

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből IV.

Hallgatói kötet

Szerkesztette
Gőcze István és Padányi József



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Szemelvények
a katonai műszaki tudományok eredményeiből IV. –
Hallgatói kötet

Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből IV.

Hallgatói kötet

Szerkesztette
Gócze István – Padányi József



LUDOVICA
EGYETEMI KIADÓ

Budapest, 2024

Szerzők
Berek Tamás
Győző-Molnár Árpád
Igaz-Danszky Tamás
Kiss Csaba
Manga László
Papp Csenge
Répás József
Sebestyén Zsolt
Simon Sándor
Szajkó Gyula
Szilágyi Tibor

Szakmai lektorok
Berek Tamás
Bíró Tibor
Haig Zsolt
Horváth Attila
Kátai-Urbán Lajos
Németh András
Padányi József

Kiadja a Nemzeti Közszerzői Egyetem
Ludovika Egyetemi Kiadó
A kiadásért felel: Deli Gergely rektor
Székhely: 1083 Budapest, Ludovika tér 2.
Kapcsolat: kiadvanyok@uni-nke.hu

Felelős szerkesztő: Kilián Zsolt
Olvasószerkesztő: Csinta Áron
Tördelőszerkesztő: Kilián Zsolt
Korrektor: György László

DOI: https://doi.org/10.36250/01202_00

ISBN 978-963-653-069-3

© A szerkesztők, 2024
© A szerzők, 2024
© A kiadó, 2024

Minden jog védve.

Tartalom

Berek Tamás – Répás József

Az autonóm harctéri és közlekedési járművek forenzikus vizsgálatának lehetőségei és kihívásai 7

Győző-Molnár Árpád

A katasztrófavédelmi operatív munkaszervek működésének fejlesztési lehetőségei, különös tekintettel a mobil vezetési pontok műszaki eszközrendszerére 21

Igaz-Danszky Tamás

Így irányítunk mi – A katasztrófavédelmi műveletirányítás összehasonlítása más szervek ügyeletével 41

Kiss Csaba

A katonai gyakorlóruhán lévő rendfokozati jelzések valós idejű felismerése gépi látás és mesterséges intelligencia segítségével 63

Manga László

A súlyos nukleáris baleseteket követő környezeti sugárzásihelyzet-felmérési eljárások és módszerek kutatása és fejlesztése 85

Papp Csenge

A személygépjármű-motorburkolat égése során felszabaduló gázok vizsgálata 111

Répás József

A magas automatizáltságú közlekedési járművek utólagos szakértői vizsgálatához szükséges készségek 127

Sebestyén Zsolt

A nukleáris létesítmények telephelyvizsgálatának és radiológiai értékelésének módszertana korszerűsítési lehetőségeinek kutatása-fejlesztése 143

Simon Sándor

A pilóta nélküli légi járművek folyamatos légi alkalmasságának fenntartása 165

Szajkó Gyula

A békétámogató műveletek üzemanyagszükséglet-tervezéséhez használt számvetési módszerek 183

Szilágyi Tibor

Környezetbiztonság a háborúban: az orosz–ukrán háború hatása a természetes és a mesterséges környezetre 205

Az autonóm harctéri és közlekedési járművek forenzikus vizsgálatának lehetőségei és kihívásai

Az autonóm harctéri és közlekedési járművek hálózatba kapcsolt komplex informatikai, infokommunikációs és IoT-eszközökként is értelmezhetők. Funkciótól függetlenül a járművek által gyűjtött, feldolgozott és tárolt adatok bizalmasságának, sértetlenségének és rendelkezésre állásának biztosítása elsődleges szempont. Emellett az alkalmazott védelmi intézkedések megfelelőségének monitorozása kiemelt feladat. Ez a felügyelet történhet valós időben vagy utólagosan, a rendelkezésre álló információk elemzése és értékelése során. A közúti és off-road katonai járművek automatizáltsági szintjétől függően az utólagos vizsgálatok új megoldásokat igényelnek, amelyek részben kihívást, de fejlesztési lehetőséget is jelentenek a feladat ellátására dedikált szakértőknek. Tanulmányunkban az utólagos szakértői vizsgálatok speciális kihívásainak és lehetőségeinek elemzését végeztük el.

Kulcsszavak: forenzikus vizsgálat, önvezető járművek, szakértői vizsgálat

OPPORTUNITIES AND CHALLENGES OF FORENSIC TESTING OF AUTONOMOUS BATTLEFIELD AND TRANSPORT VEHICLES

Autonomous battlefield and transport vehicles can also be interpreted as networked complex IT, ICT and IoT devices. Regardless of function, ensuring the confidentiality, integrity and availability of data collected, processed and stored by vehicles is a priority. In addition, monitoring the adequacy of applied protection measures is a priority. Such monitoring may take place in real time or ex post when analysing and evaluating available information. Depending on the level of automation of road and off-road military vehicles, follow-up inspections require new solutions, which are partly a challenge but also an opportunity

- ¹ Tanszékvezető, egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, e-mail: berek.tamas@uni-nke.hu; ORCID ID: 0000-0001-8358-6139.
- ² Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: repas.jozsef@uni-nke.hu; ORCID ID: 0000-0002-1186-4731.
- ³ A tárgyak internete (*Internet of Things*; a továbbiakban: *IoT*).

for development for experts dedicated to the task. In our study, we analysed the specific challenges and opportunities of ex-post peer reviews.

Keywords: forensic testing, autonomous vehicles, expert examination

Bevezetés

A harctéri feladatok professzionális ellátását modern technikai eszközök és magas szintű szakértelem segíti. Az autonómia, a magas automatizáltágú (valamilyen szintű autonómiával bíró) közlekedési járművek széles körű elterjedése mind a katonai, mind a polgári felhasználásban megfigyelhető. Utóbbi esetben, a digitalizáció és az új kommunikációs technológiák felhasználásának eredményeként, az egyik fő szempont a közlekedés biztonságának, hatékonyságának növelése és a károsanyag-kibocsátás csökkentése. A katonai felhasználás során olyan szempontok is megjelennek, mint az emberi erőforrás megóvása, a bevetési hatékonyság javítása, a körülmények, a környezet megfigyelése, érzékelése, az információk feldolgozása, a gyors és pontos döntéshozatal, valamint az adott lépés végrehajtása. Ez azt is jelenti, hogy elegendő a jármű, a szenzorok és a kommunikációs csatornák, továbbá a fegyverrendszer megfelelő védelmét megvalósítani, mivel személyzet nem kell hogy a helyszínen tartózkodjon.

Ezeket az eszközöket úgy tervezték, hogy harctéri körülmények között – extrém terepviszonyok mellett – is képesek legyenek dinamikusan működni.⁴ A SAE J3016 számú nemzetközi szabvány hat szintet határoz meg a polgári felhasználású közlekedési járművek vezetésautomatizáltságára. Az első három szinten (SAE 0-2) a jármű vezetője felügyeli az eseményeket, a második három szinten (SAE 3-5) maga a jármű végzi mind a felügyeleti, mind a járművezetési feladatokat. A SAE felosztása közötti vagy terepjáró járművek esetén megfigyelhető az Amerikai Védelmi Minisztérium (*Department of Defense*; a továbbiakban: *DoD*) által meghatározott evolúciós lépcsőknek. Az első lépcsőhöz, szinthez a nem autonóm, vagyis az ember által üzemeltetett rendszerek tartoznak (SAE 0). A második (ember által delegált) lépcsőben egyes vezetési funkciók (például az adaptív tempomat működése során a gyorsítás, a lassítás vagy/és a kormányzás) már támogatottak, ez a SAE 1-es és 2-es szintjének feleltethető meg. Ezen a szinten például a célkiválasztás továbbra is az ember által történik. Az ember által felügyelt DoD 3-as lépcsőhöz a SAE 3-as szint rendelhető hozzá. Ezen a szinten az ember

⁴ WHITSON et al. 2023.

felügyelete alatt történik az eszközök működése (például a drónok rajban vagy a járművek menetoszlopban való közlekedése). A járművezető (meghatározott körülmények között és helyzetekben) nem vesz részt a közlekedési vagy repülési szituációk végrehajtásában (nem vezeti a járműveket), azonban erre utaló jelzés esetén (SAE 3) a vezetőnek át kell vennie az irányítást a járműtől. A SAE 4-es szint esetén a jármű közlekedéséhez nem szükséges a járművezetői irányítás, teljes a jármű autonómiája (ideértve a közlekedési és önálló célkiválasztási feladatokat, akár az emberi élet kioltására irányuló döntés meghozatalát is).

Az autonómia a katonai rendszerekben várhatóan az alábbi öt területen kap majd nagy szerepet:

- a) logisztika, flottaszervezés;
- b) a nagy mozgékonyágú katonai rendszerek fizikai felépítése;
- c) az autonóm eszközök egyedi viselkedése;
- d) az emberek és az autonóm rendszerek közötti együttműködés;
- e) műveleti és csoportstratégiák.⁵

Az autonómítás szintjének növekedésével, a felelősségek átrendeződésével egyre nagyobb hangsúlyt kap a tevékenységek utólagos vizsgálata és elemzése, az objektív bizonyítékok előállítása, amelyhez a forenzikus vizsgálatok során a tudomány és a technológia eredményeit és módszereit használják a szakértők.

