényező formájában. A TREX 2 a baleset típusa alapján, az adott súlyos baleseti scenarióhoz kapcsolódó izotóp készlet alapján képes előrejelzéseket végezni. A továbbfejlesztett Dose on által számolt normálási tényezővel lehetőség nyílik arra, hogy a számításokban használt forrástagokat pontosítsuk az aktuális szituációnak megfelelően. Meg kell teremteni annak a feltételeit, hogy a továbbfejlesztett Dose on által számolt normálási tényező automatikusan eljusson a TREX 2-höz.
7. Az terjedésszámítás szintén adjon információt a felhasználóknak arról, hogy a kéményen keresztül történik-e kibocsátás vagy sem. Ehhez a jelenlegi légforgalom mérés mellett a felújítás során beépítésre kerülő új EGE szonda jelét is elérhetővé kell tenni a felhasználók számára [273].

Az előzőek tükrében tehát az alábbi mérésekre van szükség:

1. Az „A” típusú állomások esetén: gamma-dózisteljesítmény és státuszjelek, aeroszol (jód)-, elemi jód-, szerves jód aktivitáskoncentrációk és státuszjelek,
2. A „G” típusú állomások esetén: gamma dózisteljesítmény,
3. Kémény esetén: kémény légforgalom, gamma dózisteljesítmény mérés, EGE szonda,
4. Egyéb detektorok: hermetikus téri ionkamrás dózisteljesítmény, hermetikus téri nyomás,
5. Meteorológiai adatok: szélesség, szélirány, csapadékmennyiség [263].

A TREX 2 program fejlesztésének legfontosabb elemét abban látom, hogy mindenképp kapjon forrástagot. A lehető legpontosabb előrejelzéseket akkor tudja adni, ha valós forrástaggal tud számolni ez nemzetközi viszonylatban is, tudomásom szerint egyedülálló lépés, aminek a feltételei adottak. Ehhez a technológiai és a sugárvédelmi mérések közül ki kell jelölni azokat a rendszereket, amik meghatározóak (ebben a helyzetben a súlyos baleseti szituációkat kell alapul venni). A technológiai rendszerek közül fontos, hogy képet kapjunk a reaktor(ok) és a blokk(ok) állapotáról az izotópok lehetséges kikerülési útvonalairól. Sugárvédelmi szempontból pedig az előzőekben felsoroltakhoz kapcsolódó sugárvédelmi mérésekről. A TREX 2 szempontjából arra kell törekednünk, hogy izotópok összetételéről és mennyiségeikről álljon rendelkezésre adat az időegységre vonatkoztatva, valamint annak megállapítása, hogy hol van a kijutási helye (kémény, épület, mindkettő).

Ugyancsak elengedhetetlen, a meteorológia, ami lehet a telephelyre jellemző vagy az előrejelzés kapcsán az OMSZ előrejelzési adatai. Az előzőek tükrében fontosnak tartom, hogy elsősorban a közvetlen mérési adatok álljanak rendelkezésre olyan formában, hogy az közvetlenül a TREX 2-nek automatikusan átküldésre kerüljenek – jelenleg ez nem áll rendelkezésre –, vagy ha ez nem megvalósítható, akkor a rendelkezésre álló esetleges sugárzási adatokból való visszakövetkeztetés (pl. szélirány, szélsébség) a megoldás, amit részben a Dose on Lite is végez. A izotópokra való információ legyen nuklidspecifikus. A számolt eredmények és a rendelkezésre álló valós adatok esetén történjen meg a korrekció a további előrejelzés pontosítása végett, illetve legyen a TREX 2 programnak egy olyan adatbázisa, ami tartalmazza a biztonsági elemzések során (üzemzavari, baleseti, súlyos baleseti szituációkra) várható forrástag elemzéseket és a szoftver ismerje fel ezeket a szcenáriókat a kibocsátás adatok tükrében, ami révén ugyancsak gyorsabb előrejelzések adhatóak.

További fejlesztési lehetőségként látom még a következőket a TREX 2 kapcsán

1. Légköri modul által javasolt intézkedések összekapcsolása valós idejű közúti forgalmi adatokkal, melynek eredményeképpen például egy kitelepítés/kimenekítés során az erőműből és annak környezetéből a lehető leggyorsabb útvonalon valósulhat meg a kimenekítés.
2. Az Atomerőmű környezetében (30 km sugarú területen belül) a lakossági helyi étel- és ital-fogyasztási szokásainak közvélemény kutatások által történt adatait figyelembe véve, a tápláléklánci modullal még realiztikusabb eredményeket érhetünk el. A tápláléklánc dózis meghatározásában a következő elemeket leíró egyenleteket kell figyelembe venni az aktivitáskoncentráció vonatkozásában: ivó-, itató-, és öntözővíz, halak, növényzet és az öntözött talaj, növényekben a közvetlen kiülepedés tekintetében, növényekben a talajról történő felszívódás következtében, a talaj, az öntözés, az állati termékek, tej és hús, állati takarmány.

Ezek után a fogyasztás mennyiségeket kell meghatározni külön a gyerekekre és külön a felnőttekre. E tekintetben ugyan rendelkezésre állnak nemzetközi adatok, de abban a helyi specifikumok nincsenek figyelembe véve. Ezért gondolom azt, hogy a 30 km-es körzetben élők termelési, vásárlási és egyéb fogyasztási szokásaikat kell alapul venni, hogy a modell a lehető legrealisabb eredményt adjon.

3. AROME meteorológiai modell és a helyi meteorológiai torony által szolgáltatott adatok szimuláció közben történő korrekciós lehetőségének a kialakítása, ezáltal a légköri modullal történő szimuláció során az Atomerőmű közvetlen környezetében (3-5 km) az adott valós idejű meteorológiai adatok figyelembe vételével (korrekciójával) történne a szimuláció, míg távolabbi (5-30 km) települések esetében a kezdeti korrekciót alkalmazva az AROME modell adatait is figyelembe véve volna lehetőség a radionuklidok légköri szimulációra.

2.4.2 Sugárvédelmi mérőkocsi fejlesztésével kapcsolatos észrevételek

A sugárvédelmi mérőautók tekintetében az országban több is teljesít szolgálatot, példának okáért had említsem a legnagyobb számban BM OKF kötelékében szolgálatot teljesítő húsz Katasztrófavédelmi Mobil Labort (KML) vagy a kimondottan sugárzás felmérési feladatokra használható hét Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egységet (KSE). Ezeken kívül a honvédség, kutató intézetek és még néhány hivatal és cég rendelkezik ilyen képességekkel. A paksi atomerőmű egy sugárvédelmi mérőkocsival rendelkezik, ami a KEL munkatársainak az üzemeltetésében van. Jelen képességeit tekintve elsősorban normálüzemi körülményekre van felkészítve. Képességeit tekintve nagyjából megegyezik az országban használt egyéb járművekkel végezhető mérésekkel. Ezek közé tartozik a dózis- és felületi szennyezettség mérése, mintavételek a környezetből úgy, mint víz, talaj, növény egyéb szedimentek.

Különleges képességként az in-situ gamma-spektrometria képességét említeném, amivel a helyszínen izotópszelektív módon lehet meghatározni az egyes radionuklidokat. Súlyos nukleáris balesetet feltételezve hátrányának tartom, hogy nem sugárárnyékol, nem rendelkezik terepi képességekkel, kollektív védelemmel, a méréseket, mintavételeket védőfelszerelésben a kocsit elhagyva lehet csak elvégezni. Helyzetmeghatározási-, kommunikációs- és információáramlási lehetőségei korlátozottak a gépjárműnek nem részei, így egyedi módon megoldott csak. A sugárvédelmi mérőkocsi, ebben a formában ugyan normál üzemi körülmények között el tudja látni a feladatát, de mindenképp célszerű fejlesztést végrehajtani rajta. Ezek közé sorolnám az útvonal-monitoring képességét, ami magába foglalja a széles méréshatárú dózismérő eszköz és GPS koordinátákhoz rendelt értéket az adott időpillanatban, amit térképen meg is lehet jeleníteni.

Ezt a kompakt egységet célszerű úgy beintegrálni a gépjárműbe, hogy szükség esetén gyalogos felderítésnél is lehessen használni. Természetesen a megfelelő akár vezeték nélküli kapcsolat is elengedhetetlen része a rendszernek. A kollektív védelem tekintetében az autót mindenképp célszerű felszerelni olyan szűrt szellőzéssel és enyhe túlnyomás biztosításával, hogy a benne ülők védve legyenek az esetlegesen gépjárművön kívüli radioaktívan szennyezett levegőtől. Célszerűnek látom még, hogy az autó olyan mintavételi eszközökkel legyen ellátva, ami menet közben is tudja venni a mintát és automatikus analízisnek is alá tudja vetni. Amennyiben nincs lehetőség a gyűjtött mintát laboratóriumba vinni, célszerű lehet a kocsin belül kialakítani egy olyan részt, amit árnyékolás mellett „féllaboratóriumi” körülmények között is meg lehet mérni (pl.: in-situ gamma-spektrometriai félvezető detektor segítségével). A kommunikációt és információáramlást redundáns és diverz módon kell kialakítani a gépjármű részeként, amit célszerű bekötni olyan helyre és rendszerre, ami a sugárhelyzet értékelők munkáját segíti. Úgy gondolom e fejlesztések után a normál üzemi és kisebb üzemzavari helyzeteket a mérőautó hatékonyabban és biztonságosabban tudja végrehajtani (15. kép).



15.kép: Paksi atomerőmű sugárvédelmi mérőkocsija. Forrás: [saját]

Súlyos nukleáris balesetet feltételezve azonban e képességek kevésnek bizonyulnak. Ebben az esetben a korábbiakban ajánlott eszközök és berendezések ugyancsak indokoltak, de további kritériumnak is eleget kell, hogy tegyen a gépjármű. Kiindulási alapként a terepi, sugárárnyékolási, kollektív védelmi és részben sugárzásmérési szempontból a baleset-elhárítási szervezet már most is rendelkezik egy járművel, azonban ez a gépjármű jelen állapotában elsősorban szállítási, menekítési funkciót tölt be.

A sofőrön és a jobbán tartózkodó jármű parancsnokon kívül (aki a sugárzásmérő műszerek jelzéseit felügyeli) további hét ember szállítására képes, akik hátul külön kabinba kapnak helyett. Kicsit részletesebben bemutatva, a jelenlegi változat terepi tulajdonságai megfelelnek az elvárásoknak. 4x4 kerék meghajtással rendelkezik a szabad hasmagassága 400-500 mm közé esik, gázlómélysége minimum 600 mm első terepszöge 35-40% közé esik, hátsó terepszöge 30-35 %, oldaldőlési szöge nagyobb 20°-nál. Ez a típus az RDO-3221 (16. kép) ami egyedi tervezésű és magyar fejlesztésű. [305]. Ezen felül úgy gondolom a gumikat automatikusan felfújó és leeresztő rendszerrel érdemes felszerelni, elősegítve a terepi tulajdonságait vagy szükség esetén kompenzálni a kisebb defekteket. A terepi tulajdonságokat azért tartom fontosnak, mert egy súlyos nukleáris baleset sokszor együtt jár egyéb eseményekkel (pl. robbanás, természeti vagy egyéb katasztrófa, kiépített út hiánya, terepi akadályok stb.) és ettől függetlenül el kell tudnia jutni a rendeltetési helyére. A motor 5800 cm³-es soros hat hengeres 280 lóerős 1000 Nm nyomatékkal rendelkezik, aminek teljesítménye illeszkedik a felépítmény tömegéből adódó optimális mozgásához. Az esetleges éjszakai felderítéshez a megvilágítási viszonyok jók, de további irányítható lámpatesetek, reflektorok további segítséget tudnak nyújtani akár menet közben, akár a jármű közelében, ha gyalogos felderítésre lenne szükség.



16. kép: Paksi atomerőmű sugárárnyékolt autója. Forrás: [saját]

A sugárnyékolással szemben támasztott követelményeknek a jármű – a reális kereteket figyelembe véve - megfelel. A járműfelépítmény 20 mm vastag acélból van és a szélvédője is speciális biztonsági ólomüvegből készült, aminek vastagsága közel 50 mm [305]. Ezzel a felépítmény gyengítési tényezője a különböző sugárzásokkal szemben nagyobb, mint 60% és a szélvédőn keresztül is meghaladja az 50 %-ot [159]. A kollektív védelem érdekében a kocsik rendelkeznek olyan levegőszűrő rendszerrel, ami megvédi a benne ülőket a gépjárművön kívüli szennyezett levegőtől, további védelem a radioaktív anyag bekerülésének megakadályozására, hogy enyhe túlnyomás biztosított a fülkében.

A meglévő gépjármű jelenleg is rendelkezik sugázmérő műszerrel, ami az autón belüli és azon kívüli dózisokról szolgáltat adatot. Ezen képességének megfelelően már ebben a formában is rendelkezik némi sugárfelderítő képességgel. Összefoglalva az eddigieket egy súlyos nukleáris baleset esetén igen előnyösen lehet kihasználni az ilyen jellegű járműveket, mint ahogy a korábban bekövetkezett esetek is (Csernobil, Fukushima) is ezt alátámasztják. Úgy gondolom, hogy az ilyen jellegű autóból a paksi atomerőmű esetén mindenképp célszerű beszerezni legalább még egyet csapatszállítási szempontból, figyelembe véve a több száz fős baleset-elhárítási szervezetet, akiknek egy jó része terepi feladatokat is el kell, hogy lássanak a kimenekítendő személyekről nem is beszélve. Figyelembe véve, hogy három sugárfelderítő raj van. Ezen autók mindegyikébe javasolt a járműparancsnoki posztra sugárvédelmi szakember biztosítása, illetve szükséges a harmadik rajnak egy olyan autó, amely ugyancsak rendelkezik az előbb felsorolt tulajdonságokkal, de ezen túlmenően további képességekkel is. A következőekben ezeket a tulajdonságokat szedem össze külön témák szerint.

A kocsik jelenleg is rendelkeznek szűrt levegőztetéssel, azonban a szűrők felülvizsgálatát célszerűnek látom mind a komponensek (aeroszol, jód) megkötését mind a kapacitását figyelembe véve. A szűrő töltet áttöréséről pedig visszajelzés kell, hogy jöjjön, hogy a benne ülő szakszemélyzet zavartalanul tudja végezni a felderítési munkálatokat a szennyezett terepszakaszon, annak megszakítása nélkül. Célszerű, tehát ezen szűrők cseréjére megoldást találni menet közben vagy automata szűrőcserét végző rendszer segítségével. Az enyhe túlnyomás biztosítása továbbra is hasznos, hogy a szűrt levegőn kívül egyéb szennyezett levegő ne tudjon bejutni a fülkébe így elkerülve az inkorporációt, illetve az egyéni védőfelszerelést. Ebben az esetben nem szükséges leválasztani a sofőr fülkét és a hátsó fülkét, ezzel megkönnyítve a kommunikációt, feladatmegosztást és a kollektív védelmet nyújtó eszközök számát.

A gépjárművet célszerű felszerelni vasúti- vízi-, légi szállításhoz szükséges rögzítő- és emelő-, valamint vontatáshoz, (ön)mentéshez szükséges elemekkel. Ezzel is elősegítve a nemzetközi együttműködés során való felajánlás lehetőségét az univerzálisabb célterületre való kijutást. Belül is célszerű rögzítési lehetőségek kialakítása, amik előnyösen használhatók a keményebb terepen végzett mérések során. A gépjármű kívül-belül olyan anyaggal legyen befedve, ami könnyen dekontaminálható, szükség esetén kívülről szükséges lehet az öndekontaminálás legalább a mérőműszerek és szenzorok terén. Dekontaminálás szempontjából ugyancsak fontos, hogy az illesztések és az ergonómia azt a célt szolgálja, hogy ne tudjon benne megülni a szennyeződés, illetve minél könnyebben eltávolítható legyen.

A belső tér védelme érdekében előnyösen használható a szennyeződés tapadását elősegítő fólia, ami szükség esetén könnyen eltávolítható és cserélhető. Olyan műszereket, kezelő felületeket célszerű alkalmazni, amelyek ugyancsak könnyen dekontaminálhatók (olyan fóliával, anyaggal van bevonva, ami vegyszerálló és könnyen tisztítható). Több rétegű ragacsos fóliát célszerű használni a belépési ponton és a közlekedési útvonalon az elszennyeződés elkerülése végett, ami ugyancsak szakszerűen és könnyen eltávolítható. A gépjármű felderítési céllal való felhasználása miatt nagyobb vizuális megfigyelőképességgel kell, hogy rendelkezzen, de nem a sugárnyékolás rovására. Ez szükséges mind méréstechnikai, mind mintavételi szempontból egyaránt. Ki kell alakítani a kocsin belül olyan részt, ahonnan mintavétel (talaj, víz, növény, levegő, üledék, élelmiszer stb.) lehetőségét meg lehet oldani, illetve szükség esetén jelölő zászló segítségével a szennyezett területet vagy a mintavételi pontot meg lehessen jelölni.

A gépjármű beépített műszerezettségét illetően, mindenképp szükséges a gépjárművön kívüli és gépjárművön belüli széles méréstartományú dózisteljesítmény mérésére szolgáló távadó, aminek megjelenítése a parancsnok részére mindig rendelkezésre áll. A külső dózismérők tekintetében gondoskodni kell a mechanikai védelmükről, oly módon, hogy az a mérés érzékenységét nagymértékben ne rontsa. A korábbiakban említetteknek megfelelően szükség lehet a detektor (burkolatának) külsejének dekontaminálására, amennyiben a ráülepedett por vagy egyéb szennyeződés ezt megkívánja. Célszerű erre kiépíteni egy dekontamináló vegyszeres fúvóka rendszert. A külső detektor kapcsán célszerű háttérkompenzációs technikát alkalmazni, ezzel is lehet bizonyos mértékig a dózisznövekményt kompenzálni. A külső detektorok kapcsán oda kell még figyelni az irányszögfüggésre a mérés magasságára és a sugárnyékolás (páncélzat) kompenzációjára.

A külső detektorral kapcsolatosan leírtak ugyanúgy vonatkoznak a korábban említett csapat szállító járművekre, hogy a sugárfelderítési céloknak jobban megfeleljenek. A gépjármű képes kell, hogy legyen útvonalmonitoring mérésére (GPS koordinátákhoz rendelt dózisteljesítmény és/vagy felületi szennyezettség mérése az általunk beállított időciklus függvényébe, térképre való illesztéssel, színkóddal való megjelenítéssel) hasonlóan a KEL üzemeltetésében lévő sugárvédelmi mérőkocsira tett fejlesztési javaslatomhoz. Ezt a funkciót ugyancsak célszerű kiépíteni a másik kettő csapatszállító jármű esetén is, aminek az eredményei folyamatosan meg kell, hogy jelenjenek a sugárhelyzet értékelőknél a térképes megjelenítéssel együtt. Erre azért van szükség, mert így folyamatosan nyomon követhetők az autók közelében lévő dózisviszonyok (sugárfelderítés), amik adott esetben megkönnyítik a döntéshozók munkáját.

A gépjárműnek további elengedhetetlen része a járműfedélzeti meteorológiai mérőrendszer, hiszen a meteorológia alapján tudja megváltoztatni a várható radioaktív csóva irányát, nagyságát vagy eső esetén a felületi kiülepedést, szennyeződést. A mintavétel megvalósítására egy beépített (ami egyben lehet mobil is) levegőmintavételi egység is szükséges, ami rendelkezik különböző szűrőkkel, mintavevő egységgel aeroszol, jód és nemesgáz meghatározás miatt. A mintavételi rendszerek esetén lehetőség szerint olyat kell választani, ami egyben a mérést is el tudja végezni és szükség esetén a beállított riasztási értékeknek megfelelően figyelmeztető jelzést küldeni.

Az előzőektől függetlenül a minták elemzéséhez ki kell alakítani az autón belül „féllaboratóriumi” körülményeket plusz árnyékolással, hogy az izotóp-összetétel meghatározható lehessen. Erre a célra a legmegfelelőbb megoldás az elektromos hűtésű HPGe in-situ gamma-spektrometriai félvezető detektoros mérőrendszer, amivel a gyors analízist el lehet végezni, de szóba jöhet még a jobb hatásfokkal és rosszabb felbontással rendelkező NaI(Tl) szcintillációs detektor vagy a kettő között elhelyezkedő jobb felbontóképességű, de gyengébb hatásfokú (NaI(Tl) detektorhoz képest) LaBr₃(Ce) dektor is. Ezek nagy előnye, hogy terepen gyalogos felderítésre is jól alkalmazhatók és típustól függően az izotópok minőségi és mennyiségi analízisére is használható (megfelelő kalibráció esetén).

A mintavételt elősegítően ki kell alakítani manipulátor karokat, amik lehetnek manuálisak vagy távvezérelt félautoma- vagy automata. A mintavételekhez a megfelelő geometriájú edényzetek, mérőedényzetek is rendelkezésre kell, hogy álljanak. A kézi műszerek közül a felszerelés része kell, hogy legyen a dózis-teljesítmény mérő, ami a sugárzási viszonyoknak megfelelően, lehet nagyfelületű elsősorban környezeti dózismérésre szolgáló NaI(Tl), plastik vagy a kettő kombinációjából az úgynevezett szendvics detektoros. Magas sugárzási térben előnyösen használható az ionizációs elven alapuló elsősorban GM- vagy proporcionális elven működő detektor, de akár az ionizációs kamra is.

A széles dózistartomány esetén a több detektoros szondák használatosak, amiket – elsősorban gyalogos felderítésnél kihasználva – távtartókra (teleszkópos botra) lehet szerelni vagy az alapműszer kiegészítéseként egyéb méréstartományt kiterjesztő szondákat hozzákapcsolni és ezáltal a méréseket elvégezni. Ugyancsak célszerű kézi felületi szennyezettségmérőt is magunknál tartani, ami célszerűen lehet az α - β sugárzásra érzékeny vagy β - γ sugárzásra érzékeny, de most már a mindhárom sugárzást szimultán mérő felületi szennyezettségmérők is elérhetők. A helyszíni izotópösszetétel meghatározására az in-situ nagyfelbontású HPGe félvezető detektor az ajánlott.

A személyzet folyamatos operatív dozimetralását az aktív elektronikus dózismérő segíti még passzív elemként pl. a hatóságilag is elfogadott TLD. Az egyéni védőeszközök ugyancsak elengedhetetlen tartozékai a felszerelésnek. Ilyenek a zárt gumírozott kezeslábasok, gázálarc a megfelelő szűrőkkel, cipővédő, kesztyű, védőcipő stb. Azonban ha már a dozimetralásnál tartunk, jelen technikák és az önvezető autók idején nem földtől elrugaskodott az az alternatíva sem, hogy az autó vagy autók távolról vezérelhetők legyenek és bizonyos feladatokat maguktól elvégezhessenek. Ilyen esetben a sugárárnyékolási képességekből is lejjebb adhatunk és az élőerő alkalmazása is szükségtelen. Ugyancsak alternatíva lehet az ALARA elv jegyében, hogy a sugárvédelmi mérőautó tartozéka legyen egy vagy több sugárfelderítő robot vagy drón, amit az autóból, mint irányító központból is vezérelhetünk.

Az adattovábbítás és kommunikáció ugyancsak fontos részét képezik a gépjárművel történő felderítésnek. Itt azonban külön kell választanunk az egyes egységeket. Egyrészt vannak olyan kézi műszerek, amelyek képesek az általuk mért adatokat továbbítani vezeték- vagy vezeték nélküli kapcsolaton keresztül, de ez jellemzően a néhány méteres távolságtól a több tíz méteres távolságig terjed. A kézi műszerek által szolgáltatott adatokat és/vagy a gépjárműbe beépített sugármérő eszközök adatait célszerű először lokálisan a gépjárműben belül összegyűjteni. Majd ezen adatok ismeretében a gépjármű sugárvédelmi parancsnoka az, aki hivatott eldönteni mely releváns adatok továbbítása szükséges a döntéshozók szempontjából. Az adatok továbbítása a központi adatgyűjtő szerverre a legkézenfekvőbb. A leggyorsabb módja ennek a vezeték nélküli kommunikáción alapuló adattovábbítás.

A személyek közötti kommunikációt segítheti az URH és EDR rádiótechnika, de az ilyen rádiózások alkalmával, főleg aki a terepen felderítést végez a beszédváltós technikán alapuló eszköz nagy segítséget tud nyújtani. Egy másik kommunikációs eshetőség lehet még a mobiltelefonon való kapcsolattartás. A műszer és a sugárvédelmi mérőautó közötti vezeték nélküli kapcsolat adatforgalom lebonyolításra kell, hogy képes legyen. Ebben az esetben, szóba jöhet a rádiófrekvencia pl. a WIFI, TETRA vagy más internet alapú rendszer, de akár műholdas kapcsolat is.

A paksi atomerőmű példájánál maradván mindenképp javaslom a mérőkocsi által mért sugárzási paraméterek eljuttatását a központi SER SCADA rendszerbe, azonban mind a jelenlegi mérőautó esetén, mind pedig a SER SCADA rendszerbe való eljuttatása további fejlesztéseket és kiterjesztéseket vonz maga után. A nukleárisbaleset- elhárítás szempontjából három terepi képességekkel rendelkező autót látok célszerűnek a három sugárvédelmi felderítő rajnak. Ebből az egyik sugárvédelmi szempontból teljeskörűen felszerelt a másik kettő egyszerűbb sugárfelderítési célra is használható, azonban elsődleges funkcionalitása a szállítás és kimenekítés maradna. A KEL üzemeltetésében lévő sugárvédelmi mérőautó elsődleges felhasználási módja továbbra is a normál üzemi, esetleg a kisebb üzemzavari működés során való sugárfelderítési és mérési képesség maradna.

A sugárfelderítő raj feladataiból kiindulva, miszerint vegyi- és biológiai felderítést is kell tudniuk végezni a terepi és sugárárnyékolási képességekkel rendelkező autót célszerű mindjárt kiegészíteni az ilyen fajta képességekkel és műszerekkel, amit jelenlegi állapotukban csak kézi műszerekkel tudnának elvégezni egyéni védőfelszerésben. Mivel a dolgozatomban elsősorban a sugárvédelmű vonatkozású feladatokkal kapcsolatosan foglalkozom ezért a vegyi- és biológiai képességekről korlátozott módon szeretnék csak említést tenni. Elmondható azonban, hogy e tekintetben is széles mind a fedélzeti mind a kézi műszerek kínálata, ami általában a kibocsátott infravörös- vagy lézer sugárnyaláb visszavert spektruma alapján vagy pl. lángfotometriás alapon határozza meg a szennyezőanyagokat és annak kiterjedését. Célszerű az ilyen műszerek beszerzése is, hiszen ezzel a módszerrel nagyobb távolságból is beazonosíthatók a szennyezőanyagok.

Erre a célra szóba jöhetnek még a fixen telepített a telephelyet folyamatosan pásztázó műszerek is, amennyiben a fenyegetettség fennáll. Másik alternatíva lehet még a külső segítség kérése, hiszen ahogy már korábban említettem mind a katasztrófavédelem, mind a honvédség és egyéb állami szervek rendelkeznek ABV eszközökkel felszerelt gépjárművekkel. És ha már megemlítettem az ONER szervekkel összefüggésben a speciális járműveket, legalább ennyire fontos, hogy az erőműben használt és kifejlesztésre váró járművek tudjanak kommunikálni és adatot szolgáltatni az országos szervek felé, akik az ilyen jellegű eseményekben érintettek.

Külön örömdetes, hogy ezen a területen a KMDI jeles képviselői kiemelkedően sokat tettek. Egyúttal szeretném is megragadni a lehetőséget, hogy megemlítsek pár szakembert, akiknek a kutatásai, fejlesztései nem egyszer szabadalommal is zárultak. Először is Solymosi József nevét szeretném megemlíteni, aki több, mint 8 szabadalmával nagyban hozzájárult többek között a sugárzásmérők fejlesztésének területén, amit a Magyar Honvédség, a Polgári Védelem, a Katasztrófavédelem, a Paksi Atomerőmű és a sugárvédelem egyéb területén előszeretettel használnak a mai napig is.

A fejlesztések terén még szeretném kiemelni Baumler Ede, Gresits Iván, Gujgiczer Árpád, Pintér István, Nagy Lajos György, Vajda Nóra, Zagyvai Péter, Németh Ferenc, Erdős Kálmán, Sarkadi András, Horváth László, Vodicska Miklós, Kulcsár Ernő, Takács Márta, Bodrogi László, Dorogi László, Körösi Sándor, Ambrus Péter, Illés Zsolt, Platchovics György, Szabó Endre nevét, akik munkájukkal ugyancsak elősegítették a fejlesztéseket. A terület további nagy ismerői Csurgai József, Vincze Árpád, Horváth Kristóf, Zelenák János, Zsille Ottó, Nagy Gábor, Zsitnyányi Attila, Petrényi János, Petőfi Gábor, Halász László, Gimesi Ottó. Az előzőekben felsoroltak munkáit a releváns irodalomban felsoroltam, akik mind nagyban hozzájárultak e témával összefüggésben a szakterületükön folytatott kutatásaikkal.

2.4.3 Drónok alkalmazása a súlyos nukleáris baleset során

A légi sugárfelderítés katonai alkalmazását a gyorsaság és a hajózó állomány távolságvédelme miatt kezdetben a merevszárnyú és a harci helikoptereken tervezték alkalmazni. Erre született egy magyar szabadalom is köszönhetően Solymosi J, Baumler E, Nagy L Gy, Zagyvai P, Gresits I, Gujgiczer Á, Dorogi L, Takács M, Vajda N, Vodicska M: *„Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére”* a 201 161B lajstromszám alatt [144]. Ennek alapján a Gamma Műszaki Zrt. ipari kivitelben gyártja a RABV sugárfelderítő rendszer UAV-ra [305], továbbá a LABV Légi ABV-felderítő rendszer harci helikopterre telepített változatát. A légi sugárfelderítő rendszer korszerűsített változata alkalmas az elveszett vagy elloptott radioaktív sugárforrások felkutatására is, pontosság tekintetében összemérhető a földi felderítéssel, lehetőségeket tekintve pedig messze felülmúlja [296] állapítottuk meg szerzőtársaimmal az egyik korábban publikált cikkünkben.

Erről részletesen a Zelenák J, Csurgai J, Halász L, Solymosi J, Vincze Á: *A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy elloptott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során* cikkben olvashatunk [145]. Nemzetközi viszonylatban is egyre nagyobb figyelmet fordítanak a nukleáris területen bevethető drónokra. Ennek egyik eklatáns példája az angolok által fejlesztés alatt álló ARM (Advanced RISC Machine) [306] rendszert magába foglaló hat rotoros drón (17. kép) vagy az ugyancsak angol Bristol Egyetemen fejlesztés alatt álló négy rotoros (17. kép) AARM (Advanced Airborne Radiation Monitoring) [307] rendszert tartalmazó drón.



17. kép: Angol fejlesztésű ARM és AARM sugárfelderítő drónok. Forrás [306, 307]

A katasztrófavédelem és sugárfelderítés területén például teljesen új irányzatot képvisel a hyperspektrális légi felderítés alkalmazási lehetősége, amivel kapcsolatosan több cikk is napvilágot látott, legnagyobb örömünkre magyar kutatók élen járásával csakhogy egy párat említsek: Solymosi, József, Halász László, Lucas Grégory tollából az „*Exploring the capacities of airborne technology for the disaster assessment*” címmel [308], Solymosi József, Lénárt Csaba, Lucas Grégorytól: „*Using hyperspectral imaging in nuclear radiation aerial reconnaissance? A preliminary study*” [309], Solymosi József, Lucas Grégory: „*Preliminary study on the detection of radioactivity with airborne remote sensing systems*” [310]. A drónok alkalmazhatóságát a sugárfelderítésben én is tanulmányoztam több publikációmban, ami szerintem nagy jövő előtt áll [296, 311].

Ezek után szeretnék is rátérni arra, hogyan alkalmazhatók a drónok a sugárhelyzetértékelés részeként, előtérbe helyezve a súlyos nukleáris baleseti helyzetet. Az eddigi nemzetközi szakirodalmak tanulmányozása során úgy gondolom, hogy nemzetközi vonatkozásban is sokkal jobban ki lehetne használni a drónok előnyös tulajdonságait nemcsak egy atomerőmű baleseti, hanem normálüzemi és üzemzavari szituációiban is vagy ide lehetne még sorolni az esetlegesen elveszett sugárforrás felkutatását is. Ugyancsak előre mutatónak gondolom azt, hogy a drónok felhasználási területe túlmutat egy nukleáris létesítmény esetén a sugárvédelmi vonatkozású felhasználási területeken. Példának okáért úgy gondolom, előnyösen használható a vegyi- és biológiai felderítések során, fizikai védelemhez kapcsolódó feladatokban, külső technológiai rendellenességek felderítésében, katasztrófavédelmi helyzetek felmérésében, elhárításában és a sort még sokáig folytathatnám.

Maradva a sugárhelyzetértékelésnél a legnagyobb előnyüket abban látom, hogy nagymértékben elő tudják segíteni a nukleáris környezeti monitorozást, jól kiegészítve vagy adott esetben helyettesítve az állandó telepítésű távadókat. Ezen kívül meg tudják közelíteni – ráadásul az egyéb felderítési módszerekkel összehasonlítva sokkal gyorsabban – az olyan helyeket is, amiket gépjárművekkel vagy gyalogosan nem vagy csak igen körülményesen, továbbá a súlyos, akár épületkárosodással is járó nukleáris balesetek esetén is előnyösen használhatók a sugárzás forrásának közeli mérésére. Gazdaságossági szempontból a drónok beszerzése és üzemeltetése is jóval kedvezőbb, mind a telepített távadók, vagy akár a gépjárműves felderítés. Ha pedig figyelembe vesszük, hogy a drónok alkalmazása során nem kell számolnunk az élőerő sugárterhelésével, akkor pedig sugárvédelmi szempontból nagyon sokat tettünk az egyén védelme érdekében.

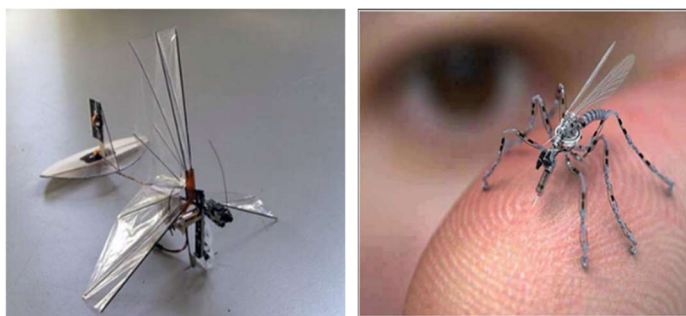
A drónok széles palettája lehetővé teszi, hogy a sugárfelderítés során különböző feladatokat végezhessünk velük. A merevszárnyú drónok leginkább nagy kiterjedésű viszonylag síkfelületek gyors és hatékony felmérését teszik lehetővé, főleg ha nagy felületű detektorral tudjuk ellátni és mindezt viszonylag kis magasságban tudja véghez vinni. Ez a formáció a sugárszennyezettség mértékén kívül meg tudja határozni az azon belüli magasabb sugárzási térrel rendelkező úgynevezett gócpontokat, amiből következtetéseket lehet levonni a szennyezés terjedésének morfológiai formációira. Ide vonatkozóan már az 1990-es évektől fejlesztettek magyar merevszárnyú drónokat egészen 2007-ig. Ezek időrendben a következők voltak: Szojka-III, Denevér, Meteor-3MA, IKRAN, BORA és az utóbbi kettő irányítására egy mozgó vezetési pontot az MRVP-ét (18. kép). Ezen belül a Szojka III-on próbálták ki a korábban már említett Gamma Műszaki Zrt. által legyártott RABV-t. A sugárfelderítő rendszer megfelelt mind kiterjedt szennyezett felület, mind pontforrások lokalizálásra. A gamma sugárzás mérési tartománya 50 nGy és 500 mGy/h (15%) volt lehetséges indikálási tartománya pedig 10 nGy/h 10 Gy/h (30%) volt 60 keV és 1,5 MeV energiatartomány között [296].



18. kép: Magyar fejlesztésű merevszárnyú drónok. Forrás [296]

Mielőtt még rátérnék a forgószárnyas drónokra ugyancsak hazai tapasztalatból a helikopteres felderítésre vonatkozó LABV légi felderítő rendszer képességeit foglalnám össze. Ez a rendszer is megfelel a kiterjedt szennyezett területek és pontforrások felderítésére, lokalizálására. A kiterjedt sugárszennyezés esetén elmondható, hogy a háttér 1,5 – 2 szerez értékénél már használható volt a rendszer, de 2-3 szoros érték fölött még egyértelműbben el tudta végezni a feladatát a felderítő eszköz 80-100 m-es magasságból 150-180 km/h sebesség mellett, nagy energiájú (500 keV feletti) több száz kBq aktivitás mellett. Még pontforrás esetén 50-60 méteres magasságból 100-120 km/h repülési sebesség mellett 10-20 $\mu\text{Gy/h}$ fölött már kimutatható volt a forrás (500 kBq aktivitású, 500 keV feletti vagy 1,5 – 2 Mbq 100 – 500 keV energiájú forrás esetén). Felderítő rendszer BNS-98 (GM-csővet) és NDI-65/SK (szcintillátort) tartalmazott.

Így a fent említett magasság és sebesség mellett 300 km²/h szennyezett terepszakasz vagy 20 km²/h pontforrásnál a felderíthető terület [296]. Ezek után el lehet képzelni, hogy a forgószárnyas drónok milyen jól alkalmazhatók felderítési feladatokra, akár egymagában akár kötelékben alkalmazva. Bár a sebességük elmarad a merevszárnyú változattól, azonban precíziósabb felderítések elvégzésére képes például magasabb épületeket is magukba foglaló lakott területeken és alacsonyabb magasságban kisebb sebességgel még pontosabb meghatározásokra képes nem beszélve arról, hogy akár mintavételi feladatokat is könnyen végezhetünk vele. A különböző drónok közül talán még az egyéb kategóriába sorolható tenyérméretű és kisebb, a rovarok szárnymozgatásához hasonló elven működő drónokat említeném meg, amelyek komplexebb mozgásra is képesek (19. kép).



19. kép: Széles körben még nem elterjedt drónok. Forrás [296]

Bevetetősége még akár az olyan épületeken belül is megvalósítható, ahol az irányítástechnika és jel- vagy adattovábbítás megoldható – ez a paksi atomerőmű esetén, akár az URH rendszerhez mindenhol kiépített repeaterok segítségével megoldható –. Mivel az ilyen méretű drónok is képesek kisebb tömegű tárgyak, így akár detektor megemelésére előnyösen használhatók olyan helyek előzetes felderítésére, ahova embereket kell küldeni, például, műszaki vagy életmentési feladatokra vagy csak egyszerűen ha a helynek vagy berendezésnek a sugárzási viszonyaira vagyunk kíváncsiak.

A drónokon alkalmazható sugármérő rendszer felépítésével kapcsolatosan a következő alapvető rendszerekre van szükség: detektorok és a detektorok elektronikus egységei, elsődleges adatfeldolgozó és adattároló, adatátviteli rendszer (rádióhullám, szórt spektrumú sugárzás, műholdas átvitel vagy ezek kombinációja), másodlagos adatgyűjtő és adatfeldolgozó, adatmegjelenítő rendszer. A megvalósítandó mérőrendszerrel szemben elvárható, hogy viszonylag kis tömegű legyen, a detektor kis tömegű, nagy megbízhatóságú és széles méréstartományú legyen. Az egyik legelterjedtebb típusuk a Geiger-Müller-számlálócsövek. Egy adott típusú GM-cső dózistartománya 4–5 nagyságrendet fog át, ebből általában jól kihasználható három nagyságrend.

Ugyanakkor a különböző típusú GM csövek különböző, egymást részben átfedő méréstartománya lehetővé teszi, hogy több típusú GM-cső kombinációjával nagyon széles mérési tartományt alakítsunk ki. Természetesen itt is szóba jöhet a többi gázionizációs detektor is. Ugyanakkor a szilárdtest detektorok számlálási határfoka nagyságrendekkel meghaladja a gázionizációs detektorokét, ami a mérési idő csökkenésével különös jelentőségű a légi sugárfelderítésnél. Ezen túlmenően az energia szelektív detektorok, mint a szcintillációs kristályok, például a NaI(Tl), vagy a CsI(Tl) lehetőséget nyújtanak a gammasugárzó radioizotópok fajtáinak a közelítő detektálására is közvetlenül a felderítés folyamatában [296]. A drón méretétől és a rotorok számától függően a nagyobb tömeggel rendelkező detektorok is szóba jöhetnek, ilyenek lehetnek az energiaszelektív mérésre szolgáló nagyobb felületű további szcintillációs detektor vagy akár egyéb félvezető detektorok (HPGe, Si(Li), PIN dióda, SDD). A félvezető detektorok kapcsán a légi felderítéssel detektálható izotópok körét a 4.20 melléklet táblázatában [145] sorolom fel. A táblázatban olyan izotópok kerültek felsorolásra, amelyek gamma sugárzásuk révén detektálhatók és ipari vagy egyéb gyakorlati alkalmazásuk révén jöhetnek számításba. Példának okáért szeretném felsorolni pár izotóp kimutatási határát, amit egy 72 km/h sebességre és 40 kg hordozására képes Swissdrones SDO 50 V2 drónnal mértek, 50 %-os relatív hatásfokú HPGe detektorral (85*30 mm-es kristály) és Monte Carlo módszerrel számolt matematikai hatásfok kalibrációval. Ezek a földtől 20 és 100 méter közötti távolságon mért értékek 300 másodperces mérési időre vonatkoztatva $\pm 11\%$ átlagos hiba mellett: ^{57}Co (121,8 keV)-re: 0,7–8,4 MBq, ^{152}Eu (344,3 keV)-ra: 1,7–18,0 MBq, ^{137}Cs (661,7 keV)-re: 0,7–37,6 MBq, ^{60}Co (1173,2 keV)-ra: 0,6–19,0 MBq, ^{60}Co (1332,5 keV)-ra: 0,6–18,0 MBq, ^{152}Eu (1408 keV)-ra: 3,2–102,0 [312].

2.5 Részkövetkeztetések

1) Az első fejezetben összegyűjtöttem azokat a hazai jogszabályi környezetet, amelyek meghatározóak az ÁVIT-ban és azon belül az NBEIT megalkotásában. Sorra vettem még azon nemzetközi ajánlásokat és hazai útmutatókat, amelyek ugyancsak segítséget nyújtanak az NBEIT hazai, európai únios és nemzetközi jogharmónizációban. Utána az NBSZ-nek megfelelően összeírtam a nukleárisbaleset-elhárítás alapját képező részeket, amelyekről a következőkben tételesen is írok. A tanulmányozás során megállapítható volt, hogy az előzőekben leírtaknak mind az ÁVIT mind az NBEIT megfelel.

a) A szervezési követelményeken belül ismertettem és felülvizsgáltam azon alapvető követelményeket, ami az NBEIT szempontjából nélkülözhetetlen feltételeket jelent. Ez kitért a BESZ szervezet létrehozására és strukturájára a beosztottak szakképesítésére, kiképzésére. A biztonsági elemzések alapján le lettek fektetve azon üzemállapotok, amire vonatkozóan a balesetelhárítás el kell, hogy lássa a feladatát.

Ezt követően a veszélyhelyzeti osztályozás körülményeit taglaltam és ezzel összefüggésben a bevezetendő óvintézkedések javaslat tételére vonatkozó követelményeket.

Végül a telephelyen belül és azon kívül tartózkodó személyek védelmével kapcsolatosan ismertettem az ide vonatkozó NBSZ követelményt. Összeségében megállapítható, hogy a szervezési követelmények az NBSZ előírásait a paksi atomerőmű teljesíti.

b) A létesítményi eszköz, berendezés és rendszerek tekintetében az erőmű ugyancsak teljesíti az ide vonatkozó NBSZ követelményeket.

c) Az oktatással és gyakorlatozással kapcsolatosan is az erőmű teljesíti a NBSZ ide vonatkozó pontjainak kritériumait.

d) A tájékoztatás követelményi rendszernek az atomerőmű ugyancsak eleget tesz mind az NBSZ mind a 167/2010. (V.11) és 165/2003. (X.18.) Korm. r. tekintetében.

e) A veszélyhelyzet-kezeléssel kapcsolatos követelmények megfelelnek az NBSZ pontjainak és a 167/2010. (V.11.) Korm. r 14.§-ban foglaltaknak is.

f) A veszélyhelyzeti osztályozáson belül ismertettem azon időkorlátokat, aminek az osztályba soroló meg kell, hogy feleljen és ismertettem azon rendszereket (KBFMR, BVFR, KBF) amelyek ezt a munkát segítik. Azt a megállapítást vontam le, hogy ezek a rendszerek tényleg előre mutató segítséget nyújtanak az osztályozásban. Az eddigi gyakorlatok során az volt tapasztalható, hogy a szintidő betartása lehetséges, azonban több blokkos események kapcsán ez igazán nagy kihívást jelent a besoroló személynek.

- g) Deklarálva lettek az OBEIT alapján megkülönböztetett veszélyhelyzeti tervezési kategóriák a paksi atomerőmű esetére (I., III., IV.) és ugyancsak ismertettem a három tervezési zónát (MÓZ, SÓZ, ÉÓZ), amik alapján az erőmű meghozhatja szükség esetén a különböző intézkedésekre tett javaslatait. Az ilyenfajta zónákra való felosztás jó kiindulási alap az egyes intézkedések meghozatalára.
- h) A riasztási renden belül bemutattam azokat az eszközöket, amik rendelkezésre állnak e célból és megállapítottam az egyes szituációkra, hogy milyen eszközzel milyen sorrendben kiket kell értesíteni, valamint milyen riasztó jelzések adhatóak ki. Arra is kitértem ebben a részben, hogy hol találhatóak ezek az eszközök. Az eszközrendszerek diverzitása és redundanciája megfelelő, több lehetőség is van a riasztás kiadására, továbbítására.
- i) Kapcsolattartás részben bemutatásra került, hogy egy rendkívüli esemény kapcsán az LTT-ben foglaltak, hogyan valósulnak meg a lakosság felé, illetve milyen feladata van a LATÁCS-nak. Kitérek arra is, hogy a külső együttműködőkkel milyen eszközökön keresztül milyen gyakorisággal, milyen sorrendben valósul meg a tájékoztatás. Ezek alapján az egyes működési állapotokra a kellő időciklus áll rendelkezésre a megfelelő szervek felé a veszélyhelyzeti kategóriáknak megfelelően.
- 2) Ebben a részben a sugárvédelmi vonatkozású feladatokat kellő részletességgel tárom fel az egyes működési állapotokra (készenléti, veszélyhelyzeti, helyreállítási) illetve ezeken belül az egyes feladatokra
- a) Sugárhelyzet-értékelésen belül összefoglaltam, hogy milyen információ-források jöhetnek számításba, milyen adatok állnak rendelkezésre és ezekből az adatokból ki lehet indulni a terjedési- és sugárterhelési számítások kapcsán, valamint lehet következtetni a kibocsátás útvonalára és az egyes veszély-zónák kijelölésére. Az ehhez kapcsolódó eszközök a megfelelő helyen rendelkezésre állnak, azonban ezen a téren még sok potenciális fejlesztinavaló teheti még hatékonyabbá a sugárhelyzet értékelést, mind a terjedésszámító szoftverek tekintetében, mind pedig a felderítési eszközök tekintetében, amikre a későbbiekben ki is térek.
- b) A sugárvédelmi-, vegyi és biológiai felderítésre alapvetően az erőműben rendelkezésre állnak megfelelő mennyiségben és minőségben az eszközök.

- c) A radiológiai-, biológiai-, vegyi felderítők jól kialakított csoportot képeznek a sugárszennyezettség-mérő részleggel és a három sugárfelderítő rajjal.
 - d) A mentesítő részlegek rendelkeznek a megfelelő mennyiségű és minőségű mentesítő állomással, amivel mind a személyeket, mind a járműveket a kellő hatékonysággal és áteresztési képességgel meg tudnak oldani.
 - e) A nukleárisbaleset-elhárításban résztvevők védelme érdekében adottak azok az eszközök, amik által kontroll alatt lehet tartani az elszenvedett sugárterhelésüket és kellően szabályozott módon történik a külső és belső sugárterhelésre vonatkozó eljárás.
 - f) A sugársérültek ellátására rendelkezésre áll a megfelelő protokoll az egyes sugárállományok szinteknek megfelelően.
- 3) Mint ahogy korábban írtam is a sugárhelyzetértékelés egy esetleges súlyos nukleáris-baleset kapcsán elengedhetetlen része a környezetterhelés csökkentésének minimalizálására és egyben a lakosság illetve a telephelyen tartózkodók védelmére. Éppen ezért tartom fontosnak, hogy ezen a területen a meglévő rendszereken fejlesztéseket hajtsunk végre és a meglévő eszközállományokat egészítsük ki további, a sugárhelyzetértékelést elősegítően. A következőkben ezeket a fejlesztési javaslatokat mutatom be részletesebben.
- a) A SER KK-án belül futó DOSE ON LITE program dózisméréseken alapuló terjedésszámító algoritmusát szükséges lenne beintegrálni a korábbi DOSE ON programba, ami ezáltal meg tudná határozni az indító jelét egy esetleges súlyos nukleáris baleseti eseménynek, valamint felismerné, hogy a kibocsátás hol történik és a baleseti izotóp-összetételre is tudna következtetni, ezáltal egy valós forrástag generálódhatna a TREX 2 program részére. Ehhez természetesen még egyéb fejlesztésekre is szükség van a DOSE ON kapcsán.
 - b) A TERX 2 program egy Lagrange-féle megközelítést alkalmaz, ami az erőmű 30 km-es körzetére jó előrejelzéseket tud adni, köszönhetően az OMSZ előrejelzett adatai alapján, azonban erre valós forrástagot kellene kapnia, ami jelenleg nem megoldott. Szükséges lenne a DOSE ON-nal való összekapcsolása, ami által megoldható lenne a valós - SER SCADA-ból nyert izotóp-összetételre és mennyiségre vonatkozó – forrástag meghatározása és egyben a TREX 2 programnak való átadása.

- c) A következő részben a sugárvédelmi mérőkocsi fejlesztésére tesztek javaslatot, ami egy terepjáró képességekkel bíró, sugárnyékolt autó megtestesítésében látom. A megfelelő útvonalmonitoring rendszerrel és egyéb mérések elvégzésének képességével, kiegészítve a mintavételi lehetőséggel. A kocsi kialakítása egyben kollektív védelmet nyújtana a benne ülők számára és a megfelelő kézi műszerekkel egyéb gyalogos felderítési lehetőségekre is képes lehet, természetesen a megfelelő vezeték nélküli kommunikáció is alapelvárás lenne a kocsit illetően, amiről az adatok megjeleníthetők lehetnének mondjuk a SER SCADA rendszeren keresztül.
- d) A drónok alkalmazása egy teljesen új területet nyitna meg a sugárhelyzetértékelés terén és attól függően, hogy milyen és mennyi drónt szeretnénk alkalmazni különböző jellegű felderítésekre lehetne felhasználni, elsősorban súlyos nukleáris baleseti jellegű szituációkban, de természetesen más esetekben más területeken is igen jól kihasználhatók lehetnének. Előnye között említeném meg mindenképp a kedvező üzemeltetési és beszerzési költséget. Az emberek sugárterhelésének minimalizálást, a gyorsaságát és univerzális mivoltát a különböző feladatokra

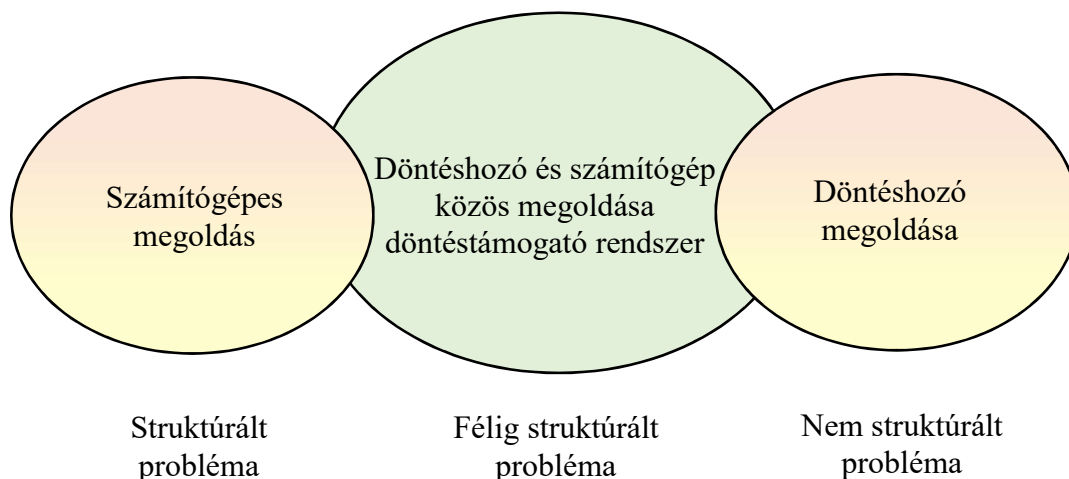
3. Komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztése

Az értekezésem harmadik hipotéziséhez kapcsolódóan külön fejezetben mutatom be a komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztésével, ami egy súlyos nukleáris baleset esetén nagyban meg tudja könnyíteni a döntéshozók munkáját, hogy a lehető leggyorsabban a legoptimálisabb döntést tudják meghozni. A szoftvert nemcsak a súlyos nukleáris balesetek kapcsán lehet felhasználni, hanem normál üzem mellett vagy kisebb-nagyobb üzemzavaroknál esetleg baleseteknél egyaránt, sőt egyéb veszélyhelyzeti szituációkban is.

3.1 Döntéstámogató rendszerekről általában

A döntést elősegítő rendszerek első megjelenése az 1970-es évekig vezethető vissza, melyek már interaktív módon tudtak kezelni egy adott problémát ezzel hozzájárulva egy adott döntési folyamathoz. Ezeket a rendszereket hívjuk manapság döntéstámogató rendszereknek. Definíciószerűen a döntéstámogató rendszer olyan integrált számítógépes eszközök összessége, amely döntési modellek, adatbázisok és a döntéshozó saját ítélőképességének segítségével interaktív módon nyújt segítséget a nem programozható vagy részben programozható döntések meghozatalában [313, 314] ezt szoktuk angolul Decision Support Systemnek hívni [315].

A döntéstámogató rendszerek képesek nagy mennyiségű adatok kezelésére és feldolgozására, valamint különböző matematikai és analitikai modelljeinek segítségével előrejelzéseket és javaslatokat készíthetnek a döntéshozók számára, különböző jelentések formájában. A döntési problémák lehetnek struktúráltak és félig struktúráltak. A struktúrált forma esetén a feladat jól meghatározott és a megoldás algoritmusok segítségével viszonylag könnyen kezelhető. Ebben nagy segítséget nyújtanak a számítógépek. A nem struktúrált döntési feladatok minenképpen emberi döntéshozatalt igényelnek. A valóságos problémák úgy mind általában az életben ritkán „fekete vagy fehér”, sokkal inkább szürke, ezért egyaránt tartalmaz programozható és nem programozható elemeket, vagyis a döntési problémák nagy része félig struktúrált. Az ilyen esetekre nagy segítséget tud nyújtani a döntéstámogató rendszer, amikor a döntés az ember és a számítógép közös munkájának eredménye. A döntéstámogató rendszerek struktúráltságát jól összefoglalja a következő 31. ábra [313].



31. ábra: Döntéstámogatói rendszer struktúráltságának kapcsolata.
Készítette a szerző, forrás [313]

A döntéstámogató rendszernek nem célja, hogy döntéshozó helyett meghozza a döntést hanem, hogy támogassa az egyedi, speciális vagy bonyolultabb problémák megoldását. Egy másik fontos feladata a döntés hatékonyságának elősegítése azzal, hogy a lehető legjobb döntés szülessen. A döntéstámogató rendszer fontos ismérve az interaktivitás. Ez azt is magában foglalja, hogy képes ad hoc jellegű lekérdezésekre gyors válaszokat adni, „mi van ha” jellegű analíziseket végezni, különböző alternatívákat elemezni, összehasonlítani. Fontos, hogy a döntéshozó irányítja a rendszert, vagyis ő teszi fel a kérdést és adja az utasításokat. Előnye, hogy a kapott információ rugalmasan formálható, módosítható az igényeknek megfelelően és szükség esetén továbbítható a megfelelő jogosultságok és mondjuk elektronikus aláírásnak megfelelően [313].

A döntéstámogató rendszerek felhasználói felületét úgy kell megtervezni, hogy felhasználóbarát legyen és a kezelhetősége pedig egyszerű. Bár manapság egyre természetesebb a számítógépes ismeretek megléte és valószínű, hogy a döntéshozatali pozícióban lévőkötől is elvárás, de mindig szem előtt kell tartani az előzőekben említetteket. Nagy hangsúlyt kell fektetni a kimeneteli formátumra is, hogy könnyen áttekinthető, jól szervezett, grafikus, táblázatos megjelenésű legyen. A rendszernek kellő mértékben rugalmasnak kell lennie, hogy megfelelően reagáljon az előre nem látható problémák elkerülésére. Nagyon célszerű és hasznos, ha a döntéshozó maga is részt tud venni a rendszer kifejlesztésében és létrehozásában, mert így az esetleges kisebb változtatásokat, módosításokat, bővítéseket ő maga is el tudja végezni. A döntési folyamat négy alapvető részre bontható, a feladat meghatározásra és adatgyűjtésre, a tervezésre, a választásra és a megvalósításra. A 17. táblázatban bemutatom a döntéstámogató rendszer egyes fázisait és funkcióit [313].

Döntéstámogató rendszer fázisai és funkciói		
Döntési folyamat lépései	Folyamat fázisai	Folyamat funkciói
Feladat meghatározása és adatgyűjtés	adatok gyűjtése	adatbáziskezelői lekérdezések
	probléma azonosítása	
	probléma felbontása	
Tervezés	modellépítés	statisztikai modellek
	választási kritériumok meghatározása	szimuláció
	alternatívák keresése	kockázatelemzés
Választás	megoldás kiválasztása	„mi van, ha...” elemzés
		érzékenységvizsgálat
	választás igazolása	célkereső elemzés
		optimalizáló elemzés
Megvalósítás	döntés sikerének vagy sikertelenségének elbírálása	adatbáziskezelői lekérdezések
	visszacatolás	

17. táblázat: A döntéstámogató rendszer fázisai és funkciói
Készítette a szerző Forrás [313]

A feladat meghatározásában és adatgyűjtésben az adatbázis-kezelők lekérdezései tudnak segítségünkre lenni. Innen kaphatunk információkat jelentések és ad hoc lekérdezések formájában. Ezek érkezhettek mind külső, mind belső forrásokból egyaránt és ezen adatok segítenek a probléma azonosításában, felismerésében, a megoldáshoz szükséges adatok összegyűjtésében és rendszerezésében. A tervezés fázisában kihasználjuk a döntéstámogató rendszer lehetőségeit. Különböző alternatívákat tudunk vizsgálni és elemezni, matematikai, statisztikai modellek, szimuláció segítségével. A választási fázisban kiválasztunk egyet a kidolgozott megoldások közül úgy, hogy az optimális legyen számunkra. Ebben segítségünkre van a „mi van, ha” típusú elemzés, érzékenységvizsgálat, a célkereső elemzés és az optimalizáló elemzés. Végül a megvalósítás során a döntés sikerének vagy sikertelenségének eldöntésében segíthet a döntéstámogató rendszer, ami visszacsatolást tud adni a döntéshozónak [313].

3.2 Döntéstámogató rendszerek erőforrásairól és felépítéséről

A döntéstámogató rendszerekhez elengedhetetlen öt alapvető erőforrás. A hardver(ek), a szoftver(ek), adatbázisok, modellek és maga a döntéshozó ember. A hardvereket illetően, ahogy korábban már említettem szoros az összefüggés a döntéstámogató rendszerek megjelenésével, elterjedésével és a hardver technológiai fejlődésével. A döntéstámogató rendszerek alapkritériuma az interaktivitás, éppen ezért a személyi számítógépek megjelenése előtt ez elképzelhetetlen lett volna. Az első rendszerek megjelenésének az időszaka is az 1970-es 1980-as évekre tehető. Manapság a döntéstámogató rendszerek a személyi számítógéptől kezdve a nagy szuperszámítógépekig mindegyikén futtatható a komplexitásnak megfelelően. Mivel a két legfontosabb meghatározó paraméter a feldolgozás sebessége és a tárolókapacitás, ezért gyakran hálózatba kapcsolt számítógépeken futnak. Ez így praktikusabb és gazdaságosabb is [313].

A szoftvereknek a szerepe nem más mint hogy kezeljék a különböző adatbázisokat és modelleket és hogy fenntartsák a kapcsolatot a felhasználó és a döntéstámogató rendszer között, vagyis létrejöjjön a kommunikáció. Lényeges még, amennyiben több döntéstámogató szoftvert használunk, hogy azok jól elkülöníthetők legyenek egymástól. Ugyanez igaz a döntéstámogató szoftverek kifejlesztését segítő úgynevezett generátorokra, amik lehetnek például különböző adatbázis vagy táblázatkezelők is. A probléma megoldást szem előtt tartva a szoftverek használhatnak külső vagy belső adatbázisokat vagy a döntéshozó által biztosított adatokat a lényeg, hogy hozzá lehessen jutni a probléma megoldásához szükséges legfontosabb információkhoz [313].

A döntéstámogató rendszer által használt modellek gyakorlatilag matematikai és statisztikai modelleken alapuló csomagok, amelyek rendezett formában vannak rendszerezve. Az egyes modellek, eljárások, programok táblázatok formájában kerülnek megvalósításra és tárolásra. A modellek tartalmazhatnak egészen egyszerű összefüggéseket, de lehetnek egészen bonyolult matematikai eljárások is. Az emberi erőforrások alatt a felhasználót, döntéshozót, üzemeltetőt vagy éppen a szoftverfejlesztőt kell érteni. A döntéstámogató rendszer fejlesztése készülhet a későbbiekben használó közreműködésével, sőt ez mindenképpen ajánlott is. Ebben a munkában tudnak segítséget nyújtani az úgynevezett generátorok, amik lehetnek felhasználóbarát alkalmazások vagy úgynevezett negyedik generációs programnyelvek. A bonyolultabb, komplex rendszerek továbbra is programozókat vagy legalábbis nagy szaktudású informatikusokat igényel, de mindeképpen célszerű ebbe is bevonni a későbbi felhasználókat is [313].

A döntéstámogató rendszerek alapvetően három részből tevődnek össze. A kommunikációs- a modellező- és az adatbáziskezelő almodulból. A kommunikációs almodul a felhasználó és a rendszer közötti kapcsolatot biztosítja, ami természetesen elengedhetetlen az interaktivitás miatt. A rendszer kezelhetősége ugyancsak kardinális kérdés ugyanis nem lehet elvárás, hogy a rendszert használó magas fokú számítástechnikai ismeretekkel rendelkezzen éppen ezért a felhasználói felület kialakításakor nagy hangsúlyt kell fektetni az egyszerű kezelhetőségre és a felhasználóbarát kivitelezésre. A kommunikációs almodul olyan hardveres szoftveres eszközökből áll, ami biztosítja és megvalósítja a rendszer és a felhasználó közötti kommunikációt. Ezek magukba foglalják a beviteli és kiviteli perifériákat, úgy mint billentyűzet, egér, monitor, nyomtató vagy olyan speciálisabb eszközöket, mint a touch-screen, az optikai jel- és karakterfelismerők vagy a hangfelismerő eszközök [313].

Különböző szoftveres eszközök segítik az adatok bevitelét, a modellek létrehozását és szükség esetén azok módosítását valamint a párbeszéd és lekérdezések megvalósítását. Erre a célra a rendszeren belül általában a korábban már említett negyedik generációs programnyelvi eszközök állnak rendelkezésre, melyek nem igényelnek mélyre ható programozási és számítástechnikai ismereteket. Példának okáért említeném meg az adatbázis lekérdezőket, amelyek párbeszédszerűen működnek, de ide sorolhatók a modellező nyelvek, amik a matematikai modellek elkészítésében nyújtanak segítséget, a jelentéskészítők melyek a legtöbb adatbáziskezelő rendszernek részei vagy az ábrakészítők, melyek szintén megtalálhatók a legtöbb integrált programcsomagban. A hagyományos procedurális programnyelvek is rendelkezésünkre állnak – mint például a BASIC, a COBOL, FORTRAN, Java, VBScript, Modula-2 vagy a Pascal – ezek azonban már algoritmizálási és programozási ismereteket igényelnek [313].

A modellező almodul fontos ismérve, hogy modellezési és szimulációs képességgel rendelkezik. A modellt úgy lehet elképzelni, mint valamilyen fizikailag létező objektumnak az absztrakciója. A modell tehát rendszerint egy tárgyat, tevékenységet vagy jelenséget reprezentál. A modellek használatát szimulációnak nevezzük melynek célja egy adott döntés hatásainak a megjósolása anélkül, hogy az esetleges negatív következményekkel ténylegesen számolnunk kellene [313]. A modell nem lehet a modellezés célja, a modellezett vizsgálatra kell, hogy alkalmas legyen, ezért a modellnek mindig „működőképesnek” kell lennie. A modell megalkotása előtt, ezért megfigyelésekkel ismereteket kell szerezni és hipotézissel kell élnünk [316]. A következő 18. táblázat bemutatja a modellezés és a szimuláció előnyeit és hátrányait.

A modellezés és szimuláció előnyei és hátrányai	
Előnyök	Hátrányok
Kevésbé költséges, mint az esetleges rossz döntés következményeinek a viselése.	Az üzleti rendszer modellezése meglehetősen nehéz, bonyolult feladat, melyben könnyű hibázni. Egy ilyen hiba következménye a hibás modell, amely rossz, könnyen félrevezető eredményeket szolgáltat.
Gyors, nem időigényes. Modellek segítségével akár hónapokat, éveket is tudunk néhány perc alatt szimulálni.	
A jó modell képes a jövőbe látni, bizonyos dolgokat előre jelezni.	A modellezéshez magas szintű matematikai ismeretek szükségesek, mellyel a döntéshozók általában nem rendelkeznek.
A modellezés segíti a tényleges fizikai folyamatok jobb megértését is.	

18. táblázat: A modellezés és szimuláció előnyei és hátrányai
Készítette a szerző, forrás [313]

A modelleket csoportosíthatjuk időbeli viselkedésük szerint. Ennek tükrében megkülönböztetünk statikus modelleket, melyek időben állandók és dinamikus modelleket melyek a modellezett jelenség időbeli vizsgálatát is lehetővé teszik. Azokat a modelleket, amelyek valószínűségi változókat és így valamilyen bizonytalanságot tartalmaznak, valószínűségi modelleknek a több modellt determinisztikus modelleknek hívjuk. Funkcióik és feladataik szerint vannak elemző modellek, melyek egy-egy döntési alternatíva kimenetelét szimulálják, segítve ezzel a menedzser munkáját, de rábízva annak eldöntését, hogy az egyes alternatívák közül melyik a legelőnyösebb. Az optimalizáló modellek ezzel szemben egy adott problémára ki is választják a legjobb megoldást. A modellek nagyon fontos szerepet játszanak egy probléma megoldásában, elemzésében [313].

A döntéstámogató rendszerben alkalmazott modellek leggyakrabban az alábbi négy elemző funkció valamelyikét valósítják meg.

- A „mi van, ha” jellegű elemzésnél a változók értékeit vagy a közöttük fennálló összefüggéseket változtatjuk és ennek függvényében vizsgáljuk más változók viselkedését.
- Az érzékenységvizsgálat tulajdonképpen a „mi van, ha” típusú analízis speciális esete. Itt egyetlen változó értékét változtatjuk általában kis lépésközökkel és ennek hatását vizsgáljuk a többi változó értékre.
- A célkereső elemzés az előző két eset fordítottja. Itt egy adott változónak kitűzünk egy elérendő célértéket és a többit addig módosítjuk amíg a célt el nem érjük.
- Az optimalizáló elemzés az előző módszer kiterjesztése. Itt nem egy célértéket tűzünk ki, hanem azt, hogy a vizsgált változó vagy változók az optimális értéket vegyék fel [313].

Az adatbázis-kezelő almodul az adatok tárolását és feldolgozását teszi lehetővé ezzel elősegítve a döntéstámogatást. A tárolt adatok egyrészt belső adatbázisából a szervezet saját tranzakció-feldolgozó rendszeréből származhatnak, másrészt külső adatbázisokból érkeznek, és végül vannak a döntéshozók saját kezelésében lévő személyes adatok is.

Az adatbázis-kezelő rendszer feladatai három csoportra oszthatók:

- Adatok tárolása: A tárolás tényleges formátuma, az adatbázis belső felépítése és szerkezete a felhasználók előtt a legtöbbször rejtve marad, számukra csak az adatok elérésének módja érdekes.
- Adatok elérése: Ez magában foglalja a rendszeres vagy kivételes jelentések generálását a lekérdezések megvalósítását és aktualizálását.
- Az adatok elérésének kontrollja: Az adatokhoz való hozzáférési jogosultságok ellenőrzése az adatbiztonság biztosítása és az adathasználat nyilvántartása [313].

A döntéstámogató rendszerek generátorai lehetnek a táblázatkezelő programok, melyekkel manapság már mindenki találkozott, még azok is, akik nem foglalkoznak mélyrehatóan számítógépes alkalmazásokkal. Ilyenek például az Excel, a Lotus, a Quattro, a Numbers, a Collabra Online vagy valamilyen egyéb ezekhez hasonló program. Az viszont kevésbé nyilvánvaló, hogy ezek a programok, ha limitáltan is, de speciális döntéstámogató rendszer generátoroknak is tekinthetők. Ez azt jelenti, hogy ezek olyan eszközök, melyek segítségével egyszerűen és gyorsan készíthetünk egyedi problémák megoldását támogató döntéstámogató rendszer alkalmazásokat. A táblázatkezelők előbb említett széles körű ismertsége és elterjedése indokolja tehát, hogy kicsit részletesebben is megvizsgáljuk, miért és hogyan alkalmazhatók e programok döntéstámogatásra [313].

Egy táblázatkezelő program felépítésére jellemző, hogy a döntéstámogató rendszer korábban említett mindhárom alrendszere megtalálható, vagyis fellelhető benne a modellezés, a kommunikáció és az adatkezelés is, azaz egy táblázatkezelő program alkalmas arra, hogy egy döntéstámogató rendszer generátora legyen. A menük és ikonok használatával fenntartható a felhasználóval a kapcsolattartás a dialógusok mellett. A fejlett táblázatkezelő programok manapság rendelkeznek adatbázis-kezelői képességekkel is. A modellépítést táblázatmodellek formájában támogatják, melyek alkalmasak „mi van, ha” típusú és célmeghatározó elemzésekre egyaránt. A modellépítés nem jelent mást, mint az adatok és az adatok közötti összefüggések – képletek, függvények – megoldását sorok és oszlopok formájában. Ezt a folyamatot beépített aritmetikai, statisztikai, logikai függvények segítik [313].

Különböző analíziseket tudunk eszközölni az adatok és képletek változtatásával, aminek során a rendszer automatikusan kiszámolja az új értékeket. Az eredmények kiértékelése, az egyes alternatívák különböző formában jeleníthetők meg. Ezek lehetnek táblázatos vagy grafikus megjelenítések vagy akár mindkettő. Ez is bizonyítja, hogy a táblázatkezelő programok, még ha nem is a legfejlettebb és legtöbbet tudó ilyen jellegű eszközök, de hatékonyan alkalmazhatók elemzésekre, különböző alternatívák összehasonlítására és előrejelzésekre. Az életben nagyon sokszor előfordul az is, hogy a gyakorlati problémák kapcsán a döntést nem egyetlen embernek kell meghoznia, hanem több ember együttes munkájának és konszenzusának az eredményeként jönnek létre. Az is előfordulhat, hogy a döntéshozó a döntés joga, de előtte kikéri mások, mondjuk a beosztottjai véleményét. Igaz, hogy kezdetben a döntéstámogató rendszereket eredetileg az egyéni döntéshozatal támogatására fejlesztették ki, de később az 1980-as évek vége felé már megjelentek olyan rendszerek is, melyek már a csoportos döntések meghozatalában is segítséget nyújtottak. Ezen eszközök a csoportos döntéstámogató rendszerek (Group Decision Support System: GDSS) [313, 317].

A csoportos döntéstámogató rendszer a nem vagy félig struktúrált problémáknak az interaktív számítógépes információs rendszere, amely egy csoport által történő megoldását segíti. A csoportos döntéshozatal egyik nagyon fontos eleme a résztvevők közötti kommunikáció. Ez a rendszer a hagyományos döntéstámogató már megismert képességeivel rendelkezik, de emellett rendelkezik a kommunikáció kialakítását és megkönnyítését elősegítő eszközökkel is. Ennek nagy előnye, hogy a jobb kommunikáció jobb döntést is eredményez, hiszen a döntéshozók jobban tudnak koncentrálni a problémára és kevesebb időt vesztegethetnek el felesleges dolgokra. Ez pedig maga után vonja, hogy az így felszabaduló időben a problémát mélyebben megértsék és így több és jobb megoldási alternatíva kidolgozására és elemzésére van lehetőség [313].

A csoportos döntéstámogató rendszer négy alapvető tényezőre épül: hardver, szoftver, személyek és eljárások. A hardver magában foglalja a számítógépeket, azon belül is leggyakrabban a hálózatba kapcsolt személyi számítógépeket, melyeken a rendszer fut és minden olyan eszközt, amely a kommunikációt biztosítja, így például kivetítőket és egyéb audiovizuális eszközöket is. A szoftver komponens a szokásos döntéstámogató rendszer funkciók – rendszer és felhasználó közötti kommunikáció, adatkezelés, modellezés – mellett a döntéshozók közötti kommunikációt az adatok, információk megosztását hivatott szolgálni. A csoportos döntéstámogató rendszer nagyon fontos részét alkotják a döntési folyamatban részt vevő személyek. Különösen fontos és kitüntetett szerep jut az úgynevezett koordinátoroknak, aki a rendszer hatékony felhasználásáért és az egész döntési folyamat zökkenőmentes lefolyásáért felelősek [313].

A csoportos döntés sikerének egyik kulcsa a személyi összetétel. A döntéshozatalban alkalmazott eljárások egyrészt a hardver és a szoftver működtetésére vonatkozó szabályokat, másrészt a viták és a tagok közötti kommunikáció szabályait tartalmazzák. A csoportos döntéstámogató rendszerek környezeti kialakítása a döntéshozó csoport térbeli és időbeli elhelyezkedésétől függ. Ennek megfelelően négy különböző típusú csoportos döntéstámogató rendszert különböztetünk meg. Az egyik, amikor a döntéshozók azonos időben azonos helyen tartózkodnak. Ennek jellegzetes megvalósítása a döntési szoba, ahol lehetőség nyílik arra, hogy a döntéshozók személyesen találkozzanak. A döntési szoba felszerelése közé tartoznak a lokális hálózatba kapcsolt személyi számítógépek, melyeken keresztül mindenki beviheti az ötleteit, gondolatait azok mások képernyőjére is eljuttathatja vagy egy kivetítőn keresztül egyszerre mindenkivel megismertetheti [313].

Ebben az esetben a szoftverek között megtalálhatók az úgynevezett „brainstorming” programok, melyek lehetővé teszik, hogy a döntési probléma minden monitoron megjelenjen a résztvevők mindegyike bevihesse a saját ötletét a névtelenség megőrzésével és végül csoportosítsák, kiértékeljék az egyes javaslatokat. Szintén elterjedtek a szavazó programok, amelyek az „igen”, illetve „nem” válaszok mellett általában különböző súlyozott válaszok feldolgozását is lehetővé teszik. Egy másik eshetőség, amikor a döntéshozók azonos időben hozzák a döntést, de különböző helyen tartózkodnak. Ennek jellegzetes megvalósítása távkonferencia, amikor több döntési helyszín kapcsolódik össze informatikai és telekommunikációs csatornákon. Audio- és videokommunikáció egyaránt megvalósítható. Ugyancsak egy másik eshetőség, amikor a döntéshozók különböző időpontokban, de azonos helyen tartózkodnak. Ez például úgy fordulhat elő, ha különböző műszakokban, különböző időbeosztással folyik a munka. Ilyenkor egy helyi döntési hálózat a megoldás, ahol lehetőség van közös programok futtatására egymás adatainak elérésére [313].

Végül az is előfordulhat, hogy a döntéshozók különböző időben hozzák a döntést és különböző helyen is tartózkodnak. Nagy multinacionális vállalatoknál fordul ez gyakran elő, ahol a föld különböző részein dolgozó leányvállalatok az időeltolódás miatt nem tudnak azonos időben kommunikálni. A jellegzetes megoldások ilyenkor az email szolgáltatások és az elektronikus hirdetőtáblák használata. A csoportos döntéstámogató rendszerek tehát sok előnyt jelentenek a döntéshozatali folyamat során. Ilyenek például az egyszerűbb és hatékonyabb kommunikáció, a névtelenség védelme a szabadabb véleménynyilvánítás elősegítésére, valamint a résztvevők közötti kommunikációk tárolása, nyilvántartása. A csoportos döntéshozatali rendszer hátrányát a magas költségek jelentik, amelyek hosszú ideig limitálták a felhasználását. A technológia fejlődésével és az árak zuhanásával azonban nagy jövő jósolható a csoportos döntéstámogatásnak [313].

3.3 Komplex döntéstámogató szoftver az atomerőművek kapcsán

Az előzőek tükrében bemutatom a paksi atomerőmű példáján keresztül, hogy hogyan képzelem el a szoftvert, ami véleményem szerint más atomerőművek vagy egyéb nukleáris létesítmények esetén is, részben vagy egészben, előnyösen használható. A bevezetőben már említettem, hogy a szoftver felhasználási területe nem merül ki a súlyos nukleáris balesetek kapcsán, hanem egyéb kisebb nukleáris vagy radiológiai események alkalmával is jól alkalmazható beleértve, az egyéb veszélyhelyzeti szituációkat, amik ugyancsak előfordulhatnak az atomerőművek életében. Ilyenek lehetnek például a hagyományos veszélyes anyagok (pl.: ammónia, hidrazin) kikerülése a környezetbe, természeti katasztrófák, de ide lehet sorolni a fizikai védelmi vagy háborús eseményeket is.

A szoftver futtatásának ideális helye a veszélyhelyzeti központ lehetne. Ez a paksi atomerőmű esetén a VVP és a TVP helyszínét foglalja magába. Ezen belül is elsősorban a BESZ szervezet vezetőit magába tömörítő vezetési terembe kell elérhetővé tenni. A vezetési teremben minden szervezeti vezetőnél kell, hogy legyen egy mobil interaktív megjelenítő, amit szükség esetén magával tud vinni, mondjuk egy TVP-re való áttelepülésnél. A VVP-én és a TVP-én kialakított dokkoló segítségével, megoldható lehet, hogy az újabb adatok és adatbázisok folyamatosan elérhetőek legyenek. Továbbá szükséges még egy vagy több központi nagy megjelenítő, amire ki lehet tükrözni az éppen aktuális műveletet akár képernyő megosztással, de ezen keresztül megvalósulhat a videokonferencia is kamera segítségével.

A fentieken kívül ki kell alakítani a lehetőségét annak, hogy akár a vezetőknek, akár helyetteseiknek rendszeresített mobil eszközökön is elérhető legyen ez a szoftver applikációs formában, így a szervezeti vezetők helyettesei is értesülhetnének az éppen aktuálisan folyó eseményekről (erre azért lenne szükség, mert egy elhúzódó esemény során nem elvárható, hogy csak a szervezeti egység vezető legyen jelen, ilyen esetben a váltásokat is meg kell szervezni). Mivel a megjelenített információk bizalmas információkat is tartalmazhatnak, ezért mindenképp meg kell oldani a jogosultsági kérdést. Ez lehetne akár mindenkinek a belépő ciotag kártyája PIN kóddal, de lehetne biometrikus vagy egyéb személyre szabott jogosultságot ellenőrző metódus is.

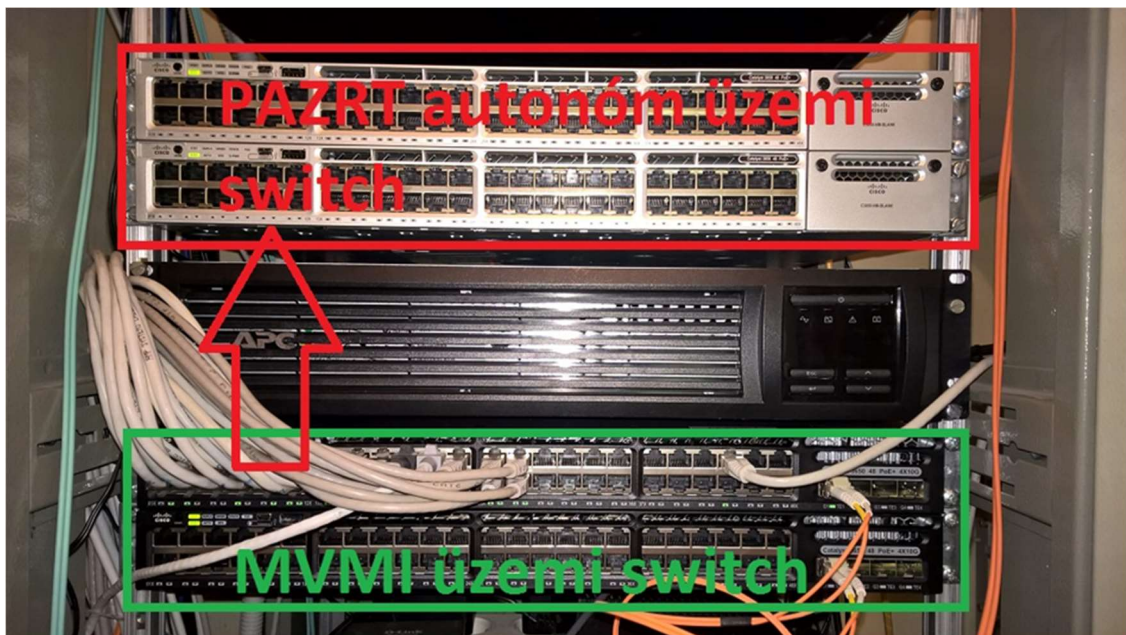
Az interaktív megjelenítő felületen elsődlegesen csak a szakterületekre jellemző adatok és alkalmazások lennének elérhetőek, hiszen az adott szakterület ahhoz ért a legjobban. Ez nem jelenti azt, hogy más szakterületek releváns adataira ne lehessen ránézni, a szituációnak megfelelően. A BESZ vezető és a munkáját segítő személyeknek viszont mindenre rálátásuk kell, hogy legyen. A szoftver online módon, állandó összeköttetésben lenne azon monitorozó rendszerekkel, amelyek a technológiáról a sugárzási és meteorológiai állapotokról és egyéb meghatározó rendszerekről szolgáltatnak adatot (létszám, kamerák, hálózatok egyéb meghatározó eszközök).

Ezekon kívül ugyancsak összekötésben kell, hogy legyen adatbázisokkal, amik egy veszélyhelyzeti szituációban fontosak lehetnek. Ezek lehetnek például szabályozások, utasítások, készletek, térképek, helyek, épületekről helységekről, berendezésekről készült 3D szkennelt felvételek, címjegyzékek, különböző elérhetőségek, de a sort még természetesen hosszan folytathatnám. A szoftverbe bejövő adatok redundáns és diverz módon kell, hogy eljussanak. Ez megköveteli a különböző védelemmel (földrengés, szabotázs) ellátott kábeles és vezeték nélküli kapcsolatot. A nem dinamikusan változó adatbázisok esetén azzal is számolva, hogyha a kapcsolat mégis megszakadna az erőműves hálózattal, akkor az utolsó mentett állapotról autonóm a vezetési ponton lévő tükörszerverről (redundáns) továbbra is jöjjenek adatok. A döntéstámogató szoftver fontos része még saját felhő alapú adatmentés egy biztonságos helyen. Célszerű ezeket a gépeket is redundáns és diverz módon kialakítani, hogy a lehető legnagyobb biztonsággal eljussanak a szoftverbe és azon keresztül az egyes interaktív felületekre. A megfelelő szakterületeknél az interaktív felületeken automatikusan megjelenhetne a veszélyhelyzetnek megfelelően a kritikus rendszer vagy rendszerek és annak eleme vagy elemei a legfontosabb kiegészítő információkkal. Ezekben az esetekben a hozzá kapcsolódó modellező szoftvereknek is felértékelődik a szerepe az előrejelzések révén.

Az előzőek tükrében a paksi atomerőmű már rendelkezik némi kiindulási alappal, ugyanis a fukushimai események után 2015-ben kiépítésre került az előzőekben már említett tükörszerver a VVP-en. A tükörszámítógép, ha egyelőre nem is redundáns és diverz módon, de folyamatosan megkapja azon adatbázisokat a megfelelő frissítéssel, amire adott esetben – szakterületek bevonásával, egyeztetésével történtek az adatbázisok kiválasztása – a veszélyhelyzetnek megfelelő információkat tartalmazzák. A tükörszámítógép alapját két redundáns szerver biztosítja (20. kép). Ezekon virtuális motor fut, amelyik biztosítja a két fizikai szerver közötti replikációt a nagyobb megbízhatóság miatt. A szerverek redundáns tápegységgel vannak ellátva, így ha az erőmű informatikai hálózatról le is szakadna a megfelelő átkötésekkel (21. kép) a szerverről úgynevezett sziget üzemmóddal továbbra is elérhetők a legutolsó mentett adatbázisok. Reálisnak tartanám, hogy a meglévő szerverpár megerősítésre kerüljön redundáns és diverz módon az erőművel való adatkapcsolatát illetően és ebben az esetben akár ezen a szerveren is – megfelelő kapacitások esetén – futtatható lenne a komplex döntéstámogató szoftver, kiegészítve a technológiát-, sugárzást és meteorológiát monitorzó és előrejelző (modellező) rendszerekkel, amely adatok most is eljutnak a VVP-re és TVP-re csak nem ezen a szerveren keresztül.

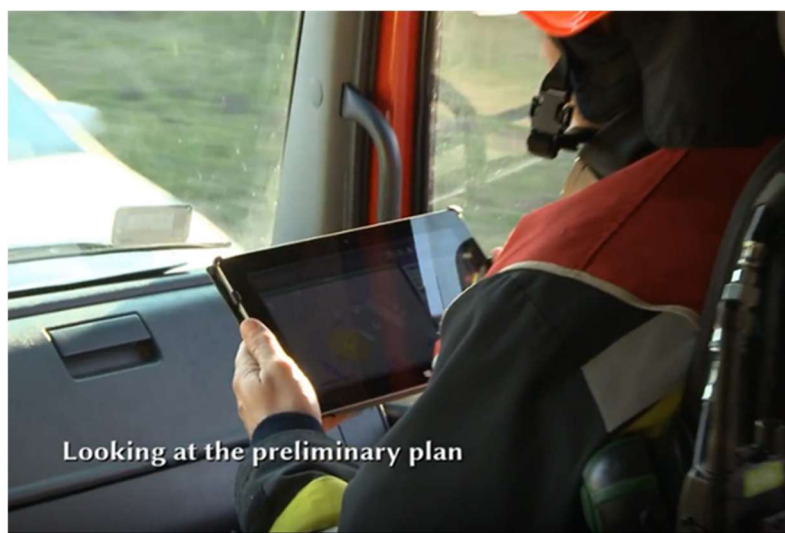


20. kép: VVP tükörszervere. Forrás [saját]

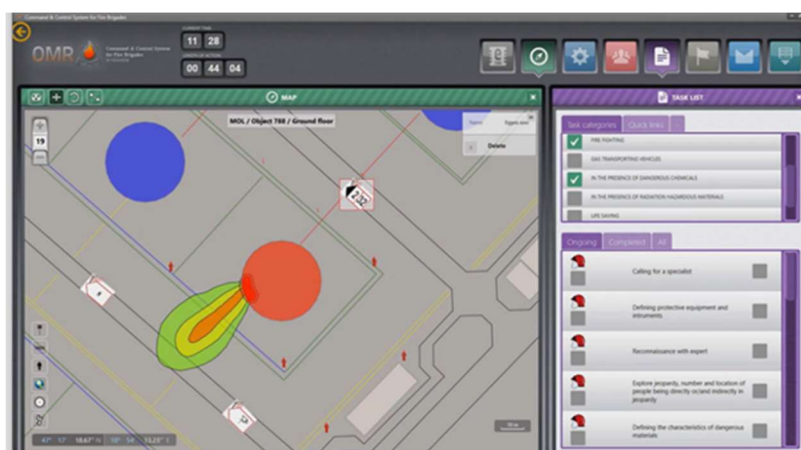


21. kép: Tükörszerverre való átkötés lehetősége. Forrás [saját]

Tekintettel arra, hogy az atomerőmű területén bekövetkező bizonyos események, veszélyhelyzetek nem állnak meg az erőművet szegélyező kerítésnél ezért a komplex döntéstámogató szoftver keretén belül ki lehetne alakítani egy olyan felületet, ami a különböző külső megsegítő erők szempontjából is fontos, ezáltal az erőmű BESZ tevékenységét és hatékonyságát növelve. A BESZ vezető az erőművön belül illetékes a döntéseket meghozni az erőmű kerítésén kívülre maximum ajánlásokat fogalmazhat meg. Ezért kellene kihelyezni a területileg illetékes szerveknél olyan végpontot (központi megjelenítő- és/vagy applikációval rendelkező mobil eszközökkel pl. csuklóra rögzíthető módon), ami kapcsolatban van a döntéstámogató szerveren keresztül a számukra legfontosabb adatokkal (pl. TMKI, TEK, rendőrség, mentők). Akkor már az esemény kezdetén értesülhetnének az adatokról, a megkezdett munkákról vagy például az aktuális szélirányról (22. 23. kép).



22. kép: Kárhelyparancsnok adatszolgáltatása tableten keresztül. Forrás [saját]



23. kép: Döntéstámogató szoftver applikációján keresztül érkező adatok Forrás [saját]

Ezzel a megsegítő erők is a veszélyhelyzetnek a kiindulásától az összes veszélyhelyzeti információnak a birtokába lennének. Ezzel is időt és energiát spórolnánk meg, hiszen baleseti helyzetben különösen fontos a szükséges információnak a minél teljesebb, pontosabb és gyorsabb eljuttatása és egy közös együttműködési platform (pl. integrált műveleti térkép) kialakítása például az erőmű és a katasztrófavédelem között. A szoftver segítségével elsőként kerülhetne létrehozásra Tolna vármegyében, egy olyan adatkommunikációs kapcsolat, amelyre az épített műveletirányítási és információs rendszerek támogatnák az erőművi és a megyei szervezetek összehangolt munkáját. Ennek tapasztalatai alapján pedig a későbbiekben kiterjeszhető lehetne más az erőmű együttműködését is érintő vármegyékkel (Fejér, Bács-Kiskun), vagy akár az országos szervezetekkel is (OAH, OKF, Védelmi Bizottság, honvédség, rendőrség).

A korábbi példánál maradva bemutatom a komplex döntéstámogató szoftverhez kapcsolódóan a TMKI példáján keresztül, hogyan tudna megvalósulni egy integráció, ami természetesen megvalósítható lehet egyéb külső szervekkel is. A TMKI-val történő integráció során az alábbi fő szempontokat kell figyelembe venni:

- Ellenőrzött és védett közvetlen adatkapcsolat kialakítása.
- Automatikus, eseményvezérelt küldés/fogadás lehetőségének biztosítása.
- Részletesen specifikált adattartalmi és megjelenítési formátum kialakítása.
- Automatikus naplózási, értesítési és figyelmeztetési funkciók megléte.
- A jogszabályi dokumentációs követelmények minél teljesebb kiszolgálása.

Az integráció során az alábbi két funkció megvalósítása szükséges:

- Az Erőműben kiadott riasztás részletes információinak és igényelt külső beavatkozási erők adatainak eljuttatása a Megyei Ügyeletre.
- A segítségként beérkező járművek és állomány jellemzőinek és várható beérkezési idejének eljuttatása a Paksi Tűzoltóságra és a Mobil Irányítási Egységhez.

A jelenleg működő tűzoltósági rendszerben mind a híradó ügyeleten, mind a mobil vezetési ponton lehetőség van egy riasztás esetén a helyszín gyors azonosítására, a helyszínnel kapcsolatos részletes információk automatikus összegyűjtésére, az egyéb leíró információk strukturált beillesztésére, valamint a szükséges adatok grafikus, térképi megjelenítésére. Ezen funkcióra építve, szükséges kifejleszteni egy olyan funkciót, mely az így előálló információs csomagot ne csak a mobil vezetési központra, hanem a megyei katasztrófavédelmi központba is eljuttatja.

A feladat elvégzése érdekében az alábbi funkciókat kell megvalósítani:

- A tűzoltósági rendszerben, a Központos Ügyleten egy olyan elektronikus csomag összeállítását, mely a teljes riasztási adatlapot tartalmazza kiküldhető formátumban (24. kép).
- A megyei központban egy olyan komponens kifejlesztését, mely képes fogadni a kapott riasztási csomagot és annak tartalmát, mind karakteresem, mind grafikus (térképi) formátumban képes megjeleníteni (25.kép).

The image shows a software interface for a fire alarm system. On the left is a data entry form, and on the right is a summary display titled 'RIASZTÁSI LAP' (Alarm Report).

Form fields (left):

- Riasztás forrása: [Empty]
- Káreset neve (Mí ég, mi van veszélyeztetve): [a]
- Van-e élet veszélyben: [Igen]
- Milyen terjedelmű a káreset: [a]
- Jelentő személy neve: [a]
- Távbeszélő száma, mellyel a káresetet jelezték: [a]

Summary Display (right):

RIASZTÁSI LAP

Riasztási fokozat: **2-es kiemelt fokozat**

HELYSZÍN:

ÉPÜLET:

MEGJEGYZÉS:

Veszélyes és tűzveszélyes anyagok:
 Diszperzit
 Nátrium-karbonát vízmentes

Védőfelszerelés:
 légzőkészülék

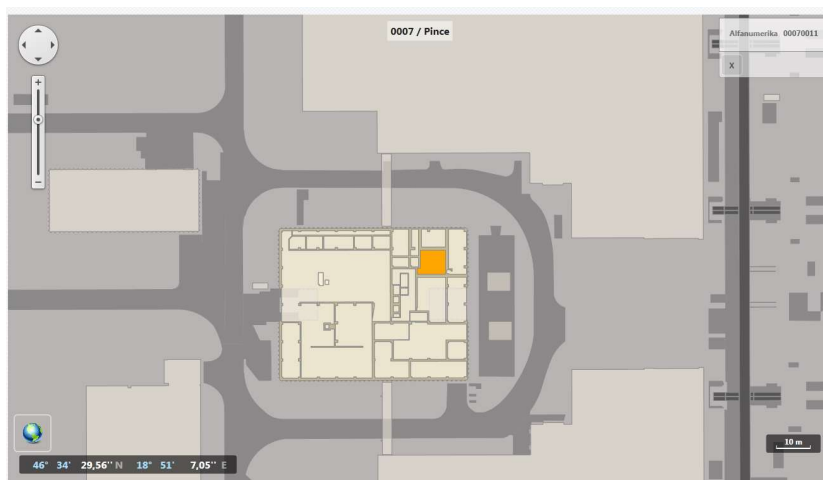
Mivel oltható:
 Környezettől függő oltóanyag

Biztonsági távolság:
 0 m, 0 m

Tűzvédelmi intézkedések:
 vízpermet
 szellőztetés

Releváns veszélyes és tűzveszélyes anyagok biztonsági adatlapjai:

24. kép: Kárfelvételi és riasztási lap. Forrás [saját]



25. kép: Helyszín térképi megjelenítése. [saját]

A megyei katasztrófavédelmi központban létre kell hozni egy riasztási csomagot fogadó és megjelenítő felületet és egy erőforrást igénylő és kezelő modullal, ahol a kapott információk megjelenhetnek, folyamatosan frissülhetnek és menedzselhetőek. A létrehozandó felületnek nagyon hasonlónak kell lennie a jelenlegi Központos riasztási felülethez, csak az adatok a külső erőforrás igényen kívül nem módosíthatóak. A létrehozandó felület mintájára mutattam be a fentieket (24. 25. kép).

A segítségként beérkező járművek és állomány jellemzőinek és várható beérkezési idejének átadás-átvétele informatikai megoldással kell megoldani. Tehát amennyiben az erőműből segítségkérés érkezik, a gyors feldolgozás érdekében szükséges támogatni a TMKI ügyeleten az igények és lehetőségek gyors összevetését. Ennek érdekében a katasztrófavédelem erő/eszköz menedzsment rendszeréből származó, illetve az erőműből érkezett igénycsomag számítógépes elemzését és „összeparosítását” biztosító döntéstámogató megoldás kifejlesztése a feladat. A külső erőforrásigény esetén a Megyei Központban az alábbi funkciókat kell támogatni:

- A megyei központban az ügyeletes a riasztási információk mellett látja az igényelt külső járművek számát és típusát.
- Ezen a felületen lehetősége van pontosan meghatározni, hogy mely szereket küldi ki az adott igényhez (ennek érdekében a megyei központban létre kell hozni egy olyan adminisztrációs felületet, ahol fel lehet vinni és adminisztrálni az elérhető járművek listáját).
- A konkrét jármű megadását követően meg kell adni a beérkezés várható idejét is. Az ügyeletes a várható kiérkezési időtartamot adja meg (pl.: 20 perc), de a rendszer ennek alapján az aktuális időt felhasználva kiszámolja a várható megérkezés pontos idejét is.
- A rendszer ezen a felületen pontosan mutatja, hogy mely igényhez történt már hozzárendelés (kielégítés) és melyekhez nem.
- Az információk rögzítése után a Központosnak lehetősége van az adatok továbbítására az Erőmű rendszere felé. Ebben az esetben a rendszer a riasztási csomaghoz hasonló elektronikus csomagot állít össze, melyet email-ben továbbít az erőmű felé.
- Az erőforrás-igénylő felületnek folyamatosan frissülő felületnek kell lenni, hisz az erőműből bármikor érkezhetsz módosított igény. Új igény beérkezésekor a rendszernek fény és hangjelzésekkel kell figyelmeztetnie a megyei ügyeletet, hogy módosított igény érkezett.