Autonóm eszközök katonai alkalmazásban

Az autonóm rendszerek már a hidegháború idején átkerültek a kísérleti fázisból a szolgálatba. A vezérléstechnika, a kamera- és szenzortechnika és a rakétatechnika fejlődése új lehetőségeket teremtett az autonóm rendszerek alkalmazásához a világűrben és a víz alatti környezetben. Akár funkcionális szempontból (gépezés, információgyűjtés, célfelderítés), akár az autonómia szintjét (autonóm, részben autonóm, távvezérelt), akár az élettartamot tekintve (egyszer használatos, illetve visszatérő) vizsgáljuk az autonóm platformokat, a működési biztonság alapvető feltétele a pontosság. A pontosságot az biztosítja, hogy a pilóta nélküli rendszerek jóval hosszabb bevetési időt tesznek lehetővé, jóval meghaladva a személyzettel ellátott eszközök képességeit az ember által jelentett fizikai korlátok mellőzésével, ami valós idejű helyzetfelismerést eredményez. A teljesen autonóm

⁵ BAYRAK–GORSICH–EPUREANU 2020.

platformok, különösen azok, amelyeknél nincs szükség erőforráscserére (például műholdak vagy víz alatti észlelőrendszerek), jelentősen megnövelhetik a hírszerzés hatóidejét, miközben pontos információkat biztosítanak, ami lehetővé teszi a nagy távolságokból irányított fegyverek alkalmazását. Ez azonban hálózatokra és érzékelőkre támaszkodik amellet, hogy magas az üzemeltetési költség.⁶

Megkezdődött a drónrajok katonai fejlesztése és tesztelése is, amelynek során számos kicsi, olcsó, együttműködő és pilóta nélküli repülőgép hangolja össze tevékenységét, összefüggő egységként működve. A pilóta nélküli eszközöknek megfelelő autonómiával és intelligenciával kell rendelkezniük.⁷

Napjainkban számos országban tesztelik a drónkötelékek mint osztott együttműködési rendszerek működését, amelyek sok kicsi, olcsó, pilóta nélküli repülőeszközből állnak. Az önállóan működő vagy autonóm fegyverek ezen típusa új stratégiai, etikai és jogi kérdéseket vet fel. A rajzó drónok valódi előnyökkel járhatnak, de potenciális veszélyeket is hordozhatnak. A kutatók szerint a rajzó drónok által jelentett kockázatokat mérlegelni kell, mielőtt pusztító képességük kifejlődik. A rajzórendszerek jellemzően egyedi ágensekből állnak, amelyek kapcsolatban állnak egymással és környezetükkel. Az ágensek egyszerű szabályokat követnek, de az ágensek közötti interakciók meglehetősen bonyolult és kifinomult kollektív viselkedésekhez vezethetnek, ideértve a kialakuló intelligenciát is. Például egy raj alakzatban maradhat, miközben többször változtatja az irányt.⁸

Az autonóm eszközök alkalmazása kapcsán megkerülhetetlen a mesterséges intelligencia (a továbbiakban: MI) érintése.

A NATO MI-stratégiája rögzíti, hogy a mesterségesintelligencia-alkalmazások fejlesztése és használata a nemzeti és nemzetközi joggal összhangban történik, és megfelelő szintű mérlegelés és gondosság mellett fejlesztik és használják, és az elszámoltathatóság biztosítása érdekében egyértelmű emberi felelősséget kell alkalmazni. A dokumentumban kinyilvánítják, hogy az MI megfelelően érthető és átlátható lesz, többek között felülvizsgálati módszerek, források és eljárások alkalmazása révén, továbbá az ilyen képességek biztonságát, védelmét és robusztusságát tesztelésnek és bizonyosságnak vetik alá ezekben a felhasználási esetekben azok teljes életciklusa során.⁹

A halálos autonóm fegyverrendszerek programozásuktól függően képesek érzékelni és reagálni emberi beavatkozás nélkül is, ennek köszönhetően képesek

⁶ SCHNEIDER–MACDONALD 2021.

⁷ PASHAKHANLOU 2019.

⁸ LACHOW 2017.

⁹ NATO 2021.

a célokat felderíteni, és megsemmisíteni azokat. Egy kibertámadás vagy meghibásodás kockázata azonban kétségesé teszi a „megszakítási” mechanizmus megbízhatóságát. A halálos autonóm fegyverrendszerek alkalmazásánál szükséges a szenzoradatok priorizálása, annak érdekében, hogy a fegyver a tervezett célnak megfelelően működjön. Félő, hogy enélkül a neurális hálózat nem tud reagálni a fegyver közvetlen környezetéből származó újonnan érzékelt eseményekre. A harctéri környezet dinamikus változékonysága miatt az új paraméterek vagy heterogén adatok beérkezése azokhoz az adatokhoz, amelyek alapján a fegyvert betanították, összezavarhatja a fegyver tűzkiváltáshoz szükséges folyamatait.¹⁰

A rendkívül összetett gépi tanulási jelleg látszólag azt a benyomást kelti, hogy az eszközök maguk hozzák meg döntéseiket, így kezelőik kivonhatják magukat a felelősségre vonás alól. A szakirodalom különbséget tesz az autonóm MI-fegyverek és az autonómiával rendelkező mesterséges intelligencia között, ami két különböző etikai problémát vet fel a használatukkal kapcsolatban. Az autonóm fegyverek esetében korlátozott önállóságuk a gépi tanulással kombinálva azt jelenti, hogy üzemeltetőik továbbra is felelősek tetteikért, miközben nem képesek ellenőrizni a gépi döntéseket. Ha viszont a mesterséges intelligencia elérné az autonómia szintjét, az kiszámíthatatlanná és veszélyessé tenné döntéseit egy fegyverben.¹¹

Az MI-komponensnek kiszámítható, céltudatos és jól kommunikált viselkedést kell produkálnia, helyesen azonosítva az emberi szándékokat és az emberi viselkedést. Mások szándékainak felismerése és azonosítása azonban bonyolult és szinte lehetetlen a megtévesztés, a manipuláció, illetve az érzelmi állapotok és a jelzések rejtése miatt.¹²

A jövőben a mesterségesérzelem-technológia kutatási intenzitásának növekedése várható, amely idővel kiküszöbölheti a fenti problémát, és az MI-alkalmazásokat biztonságosabbá és hatékonyabbá teheti az autonóm fegyverrendszerek társadalmi elfogadottságának javulása mellett.¹³

Az extrém környezeti körülmények között működtetett automatizált rendszerek jelenleg távolról működtethetők vagy korlátozott autonómiával bírnak, és nem rendelkeznek jelentős döntéshozatali, feladattervezési és intelligens vezérlési felhatalmazással. A kutatók szerint a zord környezet okozta kiszámíthatatlanság és bizonytalanság robusztusabb és alkalmazkodóbb megoldásokat

¹⁰ WALKER 2021.

¹¹ BELLABY 2021.

¹² JOHNSON 2023.

¹³ FEHÉR–NÉGYESI 2021.

tesz szükségessé, hogy magasabb szintű autonómiát és döntéshozatalt tegyen lehetővé a robotokban.¹⁴

A szélsőséges külső körülmények továbbá az érzékelők meghibásodásához vezethetnek, amelyek téves információkat továbbítva az eszköz hibás működését vagy meghibásodását okozhatják.¹⁵

A jövőben pedig számolni kell azzal, hogy az éghajlatváltozás hatásai az időjárási extrémítások gyakoriságának növekedésével és intenzitásának erősödésével járnak, ami sok más mellett negatívan befolyásolja a technikai eszközök alkalmazási spektrumát.¹⁶

Jól behatárolt és megfelelő módon felügyelt környezetben magas fokú autonómiával lehet felruházni robotikai rendszereket, azonban kilépve a „steril” labor-, üzemi környezetből rengeteg olyan külső, elsősorban környezeti hatás léphet fel, amely kockázatosá teszi a teljes körű autonóm rendszerek használatát.

A mesterséges intelligenciát használó komplex autonóm rendszerek fejlődése megváltoztatja a konfliktusok természetét. A gyakorlatban az autonóm rendszereket alaposan tesztelik, mielőtt üzembe helyeznék őket, hogy biztosítsák a rendszer viselkedésének megbízhatóságát a várható helyzetekben. Az autonóm rendszerek összetettsége azonban valószínűsíti, hogy a valós harctéri környezet dinamikájában nem várt, felbukkanó viselkedést mutatnak. Ha autonóm rendszereket akarunk használni valós konfliktushelyzetekben, akkor figyelemmel kell lenni a kiszámíthatatlanság és a megbízhatóság közötti arányokra különböző rendszerszinteken.¹⁷

Az MI megjelenése a katonai döntéshozatalban és a vezetési rendszerekben, hasonlóan az autonóm fegyverekhez, sok esetben ellenérzéseket vet fel.