A komplex döntéstámogató rendszernek lehetne egy olyan modulja is, amiket oktatásra vagy gyakorlatok végrehajtására lehetne használni. Ebben az esetben a veszélyhelyzetnek megfelelő paraméterezéssel lehetne ellátni. Például be lehetne vinni különböző input adatokat, be lehetne állítani az esemény lefutásának idejét, egyéb nehezítő körülményt lehetne felvinni, lefolyás közbeni paramétereket lehetne megváltoztatni, ami egyéb veszélyhelyzet kezelést von maga után vagy több veszélyhelyzetet kellene kezelni párhuzamosan, ami lehet akár nukleáris jellegű, akár hagyományos vagy természeti katasztrófához köthető. Nukleáris jellegű baleset esetén össze lehetne kötni a teljes léptékű szimulátorral és 1–4 blokkos üzemzavar és/vagy baleset is szimulálható lenne az üzemeltető személyzet oktatása szempontjából, aminek része lenne a sugárzási paraméterek változása is (ebben az irányban jelenleg is folynak törekvések). Az oktató modulon belül pedig a berendezésekhez kapcsolódóan lehetne olyan része – erre vonatkozóan is már vannak példák – amit virtuálisan lehetne megjavítani, szétszerelni, összerakni VR- szemüveg és kesztyű segítségével.

3.4 Komplex döntéstámogató szoftver a BESZ szervezeti egységek szemszögéből

A következőkben ismertetem mik azok az információk, amik megítélésem szerint szükségesek a döntéstámogató szoftverben. Külön ismertetném a BESZ szervezeten belül az egyes vezetőkhöz tartozó szakterületeket és azok kapcsolódási pontjait más szervezetekkel. A felhasznált adatok és információk tükrében úgy gondolom normálüzemi körülmények között is használni lehetne, azonban a megfelelő veszélyhelyzetnek megfelelően a különböző algoritmusoknak és figyelmeztető, valamint vészszinteknek megfelelően a szoftver automatikusan üzemmódot válthatna és kiadhatná a figyelmeztető jelzéseket, üzeneteket azon BESZ szervezeti egységeknek, akik az esetben érdekeltek vagy érdekelve lehetnek. Ezek után ugyancsak az algoritmusoknak megfelelően ráfókuszálna a kritikus rendszerre, rendszerelemre vagy rendszerelemekre vagy egyéb érzékelt rendellenes működésre, eseményre.

A kutatási témának megfelelően először a sugárvédelmi vonatkozású, a döntéstámogató szoftverbe integrálható szoftverekkel és adatokkal kezdem. Előljáróban megjegyzem, hogy az atomerőmű normál működése mellett a sugárzási paraméterek mindenhol megfelelnek a hétköznapi megszokott sugárzási paramétereknek, amik a közlekedési útvonalakat és a mindennapi munkavégzési helyeket illeti. Ahol ettől eltérő sugárzási viszonyok vannak, azokat a megfelelő jelzésekkel, táblákkal, feliratokkal látják el és a megfelelő engedélyek, jogosultságok birtokában lehet csak bemenni a helységebe és/vagy munkát végezni. A sugárzási állapotok negatív hatású megváltozása az esetek többségében a rendellenes technológiára utal. Ennek alapján vannak meghatározva a figyelmeztető- és vészszintek, illetve az egyes határértékek.

Éppen ezért a sugárzási paraméterek elsősorban akkor emelkednek, amikor valamilyen technológiai rendellenesség van és nem normál üzemszerű a működés. Ebből arra szeretnék következtetni, hogy a technológiát mindig együtt kell kezelni a sugárzási paraméterekkel, tehát nagyon szorosan összefüggenek. Éppen ezért a döntéstámogató szoftveren belül a sugárvédelmi szakembernek tisztában kell lenni a technológiai rendszerekkel is, hiszen így tudja átlátni a rendellenes sugárzási paraméterek okát. A szoftveren belül ezt viszonylag könnyen le lehet kezelni, ugyanis, ha a program hozzáfér azon adatbázisokhoz, amik tartalmazzák az épületek, helységek elhelyezkedését, továbbá a helységekben lévő berendezéseket és azon paramétereit (üzemmódok, üzemállapotok, státuszjelzések, alfanumerikák, üzemi paraméterek stb.), akkor az amúgy is rendelkezésre álló monitorozó szoftverek segítségével egyből meghatározható a rendellenesség helye és az ahhoz tartozó információ és adat.

Sugárvédelmi szempontból, kiindulási alap lehetne a SER SCADA szerver által összegyűjtött adat (TSZH, SER KK és SER MT). Ez azt jelenti, hogy valós időben láthatnánk az egyes technológiai állapotokhoz tartozó sugárzási paramétereket, és egyben modellek segítségével láthatnánk azt is, hogy épületen belül vagy a közvetlen környezetében és/vagy a 30 km-es környezetében, hol és milyen sugárzási paraméterek vannak és mi várható az éppen aktuális helyzetből kifolyólag. A szoftver megjelenítő felülete lehetne egy virtuális tér, ami interaktív módon fókuszba hozza az aktuális helyzetnek megfelelő kritikus berendezést berendezéseket és az aktuális és várható sugárzási paramétereket. Színjelölést alkalmazva megjelölésre kerülhetnek azok a kritikus rendszerek, amik a legnagyobb problémát okozzák, okozhatják. Az atomerőmű, úgy gondolom, rendelkezik minden olyan távadó berendezés által nyújtott adattal, adatbázisokkal, helység és berendezés rajzokkal, térképekkel, amik segítségével komplexen lehet kezelni az ilyen helyzeteket.

A sugárhelyzet értékeléséhez a SER SCADA adatai jelen pillanatban is elérhetőek azokon a helyeken, ahol arra szükség van (pl VVP, TVP). Ezek a paraméterek felhasználhatók modellszámításokon alapuló rövidebb vagy hosszabb távú szimulációkhoz. További, mobilizálható sugárzásmérő eszközökkel kiegészítő méréseket tudunk végezni, így visszacsatolásokkal tovább tudnánk segíteni a még pontosabb szimulációs eredményeket. Ezen a ponton jöhetnének számításba a mobil sugárzásmérő állomások az útvonal-monitoring képességgel rendelkező sugárárnyékolt szállító- és mérőautó(k) és a drónok. Az általuk szolgáltatott adatokat ugyancsak be kellene integrálni a SER SCADA rendszerbe, ezáltal még átfogóbb képet kaphatnánk mind a telephelyen belüli, mind a telephelyen kívüli sugárzási állapotokról.

Ehhez a meglévő terjedésszámító szoftvereket ki kell egészíteni az épületeken belüli és közvetlen a telephelyen belüli épülethatásokat is figyelembe vevő modellekkel – ha kell helyi, telephelyen belüli meteorológiai és egyéb adatokat pontosító berendezésekkel való kiegészítésekkel –, illetve a meglévő szoftvereket egymásba kell integrálni, hogy interaktív módon tudjanak egymással kommunikálni. A terjedésszámító szoftverek esetén meg kell határozni azokat a technológiából adódó paramétereket, amik a baleset jellegére utalhatnak és ki kell jelölni – esetleg a meglévő rendszereket kiegészíteni – a terjedés szempontjából fontos helyeket. Amennyiben rendelkezésre állnak a legfontosabb technológiai paraméterek, legfontosabb sugárzási adatok a terjedésszámító szoftverek valós forrástaggal való ellátásuk biztosított, így a futtatások a lehető legpontosabb eredményeket fogják szolgáltatni. Természetesen ehhez szükséges az is, hogy ameddig csak lehet az izotóp-összetételére és mennyiségére vonatkozó adatok rendelkezésre álljanak.

Ezért kell végrehajtani minden olyan kibocsátásra és környezet-ellenőrzésre vonatkozó fejlesztést – amire vonatkozóan a megfelelő részeknél utaltam is – ami ezt lehetővé teszi, és ha ez már nem biztosítható, csak akkor vegyük figyelembe pl. a dózismérésből visszakövetkeztetett vagy egy jellemző izotópból visszakövetkeztetett számolási módszereket. Ez azért fontos, mert az izotópok fizikai-kémiai tulajdonsága, aránya és összetétele, felezési ideje stb. nagyban befolyásolják a modellezés jóságát. Ugyancsak meg kell határozni azokat a modelleket, amelyeket a terjedésszámító szoftverek felhasználhatnak, mivel más modellt kíván meg egy épületen belüli terjedés vagy a közvetlen telephelyen belüli, mint például a 30 km-es körzetre használt. A súlyos nukleáris balesetekre készült elemzések is sokat tudnak segíteni, ugyanis amennyiben a szoftver felismeri, hogy milyen súlyos baleseti helyzet áll vagy állhat elő, előrejelzések tekintetében tud ajánlásokat tenni.

Ugyancsak felhasználhatók az elemzéseken alapuló súlyos baleseti forrástagok is, ugyanis az aktuális vagy az előre jelzett meteorológiának megfelelően akár az erőmű közvetlen környezetére akár a távolabbi 30 km-es körzetére előrejelzések, ajánlások fogalmazhatók meg. Az ilyen jellegű előrejelzések igen hasznosak lehetnek a műszaki mentés, helyreállítás vagy életmentés szempontjából beavatkozó személy sugárterhelésének megbecslésére, de a munkavállalók kimenekítésének szempontjából is fontos kérdés, nem is beszélve az erőmű környezetében élők védőintézkedés megalapozására hozott javaslatokat. Hangsúlyozom, hogy a döntéstámogató szoftver nemcsak súlyos baleseti helyzetben, de normálüzemi üzemzavari vagy egyéb baleseti veszélyhelyzeti szituációkban is nagyon hasznos feladatot tudna ellátni ezen a téren is. A sugárvédelemhez kapcsolódóan a döntéstámogató szoftveren belül ki lehetne alakítani a személyi dozimetriát segítő felületet, ami folyamatosan fogadhatná a Satellite technológia segítségével, az elektronikus doziméterrel ellátott emberek dózisait összekötve a központi dozimetriai nyilvántartással.

Úgy gondolom, hogy a sugárvédelemmel szorosan összefüggő másik nagy szakterület az üzemviteli feladatokkal kapcsolatos, ezt a BESZ szervezeten belül a Tanácsadó Ügyeletes Mérnök (továbbiakban TŰM) látja el a Műszaki Titkár segítségével. Súlyos nukleáris baleset esetén – amikor a blokk vagy blokkok sérültek –, a TŰM a VVP-én belül átmegy a Műszaki Támogató Központba és ott látja el a vezetői feladatokat a sérült blokk/blokkok ügyeletesével, az elemző mérnökkel és esetlegesen a szakértői csoport tagjával/tagjaival (pl. KKÁT esetén) együtt. A döntéstámogató szoftvert illetően, a sugárvédelemnél is döntő szerepet játszó technológiai rendszerek és állapotuk a meghatározó. Egy súlyos nukleáris baleset esetén pedig a sérült blokk/blokkok olyan állapotba hozása és tartása, ami megakadályozza a zóna megolvadását, illetve a radioaktív sugárzó anyagok környezetbe való kijutását.

Ehhez a komplex döntéstámogató szoftverbe a blokkok monitorozását végző programok beintegrálása szükségszerű (kiemelt fontossággal a biztonsági rendszerekre és a villamos megtáplálásukra), illetve az egyéb technológiai rendszerekről érkező adatok, kiegészülve itt is a legfontosabb sugárzási paraméterekkel – a KKÁT-t is beleértve –, aminek értelmezését a sugárvédelmi szakemberekkel szorosan együttműködve kell megbeszélni, mérlegelni, főleg ha a hiba elhárításába előerő bevonása is szükséges. Ezen információk birtokában folyamatos a kapcsolattartás a Műszaki Helyreállító Szervezettel és az INES besorolást végző mérnökkel – esetlegesen a KKÁT szakértőjével/szakértőivel – a Műszaki Titkár és egyben a BESZ vezető tájékoztatása mellett. Ebben az esetben is azonban segítségünkre lehet a döntéstámogató szoftver, ugyanis az információk legnagyobb része megjelenhetne a felületen és az összefüggések jó részére alkalmazni lehet olyan algoritmusokat, ami a döntéshozók döntéseit segítik.

Ugyancsak ezt a munkát segítenék az amúgy is rendelkezésre álló a veszélyhelyzeti osztályozást segítő rendszerek beintegrálása a szoftverbe, úgy mind a KBFMR rendszer, ami az adatokat az SBM-ből és a BVFR-ből nyeri. Ezt a műveletet, amúgy is végre kell hajtani minimum két óránként, hacsak az eset súlyossága ezt nem kívánja meg sűrűbben. Az ÁOKU, L-ÁOKU, SBKU (PR100, PR200, PR300) ugyancsak részét képezné a szoftvernek, ami tartalmazza a KBF monitorozásának rendszerét a jelentések rendjét, a végrehajtandó feladatokat és utasításokat, ami a blokkok üzemzavari és baleseti állapotára vonatkozó utasításokat tartalmazza. Ugyancsak a blokkok állapotára vonatkozó előrejelzéseket tudunk kinyerni egyéb elemző szoftverekből példának okáért had említsem meg a Baleset Utáni Támogató Alkalmazást (a továbbiakban BUTA), vagy más a biztonsági elemzéseket modellező szoftverekből, amit korábban a terjedésszámító szoftverekkel kapcsolatosan említettem. Az ebből kinyert adatok, végeredmények megjelenítése a döntéstámogató szoftverben ugyancsak kulcsfontosságú a prognosztizálható jellemzőket illetően.

Ezen a ponton tartom fontosnak megemlíteni még két nagy szakterületet az Atomerőmű Tűzoltóságot és a Műszaki Helyreállítókat. A Műszaki Helyreállítók munkatársai vannak leginkább tisztában az egyes berendezések műszaki és karbantartási jellemzőivel, ezért pl. egy súlyos nukleáris baleset esetén szükség van és lehet a szaktudásukra. Az ő esetükben is nagy segítséget tud nyújtani egy olyan adatbázis, ami megmutatja az egyes javítandó berendezések helyét épület és helység szinten, továbbá 3 D szkennelt fotók segítségével a problémás berendezést, berendezéseket, illetve a berendezéshez kapcsolódó ismereteket (pl. karbantartási- és kezelési utasítás, ellenőrzési- és kalibrálási jegyzőkönyv, gépkönyv, gyártóműi bizonylat, üzemi paraméterei, üzemállapotai, karbantartási jegyzőkönyvek, beszerzésre vonatkozó adatok stb.). Ezen adatok rendelkezésre állhatnának a döntéstámogató szoftverben és ugyancsak egy virtuális térben a berendezések részeinek színjelölésével utalhatnának a hibás részekre és az aktuális paraméterekre (műszaki jellemzők, esetleges sugárzási terek).

A berendezésekhez kapcsolódóan interaktív ábrák lehetnének segítségükre a szétszerelést és összerakást illetően, valamint a másik berendezéshez való kapcsolódásukat is mutathatnák a kizárási útvonalakkal együtt. Itt említeném meg, amit már az oktatói modulnál is jeleztem, hogy a berendezések megismerése, szétszerelése a gyakorlói-, oktatói modul részei lehetnének, amik hogyha nem is állnak rendelkezésre teljes mivoltukban (nem rendelkezünk gyakorlásra használható plusz berendezéssel) az erőmű Karbantartó és Gyakorló Központjában (a továbbiakban KGYK), de pl. VR- szemüveg és kesztyű segítségével virtuálisan is gyakorolhatók lennének inaktív körülmények között, hogy az ezzel foglalkozó személyzet a legnagyobb rutinra tegyen szert. Az erőmű KGYK-ja, amúgy is rendelkezik már ilyen technikával és adatbázissal. Hozzáteszem, hogy az erőmű bizonyos berendezései pl.reaktorcsarnoki daru, pedig rendelkeznek távirányítási lehetőséggel, ezek kiterjesztése is nagyon jó megoldás lehet.

Egy súlyos nukleáris baleset esetén, így a szakértő személyzet távolról is el tud végezni bizonyos feladatokat, mondjuk VR- szemüveg és kesztyű segítségével, akár a döntéstámogató szoftver közbeiktatásával, megfelelően az ALARA elvnek. Viszont nyilván adódnak olyan helyzetek is, amikor a műszaki helyreállítókat ki kell küldeni a helyszínre, ahol a problémát meg kell oldani. Kiküldésük a rendeltetés helyére ugyancsak nagy körültekintést igényel, ahol folyamatosan mérlegelni kell az egyéb veszélyeknek való kitettségüket a sugárzási- és meteorológiai paraméterekkel együtt. Éppen ezért a döntéstámogató szoftverrel biztonságos (akár redundáns és diverz módon kialakított) vezeték nélküli összekötéssel kell, hogy rendelkezzen egy olyan speciális ipari környezetre tervezett tablettel vagy más mobilis eszközzel (helyi adattárolási funkciókkal pl. SD kártya), amin folyamatosan jönnek azok az információk, amik az emberélet-, a veszély- vagy egyéb műszaki szempontból fontosak lehetnek az élőbeszéd kommunikációt is fentartva.

Az engedélyezett helyszínre való kivonulást illetően pedig az applikáció ajánlást tehetne, hogy milyen védőfelszereléseket és eszközöket célszerű magunkkal vinni (rádiókommunikációs eszköz, ajánlott védőfelszerelés, doziméter, megvilágító berendezés, szerelő eszközök, szerszámok). A kivonuló személyzet el kell, hogy legyen látva még olyan eszközzel, ami a pozíciójukról – esetlegesen a legfontosabb életjelekről – ad folyamatos visszajelzést és a testkamera is hasznos dolog, hogy szükség esetén látható legyen milyenek a körülmények (ebben az esetben a környezeti paraméterekről is jöhetnek adatok: pl.: hőmérséklet, páratartalom, mérgező gázok, oxigénszint stb.) vagy esetleg a távkapcsolat révén más szakértői segítséget kaphassanak. Ebben is nagy segítséget tudnak nyújtani a döntéstámogató szoftverrel összekötöttben lévő mobil eszközök.

A tűzoltók szerepe egy ilyen helyzetben még többrétűbb. Őrájuk nemcsak a tűz jellegű eseményeknél számítunk, hanem egyéb műszaki mentéseknél, sérült ellátásánál (mentővel rendelkeznek), súlyos nukleáris baleseti helyzetben egyéb létfontosságú technológiai jellegű események elhárításában (pl. súlyos baleset kezeléséhez használt (SBK) dízel aggregátor kivontatása, hűtővíz betáplálás kiépítése több alternatív vízkinyerési lehetőséggel stb.), illetve egyéb eseményeknél, ami az erőmű működésére veszélyt jelenthet (pl.: árvízvédelmi-, jegesedés elleni feladatok, pandémiás helyzet, magasból mentés és egyéb természeti katasztrófák alkalmával felmerülő feladatok stb.). Az ő szempontjukból is nagyon fontos, hogy a döntéstámogató rendszer segítse a feladataik ellátásában, bár ők jelenleg is rendelkeznek egy bevetést elősegítő rendszerrel, amit mindenképpen be kellene integrálni a nagy komplex döntéstámogató rendszerbe.

A jelenlegi bevetést segítő rendszerük része egy a riasztás vételétől induló információs felület, ami a mozgó parancsnoki gépjárműbe (26. kép) továbbítja a legfontosabb adatokat (hol van az esemény mutatva digitális térképen és ortofotón, helység és annak elhelyezkedése, alaprajza, milyen veszélyes anyagok lehet a környezetben, azok adatlapjai, honnan érdemes megközelíteni az eset helyszínét meteorológiai- és sugárzási adatok figyelembe vételével). A mozgó parancsnoki jármű telepítési helyén, az érintőképernyős monitorokon ki lehet jelölni a különböző rajokat név szerint és hozzá lehet rendelni, hogy milyen eszközökkel rendelkeznek. Szükség esetén pl. a meteorológia változik a diszpécser központból jelzést tudnak adni a mozgó parancsnoki járműbe, hogy változtassanak a pozíciójukon.

A parancsnoki autóból visszajelzést tudnak adni, milyen műveleteket hajtanak, hajtottak végre (pl.: területzárás, gáz koncentráció mérése, sérült személyek száma, kimenekítés, áramtalanítás stb.) A rajon belül látják, kinek mennyi sűrített levegője van frisslégzős készülék használata esetén, ha szükséges tudják figyelmeztetni is a beavatkozó állományt. A védőeszközökről és egyéb eszközökről látják a rendelkezésre álló mennyiséget. Az adatok archiválásra kerülnek így utólag is kivizsgálhatók és oktatáson, gyakorlatokon felhasználhatók.



26. kép: Beavatkozók, kimenekítés, terjedés modellezés egy térképen. Forrás [saját]

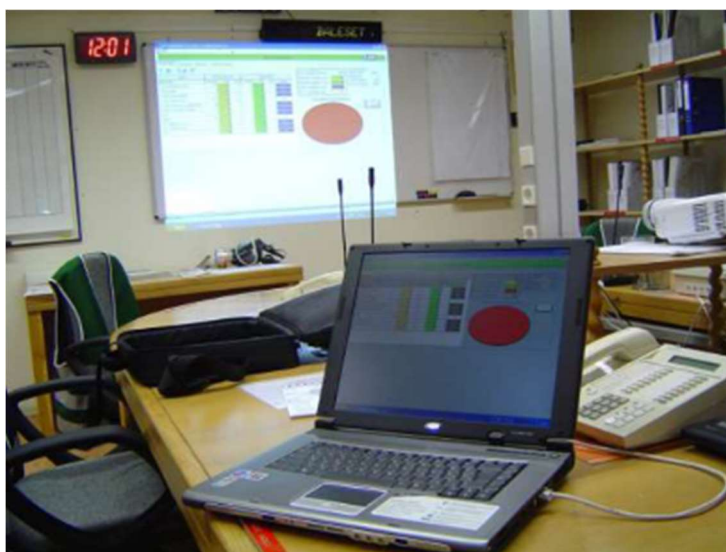
Erre a bevetést segítő rendszerre is lehet alapozni, de ezeket a funkciókat felhasználva egy teljesen új rendszer is kialakítható, ami már online kapcsolatban lenne a veszélyhelyzetkezelő központjában lévő parancsnokkal is. Erre már csak azért is szükség van, mert a jelenlegi bevetést segítő rendszer támogatása egyre nehezkesebb. A tűzoltóság esetén megmaradhatna a tűzoltósághoz tartozó saját rendszerük, amik a saját hatáskörben végzett feladataik elvégzésére használhatnának – elsősorban tüzesetek, sérültek szállítása –, illetve részévé válhatna a döntéstámogató szoftvernek egy komplexebb vagy súlyosabb veszélyhelyzet esetén, amikor az irányítást át lehetne venni a veszélyhelyzeti központban lévő parancsnoknak. Ebben az esetben célszerű lenne a döntéstámogató szoftver kiegészítése olyan információkkal – természetesen a tűzoltóság diszpécser felületén is megjelenne –, ami egy ilyen helyzetben szükséges lehet.

A korábban említettek kivül azonban még rendelkezésre kell álljanak a következő adatok: helyi és készenlétes állomány létszáma, járműpark rendelkezésre állása, felszerelések és eszközök darabszámának megléte, ugyanezen adatok a városi és megyei szinten, a gépjárműpark és a vonuló állomány helyzete, tüzesetekhez kapcsolódó információk (tűzjelzők-füstjelzők elhelyezkedése, státusza, tűzoltócsapok elhelyezkedése), hűtővíz betápláláshoz kapcsolódó információk (betáplálási pontok elhelyezkedése, rendelkezésre álló szivattyúk, aggregátorok, tömlők, tömlő fektetők, vízvételi lehetőségek), SBK kivontatáshoz szükséges információk (SBK dízelek helye, vontató járművek helyzete és darabszáma), életmentéshez kapcsolódó információk (mentők száma pozíciója, felszerelése, defibrillátorok helyei, egészségügyi ellátó helységek helyei) és a többi nem kimondottan súlyos baleseti helyzetre vonatkozóan vegyi katasztrófához kapcsolódó információk (vegyszerek tárolásának és felhasználásának helyei, a vegyszerekről adatlapok, vegyi elhárításhoz kapcsolódó eszközök anyagok, eljárások), árvízvédelemhez- és jegesedés elleni védekezéshez szükséges információk (létszám, anyagok, eszközök, eljárások, riasztandók köre).

A vonuló tűzoltók esetén is alapfelszereltség lenne a helyzetmeghatározó, a rádió, a testkamera és a parancsnokuknál az ipari kivitelű tablet (vagy a mozgást jobban elősegítő csuklóra erősíthető mobil applikáció), ami folyamatosan kapná a legfontosabb adatokat (pl. sugárzási-, meteorológiai jellegű adatok, esetek változása súlyosbodása, sérültek száma, egyéb védő- vagy kiegészítő felszerelés használata stb.) a veszélyhelyzeti központtól és/vagy a mobil parancsnoki autóból. A tűzoltók kapcsán további opció lehet a környező tűzoltóságokhoz kihelyezett terminál – amit korábban részletesebben is bemutattam –, amin keresztül az erőmű környéki, de akár az országos katasztrófavédelmi szervekhez is befuthatnának a releváns információk. Így szükség esetén előbb fel tudnak készülni a külső megsegítő erők például veszélyes anyag esetén, ami nem áll meg az erőmű kerítésénél.

A következőkben szeretnék kitérni a kimenekítést segítő szervezetre, akik bizonyos mértékben együtt kell dolgozniuk a rendészeti szervezettel. Ezalatt értendő, hogy a rendészek segítségével kaphatók meg a beléptetéssel kapcsolatos adatok, illetve azon belül a különböző zónákban való tartózkodások. A döntéstámogató szoftvernek köszönhetően, azonban ha a kártyával az erőmű területére lépünk, aktiválhatnánk, egy a kártyában lévő – jelenleg nem tartalmaz – jelzőrendszert, ami folyamatosan mutatná, hogy az erőművön belül, hol tartózkodunk. Ehhez természetesen az erőmű területén belül is ki kell építeni olyan kártyaolvasókat a szükséges helyeken, ami nagyobb távolságból is veszi a jeleket. Erre a célra megfelelne az automatikus azonosításhoz és adatközléshez használt technológia az úgynevezett RFID (Radio Frequency IDentification). Mivel a kártyát mindig magunknál kell tartani biztonságban érezhetnénk magunkat a tekintetben, hogy tudnak rólunk, ha véletlen bajba kerülünk.

Így névre szólóan láthatnák, hogy virtuálisan ki hol tartózkodik, sőt rendészeti jogosultsággal össze lehetne kötni az erőmű területén lévő kamerákkal és akkor az is ellenőrizhető lenne, hogy esetlegesen nem sérült-e meg valaki a kamerakép alapján (ez a fajta azonosítás akár tovább fejleszhető lehet további kamerák telepítésével ahol ez indokolt és nemcsak a sérültek beazonosítására lehetne használni, hanem pl. munka-tűzvédelmi szempontból is, hogy az előírt helyen használja-e az előírt védőeszközt a munkavállaló és betartja-e a munka- és tűzvédelmi előírásokat, ezzel is elősegítve pl. a munkahelyi baleseti statisztika javulását). Fontos tudni, hogy jelenlegi állapotban is nyomon követhető a LER-nek (Létszám Ellenőrző Rendszernek) köszönhetően mennyien tartózkodanak az üzemi területen és zónaáthaladások alkalmával az is, hogy kik és hányan vannak az egyes zónákban (27. kép).



27. kép: Létszám-ellenőrző rendszer adatainak kivetítése. Forrás [saját]

Ugyancsak rendelkezésre állnak az erőműben Gyülekezési Helyek (19 db), amelynek mindegyike rendelkezik kártyaolvasóval. Amennyiben mindenki rendelkezik cotag kártyával, akkor a rendészek által átállított üzemmóddal, regisztrálni lehet ezeken a helyeken és pontos képet kapunk, hogy kiket kell megkeresni, felderítést végezni. A szoftver a kártyának a korábbi mozgási adataiból – RFID esetén – még azt is kinyerhetné, hogy a területen lévő sugárzási adatok alapján az illető mekkora sugárterhelésre tehetett szert és ez alapján feltételezeten sugársérüléssel állunk e szembe. Esetlegesen, ha a dolgozó elektronikus doziméterrel rendelkezik Satellite üzemmódban a szoftver kinyerhetné az adatokat ezzel elősegítve az elszennvedett dózis meghatározását.

A kimenekítés kapcsán a döntéstámogató szoftverbe megjelenhetnének az üzemi területen tartózkodók létszám adatai és tartózkodási helyeik, attól függően, hogy az akusztikus rendszeren keresztül milyen üzenet hangzott el az elzárkózásra vonatkozóan (Gyülekezési Helyre menjenek vagy a legközelebbi elzárkózásra alkalmas épületbe). Amennyiben lehetőség van (az esemény jellegéből, sugárzási viszonyoktól és meteorológiától függően) a Gyülekezési Helyekre való eljutáshoz, akkor viszonylag egyszerűbb a kimenekítők és a rendészek dolga. Ebben az esetben, amikor a körülmények megengedik, a kimenekítési részleg vezetői a szoftver által összegyűjtött adatoknak megfelelően vonulnak ki a Gyülekezési Helyekre és az Ellátó Szervezet által leszerelt és biztosított járművekkel a kimenekítés megkezdhető.

Ebből a szempontból megintcsak fontos, hogy a szoftverben rendelkezésre álljanak a járműparkról adatok (területen belüli céges autók – GPS által könnyen beazonosíthatók –, vasúti szerelvény, egyéb céges járművek, a térkamerák segítségével számolni lehet a behajtási engedélyt kapott gépjárművek számát is). A területen kívüli járműparkról is könnyen lehet adatokat kapni – vagy a parkolókat kell ellátni darabszám figyelővel vagy ott is térfigyelő kamerák felismerő rendszerére hagyatkozva –, ezen kívül számba lehet venni a mindennapi használatban lévő és éppen az üzemi terület közvetlen közelében lévő buszjáratok darabszámát, a beérkező buszok számát, illetve később rendelkezésre álló, kimenekítési célra leszerelt járműparkot. Ennek tükrében meg lehet szervezni a rendészek segítségével – akik az útlezárásokkal segítik a menekítést a rendőrhatalóságok segítségével – a kimenekítést.

Ebben az esetben mind a kimenekítési részlegvezetőknek mind a rendészeti részleg vezetőinek biztosítani kell ugyancsak a döntéstámogató szoftverrel folyamatos szinkronban lévő ipari tablettát vagy a csuklójukra erősíthető megjelenítőt, akik azon keresztül értesülhetnek az esetleges változásokról (esemény, sugárzási viszonyok, meteorológia stb.). Természetesen a megfelelő védőfelszerelésekkel és eszközökkel (rádió, testkamera, doziméter, elemlámpa, helyzetmeghatározó, szükség esetén légzésvédő, gázálarc stb.) kell őket is ellátni a kollégáikkal együtt, amire vonatkozó adatok a tableten is megjelenhetnek. Ugyancsak fontos, hogy a Gyülekezési Helyeken, illetve az egyéb elzárkózásra alkalmas helyeken tisztában legyünk a védőfelszerelések mennyiségével, a jódtabletták mennyiségével, amire vonatkozóan ugyancsak hagyatkozhatnánk a döntéstámogató rendszer adatbázisára.

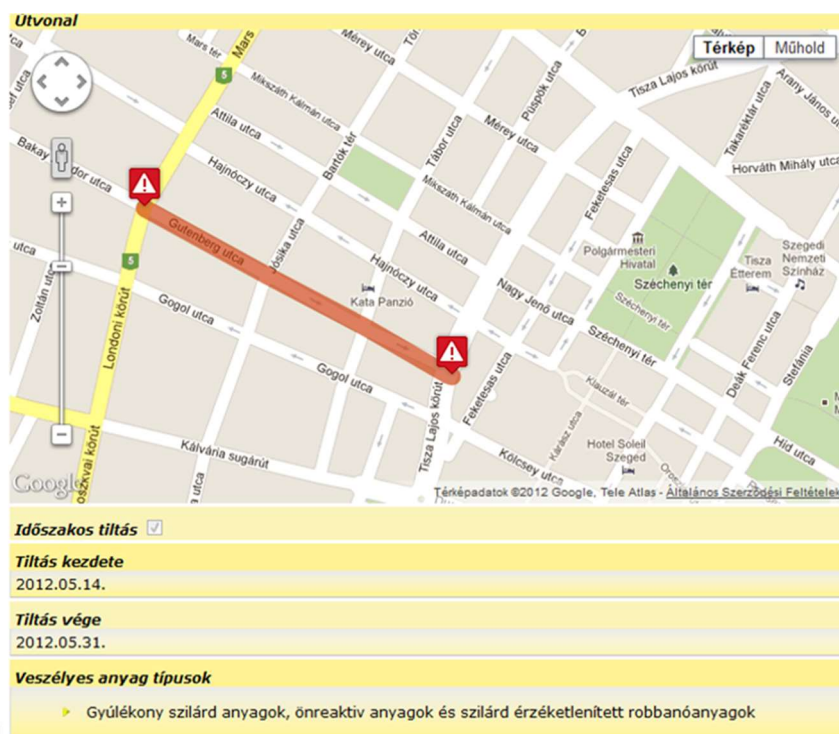
Visszatérve a Gyülekezési Helyen tartózkodókra a szoftver azt is ki tudná számolni – amennyiben nincs kiépítve a folyamatos belépő kártya figyelő rendszer -, hogy hány embert kell megkeresni, akik nem jutottak el a Gyülekezési Helyekre, hanem más elzárkózásra alkalmas épületben lehetnek, vagy sérülés következtében egyáltalán nem jutottak be az épületbe (ezt, ha nincs folyamatos kártyafelügyelő rendszer, csak a kamerarendszerre, illetve a helyi felderítésre alapozva lehet felkutatni – esetleg hőkamera segítségével, amit ugyancsak érdemes a kamerarendszerekbe is beépíteni, főleg ha éjszaka történik a baleset –. A kimenekítés kapcsán olyan algoritmusok és adatbázisok is segíthetik a tevékenységet, hogy a döntéstámogató rendszer virtuális felületén látni lehessen a sugárzási viszonyoknak megfelelően, mely útvonalak nem használhatók akár üzemi területen belül és kívül, merre várható radioaktív csóva iránya ami a terjedésszámító szoftverrel való összeköttetés kapcsán automatikusan láthatóvá válna, kiegészítve a folyamatosan frissülő adatokkal, amiket nemcsak a kiépített sugárzásellenőrző rendszerből nyerhetünk, hanem a szituációnak megfelelően a mobil távadókból és a kivezényelt mérőkocsikból és drónokból is.

Egy elhúzó eseménynél, épületkibocsátásnál vagy friss kihullásnál (pl. eső miatt), azt is érdemes lehet megjeleníteni, hogy mennyire van elszennyeződve az üzemi terület és, hogy hol, illetve üzemi területen kívül merre érdemes a kimenekítést elvégezni, vagy ha mindenféle nagymértékben el van szennyezve a terület, akkor hol érdemes legalább az útvonalat dekontaminálni vagy a szennyeződést fixálni, hogy a kimenekítés közben a lehető legkevesebb dózist vagy elszennyeződést okozza. Ez történhet úgy is, hogy aktuális méréseken alapszik, de az előrejelzés is nagyon fontos lehet ezen a ponton. Ezt lehetne kiegészíteni a térfigyelő kamerák és/vagy drónok élőképével. Ebben az esetben még az is látható lenne, ha esetleg a kimenekítési útvonalat valamilyen torlasz vagy egyéb tényező akadályoztatja (pl.: törmelék, földrengés utáni törésvonal, természeti katasztrófából adódó gátló tényező, tornádó által oda hordott akadály, árvíz, belvíz, elakadt vagy műszaki hibás gépjármű stb.).

A szoftveren belül az előzőeket is figyelembe véve futatható lenne egy a kimenekítést elősegítő, optimalizáló automatikus útvonaltervező (28. kép), aminek feladata az lenne, hogy a rendszer képes legyen automatikusan útvonalakat tervezni és ehhez számos környezeti paramétert is figyelembe venni. A cél eléréséhez a következő funkciókkal kell, hogy rendelkezzen:

- Az erőművön belüli és az erőmű 30 km-es körzetében található úthálózati adatok összevonása és betöltése a rendszerbe,
- Az úthálózatban található szakaszokra speciális jellemzők rögzítése (áthaladási sebesség, kapacitás, milyen súlyú/méretű jármű használhatja),
- Az úthálózatra épülő automatikus útvonal-tervezési funkció biztosítása a kiegészítő jellemzők figyelembe vételével,
- Útlezárások, nem használható útszakaszok jelölése és kezelése (a rendszer az útvonal tervezésekor ezen szakaszokat nem veszi figyelembe)

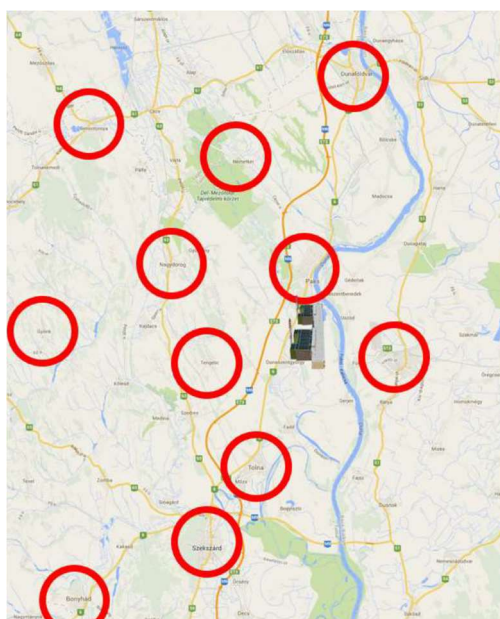
Ennek a feladatnak a keretében be lehetne integrálni a TREX szoftver inaktív (pl. vegyi anyag/anyagok) terjedési modelljének algoritmusát is, ami következtében a terjedési csóva megjeleníthető lenne térképen, jelölve az érintett területeket és megjelenítve az területet érintő koncentrációkat. Határértékek elérése esetén pedig útszakaszok lezárására kerülhetne sor, amit automatikusan kivenne az útvonaltervezési algoritmusból és új alternatívát javasolna. Az algoritmust azonban fel kell készíteni a menet közbeni változások (pl. kiesik erőforrás, új erőforrás jön be, kimenekítés közben célállomások esnek ki szennyezés, útlezárások alapján stb.) kezelésére. Ezen kívül elképzelhető, hogy emberi döntés alapján kijelölésre kerülnek fix útvonalak is, melyeket szintén kezelnie kell tudni a rendszernek.



28. kép: Automatikus útvonaltervezés a kimenekítés elősegítésére. Forrás [saját]

Amennyiben a kimenekítés megoldott, ugyancsak rendelkezik már most is az erőmű olyan adatbázissal, hogy hol mennyi ember befogadására képes település (29. kép) és épület van. Az ilyenfajta adatbázisok lefuttatása is hasznos lehet az éppen aktuális helyzetnek megfelelően. Ehhez kapcsolódóan a Gyülekezési Helyeken a blokkoló órák mellett elhelyezésre kerülhetne egy ügynevezett Tájékoztató Információs Rendszer (a továbbiakban: TIS), amelyen a munkavállaló, ha a belépő kártyáját hozzáérinti, akkor a kijelzőn megjelenne, hogy mi a tenndője. Előtte feltenne pár kérdést, amelyek a következők lennének honnan, mikor és milyen gépjárművel (autó, busz) érkezett. Utána a rendszer az alábbi információt adhatná pl. „az adandó alkalommal menjen a 14-es buszváróba és száljon fel az 1-es számú kimenekítési buszra”.

Ugyancsak a kimenekítéshez kapcsolódóan a szoftverben a kimenekítendő személyek számára – akár az előzőekben említett szoftverrel összekötve – létrehozásra kerülhetne egy olyan összerendelő fejlesztés, amely a családokat összerendelné egy család regiszter rendszerrel. Ebben az esetben a kimenekítendő személy a regiszter rendszer segítségével tudná, hogy a családját melyik településnek melyik gyűjtőpontján helyezték el. Ezzel a komplex szoftver már ajánlást adna, hogy melyik buszra szálljon fel, hogy minnél hamarabb újra együtt lehessen a családjával. (Az összerendelést a személyi igazolvány alapján lehetne végrehajtani.) Ez a fejlesztés nem csak a kimenekítéssel összefüggésben lévőkre, hanem a beavatkozó állomány részére is fontos. Hiszen a rendszer segítségével tudni fogja, hogy a családja biztonságban van és neki már csak a feladatnak a végrehajtására kell koncentrálnia.



29. kép: Kimenekítési célállomások meghatározása szoftveresen. Forrás [saját]

A kimenekítéshez és mentéshez kapcsolódóan meg kell teremteni a lehetőséget, hogy vármegyei és országos szinten amennyiben szükséges hozzá lehessen férni az ONER szervek olyan adatbázisához, akik a mentésben, segítségnyújtásban valamilyen szinten is érdekeltek lehetnek, például a katasztrófavédelem, honvédség, rendőrség és egyéb országos szervek olyan speciális járműveire (terepjárók, katonai csapatszállítók, autók, munkagépek, darus autók, buszok, teherautók, kamionok, helikopterek) amelyek rendelkeznek olyan képességekkel, amik egy súlyos szituációban viszonylag könnyen bevetethők. Ugyancsak a szoftver része lehetne egy olyan adatbázis, ami tartalmazza azon munkavállalók legközelebbi hozzátartozóinak az elérhetőségét (telefon, email, cím vagy egyéb elérhetőség), akik akár a kimenekítettekről, akár a BESZ-be beosztott és ezért a területen maradt munkavállalókról tudna gyors tájékoztatást adni a hozzátartozóknak.

Ezen a ponton viszont már a Tájékoztatási és Híradó szervezet munkatársait is érintve vannak. A Híradó Szervezet a döntéstámogató szoftver felületén, egy helyen kaphatna visszacsatolást az egyes híradástechnikai rendszerek és hálózatok (vezetékes és vezeték nélküli, belső és külső risztásra, kapcsolattartásra használandó) üzemképességéről úgy, mint az ATRR, LTRR, Pannon Futár és Automata Hívórendszer, URH- és EDR rádiók, vezetékes-, mobil- és műholdas telefon, Marathon Terra- és a Kormányzati Távközlési és Informatikai Rendszer (továbbiakban KTIR) faxok és nyomtatók üzemképességéről. Így egyből láthatóvá válna, mely rendszerek jöhetnek számításba a kommunikáció kapcsán, illetve azt is megmutathatná, hogy hol van a probléma, mondjuk egy öntesztelési funkcióval. Nagyon fontos feladata még a Híradó Szervezetnek, hogy a készenlétesi rendszert naprakészen tartsa, hiszen szükség esetén ők adják ki a különböző behívásokat, riasztásokat, ezért ez mindenképp a döntéstámogató szoftver része kell legyen.

Bizonyos rendszereknél pedig ugyancsak ezen a felületen lehetne megoldani bizonyos átkapcsolásokat másik redundáns hálózatra – ahol ez lehetséges – vagy beiktatni olyan mobilis állomásokat, amire átkapcsolva megoldható a további kommunikáció, legalább sziget üzemmódba. Továbbá az egyes rendszerekre rákeresve, egyéb diagnosztikai adatokra is szert tehetnénk, hogy pl. milyen alállomás vagy végpont hibásodott meg, ami miatt esetleg nem kapják meg az értesítéseket az érintettek. Ugyancsak adatbázisból és a dedikált készülékek interaktív adatkapcsolatából azt is ki lehetne deríteni, miből hány készülék van, azok hol vannak és mennyi a szabad készülékek száma, amit például a megsegítésünkre érkező külső szervezeteknek tudunk biztosítani.

Szükség esetén a felületen keresztül lehetőség lenne hívócsoportok összekapcsolására, amennyiben ez a célszerű megoldás. Ugyancsak a szoftver segítségével lehetne vezérelni a vezetékes ponton, hogy melyik helységben mi legyen hallható a kiépített hangosításnak és mikrofonoknak köszönhetően. A különböző rendszerek (szolgáltatók, internet, televízió, telefonok, rádió stb.) engedélyezése, korlátozása és biztosítása is az interaktív felület része lehetne, illetve amennyiben szükséges a különböző elsötétítési feladatokat is innen lehetne kiadni. Ugyancsak fontos, hogy a vezetékes teremben a mikrofonok és telefonok általi beszélgetések felvételre kerüljenek, amik később visszahallgathatók. Ennek az egyik szerepe az, hogy a későbbiekben ki lehessen elemezni a döntéshozatalok megalapozását, de oktatási és gyakorlatozási szempontból is fontos szerepet tölt be ezt is a szoftver segítségével lehetne vezérelni a megfelelő jogosultságokkal és tartalmazhatna olyan címjegyzéket tartalmazó adatbázist is, akiknek elérhetősége fontos lehet akár a belső akár a külső kapcsolattartás szempontjából a híradástechnika szempontjából.

A Tájékoztatási Szervezet elsődleges feladata, hogy szakszerű és érthető tájékoztatást adjon elsősorban a külső szervezetek, a lakosság (LTT alapján) és a sajtó felé, de a Híradástechnikai Szervezettel együtt a belső kommunikációt is segíti. Éppen ezért lehetne egy olyan felülete a döntéstámogató szoftveren, amin keresztül le tudja kérni a médiafigyelési opciót és az erőművel kapcsolatos hírekre tudna szűrni, hogy visszacsatolást kapjon a lakosság szempontjából releváns kérdésekre, amivel kapcsolatosan meg tudja fogalmazni röviden a reflektálandó választ. Ugyancsak célszerű egy olyan opció is a felületen, amin a megfelelő tájékoztatási módnak megfelelően, megjelennek a sablonok, formalapok. Lehetnének olyan formalapok, amelyek az események függvényében automatikusan kitöltésre kerülnek és a tájékoztatásért felelős szakembernek csak felül kellene vizsgálni esetleg belejavítani, de a lényegi része már rendelkezésre állna.

Egyszerűsíténé a folyamatot az is, ha a BESZ vezető által kért tájékoztató üzenet a szöveg elkészülte után automatikusan elküldhető lenne a BESZ vezetőnek jóváhagyásra. Hasznos funkciója lehetne, hogy a vezetési termet elhagyó rövid szöveges üzenetek szűrhető, csoportosíthatók lennének kronológiai sorrendben egy felületen, hogy mikor kinek/kiknek milyen üzenet, tájékoztatás ment ki. Hiszen egy elhúzódó esemény során nem biztos, hogy emlékszünk pontosan hány és milyen üzenet ment ki pl. a polgármestereknek telefonon, vagy rövid tájékoztató üzenet a Vármegyei Védelmi Bizottságoknak vagy éppen a médiának. Ugyancsak nagyon fontos, hogy legyen arra vonatkozóan is adatbázisa, hogy kiket kell értesíteniük, milyen sorrendben és mik az elérhetőségeik. Gondolok itt a különböző médiákra, rádiókra, tévékre, hírportálokra és egyéb felhasználói felületekre.

Az Ellátó Szervezet feladatából kifolyólag a döntéstámogató szoftvernek tartalmaznia kell azon adatbázisokat, amely a BESZ működésének feltételeihez szükséges. Így az elhárításhoz vagy a későbbiekben a helyreállításhoz szükséges anyagokat, eszközöket, raktárkészleteket. Ezen belül is a munka- és védőruházatot, védőfelszereléseket a kimenekítéshez és egyéb szállítási feladatokhoz szükséges szállító eszközöket. Gondoskodnia kell az elhárításban résztvevők ételmezéséről, amihez ugyancsak adatbázisra van szüksége a rendelkezésre álló ételekről, italokról azok tárolási helyéről. Szükség esetén kell rendelkezni olyan adatbázissal, hogy az erőmű környezetében honnan tud beszerezni további ételmezt, anyagokat, eszközöket, illetve ehhez szükséges emberállományával is tisztában kell, hogy legyen, illetve a beszerzéshez szükséges feltételeket biztosítani kell.

Ennek okán a szoftver segítségével nyomon követhető – GPS és egyéb a szoftverrel összeköttetésben lévő mobil eszközzel –, hogy a kiküldött embere hol tartózkodik és a rendelkezésére bocsátott pl. bankkártyán mennyi pénzzel rendelkezik. Hol tartózkodnak a különböző szállító járművek, illetve az üzemi területen található óvóhelyek állapotáról – státuszjelzések küldésével vagy pl. videokonferencia segítségével – és készenlétbe helyezéséről is neki kell gondoskodni. Ugyancsak a döntéstámogató szoftver része kell, hogy legyen a külső szervezetektől érkező anyagok és eszközök leltárba vételéről, tárolásáról és nyilvántartásáról való információknak. Fontos feladata még, hogy biztosítani tudja személy- és teherszállítás igényeit és biztosítani tudja a megfelelő erőgépeket. Ezt a szoftver segítségével viszonylag könnyen nyomon lehetne követni a korábban említett módon, vagyis az adatbázisok, helyzetmeghatározók, szakemberek számbavételével és elérhetőségeikkel.

Az egészségügyi szervezet kapcsán a döntéstámogató szoftverben a felület összeköttetésben lenne elsősorban a tűzoltókkal és a mentőszolgálatokkal, illetve egyéb a területen elhárításban és mobil applikációs megjelenítővel rendelkezőkkel, akik sérült esetén jelzést tudnának adni a vezetési ponton lévő orvosnak, de a telefonon keresztüli bejelentéseknek is fent kell tartani a lehetőséget. Ebben az esetben a tableten vagy egyéb mobil eszközön meg lehetne adni, hány sérült van és egy gyors jelölős formalap segítségével (csillaggal- vagy pipával- és egy sematikus ábrán jelölve a sérülés helyét) megtörténhetne a sérült/sérültek előzetes osztályozása. Nem szállítható beteg esetén pedig a tűzoltó mentőjének kapacitása függvényében a beteg elszállításra kerülne vagy az orvos segítségével külső mentő hívása kezdeményezhető. Az orvos a megfelelő információk birtokában, – ha nagyon sok a sérült – további osztályozást végezhetne (triázs) a szoftveren keresztül. Az orvosnak a megjelenítő felületén ugyancsak lenne egy adatbázis, hogy milyen és mennyi gyógyszer és kötszer van készleten, illetve a sérült sérülésétől és elszennyeződésétől függően, hova kell vagy lehet szállítani.

Nagyobb baleset esetén ugyancsak célszerű a kórházak befogadókészségének a számszerű megjelenítése osztály szinten (külön jelölve a sugársérültek fogadására alkalmas kórházakat). Továbbá ugyancsak hasznos egy olyan címjegyzék, ami tartalmazza az ilyen esetben fontos telefonszámokat országos szinten. Ugyancsak az egészségügyi szervezet felelőségi köre a jódpofilaxis elrendelése a sugárvédelmi szervezet és a BESZ vezetőjének egyetértése mellett. A jódtabletták száma és helye ugyancsak meg kell, hogy jelenjen a felületen a defibrillátorokkal és az elsősegélynyújtó helyek fellelhetőségével együtt.

A sort folytatnám a Szakértői Csoporttal és az erőmű környezetében lévő olyan objektumok és leendő objektumok készenléteséivel, akik ugyancsak hatással lehetnek az atomerőműre és/vagy épp ellenkezőleg az erőmű az ő telephelyükön lévő személyzetükre, épületeikre, berendezéseikre, eszközeikre. A készenlétesek kapcsán az erőmű szomszédságában lévő KKÁT- és a leendő új atomerőművi blokkok létesítéséért felelős szervezet készenlétesére gondolok. A döntéstámogató szoftver kapcsán nagyon fontos, hogy a felületükön meg lehessen jeleníteni többek között a létszám- és a kimenekítésre használható gépjárművek adatait, pozícióit, hiszen a paksi atomerőmű BESZ szervezetének a hatásköre pl. a kimenekítésükkel kapcsolatos feladat. Erre a szomszédos objektumok felelőseinek kell kidolgozni az alternatívát, de mindenképp fontos, hogy megbízható létszámadatokkal rendelkezünk (jó megoldás lehetne ott is a belépő kártya beazonosítása alapján lévő területen történő mozgás alapján a létszám meghatározás). A KKÁT esetén ugyancsak az egyes zónákra való rászűréssel együtt. A leendő blokkok kapcsán pedig azért fontos, mert előzetes becslések szerint az építkezés csúcspontjában az ott dolgozók száma elérheti a több ezres, akár a tízezres létszámot is. Tehát a területen nagyon fontos, hogy a készenlétes lássa a számára a legfontosabb releváns információkat és a KKÁT esetében, pedig fontos tudnia a paksi atomerőműnek is, hogy a telephelyükön bekövetkező esetleges baleset kapcsán, milyen technológiai és sugárzási adatok állnak rendelkezésre.

Hozzátenném, hogy a KKÁT esetében a legfontosabb helyekről (fogadó épület, betöltő csarnok, kamrák stb.) most is rendelkezésre állnak sugárzással kapcsolatos adatok a SER SCADA rendszeren keresztül, azonban itt is érdemes lenne a mobil állomások és az esetlegesen bevethető sugárzás felderítő eszközök (sugárvédelmi mérőkocsi(k), drón(ok) beintegrálása a rendszerbe. A leendő blokkok kapcsán ugyancsak kijelölésre kerültek Gyülekezési Helyek ezeket ugyancsak szükséges beintegrálni a Kimenekítési Szervezetnél említett módon (mennyi, hol, regisztráció képesség megoldása, mennyi és milyen védőeszköz, jódtabletta, doziméter stb.) az ott rendelkezésre álló szállító járművek és védőfelszerelések, eszközök (pl. dózismérő) kapcsán. A nagy volumenű építkezés kapcsán pedig nemcsak a megnövekedett létszámmal kell számolni, hanem a különböző veszélyes anyagok (pl. vegyszerek, festékek, oldószerek), speciális munkagépek (pl. toronydaru, cölöpverő, résfalazó), eljárások (pl. anyagvizsgálatok, beton- és acél-összeszerelő üzemek), amelyek további veszélyes kockázatot jelenthetnek az atomerőmű szempontjából. A KKÁT készenlétesének szükség esetén rendelkezésre kell, hogy álljanak technológiai információk is, hiszen a több mint tízezer kiégett fűtőelem nagyaktivitású „hulladék” anyagként kezelendő, amiből sérülés esetén a környezetre is veszélyes jelentős mértékű radioaktív anyag juthatna ki. Ezért a döntéstámogató szoftverbe mindenképp be kell integrálni a technológiával kapcsolatos adatokat is (pl. szellőző rendszerek, nyomás ellenőrző rendszerek stb.).

Ezen a ponton kapcsolódnak be a szakértők is, akik az adott területen széleskörű ismeretekkel rendelkeznek és a BESZ műszaki/technológiai elemző, döntéselőkészítő és tanácsadó testületének része. A döntéstámogató szoftverbe a készenlétesektől kapott adatokat információkat mindenképp célszerű megjeleníteni, de a visszacsatolások révén a készenléteseknek is ki kell alakítani az olyan rendszereket pl. ipari kivitelű tabletek segítségével, amivel értesíteni tudják a telephelyeiken lévő vezetőket az aktuális döntésekről és információkról. A szakértői felület minden olyan helyen meg kell, hogy jelenjen, ahol szükséges a széleskörű komplex ismeret ezzel elősegítve a döntéshozó végleges döntését. A szakértői felületen kell annak is lehetőséget biztosítani, hogy megyei vagy országos szinten tudják a kapcsolatot vele tartani szakmai kérdéseket illetően. Ez a felület úgy is kell, hogy működjön, hogyha a szakértő a vezetési csoport része, de akkor is, ha kidelegáltról van szó megyei vagy országos szinten. Mindkét esetben fontos szerepe van a HITT kitöltésénél vagy értelmezésénél, illetve rendkívüli üzemeltetési állapot kihirdetésénél, vagyis a szabályzatoktól való eltérésnél is.

Végezetül a legfontosabb, ami miatt a komplex döntési támogató rendszer kifejlesztését fontosnak tartom, hogy a BESZ vezetője a lehető leggyorsabban a legoptimálisabb döntést tudja meghozni. Ebben a munkában a Törzsparancsnok a Törzstámogató Részleggel együtt tud segítséget nyújtani. Ezen a felületen már csak azok az adatok és ábrák szabad, hogy megjelenjenek – természetesen szükség esetén az összes szakterület felületéhez hozzáfér –, amik a döntés szempontjából igazán relevánsak. Ehhez azonban szükséges, hogy a lehető legszélesebb körű olyan szakembergárda segítségével írják meg a szűrési feltételeket és algoritmusokat, ami nemzetközi szinten is megállja a helyét, abból a szempontból, hogy az eddigi összes normál, kisebb és nagyobb üzemzavari, baleseti és a legfontosabb, hogy a súlyos baleseti tapasztalatokat, szakértői elemzéseket is figyelembe vegye. Ugyanezen a felületen kell azt is feltüntetni, ami az összes a balesetelhárításban részt vevő szervezetre kihat/kihathat, de ide lehet sorolni azt is, ami az országos szervekre is kihatással van vagy lehet. Ilyen eset például az OAH szinten a rendkívüli üzemeltetési állapot kihirdetése, amikor az optimális kimenetet elősegítve el lehet térni az erőmű szabályozásaitól az OAH értesítése mellett, hogyha ez a baleset elhárítását előnyösen befolyásolja. Ezen a felületen lehetne megoldani a megfelelő jogosultságokkal és az elektronikus aláírás adta lehetőséggel, hogy a különböző szervezetekhez eljussanak a kiadott értesítések, üzenetek pl. az ONER-en belül pl.: a VÉB-nek, OAH CERTA- és BESZ-nek, NBIÉK-nek, LATÁCS-nak, médiának, hírportáloknak, rádióknak a sajtóközleményeket, a polgármestereknek szánt rövid SMS formájú üzeneteket, vagy az üzemi területen belül és kívül a riasztásokat, közleményeket. Nagyon fontos, hogy a szoftvert ugyancsak össze lehetne integrálni a kormányzati levelező rendszerrel, amin keresztül elküldésre kerülnek a HITT, amik az ilyen helyzetben a legfontosabb információkat tartalmazzák.

3.5 Részkövetkeztetések

- 1) A komplex döntéstámogató szoftver létjogosultsága vitathatatlan egy súlyos nukleáris baleset esetén, de még kisebb üzemzavarok és balesetek sőt normálüzemi működés esetén is előnyösen kihasználható. Egy súlyos nukleáris baleset esetén ugyanis annyi információra van szükség, amit adatbázisok, modellező- és monitorozó szoftverek nélkül emberi léptékkel szinte képtelenség begyűjteni, márpedig az optimális döntéshozatal szempontjából ez elengedhetetlen.
 - a) Ezért az első alfejezetben tanulmányoztam és elemeztem a döntéstámogató rendszer kialakulását, felépítését, funkcióját és arra a következtetésre jutottam, hogy az atomerőmű szempontjából elengedhetetlen fontossággal bír a feladat komplexitása révén. A döntéshozatalt ugyan egyszemélyi felelősként a BESZ vezetőjének kell meghozni, de ez a csoportos döntéshozatal nélkül szinte kivitelezhetetlen, hiszen egy atomerőművön belül rengeteg olyan szakterület van, amit egy ember képtelen abban a mélységben átlátni, ahogy ezt egy ilyen helyzetben szükséges.
 - b) A második alfejezetben mérlegelésre és bemutatásra kerültek azon építőelemek, amik elengedhetetlenek egy ilyen rendszer kialakításához. Gondolok itt a hardver, szoftver, modellre és az emberi tényezőkre. Megvizsgáltam az erőmű adta lehetőségeket és arra a következtetésre jutottam, hogy minden szempontból adottak az erőforrások. Az erőmű rendelkezik olyan hardveres, szoftveres, modellezői és humánerőforrást igénylő szakmai háttérrel, amiből megvalósítható a döntéstámogató szoftver megalkotása, kifejlesztése.
 - c) Ezek után a következő fejezetben beazonosítottam és megvizsgáltam a jelenleg fellelhető rendszerelemeket és megállapítottam, hogy már jelen állapotban is rendelkezik az erőmű olyan speciális monitorozó, modellező, adatbáziskezelő szoftverekkel, hardverekkel, hálózatokkal és szerverekkel, amik némi fejlesztésnek köszönhetően használhatók egy komplex döntéstámogató szoftver részeként. Ráadásul adottak azok a helységek, ahonnan biztonságosan a megfelelő vezetők és szakterületek képviselőiben a műveletek és végső soron a döntés(ek) is meg tud születni.
 - d) Végül kutattam, tanulmányoztam és elemeztem az egyes szakterületeknek megfelelően, milyen feladatokat kell megoldani, és mérlegelve a jelenlegi és a leendő képességeket meghatároztam ennek tükrében milyen releváns adatokra, információkra van szükség. Végül arra a következtetésre jutottam, hogy az egyes BESZ szervezeteket külön-külön elemezve a végén összeállhat azon adat- és információhalmaz – a szükséges technikai háttérrel és szakmai tudással kiegészítve – ami szükséges ahhoz, hogy a lehető legoptimálisabb döntés megszülessen. Természetesen az algoritmusok és szűrések elvégzése mindenképpen nagy szaktudású szakértőket követel meg, akik nagy nemzetközi tapasztalattal rendelkeznek és tisztában vannak a nemzetközi ajánlásokkal, amik tartalmazzák az eddigi balesetek tanulságait.

ÖSSZEGZETT KÖVETKEZTETÉSEK

I. Nukleáris környezet-ellenőrzés elemzése, értékelése

1. A kibocsátás- és környezetellenőrzés rendszere és munkaprogramja mind a nemzetközi mind a hazai szabályozásoknak eleget tesz. A paksi atomerőmű egy jól felépített, kétszintű üzemi környezeti sugárvédelmi ellenőrző rendszert üzemeltet, ami egyrészt áll a távmérőrendszerek online adatokat szolgáltató rendszeréből, másrészt az offline laboratóriumi kiértékelésből.

2. Elemezve a kibocsátás-ellenőrző rendszer légnemű és folyékony kibocsátás mérését végző távadó rendszereit azonosítottam azon rendszer elemeket, amik létfontosságúak lehetnek egy súlyos nukleáris baleset esetén, megfelelve a célzott biztonsági felülvizsgálat szélsőséges eseteinek is, majd ugyancsak tanulmányoztam a mintavételen alapuló ellenőrzéseket.

3. Az elemzéseket elvégeztem a környezet-ellenőrző rendszer mérőhálózatán és azonosítottam azon rendszer elemeket, amik kulcsfontosságú szerepet töltenek be súlyos nukleáris baleset esetén. Ebben az esetben is szem előtt tartva, hogy szélsőséges körülmények között is elássák funkciójukat, majd ugyancsak tanulmányoztam a környezeti mintavételen alapuló ellenőrzéseket.

4. Kutatásaim alapján arra a következtetésre jutottam, hogy mind a kibocsátás- mind a környezetellenőrzés területén vannak olyan létfontosságú mérések, amelyek fejlesztésre szorulnak a redundancia és diverzitás kapcsán és megerősítése szükséges, hogy megfeleljen a célzott biztonsági felülvizsgálatban megállapított földrengés és teljes feszültség kiesés ellen. Ezekon kívül további fejlesztési javaslatokat tettem a nagyobb rendelkezésre állás és a még hatékonyabb adatszolgáltatás terén, ahol szükségesnek láttam, új mérés technikán alapuló méréseket alapoztam meg, figyelembe véve a mintavételeket is.

Az előzőekben leírtak alapján igazoltnak látom az 1. hipotézisemben foglaltak teljesülését, valamint megalapoztam az 1. számú tudományos eredményt.

II. Nukleárisbaleset-elhárítás sugárhelyzetértékelés eszközrendszereinek fejlesztése

1. A nemzetközi és hazai szabályozásoknak megfelelően ismerttettem és felülvizsgáltam a Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv (NBEIT) alapvető követelményeit, aminek a paksi atomerőmű Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv ide vonatkozó része és az NBEIT maradéktalanul eleget tesz.

Ezen belül megvizsgáltam a sugárvédelmi vonatkozású feladatokat, beleértve a sugárhelyzetértékelést és eszközrendszerét. Tételesen megvizsgáltam ezen belül a fejlesztési irányokat és csoportokba szedve az egyes részterületekre javaslatokat dolgoztam ki.

2. Az egyik ilyen terület volt a terjedésszámító szoftverek felülvizsgálata, ahol mélyrehatóan vizsgáltam a programok működési elvét, algoritmusát és a kinyerhető adatokat és konkrét fejlesztési javaslatokat dolgoztam ki a kor színvonalának megfelelő komplex terjedésszámító szoftverek integrációjára, kiegészítve az épületen belüli és az épületek közvetlen környezetére is kiható előrejelzéssel mindezt úgy, hogy a lehető legpontosabb forrástaggal tudjuk elvégezni, a rendelkezésre álló input adatok segítségével. A fejlesztésre tett javaslatoknál végig szem előtt tartottam egy esetleges súlyos nukleáris baleset böketkezését. Majd további fejlesztési lehetőségként adtam meg a szoftver további felhasználhatóságát más szakterületek döntéshozatalának megkönnyítése érdekében.

3. Ezek után elemeztem a meglévő sugárvédelmi mérőautó képességeit és konkrét koncepciót fogalmaztam meg a sugárvédelmi mérőkocsival szemben támasztott követelményekre, ahol megadtam a kocsis felépítményére, kialakítására, műszerezettségére, kollektív védelemre, mintavételre, felszereltségére, kommunikációjára, védőfelszerelésekre és egyéb jellemzőire tett javaslatomat. A mérőkocsi fejlesztésére vonatkozó javaslataim esetén is végig szem előtt tartottam, hogy egy esetleges súlyos baleset esetén is jól lehessen használni a gépjárművet.

4. A következőkben a drónok alkalmazhatóságát vizsgáltam, elsősorban a sugárhelyzetértékelés elősegítő felderítő képességük révén, ami hazai szinten mindenképpen egyedülálló, de nemzetközi szinten is még újdonságnak mondható. A drónok kapcsán külön megvizsgáltam a típusoknak megfelelően, hogyan lehet a legjobban kihasználni tulajdonságaikat, felhasználási területeiket és a műszerezettséggel való ellátásukat. Kitértem az egyéb felhasználási területekre mind a sugárhelyzetértékelés kapcsán a mintavételek tekintetében, illetve a nukleáris létesítmény egyéb területein is. Nagy előnyének tartom, elsősorban az élőerő helyettesítését, gyorsaságát és gazdaságosságát.

Az előzőekben leírtak alapján igazoltnak látom az 2. hipotézisemben foglaltak teljesülését, valamint megalapoztam az 2. számú tudományos eredményt.

III. Komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztése

1. Végezetül egy komplex döntéstámogató szoftver koncepcionális kifejlesztésére teszek javaslatot, ami nagyban megkönnyítené a döntéshozók munkáját és lehetőségképpen elősegítené az információáramlást az ONER szervek felé. A szoftver alapja az, hogy az amúgy is rendelkezésre álló adatokat és egyéb az erőmű által rendelkezésre álló adatbázisokat, szoftvereket összeintegráljuk és az általuk adott vagy számolt eredményeket a megfelelően priorizált algoritmus szerint szűrjük. A szoftvert nemcsak a sugárhelyzetértékelés területén lehet előnyösen használni, hanem más szakterületeken is és nemcsak baleseti, hanem normálüzemi és üzemzavari helyzetben is egyaránt.

Az előzőekben leírtak alapján igazoltnak látom az 3. hipotézisemben foglaltak teljesülését, valamint megalapoztam az 3. számú tudományos eredményt.

ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A következő új tudományos eredményeket javaslom elfogadásra:

1. A nukleáris balesetelhárítás kibocsátás- és környezetellenőrző rendszerekre vonatkozó nemzetközi és hazai szabályozása, illetve mértékadó szakirodalom átfogó vizsgálata alapján azonosítottam a súlyos nukleáris-baleset elhárítás területén felhasznált kulcsfontosságú műszaki, technikai eszközöket és azok hatékony működtetését biztosító alrendszereket és kritikus elemeket. Vizsgálataimra alapozva javaslatokat dolgoztam ki – a súlyos nukleáris balesetek környezetre gyakorolt hatásainak felmérésére szolgáló – az atomerőművek területén az elsődleges sugárzási adatszolgáltatáshoz nélkülözhetetlen eszközrendszerek és azok alrendszereinek lehetséges fejlesztésére, továbbá az üzemi döntéstámogató szoftverek megbízható alkalmazásához szükséges peremfeltételekre és azok fontosabb műszaki követelményeire. Az elemző, értékelő és rendszerező kutatómunka hozzájárulhat a súlyos nukleáris balesetek esetleges környezeti hatásainak hatékonyabb csökkentéséhez.
2. Az atomerőművek azonnali, hatékony és széleskörű sugárhelyzet értékelési tevékenységének magas szinten történő biztosítása érdekében alkalmazott, nukleáris környezeti helyzet ellenőrzéshez kapcsolható alrendszerek meghatározása, működési rendjének elemzése, rezilienciájának értékelése, továbbá a súlyos nukleáris-baleset elhárítás alrendszerek kölcsönös egymásra hatásának – a nemzetközi és hazai jó üzemeltetói gyakorlaton keresztül történő – elemzése és értékelése alapján konkrét javaslatot tettem üzemeltetőspecifikus pilótánélküli repülő eszközök üzemzavari és súlyos nukleáris baleset elhárítási alkalmazási lehetőségeinek eljárási és műszaki szempontrendszerére, továbbá feltártam, azok nukleáris veszélyes tevékenységeknél történő normálüzemi alkalmazásának műszaki lehetőségeit és alapfeltételeit.
3. A nukleáris környezeti helyzet elemzéssel kapcsolatos kutatómunkámra építve meghatároztam egy atomerőműben alkalmazható, üzemeltetőspecifikus sugárhelyzet értékelő döntéstámogató szoftver műszaki koncepcióját, amely a gyors és optimális súlyos nukleáris-baleset elhárítási üzemeltetói intézkedések szakmai és műszaki megalapozását segítheti elő.

AZ ÉRTEKEZÉS AJÁNLÁSAI

Az értekezésem részleges és összegzett következtetések és tudományos eredményeinek alapján az alábbi ajánlások megfontolására teszek javaslatokat:

1. A kibocsátás- és környezet-ellenőrzés rendszereinek fejlesztéséhez és fejlesztési lehetőségeihez kapcsolódó tanulmányomat javaslom felhasználni az atomerőművek nukleáris környezet-ellenőrző rendszereinek kialakításához, legyen szó akár meglévő akár a jövőben építendő hazai vagy külföldi erőművekről. Ezen fejlesztések szorosan kapcsolódnak a súlyos nukleáris baleseti rendszerek sugárvédelmi méréseihez és ezáltal a nukleárisbaleset-elhárítási intézkedési tervben foglaltakhoz. Javaslom továbbá azon sugárvédelmi szakembereknek, akik ismereteiket ezen a téren is szeretnék bővíteni, valamint olyan műszaki megalapozó dokumentumok kidolgozásánál, ami a témához kapcsolható.
2. A környezeti monitoring rendszerhez kapcsolódó alrendszerekkel kapcsolatos kutatásaimat elsősorban azoknak ajánlom, akik a meglévő környezeti monitoring rendszereket szeretnék kiegészíteni olyan előrejelző terjedésszámító szoftverrel és mobilizálható sugárfelderítő képességekkel, ami még hatékonyabbá teszi a súlyos nukleáris balesetekkel kapcsolatos sugárvédelmi adatok szolgáltatását. Továbbá ajánlom az atomerőmű normálüzemi, üzemzavari vagy baleseti szituációinak sugárvédelmi adatok szolgáltatásához, a környezet és a lakosság sugárterhelésének felméréséhez vagy egyéb hagyományos balesetek, veszélyhelyzet, veszélyes anyag meghatározásához annak terjedésének előre jelzéséhez.
3. A döntéstámogató szoftverhez kapcsolódó kutatásaimat ajánlom mindazon felhasználóknak, akik rendelkeznek telepített vagy mobil távadó képességgel rendelkező mérőrendszerekkel, amelyek eredményei megjeleníthetők és feldolgozhatók a szoftver által a kívánt algoritmusok szerint. Továbbá ajánlom – legalább az adatok megjelenítése szintjén - azon szervezeteknek, akik felügyeletük alatt tartják az adott létesítményt és a küldött adatok alapján tudnak tájékozódni a létesítményen belüli-, illetve kívüli állapotokról.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK GYAKORLATI FELHASZNÁLHATÓSÁGA

Az értekezésben tárgyalt kutatási témakörökhöz tartozó következtetéseket, megállapításokat, javaslatokat és konkrét kutatási eredményeket az alábbiak szerint javasolom felhasználni:

1. A paksi atomerőmű révén a kibocsátás- és környezet-ellenőrző rendszerhez tett és még nem megvalósított fejlesztési javaslatok megvalósításához, valamint a leendő Paks II környezeti monitoring rendszerébe való beintegrálásához, de véleményem szerint, külföldi erőművek környezeti monitoring rendszerének kiegészítéséhez is jól hasznosítható. Továbbá az ismeretek felhasználhatók az oktató- és kutató reaktorok, valamint a radioaktív kibocsátással rendelkező intézmények esetén is. A kutatás fejlesztés jól alkalmazható a sugárvédelmi területen dolgozók vagy tanulók ismereteinek kiterjesztéséhez is.
2. A környezeti monitoring rendszerhez köthető alrendszerek úgy, mint a mobil laborok, terjedésszámító szoftverek valamint a drónok jól használhatók a nukleáris balesetek során, de más egyéb jellegű balesetek és veszélyhelyzetek kapcsán is használhatók, mint például a vegyi- és biológiai felderítés csóva terjedés vagy előrejelzés, szabotázszt megkísérlők felderítése, likvidálása, illetve tüzesetek vagy egyéb természeti katasztrófák felderítése kapcsán. Használatuk során gyűjtött tapasztalatok beintegrálhatók az oktatásokba, kutatás-fejlesztésekbe és így előnyösen használhatók az iparbiztonság más-más területén is.
3. A döntéstámogató szoftver általában az atomerőművekben, de kiemelten a paksi atomerőműben és a leendő Paks II. atomerőműben tud jó szolgálatot tenni a döntéshozók munkáját megkönnyítve, akik a rengeteg adat lévén a szoftver segítségével egy letisztult képet kaphatnának a minél gyorsabb, hatékonyabb és optimális döntés meghozatalában. A szoftver lehetőséget biztosítana az ONER szervek számára a kialakult helyzetről ezzel elősegítve az információ áramlását. A szoftver megfelelő paraméterezéssel egyéb veszélyhelyzetek kezelését is segíteni tudná az iparbiztonság a katasztrófavédelem, de akár a honvédséget érintő területeken is.

Paks, 2023. szeptember 05.

Manga László

HIVATKOZOTT IRODALOM

1. Manga, L. – Kátai-Urbán, L.: *Nukleáris balesetkből levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész.* Bolyai Szemle 4 : E-szám pp. 120-136. (2016) Online: [bolyai-szemle-2016-04.original.pdf](https://www.bolyai-szemle-2016-04.original.pdf) (uni-nke.hu) (letöltés: 2023.04.10.)
2. International Atomic Energy Agency: *Convention on Early Notification of a Nuclear Accident.* (1986) Online: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-early-notification-nuclear-accident> (letöltés: 2023.04.10.)
3. International Atomic Energy Agency: *Convention on Assistance in the case of a Nuclear Accident or Radiological Emergency.* (1986) Online: <https://www.iaea.org/topics/nuclear-safety-conventions/convention-assistance-case-nuclear-accident-or-radiological-emergency> (letöltés: 2023.04.10.)
4. Országos Atomenergia Hivatal: *Magyarország az atomenergia biztonságos alkalmazása terén létrejött alábbi többoldalú nemzetközi szerződéseknek a részese, amelyek hazai végrehajtását szolgáló feladatokat az OAH látja el, illetve azok végrehajtásában részt vesz.* Online: [Nemzetközi szerződések - Országos Atomenergia Hivatal \(gov.hu\)](https://www.oah.gov.hu/nemzetkozi-szerzodesek) (letöltés: 2023.04.10.)
5. 28/1987. (VIII.9.) MT rendelet a bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetokról adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről.
6. 29/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris baleset, vagy sugaras veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló egyezmény kihirdetéséről.
7. 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról.
8. Országos Atomenergia Hivatal: *Az OAH tevékenységet szabályozó jogszabályok.* Online: [OAH tevékenységét szabályzó jogszabályok - Országos Atomenergia Hivatal \(gov.hu\)](https://www.oah.gov.hu/tevekenysaget-szabalyzo-jogszabalyok) (letöltés: 2023.04.10.)
9. 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről.
10. 1/2022. (IV.29.) OAH rendelet 1-10. mellékletei: Nukleáris Biztonsági Szabályzatok.

11. Országos Atomenergia Hivatal: Hatályos útmutatók. Online: [Hatályos útmutatók - Országos Atomenergia Hivatal \(gov.hu\)](#) (letöltés: 2023.04.10.)
12. Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság: *Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv* OBEIT v3.1, Budapest (2020).
13. OAH/Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság: Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv 5. fejezetéhez kapcsolódó OBEIT 5.1 útmutató, Szervezeti Nukleárisbaleset-elhárítási intézkedési Terv kidolgozása és folyamatos karbantartása v.3. Online: [2 \(oah.hu\)](#) (letöltés: 2023.04.10.)
14. Lakatos I.: *A kőolaj földgáz termelésének és felhasználásnak perspektívája a XXI. században*. Miskolci Egyetem, 2010. Online: [A KŐOLAJ ÉS FÖLDGÁZ TERMELÉSÉNEK ÉS FELHASZNÁLÁSÁNAK PERSPEKTÍVÁJA A XXI. SZÁZADBAN - PDF Ingyenes letöltés \(docplayer.hu\)](#) (letöltés: 2023.04.10.)
15. International Energy Agency: World Energy Outlook. Online: <https://iea.blob.core.windows.net/assets/e2be51f1-b04c-433f-9a68-93bfd46c7ad4/WorldEnergyOutlook2004.pdf> (letöltés: 2023.04.10.)
16. Vidovszky, I.: *Az atomenergia előnyei és kockázatai*. Fizikai Szemle LIII 8 : E-szám pp. 272. (2003) Online: <http://fizikaiszemle.hu/old/archivum/fsz0308/vidov0308.html>(letöltés: 2023.04.10.)
17. Statista: *Number of operable nuclear power reactors worldwide as of May 2022, by country*. Online: [Nuclear power reactors in operation by country 2022 | Statista](#) (letöltés: 2023.04.10.)
18. European Nuclear Society (ENS): *Nuclear Power Plants in Europe*. Online: [Nuclear power plants in Europe - ENS \(euronuclear.org\)](#) (letöltés: 2023.04.10.)
19. Raush P.: *A nukleáris energiatermelés helyzete és szerepe a jelenkori társadalomban*. ELTE, 2009. (szakdolgozat) Online: [Microsoft Word - RP - Szakdolgozat \(elte.hu\)](#) (letöltés: 2023.04.10.)
20. Országos Atomenergia Hivatal: INES skála. Online: [INES - Országos Atomenergia Hivatal \(gov.hu\)](#) (letöltés: 2023.04.10.)
21. World Nuclear Association: *Safety of Nuclear Power Reactors*. Online: [Safety of Nuclear Reactors - World Nuclear Association \(world-nuclear.org\)](#) (letöltés: 2023.04.10.)

22. International Atomic Energy Agency: *IAEA Data Animation: Nuclear Power Plant Life Extensions Enable Clean Energy* Online: <https://www.iaea.org/newscenter/news/iaea-data-animation-nuclear-power-plant-life-extensions-enable-clean-energy-transition> (letöltés: 2023.08.23)
23. International Atomic Energy Agency. Online: <https://www.iaea.org/> (letöltés: 2023.04.10.)
24. Nuclear Energy Agency. Online: <https://www.oecd-nea.org/> (letöltés: 2023.04.10.)
25. Európai Parlament. Online: <https://www.europarl.europa.eu/about-parliament/hu/in-the-past/the-parliament-and-the-treaties/euratom-treaty> (letöltés: 2023.04.10.)
26. Western European Nuclear Regulators Association. Online: <https://www.wenra.eu/> (letöltés: 2023.04.10.)
27. Heads of the European Radiological Protection Competent Authorities. Online: <https://www.herca.org/> (letöltés: 2023.04.10.)
28. Országos Atomenergia Hivatal: *Nemzetközi kapcsolatok*. Online: https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_7 (letöltés: 2023.04.10.)
29. 1992/26. Nemzetközi Szerződés a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség alapokmánya. Online: [https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/800E8658E1B98310C1257BE9005914E4/\\$File/NA%C3%9C_Alapokm%C3%A1ny.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/800E8658E1B98310C1257BE9005914E4/$File/NA%C3%9C_Alapokm%C3%A1ny.pdf) (letöltés: 2023.04.10.)
30. 87/600/Euratom, Council Decision of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of a radiological emergency. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A31987D0600> (letöltés: 2023.04.10.)
31. Országos Atomenergia Hivatal: *Baleset-elhárítási Szervezet*. Online: https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?openagent&menu=02&submenu=2_6_3 (letöltés: 2023.04.10.)
32. 70/1987. (XII. 10.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és az Osztrák Köztársaság Kormánya között a nukleáris létesítményeket érintő, kölcsönös érdeklődés tárgyát képező kérdések szabályozásáról Bécsben, 1987. április 29-én aláírt egyezmény kihirdetéséről.

33. 108/1991. (VIII. 28.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Cseh és Szlovák Szövetségi Köztársaság Kormánya között a kölcsönös tájékoztatásról és együttműködésről a nukleáris biztonság és sugárvédelem területén Bécsben, 1990. szeptember 20-án aláírt egyezmény kihirdetéséről.
34. 13/2000. (II. 11.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Horvát Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről Zágrábban, 1999. június 11-én aláírt egyezmény kihirdetéséről.
35. 73/1991. (VI. 10.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Németországi Szövetségi Köztársaság Kormánya között a nukleáris biztonsággal és a sugárvédelemmel összefüggő kölcsönös érdeklődés tárgyát képező kérdések szabályozásáról Budapesten, 1990. szeptember 26-án aláírt megállapodás kihirdetéséről.
36. 61/1998. (III. 31.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Románia Kormánya között nukleáris balesetek esetén adandó gyors értesítésről Bukarestben, 1997. május 26-án aláírt Megállapodás kihirdetéséről.
37. 180/2014. (VII. 25.) Korm. rendelet a Magyarország Kormánya és a Szerb Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről.
38. 185/1997. (X. 31.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Szlovén Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről Budapesten, 1995. július 11-én aláírt egyezmény kihirdetéséről.
39. 108/1999. (VII. 7.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Ukrajna Kormánya között nukleáris balesetek esetén való gyors értesítésről, a kölcsönös tájékoztatásról és együttműködésről a nukleáris biztonság és sugárvédelem területén Budapesten, 1997. november 12-én aláírt Megállapodás kihirdetéséről.
40. European Nuclear Safety Regulators Group. Online: <https://www.ensreg.eu/> (letöltés: 2023.04.10.)
41. European Nuclear Security Regulators Association. Online: <https://www.ensra.org/> (letöltés: 2023.04.10.)
42. Euratom Supply Agency. Online: https://euratom-supply.ec.europa.eu/index_en (letöltés: 2023.04.10.)

43. International Commission On Radiological Protection. Online: <https://www.icrp.org/> (letöltés: 2023.04.10.)
44. International Radiation Protection Association. Online: <https://www.irpa.net/> (letöltés: 2023.04.10.)
45. 93/1989. (VIII. 22.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között kötött, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által Magyarországnak nyújtott műszaki segítségről szóló, 1989. június 12-én aláírt Felülvizsgált Kiegészítő Megállapodás kihirdetéséről.
46. 24/1990. (II. 7.) MT rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről Bécsben 1963. május 21-én kelt nemzetközi egyezmény kihirdetéséről.
47. 130/1992. (IX. 3.) Korm. rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről szóló Bécsi Egyezmény és az atomenergia területén való polgári jogi felelősségről szóló Párizsi Egyezmény alkalmazásáról szóló, 1989. szeptember 20-án aláírt közös jegyzőkönyv kihirdetéséről.
48. 1997. évi I. törvény a nukleáris biztonságról a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében Bécsben, 1994. szeptember 20-án létrejött Egyezmény kihirdetéséről.
49. 2008. évi LXII. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott, és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről.
50. Európai Unió: *Az Euratom-szerződés egységes szerkezetbe foglalt változata*. Online: <https://www.consilium.europa.eu/media/29762/qc0115106hun.pdf> (letöltés: 2023.04.10.)
51. 2000/473/Euratom: *Commission recommendation of 8 June 2000 on the application of Article 36 of the Euratom Treaty concerning the monitoring of the levels of radioactivity in the environment for the purpose of assessing the exposure of the population as a whole* (notified under document number C(2000) 1299)
52. Európai Unió: *A szerződések egységes szerkezetbe foglalt változata alapjogi charta*. Online: <https://www.consilium.europa.eu/media/29713/qc0116985hun.pdf> (letöltés: 2023.04.10.)
53. A Tanács 2009/71/Euratom irányelve (2009. június 25.) a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági közösségi keretrendszerének létrehozásáról

54. A Tanács 2014/87/Euratom irányelve (2014. július 8.) a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági közösségi keretrendszerének létrehozásáról szóló 2009/71/Euratom irányelv módosításáról.
55. A Tanács 2013/59/Euratom irányelve (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről.
56. A Tanács 89/618/Euratom Irányelve (1989. november 27.) a lakosságnak a radiológiai veszélyhelyzet esetén alkalmazandó egészségvédelmi intézkedésekről és a védekezés során irányadó magatartási szabályokról történő tájékoztatásáról.
57. A Tanács irányelve (1990. december 4.) az ellenőrzött területeken munkájuk során ionizáló sugárzás kockázatának kitett külső munkavállalók védelméről. Online: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:31990L0641> (letöltés: 2023.04.10.)
58. A Tanács 96/29/Euratom irányelve (1996. május 13.) a munkavállalók és a lakosság egészségének az ionizáló sugárzásból származó veszélyekkel szembeni védelmét szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról.
59. 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről.
60. 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról
61. A Kormány 427/2022. (X. 28.) Korm. rendelete a védelmi és biztonsági igazgatás területi és helyi szabályairól
62. 227/1997. (XII. 10.) Korm. rendelet az atomkár felelősségre vonatkozó biztosítási vagy más pénzügyi fedezet jellegéről, feltételeiről és összegéről
63. 112/2011. (VII. 04.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról.
64. 165/2003. (X. 18.) Korm. rendelet a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet esetén végzett lakossági tájékoztatás rendjéről.

65. 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról.
66. 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről.
67. 190/2011. (IX.19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési, és ellenőrzési rendszerről.
68. 51/2013 (IX.6.) NFM rendelet a radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról.
69. 47/2012 (X.4.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával összefüggő rendőrségi feladatokról.
70. 2/2022 (IV.29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.
71. 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről.
72. 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről.
73. 2011. évi CXXVIII. (X. 3.) törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
74. 2011. évi CLXXXIX. törvény Magyarország helyi önkormányzatairól.
75. 219/2011. (X.20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről.
76. 62/2011. (XII.29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól.
77. 234/2011 (XI.10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. Törvény végrehajtásáról.
78. 1150/2012. (V.15.) Korm. határozat a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság létrehozásáról, valamint szervezeti és működési rendjének meghatározásáról.
79. 521/2013. (XII.30.) Korm. rendelet az egészségügyi válsághelyzeti ellátásról.

80. 51/2011. (XII.21.) BM rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés hatósági eljárásaiban az igazgatási szolgáltatási díj fizetési körébe tartozó hatósági eljárásokról, igazgatási jellegű szolgáltatásokról és bejelentésekről, továbbá a fizetendő díj mértékéről, valamint a fizetésre vonatkozó egyéb szabályokról.
81. Magyarország Alaptörvénye (2011.04.25).
82. 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezetendő intézkedésről.
83. 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.
84. 49/2016. (XII. 28.) EMMI rendelet az emberi erőforrások miniszterének feladatkörét érintő ágazati honvédelmi feladatokról.
85. 22/1992. (XII. 29.) KTM rendelet az életvédelmi létesítmények létesítéséről, fenntartásáról és békeidőszaki hasznosításáról.
86. 131/2003. (VIII. 22.) Korm. rendelet a nemzetgazdaság védelmi felkészítése és mozgósítása feladatai végrehajtásának szabályozásáról.
87. 100/2004. (IV. 27.) Korm. rendelet az elektronikus hírközlés veszélyhelyzeti és minősített időszaki felkészítésének rendszeréről, az államigazgatási szervek feladatairól, működésük feltételeinek biztosításáról.
88. 290/2011. (XII. 22.) Korm. rendelet a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről szóló 2011. évi CXIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról.
89. 346/2010. (XII. 28.) Korm. rendelet a kormányzati célú hálózatokról.
90. Mindentudás Egyeteme: *Tudományterületek.* Online: <https://mindentudas.hu/el%C5%91ad%C3%A1sok/tudom%C3%A1nyter%C3%BCletek/m%C5%B1szaki-tudom%C3%A1ny.html> (letöltés: 2023.04.10.)
91. Solymosi József: *Tájékoztató a Katonai Műszaki Doktori Iskola tudományos tevékenységéről.* Dr. Illés Zoltán környezetügyért felelős államtitkár úr látogatása a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen *Budapest,* 2012. szeptember 27. online: <https://docplayer.hu/6143192-Katonai-muszaki-doktori-iskola-prof-dr-solymosi-jozsef-jny-ezds-dsc-kvezeto.html> (letöltés: 2023.04.10.)

92. Kátai-Urbán Lajos: *Doktori képzés és kutatás a katasztrófavédelem rendszerében*. Épületek tűzvédelme a tervezéstől a beavatkozásig Tudományos konferencia, NKE. Budapest, 2019. 04. 10. Online: <https://docplayer.hu/155688991-Doktori-kepzes-es-kutatas-a-katasztrofavedelem-rendszereben.html> (letöltés: 2023.04.10.)
93. Földi László: *Környezetbiztonság és Katasztrófavédelem Kutatási terület előadása*. Nemzeti Közszolgálati Egyetem Budapest, 2015. Online: <https://hhk.uni-nke.hu/document/hhk-uni-nke-hu/kornyeztbiztonsag.pdf> (letöltés: 2023.04.10.)
94. Berek Lajos: *Biztonságtechnikai Tudományszak előadása*. Nemzeti Közszolgálati egyetem Budapest, 2015. Online: <https://slideplayer.hu/slide/2153426/> (letöltés: 2023.04.10.)
95. Vincze Árpád: *Katonai műszaki tudományok I. Környezetbiztonság és katasztrófavédelem*. ZMNE, Budapest, 2009. Online: <https://slideplayer.hu/slide/2189259/> (letöltés: 2023.04.10.)
96. Kőszegvári, T.: *A hadtudomány mai problémái, területei és új fogalma*. Hadtudomány XVII. (1) Online: https://www.mhtt.eu/hadtudomany/2007/1/2007_1_2.html (letöltés: 2023.04.10.)
97. EPA US Environmental Protection Agency: *EPA's Role at Three Mile Island*. Online: <https://www.epa.gov/archive/epa/aboutepa/epas-role-three-mile-island.html> (letöltés: 2023.05.25)
98. World Nuclear Association: *Fukushima Accident*. Online: <https://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx> (letöltés: 2023.05.25.)
99. World Nuclear Association: *Chernbyl Accident 1986*. Online: <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/chernobyl-accident.aspx> (letöltés: 2023.05.25)
100. World Nuclear Industry Handbook, Zagreb, Progressive Media International, 2016 Online: <https://www.buythatmag.com/product/world-nuclear-industry-handbook-2/> (letöltés: 2023.05.25)
101. 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: 2023.05.25.)
102. International Atomic Energy Agency: *Nuclear Safety & Security - IAEA Safety Standards*. Online: <http://www-ns.iaea.org/standards/> (letöltés: 2023.04.10.)

103. International Atomic Energy Agency: *International Basic Safety Standards. IAEA Safety Standards Series No.GSR Part 3, IAEA, Austria, 2014.* Online: <https://www.iaea.org/publications/8930/radiation-protection-and-safety-of-radiation-sources-international-basic-safety-standards> (letöltés: 2023.04.10.)
104. International Atomic Energy Agency: *Severe Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants. Safety Guide No.NS-G-2.15, IAEA, Austria 2009* Online: <https://www.iaea.org/publications/8088/severe-accident-management-programmes-for-nuclear-power-plants> (letöltés: 2023.04.10.)
105. International Atomic Energy Agency: *The International Nuclear and Radiological Event Scale User's Manual Austria, 2013.* Online: [The International Nuclear and Radiological Event Scale \(iaea.org\)](https://www.iaea.org/publications/8088/severe-accident-management-programmes-for-nuclear-power-plants) (letöltés: 2023.04.10.)
106. International Atomic Energy Agency: *Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency Austria, 2013.* Online: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/P_1708_web.pdf (letöltés: 2023.04.10.)
107. International Atomic Energy Agency: *Arrangements for Preparedness for a Nuclear or Radiological Emergency, Austria, 2007.* Online: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1265web.pdf> (letöltés: 2023.04.10.)
108. International Atomic Energy Agency: *Method for Developing Arrangements for Response to a Nuclear or Radiological Emergency, Austria, 2007.* Online: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/method2003_web.pdf (letöltés: 2023.04.10.)
109. International Atomic Energy Agency: *Generic assessment procedures for determining protective actions during a reactor accident.* Online: https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/te_955_prn.pdf (letöltés: 2023.04.10.)
110. International Atomic Energy Agency: *Generic procedures for assessment and response during a radiological emergency* Online: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1162_prn.pdf (letöltés: 2023.04.10.)
111. International Atomic Energy Agency: *Generic procedures for monitoring in a nuclear or radiological emergency* Online: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1092_web.pdf (letöltés: 2023.04.10.)

112. International Journal of Performability Engineering: *Accident Management under Extreme Events* Vol. 10, No. 7, November 2014, pp. 669-680. © RAMS Consultants Printed in India Online: <file:///C:/Users/a4440/Downloads/Accident%20Management%20under%20Extreme%20Events.pdf> (letöltés: 2023.05.25)
113. International Atomic Energy Agency: *Environmental and Source Monitoring for Purposes of Radiation Protection* Online: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1216_web.pdf (letöltés: 2023.05.16.)
114. International Atomic Energy Agency: *Programmes and Systems for Source and Environmental Radiation Monitoring* Online: https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1427_web.pdf (letöltés: 2023.05.16.)
115. A Tanács 2013/59/Euratom irányelve (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről
116. International Atomic Energy Agency: *INES The International Nuclear and Radiological Event Scale* Online: <https://www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/INES2013web.pdf> (letöltés: 2023.04.10.)
117. United States Nuclear Regulatory Commission: *Regulatory Guide 1.70, Revision 3, Standard Format and Content of Safety Analysis Reports for Nuclear Power Plants, LWR Edition.* Online: <https://www.nrc.gov/docs/ML0113/ML011340122.html> (letöltés: 2023.04.30)
118. IAEA: *Guidelines for Accident Analysis of WWER Nuclear Power Plants, IAEA-EBP-WWER-01*
Online: https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/_Public/28/047/28047164.pdf (letöltés: 2023.04.30.)
119. WENRA RHWG: *Report WENRA Safety Reference Levels for Existing Reactors 2020*
Online: https://www.wenra.eu/sites/default/files/publications/wenra_safety_reference_levels_for_existing_reactors_2020.pdf (letöltés: 2023.05.25)

120. International Atomic Energy Agency: *Determining the Quality of Probabilistic Safety Assessment (PSA) for Applications in Nuclear Power Plants* Online: [Determining the Quality of Probabilistic Safety Assessment \(PSA\) for Applications in Nuclear Power Plants | IAEA](#) (letöltés: 2023.05.25)
121. International Atomic Energy Agency: *TECHNICAL REPORTS SERIES No. 323, Airborne Gamma Ray Spectrometer Surveying* VIENNA, 1991 Online: <https://inis.iaea.org/collection/NCLCollectionStore/Public/22/072/22072114.pdf> (letöltés: 2023.05.25)
122. International Atomic Energy Agency: *IAEA-TECDOC-1363, Guidelines for radioelement mapping using gamma ray spectrometry data* VIENNA, 2003 Online: https://www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/te_1363_web.pdf (letöltés: 2023.05.25)
123. Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris balesetkből levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész.* Bolyai Szemle XXV. évf. 4. szám (2016) pp. 120-136 ISSN 1416-1443 Online: <https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/bolyai-szemle-2016-04.original.pdf> (letöltés: 2023.05.16)
124. Hajdú Ferenc: *A Haditechnikai Intézet történetének és működésének vizsgálata 1920-tól 1990-ig.* Doktori (PhD) értekezés, ZMNE KMDI 2009. <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/12147/Teljes%20sz%20c3%b6veg%21.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (letöltés dátuma: 2023. 05. 25.)
125. Halász L., Pintér I.: *A Haditechnikai Intézet vegyvédelmi fejlesztő osztályai és fejlesztései az 1947-es megalakulástól a 2006-os megszüntetéséig.* Hadmérnök, X 4 (2015) 86-100. http://www.hadmernok.hu/154_09_halaszl_pi.pdf (letöltés dátuma: 2023. 05. 25.)
126. Erdős J, Pintér I, Solymosi J: *Magyar ABV védelmi technikai almanach* Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 2003. 285 p. Online: <http://www.bibl.u-szeged.hu/bibl/mil/konyvek/elmelet/e/bibJAT00724546.html> (letöltés: 2023.05.25)
127. Solymosi J.: *Gyors módszerek atomrobbantások radioaktív termékei életkorának műszeres mérésére* Disszertáció/Kandidátus/Tudományos (1982)
128. Solymosi J, Tömör J, Gaál L: *Eljárás és berendezés atomrobbantások radioaktív termékei által az élő szervezetre gyakorolt sugárveszély mértékének a termékek életkora alapján történő értékelésére* Lajstromszám: 177 623.