Az MI alkalmazása jelenleg az adatfeldolgozás és az információ-előállítás területén támogatja a döntéshozatalt, de kutatók hatékony felhasználási lehetőséget látnak a tervezési feladatok, illetve a műveletek vezetésének felgyorsítása területén is.¹⁸

¹⁴ WONGA et al. 2018.

¹⁵ GYARMATI–SIMÓ 2022.

¹⁶ PADÁNYI 2022; HALÁSZ et al. 2012.

¹⁷ TRUSILO 2023.

¹⁸ NÉGYES–FAZEKAS 2022.

Katonai digitális forenzikus vizsgálatok

A katonai vonatkozású digitális forenzikus vizsgálatok nemcsak számítógépekre, laptopokra vonatkoznak, idetartoznak a mobileszközök, a hálózatok, a felhőalapú rendszerek, valamint a különböző magas automatizáltságú közlekedési eszközök is. A vizsgálatok célja azon eszközökben, rendszerekben és környezetekben található kulcsfontosságú nyomok azonosítása, elemzése és utólagos vizsgálata, amelyeket katonai műveletekhez, hírszerzéshez, tevékenységekhez használnak. A nyomok alapján hiteles bizonyítékot kell szolgáltatni a vizsgált eseménnyel kapcsolatban, meg kell állapítani a felelősségi kérdéseket. A biztonságos katonai műveletek – ellenséges környezetben végzett katonai műveletek, terrorelhárítás, hírszerzés stb. – egyik fontos összetevője a digitális eszközök szakértői vizsgálatának elvégzése. Legyen szó az ellenség digitális rendszereinek vizsgálatáról, műveleti területeken történő adatkinyerésről, a potenciális incidensek utólagos vizsgálatáról, a fenyegetések azonosításáról, a sérülékenységek mérsékléséről vagy a biztonsági szint, a működési folyamatok, a katonai műveletek fejlesztése érdekében végzett tevékenységekről. A digitális információk közlekedési eszközökből történő kinyerése, a digitális nyomok gyűjtése, elemzése katonai felhasználásban stratégiai kérdés, elengedhetetlen a műveleti és nemzetbiztonsági célok támogatásához.

Az általános vizsgálati elvek a katonai megközelítés és a harctéri körülmények ellenére sem változnak. A nyomok gyűjtésének, megőrzésének, kezelésének és tárolásának folyamata során nem változhatnak meg, csak felhatalmazott és kvalifikált személyek végezhetik el az egyes műveleti lépéseket. Minden olyan tevékenységet, amely az eszközök vagy az adatok vizsgálatához szükséges, ellenőrizhető módon, megfelelően dokumentálni szükséges. Katonai műveletekben a forenzikus vizsgálatokat általában specialisták végzik, különféle digitális forenzikus eszközökkel. Idetartoznak például a szakképzett operátorok, az alkalmazott forenzikus technikák, taktikák, eljárások és módszerek egyaránt, amelyek a digitális nyomok azonosításától a feldolgozásáig és elemzéséig végzik feladatukat.¹⁹ A speciális körülmények között megszerzett digitális nyomok döntő jelentőségűek lehetnek a műveletek sikere szempontjából, a műveleti, a hírszerzési és a jogi célok tekintetében egyaránt. Jelen tanulmányban a digitális forenzikus vizsgálatok elvégzését a harctéri közlekedési járművekkel kapcsolatban vizsgáljuk.²⁰

¹⁹ BRACCINI et al. 2016.

²⁰ CHANDEL 2020; RÉPÁS et al. 2022; STANDER–HANLÉ [é. n.]; *Szakmai módszertani leírások* [é. n.].

Magas automatizáltságú harcjárművek és haditechnikai eszközök

Az autonóm, vagyis magas automatizáltsági szintű, harctéri járművek hálózatba kapcsolt komplex informatikai, infokommunikációs és IoT-eszközökként is értelmezhetők. Ezek az eszközök részt vesznek a műveleti tevékenységekben, nagy mennyiségű információt gyűjtenek, dolgoznak fel és tárolnak a műveletekről, környezetükről, és kapcsolatban állnak a vezetési-irányítási (*Command Control; C2*) rendszerekkel. Annak függvényében, hogy a járművek egyes vezetéstámogató rendszerei milyen funkciókat képesek ellátni, mennyiben támogatják vagy helyettesítik a járművezetőt, besorolhatóak automatizáltsági szintekbe. Jelenleg az emberi felügyeletet, esetleges beavatkozást nem nélkülözi egy autonóm funkciókkal ellátott közlekedési jármű sem. Katonai felhasználásban részleges autonómiát több esetben alkalmaznak, ami azt jelenti, hogy a jármű képes emberi beavatkozás nélkül vagy korlátozott emberi beavatkozás mellett megközelíteni a feladat-végrehajtás helyét vagy a célpontot. A környezet érzékelése ebben az esetben a különböző szenzorok, szenzor- és kommunikációs hálózatok (például LiDAR, radar, kamera stb.) segítségével, míg az információk feldolgozása, tárolása például az érzékelőkben, a jármű központi egységében (fejegységében), elektronikus vezérlő egységekben (*Electronic Control Unit; ECU*) történik. Ezen adattárolók alkalmasak vagy alkalmassá tehetők a tárolási megoldástól függő időtartamban arra, hogy utólagos szakértői vizsgálatok során az adattartalmuk hozzáférhető, kinyerhető, értelmezhető és elemezhető legyen.²¹

A katonai járművek mint magas mobilitású, önvezető képességekkel rendelkező katonai rendszerek folyamatos, gyors ütemű fejlődéséhez nagymértékben hozzájárulnak az MI-kutatások is. Olyan előnyök mellett, mint a hatótávolság, a sebesség, a koordináció, az önvezető járművek hátránya (az emberi intelligencia rugalmasságának hiánya) az MI segítségével mérsékelhető lesz. Az önvezetési képesség tényleges autonóm szintre emeléséig az ember számos területen jól kiegészíti a félautonóm rendszereket, és fordítva.

²¹ CHANDEL 2020; RÉPÁS et al. 2022; STANDER–HANLÉ [é. n.]; *Szakmai módszertani leírások* [é. n.].

A harctéri járművek szakértői vizsgálata

Funkciótól, felhasználási módtól függetlenül a járművek által gyűjtött, feldolgozott és tárolt adatok bizalmassága, sértetlensége és rendelkezésre állása elsődleges szempont. Katonai műveletekben egyensúlyt kell találni a vizsgálati célok és a várható eredmények között, mérlegelve az azonnali információszerzés előnyeit az esetleges jogi következményekkel szemben, amennyiben az nem eljárások szerint, megalapozott módon történik. Hogyan lehet a rendelkezésre álló eszközökből, adattárolókból gyorsan kinyerni a katonai műveletekhez szükséges elsődlegesen szükséges, értékes információkat (például pozíció- vagy kapcsolati adatok)? A vizsgálati céloknak megfelelően első lépésként meg kell vizsgálni, hogy milyen információk milyen kezdeti értékkel (bizonyító erővel) bírhatnak. Erre lehetőség van adminisztratív és technikai osztályozást is alkalmazva a számos adattároló megoldás és adatkategória elemzésével. A szakértő ezt jellemzően eseti jelleggel (a vizsgált esemény típusa és a további esetlegesen bekövetkező károk alapján), az adott vizsgálati tárgy alapján határozza meg, és először azokat elemzi, amelyek nagyobb potenciállal rendelkeznek (például kulcsszavas keresés, fájl típusok keresése, csatlakoztatott mobil eszközök adatai, kontaktok, üzenetek, navigációs adatok stb.). Az eszközök és az adattartalom gyors felmérése és átvizsgálása érdekében szükséges a katonák forenzikus tudatosságának növelése. Korábban a katonai műveletek során kevés hangsúlyt kapott az elektronikus eszközök vagy közlekedési járművek forenzikus vizsgálata, a hozzáférhető adattartalom mennyiségének növekedésével azonban új megközelítést igényel a terület.

Annak függvényében, hogy a közlekedési járműhöz és valamely adattárolójához milyen módon és céllal férünk hozzá, az alábbi vizsgálati eljárásokat különböztetjük meg:

- a) ép, működőképes lefoglalt eszköz vagy adattárolójának vizsgálata;
- b) működés vagy üzem közben lefoglalt eszköz vagy adattárolójának vizsgálata;
- c) működés vagy üzem közben ideiglenesen vizsgálat alá vont eszköz vizsgálata;
- d) sérült, meghibásodott, megsemmisített eszköz vagy adattárolójának vizsgálata.²²

²² RICE 2015; CHANDEL 2020; RÉPÁS et al. 2022; STANDER–HANLÉ [é. n.]; *Szakmai módszertani leírások* [é. n.]; RÉPÁS–SCHMIDT 2023.