129. J Solymosi, P Zagyvai, M Vodicska, L Gy Nagy, E Bäumlér: Simple procedures for determining the age of fission products, *Periodica Polytechnica: Electrical Engineering* 28: pp. 169-192. (1984) Online: <https://core.ac.uk/download/pdf/236622411.pdf> (letöltés: 2023.05.25.)
130. J Solymosi, P Zagyvai, L Gy Nagy: Dosimetric measurement of the disintegration rate of fission products *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry - Articles* 162:(1) pp. 187-198. (1992)
131. SOMOS Alapítvány – a védelmi és biztonsági oktatásért és kutatásért: *Szabadalmak hasznosítása* Online: <http://www.sugarvedelem.hu/sjalk.htm> (letöltés: 2025.05.25.)
132. Solymosi J: *Nukleáris környezetellenőrző mérőrendszerek*: Alkotások leírása 20 p. (1992) Disszertáció/MTA Doktora
133. András Andor, Ballay Lászió, Bujtás Tibor, Csete Istvan, Deme Sándor, Fehér István, Horvath Kristof, Kanyár Béla, Koblinger László, Köteles György, Nádasi Iván, Ormai Péter, Vince Arpád, Zagyvai Péter, Zombori Péter, Szerkesztette, Fehér István, Deme Sándor: *Sugárvédelem* Budapest, Magyarország: Eötvös József Gimnázium (Budapest) (2010) 573 p. Paper: AA1
134. J Csurgai, Á Vincze, J Solymosi, P Zagyvai: *Application of an iterative method for dose prognosis of fission products with unknown composition*, *Academic and Applied Research in Military Science* 2:(1) pp. 59-64. (2003) <http://www.zmne.hu/aarms/docs/Volume2/Issue1/pdf/03csur.pdf> (letöltés dátuma: 2016.03. 15.)
135. Solymosi J, Bäumlér E, Gresits I, Gujgiczér Á, Németh F, Nagy L Gy, Horváth L, Sarkadi A: *Eljárás és kapcsolódási elrendezés radioaktív felületi szennyeződés mérésére*. Lajstromszám: 201 162.
136. Solymosi J, Bäumlér E, Nagy L Gy, Gresits I, Gujgiczér Á, Sarkadi A, Kőrösi S, Dorogi L, Vodicska M: *Eljárás és berendezés béta-sugárzó izotópo(ka)t tartalmazó minta aktivitásának mérésére nagy intenzitású gamma-sugárzási háttérben*. Magyar Szabadalom 200 001 (1990)

137. Solymosi J, Zagyvai P, Nagy L Gy: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection I. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 209:(1) pp. 3-14. (1996)
138. Solymosi J, Zagyvai P, Nagy L Gy: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection II. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 209:(1) pp. 15-26. (1996)
139. Solymosi J, Zagyvai P, Nagy L Gy: Determination of the radioactive bulk and surface concentration by beta detection III. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry* 209:(1) pp. 27-39. (1996)
140. Baumler Ede, Erdős Kálmán, Pintér István, Sarkadi András, Gujgiczer Árpád, Solymosi József, Németh Ferenc, Nagy László, Plachtovics György, Illés Zsolt, Szabó Endre: *Univerzális radioaktív sugárásmérő műszer és eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés a méréshatárának kiterjesztésére* Lajstromszám: 224 502.
141. Solymosi J, Baumler E, Sarkadi A, Gujgiczer Á, Pintér I, Vincze Á: Wide range universal radiation measuring instrument. *Academic and Applied Research in Military Science* 1:(1) pp. 133-144. (2002)
142. Pintér I: *A járműfedélzeti sugárszintmérés elvei és gyakorlati megvalósításuk harctevékenység illetve nukleáris baleset-elhárítás során*, Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2002. Link: <http://ludita.uni-nke.hu/repozitorium/bitstream/handle/11410/9866/Teljes%20sz%C3%B6veg!?sequence=1&isAllowed=y> (letöltve: 2015.09.10.)
143. Solymosi J, Baumler E, Nagy L Gy, Zagyvai P, Gresits I, Gujgiczer Á, Dorogi L, Takács M, Vajda N, Vodicska M.: *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének földi felderítésére*. Lajstromszám: 198 798.
144. Solymosi J, Baumler E, Nagy L Gy, Zagyvai P, Gresits I, Gujgiczer Á, Dorogi L, Takács M, Vajda N, Vodicska M.: *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 201 161 (1990)

145. Zelenák J., Csurgai J., Halász L., Solymosi J., Vincze Á.: A légi sugárfelderítés képességei alkalmazhatóságának vizsgálata elveszett vagy ellopott sugárforrások felkutatása, illetve szennyezett terepszakaszok felderítése során. *Hadmérnök*, IV 1 (2009) 46-62. http://hadmernok.hu/2009_1_zelenak.pdf (letöltés dátuma: 2023. 05. 25.)
146. Rónaky J., Macsuga G. Volent G., Csurgai J., Cziva O., Horváth K., Petőfi G., Vincze Á., Zelenák J., Solymosi J.: A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése I.: A nemzetközi és hazai szabályozás, valamint a gyakorlat áttekintése. *Hadmérnök*, II 1 (2007) 77-85. http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007_1_ronaky.pdf (letöltés dátuma: 2016. 03. 15.)
147. Rónaky J., Petőfi G., Volent G., Macsuga G., Horváth K., Csurgai J., Cziva O., Molnár L., Tóth J., Vincze Á., Zelenák J., Solymosi J.: A nukleáris létesítmények katonai terror-fenyegetettségének értékelése II.: A Paksi Atomerőmű katonai terror-fenyegetettségének értékelési eljárása. *Hadmérnök*, II 2 (2007) 32-49. http://www.hadmernok.hu/archivum/2007/2/2007_2_ronaky.pdf (letöltés dátuma: 2016. 03. 15.)
148. Csurgai J., Zelenák J., Lajos T., Goricsán I., Halász L., Vincze Á., Solymosi J.: Numerical simulation of transmission of NBC materials. *Academic and Applied Research in Military Science*, V 3 (2006) 417-434. <https://m2.mtmt.hu/api/publication/1074712> (letöltés dátuma: 2023. 05. 25.)
149. Á Csécs, J Csurgai, J M Suda, G Kristóf, I Pintér, J Zelenák: ABV (NBC) anyagok épületen belül történő terjedésének numerikus szimulációja és modellkísérlete. *Bolyai Szemle*, XIII 3 (2004) 1416-1443 http://real.mtak.hu/27290/1/2004_Csecs_et_al_2004_u.pdf (letöltés dátuma: 2023. 05. 25.)
150. Csurgai J.: A Magyar Honvédségben alkalmazott sugárhelyzet prognosztizálási és értékelési eljárások továbbfejlesztése számítógépes megvalósítással. *Haditechnika*, XXXIV 1 (2000) 6-12 Online: <https://m2.mtmt.hu/api/publication/2411222> (letöltés: 2023.05.25.)

151. Csurgai J.: *Nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2003. Nukleárisbaleset-elhárítás és vegyi katasztrófák összefüggésrendszerének tudományos vizsgálata: doktori (PhD) értekezés (uni-nke.hu) (letöltés dátuma: 2023.05.25.)
152. Földi Anikó, Mészáros Mihály, Sági László, Deme Sándor, Dombóvári Péter, Szántó Attila, Tóth Krisztina, Petőfi-Tóth Katalin: Léggöri terjedésszámító szoftverek összehasonlítása. *Sugárvédelem* III. évf. 1. szám (2010) 33–41 Online: Microsoft Word - foldiSVol100818.doc (elftsv.hu) (letöltés: 2023.05.25)
153. Deme Sándor, Láng Edit, Pázmándi Tamás, C. Szabó István: A súlyos erőművi balesetek környezeti kibocsátásának becslése valósidejű mérések alapján. *Sugárvédelem* V. évf. (2012) 1. szám. 12-25 Online: Microsoft Word - Deme_SVonline2012_05.doc (elftsv.hu) (letöltés: 2023.05.25.)
154. Deme Sándor, C. Szabó István, Láng Edit, Pázmándi Tamás: A környezeti kibocsátás meghatározásának új módszere az atomerőmű hermetikus téri túlnyomással járó üzemzavara esetén. *Sugárvédelem* IV. évf. (2011) 1. szám. 1-14 Online: Microsoft Word - Dem_V4_I1.doc (elftsv.hu) (letöltés: 2023.05.25)
155. Nagy Attila Gábor, Deme Sándor, Páles József, Pázmándi Tamás, C. Szabó István: Dose on Lite – direkt és inverz baleseti terjedésszámítás. *Sugárvédelem*, XII. évf. 1. szám. 23-40 (2019). Online: https://www.elftsv.hu/svonline/docs/V12i1/NaA_V12i1.pdf (letöltés: 2023.06.03)
156. Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Manga László, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán: Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radiaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszerekben. *Sugárvédelem* XIII. évf. (2020) 1. szám. 1–8 Online: (Microsoft Word - Petranya J\341nos_final) (elftsv.hu) (letöltés: 2023.05.25)
157. Petrányi János, Vass Gyula, Csurgai József és Kátai-Urbán Lajos: Sugármérő intelligens detektorok alkalmazási lehetőségeinek összefoglalása. *Sugárvédelem* XIV. évf. (2021) 1. szám. 24–31 Online: Nukleáris létesítményekre vonatkozó sugárvédelmi követelmények korszerűsítése (elftsv.hu) (letöltés: 2023.05.25)
158. Petrányi János: Nagy gamma-dózteljesítmény mellett történi felületi szennyezettség mérése intelligens detektorokkal. *Sugárvédelem* IX. évf. (2016) 1. szám. 17–24 Online: (Microsoft Word - Petr\341ny_final.doc) (elftsv.hu) (letöltés: 2023.05.25.)

159. Bana János, Kovacsóczy László: Sugárárnyékolt jármű lehetséges alkalmazása a baleseti sugárhelyzet felmérésben. *Hadmérnök* 17. évfolyam (2022) 1.szám 43–55 Online: [Sugárárnyékolt jármű lehetséges.pdf](#) (letöltés: 2023.05.26)
160. Petrányi János, Jónás Jácint, Zsitnyányi Attila, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *Assessing the Radiation Contamination of Large Areas using Advanced Technologies* 6th European Congress on Radiation Protection: Book of Abstracts : Radiation Protection For Everyone. (2022) pp.116-116.,1p.,(2022) Online: [irpa2022-boa.pdf](#) ([akcongress.com](#)) (letöltés: 2023.05.25.)
161. Solymosi Máté, Horváth Kristóf, Petrányi János: *Nuclear Security Culture Self Assessment in Radioactive Material Associated Facility* International Conference on the Security of Radioactive Material: The Way Forward for Prevention and Detection. (2019) pp.1-2.,2p.,(2019) Online: [cn-269-synopses.pdf](#) ([iaea.org](#)) (letöltés: 2023.05.25.)
162. 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 Online: <https://www.vedelemtudomany.hu/articles/12-solymosi-vass.pdf> (letöltés: 2023.05.25.) Sebestyén Zsolt, Horváth Kristóf, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris biztonság és védettség hazai kutatási-fejlesztési eredményei*, *Hadmérnök* XI: (4) pp. 69-90. 2016 Online:
163. Sebestyén Zsolt, Horváth Kristóf, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris biztonság és védettség hazai kutatási-fejlesztési eredményei*, *Hadmérnök* XI: (4) pp. 69-90. 2016 Online: http://hadmernok.hu/164_08_horvath.pdf (letöltés: 2023.05.25.)
164. Petrányi János, Elter Dénes, Szalóki Imre, Solymosi Máté, Manga László: *Modernisation of the Radiation Monitoring Systems at Research and Training Reactors in Hungary* Christopher Clement. Proceedings of the 14th International Congress of the International Radiation Protection Association: Volume 3 of 5: Area 5: Optimisation and Design of New Facilities Area 6: Radiation Detection and Dosimetry. (2016) ISBN:9780998966632 pp.1138-1138.,1p.,(2016)
165. Petőfi Gábor, Rónaky József, Solymosi József: A nukleárisbaleset-elhárítási követelmények fejlődése, *Hadmérnök* 2: (1) pp. 58-64. 2007. Online: http://hadmernok.hu/archivum/2007/1/2007_1_petofi.pdf

166. Szakál Béla - Vass Gyula - Kátai Urbán Lajos: Katasztrófavédelem I. – Vegyipari Katasztrófák, Budapest, Szent István Egyetem Ybl Miklós Főiskolai Kar 229 p, 2004
167. 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 Közszolgálati Egyetem, Nemzeti Közszolgálati és Tankönyv Kiadó Zrt., 2013
168. Hoffmann Imre, Kátai-Urbán Lajos, Lévai Zoltán, Vass Gyula: Iparbiztonsági kockázatok Magyarországon, Védelem Online: Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár 22: (1) 546 2015
169. Dobor József, Pátzay György, Kossa György: Atomerőművi Balesetek és Üzemzavarok Tanulságai 1., Hadmérnök 12: (1) pp. 58-71. 2017 Online: http://www.hadmernok.hu/171_06_dobor.pdf (letöltés: 2023.05.25.)
170. Dobor József, Pátzay György, Kossa György: Atomerőművi Balesetek és Üzemzavarok Tanulságai 2., Hadmérnök XII: (4) pp. 84-98. 2017 Online: http://www.hadmernok.hu/174_09_dobor.pdf (letöltés: 2023.05.25.)
171. Horváth Péter, Ballagi Áron, Nagy Attila, Kuti Rajmund: Az exoskeleton katonai alkalmazási lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny* XXVIII. évfolyam, 2018. 2. szám Online: <https://docplayer.hu/107534774-Muszaki-katonai-kozlony.html> (letöltés: 2023.05.25.)
172. Házi Gábor: A nyomottvizes reaktorok működése In: Elter, J; Gadó, J; Holló, E; Lux, I (szerk.) Atomreaktorok biztonsága Budapest, Magyarország: ELTE Eötvös Kiadó (2013) 378 p. pp. 97-113., 17 p.
173. Házi Gábor, Páles József: Virtuális vezénylő a paksi teljesléptékű szimulátorhoz. *Nukleon* VI. évf. (2013) 146 Online: https://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/6_4_146_Hazi.pdf (letöltés: 2023.05.25.)
174. Páles J., Házi G., Jánosy J., Végh E., A paksi teljesléptékű szimulátor kétfázisú termohidraulikai modelljének lecserélése, *Nukleon*, III. évf., 62, (2010) Online: https://nuklearis.hu/sites/default/files/nukleon/Nukleon_3_2_62_Pales.pdf (letöltés: 2023.05.25.)

175. Janos Sebestyen Janosy; Andras Kereszturi; Gabor Hazi; Jozsef Pales; Endre Vegh: Real-Time 3D Simulation of a Pressurized Water Nuclear Reactor Online: <https://ieeexplore.ieee.org/document/5481139> (letöltés: 2023.05.25.)
176. László Viktória, Muhoray Árpád: A veszélyhelyzeti szabályozás alkotmányos jogfejlődési tapasztalatainak értékelése. *Hadtudomány* 31: E-szám pp. 146-161., 16 p. (2021) Online: <https://ojs.mtak.hu/index.php/hadtudomany/article/view/8064/6599> (letöltés: 2023.05.25.)
177. Muhoray Árpád: Védelmi-biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Műhelytanulmányok 2021/8. Online: https://hhk.uni-nke.hu/document/hhk-uni-nke-hu/VBSZK%20M%C5%B1helytanulm%C3%A1nyok%202021_8_%20Muhoray%20%C3%81rp%C3%A1d_A%20katasztr%C3%B3f%C3%A1k%20kezel%C3%A9s%C3%A9nek%20perspekt%C3%ADv%C3%A1i%20%C3%A9s%20%C3%B6sszkorm%C3%A1nyzati%20kapcsol%C3%B3d%C3%A1sok%20a%2021.%20sz%C3%A1zadban.pdf (letöltés: 2023.05.26.)
178. Muhoray Árpád: A katasztrófavédelem és a védelmi és biztonsági feladatok tükrében *Polgári Védelmi Szemle 14: DAREnet projekt Különszám 2022* pp. 64-88. , 25 p. (2022) Online: <file:///C:/Users/a4440/Downloads/XIV.%20%C3%A9vfolyam%20DAREnet%20projekt%20K%C3%BCl%C3%B6nsz%C3%A1m%202022.pdf> (letöltés: 2023.05.25.)
179. Szilcsanov, Zoltán, Mhoray Árpád: Szakmai túra a csernobili kiürítési zónában *Polgári Védelmi Szemle XIV. évfolyam – Különszám* (2022.) Online: <file:///C:/Users/a4440/Downloads/XIV.%20%C3%A9vfolyam%20DAREnet%20projekt%20K%C3%BCl%C3%B6nsz%C3%A1m%202022.pdf> (letöltés: 2023.05.26)
180. Antal, Zoltán ; Révai, Róbert ; Bérczi, László: Nukleáris baleset-elhárítás Magyarországon, különös tekintettel az egészségügyi hatásokra – I. rész *Műszaki Katonai Közlöny* 29 : 3 pp. 5-20., 16 p. (2019) Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2019_3-1_Antal-Revai-Berczi_5-20.pdf (letöltés: 2023.05.26.)
181. Antal, Zoltán; Révai, Róbert ; Bérczi, László: Nukleáris baleset-elhárítás Magyarországon, különös tekintettel az egészségügyi hatásokra – II. rész *Műszaki Katonai Közlöny* 29 : 4 pp. 133-155., 23 p. (2019) Online:

http://real.mtak.hu/107450/1/MKK_2019_4_Antal_Zoltan_Revai_Robert_Berczi_Laszlo.pdf (letöltés: 2023.05.26.)

182. Nagy Rudolf: A kritikus infrastruktúrák elleni lehetséges radiológiai terrortámadások. *Védelem Tudomány* 4 pp. 228-238., 10 p. (2016) Online: [file:///C:/Users/a4440/Downloads/marczikaz,+09_nagy%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/a4440/Downloads/marczikaz,+09_nagy%20(1).pdf) (letöltés: 2023.05.25.)
183. Nagy Rudolf: A kritikus infrastruktúrák elleni lehetséges radiológiai terrortámadások. *Védelem Tudomány* 4 pp. 228-238., 10 p. (2016) Online: [file:///C:/Users/a4440/Downloads/marczikaz,+09_nagy%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/a4440/Downloads/marczikaz,+09_nagy%20(1).pdf) (letöltés: 2023.05.25.)
184. Nagy Rudolf: A kritikus infrastruktúra védelme elméleti és gyakorlati kérdéseinek kutatása. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2011 <https://tudasportal.unike.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/12238/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=1&isAllowed=y> (letöltés dátuma: 2023.05.26.)
185. Muhoray Árpád - Nagy Rudolf: A katasztrófák elleni védelem rendszere a létfontosságú infrastruktúrák biztonságaért. - In: Rendészeti szemle (2006-2010), ISSN 1218-8956 , 2010. (58. évf.), 4. sz., 3-18. p.
186. Tatár Attila, Solymosi József, Szakál Béla, Lévai Zoltán: A súlyos balesetek megelőzéséért. *Katasztrófavédelmi szemle: A BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság szakmai folyóirata* 6 : 2 pp.2-7.,6 p. (2001)
187. József Solymosi; József Rónaky; Zoltán Lévai; Árpád Vincze; László Földi: Terrorist threats of nuclear facilities. *AARMS* Vol.3,No.1 (2004) 99–11 Online: <https://tudasportal.unike.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.unike.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/1860/06solymosi.pdf?sequence=2&isAllowed=y> (letöltés: 2023.05.25.)
188. Teknős László: A kitelepítés, kimenekítés általános és speciális feladatai Magyarországon. *Bolyai Szemle* 23 : 3 pp. 140-160. , 21 p. (2014)
189. Bérczi, László, Varga, Ferenc: Az önkéntes tűzoltóegyesületek tűzoltási és műszaki mentési feladatai. *Önkéntesség a katasztrófavédelemben* BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (2014) pp. 1-20. , 20 p.
190. Bérczi, László, Varga, Ferenc: Önkéntes tűzoltó egyesületek: támogatás, kategóriák, önálló szaktevékenység. *Védelem Katasztrófavédelem Szemle* 20 : 6 pp. 19-20. , 2 p. (2014)

191. Kuti Rajmund: Műszaki mentőjárművek, mentőeszközök: *egyetemi jegyzet* Budapest, Magyarország : Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem (2007) , 45 p.
192. Kuti Rajmund: Vegyimentesítőhely kialakításának követelményei, az eljárás személyi és technikai feltételei *Védelem- Katasztrófa- Tűz és Polgári Védelmi Szemle 18:1* pp.27-30., 4p. (2011) Online: <https://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201101.pdf> (letöltés: 2023.05.25.)
193. Kuti Rajmund: Veszélyes anyag balesetek felderítését támogató eszközök a svájci tűzoltóságnál. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle: 19:3* pp. 26-27., 2 p. (2012). Online: <https://vedelem.hu/letoltes/ujsag/v201203.pdf> (letöltés. 2023.05.26.)
194. Földi László, Berek Tamás, Padányi József: Hungary's Energy and Water Security Countermeasures as Answers to the Challenges of Global Climate Change. *ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY AND PUBLIC MANAGEMENT SCIENCE 20* : 2 pp. 87-96., 10 p. (2021) Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/aarms/article/view/4814/4784> (letöltés: 2023.05.25.)
195. Földi László, Berek Tamás, Padányi József: The Structure and Main Elements of Disaster Management System of the Hungarian Defence Forces, with Special Regard to the Development of International Cooperation. *ACADEMIC AND APPLIED RESEARCH IN MILITARY AND PUBLIC MANAGEMENT SCIENCE 19* : 1 pp. 17-26., 10 p. (2020) Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/aarms/article/view/1110/3902> (letöltés: 2023.05.25.)
196. Halász, László; Földi, László; Berek, Tamás: *Környezetbiztonság* Budapest, Magyarország: Nemzeti Közszerológati Egyetem (NKE) (2014), 141 p. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/8583/Teljes%20sz%c3%b6veg%21?sequence=2&isAllowed=y> (letöltés: 2023.05.25.)
197. Berek Tamás: ABV védelmi ismeretek. In: Czank László (szerk.) *Katonai alapismeretek Munkafüzete* Budapest, Magyarország: Zrínyi Kiadó (2012) pp. 112-119., 7 p.
198. Berek Tamás: 10. ABV (CBRN) védelmi alapismeretek. In: Bódi, Stefánia; Berek, Tamás; Tálás, Péter; Czank, László; Mihályi, László; Téglási, József *Honvédelmi*

alapismeretek: Digitális tananyag egyetemisták számára Budapest, Magyarország : Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem (2011) pp. 1-112., 112 p.

199. Berek Tamás: A jövő tisztjeinek ABV védelmi felkészítésének iránya az ABV jártasság követelményeinek tükrében. *HADMÉRNÖK* 5 : 2 pp. 5-16., 12 p. (2010) Online: http://hadmernok.hu/2010_2_berek.pdf (letöltés: 2023.05.25.)
200. Berek Tamás: Néhány gondolat az óvóhelyeinkről – helyzetkép, tervek, lehetőségek. *BOLYAI SZEMLE* 14 : 4 pp. 107-117., 11 p. (2005) Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/13436> (letöltés: 2023.05.25.)
201. Pátzay György: *Sugárvédelem*. 2.3-2.4, 12. pp. 52-74., 23 p. (2008)
202. Benkő Zsolt István, Csövári Mihály, Divós Ferenc, Kovács Tibor, Pátzay György, Raics Péter, Somlai János és Várhegyi András: *Sugárvédelem* Veszprém, Magyarország : Pannon Egyetem, Környezetmérnöki Intézet (2011) , 468 p.
203. Pátzay György: Atomenergetika és nukleáris technológia: (egyetemi tananyag) pp. 1-241., 241 p. (2011)
204. Pátzay György: Atomenergetika és nukleáris technológia. Budapest, Magyarország: Typotex Kiadó (2011) , 239 p.
205. Pátzay György, Kossa György, Grósz Zoltán: Atomerőművek biztonsága és az atomerőművi balesetektől, üzemzavarokból levonható következtetések. *VÉDELEM ONLINE: TŰZ- ÉS KATASZTRÓFAVÉDELMI SZAKKÖNYVTÁR 2014* Paper: tan. 477 , 7 p. (2014) Online: <https://www.vedelem.hu/letoltes/anyagok/477-atomeromuvek-biztonsaga-es-az-atomeromuvi-balesetektol-uzemzavarokbol-levonhato-kovetkeztetesek.pdf> (letöltés: 2023.05.25)
206. Pátzay György, Dobor József: Atomerőmű földrengésveszélyes övezetben - Fukusima tanulságai. In: Bodnár, László; Heizler, György (szerk.) Konferenciakiadvány: Természeti Katasztrófák Csökkentésének Világnapja Nemzetközi Tudományos Konferencia Budapest, Magyarország: Rádiós Segélyhívó és Infokommunikációs Országos Egyesület (2021) 369 p. pp. 10-19., 10 p. Online: <https://vedelem.hu/letoltes/document/500-konferenciakiadvany.pdf#page=10> (letöltés: 2023.05.25.)

207. Vilimi András, Katona Tamás János: *A Biztonsági földrengés következményeinek értékelése az atomerőmű közvetlen környezetében* In: XIV. Nukleáris Technikai Szimpózium: Program, előadások
208. Katona Tamás János: Issues of the Seismic Safety of Nuclear Power Plants. In: Taher, Zouaghi (szerk.) *Earthquakes - Tectonics, Hazard and Risk Mitigation* Rijeka, Horvátország: IntechOpen (2017) 386 p. pp. 229-291, 63 p.
209. Katona Tamás János: Safety assessment of the liquefaction for nuclear power plants. *POLLACK PERIODICA: AN INTERNATIONAL JOURNAL FOR ENGINEERING AND INFORMATION SCIENCES* 10: 1 pp. 39-52., 14 p. (2015) Online: https://www.researchgate.net/publication/275461858_Safety_Assessment_of_the_Liquefaction_for_Nuclear_Power_Plants (letöltés: 2023.05.27.)
210. Katona Tamás János: Assessment of Adequate Margin to Liquefaction for Nuclear Power Plants *SCIENCE AND TECHNOLOGY OF NUCLEAR INSTALLATIONS* 18 p. 7 (2018) Online: <https://www.hindawi.com/journals/stni/2018/3740762/> (letöltés: 2023.05.27.)
211. Katona Tamás János, Vilimi András: *A súlyos balesetek kezelésére szolgáló rendszerek, létesítmények tervezési alapja a Paksi Atomerőműben.* In: XIV. Nukleáris Technikai Szimpózium: Program, előadások (2015) pp. 2-2., 1 p.
212. Katona Tamás János: Rendszerszintű döntések a Paksi Atomerőmű hosszútávú, biztonságos üzemeltetése érdekében 104 p. Megjelenés/Fokozatszerzés éve: 2012 http://real-d.mtak.hu/425/4/Katona_Tamas_Janos_doktori_mu.pdf (letöltés: 2023.05.27)
213. Bujtás T.: *Sérült fűtőelemek eltávolításának sugár-védelmi tervezése és végrehajtása a Paksi Atomerőműben.* Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2007 (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
214. Eigemann J.: *Aeroszol és gáztisztító szűrők minősítése a Paksi Atomerőmű technológiai rendszereiben.* Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2008. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2008/eigemann_jozsef_gabor.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)

215. Földi L.: *A Magyar Honvédség tevékenysége a vegyi katasztrófák elleni védelem összefüggés-rendszerében*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2003. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2003/foldi_laszlo.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
216. Horváth K.: *Forrástag meghatározása a kibocsátást megelőzően reaktor-balesetek esetén*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2006. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2006/horvath_kristof.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
217. Janik Z.: *A nukleáris balesetet követő kárelhárítás hatékonyságát, biztonságát növelő eljárások és eszközrendszerek kutatása, fejlesztése*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2009. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2009/janik_zoltan.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
218. Kátai-Urbán L.: *Az ipari balesetek or-szághatáron túli hatásai elleni védekezés alkalmazási feltételeinek értékelése és fejlesztése*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2006. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2006/katai-urban_lajos.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
219. Molnár Á.: *Automatizálható integrált radiológiai és vegyi érzékelők*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2010. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2010/molnar_arpad.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
220. Nagy G.: *Hordozható energiaszelektív sugárásmérő szonda kifejlesztése PIN dióda alkalmazásával*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2011. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2011/nagy_gabor.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
221. Pellérdi D.: *Az ABV védelem kihívásai háborús és békeműveletekben*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2007. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/pellerdi_rezso.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)

222. Petőfi G.: *Radioaktív anyaggal elkövetett szándékos károkozás hatásainak vizsgálata, következményeinek elhárítására való felkészülés*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2010. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2010/petofi_gabor.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
223. Rónaky J.: *Az atomenergia hazai alkalmazásának biztonságát szolgáló eljárások kutatása*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2007. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/ronaky_jozsef_thu.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
224. Sági L.: *Radioaktív anyagok légköri kibocsátásainak elemzése*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2007. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2007/sagi_laszlo.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
225. Zelenák J.: *A vegyi- és sugárhelyzet értékelés eljárása-inak továbbfejlesztése*. Doktori (PhD) értekezés, ZMNE 2010. http://uni-nke.hu/downloads/konyvtar/digitgy/phd/2010/zelenak_janos.pdf (letöltés dátuma: 2016.03.15.)
226. Solymosi Máté: *Új eljárások a nukleáris biztonsági és védettségi kultúra felmérésére és fejlesztésére* Doktori (PhD) értekezés, NKE 2018 Online: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/13336/solymosi_mate_doktori_ertekezes.pdf?sequence=14&isAllowed=y (letöltés: 2023.05.27.)
227. Petrányi János: *Research and development of intelligent detectors and systems for detection of ionizing radiation for military and disaster management applications*. Doktori (PhD) értekezés, NKE 2021. https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/16212/petranyi_janos_doktori_ertekezes.pdf?sequence=11&isAllowed=y (letöltés dátuma: 2023.05.16)
228. Antal-Farkas Zoltán: *Atomerőmű létesítés nukleáris veszélyhelyzet-kezelési követelményeinek kutatása és fejlesztése* Doktori (PhD) értekezés, NKE 2022.

229. OBEIT 2.2. útmutató: Lakossági óvintézkedések bevezetését megalapozóvédekezési stratégia
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/DC4B9B85C1AED803C12588C900311891/\\$FILE/OBEIT_2-2_utmutato_v1.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/DC4B9B85C1AED803C12588C900311891/$FILE/OBEIT_2-2_utmutato_v1.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
230. OBEIT 3.1. útmutató: Az ONER kritikus feladatai
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B0C54209EA7E6A64C1257BE90056FE0D/\\$FILE/OBEIT_3-1_utmutato_v3.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B0C54209EA7E6A64C1257BE90056FE0D/$FILE/OBEIT_3-1_utmutato_v3.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
231. OBEIT 3.2. útmutató: Az ONER kritikus feladatainak értékelése
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/5F11CC6B7183EFF4C1257BE90056FEC4/\\$FILE/OBEIT_3-2_utmutato_v3.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/5F11CC6B7183EFF4C1257BE90056FEC4/$FILE/OBEIT_3-2_utmutato_v3.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
232. OBEIT 3.3. útmutató: Szervezett segítségnyújtás a védekezésben
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/C5D769A8C5FC8E3CC1257BE900570274/\\$FILE/OBEIT_3-3_utmutato_v3.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/C5D769A8C5FC8E3CC1257BE900570274/$FILE/OBEIT_3-3_utmutato_v3.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
233. OBEIT 3.4. útmutató: Az Országos Sugárfigyelő, Jelző és Ellenőrző Rendszer felépítése és működése
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/66D0C6F4C55B4B5CC1257BE9005702FE/\\$FILE/OBEIT_3-4_utmutato_v2.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/66D0C6F4C55B4B5CC1257BE9005702FE/$FILE/OBEIT_3-4_utmutato_v2.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
234. OBEIT 3.5. útmutató: Baleseti monitorozási stratégia
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/FA6BC6EBFB83CCF4C1257BE90057031A/\\$FILE/OBEIT_3-5_utmutato_v3.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/FA6BC6EBFB83CCF4C1257BE90057031A/$FILE/OBEIT_3-5_utmutato_v3.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
235. OBEIT 4.1. útmutató: Az ONER szervek készenléttel kapcsolatos tervező munkája
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/BE77F00FDA078113C1257BE900570332/\\$FILE/OBEIT_4-1_utmutato_v2.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/BE77F00FDA078113C1257BE900570332/$FILE/OBEIT_4-1_utmutato_v2.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
236. OBEIT 4.2. útmutató: Az ONER szervek közötti kommunikáció
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/2456E6125F3013DEC1257C9900471391/\\$FILE/OBEIT_4-2_utmutato_v1.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/2456E6125F3013DEC1257C9900471391/$FILE/OBEIT_4-2_utmutato_v1.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
237. OBEIT 5.1. útmutató: Szervezeti Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv kidolgozása és folyamatos karbantartása
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/BF26E777EFCCF06EC1257BE900570346/\\$FILE/OBEIT_5-1_utmutato_v3.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/BF26E777EFCCF06EC1257BE900570346/$FILE/OBEIT_5-1_utmutato_v3.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)

238. OBEIT 5.2. útmutató: Nukleárisbaleset-elhárítási gyakorlatok előkészítése, végrehajtása és értékelése
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/D803803B36496ABEC1257BE90057035A/\\$FILE/OBEIT_5-2_utmutato_v2.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/D803803B36496ABEC1257BE90057035A/$FILE/OBEIT_5-2_utmutato_v2.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
239. OBEIT 5.3. útmutató: ONER riasztási gyakorlatok előkészítése, levezetése és értékelése
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/C053D66F5723E0E8C12581800024672B/\\$FILE/OBEIT_5-3_utmutato_v1.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/C053D66F5723E0E8C12581800024672B/$FILE/OBEIT_5-3_utmutato_v1.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
240. OBEIT 7.2. sz. Útmutató: Radiológiai veszélyhelyzet helyi kezelése
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/AB99F4E62E093830C1257BE900570389/\\$FILE/OBEIT_7.2_utmutato_v1.0.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/AB99F4E62E093830C1257BE900570389/$FILE/OBEIT_7.2_utmutato_v1.0.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
241. OBEIT 10.1. sz. Útmutató: Sugársérültek kezelésének és ellátásának megszervezése
[https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/35D48D51C0A64873C1257BE90056FE47/\\$FILE/OBEIT_10.1_utmutato.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/35D48D51C0A64873C1257BE90056FE47/$FILE/OBEIT_10.1_utmutato.pdf) (letöltés: 2023.05.27.)
242. MVM Paksi Atomerőmű Zrt.: *Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzata V04.* (2019)
243. MVM Paksi Atomerőmű Zrt.: *Környezetellenőrzési Szabályzata V04.* (2022)
244. MVM Paksi Atomerőmű Zrt.: *1-4. blokk Végleges Biztonsági Jelentés* (2022)
245. MVM Paksi Atomerőmű Zrt., - Paksi Atomerőmű Zrt. 1-4. blokk: Célzott Biztonsági Felülvizsgálat Előrehaladási Jelentés, V1.0, Paks, 2011. augusztus 15.
246. Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv, (ÁVIT) MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Verziószám: 10, Paks, 2019. 07. 15.
247. Nemzeti Jelentés – *A Paksi Atomerőmű célzott biztonsági felülvizsgálatáról*, OAH, Budapest, 2011.12.29. Online: [CBF_NJ_final_hun_signed.pdf](#) (nubiki.hu) (letöltés: 2023.05.27)
248. Országos Atomenergia Hivatal: *Magyarország Nemzeti Jelentése hetedik kiadás* Készült a Nukleáris Biztonsági Egyezmény keretében, OAH, Budapest 2016. Online: [https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B056886F00DE3A60C12580D10033006F/\\$FILE/Hetedik_Nemzeti_Jelent%C3%A9s_CNS.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/B056886F00DE3A60C12580D10033006F/$FILE/Hetedik_Nemzeti_Jelent%C3%A9s_CNS.pdf) (letöltés: 2023. 08.10.)
249. Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula, Zellei Gábor: 25 éve működik hazánkban a radiológiai távmérő hálózat. *HADTUDOMÁNY* 2018/2 Online: http://real.mtak.hu/82576/1/ht2018_2_142_148_u.pdf (letöltés: 2023.08.10.)
250. MVM Paksi Atomerőmű: FSU301_ELJ Kibocsátás ellenőrzés eljárásrend V06 (2021)

251. MVM Paksi Atomerőmű FSU302_ELJ Környezetellenőrzés eljárásrend V07 (2021)
252. Manga László: *Nukleáris Környezetellenőrzés a Paksi Atomerőműben*. Magyar Kémikusok Egyesülete, Őszi Radiokémiai Napok, Eger. 2013. október 16-18. Online: https://public.ek-cer.hu/~lazar/Kem-Tud-Oszt_Rad-Kem-Biz/5_ORN/ORN_2013_prog+abs.pdf (letöltés: 2023.05.27.)
253. Bujtás Tibor, Manga László, Nagy Gábor, Solymosi József: *A Paksi Atomerőmű Környezetellenőrző Laboratóriuma mintavételi adatbázisának korszerűsítése*. Hadmérnök on – line, X. Évfolyam 1. szám – 2015 március, oldalak: 161 - 173 ISSN 1788-1919 Online: http://hadmernok.hu/151_15_bujtast_ml_ng_sj.pdf (letöltés: 2023.05.27.)
254. Manga László: *Fehér István a nukleáris környezetellenőrzés szolgálatában (előadás)*. Hajdúszoboszló, 2018. április 17-19. XLIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam.
255. MSZ EN 13284-1: Helyhez kötött légszennyező források emissziója. A szilárd anyag tömegkoncentrációjának meghatározása kis koncentrációtartományban. 1. rész: Kézi gravimetriás módszer
256. VDI 2066: Particulate matter measurement - Dust measurement in flowing gases - Gravimetric determination of dust load
257. ISO-9096: Stationary source emissions — Manual determination of mass concentration of particulate matter
258. DIN 25423-1:1999-12: Sampling procedures for the monitoring of radioactivity in air - Part 1: General requirements
259. HPS - ANSI/HPS N13.1: Sampling and Monitoring Releases of Airborne Radioactive Substances from the Stacks and Ducts of Nuclear Facilities
260. Meteorology and Atomic Energy, Editor: D. H. Slade U.S. Atomic Energy Commission, 1968. fig.5.6.
261. Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Manga László, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán: *Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radioaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszerekben*. Sugárvédelem Online folyóirat, XIII. évf. 1. szám (2020) 1-8 oldalak ISSN 2060-2391 Online: https://elftsh.hu/svonline/docs/V13i1/Pet_V13i1.pdf (letöltés: 2023.05.28.)
262. MVM Paksi Atomerőmű Zrt. *SER MT Saját rendszerek ismerete Dozimetriai Szolgálatvezető jegyzet V.4.0 (2018.)*
263. Házi Gábor, Benis Tamás, Káposztás Péter: *A sugárvédelmi ellenőrző rendszer kibocsátás- és környezetellenőrzésének felújítása, műszaki leírás V.1.2*. Budapest, 2016.

264. Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Paksi Atomerőmű környezeti, sugárvédelmi távadó eszközei*. In: Vass Gyula, Mógor Judit, Kovács Gábor – Dobor József, Horváth Hermina (szerk) *Katasztrófavédelem 2018: Veszélyes tevékenységek biztonsága* Budapest, Magyarország: BM OKF (2018) 347 p. pp. 331-331., 1 p. Online: https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/3.%20katvedkonf_2018_IB_posz.pdf (letöltés: 2023.05.27.)
265. Török Szabina; Osan, János; Bejer, Barbara Börcsök Endre; Manga, László: *Levegőminőség az atomerőmű környezetében, a biomassa-tüzelés és közlekedés hatása a koromtartalomra*. In: Cserhádi, András (szerk.) IX. Nukleáris Technikai Szimpózium Budapest, Magyarország : Magyar Nukleáris Társaság (2010) pp. 56-56. , 1p.
266. Daróczi László, Manga László, Ranga, Tibor: *Méréstechnika fejlődése a paksi atomerőmű nukleáris környezetellenőrzésében* In: Eötvös, Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (szerk.) XXXIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam: 2009. április 28-30., Hajdúszoboszló, Budapest, Magyarország: Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport, (2009) pp. 24-24., 1 p.
267. Lencsés András, Manga László, Ranga Tibor: *Beszámoló "I.S.I.S. 2007" nemzetközi összemérési gyakorlatról* In: Eötvös, Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (szerk.) XXXIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam: 2008. május 6-8., Hajdúszoboszló Budapest, Magyarország : Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (2008) 33 p. pp. 11-11., 1 p.
268. Petrányi János, Elter Dénes, Szalóki Imre, Solymosi Maté, Manga László: *Modernisation of the Radiation Monitoring Systems at Research and Training Reactors in Hungary Christopher Clement*. Proceedings of the 14th International Congress of the International Radiation Protection Association: Volume 3 of 5: Area 5: Optimisation and Design of New Facilities Area 6: Radiation Detection and Dosimetry. (2016) ISBN:9780998966632 pp.1138-1138.,1p.,(2016)
269. Börcsök Endre, Manga László: *Results related to characterization of air particulate matter* Bécs, Ausztria : International Atomic Energy Agency (IAEA) (2011)

270. Manga László: *Súlyos nukleáris baleset esetén alkalmazható sugárvédelmi módszerek*. Műszaki Katonai Közlöny, XXVIII évf. 1. szám (2018) 143-158 oldalak: ISSN 2063-4986. Online: <https://mkk.uni-nke.hu/nyitolap> (letöltés: 2023.05.27)
271. Manga László, Kátai-Urbán Lajos, Solymosi József: *Radiation protection devices for nuclear emergency preparedness*. Védelem Tudomány ISBN: 978-615-01-1362-3, Budapest -2021, Edited by László Bodnár and György Heizler: Fire Engineering & Disaster Management Pre-recorded International Scientific Conference Védelem online- cooperated with the University of Public Service 23rd February, 2021. Budapest, Hungary (Book of abstract). Online: <https://vedelem.hu/letoltes/document/440-konferencia.pdf#page=503> (letöltés: 2023.05.27.)
272. Manga László, Deme Sándor, Lencsés András, C. Szabó István, Petrányi János: *Mit mér a jódtáv mérő?* Sugárvédelem Online folyóirat, XIV. évf. 1. szám (2021) 1-12 oldalak ISSN 2060-2391 Online: https://elftsv.hu/svonline/docs/V14i1/Man_V14i1.pdf (letöltés: 2023.05.27)
273. Manga László; Bujtás Tibor; Dombóvári Péter, Lencsés András, Ranga, Tibor: *Mit mértünk a környezetben* pp. 28-28. , 1 p. In: XXXVI. Sugárvédelmi Továbbképző tanfolyam, Budapest, Magyarország : Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport, (2011)
274. Bihari Árpád, Dezső Zoltán, Bujtás Tibor, Manga, László, Lencsés, András, Dombóvári Péter, Csige István, Ranga, Tibor, Mogyorósi, Magdolna, Veres Mihály (2014) *Fission products from the damaged Fukushima reactor observed in Hungary*. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50 (1). (2015) pp. 94-102. ISSN 1025-6016. Impakt faktor 0.9642014 Online: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10256016.2013.828717> (letöltés: 2023.05.27.)
275. Palcsú László; Köllő Zoltán; Major Zoltán; Papp László; Molnár Mihály; Ranga, Tibor; Dombóvári Péter; Manga, László: *Tríciumkimosódás kimutatása és modellezése a paksi atomerőmű környékén* In: XXXVI. Sugárvédelmi Továbbképző tanfolyam Budapest, Magyarország : Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport, (2011) pp. 11-11. , 1 p Online: <http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/kulonsz/2011sv/szekcio1/tricumkimosodas.pdf> (letöltés: 2023.05.27.)

276. Köllő Z, Palcsu L, Major Z, Papp L, Molnar M, Ranga T, Dombovari P, Manga L: *Experimental investigation and modelling of tritium washout by precipitation in the area of the nuclear power plant of Paks, Hungary*, Journal of Environmental Radioactivity 102: (1) (2011) pp. 53-59. Online: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20933310/> (letöltés: 2023.05.27.)
277. Tamás Varga, Gábor Orsovszki, István Major, Mihály Veres, Tibor Bujtás, Gábor Végh József, László Manga, László Palcsu, Mihály Molnár: *Advanced atmospheric 14C monitoring around the Paks Nuclear Power Plant, Hungary*. Journal of Environmental Radioactivity 0265-931X 1879-1700 213 Paper: 106138, 11 p. 2020 Online: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0265931X19307076?via%3Dihub> (letöltés: 2023.05.27.)
278. Manga László, Apáthy István, Deme Sándor, Hirn Attila, Lencsés András, Pázmándi Tamás: *A Paksi Atomerőmű környezeti dózisadatainak analízise*. Sugárvédelem, VIII. évf. 1 szám, (2015) oldalak 8-20 ISSN 2060-2391 Online: http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/V8i1/Man_V81.pdf (letöltés: 2023.05.27.)
279. Péter Szantó, László Manga, István Apathy, Sándor Deme, Attila Hirn, András Lencses and Tamás Pazmandi: *Comprehensive analysis of 6 years of environmental dose data measured at the telemetric radiation monitoring stations around Paks NPP*. International Conferens, Environmental Radioactivity. Thessaloniki, Greece, 21-25 September 2015
280. Lencsés András, Manga László, Ranga Tibor: *Beszámoló "I.S.I.S. 2007" nemzetközi összemérési gyakorlatról* In: Eötvös, Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (szerk.) XXXIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam: 2008. május 6-8., Hajdúszoboszló Budapest, Magyarország: Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (2008) 33 p. pp. 11-11., 1 p.
281. Jonas Nilsson: *Using the LaBr3:Ce scintillation detector for mobile -spectrometry*. Lund University, Department of Medical Radiation Physics, 2010, <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=2157130&fileOid=2157384>
282. IEEE 344-2004, IEEE Recommended Practices for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations

283. IEEE 323-2003 - IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations
284. Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság: *Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv* OBEIT v3.1, Budapest (2020).
285. Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *A paksi atomerőmű nukleárisbaleset-elhárításának alapjai*. Védelem Tudomány (katasztrófavédelmi online-tudományos folyóirat) II. évf. 4. szám (2017) pp. 92-106. ISSN 2498-6194. Online: <https://www.vedelemtudomany.hu/articles/05-IB-manga-katai.pdf> (letöltés: 2023.05.31)
286. Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris balesetekből levonható tanulságok – a tudomány állása II. rész*. Bolyai Szemle 26 : 3 pp. 123-136., 14 p. (2017) Online: https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/Bolyai_Szemle_2017_03_.pdf (letöltés: 2023.05.25.)
287. Katona Tamás János: *Safety of nuclear power plants with respect to the fault displacement hazard*. APPLIED SCIENCES-BASEL 10 : 10 p. 3624 , 16 p. (2020). Online: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/10/3624> (letöltés: 2023.05.31)
288. János Katona, Tamás: *Natural Hazards and Nuclear Power Plant Safety*. In: P. Tiefenbacher, John (szerk.) *Natural Hazards - Risk, Exposure, Response, and Resilience*, London, Egyesült Királyság / Anglia : IntechOpen (2019) p. 199 Paper: Chapter 3. Online: <https://www.intechopen.com/chapters/65438> (letöltés: 2023.05.31)
289. Katona Tamás János: *Liquefaction Hazard and Nuclear Power Plant Safety*. In: Corey, Hanson *Liquefaction : Analysis and Assessment*, Hauppauge, Amerikai Egyesült Államok : Nova Science Publishers (2019) 220 p. pp. 45-78. , 34 p
290. Katona Tamás János: *Earthquake Damage Indicators for Nuclear Power Plants*. In: C, Adam; R, Heuer; W, Lenhardt; C, Schranz (szerk.) *Vienna Congress on Recent Advances in Earthquake Engineering and Structural Dynamics 2013 (VEESD 2013) - 13. D-A-CH Tagung*, Vienna, Ausztria : Vienna University of Technology (2013) pp. 28-30. , 3 p.
291. Manga László: *Veszélyhelyzet-kezelés a paksi atomerőműben szervezeti egységek oldaláról*, *BOLYAI SZEMLE XXVII. évfolyam*, 2018/2. szám pp. 54-63. , 10 p. (2018). Online: <https://www.proquest.com/openview/3b638798abe063542f06ad8c56f70b7c/1.pdf?cbl=4378875&pq-origsite=gscholar&login=true> (letöltés: 2023.06.01)

292. Manga László, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *A Paksi Atomerőmű nukleárisbaleset-elhárítási rendszerének sugárvédelmi célú értékelése*. Védelem Tudomány (katasztrófavédelmi online-tudományos folyóirat) II. évf. 1. szám (2017) pp. 152-162. ISSN 2498-6194 Online: <https://www.vedelemtudomany.hu/articles/12-manga.pdf> (letöltés: 2023.05.27.)
293. Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris baleset-elhárítás sugárvédelmi felderítő eszközei*. Budapest, 2017. Katasztrófavédelmi Tudományos Konferencia „A légoltalmi Liga és a Magyar Polgári Védelmi Szövetség 80 éve Magyarország közbiztonságért” című konferenciakiadványban megjelent poszter. oldal: 222; ISBN (on-line) 978-615-80429-5-6 Online: https://kvi.uni-nke.hu/document/kvi-uni-nke-hu/KATVEDKONF_2017_kiadv%C3%A1ny_10ver%20FINAL.compressed.pdf#page=21 (letöltés: 2023.06.03.)
294. Manga László, Lencsés András, Bana János, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *A Paksi Atomerőmű nukleárisbaleset-elhárítási rendszere sugárvédelmi szempontból (előadás)*. Hajdúszoboszló, 2016. április 26-28. XLI. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam.
295. Criteria for Use in Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, GSG-2-PUB 1467, 2011.
296. Manga László: *Drónok és alkalmazási területeik, avagy szóba jöhetnek-e egy esetleges nukleáris baleset esetén*. Műszaki Katonai Közlöny XXVI. évf. 2. szám (2016) PP. 183-196 ISSN 1219-4166 Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2016_2_014_Manga%20Laszlo.pdf (letöltés: 2023.06.04)
297. Manga László, Deme Sándor, Vincze Árpád: *A lakossági óvintézkedések bevezetésének sugárzás monitorozási kérdései nukleáris veszélyhelyzetben*. Sugárvédelem Online folyóirat, XII. évf. 1. szám (2019) 41-50 oldalak ISSN 2060-2391 Online: https://elftsv.hu/svonline/docs/V12i1/Man_V12i1.pdf (letöltés: 2023.05.27.)
298. Deme Sándor, Pázmándi Tamás, C. Szabó István, Szántó Péter: Az általános környezeti veszélyhelyzet létrejöttét befolyásoló tényezők vizsgálata. *Sugárvédelem*, VII. évf. 1. szám. 43–56. (2014). Online: http://www.sugarvedelem.hu/sugarvedelem/docs/V7i1/Dem_V71.pdf (letöltés: 2023.06.03).

299. Nagy Attila Gábor, Deme Sándor, Páles József, Pázmándi Tamás, C. Szabó István: Dose on Lite – direkt és inverz baleseti terjedésszámítás. *Sugárvédelem*, XII. évf. 1. szám. 23-40 (2019). Online: https://www.elftsv.hu/svonline/docs/V12i1/NaA_V12i1.pdf (letöltés: 2023.06.03)
300. PC COSYMA (Version 2): An Accident Consequence Assessment Package for Use on a PC Report EUR 16239 (1996)
301. Microshield ver. 6. Grove Engineering.
302. Szintai Balázs, Mile Máté, Bölöni Gergely, Szűcs Mihály, Lancz Dávid: AROME modell az országos meteorológiai szolgálatnál: operatív alkalmazás és aktuális fejlesztések. *Nimbus ELTE* Online: [Microsoft Word - 05-Szintai_etal_FF forma_SJ-PR-color.doc \(elte.hu\)](#) (letöltés: 2023.06.03).
303. Radioökológiai Tisztaságért Társadalmi Szervezet: *TREX 2.1. verzió TRansport Exchange Terjedési-Ülepedeési Modell Szimulátor kezelési útmutató*, Veszprém (2021).
304. Fauske & Associates: Modular Accident Analysis Program (MAAP) program. Online: <https://www.fauske.com/maap-modular-accident-analysis-program> (letöltés: 2023.06.04)
305. GAMMA Műszaki Zártkörű Részvénytársaság. Online: <https://www.gammatech.hu/?lang=hun&mnuGrp=mnuMain&> (letöltés: 2023.05.08)
306. Earth Imaging Journal: *Unmanned Copter Shows Promise for Radiation Monitoring*. Online: [Unmanned Copter Shows Promise for Radiation Monitoring \(eijournal.com\)](http://www.eijournal.com) (letöltés: 2023.06.04)
307. Kromek Safer and Healthier World: *AARM Real-time location, measurement, and mapping of radioactivity with isotope identification*. Online: <https://www.kromek.com/product/aerial-radiation-mapping-drone/> (letöltés: 2023.06.04)
308. Lucas Grégory, Halász László, Solymosi József: Exploring the capacities of airborne technology for the disaster assessment. *Hadmérnök*, VIII. évfolyam, 3.szám, 74- 91 oldal (2013) http://www.hadmernok.hu/133_08_lucasp.pdf (letöltés ideje: 2023. 05. 10.)
309. Lucas Grégory, Solymosi József, Lénart Csaba: Using hyperspectral imaging in nuclear radiation aerial reconnaissance? A preliminary study. Repüléstudományi Közlemények (1997-től) 25. *Repüléstudományi Konferencia* (NKE), Szolnok. 2013, 644-656 oldal. http://www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2013_cikkek/2013-2-49-Lucas_Gregory_es_a_tobbiek.pdf (letöltés ideje: 2023. 05. 10.)

310. Lucas Grégory, Solymosi József: Preliminary study on the detection of radioactivity with airborne remote sensing systems. *Hadmérnök*, X. évfolyam 3. szám, 137-155 oldal (2015). http://hadmernok.hu/153_11_gregoryl_sj.pdf (letöltés ideje: 2023. 05. 10.)
311. Manga László, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula, Csurgai József: *Pilóta nélküli repülőök a sugárfelserítésben*. *Védelem Tudomány* (katasztrófavédelmi online-tudományos folyóirat) II. évf. 2. szám (2017) pp. 63-75. ISSN 2498-6194 Online: <https://www.vedelemtudomany.hu/articles/05-manga-katai-vass-csurgai.pdf> (letöltés: 2023.05.27.)
312. Jiri Suran: *Unmanned Long Range Helicopter System for Radiological Emergency HPGe Spectrometry*. International Conference on Radionuclide Metrology and its Applications 27 – 31 March, 2023, Bucharest, Romania
313. Szegedi Szakképzési Centrum Krúdy Gyula Szakgimnázium és Szakközépiskola: *Krúdy Matematika – Informatika Lap DSS*. Online: https://szaszak.krudy-szeged.hu/static/kruszam/szakmn/14ker/IR_DontestamogatoRendszerek.pdf (letöltés: 2023.08.29.)
314. Jung P. Shim, Merrill Warkentin, James F. Countney, Daniel J. Power: *Past, Present, and Future of Decision Support Technology*. ResearchGate, 2002 33(2): 111-126 DOI: 10.1016/S0167-9236(01)00139-7 Online: [file:///C:/Users/a4440/Downloads/Past Present and Future of Decision Support Techno.pdf](file:///C:/Users/a4440/Downloads/Past%20Present%20and%20Future%20of%20Decision%20Support%20Techno.pdf) (letöltés: 2023.08.29)
315. Elsevier, ScienceDirect: *Decision Support Systems*. Online: <https://www.sciencedirect.com/journal/decision-support-systems> (letöltés: 2023.08.29)
316. Daiki Tennó, Sieglér Gábor, Szlávi Péter, Zsakó László: *Modellezés és szimuláció*. Eötvös Lóránt Tudomány Egyetem, Budapest (2020). Online: [Modellezés és szimuláció / A szimuláció módszertana \(1. lecke\) \(elte.hu\)](https://www.elte.hu/~szimulacio/) (letöltés: 2023.09.01.)
317. Management Information Systems: What is a GDSS? Overview of a GDSS Meeting Business Value of GDSS. Online: [---MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS---:Chapter 13 \(up.pt\)](https://www.up.pt/~management-information-systems/) (letöltés: 2023.09.01)

A TÉMAKÖR BŐL KÉSZÜLT PUBLIKÁCIÓIM

LEKTORÁLT SZAKMAI FOLYÓIRATCIKKEK (ON-LINE IS)

Külföldi idegen nyelvű folyóiratban

- [1] Bihari Árpád, Dezső Zoltán, Bujtás Tibor, Manga László, Lencsés, András, Dombóvári Péter, Csige István, Ranga, Tibor, Mogyorósi, Magdolna, Veres Mihály (2014) *Fission products from the damaged Fukushima reactor observed in Hungary*. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 50 (1). (2015) pp. 94-102. ISSN 1025-6016. Impakt faktor 0.9642014
- [2] Köllő Z, Palcsu L, Major Z, Papp L, Molnar M, Ranga T, Dombovari P, Manga L: *Experimental investigation and modelling of tritium washout by precipitation in the area of the nuclear power plant of Paks, Hungary*, *Journal of Environmental Radioactivity* 102: (1) (2011) pp. 53-59.
- [3] Dorottya Jakab, Tünde Ádámné Sió, Gáborné Endrődi, Zsolt Homoki, Sándor Kapitány, András Kocsonya, Júlia Kövendiné Kónyi, András Lencsés, László Manga, Annamária Pántya, Tamás Pázmándi, Krisztián Radó, Péter Rell, Péter Turza, Péter Zagyvai: *Evaluation of Hungarian monitoring results and source localization of the ¹⁰⁶Ru release in the fall of 2017*. 1 pp. 191-431. Paper: JES_2018_3140 , 241 p. (2019)
- [4] Tamás Varga, Gábor Orsovszki, István Major, Mihály Veres, Tibor Bujtás, Gábor Végh József, László Manga, László Palcsu, Mihály Molnár: *Advanced atmospheric I4C monitoring around the Paks Nuclear Power Plant, Hungary*. *Journal of Environmental Radioactivity* 0265-931X 1879-1700 213 Paper: 106138 , 11 p. 2020

Magyarországon megjelenő idegen nyelvű folyóiratban

- [5] Manga László: *The behaviour of nuclear fuel during severe accident processes*. *Hadmérnök on – line*, XIII. Évfolyam 3. szám – 2018 szeptember ISSN 1788-1919

Magyar nyelvű mértékadó folyóiratban

- [6] Bujtás Tibor, Manga László, Nagy Gábor, Solymosi József: *A Paksi Atomerőmű Környezetellenőrző Laboratóriuma mintavételi adatbázisának korszerűsítése*. *Hadmérnök on – line*, X. Évfolyam 1. szám – 2015 március, oldalak: 161 - 173 ISSN 1788-1919
- [7] Manga László, Apáthy István, Deme Sándor, Hirn Attila, Lencsés András, Pázmándi Tamás: *A Paksi Atomerőmű környezeti dózिसadatainak analízise*. *Sugárvédelem*, VIII. évf. 1 szám, (2015) oldalak 8-20 ISSN 2060-2391

- [8] Manga László: *Drónok és alkalmazási területeik, avagy szóba jöhetnek-e egy esetleges nukleáris baleset esetén.* Műszaki Katonai Közlöny XXVI. évf. 2. szám (2016) PP. 183-196 ISSN 1219-4166
- [9] Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris balesetkből levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész.* Bolyai Szemle XXV. évf. 4. szám (2016) pp. 120-136 ISSN 1416-1443
- [10] Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris balesetkből levonható tanulságok – a tudomány állása II. rész.* Bolyai Szemle 26 : 3 pp. 123-136., 14 p. (2017)
- [11] Manga László, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *A Paksi Atomerőmű nukleárisbaleset-elhárítási rendszerének sugárvédelmi célú értékelése.* Védelem Tudomány (katasztrófavédelmi online-tudományos folyóirat) II. évf. 1. szám (2017) pp. 152-162. ISSN 2498-6194
- [12] Manga László, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula, Csurgai József: *Pilóta nélküli repülő a sugárfelserítésben.* Védelem Tudomány (katasztrófavédelmi online-tudományos folyóirat) II. évf. 2. szám (2017) pp. 63-75. ISSN 2498-6194
- [13] Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *A paksi atomerőmű nukleárisbaleset-elhárításának alapjai.* Védelem Tudomány (katasztrófavédelmi online-tudományos folyóirat) II. évf. 4. szám (2017) pp. 92-106. ISSN 2498-6194
- [14] Manga László: *Súlyos nukleáris baleset esetén alkalmazható sugárvédelmi módszerek.* Műszaki Katonai Közlöny, XXVIII évf. 1. szám (2018) 143-158 oldalak: ISSN 2063-4986.
- [15] Manga László: *Veszélyhelyzet kezelés a Paksi Atomerőműben szervezeti egységek oldaláról.* Bolyai Szemle XXVII. évf. 2. szám (2018) ISSN 1416-1443
- [16] Manga László, Deme Sándor, Vincze Árpád: *A lakossági óvintézkedések bevezetésének sugárzás monitorozási kérdései nukleáris veszélyhelyzetben.* Sugárvédelem Online folyóirat, XII. évf. 1. szám (2019) 41-50 oldalak ISSN 2060-2391
- [17] Petrányi János, Zsitnyányi Attila, Manga László, Sebestyén Zsolt, Kátai-Urbán Lajos, Mesics Zoltán: *Méréstechnikai módszerek vizsgálata légnemű radioaktív anyag kibocsátás ellenőrző rendszerekben.* Sugárvédelem Online folyóirat, XIII. évf. 1. szám (2020) 1-8 oldalak ISSN 2060-2391
- [18] Manga László, Deme Sándor, Lencsés András, C. Szabó István, Petrányi János: *Mit mér a jódtávmérő?* Sugárvédelem Online folyóirat, XIV. évf. 1. szám (2021) 1-12 oldalak ISSN 2060-2391

NEMZETKÖZI SZAKMAI KONFERENCIA KIADVÁNYÁBAN MEGJELENT ELŐADÁS
(ON-LINE IS, HAZAI ÉS KÜLFÖLDI EGYARÁNT)

Lektorált idegen nyelvű előadás

- [19] Börcsök Endre, Manga László: *Results related to characterization of air particulate matter* Bécs, Ausztria : International Atomic Energy Agency (IAEA) (2011)
- [20] Péter Szantó, László Manga, István Apathy, Sándor Deme, Attila Hirn, András Lencses and Tamás Pazmandi: *Comprehensive analysis of 6 years of environmental dose data measured at the telemetric radiation monitoring stations around Paks NPP.* International Conferens, Environmental Radioactivity. Thessaloniki, Greece, 21-25 September 2015
- [21] Petrányi János, Elter Dénes, Szalóki Imre, Solymosi Maté, Manga Laszról: *Modernisation of the Radiation Monitoring Systems at Research and Training Reactors in Hungary* Christopher Clement. Proceedings of the 14th International Congress of the International Radiation Protection Association: Volume 3 of 5: Area 5: Optimisation and Design of New Facilities Area 6: Radiation Detection and Dosimetry. (2016) ISBN:9780998966632 pp.1138-1138.,1p.,(2016)
- [22] Manga László, Kátai-Urbán Lajos, Solymosi József: *Radiation protection devices for nuclear emergency preparedness.* Védelem Tudomány ISBN: 978-615-01-1362-3, Budapest -2021, Edited by László Bodnár and György Heizler: Fire Engineering & Disaster Management Pre-recorded International Scientific Conference Védelem online-cooperated with the University of Public Service 23rd February, 2021. Budapest, Hungary (Book of abstract).

HAZAI SZAKMAI KONFERENCIA KIADVÁNYÁBAN MEGJELENT (ON-LINE IS)

Magyar nyelvű előadás

- [23] Lencsés András, Manga László, Ranga Tibor: *Beszámoló "I.S.I.S. 2007" nemzetközi összemérési gyakorlatról* In: Eötvös, Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (szerk.) XXXIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam: 2008. május 6-8., Hajdúszoboszló Budapest, Magyarország: Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (2008) 33 p. pp. 11-11., 1 p.
- [24] Daróczy László, Manga László, Ranga, Tibor: *Méréstechnika fejlődése a paksi atomerőmű nukleáris környezetellenőrzésében* In: Eötvös, Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport (szerk.) XXXIV. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam: 2009. április 28-30., Hajdúszoboszló, Budapest, Magyarország : Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport, (2009) pp. 24-24. , 1 p.

- [25] Török Szabina; Osan, János; Bejer, Barbara Börcsök Endre; Manga, László: *Levegőminőség az atomerőmű környezetében, a biomassza-tüzelés és közlekedés hatása a koromtartalomra*. In: Cserhádi, András (szerk.) IX. Nukleáris Technikai Szimpózium Budapest, Magyarország : Magyar Nukleáris Társaság (2010) pp. 56-56., 1p.
- [26] Manga László; Bujtás Tibor; Dombóvári Péter, Lencsés András, Ranga, Tibor: *Mit mértünk a környezetben* pp. 28-28. , 1 p. In: XXXVI. Sugárvédelmi Továbbképző tanfolyam, Budapest, Magyarország: Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport, (2011)
- [27] Palcsú László; Köllő Zoltán; Major Zoltán; Papp László; Molnár Mihály; Ranga, Tibor; Dombóvári Péter; Manga, László: *Tríciumkimosódás kimutatása és modellezése a paksi atomerőmű környékén* In: XXXVI. Sugárvédelmi Továbbképző tanfolyam Budapest, Magyarország : Eötvös Loránd Fizikai Társulat Sugárvédelmi Szakcsoport, (2011) pp. 11-11. , 1 p.
- [28] Manga László: *Nukleáris Környezetellenőrzés a Paksi Atomerőműben*. Magyar Kémikusok Egyesülete, Őszi Radiokémiai Napok, Eger. 2013. október 16-181
- [29] Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Nukleáris baleset-elhárítás sugárvédelmi felderítő eszközei*. Budapest, 2017. Katasztrófavédelmi Tudományos Konferencia „A légtalmi Liga és a Magyar Polgári Védelmi Szövetség 80 éve Magyarország közbiztonságért” című konferenciakiadványban megjelent poszter. oldal: 222; ISBN (on-line) 978-615-80429-5-6
- [30] Manga László, Lencsés András, Bana János, Kátai-Urbán Lajos, Vass Gyula: *A Paksi Atomerőmű nukleárisbaleset-elhárítási rendszere sugárvédelmi szempontból (előadás)*. Hajdúszoboszló, 2016. április 26-28. XLI. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam.
- [31] Manga László: *Fehér István a nukleáris környezetellenőrzés szolgálatában (előadás)*. Hajdúszoboszló, 2018. április 17-19. XLIII. Sugárvédelmi Továbbképző Tanfolyam.
- [32] Manga László, Kátai-Urbán Lajos: *Paksi Atomerőmű környezeti, sugárvédelmi távadó eszközei*. In: Vass Gyula, Mógor Judit, Kovács Gábor – Dobor József, Horváth Hermina (szerk) *Katasztrófavédelem 2018: Veszélyes tevékenységek biztonsága* Budapest, Magyarország: BM OKF (2018) 347 p. pp. 331-331., 1 p.

MELLÉKLETEK

1. A kutatási témához kapcsolódó jogszabályok

I. Nemzetközi és EU jogszabályok:

1. 1992/26. Nemzetközi Szerződés a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség alapokmánya
2. 28/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetéről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről. 28/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetéről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
3. 29/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris baleset, vagy sugaras veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló egyezmény kihirdetéséről. 29/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris baleset, vagy sugaras veszélyhelyzet esetén való segítségnyújtásról szóló egyezmény kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
4. 1987. évi 8. törvényerejű rendelet. <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=98700008>. TVR a nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló egyezmény kihirdetéséről.
5. 87/600/Euratom, Council Decision of 14 December 1987 on Community arrangements for the early exchange of information in the event of a radiological emergency.
6. 70/1987. (XII. 10.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és az Osztrák Köztársaság Kormánya között a nukleáris létesítményeket érintő, kölcsönös érdeklődés tárgyát képező kérdések szabályozásáról Bécsben, 1987. április 29-én aláírt egyezmény kihirdetéséről.
7. 108/1991. (VIII. 28.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Cseh és Szlovák Szövetségi Köztársaság Kormánya között a kölcsönös tájékoztatásról és együttműködésről a nukleáris biztonság és sugárvédelem területén Bécsben, 1990. szeptember 20-án aláírt egyezmény kihirdetéséről.
8. 13/2000. (II. 11.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Horvát Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről Zágrábban, 1999. június 11-én aláírt egyezmény kihirdetéséről.
9. 73/1991. (VI. 10.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Németországi Szövetségi Köztársaság Kormánya között a nukleáris biztonsággal és a sugárvédelemmel összefüggő kölcsönös érdeklődés tárgyát képező kérdések szabályozásáról Budapesten, 1990. szeptember 26-án aláírt megállapodás kihirdetéséről.
10. 61/1998. (III. 31.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Románia Kormánya között nukleáris balesetek esetén adandó gyors értesítésről Bukarestben, 1997. május 26-án aláírt Megállapodás kihirdetéséről.
11. 180/2014. (VII. 25.) Korm. rendelet a Magyarország Kormánya és a Szerb Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről.

12. 185/1997. (X. 31.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és a Szlovén Köztársaság Kormánya között sugaras veszélyhelyzet esetén adandó gyors értesítésről Budapesten, 1995. július 11-én aláírt egyezmény kihirdetéséről.
13. 108/1999. (VII. 7.) Korm. rendelet a Magyar Köztársaság Kormánya és Ukrajna Kormánya között nukleáris balesetek esetén való gyors értesítésről, a kölcsönös tájékoztatásról és együttműködésről a nukleáris biztonság és sugárvédelem területén Budapesten, 1997. november 12-én aláírt megállapodás kihirdetéséről.
14. 1992/26. Nemzetközi Szerződés az Országos Atomenergia Bizottság elnökétől A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség Alapokmánya1. [NAÜ_Alapokmány.pdf \(gov.hu\)](#)
15. 1995/9. Nemzetközi Szerződés az Ipari és Kereskedelmi Minisztériumtól MEGÁLLAPODÁS a Magyar Köztársaság Kormánya és a Gazdasági Együttműködési Szervezet között a Szervezetnek nyújtott kiváltságokról és mentességekről. [Magyar Köztársaság OECD.pdf \(gov.hu\)](#)
16. 1970. évi 12. törvényerejű rendelet az Egyesült Nemzetek Szervezete Közgyűlésének XXII. ülészakán, 1968. június 12-én elhatározott, a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés kihirdetéséről. 1970. évi 12. törvényerejű rendelet az Egyesült Nemzetek Szervezete Közgyűlésének XXII. ülészakán, 1968. június 12-én elhatározott, a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
17. 1972. évi 9. törvényerejű rendelet a Magyar Népköztársaság és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés szerinti biztosítékok alkalmazásáról Bécsben 1972. március 6-án aláírt egyezmény kihirdetéséről. 1972. évi 9. törvényerejű rendelet a Magyar Népköztársaság és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződés szerinti biztosítékok alkalmazásáról Bécsben 1972. március 6-án aláírt egyezmény kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
18. 93/1989. (VIII. 22.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között kötött, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által Magyarországnak nyújtott műszaki segítségről szóló, 1989. június 12-én aláírt Felülvizsgált Kiegészítő Megállapodás kihirdetéséről. 93/1989. (VIII. 22.) MT rendelet a Magyar Népköztársaság Kormánya és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között kötött, a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség által Magyarországnak nyújtott műszaki segítségről szóló, 1989. június 12-én aláírt Felülvizsgált Kiegészítő Megállapodás kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
19. 24/1990. (II. 7.) MT rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről Bécsben 1963. május 21-én kelt nemzetközi egyezmény kihirdetéséről. 24/1990. (II. 7.) MT rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről Bécsben 1963. május 21-én kelt nemzetközi egyezmény kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
20. 130/1992. (IX. 3.) Korm. rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről szóló Bécsi Egyezmény és az atomenergia területén való polgári jogi felelősségről szóló Párizsi Egyezmény alkalmazásáról szóló, 1989. szeptember 20-án aláírt közös jegyzőkönyv kihirdetéséről. 130/1992. (IX. 3.) Korm. rendelet az atomkárokért való polgári jogi felelősségről szóló Bécsi Egyezmény és az atomenergia területén való polgári jogi felelősségről szóló Párizsi Egyezmény alkalmazásáról szóló, 1989. szeptember 20-án aláírt közös jegyzőkönyv kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)

21. 1997. évi I. törvény a nukleáris biztonságról a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében Bécsben, 1994. szeptember 20-án létrejött Egyezmény kihirdetéséről. 1997. évi I. törvény a nukleáris biztonságról a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében Bécsben, 1994. szeptember 20-án létrejött Egyezmény kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
22. 1999. évi L. törvény az ENSZ Közgyűlése által 1996. szeptember 10-én elfogadott Átfogó Atomcsend Szerződésnek a Magyar Köztársaság által történő megerősítéséről és kihirdetéséről. 1999. évi L. törvény az ENSZ Közgyűlése által 1996. szeptember 10-én elfogadott Átfogó Atomcsend Szerződésnek a Magyar Köztársaság által történő megerősítéséről és kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
23. 1999. évi XC. törvénya Magyarország és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződésnek megfelelő biztosítékok alkalmazására 1972. március 6-án kötött egyezményhez kapcsolódó, Bécsben, 1998. november 26-án aláírt Kiegészítő Jegyzőkönyv megerősítéséről és kihirdetéséről. 1999. évi XC. törvény a Magyarország és a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség között a nukleáris fegyverek elterjedésének megakadályozásáról szóló szerződésnek megfelelő biztosítékok alkalmazására 1972. március 6-án kötött egyezményhez kapcsolódó, Bécsben, 1998. november 26-án aláírt Kiegészítő Jegyzőkönyv megerősítéséről és kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
24. 2001. évi LXXVI. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében a kiégett fűtőelemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív hulladékok kezelésének biztonságáról létrehozott közös egyezmény kihirdetéséről. 2001. évi LXXVI. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség keretében a kiégett fűtőelemek kezelésének biztonságáról és a radioaktív hulladékok kezelésének biztonságáról létrehozott közös egyezmény kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
25. 2006. évi LXXVII. törvény a Bernben, 1980. május 9-én kelt, Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv kihirdetéséről (A Jegyzőkönyv a Magyar Köztársaság vonatkozásában 2006. július 1-jén hatályba lépett.). 2006. évi LXXVII. törvény a Bernben, 1980. május 9-én kelt, Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény (COTIF) módosításáról Vilniusban elfogadott, 1999. június 3-án kelt Jegyzőkönyv kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
26. 2008. évi LXII. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott, és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről. 2008. évi LXII. törvény a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (NAÜ) keretében 1979-ben elfogadott, és az 1987. évi 8. törvényerejű rendelettel kihirdetett nukleáris anyagok fizikai védelméről szóló Egyezménynek a NAÜ által szervezett diplomáciai konferencia keretében, 2005. július 8-án aláírt módosítása kihirdetéséről - Hatályos Jogszabályok Gyűjteménye (jogtar.hu)
27. A Tanács 2009/71/Euratom irányelve (2009. június 25.) a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági közösségi keretrendszerének létrehozásáról.
28. A Tanács 2014/87/Euratom irányelve (2014. július 8.) a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági közösségi keretrendszerének létrehozásáról szóló 2009/71/Euratom irányelv módosításáról.

29. A Tanács 2013/59/Euratom irányelve (2013. december 5.) az ionizáló sugárzás miatti sugárterhelésből származó veszélyekkel szembeni védelmet szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról, valamint a 89/618/Euratom, a 90/641/Euratom, a 96/29/Euratom, a 97/43/Euratom és a 2003/122/Euratom irányelv hatályon kívül helyezéséről.
30. A Tanács 89/618/Euratom Irányelve (1989. november 27.) a lakosságnak a radiológiai veszélyhelyzet esetén alkalmazandó egészségvédelmi intézkedésekről és a védekezés során irányadó magatartási szabályokról történő tájékoztatásáról
31. A Tanács irányelve (1990. december 4.) az ellenőrzött területeken munkájuk során ionizáló sugárzás kockázatának kitett külső munkavállalók védelméről.
32. A Tanács 96/29/Euratom irányelve (1996. május 13.) a munkavállalók és a lakosság egészségének az ionizáló sugárzásból származó veszélyekkel szembeni védelmét szolgáló alapvető biztonsági előírások megállapításáról.
33. 2000/473/Euratom: A Bizottság 2000. június 8-i ajánlása az Euratom-Szerződés 36. cikkének alkalmazásáról a környezet radioaktivitási szintjének a lakosság egészségének expozíciójának értékelése céljából történő ellenőrzéséről (dokumentum alatt bejelentett C(2000) 1299 szám.
34. Az Európai Atomenergia-közösséget létrehozó szerződés (12251/6/09 Rev 6, Brüsszel, 2015, január 30.).
35. 1999/829/Euratom: A Bizottság 1999. december 6-i ajánlása az Euratom-Szerződés 37. cikkének alkalmazásáról (az értesítés a C(1999) 3932. számú dokumentummal történt) Hivatalos Lap L 324 , 16/12/1999 o. 0023.
36. 2004/2/Euratom: COMMISSION RECOMMENDATION of 18 December 2003 on standardised information on radioactive airborne and liquid discharges into the environment from nuclear power reactors and reprocessing plants in normal operation (notified under document number C(2003) 4832)
37. Main Findings of the Commission's Article 35 verification in Hungary. Paks nuclear power plant (European Commission, 2004)
38. Main Findings of the Commission's Article 35 verification in Hungary. Paks nuclear power plant (European Commission, 2004)
39. Environmental and source monitoring for purposes of radiation protection. Safety Guide No. RS-G_1.8 (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2005) https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1216_web.pdf
40. Programmes and systems for source and environmental radiation monitoring. Safety Reports Series No. 64 (International Atomic Energy Agency, Vienna, 2010) https://www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/pub1427_web.pdf

II. Hazai jogszabályok:

1. 1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról.
2. 2021. évi XCIII. törvény a védelmi és biztonsági tevékenységek összehangolásáról.
3. A Kormány 427/2022. (X. 28.) Korm. rendelete a védelmi és biztonsági igazgatás területi és helyi szabályairól

4. 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről.
5. 167/2010. (V. 11.) Korm. rendelet az országos nukleárisbaleset-elhárítási rendszerről.
6. 227/1997. (XII. 10.) Korm. rendelet az atomkár felelősségre vonatkozó biztosítási vagy más pénzügyi fedezet jellegéről, feltételeiről és összegéről.
7. 112/2011. (VII. 04.) Korm. rendelet az Országos Atomenergia Hivatal nukleáris energiával kapcsolatos európai uniós, valamint nemzetközi kötelezettségekkel összefüggő feladatköréről, az Országos Atomenergia Hivatal hatósági eljárásaiban közreműködő szakhatóságok kijelöléséről, a kiszabható bírság mértékéről, valamint az Országos Atomenergia Hivatal munkáját segítő tudományos tanácsról.
8. 165/2003. (X. 18.) Korm. rendelet a nukleáris és radiológiai veszélyhelyzet esetén végzett lakossági tájékoztatás rendjéről.
9. 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról.
10. 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről.
11. 28/1987. (VIII. 9.) MT rendelet a Bécsben, 1986. szeptember 26-án aláírt, a nukleáris balesetekről adandó gyors értesítésről szóló egyezmény kihirdetéséről.
12. 190/2011. (IX.19.) Korm. rendelet az atomenergia alkalmazása körében a fizikai védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési, és ellenőrzési rendszerről.
13. 51/2013 (IX.6.) NFM rendelet a radioaktív anyagok szállításáról, fuvarozásáról és csomagolásáról.
14. 47/2012 (X.4.) BM rendelet az atomenergia alkalmazásával összefüggő rendőrségi feladatokról.
15. 2/2022 (IV.29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről.
16. 489/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a lakosság természetes és mesterséges eredetű sugárterhelését meghatározó környezeti sugárzási helyzet ellenőrzési rendjéről és a kötelezően mérendő mennyiségek köréről.
17. 490/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet a hiányzó, a talált, valamint a lefoglalt nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos bejelentésekről és intézkedésekről, továbbá a nukleáris és más radioaktív anyagokkal kapcsolatos egyéb bejelentést követő intézkedésekről.
18. 2011. évi CXXVIII. (X. 3.) törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
19. 2011. évi CLXXXIX. törvény Magyarország helyi önkormányzatairól.
20. 219/2011. (X.20.) Korm. rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezésről.
21. 62/2011. (XII.29.) BM rendelet a katasztrófák elleni védekezés egyes szabályairól.
22. 234/2011 (XI.10.) Korm. rendelet a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. Törvény végrehajtásáról.

23. 1150/2012. (V.15.) Korm. határozat a Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság létrehozásáról, valamint szervezeti és működési rendjének meghatározásáról.
24. 521/2013. (XII.30.) Korm. rendelet az egészségügyi válsághelyzeti ellátásról.
25. 51/2011. (XII.21.) BM rendelet a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezés hatósági eljárásaiban az igazgatási szolgáltatási díj fizetési körébe tartozó hatósági eljárásokról, igazgatási jellegű szolgáltatásokról és bejelentésekről, továbbá a fizetendő díj mértékéről, valamint a fizetésre vonatkozó egyéb szabályokról.
26. Magyarország Alaptörvénye (2011.04.25).
27. 2011. évi CXIII. törvény a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezetendő intézkedésről.
28. 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről. 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.
29. 49/2016. (XII. 28.) EMMI rendelet az emberi erőforrások miniszterének feladatkörét érintő ágazati honvédelmi feladatokról.
30. 22/1992. (XII. 29.) KTM rendelet az életvédelmi létesítmények létesítéséről, fenntartásáról és békeidőszaki hasznosításáról.
31. 131/2003. (VIII. 22.) Korm. rendelet a nemzetgazdaság védelmi felkészítése és mozgósítása feladatai végrehajtásának szabályozásáról.
32. 100/2004. (IV. 27.) Korm. rendelet az elektronikus hírközlés veszélyhelyzeti és minősített időszaki felkészítésének rendszeréről, az államigazgatási szervek feladatairól, működésük feltételeinek biztosításáról.
33. 290/2011. (XII. 22.) Korm. rendelet a honvédelemről és a Magyar Honvédségről, valamint a különleges jogrendben bevezethető intézkedésekről szóló 2011. évi CXIII. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról.
34. 346/2010. (XII. 28.) Korm. rendelet a kormányzati célú hálózatokról.

2. Alkalmazott rövidítések jegyzéke

ABV	Atom Biológiai Vegyi
ÁIK	Ágazati Információs Bizottság
ÁNBSZ	Ágazati Nukleárisbaleset-elhárítási Szervezet
ÁOKU	Állapot Orientált Kezelési Utasítások
AROME	Application of Research to Operations at Mesoscale (Országos Meteorológiai Szolgálat előrejelző modellje)
ATRR	Akkusztikus Tájékoztató és Riasztó Rendszer
Atv.	1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról
ÁVH	Általános Veszélyhelyzet
ÁVIT	Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv
BEIT	Balesetelhárítási Intézkedési Terv
BESZ	Baleset-elhárítási Szervezet
BKR	Budapesti Kutatóreaktor
BKVM VB	Bács-Kiskun Vármegyei Védelmi Bizottság
BM	Belügyminisztérium
BME OR	Budapesti Műszaki Egyetem Oktató Reaktor
BM OKF	Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
BSZG.	Blokkszámítógép
BUTA	Baleset Utáni Támogató Alkalmazás
BV	Blokkvezénylő
BVFR	Baleseti Veszélyhelyzeti Felismerő Rendszer
CBF	Célzott Biztonsági Felülvizsgálat
CERTA	Centre for Emergency Response Training and Analysis / Veszélyhelyzeti Intézkedési, Gyakorló és Elemző Központ
COTAG	Közvetlen érintéssel elvégzett azonosítás
DOSE ON	Online Dózisteljesítmény Számító
DOSE-ON LITE	Egyszerűsített Online Dózisteljesítmény Számító
DSS	Decision Support System / Döntéstámogató Rendszer
DV	Dozimetriai Vezénylőr
EDR	Egységes Digitális Rendszer
EIK	Erőmű Irányító Központ
EMMI	Emberi Erőforrások Minisztériuma
ENSZ	Egyesült Nemzetek Szervezete
ÉÓZ	Élelmiszerfogyasztási Korlátozások Óvintézkedések Zónája
ERDU	Emergency Response Decontamination Unit (mentesítő állomás)
EU	Európai Unió
EURATOM	European Atomic Energy Community / Európai Atomenergia Közösség
EÜ	Egészségügyi Épület

FALL-OUT	Kihullási minta (száraz és nedves kihullást is beleértve)
FR	Földrengés
FSU301	FSU301_ELJ Kibocsátás ellenőrzés eljárásrend
FSU302	FSU_ELJ Környezetellenőrzés eljárásrend
FVM VB	Fejér Vármegyei Védelmi Bizottság
GDSS	Group Decision Support System / Csoportos Döntéstámogató Rendszerek
GM-cső	Geiger-Müller számláló (detektor)
HERCA	Heads of the European Radiation Protection Authorities / Európai Sugárvédelmi Hatóságok Vezetőinek Találkozója
HITT	Helyzetismertető és Technológiai Tájékoztatók
HM	Honvédelmi Minisztérium
HPGE	Nagy-High, Tisztaságú-Purity, Germánium-Germanium Detektor-Detector
HVB	Helyi Védelmi Bizottság
II. Kft.	Izinta Kft.
KBF	Kritikus Biztonsági Funkciók
KBFMR	Kritikus Biztonsági Funkció Monitorozó Rendszer
KEL	Környezetellenőrző Laboratórium
KGYK	Karbantartó és Gyakorló Központ
KI	Katasztrófavédelmi Igazgatóság
KIESZ	Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzat
KIL	Kibocsátás-ellenőrző Laboratórium
KKÁT	Kiegészítő Kazetták Átmeneti Tárolója
KKB	Katasztrófavédelmi Koordinációs Bizottság
KKB NVK	Katasztrófavédelmi Koordinációs Bizottság Nemzeti Veszélyhelyzet-kezelési Központ
KKB NVM	Katasztrófavédelmi Koordinációs Bizottság Nukleáris Védekezési Munkabizottság
KKB LATÁCS	Katasztrófavédelmi Koordinációs Bizottság Lakossági Tájékoztatási Munkacsoport
KKB NVM LATÁCS	Katasztrófavédelmi Koordinációs Tárcaközi Bizottság Nemzeti Veszélyhelyzetkezelési Központ Lakossági Tájékoztatási Csoport
KLM	Katasztrófavédelmi Mobil Labor
KÖESZ	Környezet Ellenőrzési Szabályzat
KTIR	Kormányzati Távközlési és Informatikai Rendszer
KÜV	Közös Üzemi Vezénylő
KVO	Környezetvédelmi Osztály
LABV	Légi ABV rendszer
LATÁCS	Lakossági Tájékoztatási Csoport
L-ÁOKU	Leállási Állapot Orientált Kezelési Utasítás
LER	Létszám Ellenőrző Rendszer
LTRR	Lakossági Tájékoztató és Riasztó Rendszer
LTT	Lakossági Tájékoztatási Tervben

MARATHON TERRA	Belügyminisztérium levelező rendszere
MÓZ	Megelőző Óvintézkedések Zónája
MULTISCADA	Archiváláson belüli adatok kezelését biztosító szerver
MVB	Megyei (Vérmegyei) Védelmi Bizottság
MVM Zrt. REVIR KDSZ	Magyar Villamos Művek Zártkörűen Működő Részvénytársaság Rendkívüli Események Vezető Információs Rendszere Központi Diszpécser Szolgálat
NATO	North Atlantic Treaty Organisation (Észak-atlanti Szerződés Szervezete)
NAÜ	Nemzetközi Atomenergia Ügynökség
NBEIT	Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv
NBE MTSZ	Nukleárisbaleset-elhárítási Műszaki Tudományos Szekció
NBIÉK	Nukleáris Baleseti Információs és Értékelő Központ
NBSZ	Nukleáris Biztonsági Szabályzat
NEKISE	Nemesgáz-Kibocsátás-Sugárzás-Ellenőrző
NNK	Nemzeti Népegészségügyi Központ
NRHFT	Nemzeti Radioaktív Hulladékártoló
OAH	Országos Atomenergia Hivatal
OAH BESZ	Országos Atomenergia Hivatal Baleset-elhárítási Szervezete
OAH KÜGY	Országos Atomenergia Hivatal Készenléti Ügyeletes
OBEIT	Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Terv
OECD NEA	Organisation for Economic Co-operation and Development Nuclear Energy Agency / Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezet Nukleáris Energia Ügynökségével
OKF	Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság
OMSZ	Országos Meteorológiai Szolgálat
ONER	Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer
ONER RIÉÜ	Országos Nukleárisbaleset-elhárítási Rendszer Riasztási És Értesítési Ügyelet
OSJER TMH	Országos Sugárfigyelő Jelző és Ellenőrző Rendszer Távmérő Hálózata
PAE	Paksi Atomerőmű
PIN	Personal Identification Number / Személyi Azonosító Szám
PING	Aeroszol-Particle, Jód-Iodine, Nemesgáz-Noble Gas monitoring rendszer
PLC	Programozható logikai vezérlő (Programmable Logic Controller)
PR100	Állapotorientált Kezelési Utasítás
PR200	Leállási Állapot Orientált Kezelési Utasítás
PR300	Súlyosbaleset-kezelési Útmutató
RABV	Sugérfelderítő rendszer pilóta nélküli repülőre
RAE	Radioaktív Aeroszol
RAI	Radioaktív Jód
RBV	Radiológiai-, Biológiai-, Vegyi felderítés
RFID	Radio Frequency IDentification / Rádiófrekvencián alapuló Azonosító
RHFT	Radioaktív Hulladékfeldolgozó és Tároló

RHK Kft.	Radioaktív Hulladékokat Kezelő Kft.
RNG	Radioaktív Nemesgáz
SBKU	Súlyosbaleset-Kezelési Útmutató
SBM	Súlyos Baleseti Mérőrendszer
SER	Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
SER KK/ KK SER	Kibocsátás- és Környezetellenőrző Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
SER MT	Munkahelyi Technológiai Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
SER SCADA	Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer adatainak feldolgozására, archiválására és megjelenítésére szolgáló szerver
SODAR	Sonic Detection And Ranging
SÓZ	Sürgős Óvintézkedések Zónája
SZISZ	Származtaott Intézkedési Szintek
TA2	Várható üzemi események (Tervezési Alap)
TA3-4	Tervezési üzemzavarok (Tervezési Alap)
TAK1	Komplex üzemzavarok (Tervezési Alapon Kívüli)
TAK2	Súlyos balesetek (Tervezési Alapon Kívüli)
TEK	Terror Elhárítási Központ
TFK	Teljes Feszültség Kiesés
TIS	Tájékoztató Információs Rendszer
TIVB	Területileg Illetékes Védelmi Bizottság
TLD	Termolumineszcens Doziméter
TMKI	Tolna Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság
TREX	TRansport Exchange (terjedésszámító szoftver)
TSZH	Technológiai Számítástechnikai Hálózatnak
TÜM	Tanácsadó Ügyeletes Mérnök
TVM VB	Tolna Vármegyei Védelmi Bizottság
TVP	Tartalék Védett Vezetési Pont
URH	Ultrarövidhullám
ÜKSER	Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
ÜKSER	Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer
ÜM	Ügyeletes Mérnök
VB	Védelmi Bizottság
VVP	Védett Vezetési Pont
WENRA	Western European Nuclear Regulators' Association / Nyugat-európai Nukleáris Hatóságok Szövetsége

3. Fogalomjegyzék

Aeroszol	Az aeroszol olyan keverék, amely egy légnemű közegből és a benne szétosztatott, apró, szilárd részecskékből vagy folyadéksepekből áll. Az aeroszokok lehetnek természetesek vagy antropogének. Természetes aeroszokokra példa a köd, a felhő, vagy a levegőben szálló finom, apró szemcséjű por.
Aktivitás-koncentráció	Térfogategységre eső aktivitás (Bq/m ³ , Bq/l stb.)
Alfa-sugárzás	A bomló atommagból héliumionok (alfa-részecskék) lépnek ki, amelyek közepes energiájúak (4-9 MeV). A közeg atomjainak ütközve az alfa-részecske az elektronburokból elektronokat szakít ki, s útját irányváltoztatás nélkül folytatja tovább.
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.
Atomerőmű	Az atomerőmű az erőműveknek azon típusa, amelyek a maghasadás vagy a magfúzió során keletkezett hőt használják áramtermelés céljára.
Baleset	Olyan nem tervezett esemény, amikor a tervezési alapon rögzített korlátozások kibocsátási mértékét várhatóan vagy valószínűleg meghaladják, valamint nagyobb külső és belső sugárterhelést okoznak.
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 sugárterhelés	Valamilyen módon (belégzés, lenyelés, bőrön át történt felszívódás, nyílt sebbe jutás) a szervezetbe került radioaktív anyag hatására létrejött sugárterhelés.
Béta-sugárzás	A béta-sugárzás radioaktív atommagok béta-bomlásakor keletkezik, amikor nagy energiájú és nagy sebességű elektronok vagy pozitronok lépnek ki a sugárzó anyagból. A kilépő béta-részecskéknak ionizáló hatása van.
Dekontamináció	A felület megtisztítása a radioaktív szennyezettségtől. A szennyeződés szétterjedésének megakadályozására, valamint a személyzet sugárterhelésének csökkentése érdekében dekontaminálunk.
Detektor	Kimutató eszköz, műszer; olyan érzékelő, amely különféle fizikai, kémiai hatások (erőterek, sugárzások, vegyületek) jelenlétét vagy változását jelzi.
Determinisztikus	Olyan sugárhatás, amelynek dózisküszöb-értéke van, amely felett a hatás súlyossága a dózissal növekedik. Ha az emberi szervezetet egy bizonyos küszöbdózisnál 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.
Diverz	Különbő, másféle.
Dozimetria	Az ionizáló sugárzásoknak kitett anyagokban elnyelődött sugármennyiség (abszorbeált dózis) meghatározása, a sugárzás különböző hatása alapján működő eszközökkel (doziméterekkel) történik.
Dózisteljesítmény	Az egységnyi idő alatt kapott dózis, a dózis idő szerinti első deriváltja.
Drón	Pilóta nélküli repülőgép.
Effektív dózis	Az effektív dózis a sugárvédelem alapvető fogalma. Figyelembe veszi a különböző típusú ionizáló sugárzások eltérő biológiai hatását és az egyes testszövetek radioaktív sugárzásokra adott különböző válaszát.

Egészttest-számláló	Az emberi test által kibocsátott összes gamma- és röntgensugárzás mérésére szolgáló, a környezeti természetes sugárzással szemben jól árnyékolt sugárzásérzékelő eszköz. A testbe kerülő sugárzó anyagok észlelésére használják. Az atomerőműben a potenciálisan veszélyeztetett dolgozókat rendszeresen ellenőrzik vele.
Elektronvolt	egy SI-mértékegységrendszeren kívüli, csak az atom-, mag- és részecskefizikában, illetve a csillagászatban használható energia-mértékegység. Jele: eV.
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.
Elzárkóztatás	A nukleáris veszélyhelyzet korai időszakában, a lakosság (telephelyen tartózkodók) tagjainak védelme érdekében hozott intézkedés. Ennek során az érintett lakosságnak, 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.
Exoskeleton	A mesterséges külső váz angolul exoskeleton az emberi testet magába foglaló teherhordó-helyváltoztató szerkezet, 'külső csontváz'. Lehet katonai vagy orvosi funkciója, azonban egyre gyakrabban használják a gazdaságban is.
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.
Felületi aktivitás	Felületegységre eső aktivitás (Bq/cm ² , Bq/m ² stb.).
Félvezető detektor	Ionizáló sugárzások detektálására szolgáló félvezető eszköz.
Fortran	A Fortran általános célú programozási nyelv, melyet elsősorban matematikai számítások (például mérnöki alkalmazások) megkönnyítésére fejlesztettek ki. Maga a Fortran szó a The IBM Mathematical Formula Translating System névből jön (=matematikai képletet fordító rendszer).
Fűtőelemköteg, kazetta	Az uránpsztillát tartalmazó fűtőelempálcákat egy közös szerelvénybe, közös tokba (kazettába) fogják össze. Ilyen egységenként kezelik (mozgatják) az üzemanyagot.
Gamma-sugárzás	Elektromágneses sugárzás, mint a fény vagy a hőszugárzás 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.)
Gauss-eloszlás	A normális eloszlást szokták Gauss-eloszlásnak vagy néha normál eloszlásnak is nevezni.
Hasadási termékek	Az elhasadó nehéz magból keletkezett, rendszerint két középnehéz mag (un. hasadványmagok), ezek bomlástermékei, valamint a hasadáskor felszabaduló neutronok és más részecskék.
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.