*A szakértői vizsgálati lépések kihívásai
katonai műveletek során*

A járművek szakértői vizsgálati kihívásai három csoportba sorolhatóak: általános kihívások, a vizsgálati eljárás kihívásai és a vizsgáló eszköz kihívásai.²³ Ezen kihívások mellett a harctéri és közlekedési járművek vizsgálata során újak is megjelennek, illetve egyes kihívások nagyobb súllyal szerepelnek. Katonai műveletek során a (digitális forenzikus) szakértői vizsgálatok elvégzésének folyamata (azonosítás, előkészítés, digitális nyomok gyűjtése, vizsgálat, elemzés, értelmezés, dokumentálás, prezentálás) módosul, az egyes lépések nem sztenderd (nem harctéri vagy katonai) módon valósulnak meg a vizsgálatok helyszíni sajátosságai miatt. Az azonosítási, előkészítési lépéseket megelőzi egy kezdeti felderítési, keresési fázis, ahol elsődleges szempont a gyorsaság és a hatékonyság. Ennek során a műveletben részt vevő szakértő vagy a szakértői feladatokra kiképzett személyzet elvégzi a helyszín felmérését. Vizuálisan felméri, feltérképezi a környezetet, a jármű elhelyezkedését, kommunikációs kapcsolatait (vezetékes vagy vezeték nélküli hálózatok), a csatlakoztatott eszközöket, egységeket, különös tekintettel a rejtett vagy álcázott egységekre. Ebben a kezdeti lépésben is szükséges a tények, eredmények megfelelő dokumentálása, vagyis a felderített vezetékes, vezeték nélküli kapcsolatok és eszközök rögzítése.

Korábban egy egység valószínűleg kiürítette volna az épületet, vagy felrobbantotta volna az ott lévő járművekkel együtt. Most azonban előfordulhat, hogy képesített szakértők segítségével ujjlenyomatokat vesznek, DNS-t vizsgálnak és digitális adatokat is gyűjtenek. A terroristák összekapcsolásával különböző bűncselekményekkel, a hírszerzési információk frissítésével, a jogi eljárások megalapozásával és a műveleti bázisokon elvégzett vizsgálatokkal az egységek sok időt megspórolnak, ami akár a katonák életét is megóvhatja, fontos információt szolgáltatta a harcoló csapatoknak.²⁴

A kezdeti felderítési fázis a polgári, magyarországi igazságügyi szakértői gyakorlatban és feladatmeghatározásban nem jellemző, mivel a szakértői feladatok elvégzése a kirendelés alapján, az abban meghatározott vizsgálati tárgyakon (eszközökön és adathordozókon) történik. A bűnjel helyszíni lefoglalásában, a helyszíni hatósági műveletekben a szakértő jellemzően nem vesz részt (kivéve bizonyos fedett bűnüldözési tevékenységeket, például az eszközök éles környezetben,

²³ RÉPÁS–SCHMIDT 2023.

²⁴ LORGE 2010.

működés közben történő vizsgálatát, amikor a nyomok, az eszköz és az adat-tartalom utólag nem vizsgálható átfogóan).²⁵

A felderítési fázist követően az azonosítási fázisban (három szempontot figyelembe véve) rögzítik (például fotó, videó formájában) a jármű (egy-egy egységei), továbbá a csatlakoztatott eszközök, adathordozók fizikai jellemzőit, állapotát, az esetleges sérüléseket. A szakértői vizsgálat során törekedni kell arra, hogy a vizsgálandó eszközök fizikai és logikai állapota ne változzon meg. Járművek vizsgálata esetén ez azonban nem minden esetben valósítható meg, ugyanis a központi fejegység, a vezérlő egységek rejtett módon, a műszerfal vagy a burkolatok alatt, védett módon vannak elhelyezve, ezért azok megbontása szükségessé válhat (például ha nincs kivezetett csatlakozó, illetve vezetékes vagy vezeték nélküli csatlakozással nem férhetők hozzá az adatok). Elektronikai szempontú felmérés során a jármű és az adattároló egységek működőképességének vizsgálata történik meg. Amennyiben működő járműt vizsgálnak, annak leállítása vagy kikapcsolása adatvesztéssel járhat. Emellett a kijelzők, a műszerfal tartalmazhat hasznos információt. Katonai műveletek során az azonosítás sajátosságai közé tartozik például a különböző csapdák, kártékony kódok, rejtett adathordozók, hamis bizonyítékok, *fake* hálózatok, *kill-switch*ek, improvizált robbanószerkezetek vagy egyéb antiforenzikus technikák nyomainak keresése. Katonai vonatkozásban ezek a technikák és taktikák még hangsúlyosabbak (például eszköz csatlakoztatásának hatására vagy a hálózati kapcsolat megszakadására elinduló törlés vagy az eszköz automata leállítása), akár a szigorúbb titkosítási elvárások, az információk érzékenysége miatt. Csapda lehet egy szoftver, egy eszköz, a rendszer konfigurációja vagy ezek kombinációja azzal a céllal, hogy kárt tegyen vagy megnehezítse a vizsgálatot.

Informatikai szempontú felmérés során a hálózati csatlakozások azonosítása történik meg, valamint az adathordozókat írásvédő segítségével (kivéve valós idejű vizsgálatok vagy integrált adathordozó esetén) csatlakoztatják a vizsgálógéphez, az adatok kompromittálódásának megelőzése érdekében. Vizsgálják, hogy a járműhöz milyen fizikai vagy logikai hozzáférési pontokon keresztül lehet hozzáférni, és azokon keresztül milyen adatok érhetőek el. Kihívást jelent az elektronikus információ, a digitális nyomok felismerése a változó és sajátos környezet miatt, továbbá a kompromittált adattartalom felismerése is.

Az előkészítés vagy a nyomok megőrzése során elkészülnek a lemezképek (járművek esetén ez az adattároló képességgel rendelkező eszközök adattartalmának

²⁵ RÉPÁS 2023.

megszerzését jelenti), az eredeti nyomok sérülési lehetőségének csökkentésére biztonságos központi szerveren tárolják a kinyert adatokat. A vizsgálandó eszközök és elemeik azonosítása és a szállításhoz szükséges megfelelő védelme is kihívást jelent, hiszen a digitális információ illékony, sérülékeny a harctéri környezetben, ezért nagy hangsúlyt kell fordítani az adatok és az adathordozók biztonságos kezelésére.

Amennyiben működés vagy üzem közben ideiglenesen vizsgálat alá vont eszközről van szó (például hírszerzési tevékenység során), az adatok kinyerését korlátozott idő alatt kell elvégezni. Az eszközkészletek kompatibilitása, az eszközök gyakorlati ismerete (tapasztalat), a rendelkezésre álló tárhely nagysága is okozhat nehézségeket. Nagy adatmennyiség letöltése ilyen esetben nem mindig valósítható meg, szükségessé válhat a kapcsolat fenntartása, a felügyeleti szoftver telepítése a járműre, amely a meglévő vagy ideiglenes kommunikációs csatornán keresztül biztosítja az adatok átvitelét.

Adatgyűjtés alatt a vizsgálati cél szerint az esemény(ek) körülményeinek, a résztvevők által végrehajtott tevékenységeknek, a helyszíneknek és a körülményeknek a tisztázását értjük. Ennek kapcsán történik meg a vizsgálatban érintett személyekhez kapcsolódó adatok felkutatása, a bizonyítékok beszerzése, a vizsgálat megalapozásához, megtervezéséhez szükséges adatok összegyűjtése is. Katonai műveletek során ez az egyik legnagyobb kihívás a kaotikus és kiszámíthatatlan körülmények miatt, ahol a felügyeleti lánc kialakítása és megtartása alapvető védelmi technikák alkalmazását és sajátos intézkedéseket igényelhet. Az adatgyűjtési lépéseknek ennek ellenére biztosítaniuk kell a megszerzett adatok integritását, és stabil forrást kell biztosítaniuk az adatok elemzéséhez.²⁶ Az *Evidence Based Operation (EvBO)* esetén kiemelten fontos a nyomok sértetlensége, ezáltal vizsgálhatósága, megfelelősége és hitelessége. A veszélyes környezet, az egységek információhiánya, a vizsgálatok időbeli elhúzódása végzetes következményekkel járhat.

Az elemzési fázisban a kinyert nagy mennyiségű adat integritását és gyors feldolgozását is biztosítani szükséges. Verifikálni kell, hogy az adatok nem változtak a kinyerés során. Majd megkezdődik az adatok elemzése és értelmezése. A számítógépek vizsgálati gyakorlatában nagyrészt valamilyen célszoftverrel, interaktív eszközzel történik az elemzés, amely felismeri és elemzi a megszerzett adatokba ágyazott adatstruktúrákat és metaadatokat. Járművek esetén ilyen megoldások nem vagy korlátozott módon és lehetőségekkel állnak rendelkezésre.