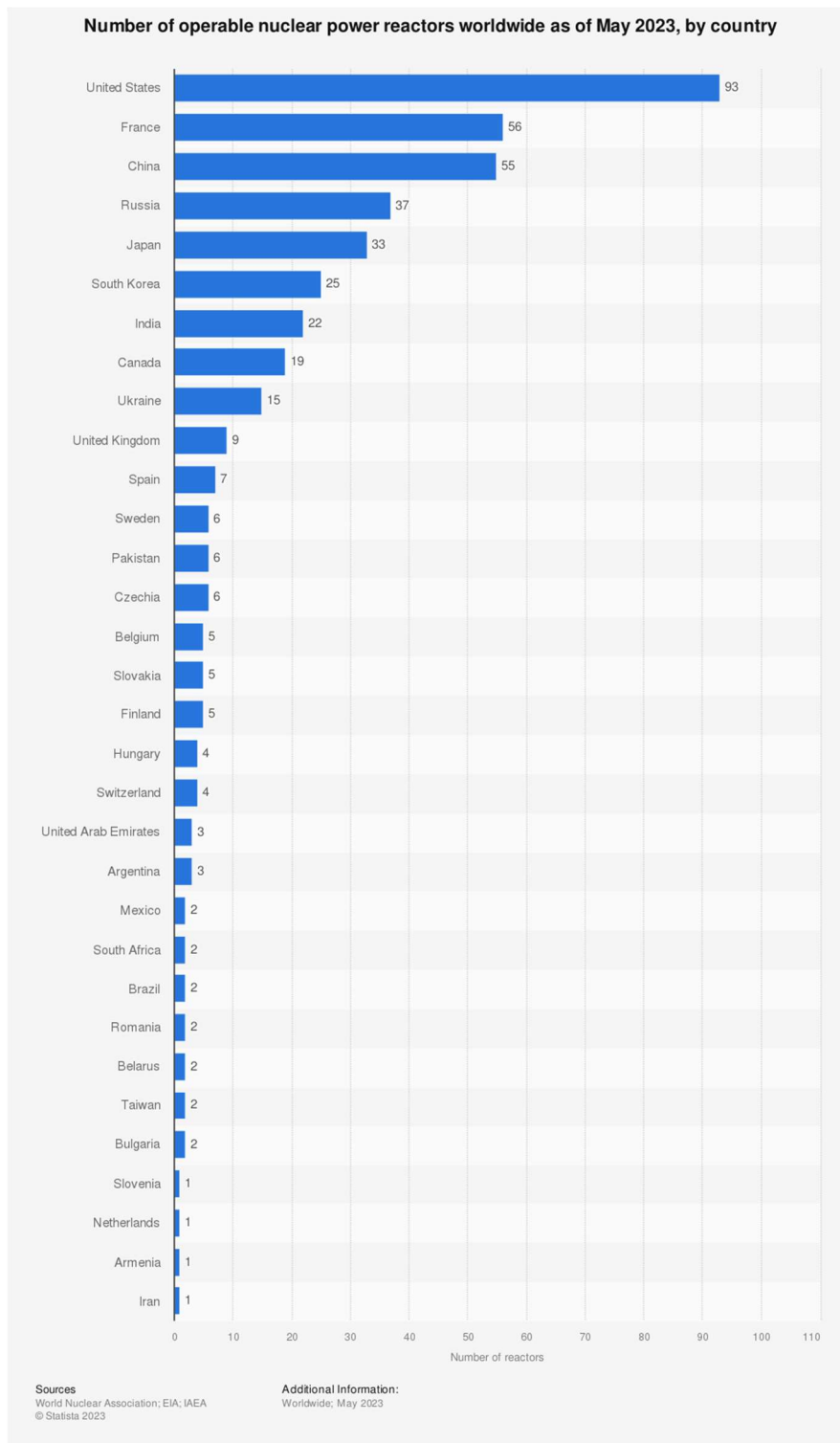
Inkorporáció	Az a folyamat, amely során a szervezetbe jutott radioaktív anyagmennyiség részt vesz az anyagcserében, s így hosszabb-rövidebb ideig beépül a szervezetbe. A belső sugárterhelés zömét az inkorporált radioizotópok okozzák.
Ionizáló sugárzás	Olyan sugárzás, amely anyagba hatolva képes abban ionokat létrehozni. Legfontosabb fajtái az alfa-, béta-, gamma-, röntgen- és neutronsugárzás. (A látható fény és az ultraibolya sugárzás nem tartozik ide.) (Atv.)
Izokinetikus mintavétel	Izokinetikus mintavétel, olyan térfogatárammal végzett mintavétel, amelynek során a szondanyílásba belépő gáz áramlási iránya és sebessége megegyezik a kürtő adott mérési pontjában áramló gáz áramlási sebességével és irányával.
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 értékeit, 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.).
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.
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.
Kimutatási határ	Az anyag legkisebb koncentrációja, amely szabványos vizsgálatokkal már kimutatható, de túl kis mennyiséget jelent ahhoz, hogy biztonsággal mérni lehessen.
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.
Külső sugárterhelés	A szervezeten kívül elhelyezkedő sugárforrás hatására létrejött sugárterhelés.
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.
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.

Nukleáris baleset	Minden olyan rendkívüli esemény, amely atomkárt okoz. (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.).
Nukleárisbaleset-elhárítás	Az emberi egészséget és biztonságot, az élet minőségét, az értéket és a környezetet veszélyeztető nukleáris veszélyhelyzet következményeinek enyhítését szolgáló intézkedések végrehajtása
Nuklid	Meghatározott proton- és neutronszámmal jellemzett mag neve. Nem más, mint egy kémiai elem egy meghatározott izotópjának a magja.
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.
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 gammasugárzás 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.)
Radioaktivitás	A radioaktivitás a nem stabil atommagok bomlásának folyamata. Ez nagy energiájú ionizáló sugárzást kelt. Radioaktív sugárzás a természetben is előfordul. Mérésére részecskedetektorokat használnak. Az elnevezés a latin radio és activus szó összetételéből származik.
Radiológiai veszélyhelyzet	Radioaktív anyagot tartalmazó létesítményben vagy radioaktív anyaggal végzett tevékenység következtében kialakuló nukleáris veszélyhelyzet.
Redundancia	Ugyanazon elemből az alapvetően szükségesnél többet tartalmazó.
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
Satellite kapcsolat	Műholdas kommunikáción alapuló kapcsolat
Sievert, Sv (ejtsd szívert)	Az ekvivalens sugárzási dózis vagy másképpen dózisegyenérték SI származtatott egysége, amely az ionizáló sugárzás mennyiségét annak biológiai hatása alapján értékeli. A fizikai aspektusokat a grayben mért elnyelt sugárdózis jellemzi.
Sugárbaleset (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 dóziskorláton felüli sugárterhelést kaptak, vagy a dóziskorlát túllépését előidéző mértékben szennyeződtek radioaktív anyaggal
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.

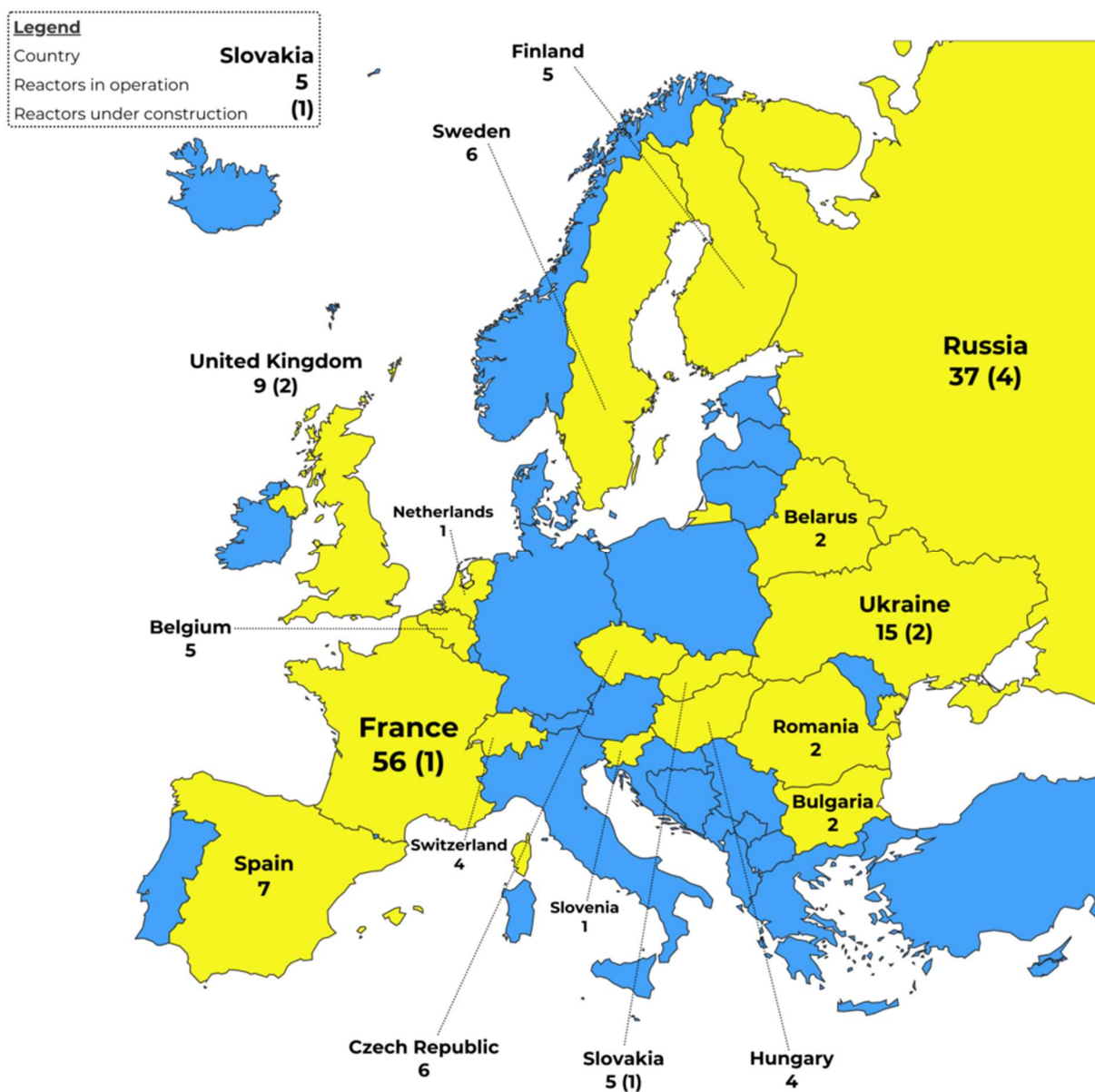
Sugárvédelem, radiológiai védelem	Az ionizáló sugárzás emberre gyakorolt káros hatásainak korlátozásával kapcsolatos intézkedések. Például az ilyen sugárzások embert érő mennyiségének és radionuklidok inkorporálásának (testbe jutásának) korlátozása, és a fentiek bármelyikéből eredő fizikai károsodások megelőző korlátozása
Sugárvédelmi árnyékolás	Olyan árnyékolás, amit az ionizáló sugárzások dózisének csökkentéséért alkalmazunk. Az egyes esetekben leghatékonyabb árnyékoló anyag függ az árnyékolni kívánt sugárzás fajtájától
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.
Szcintillátor	Olyan anyag, amelynek atomjai, molekulái gerjesztés után látható fény kibocsátásával, fényfelvillanással, szcintillációval szabadulnak meg az energiájuktól. A nukleáris technikában használunk mind szilárd, mind folyékony szcintillátorokat. A gamma-spektroszkópiában használt szcintillátor a Tl-al aktivált NaI(Tl) kristály. Az aktiváló anyag azért szükséges, mert így a kibocsátott fény a (fotoelektron-sokszorozó számára is) látható tartományban van.
Távadó	Segédenergiával működő - többnyire egymástól helyileg távol fekvő szervek közötti - jelátvitelre alkalmas irányítástechnikai szerv.
Természetes háttérsugárzás	A természetben mindenütt jelen lévő, emberi tevékenységtől független ionizáló sugárzás. Legfőbb forrásai a földkéreg és a világűr
Tervezési üzemzavar	A tervezési alapon 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.
Triázs	Tömeges balesetek esetén, katasztrófa helyszínén és a kórházi sürgősségi osztályokon az emberek rangsorolására használt betegosztályozási rendszer.
Trícium	A hidrogén 3-as tömegszámú izotópja.
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 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
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.

4. A kutatómunkát megalapozó kiegészítő adatok és információ

4.1 melléklet: A világon található reaktorok száma [17]

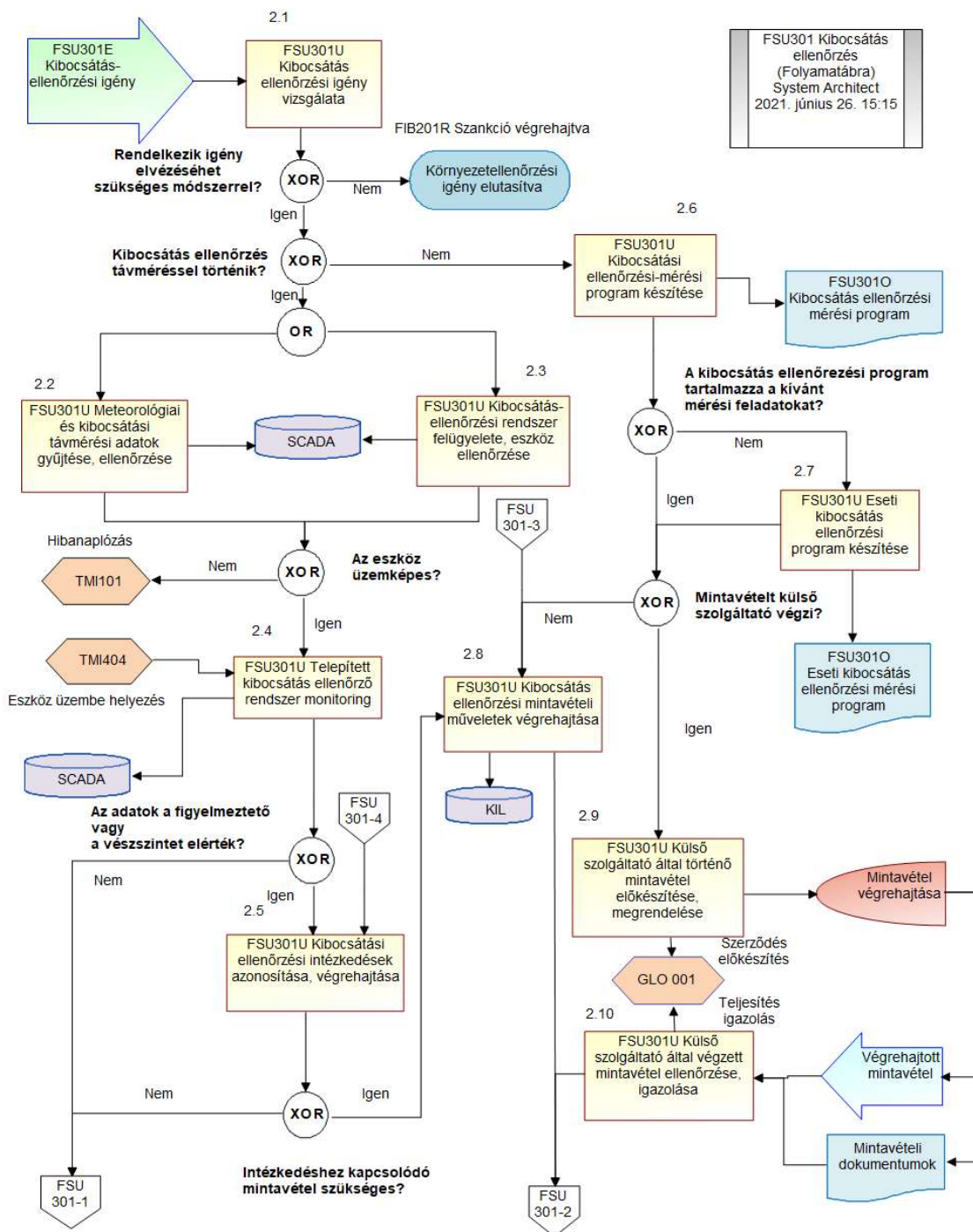


4.2 melléklet: Európán belül található reaktorok száma [18]

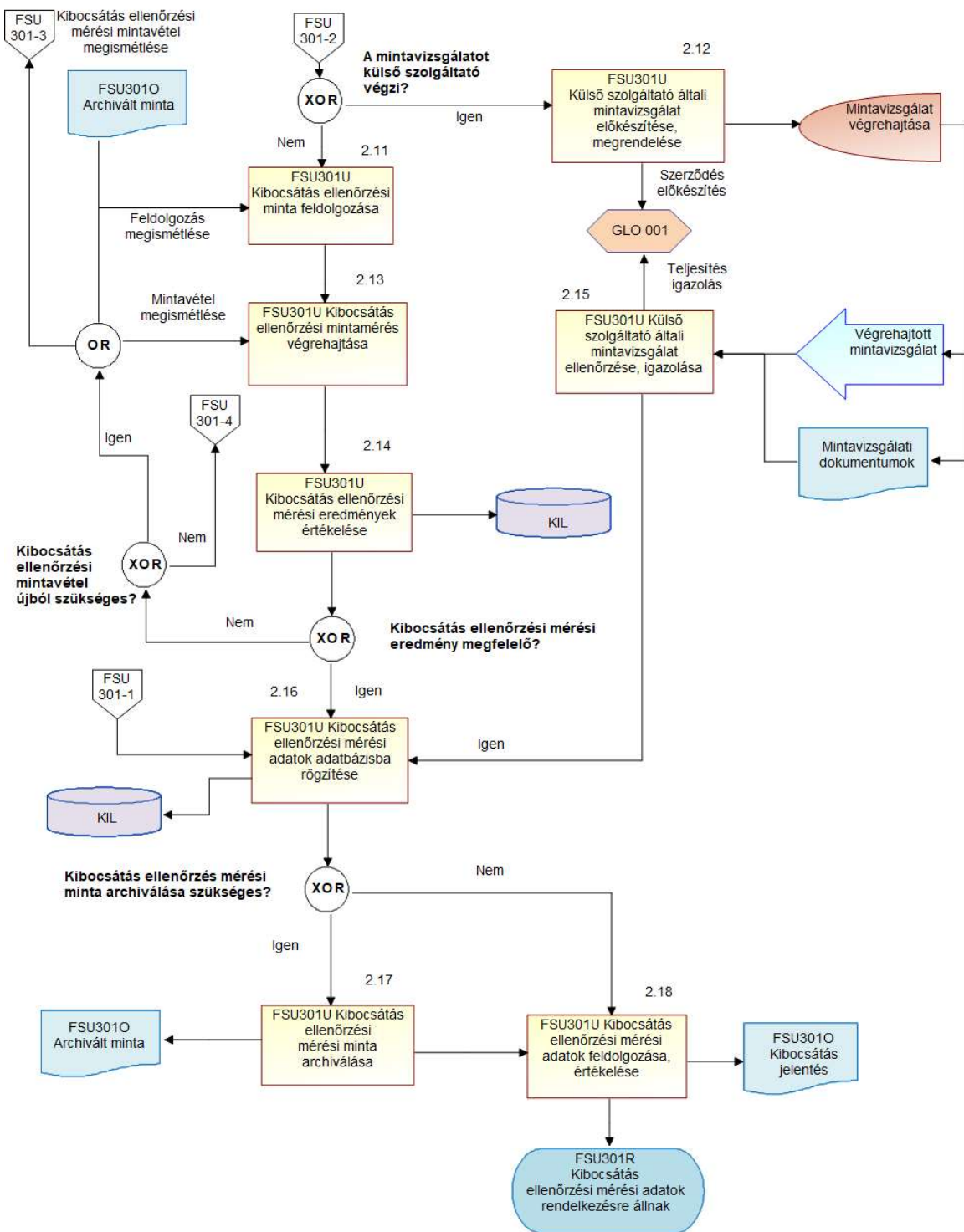


4.3 melléklet: Kibocsátás (FSU301)- és Környezettellenőrzés (FSU302) eljárásrendek és jelmagyarázatuk [250, 251]

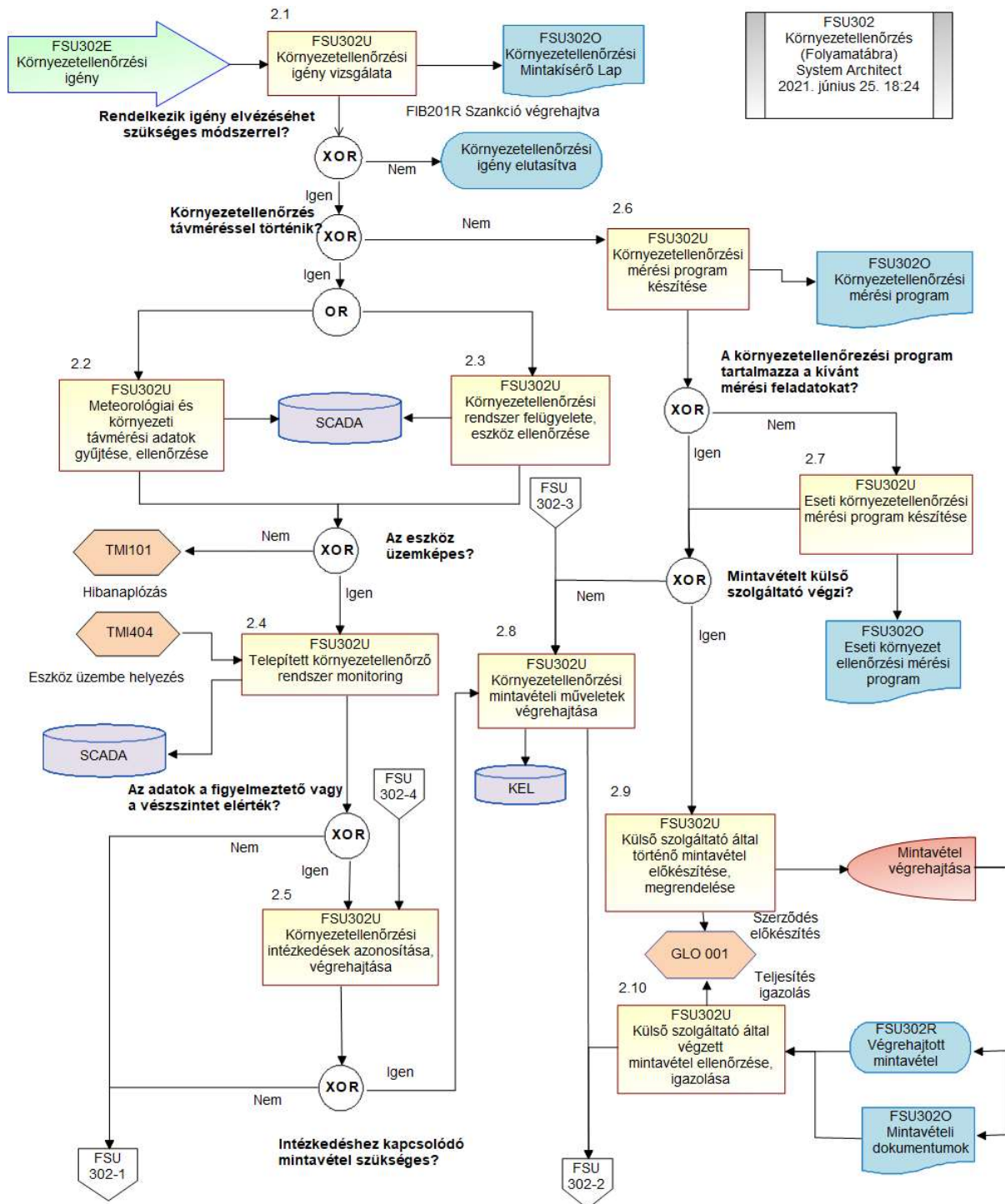
FSU301



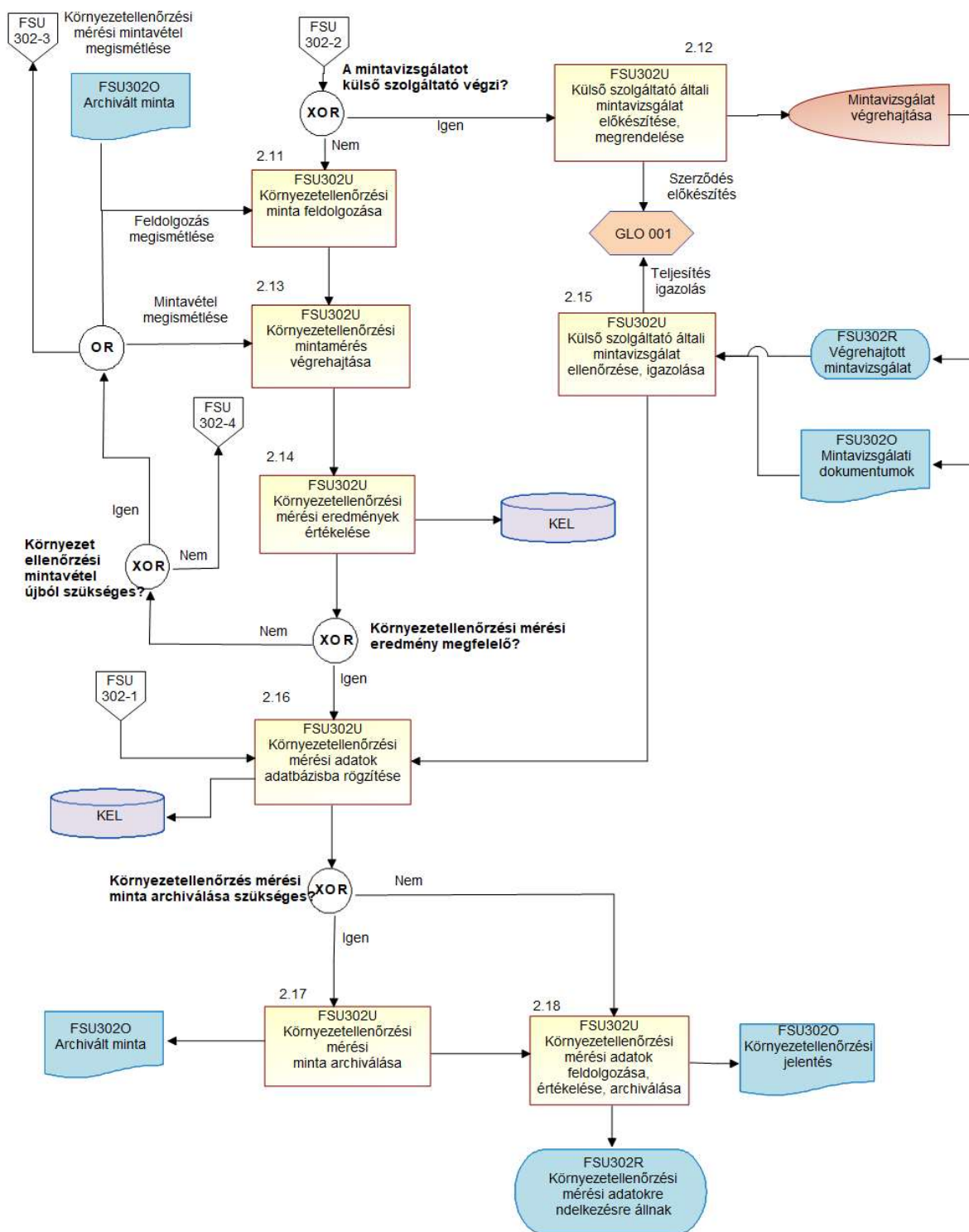
FSU301 folyt.



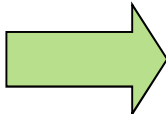





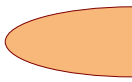




FSU302



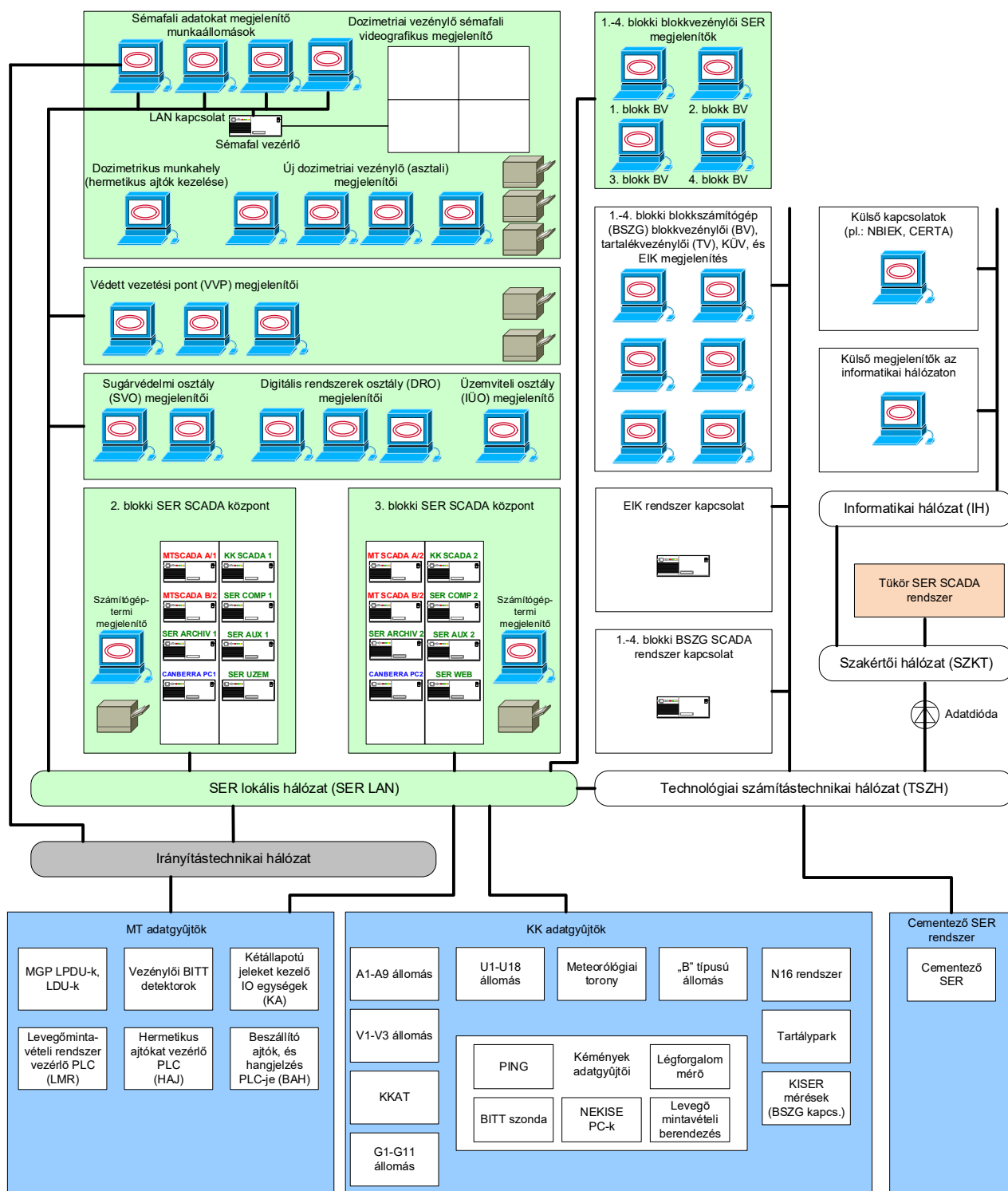
FSU302 folyt.



FSU-hoz jelmagyarázat

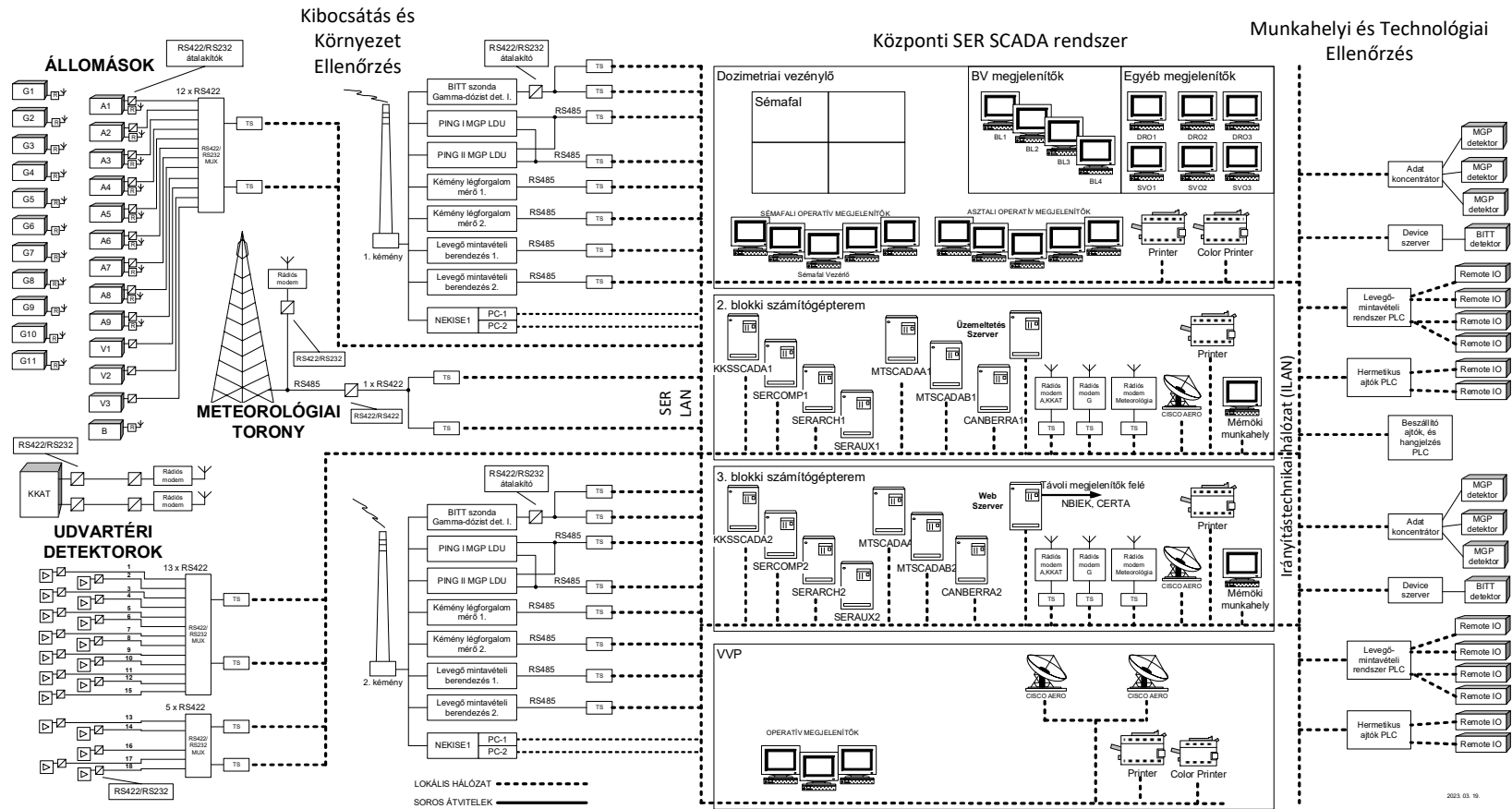
Objektum	Jelentése
	A folyamat indító eseménye, amely lehet egy konkrét igény, állapot melynek bekövetkezése a folyamat lefutását eredményezi. Az objektum azonosítójából is kiderül a rendeltetése: Kód+E(Event)_név, pl.: IOP001E_Vizsgálati igény.
	A folyamat elsődleges eredménye, amely a folyamat céljával összefüggésben mutatja be annak eredményét. Az objektum azonosítója: Kód+R (Result)_név, pl.: IER201R_Felvételi eljárás befejezése; IOP001R_Belső audit végrehajta.
	A folyamatban végrehajtott tevékenységéből származó dokumentum, a tevékenység outputja. Az objektum azonosítója: Kód+O (Output)_név, pl.: IOP001O_Javító intézkedés; FEL007O_Hatósági határozat.
	A tevékenység végrehajtása során alkalmazott IT eszköz, melyben adatokat és információkat rögzítünk. Az objektumnak azonosítójában nem szerepel kód, csak a neve. Az adott tevékenység leírásában szerepel az IT eszköz részletezése (IT eszköz neve, modulja (ha van), és a cselekvés (rögzítés jóváhagyás, tárolás, stb.).
	A folyamat tevékenységei, melyekből fel lehet építeni a folyamatot. A folyamat legkisebb építő egysége, melyek tovább bontása nem szükséges ahhoz, hogy a folyamatot be lehessen mutatni. Az objektum azonosítójából is kiderül a rendeltetése: Kód+U(Unit)_név, pl.: IOP001U_Éves auditterv készítése.
	A folyamatábrán a folyamathoz kapcsolódó külső folyamat. Az adott folyamat más folyamatokhoz kapcsolódó viszonyát szemlélteti. Az objektum belsejében szerepel a folyamat azonosítója, a külső felületén a kapcsolódás célja, rendeltetése, pl. jogi támogatás kérése.
	A folyamat megállását jelenti a lefutás azon szakaszában, ahol valamely külső fél tevékenység bevonása válik szükségessé, pl. külső szakvélemény kérése.
	A folyamat azon elágazási pontja (kapuja), amelyből eredően csak az egyik irányban folytatódhat a folyamat lefutása. A kapu mindig egy adott kérdésre válaszol, és a válaszok meg is jelennek a lehetséges utat mutató nyilon, pl. Kérdés: Jóváhagyás szükséges? Útirány: Igen/Nem
	A folyamat azon elágazási pontja (kapuja), amelyből eredően a lehetséges irányok közül bármely irányban lehet tovább haladni, pl. vagy az egyik, vagy a másik, vagy akár mindkét irányban, egyszerre. A kapunak nem kell kérdésre válaszolni, mivel a tevékenységek mutatják a lehetséges utat, a kapu pedig annak a lehetőségét, hogy azt párhuzamosan is végezhetik.
	A folyamat azon találkozási pontja (kapuja), mely kötelező jelleggel összekapcsol egymás melletti ágakat, tevékenységeket, azaz. mindkét feltételnek rendelkezésre kell állni ahhoz, hogy a folyamat lefutása tovább folytatódhasson.
	A folyamat oldaltörések mentén felszabdalt, az egyes oldalakon feltüntetett objektumok kapcsolódását teremti meg, az azonos számmal jelölt objektumokon keresztül.

4.4 melléklet: Az atomerőmű telepített sugárvédelmi ellenőrzése [244]

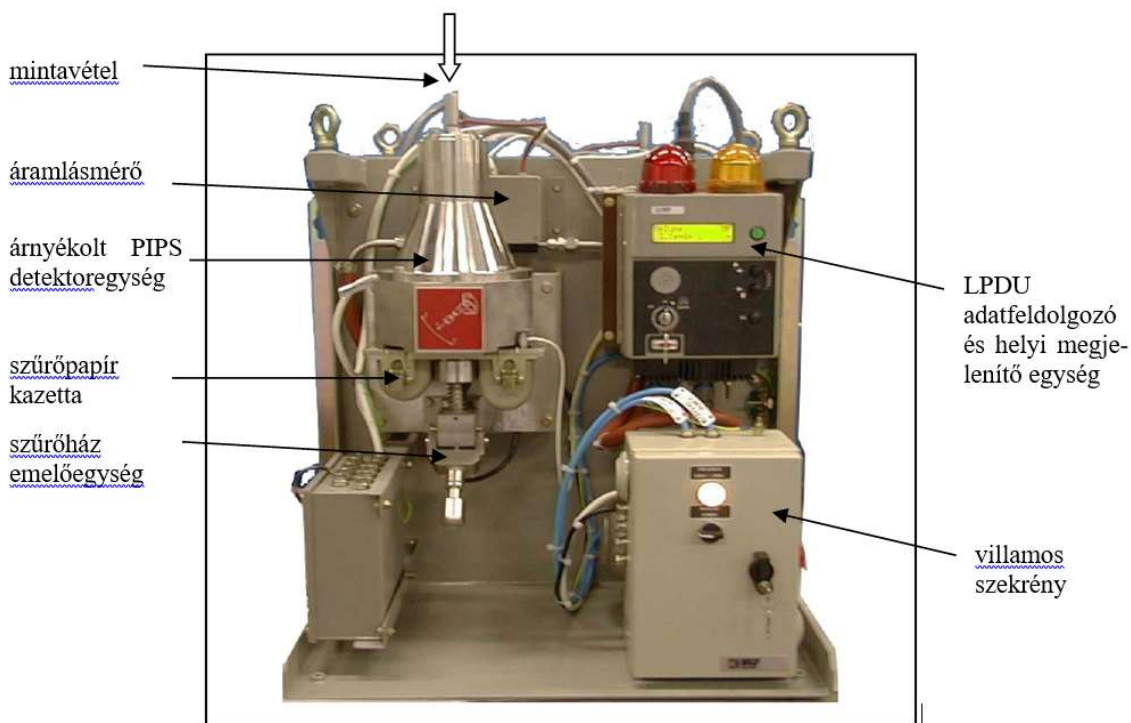


4.5 melléklet: Az üzemi ser állapot [244]

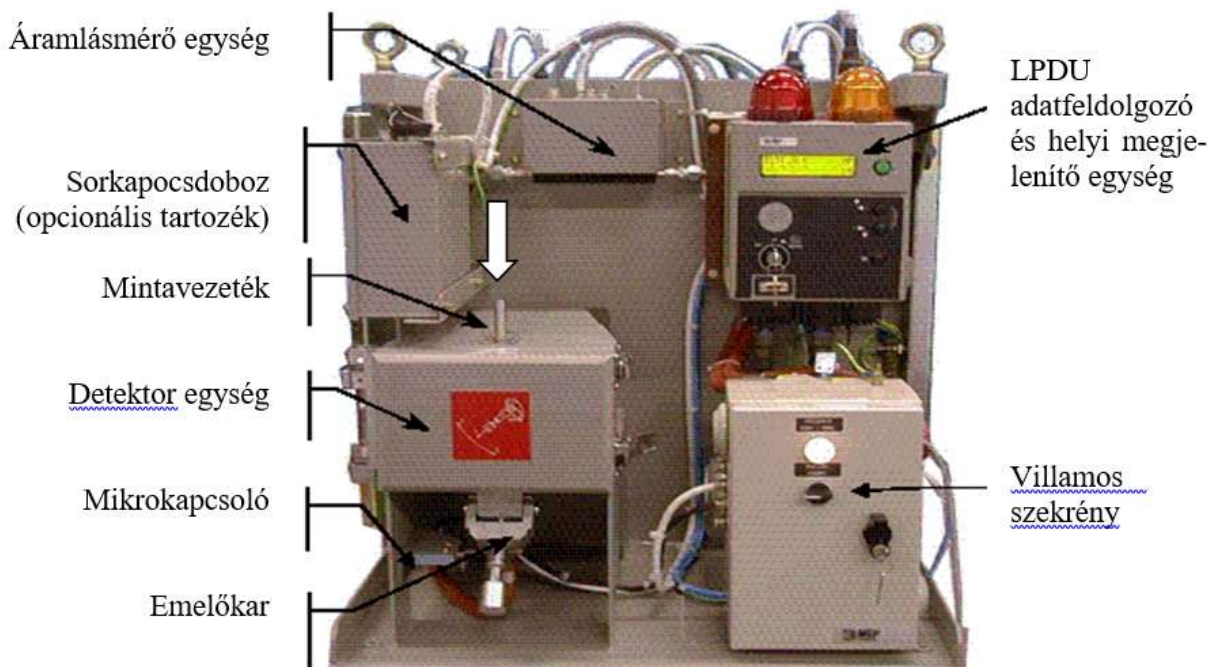
A Paksi Atomerőmű Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerének logikai sémája

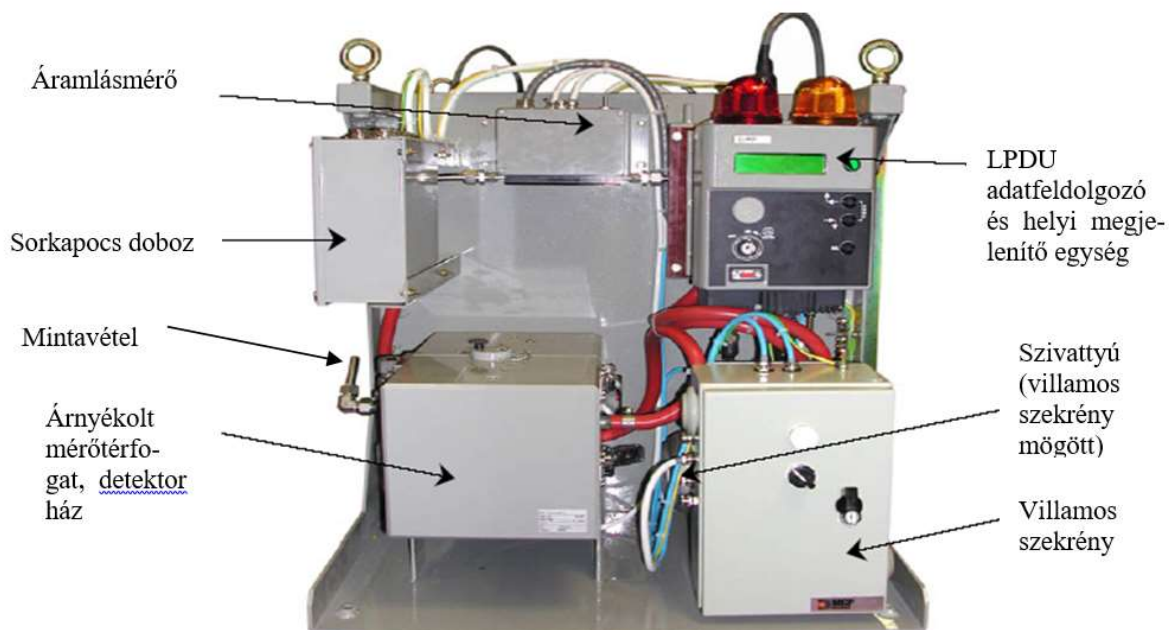


4.6 melléklet: Radioaktív aeroszol mérőegység, ABPM 201 (Alpha, Beta, Particulate, Monitor) [262]



4.7 melléklet: Radioaktív jód mérőegység, IM 201 (Ionide, Monitor) [262]



4.8 melléklet: Radioaktív nemesgáz mérőegység, NGM 204 (Noble Gas Monitor) [262]

4.9 melléklet: A radioaktív anyagok kibocsátásának mintavételes laboratóriumi sugárvédelmi ellenőrzése [242]

Vizsgálati irány	Mérés gyakorisága	Minták száma évente	Minta-feldolgozás	Mintaméret	Mérési módszer	Mérési idő [s]	Kimutatási határ
Folyékony kibocsátás							[Bq/dm³]
Összes-béta, tartály	Napi	1400	Bepárlás	φ = 50 mm tálka	összes-béta számlálás	3 000	3,0
Izotóp-összetétel, tartály	Heti	208	—	1 dm ³ marinelli	gamma-spektrometria	50 000	0,5
Trícium, tartály: 01/02TM XZ,RJ,RZ	Heti	260	Desztilláció	20 cm ³ küvetta	folyadékszintillációs számlálás	3x60 3x1 200	30 10
Radiosztroncium, tartály	Negyedéves	12	Kémiai elválasztás	20 cm ³ küvetta	folyadékszintillációs sz.	36 000	0,01
Radiokarbon, tartály	Negyedéves	24	Kémiai elválasztás	20 cm ³ küvetta	folyadékszintillációs sz.	12 000	0,05
Alfa-sugárzók, tartály	Negyedéves	16	Elektrokémiai elválasztás	φ = 50 mm tálka	alfa-spektrometria	50 000	0,005
Összes-alfa, tartály	Napi	300	Bepárlás	φ = 50 mm tálka	összes-alfa számlálás	3 600	0,25
Röntgen-sugárzók	Negyedéves	16	Kémiai előkészítés	φ = 50 mm tálka	röntgen-spektrometria	50 000	0,5
Csatorna vizek * (V1, V2 és V3)	Naponta	1100	Bepárlás (300 cm ³)	∅ 60 mm tál	összes-béta mérés	10 000	0,05
		36	Havi átl. képzés (15 dm ³)	35x35x5 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,005
		12	Kémiai elválasztás (⁹⁰ Sr)	∅ 50 mm tál	béta-számlálás	50 000	0,001
		36	Desztillálás (³ H)	20 cm ³ küvetta	folyadékszintillációs sz	18 000	2,0
		12	Bepárlás (150 cm ³)	φ = 50 mm tálka	összes-alfa számlálás	60 000	0,005
		12	Kémiai elválasztás (¹⁴ C)	20 cm ³ küvetta	folyadékszintillációs sz	25 000	0,05
Légnemű kibocsátás							[Bq/m³]
Aeroszol, radiojód	Napi	1460	—	φ = 50 mm tálka	gamma-spektroszkópia	5 000	0,015
	Heti	110	—	φ = 50 mm tálka	gamma-spektroszkópia	50 000	0,001
Radiosztroncium	Negyedéves	12	Kémiai elválasztás	20 cm ³ küvetta	folyadék-szintillációs sz.	36 000	1x10 ⁻⁵
Nemesgáz	Napi	626	—	7,32 literes palack	gamma-spektroszkópia	5 000	5x10 ²
Trícium (HTO/HT)	Kétheti	110	Deszorpció	20 cm ³ küvetta	folyadék-szintillációs sz.	3x1 200	4,5
Radiokarbon (CO ₂ /C _n H _m)	Kétheti	110	Kémiai elválasztás	20 cm ³ küvetta	folyadék-szintillációs sz.	3x3 600	0,02

*A csatorna vizek vizsgálatát – kivéve az összes-alfa és radiokarbon mérését – a Környezetellenőrző Laboratórium végzi

4.10 melléklet: Vízkibocsátási rend az atomerőmű radioaktív anyagokkal szennyezett hulladékvezeire [242]

TARTÁLY alfanumerika	AKTIVITÁS Bq/dm ³	pH	LEHETSÉGES KIBOCSÁTÁSI ÚTVONALAK
TM50B001-B004	$A_{\beta} \leq 100$ (ÜM) $100 < A_{\beta} \leq 1000$ (ÜM+SV) + 01TM50B001-4 esetén: $A_{\alpha} \leq 0,5$ (ÜM) $0,5 < A_{\alpha} \leq 5$ (ÜM+SV)	6–10	fekáliás tiszta csatorna melegvíz csatorna fekáliás csatorna
	≤ 1000	<6, 10<	TM04B001-B003
	$1000 <$	-	TM04B001-B003
01XZ01B001(B002) 01XZ12B001(B002) 01XZ23B001	$A_{\beta} \leq 500$ (ÜM) $500 < A_{\beta} \leq 1000$ (ÜM+SV)	6<	fekáliás csatorna
RJ20B001	$A_{\beta} \leq 3$ (ÜM)	-	zagytér
	$3 < A_{\beta} \leq 1000$	6–10	TM50B004
	$3 < A_{\beta}$	<6; 10<	TM04B001-B003
	$1000 < A_{\beta}$	-	TM04B001-B003
RZ18B001 és GŐZFEJLESZTŐ (leállítás, karbantartás alatt)	$A_{\beta} \leq 3$ (ÜM)	<6; 10<	RZ18B001→RV21B001→ zagytér
			RP99→RP02→zagytér *
	$A_{\beta} \leq 30$ (ÜM)	6–10	RZ18B001→RV21B001→ melegvíz csatorna
			RP99→RP02→melegvíz cs. *
	$3 < A_{\beta}$	<6; 10<	RZ18B001→ TM04B001-B003
	$A_{\beta} \leq 1000$	6–10	RJ20B001 → TM50B004→ TM50B001-B004 szerint *
FŐGŐZKOLLEKTOR, TÁPVÍZVEZETÉK (leállítás, karbantartás alatt)	$A_{\beta} \leq 3$ (ÜM)	<6; 10<	RV19B001→RV21B001→ zagytér
	$A_{\beta} \leq 10$ (ÜM)	6–10	RV19B001→RV21B001→ melegvíz csatorna
	$3 < A_{\beta}$	-	RV21B001→RP99→ RJ20B001 szerint

Rövidítések:

ÜM – ügyeletes mérnök engedélyezi

SV – a sugárvédelmi szakterület stratégiai szintű vezetője

* - csak GF üritési útvonal.