²⁶ ²⁶ STANDER–HANLÉ [é. n.].

A vizsgálat vége egy írásos jelentés, amely tartalmazza a digitális adatok elemzésének eredményeit. Ez a dokumentum képviselheti a teljes vizsgálatot vagy csak egy részét a jogi eljárás során.

Felhasznált irodalom

- BELLABY, Ross W. (2021): Can AI Weapons Make Ethical Decisions? *Criminal Justice Ethics*, 40(2), 86–107. Online: <https://doi.org/10.1080/0731129X.2021.1951459>
- BRACCINI, Christian et al. (2016): *Battlefield Digital Forensics*. Tallin: NATO Cooperative Cyber Defence Centre of Excellence. Online: https://ccdcoe.org/uploads/2018/10/BDF_Battlefield_Digital_Forensics_final.pdf
- BYRAK, Alparslam Emram – GORSICH, David – EPUREANU, Bogdan (2020): Future of Autonomous High-Mobility Military Systems. *SAE Intl. J CAV*, 3(3), 205–215. Online: <https://doi.org/10.4271/12-03-03-0016>
- CHANDEL, Raj (2020): Digital Forensics: An Introduction. *Hacking Articles*, 2020. szeptember 14. Online: <https://www.hackingarticles.in/digital-forensics-an-introduction/>
- FEHÉR András Tibor – NÉGYESI Imre (2021): A gépi érzelmek a fegyveres erőknél és az autonóm rendszerekben. *Hadtudományi Szemle*, 14(3), 163–176. Online: <https://doi.org/10.32563/hsz.2021.3.12>
- GYARMATI József – SIMÓ Réka (2022): Autonóm terepjáró járművek katonai felhasználásának lehetőségei. II. rész. *Haditechnika*, 55(1), 8–14. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.55.1.02>
- HALÁSZ, László – FÖLDI, László – PADÁNYI, József (2012): Climate Change and CBRN Defence. *Hadmérnök*, 7(3), 42–49. Online: http://www.hadmernok.hu/2012_3_halasz_padanyi_foldi.pdf
- JOHNSON, James (2023): Finding AI Faces in the Moon and Armies in the Clouds: Anthropomorphising Artificial Intelligence in Military Human–Machine Interactions. *Global Society*, 2023. április 27. Online: <https://doi.org/10.1080/13600826.2023.2205444>
- LACHOW, Irving (2017): The Upside and Downside of Swarming Drones. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 73(2), 96–101. Online: <http://dx.doi.org/10.1080/00963402.2017.1290879>
- LORGE, Elizabeth (2010): Shining Light on Battlefield Forensics. *ARNEWS*, 2010. május 27. Online: www.army.mil/article/39956/
- NATO (2021): *Summary of the NATO Artificial Intelligence Strategy*. 2021. október 22. Online: www.nato.int/cps/en/natohq/official_texts_187617.htm
- NÉGYESI Imre – FAZEKAS Ferenc (2022): A mesterséges intelligencia integrálásának lehetőségei a vezetési pontok feladatrendszerébe. *Hadtudományi Szemle*, 15(3), 145–159. Online: <https://doi.org/10.32563/hsz.2022.3.9>
- PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre*. Budapest: Ludovika.
- PASHAKHANLOU, Arash Heydarian (2019): AI, Autonomy, and Airpower: The End of Pilots? *Defence Studies*, 19(4), 337–352. Online: <https://doi.org/10.1080/14702436.2019.1676156>
- RÉPÁS, József (2023): Definition of Forensic Methodologies for Autonomous Vehicles. *Hadmérnök*, 18(1), 125–141. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2023.1.9>

- RÉPÁS, József et al. (2022): What Does Our Car Tell about Us? The Questions and Possibilities of IT Forensic of Modern Vehicles. In *János Szentágothai International Multidisciplinary Conference and Student Competition*. Pécs, 2022. április 14.
- RÉPÁS József – SCHMIDT Miklós (2023): Forensics tevékenységek kihívásai a modern közlekedési járművek fejlődésének tükrében. In GÓCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában. A katonai műszaki tudományok tudományág időszzerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei – Hallgatói kötet*. Budapest: Ludovika, 181–194.
- SCHNEIDER, Jacquelyn – MACDONALD, Julia (2023): Looking Back to Look Forward: Autonomous Systems, Military Revolutions, and the Importance of Cost. *Journal of Strategic Studies*, 2023. január 24. 1–23. Online: <https://doi.org/10.1080/01402390.2022.216457>
- STANDER, Adrie – HANLÉ, Barnard (2017): Digital Forensics and Electronic Evidence. *Udemy*. Online: www.udemy.com/course/digital-forensics-and-electronic-evidence/
- Szakmai módszertani leírások* [é. n.]. Budapest: Nemzeti Szakértői és Kutató Központ. Online: <https://nszkk.gov.hu/modszertani-leirasok>
- TRUSILO, Daniel (2023): Autonomous AI Systems in Conflict: Emergent Behavior and Its Impact on Predictability and Reliability. *Journal of Military Ethics*, 22(1), 2–17. Online: <https://doi.org/10.1080/15027570.2023.22>
- WALKER, Paddy (2021): Leadership Challenges from the Deployment of Lethal Autonomous Weapon Systems. *The RUSI Journal*, 166(1), 10–21. Online: <https://doi.org/10.1080/03071847.2021.1915702>
- WHITSON, Jordan A. et al. (2023): *Military Unmanned Ground Vehicle Maneuver: A Review and Formulation*. SAE Technical Paper, 2023. április 11. Online: <https://doi.org/10.4271/2023-01-0108>
- WONGA, Cuebong et al. (2018): Autonomous Robots for Harsh Environments: A Holistic Overview of Current Solutions and Ongoing Challenges. *Systems Science & Control Engineering*, 6(1), 213–219. Online: <https://doi.org/10.1080/21642583.2018.1477634>

A katasztrófavédelmi operatív munkaszervek működésének fejlesztési lehetőségei, különös tekintettel a mobil vezetési pontok műszaki eszközrendszerére

A katasztrófavédelmi operatív munkaszervek alkalmazása jellemzően statikus módon valósul meg, azonban az elmúlt időszak tapasztalatai rávilágítottak, hogy eredményes működésükhöz szükséges az olyan megoldások alkalmazása, amelyek lehetővé teszik az események követését, valamint a gyors helyváltoztatást, illetve telepíthetőséget. Az említett képességek megteremtéséhez kézenfekvő megoldás a vezetési törzsek támogatására a mobil vezetési pontok alkalmazása. Jelenleg is több mobil vezetési pontként alkalmazható jármű áll rendszerben a hivatásos katasztrófavédelmi szervezetnél, azonban ezek befogadó-képessége nem teszi lehetővé a nagyobb létszámú törzsek munkáját. Jelen dolgozat célja, hogy a hazai és nemzetközi fejlesztési irányokra figyelemmel olyan képességeket vizsgáljon meg, amelyek megvalósításával a katasztrófavédelmi szervezet ezirányú kapacitása, valamint a beavatkozások hatékonysága tovább növelhető.

Kulcsszavak: katasztrófavédelem, mobil vezetési pont, fejlesztés

POSSIBILITIES FOR THE DEVELOPMENT OF THE OPERATION OF DISASTER MANAGEMENT COMMAND CENTRES, WITH PARTICULAR REGARD TO THE TECHNICAL EQUIPMENT SYSTEM OF MOBILE CONTROL POINTS

The use of disaster management command centres is typically implemented in a static way, however, the experiences of the past period have highlighted that for their effective operation, it is necessary to use solutions that enable the monitoring of events, as well as rapid relocation and deployment. An obvious solution for creating the aforementioned capabilities is the use of mobile command centres to support driving groups. Currently, the professional disaster management organization has several devices that can be used

¹ Békés Vármegyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság Orosházi Katasztrófavédelmi Kirendeltség, polgári védelmi felügyelő, e-mail: arpad.gyozo@katved.gov.hu; ORCID ID: 0000-0003-2046-8658.

as mobile command points, but their capacity does not allow the work of larger teams. The purpose of this thesis is to examine capabilities, with the implementation of which, the capacity of the disaster management organization in this direction, as well as the efficiency of the interventions, can be further increased, taking into Hungarian and international development trends.

Keywords: disaster management, mobile command centres, development

Bevezetés

Az operatív munkaszervek vagy vezetési törzsek, valamint a mobil vezetési pontok (a továbbiakban: MVP) alkalmazása általánosan elterjedt a haderőknél és a különböző rendvédelmi, valamint válságreakáló szerveknél, így működésük feltárása több tudományág érdeklődésére is számot tart.² A magyar hivatásos katasztrófavédelmi szervezet, a BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság (a továbbiakban: BM OKF) szervezetében a bekövetkezett rendkívüli események operatív irányítása érdekében összetett, egymásra épülő, hierarchikus, azonban egymástól függetlenül, önállóan is működtethető törzsek találhatók. Az operatív munkaszervek felépítésüket tekintve követik a BM OKF szervezeti felépítését, azaz országos, területi (vármegyei) és helyi szintű operatív törzsek megalakítását teszik lehetővé a szabályzók.³ Ezen törzsek működési helye statikus és előre meghatározott.

Azonban a káresemények jellege miatt szükség lehet az eseményeket dinamikusan követni képes eszközökre, amelyek gyorsan telepíthetők, és lehetővé teszik legalább korlátozott létszámú vagy feladatú törzsek számára a munkavégzést. Az operatív irányítás támogatására a BM OKF és alárendelt szervezetei is rendelkeznek olyan eszközökkel, amelyek MVP-ként használhatók.⁴

A tudományos probléma és a kutatási módszerek bemutatása

A felgyorsult kárfelszámolási tevékenység, valamint a megnövekedett információs igények, mind a jelentési kötelezettség, mind az adatszolgáltatás, tájékoztatás vonatkozásában, megkövetelik azt, hogy a kárfelszámolás irányítását végzők

² BODA 2016.

³ MUHORAY 2019.

⁴ GYŐZŐ-MOLNÁR 2022.

– az esetlegesen megalakított operatív munkaszervek állománya – korszerű és már előzetesen kiépített számítógépes munkaállomásokkal felszerelt MVP-rendszerek segítségével kezdhessek meg tevékenységüket. Ezzel elkerülhető az, hogy a kárfelszámolási tevékenységhez kapcsolódó törzsmunka a vezetési pont kiépítése miatt késedelmet szenvedjen, illetve az információáramlásban zavarok következzenek be. Ezen korszerű rendszerek mobilitásuknak köszönhetően nagy segítséget jelenthetnek a vezetési tevékenység minél gyorsabb megkezdésében. Ezen korszerű eszközök alkalmazásával a katasztrófavédelmi műveletek végrehajtása új szintre emelhető, és ezáltal hatékonyabbá tehető. Az ilyen MVP-rendszerek vizsgálata és a költséghatékonysági, valamint a diszlokációs adottságokat is figyelembe vevő fejlesztési javaslatok megfogalmazása tovább javíthatja a kárfelszámolások eredményességét.

A tudományos probléma megítélésem szerint az, hogy a bekövetkezett természeti katasztrófák kezelése – kiemelten a veszélyhelyzeti szintet el nem érő időjárási anomáliák tekintetében – ugyan megvalósul; de ezen események kezelését a vezetés-irányítás szintjén nem minden esetben a rendelkezésre álló lehetőségek kihasználásával, korszerűen, valamint hatékonyan tesszük.

Ugyanis vagy hiányzik az a szabályozói háttér, amely lehetővé tenné a beavatkozó erők különleges jogrendi időszakon kívüli egységes irányítását, vagy nem használjuk ki a rendelkezésre álló összes lehetőséget, illetve műszaki eszközt. Kutatásom jól rávilágít arra is, hogy Magyarországon a katasztrófák elleni védekezés nemcsak egy szervezet feladata, hanem a fegyveres és rendvédelmi szervek, egyéb állami szervezetek, önkormányzatok, önkéntes és karitatív szervezetek, továbbá az állampolgárok sokszor különálló tevékenységével valósul meg.⁵ Ez visszavezethető a vezetés-irányítási rendszer már említett problémájára, azaz az egységes – a különböző szervezetek fölött álló – vezetés hiányára, amely miatt nehézkesen valósul meg a kárfelszámolásban beavatkozó szervezetek együttműködése, a szervezetek közötti információk áramlása, illetve a lakosság megfelelő tájékoztatása a kialakult eseményekről. Véleményem szerint ezen kihívás kezelésére, a feladat elvégzésére csak a megfelelően felkészített és korszerű katasztrófavédelmi rendszer válik alkalmassá. Az eredményesebb együttműködéshez szükséges a meglévő szabályzórendszer a fentieket figyelembe vevő felülvizsgálata és kiegészítése.

A fentiekre tekintettel tudományos kutatásom során vizsgálom a katasztrófavédelem rendszerében lévő MVP-rendszerek alkalmazásának tapasztalatait,

⁵ FÖLDI et al. 2015.

valamint javaslatokat fogalmazok meg az operatív munkaszervek és vezetési pontok lehetséges fejlesztési irányaira a hazai lehetőségek és adottságok figyelembevételével.

Kutatási célkitűzéseim az alábbiakra terjedtek ki. Elemeztem és rendszereztem a hazai katasztrófavédelmi, valamint védelmi és biztonsági szervezetrendszer operatív munkaszerveit és működésüket, továbbá a kapcsolódó jogszabályi és belső szabályzói környezetet, annak érdekében, hogy *javaslatokat fogalmazzak meg* az operatív munkaszervek szervezetének fejlesztéséhez, amellyel a műveletek irányításának hatékonysága növelhető, ezáltal a kárfelszámolás eredményesebbé tehető. Elemeztem és értékeltem a katasztrófavédelem rendszeresített MVP-rendszereit, továbbá alkalmazásuk hazai aspektusait, kialakításuk főbb követelményeit és a felhasználási tapasztalatokat, amihez áttekintettem a nemzetközi és elsősorban a hazai vonatkozó publikációkat. Rendszereztem az MVP-járművekkel kapcsolatos hazai és nemzetközi tapasztalatokat, és *kidolgoztam* a katasztrófavédelmi MVP-rendszerek magyarországi fejlesztési lehetőségeit, a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet kereteinek figyelembevételével.

A kutatási témám alapját képezi a védekezési tevékenység irányítását végző operatív munkaszervek, továbbá az operatív irányításba bevonható – a hivatásos katasztrófavédelmi szervezetnél rendszerben álló – MVP-járművek és -eszközök, valamint az operatív törzsek mobilitását támogató egyéb rendszerek, kiemelten a vezetési törzsek konténerben, illetve sátorban történő működtetési lehetőségének vizsgálata.

Kutatási céljaim elérése érdekében doktori képzésem időtartama alatt az alábbi főbb kutatási módszereket alkalmaztam:

1. Elsősorban a hazai jogszabályok, jogi szervezetszabályozó eszközök és belső szabályzók vizsgálata. Ezt kiegészíti a nemzetközi irányelvek, a kialakult gyakorlat elemzése, a kiadványok, kutatási eredmények tapasztalatainak feldolgozása.
2. Részvétel az érintett témákkal kapcsolatos tudományos rendezvényeken, munkacsoportokban, a tapasztalatok feldolgozása, elemzése, értékelése.
3. A közelmúlt rendkívüli időjárásához kapcsolódó jelentős védekezési tapasztalatok feldolgozása, elemzése, vizsgálata.
4. A hivatásos katasztrófavédelmi szervnél rendszeresített MVP-ként alkalmazható járművek, valamint eszközök vizsgálata.
5. Részvétel az új technikákat, technológiákat bemutató gyakorlatokon, rendezvényeken és konferenciákon, a tapasztalatok elemzése, értékelése, adaptálhatósági vizsgálata.

6. A jelenleg már alkalmazott oktatási anyagok, segédanyagok vizsgálata, elemzése, a jó példák összegyűjtése.
7. A természeti katasztrófák felszámolása során irányítói feladatokat ellátó állomány tapasztalatainak összegyűjtése.
8. Részvétel gyakorlatokon, illetve tényleges katasztrófa-helyzetben, kiemelten azon esetekben, ahol a természeti katasztrófákhoz kapcsolódó vezetési-irányítási módszereket alkalmaztak.

A kutatás eredményeinek és következtetéseiinek összegzése

A hivatásos katasztrófavédelmi szervezet az elmúlt évtizedben jelentős fejlődésen ment keresztül járműparkját és eszközállományát tekintve. Ennek részeként – 2014-ben, hét vármegyében – rendszerbe állították a Katasztrófavédelmi Sugárfelderítő Egységet (a továbbiakban: KSE).⁶ 2019-ben került a BM OKF valamennyi vármegyei katasztrófavédelmi igazgatóságának (a továbbiakban: VMKI) állományába a Kritikus Infrastruktúravédelmi Bevetési Egység (a továbbiakban: KIBE).⁷ Mindkét jármű alkalmazható MVP-ként, az alkalmazói tapasztalatok alapján jól működtethetők a kisebb kiterjedésű, körülhatárolható káresemények során a vezetési törzsek tevékenységének támogatására. Azonban mindkét eszköznel problémaként merült fel, hogy a munkatér korlátozott – két fő munkavégzésre alkalmas – befogadóképessége nem teszi lehetővé a nagyobb létszámú vagy hosszabb időtartamú alkalmazásra tervezett törzsek munkáját. Mindkét jármű többcélú, így a katasztrófavédelem napi tevékenységében részt vesz, elsődlegesen a hatósági eljárások – ellenőrzések és szemlék – vonatkozásában.⁸

A katasztrófavédelmi szervezet jelenleg is alkalmazott sátrai, illetve sátorrendszerei:

1. 63M rajsátor, amely általánosságban elterjedt a katasztrófavédelmi szervezeteknél;
2. típusmegjelölés nélküli ún. „party” sátrak, amelyek úgyszintén jelentős számban megtalálhatók a különböző szervezeti egységeknél;

⁶ GYŐZŐ-MOLNÁR – NÉGYESI 2019.