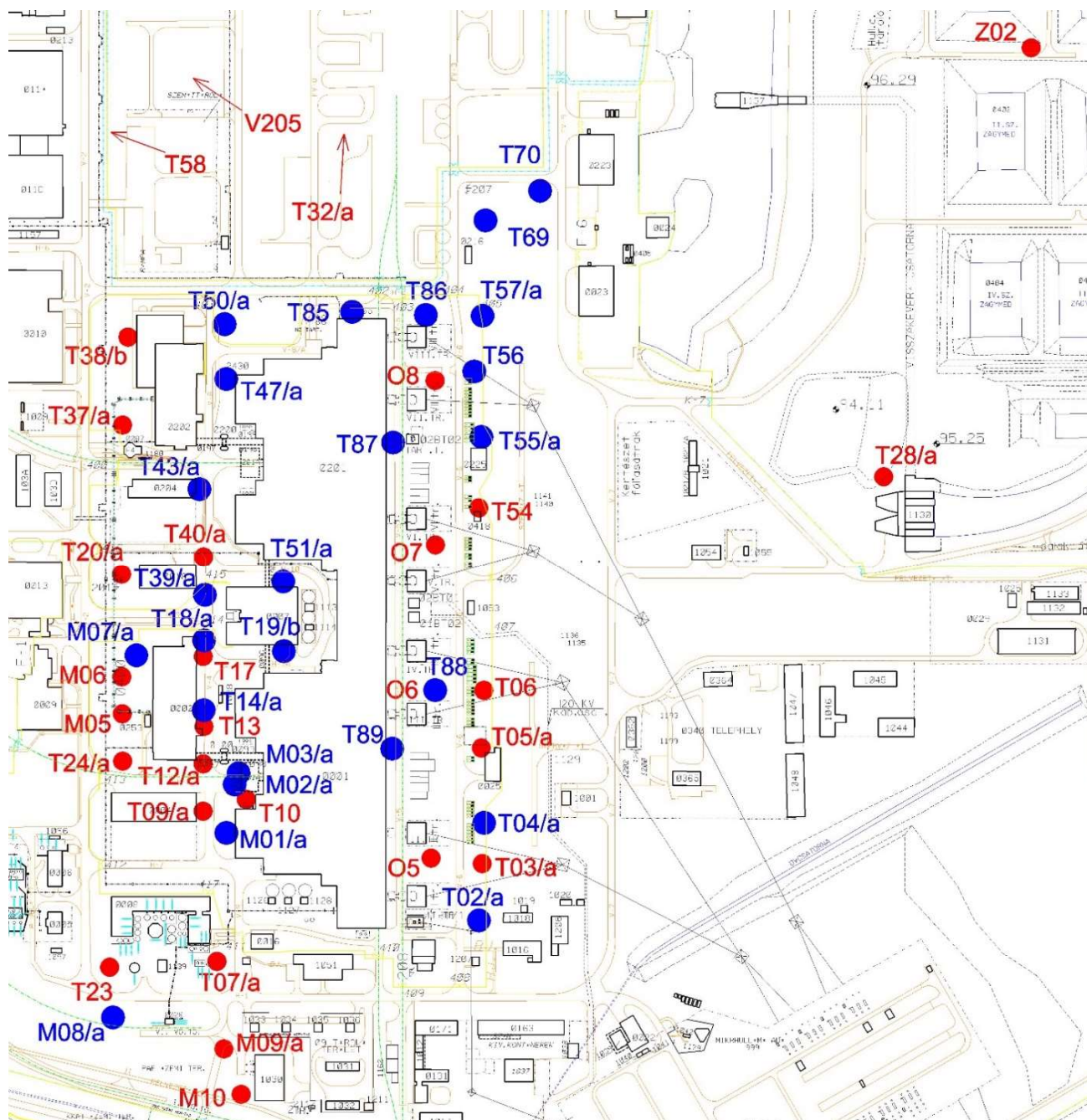
4.12 melléklet: A mintavételes környezetellenőrzés programja, készítette a szerző, forrás [243]

Mintafajta	Mintavétel	Mérések száma évente	Feldolgozás		Mérés		Kimutatási határ*
	Hely (csere) időpont		Módszer	Mintaméret, geometria	Módszer	Időtartam [s]	
Aeroszol (jód-távmérő)	10 (A1 - A9, B24) hetente	— ^a	—	Ø 25 mm	gamma-spektrometria	20 000	5 mBq/m³
Elemi jód (jód-távmérő)	10 (A1 - A9, B24) hetente	— ^a	—	Ø 25 mm	gamma-spektrometria	20 000	5 mBq/m³
Szerves jód (jód-távmérő, aktív szén)	10 (A1 - A9, B24) havonta	— ^a	dobozolás	Ø 60*50 mm	gamma-spektrometria	20 000	5 mBq/m³
Aeroszol (nagy térfogatú)	10 (A1 - A9, B24) hetente (B24) havonta	520 12	dobozolás radiokémiai (⁹⁰ Sr)	40*40*10 mm	gamma-spektrometria béta-számlálás	50 000 3 000	5 µBq/m³ 1 µBq/m³
Elemi jód (nagy térfogatú)	10 (A1 - A9, B24) havonta	30-120 ^a	dobozolás	40*40*10 mm	gamma-spektrometria	50 000	5 µBq/m³
Szerves jód (akt. sz.) (nagy térfogatú)	10 (A1 - A9, B24) havonta	120 ^a	dobozolás	Marinelli	gamma-spektrometria	50 000	20 µ Bq/m³
Levegő HT, HTO	10 (A1 - A9, B24) havonta	240	deszorpció	20 cm ³ küvetta	folyadéksz. számlálás	18 000	1 mBq/m³
Levegő CO₂, C_nH_m	10 (A1 - A9, B24) havonta	240	kémiai elválasztás	proporcionális számlálócső	béta-számlálás	50 000	0,1 mBq/m³
Fall-out	10 (A1 - A9, B24) havonta	120	szárazra párlás	35*35*5 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,2 Bq/(m²)
Talaj	10 (A1 - A9, B24) félévente 14 – 10 (üzemi terület) évente	20 14 10	szárítás, porítás, homogenizálás, radiokémiai (⁹⁰ Sr) mikrohullámú savas felt.	Marinelli (~1-2 kg) Ø 50 mm tál	gamma-spektrometria béta-számlálás alfa-spektrometria	20 000 10 000	0,5 Bq/kg 0,5 Bq/kg 0,01 Bq/kg
Fű	10 (A1 - A9, B24) II., IV. negyedév	20 20	szárítás, porítás, homogenizálás radiokémiai (⁹⁰ Sr)	Marinelli (~0,4 kg) Ø 50 mm tál	gamma-spektrometria béta-számlálás	80 000 10 000	0,5 Bq/kg 0,5 Bq/kg
Dózis TLD	26 (A, B, C, L, OMSZ) havonta	312	—	Al ₂ O ₃ tablettá	TL kiértékelés	300	5 µSv/hó (5 nGy/h)
Helyszíni mérés	10 (A1 - A9, B24) évente	10 10	—	in situ (talajfelszín) 1 m-re (talajfelszíntől)	gamma-spektrometria dózisteljesítmény	5 000 60	30 Bq/m² 5 nGy/h
Helyszíni mérés	8 (üzemi terület) évente 26 (üzemi terület) félévente	8 52	—	in situ (talajfelszín) útvonal monitoring	gamma-spektrometria dózisteljesítmény	5 000 5 000	30 Bq/m² 50 nGy/h

4.12 melléklet: A mintavételes környezetellenőrzés programja, készítette a szerző, forrás [254] folytatás

Mintafajta	Mintavétel	Mérések száma évente	Feldolgozás		Mérés		Kimutatási határ*
	Hely (csere) időpont		Módszer	Mintaméret, geometria	Módszer	Időtartam [s]	
Talajvíz	52 kút havonta T58, V205 negyedévente	628	desztillálás (³ H)	20 cm ³ küvetta	folyadékszint. számlálás	18 000	2,0 Bq/dm ³
		120	ioncserés elválasztás, reg.	Ø60 x 30 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,005 Bq/dm ³
		120	ioncserés elv., reg. (¹⁴ C)	prop. száml.	béta-számlálás	50 000	0,001 Bq/dm ³
		eseti	ioncserés elv., reg. (⁹⁰ Sr)	Ø 50 mm tál	béta-számlálás	50 000	0,001 Bq/dm ³
Halastavak (víz)	4 (kijelölt 4 tó) negyedévente	16	bepárlás (300 cm ³)	Ø 60 mm tál	összes-béta mérés	10 000	0,05 Bq/dm ³
		16	desztillálás (³ H)	20 cm ³ küvetta	folyadékszint. számlálás	18 000	2,0 Bq/dm ³
		4	éves átlag képzés (4 dm ³)	35 x 35 x 5 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,01 Bq/dm ³
Övások (víz)	4 (kijelölt pontok) negyedévente Faddi árok havonta	16	bepárlás (300 cm ³)	Ø 60 mm tál	összes-béta mérés	10 000	0,05 Bq/dm ³
		16	desztillálás (³ H)	20 cm ³ küvetta	folyadékszint. számlálás	18 000	2,0 Bq/dm ³
		12	éves átlag képzés (4 dm ³)	35 x 35 x 5 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,01 Bq/dm ³
		5					
Mésziszap/vegyszeres medencék (víz)	negyedévente	8	bepárlás (300 cm ³)	Ø 60 mm tál	összes-béta mérés	10 000	0,05 Bq/dm ³
		8	desztillálás (³ H)	20 cm ³ küvetta	folyadékszint. számlálás	18 000	2,0 Bq/dm ³
		2	éves átlag képzés (4 dm ³)	35 x 35 x 5 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,01 Bq/dm ³
Duna víz	2 (2 kijelölt pont) évente	2	bepárlás (20 dm ³)	35 x 35 x 5 mm	gamma-spektrometria	50 000	0,005 Bq/dm ³
		2	desztillálás (³ H)	20 cm ³ küvetta	folyadékszint. számlálás	18 000	2,0 Bq/dm ³
		2	ioncserés elv., reg. (⁹⁰ Sr)	Ø 50 mm tál	béta-számlálás	50 000	0,001 Bq/dm ³
Duna iszap	3 (3 kijelölt pont) félévente	6	szárítás, porítás, homogenizálás, radiokémiai (⁹⁰ Sr)	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	20 000	0,5 Bq/kg
		6		Ø 50 mm tál	béta-számlálás	10 000	0,5 Bq/kg
Halastavak (iszap)	4 (4 kijelölt tó) évente	4	nedves homogenizálás,	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	20 000	0,5 Bq/kg
Övások, Faddi árok (iszap)	4 (4 kijelölt pont) félévente	8	nedves homogenizálás,	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	20 000	0,5 Bq/kg
Mésziszap	2 (2 medence) félévente	4	nedves homogenizálás	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	20 000	0,5 Bq/kg
Fekáliás iszap	10 (szikkasztók)	eseti	dobozolás	Marinelli (~2 kg)	gamma-spektrometria	5 000	2,0 Bq/kg
Tej	1 (kijelölt gazdaság) havonta	12	dobozolás	Marinelli (1,5 dm ³)	gamma-spektrometria	50 000	0,5 Bq/dm ³
Hal	2 (4 kijelölt tóból) negyedévente egy	4	konyhakész nyers hús	Marinelli (~1 kg)	gamma-spektrometria	50 000	0,5 Bq/kg
		4	belsőség	65*30 mm		50 000	10 Bq/kg

4.13 melléklet: Talajvíz figyelőkutak elhelyezkedése [244]



Megjegyzés: ● Automatikusan mintavétőt tartalmazó kutak

● Kézi mintavételezésű kutak

4.14 melléklet: Kibocsátás- és környezetellenőrzés rendszereinek NBSZ pontjainak megfeleltetése”

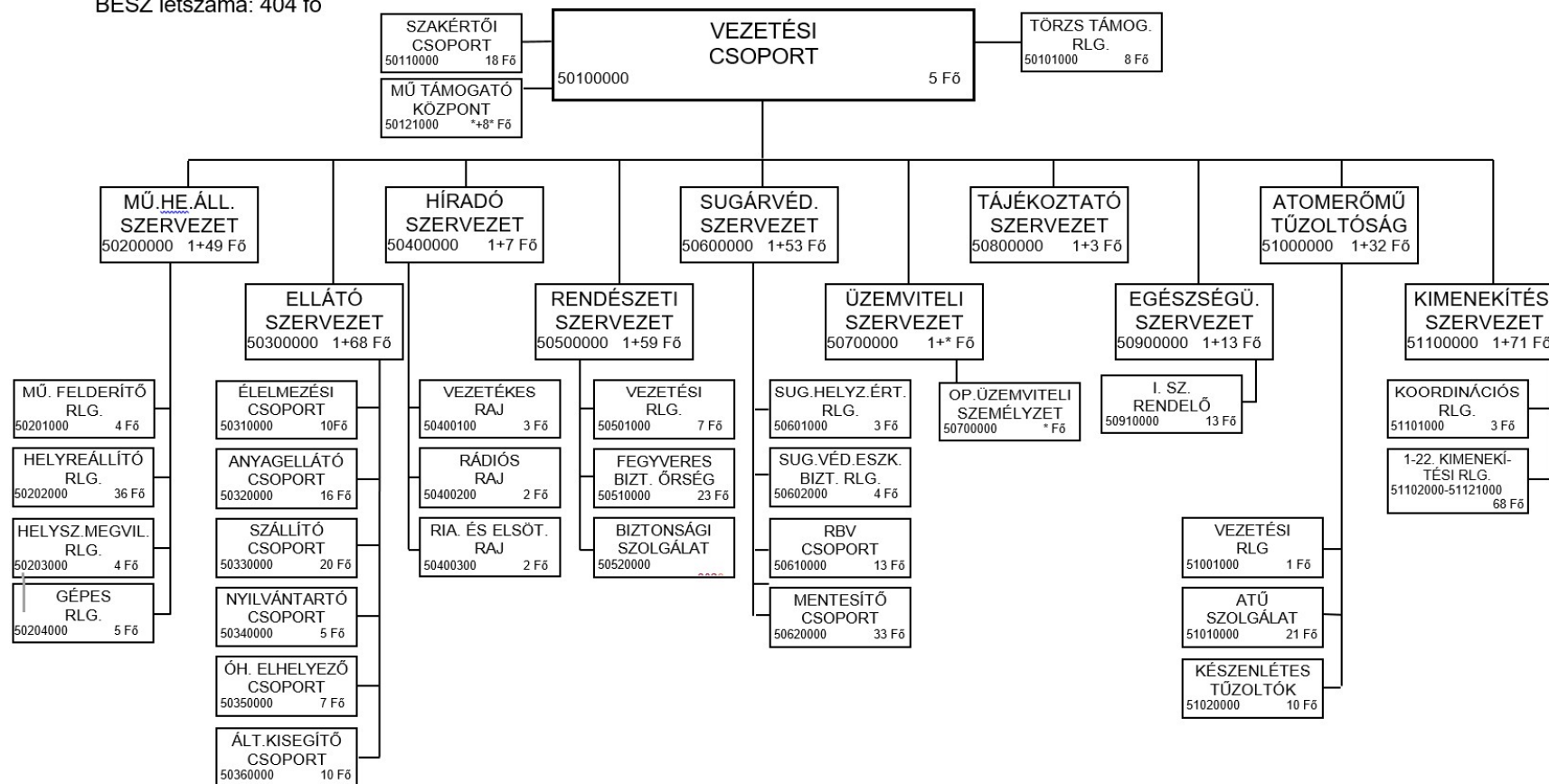
NBSZ pont	Teljesülésével mely fejezetek foglalkoznak	Teljesülés értékelése
4.10.7.0100	Kibocsátás- és környezetellenőrzés Telepített sugárvédelmi ellenőrzés Mintavételes sugárvédelmi ellenőrzés	Teljesül
4.10.7.0200		
4.10.7.0400		
3.4.5.1100	Levegősebesség/térfogatáram mérő Rendszer (KS-411-S) Izokinetikus Mintavevő Rendszer	Teljesül
3.5.3.0100 e		
3.5.5.0400		
4.10.7.0300		
3.4.5.1100	A PING (Particle-Iodine-Noble Gas) mérőrendszer	Teljesül
3.5.3.0100 e		
3.5.5.0400		
4.10.0.0300 a		
4.10.0.0300 b		
4.10.7.0300		
3.5.3.0100 e	Szellőzőhídi gamma-sugárzás	Teljesül
3.4.5.1100	NEKISE (Nemesgáz-Kibocsátás-Sugárzás- Ellenőrző) mérőrendszer	Teljesül
3.5.3.0100 e		
3.5.5.0400		
4.10.0.0300 a		
4.10.0.0300 b		
4.10.7.0300		
3.4.5.1100	Folyékony kibocsátás ellenőrzés	Teljesül
3.5.1.0200		
3.5.3.0100 e		
3.5.5.0400		
4.10.0.0300 a		
4.10.0.0300 b		
3.5.1.0200	Az üzemi terület sugárzási állapotát ellenőrző rendszer (udvartéri detektorok)	Teljesül
3.5.3.0100 e		
3.5.5.0400		
4.10.0.0300 a		
4.10.0.0300 b		
3.5.5.0300	Meteorológiai mérőrendszer	Teljesül
4.10.7.0300		
3.5.1.0200	Az A, B és a G típusú környezeti távmérő állomáshálózat	Teljesül
3.5.3.0100 e		
3.5.5.0400		
4.10.0.0300 a		
4.10.0.0300 b		
4.10.7.0300		

4.15 melléklet: NBSZ pontok kifejtve [10]

NBSZ pont	NBSZ pont kifejtve
3.4.5.1100	Ellenőrző és mérőműszerezést kell biztosítani a radioaktív anyagok előfordulási helyeinek megfigyeléséhez és mennyiségének méréséhez minden olyan helyen, ahol a környezetbe történő kibocsátásuk lehetséges.
3.5.1.0200	A sugárvédelmi tervezés során ki kell jelölni az ellenőrzött és felügyelt zónákat. Gondoskodni kell a helyiségek légterének, felületi szennyezettségének és a sugárforrásoknak az ellenőrzéséről, az egyes zónákon belül és azok között. Megfelelő eszközöket kell tervezni, és intézkedéseket kell tenni a radioaktív szennyeződés szétterjedésének korlátozása érdekében.
3.5.3.0100 e	Mérőeszközöket legalább a következő funkciókra kell tervezni: a környezeti kibocsátások rendszeres műszeres ellenőrzése a TA1-4 és TAK1-2 üzemállapotokban.
3.5.5.0300	Biztosítani kell, hogy a telephely környezetében legyen meteorológiai mérőállomás, amely a tervekben meghatározott terjedelemben és gyakorisággal biztosítja a meteorológiai adatok rendelkezésre állását, minden olyan esetben, amikor azokra szükség van. A meteorológiai információknak minden olyan helyen rendelkezésre kell állni, ahol az a tervek szerinti folyamatokhoz, eljárásokhoz szükséges.
3.5.5.0400	Biztosítani kell a telephelyen kívüli környezet ellenőrzéséhez a dózisteljesítmény, valamint a radioaktív aeroszolok és a jódtizotópok aktivitás-koncentrációjának mérését távmérő és mintagyűjtő hálózattal.
4.10.0.0300 a	A sugárvédelmi ellenőrzési rendszerben olyan figyelmeztető határokat kell definiálni, amelyek segítenek megelőzni a hatósági korlátok túllépését.
4.10.0.0300 b	A sugárvédelmi ellenőrzési rendszerben olyan figyelmeztető határokat kell definiálni, amelyek kellő időben jelzik a folyamatoknak, a rendszerelemek állapotának romlását vagy a sugárveszély váratlan események miatti növekedését.
4.10.7.0100	Az engedélyes a kibocsátások és a környezeti sugárzás monitorozására programot hoz létre és működtet. Ezen programok célja azt biztosítani, hogy a hatóság által előírt követelmények teljesülnek, beleértve azon feltételek meglétét, melyek a kibocsátási határértékek származtatása során álltak fenn. A környezeti monitoring programnak a megfelelő szintű megbízhatósággal képesnek kell lennie a kritikus csoport sugárterhelésének meghatározására.
4.10.7.0200	A kibocsátás-ellenőrző, valamint a környezeti monitoring rendszert úgy kell megtervezni, hogy közel valós időben legyen képes észlelni a kibocsátások szignifikáns növekedését. A rendszernek az észlelésről közel valós időben visszajelzést kell biztosítania.
4.10.7.0300	A sugárvédelmi és a környezeti monitoring rendszernek úgy kell felépülnie, hogy egy-egy elem kiesése ne befolyásolja a rendszer többi tagjának működőképességét.
4.10.7.0400	A létesítmény üzembe helyezése előtt a sugárvédelmi és környezeti monitoring rendszert a valóságoshoz a lehető legjobban közelítő módon, tesztprogrammal kell vizsgálni. Ennek során szimulálni kell a baleseti helyzetek rendszerre vonatkozó következményeit, a meghibásodásokat, továbbá a környezeti hatásokat (hőmérséklet, túlnyomás, nedvesség, vibráció, sugárzás).

4.16 melléklet: Balesetelhárítás Szervezet sémája [246]

BESZ létszáma: 404 fő



4.17 melléklet: Veszélyhelyzeti Osztályozás a technológiai állapot szerint [246]

Kezdeti esemény	Potenciális Veszélyhelyzet, ha:	Létesítményi Veszélyhelyzet, ha:	Helyi Veszélyhelyzet, ha:	Általános Veszélyhelyzet, ha:
Reaktor védelmi működés meghiúsulása	ÜV-1 után a reaktor teljesítménye nagyobb, mint 5 %.		ÜV-1 után a reaktor teljesítménye nagyobb, mint 5 % és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550 °C-t.	ÜV-1 után a reaktor teljesítménye nagyobb, mint 5 % és az aktív zóna kilépő hőmérséklete 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.	Aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100 °C-t.
Primerköri maradványhő elvonás elégtelen	Az összes gőzfejlesztőben a vízszint alacsonyabb, mint 700 mm		Primerköri B&F eljárás indul és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550 °C-t.	Aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100 °C-t.
Primerköri hőhordozóvesztés	Primerköri hűtőközeg vesztes következtében ÜV-1 működés után a hermetikus helyiség nyomás nagyobb, mint 650 mbar, éles ZÜHR működés nagynyomású befecskendezéssel.		Primerköri hűtőközeg vesztes következtében az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550 °C-t és a hermetikus helyiség nyomása megközelíti a 1,5 bar-t.	Primerköri hűtőközeg vesztes következtében az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100 °C-t.
Primerköri folyás közvetlenül az atmoszférába	GFLEFU védelmi jel működött és a hermetikus tér nyomása nagyobb, mint 650 mbar.		GFLEFU védelmi jel működött és kinyitott és nyitva maradt egy GF biztonsági szelep.	GFLEFU védelmi jel működött és kinyitott és nyitva maradt egy GF biztonsági szelep és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100 °C-t.
Biztonsági rendszerek energiaellátásának kiesése	A biztonsági rendszerek működéséhez szükséges váltó- vagy egyenáramú energiaellátás egyetlen áramforrásra korlátozódott.		A biztonsági rendszerek működéséhez szükséges váltó- vagy egyenáramú energiaellátása megszűnt.	A biztonsági rendszerek működéséhez szükséges váltó- vagy egyenáramú energiaellátása megszűnt és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 800 °C-t.

Kezdeti esemény	Potenciális Veszélyhelyzet, ha:	Létesítményi Veszélyhelyzet, ha:	Helyi Veszélyhelyzet, ha:	Általános Veszélyhelyzet, ha:
Külső vagy belső esemény, mely potenciálisan veszélyezteti az erőmű hűtővízellátását	Biztonsági rendszereken a hűtővízellátás megszűnt, vagy potenciálisan veszélyeztetve van.		A hűtővízellátás minden biztonsági rendszeren megszűnt és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550 °C-t.	A hűtővízellátás minden biztonsági rendszeren megszűnt és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100 °C-t.
Tápvíz-, vagy főgőzvezeték törés	A főgőz rendszerben, vagy a tápvíz rendszerben a nyomás hirtelen lecsökkent. A gépházban kiáramló közeg forgalom miatt nagy gőzképződés, és velejáró hanghatás.		Tápvíz-, vagy főgőzvezeték törés miatt primerkörü B&F eljárás indult és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 550 °C-t.	Tápvíz-, vagy főgőzvezeték törés miatt primerkörü B&F eljárás indult és az aktív zóna kilépő hőmérséklete meghaladja az 1100 °C-t.
Pihentető medence hőhordozóvesztés	Kiégett üzemanyagot tartalmazó pihentető medence vízszint tartása lehetetlenné vált.		Kiégett üzemanyagot tartalmazó pihentető medence vízszint az üzemanyag felső végénél alacsonyabban van.	Kiégett üzemanyagot tartalmazó pihentető medence teljesen leürült, vagy a reaktorcsarnoki radiációs szint elérte a GTI-6 görbe értékét.
Pihentető medence hőmérséklet emelkedés	Kiégett üzemanyagot tartalmazó pihentető medence hőhordozó hőmérséklete nagyobb, mint 80 °C.		Kiégett üzemanyagot tartalmazó pihentető medence vízszint az üzemanyag felső végénél alacsonyabban van.	Kiégett üzemanyagot tartalmazó pihentető medence teljesen leürült vagy a reaktorcsarnoki radiációs szint elérte a GTI-6 görbe értékét.
Reaktorban vagy a pihentető medencében lévő fűtőelem sérülése az átrakás alatt		Reaktorban vagy a pihentető medencében lévő fűtőelem fizikai sérülése.		
Nagy aktivitású radioaktív anyag sérülése vagy annak fokozott kockázata telephelyi szállítása során		Nagyaktivitású sugárforrás, kiégett üzemanyag sérülése, inhermetikussá és kezelhetetlenné válása telephelyen történő szállítás során (az üzemi terület szabad zónájában, illetve az MVM PA Zrt. ellenőrzött területén).		

Megjegyzés: GTI – Grafikus Támogató Információk;

GTI-6: Radiációs szint a blokk kiesése után az idő függvényében

4.18 melléklet: Veszélyhelyzeti Osztályozás sugárzási helyzet szerint [246]

Kezdeti esemény	Potenciális Veszélyhelyzet, ha:	Létesítményi Veszélyhelyzet, ha	Helyi Veszélyhelyzet, ha:	Általános Veszélyhelyzet, ha:
Magas sugárzási szint a hermetikus helységeekben	A hermetikus téri nagy méréshatárú gamma dózisteljesítmény mérő rendszer által egymást követő mérési ciklusok értéke nagyobb, mint 10 mGy/h		A hermetikus téri nagy méréshatárú gamma dózisteljesítmény mérő rendszer által egymást követő mérési ciklusok értéke nagyobb, mint 50 mGy/h	A hermetikus téri nagy méréshatárú gamma dózisteljesítmény mérő rendszer által mért érték nagyobb, mint 5 Gy/h
Magas sugárzási szint az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain	A dózisteljesítmény az elkövetkező néhány órában az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain nagyobb, mint 1 mSv/h		A dózisteljesítmény az elkövetkező néhány órában az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain nagyobb, mint 10 mSv/h	A dózisteljesítmény az elkövetkező néhány órában az ellenőrzött zóna közlekedési útvonalain nagyobb lehet, mint 100 mSv/h
Magas sugárzási szint a szabadzónában	Kibocsátásból a szabadzónában mért dózisteljesítmény meghaladja a 0,01 mSv/h-t.		Kibocsátásból a szabadzónában mért dózisteljesítmény meghaladja a 0,1 mSv/h-t.	Kibocsátásból a szabadzónában mért dózisteljesítmény meghaladja az 1 mSv/h-t.
Magas sugárzási szint a telephelyen kívül	Az A-típusú állomások közül egy vagy több által mért dózisteljesítmény nagyobb, mint 1 μ Sv/h.		Az A-típusú állomások közül egy vagy több által mért dózisteljesítmény nagyobb, mint 10 μ Sv/h.	Az A-típusú állomások közül egy vagy több által mért dózisteljesítmény nagyobb, mint 1 mSv/h
Tervezetlen kibocsátások az erőműben	<ul style="list-style-type: none"> A légnemű radiojód-kibocsátás 10 perc alatt meghaladja a 10^{11} Bq-t, vagy a radioaktív nemesgáz kibocsátás 10 perc alatt meghaladja a 10^{15} Bq-t. A folyékony kibocsátás 10 perc alatt meghaladja a 370 GBq-t. (V2-es mérőállomáson elhelyezett mérőrendszer ad információt az aktivitáskoncentrációról) 		A légnemű radiojód-kibocsátás 10 perc alatt meghaladja az 5×10^{11} Bq-t, vagy a radioaktív nemesgáz kibocsátás 10 perc alatt meghaladja az 5×10^{15} Bq-t.	A légnemű radiojód-kibocsátás 10 perc alatt meghaladja a 10^{12} Bq-t, vagy a radioaktív nemesgáz kibocsátás 10 perc alatt meghaladja a 10^{16} Bq-t.
Jelentős radioaktív jód kibocsátás növekedés erőműben	A 3 km-re vonatkoztatott maximális inhalációs pajzsmirigy dózis a 1-3 mSv-es tartományba esik.		A 3 km-re vonatkoztatott maximális inhalációs pajzsmirigy dózis az 5-30 mSv-es tartományba esik, a radioaktív szennyeződés kiterjedhet a 3 km-es zónán túlra is.	A 3 km-re vonatkoztatott maximális inhalációs pajzsmirigy dózis nagyobb, mint 30 mSv, a szennyeződés kiterjedhet a 30 km-es zónára is.

4.19 melléklet: Veszélyhelyzeti Osztályozás fizikai védelmi, tűz, természeti vagy egyéb események szerint [246]

Kezdeti esemény	Potenciális Veszélyhelyzet, ha:	Létesítményi Veszélyhelyzet, ha	Helyi Veszélyhelyzet, ha:	Általános Veszélyhelyzet, ha:
Fizikai védelmi esemény (erőmű területére való behatolás vagy terrorista támadás)	Fizikai védelmi esemény, mely potenciálisan befolyásolja a biztonsági rendszerek működését, vagy bizonytalan fizikai védelmi viszonyokat eredményez.			
Tűz vagy robbanás (beleértve turbina-meghibásodásokat is)		Tűz vagy robbanás, ami potenciálisan érinti a biztonsági rendszerek elhelyezésére szolgáló területeket.		
Mérgező vagy gyúlékony gázok, folyadékok megjelenése a légtérben		Hidrazint tartalmazó IBC sérülése tárolása, szállítása közben úgy, hogy a teljes tartalma a környezetbe kerül. Hidrazin vezeték csőtörése udvartéren.		
Földrengés vagy járvány az erőmű területén vagy a környezetében	Tervezési földrengés határérték túllépése, ha a szabadfelszínen mért gyorsulásjeléből 5% csillapítás mellett meghatározott válaszspektrum amplitúdója nagyobb, mint 0,2 g 2-10 Hz tartományban és bármely irányban számított CAV érték meghaladja a 0,16 g·s-ot. Az MVM PA Zrt. területét, vagy az üzemeltető személyzetet (üzemvitel) érintő járványos megbetegedések, melyek veszélyeztetik a blokk(ok) biztonságos üzemeltetését.			

4.20 melléklet: Légi felderítéssel detektálható radioaktív izotópok köre [145]

Izotóp megnevezése	Z	A	Felezési idő	Időegység	Bomlástermék	%	Dózis-Aktivitás konverziós faktor Kd (Gy*m ² /h/GBq)	Levegő lineáris gyengítési együttható μ (1/m)
K-40	19	40	1,28E+09	y			2,023E-05	9,547E-03
Cr-51	24	51	2,77E+01	d			5,257E-05	1,357E-01
Co-57	27	57	2,71E+02	d			1,433E-04	1,282E-01
Co-58	27	58	7,08E+01	d			1,829E-04	2,816E-02
Co-60	27	60	5,27E+00	y			3,063E-04	1,832E-03
Ga-67	31	67	3,26E+00	d			1,367E-04	1,185E-01
Se-75	34	75	1,20E+02	d			1,491E-04	7,514E-02
Mo-99/Tc-99m	42	99	6,60E+01	h			2,251E-05	6,179E-03
Cd-109	48	109	4,64E+02	d	Ag-109m		3,657E-05	5,838E-02
In-111	49	111	2,83E+00	d			9,024E-05	1,820E-02
I-123	53	123	1,31E+01	h	Te-123		5,697E-05	2,763E-02
I-125	53	125	6,01E+01	d			6,537E-05	4,845E-02
I-131	53	131	8,04E+00	d	Xe-131m	0,01090	5,301E-05	1,139E-03
Cs-137	55	137	3,02E+01	y	Ba-137m	0,94600	7,902E-05	3,118E-03
Ba-133	56	133	1,05E+01	y			1,031E-04	2,683E-02
Ba-140	56	140	1,28E+01	d	La-140	1,00000	5,951E-05	5,423E-02
La-140	57	140	4,02E+01	h			5,951E-05	5,423E-02
Eu-152	63	152	1,36E+01	y	Gd-152		1,585E-04	6,538E-03
Yb-169	70	169	3,20E+01	d			1,476E-04	7,597E-02
Ir-192	77	192	7,40E+01	d			1,139E-04	2,573E-03
Au-198	79	198	2,70E+00	d			5,739E-05	3,513E-03
Tl-201	81	201	7,31E+01	h			1,046E-04	1,235E-01
Th-232	90	232	1,41E+10	y	Ra-228	1,00000	1,176E-05	1,658E-01
U-234	92	234	2,45E+05	y	Th-230	1,00000	1,307E-05	1,662E-01
U-235	92	235	7,04E+08	y	Th-231	1,00000	5,422E-05	7,280E-02
U-236	92	236	3,42E+06	y	Th-232	1,00000	1,241E-05	1,664E-01
U-238	92	238	4,47E+09	y	Th-234	1,00000	1,098E-05	1,664E-01
Pu-240	94	241	1,44E+01	y	Am-241	1,00000	1,243E-05	1,665E-01
Am-241	95	241	4,32E+02	y	Np-237	1,00000	4,866E-05	1,324E-01
Cm-244	96	244	1,81E+01	y	Pu-240		1,045E-05	1,667E-01
Cf-249	98	249	3,51E+02	y	Cm-245	1,00000	6,965E-05	3,438E-02
Cf-251	98	251	9,00E+02	y	Cm-247	1,00000	6,537E-05	9,863E-02

5. Ábrák, táblázatok és fényképek jegyzéke

Ábrák jegyzéke:

1. ábra: A világ primerenergia-igényének változása
2. ábra: Az INES eseményskála
3. ábra: Balesetet előidéző esemény – sugárzási paraméterek – környezetet érintő hatások kapcsolatrendszer.
4. ábra: Az értekezés szerkezeti, felépítése.
5. ábra: A Paksi Atomerőmű Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszerének (ÜKSER) működési sémája.
6. ábra: Dozimetriai vezénylő sugárvédelmi megjelenítő rendszere.
7. ábra: A szellőzőkéményen át kibocsátott levegő sugárvédelmi ellenőrző rendszerének elvi sémája.
8. ábra: NEKISE rendszer sematikus ábrája.
9. ábra: Egészségügyi épület légnemű kibocsátás-ellenőrző rendszerének felépítése.
10. ábra: Vizeket ellenőrző állomások (V1, V2, V3) elhelyezkedése.
11. ábra: Párhuzamos ágú aeroszol és radiojód mintavevő egység.
12. ábra: Az átalakítandó V1 és V2 állomások koncepcionális kialakítása.
13. ábra: Az átalakítandó V3 állomás koncepcionális kialakítása.
14. ábra: V3 állomáshoz kapcsolódóan a sebesség és szint mérés koncepcionális kialakítása
15. ábra: Környezet-ellenőrző hálózat elhelyezkedése.
16. ábra: Az udvartéri BITT szondák elhelyezkedése.
17. ábra: Az „A” és „G” típusú állomások egymáshoz való elhelyezkedése.
18. ábra: Az „a” és a „G” típusú távmérő állomások elhelyezkedése az atomerőmű körül.
19. ábra: Az érintett udvartéri szondák áthelyezési helye romhatáron kívülre.
20. ábra: Az öt jódizotóp inhalációs dózishányadának időfüggése a ^{131}I 0 időpontra vonatkozó inhalációs dózisára normalva zónaolvadás esetén
21. ábra: Az ONER szervek kapcsolatrendszer

22. ábra Gyülekezési helyre figyelmeztető tábla, gyülekezési pontok a telephelyen, regisztrációt segítő blokkoló óra.
23. ábra: Sugárvédelmi szervezet feladatai a különböző működési állapotokban.
24. ábra: Sugárvédelmi szervezet vezetőjének feladatai a különböző működési állapotokban.
25. ábra: Dózisteljesítményt mérő szonda 30 s alatti számlálási statisztikus bizonytalansága a dózisteljesítmény függvényében.
26. ábra: Felületi szennyezettség távolságfüggése.
27. ábra: Dose on Lite megjelenítő felülete.
28. ábra: TREX 2 fizikai moduljának folyamatábrája.
29. ábra: A „Trajektóriák számítása” modul részletes felépítése.
30. ábra: A környezeti sugárterhelés számítása súlyos balesetnél a környezetellenőrző rendszer és az OMSZ előrejelzési adatai alapján.
31. ábra: Döntéstámogató rendszer struktúráltóságának kapcsolata.

Táblázatok jegyzéke:

1. táblázat: Kibocsátás-ellenőrzés távmérő rendszerei A világ primerenergia-igényének változása.
2. táblázat: A nominális szekunder levegőáram mintavételi légforgalmi.
3. táblázat: A PING rendszerhez beállított riasztási szintek.
4. táblázat: A NEKISE rendszer által kimutatandó nemesgáz izotópok és korlátaik.
5. táblázat: A NEKISE egyéb a szűrő elszennyeződésére utaló izotópok listája.
6. táblázat: Egészségügyi Épület helységellenőrzéseikhez beállított riasztási szintek.
7. táblázat: Az egyes állomásokon és mérőaknában folyó távmérések figyelmeztető- és vész-szintjei.
8. táblázat: SODAR rendszer mért és számított adatai.
9. táblázat: Meteorológiai torony mért és számított adatai.
10. táblázat: Az „A” és „b” típusú állomások távadóinak méréstartományai.
11. táblázat: Teljes vagy részleges csoportos és egyéni riasztás sorrendje.
12. táblázat: Teljes vagy részleges csoportos és egyéni riasztás sorrendje.

13. táblázat: A HITT elküldésének rendje.
14. táblázat: Dóziskonverziós tényezők (Dkt.) a ^{137}Cs dóziskonverziós tényezőjére normalva.
15. táblázat: TREX 2 bemenő adatai.
16. táblázat: A szoftverben a légköri terjedésből származó lakossági dózisek meghatározása során figyelembe vett radioizotópok
17. táblázat: A döntéstámogató rendszer fázisai és funkciói
18. táblázat: A modellezés és szimuláció előnyei és hátrányai

Fényképek jegyzéke:

1. kép: A PING rendszer sorba kötött egységei (ABPM 201, IM201, NGM204).
2. kép: Gamma dózisteljesítmény mérésére szolgáló BITT detektor.
3. kép: Vízmintavételre és mérésre szolgáló V-típusú állomások. Baloldalon a 400 literes (V1-, V2 típusú), jobb oldalon 30 literes (v3 típusú).
4. kép: Gyülekezési helyeken található menekülő kámzsák és jódtabletták.
5. kép: Kibocsátás előrejelző modell.
6. kép: Műszaki támogató- és a vezetési csoport megalakulási helye.
7. kép: Kommunikációért felelős berendezések helysége.
8. kép: Védett Vezetési Pont dízel generátora és hermetizálás esetén a levegőtisztító rendszere.
9. kép: Gyülekezési hely és a menekülési útvonal térképe.
10. kép: Gyakorlatozás a védett ponton és terepen.
11. kép: Lakossági tájékoztató- és riasztó rendszer.
12. kép: Néhány felderítés során használt eszköz.
13. kép: Az atomerőmű mentesítő állomásai.
14. kép: TREX 2 két és háromdimenziós megjelenítési felülete.
15. kép: Paksi atomerőmű sugárvédelmi mérőkocsija.
16. kép: Paksi atomerőmű sugárárnyékolt autója.

17. kép: Angol fejlesztésű ARM és AARM sugárfelderítő drónok.
18. kép: Magyar fejlesztésű merevszárnyú drónok.
19. kép: Széles körben még nem elterjedt drónok.
20. kép: VVP tükörszervere
21. kép: Tükörszerverre való átkötési lehetősége
22. kép: Kárhelyparancsnok adatszolgáltatása tableten keresztül
23. kép: Döntéstámogató szoftver applikációján keresztül érkező adatok
24. kép: Kárfelvételi és riasztási lap
25. kép: Helyszín térképi megjelenítése
26. kép: Beavatkozók, kimenekítés, terjedés modellezés egy térképen
27. kép: Létszám-ellenőrző rendszer adatainak kivetítése
28. kép: Automatikus útvonaltervezés a kimenekítés elősegítésére
29. Kimenekítési célállomások meghatározása szoftveresen

6. Kohéziós táblázat - az értekezés hipotéziseinek, célkitűzéseinek, és tudományos eredményeinek egymásra épülése

Sz.	Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célkitűzés	Javasolt kutatási eredmény
1.	Nukleáris környezetellenőrzés elemzése súlyos nukleáris baleseti szempontokat figyelembe véve még szélsőséges viszonyok között is.	Meggyőződésem, hogy az atomerőműveknél használt nukleáris környezeti távadó rendszereken további fejlesztések hajthatók végre. Ezek a fejlesztések egy esetlegesen bekövetkező súlyos nukleáris baleset esetén kulcsfontosságú adatokat szolgáltatnak a döntéshozóknak az optimális döntés meghozatalában, ezzel elősegítve a környezeti hatások minimalizálását. Ezeket a fejlesztéseket a paksi atomerőmű példáján keresztül szeretném bemutatni.	Célkitűzésem, a nukleáris kibocsátás- és környezetellenőrző rendszer egyes elemeinek fejlesztésére irányuló javaslatok adása, megvalósulásában való közreműködése, figyelembe véve az eddig bekövetkezett súlyos nukleáris balesetek tanulságait.	A nukleáris balesetelhárítás kibocsátás- és környezetellenőrző rendszerekre vonatkozó nemzetközi és hazai szabályozása, illetve mértékadó szakirodalom átfogó vizsgálata alapján <u>azonosítottam</u> a súlyos nukleáris-baleset elhárítás területén felhasznált kulcsfontosságú műszaki technikai eszközöket és azok hatékony működtetését biztosító alrendszereket és kritikus elemeket. Vizsgálataimra alapozva <u>javaslatokat dolgoztam ki</u> – a súlyos nukleáris balesetek környezetre gyakorolt hatásainak felmérésére szolgáló - az atomerőművek területén az elsődleges sugárzási adatszolgáltatáshoz nélkülözhetetlen eszközrendszerek és azok alrendszereinek lehetséges fejlesztésére, továbbá az üzemi döntéstámogató szoftverek megbízható alkalmazásához szükséges peremfeltételekre és azok fontosabb műszaki követelményeire. Az elemző, értékelő és rendszerező kutatómunka hozzájárulhat a súlyos nukleáris balesetek esetleges környezeti hatásainak hatékonyabb csökkentéséhez.
2.	Környezetellenőrzéshez kapcsolható	Vélelmezem, hogy a nukleáris környezeti monitoring rendszer kiegészíthető olyan alrendszerekkel,	Célkitűzésem a környezeti monitoring rendszer kibővítése olyan alrendszerekkel, amelyek	Az atomerőművek azonnali, hatékony és széleskörű sugárhelyzet értékelési tevékenységének magas szinten

Sz.	Tudományos probléma	Hipotézis	Kutatási célkitűzés	Javasolt kutatási eredmény
	alrendszerek, sugárhelyzet értékelést elősegítő eszközök fejlesztése szem előtt tartva a súlyos nukleárisbaleseti helyzetet.	amelyek nemcsak normálüzemi és üzemzavari, hanem baleseti és súlyos nukleáris baleseti helyzetben is alkalmazhatók. Alkalmazásuk humán erőforrás-, gazdaságossági-, és sugárterhelési szempontból is nagyon előnyös és adott esetben preventív tulajdonságokkal bír. Bizonyos elemei pedig a nukleáris ipar más területére is kiterjeszhető.	jól alkalmazhatók súlyos nukleáris balesetek esetén, illetve segítséget adhat a környezeti hatások csökkentésében preventív módon. Ezen alrendszerek egyes elemei a nukleáris létesítmény egyéb helyzeteiben és területein is előnyösen alkalmazhatók.	történő biztosítása érdekében alkalmazott, nukleáris környezeti helyzet ellenőrzéshez kapcsolható alrendszerek meghatározása, működési rendjének elemzése, rezilienciájának értékelése, továbbá a súlyos nukleáris-baleset elhárítás alrendszerek kölcsönös egymásra hatásának – a nemzetközi és hazai jó üzemeltetői gyakorlaton keresztül történő - elemzése és értékelése alapján konkrét <i>javaslatot dolgoztam ki</i> üzemeltetőspecifikus pilótanélküli repülő eszközök üzemzavari és súlyos nukleáris baleset elhárítási alkalmazási lehetőségeinek eljárási és műszaki szempontrendszerére, továbbá <i>feltártam</i> azok nukleáris veszélyes tevékenységeknél történő normálüzemi alkalmazásának műszaki lehetőségeit és alapfeltételeit.
3.	Döntéshozók feladatának megkönnyítése, elsősorban súlyos nukleáris baleset helyzetben, hogy a lehető legjobb és leggyorsabb döntéseket tudják meghozni a környezeti terhelést csökkentést illetően.	Meggyőződésem, hogy olyan döntéstámogató rendszer fejleszthető ki, ami egy súlyos nukleáris baleset esetén megkönnyíti, gyorsabbá és hatékonyabbá teszi a döntéshozók munkáját. Ez a rendszer az atomerőművi környezeten kívül még alkalmazható lehetne egyéb országos szerveknél is, akik egy ilyen helyzetben érintve lehetnek.	Célkitűzésem olyan döntéstámogató szoftver kifejlesztésére javaslatot tenni, ami képes az erőmű összes olyan adatát fogadni, ami a balesetkezelés, így a súlyos nukleáris baleset során is fontos lehet. Továbbá a döntéshozók felé eljuttatni a prioritizált releváns információkat. További opció lehet ennek kiterjesztése vagy beintegrálása az országos illetékes szervek felé.	A nukleáris környezeti helyzet elemzéssel kapcsolatos kutatómunkámra építve <i>meghatároztam</i> egy atomerőműben alkalmazható, üzemeltetőspecifikus sugárhelyzet értékelő döntéstámogató szoftver műszaki koncepcióját, amely a gyors és optimális súlyos nukleáris-baleset elhárítási üzemeltetői intézkedések szakmai és műszaki megalapozását segítheti elő.