⁷ GYŐZŐ-MOLNÁR 2021.

⁸ CIMER et al. 2021.

3. különböző típusú pneumatikus (például LGZ–5), illetve gyorsan telepíthető sátrak elsősorban a HUNOR-mentőszervezet alkalmazásában;
4. korszerű TAG 42 típusjelű pneumatikus sátrak, korlátozott számban.⁹

Megítélésem szerint valamennyi sátorrendszer alkalmas az MVP feltételeinek teljesítésére. Azonban a sátorba telepített rendszerek hiányossága, ahogyan látható, a heterogén típusösszetétel, továbbá hogy helyváltoztatásuk előtt le kell bontani, a telepítés helyén pedig felépíteni és újra berendezni. Hiányosságként jelentkezik, hogy nemcsak a sátor, hanem a berendezése helyszínre szállításához is hordozójárműre lehet szükség.

Konténerbe telepített MVP-rendszerrel a katasztrófavédelem jelenleg nem rendelkezik, azonban ennek fejlesztése és rendszerbe állítása megkezdődött. Így a tervezett törzskonténer specifikációit erre tekintettel dolgozatomban a beszerzésre kiírt pályázat alapján vizsgálok.

Fejlesztési javaslataimat elsődlegesen a katasztrófavédelmi szervezet jelenlegi diszlokációjára, a meglévő infrastruktúrára és eszközállományra alapozva teszem meg. Ezek figyelembevételével jelentősen egyszerűsödhetne az eszközök beszerzése és elhelyezése, továbbá kiemelkedően érvényesülnének a költség-hatékonysági, valamint gazdaságossági szempontok.

Megítélésem szerint a három legfontosabb követelmény a tervezett MVP-eszközökkel kapcsolatban:

1. Az MVP-eszköz legalább két fő beosztott és egy fő parancsnok egyidejű munkavégzését tegye lehetővé, azonban a befogadóképesség legyen bővíthető, hogy a nagyobb létszámú törzsek is megfelelő körülmények között működhessenek!
2. Gyorsan a helyszínre irányítható és telepíthető legyen az eszköz, s négy órán belül legyen képes megkezdeni a működést!
3. A külső körülményektől függetlenül legalább 72 órás önálló működésre legyen alkalmas!

Az operatív munkaszervek felépítésének és működésének vizsgálata során megállapítottam, hogy hiányzik az elkülönített, kizárólag a felderítési feladatokkal foglalkozó, azaz a feladathoz kapcsolódó munkakör. Erre tekintettel javasolt ezen beosztás létrehozása az operatív törzseknél, a törzsmunka hatékonyságának növelése érdekében.

⁹ HORVÁTH 2013.

Konténerben kialakított vezetési pont

Munkám során figyelmem elsőként a konténerben elhelyezhető operatív munkaszervek alkalmazási lehetőségeire irányult, mivel a katasztrófavédelem szervezetében jelenleg is megtalálhatók a konténerszállító járművek. Erre alapozva létrehozható egy országos lefedettséggel működő bázishálózat, amelyről a bekövetkezett káresemény, illetve a törzs telepítési helyére maximum egy órán belül útnak indítható és további két órán belül üzemkésszé tehető a törzskonténer. A konténerszállító járművek és személyzetük készenléti szerként teljesítenek szolgálatot a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet állományában, azaz a nap 24 órájában, a riasztást követő felmálházás után vonulásukat a legrövidebb időn belül meg tudják kezdeni rendeltetési helyükre.

A hivatásos katasztrófavédelmi szervezet a tanulmány írásának időpontjában 22 db különböző kialakítású konténerszállító járművel rendelkezett, ezeket az 1. ábra szerinti területi szervek üzemeltették.

Az 1. ábra szemlélteti, valamint alátámasztja, hogy a tervezett törzskonténer káresemények helyszínére történő kijuttatásához szükséges regionális szintű szállítókapacitás már jelenleg is rendelkezésre áll. Erre tekintettel hordozójármű-beszerzés – határozott véleményem szerint – nem indokolt.

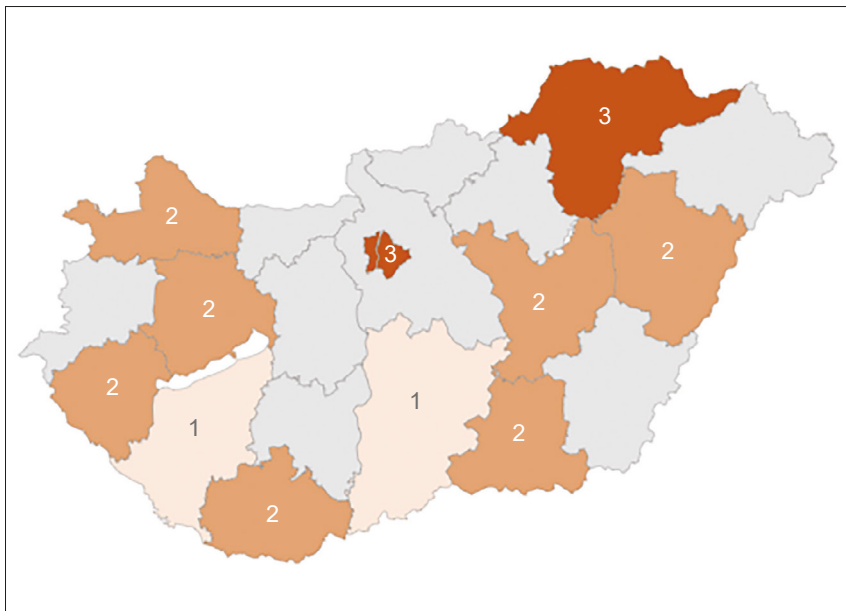
Azért sem tartom szükségesnek újabb hordozójárművek beszerzését, mert az elmúlt években is folyamatosan érkeztek konténerszállító járművek, például a *KEHOP-1.6.0-15-2016-00021* azonosító számú, az *EU Polgári Védelmi Komplex Modulok létrehozása projekt keretében* két korszerű hordozójárművet adtak át 2021-ben.¹⁰ Ennek következtében a konténerszállításba bevonható járművek összességében megfelelnek napjaink technikai-műszaki színvonalának.

A tervezett törzskonténer mindenképp rendelkezzen elégséges kapacitással, hogy az alapvető létszámúnak tekinthető egy fő vezetőből és két fő beosztottból álló törzs működéséhez – illetve szükség esetén a társbeavatkozó szervezetek kapcsolattartói számára – rendelkezésre álljon elegendő számú munkaállomás.

A fejezet elején ismertetett legfontosabb MVP-kre vonatkoztatott közös specifikációkat érdemes összevetni a *KEHOP-1.6.0-15-2016-00021 Mobilizálható vezetési és irányítási pont* közbeszerzési pályázatban megfogalmazott elvárásokkal, amely eszköz rendszerbe állítása folyamatban van.¹¹

¹⁰ *Speciális tehergépjárművekkel bővült a katasztrófavédelem eszközparkja* 2021.

¹¹ *Mobilizálható vezetési és irányítási pont közbeszerzési hirdetmény* 2022.



1. ábra. A BM OKF és területi szervei által rendszerben tartott
konténerszállító járművek száma és elhelyezkedése

Forrás: a 33/2020. számú BM OKF intézkedés alapján a szerző szerkesztése

A tervezett vezetésipont-konténer tulajdonságait és két főbb részelemét az alábbiak szerint fogalmazta meg a BM OKF az említett közbeszerzési pályázatban:

1. egy darab megfelelő teherbírású konténerszállító felpótkocsira elhelyezett bevetési-irányítási konténerrendszer;
2. az ahhoz tartozó informatikai rendszer elemei.

Az önálló működésre képes tehergépjármű-felépítmények gyártása és beüzemelése során az egységekben az alábbiak beépítése valósul meg:

- a) önálló áramellátás;
- b) önálló klimatizálás;
- c) önálló kamerarendszer;
- d) szünetmentes tápegység;
- e) távoli elérés informatikai és kamerarendszerhez;
- f) munkaadó minimum hat fő egyidejű munkavégzésére;

ahol az ellátott tevékenységek magukban foglalják a beüzemelési feladatokat is, azaz a nyertes ajánlattevő feladata továbbá a konténer és a hozzá kapcsolódó informatikai rendszer beüzemelése is.

A mobilizálható vezetési és irányítási pont a BM OKF vezetést-irányítást támogató eszköze, amelyet katasztrófahelyzetben a kárhelyszín közelében, attól biztonságos távolságra telepítenek. Kommunikációs csomópontként szolgál olyan hosszan tartó beavatkozások során, mint a nagyobb kiterjedésű tüzek, árvizek, valamint egyéb természeti és civilizációs katasztrófák, amelyek megkövetelik a kárelhárítást szervező-irányító személyzet részéről az adott területen történő folyamatos, hatékony munkavégzést. „A gyors telepítésű vezetési és irányítási pont segítségével lehetséges minden szükséges informatikai és telekommunikációs funkciót, szolgáltatást rövid idő alatt egyetlen területen elhelyezni, valamint szükség szerint áthelyezni magasabb prioritású helyszínekre. A vezetési és irányítási pont hatékonyan használható értekezletek megtartására, valamint taktikai műveletek koordinálására. Mindezeket a feladatokat korszerű infokommunikációs eszközökkel támogatja, amely lehetővé teszi a közvetlen hálózati kapcsolatot a BM OKF informatikai és telekommunikációs rendszereivel.”¹²

A parancsnoki központ több munkaállomást, videokonferencia-rendszert, prezentációs eszközöket, videós megfigyelő funkciókat tartalmaz az elemző, műveletirányító és döntéshozó feladatok támogatására. Az eszközök biztosítják a kárelhárítást vezető és a vezetésben részt vevő személyzet folyamatos munkavégzéséhez, pihenéséhez szükséges feltételeket.

A konténerben kialakított vezetési pontok katasztrófavédelmi alkalmazására számos nemzetközi jó példát találhatunk. Ezek közül megítélésem szerint a német *Technisches Hilfswerk* (a továbbiakban: THW) eszköze követendő és vetendő össze a hazai rendszeresítésre tervezett eszközzel, mivel olyan konténerbe telepített MVP-rendszert üzemeltetnek, amely a működést tekintve nagyfokú önállósággal rendelkezik. Az önellátást egy 6 kVA teljesítményű napelemrendszer biztosítja. Amennyiben a napelemes rendszer nem termel elegendő áramot, akkor rendelkezésre áll egy 10 kVA teljesítményű dízelüzemű aggregátor a szükséges megtáplálás biztosítására.¹³

A THW által üzemeltetett rendszert két 20 lábas konténerben alakították ki, amelyekben parancsnoki és tárgyalóterem, valamint műveletirányítási/kommunikációs helyiség található. A parancsnoki és tárgyalóterem elsősorban eligazításra,

¹² Mobilizálható vezetési és irányítási pont közbeszerzési hirdetmény 2022.

¹³ *Weltweite Kommunikation für die VN* 2018.

illetve a parancsnoki munka végzésére szolgál, de lehetőséget nyújt a videokonferenciák tartására is. A műveletirányítási terület különböző kommunikációs, analóg, digitális és műholdas eszközökkel felszerelt. A káreseti, valamint a nagy hatótávolságú kommunikáció biztosítására egy kitolható rádióárbc, valamint egy 2,4 méter átmérőjű földi műholdantenna szolgál.

Költséghatékonysági szempontból a konténerbe telepített vezetési pontot egyértelműen kedvezőnek ítélem meg. A törzskonténer már – megfelelően rögzítve és málházva – tartalmazhatja mindazon berendezéseket és felszereléseket, amelyek a törzstevékenység ellátásához szükségesek. Ezáltal a konténer berendezéséhez nem szükséges plusz időt tervezni, a telepítést követően minimális időn belül használatba vehető.

Abból a szempontból is érdemes a vizsgálatot, továbbá a fejlesztéseket ebbe az irányba folytatni, mivel megítélésem szerint nincs szükség a vármegyéenkénti egységkészletre, elegendő a regionális szintű – több vármegyére kiterjedő – megközelítést alkalmazni, és az elhelyezésnél a már meglévő konténerszállító járművek diszlokációját figyelembe venni. Itt utalnék vissza az 1. ábrára, amely jól szemlélteti, hogy a tervezett törzskonténer káresemények helyszínére történő kijuttatásához szükséges regionális szintű szállítókapacitás már jelenleg is rendelkezésre áll. Erre, továbbá az elmúlt évek beszerzésére tekintettel nagyobb volumenű hordozójármű-beszerzés megítélésem szerint nem szükséges.

Sátorban kialakított vezetési pont

A hivatásos katasztrófavédelmi szervezet rendszerben tartott sátrait, illetve sátorrendszereit már ismertettem. A BM OKF szervezeteinél rendszerben lévő sátrak közös jellemzője és előnye, hogy telepítésük nem igényel jelentős előképzettséget vagy előkészítést. Szükséges kiemelni, hogy a 21. század technikai specifikációinak és üzemeltetői elvárásainak megfelelő sátrak az előző generációs sátorkészleteknél (például a 63 M rajsátor) jelentősen kisebb tömegűek és kevesebb elemből állnak, ezáltal a logisztikai – elsősorban szállítási – feladatok lényegesen leegyszerűsödhetnek.

A korszerű, légkondicionált felfújható vagy pneumatikus sátrak, mint például a katasztrófavédelem által is beszerzett TAG 42 típusú sátor, mindössze 180 kg saját tömegűek és az alapterületük $\sim 42 \text{ m}^2$.¹⁴ Ezek a specifikációk

¹⁴ TAG 42 Inflatable Tent 2020.

alkalmassá teszik, hogy négy fő és egy megfelelő méretű raktérrel rendelkező tehergépjármű a tartozékaival együtt a helyszínre szállítsa, és a telepítési tapasztalatok figyelembevételével négy órán belül berendezett vezetési pont álljon a védekezés irányításához rendelkezésre. A vizsgált sátor típus jelentős előnye, hogy belső tere jól variálható, szükség esetén több szekcióra bontható, ezáltal lehetőséget teremt arra, hogy a különböző törzselemek egymástól szeparáltan végezzék a tevékenységüket. A sátorba telepített vezetési pont jó választás lehet abban az esetben, amennyiben a cél az országos lefedettség gyors megteremtése, mivel az említett sátor típusból valamennyi VMKI rendelkezik egy készlettel. A sátor alkalmazásának kiemelkedő pozitívuma – megítélésem szerint – az előzőkön felül, hogy a szintén országosan rendszeresített KIBE- vagy a korlátozott darabszámban rendelkezésre álló KSE-járművekkel együttesen alkalmazva a korszerű elveknek megfelelő, önálló működésre különösen alkalmas MVP-rendszer állhat a katasztrófavédelem rendelkezésére.

A sátor egyik negatívuma, hogy kevésbé ellenálló, jobban kitett a külső, időjárási körülményeknek. Egyértelmű hátránya a járműre telepített vagy konténeres megoldással szemben, hogy a sátor berendezéséhez szükséges tárgyakat és eszközöket külön kell a helyszínre szállítani, így a felállítást követően gondoskodni kell annak megfelelő berendezéséről is. Ez a megoldás az így kialakított vezetési pontok mobilitását is hátrányosan befolyásolja, mivel még az önfelfújó kivitelű sátor visszabontásához is a gyakorlati tapasztalatok figyelembevételével legkevesebb két óra szükséges. Ehhez mindenképpen hozzá kell számolni a sátor kiürítésének időtartamát, amely az elhelyezett tárgyak és berendezések számának függvényében jelentős szórást mutat.

A nemzetközi példákat megvizsgálva kijelenthető, hogy katasztrófavédelmi, valamint válságkezelési műveletekben egyértelmű tényrejtést mutatnak az önfelfújó, illetve a felfújható kivitelű rendszerek, mint amilyen az ismertetett TAG 42 rendszer.

Járműfelépítményben kialakított vezetési pont

A jelenleg rendszerben tartott – illetve a kutatásom során vizsgált – KIBE és KSE ebbe a típuscsaládba tartozik, mivel valamennyi esetben a málhatérben alakították ki az operatív munkaszervek működtetéséhez szükséges technikai

és eszközparkot.¹⁵ A járműfelépítményben kialakított MVP számos előnyös tulajdonsággal rendelkezik, amelyek közül a legfontosabb, hogy akár a kereskedelmi forgalomból is beszerezhetők azok az alajárművek, amelyek csekély mértékű átalakítást követően MVP-ként használhatók.

Ez a kialakítás lehetőséget ad arra, hogy külön előkészítés nélkül, folyamatosan alkalmazásra kész MVP álljon rendelkezésre, amelyben a vezetéshez-irányításhoz és kommunikációhoz szükséges eszközrendszert elhelyezték, így nincs szükség eszközök telepítésére a működés megkezdéséhez.

A felépítményben kialakított MVP – a már rendszerben állókhoz hasonlóan – igen jelentős előnye, hogy békeidőszaki alkalmazása során folyamatosan igénybe lehet venni a katasztrófavédelmi szervezet különböző feladatainak ellátáshoz, úgymint:

- a) elsődlegesen hatósági ellenőrzések végrehajtásának támogatása;
- b) másodlagosan személyszállítás;
- c) kisebb átalakítást követően teherszállítás.

A jelenlegi járműfelépítménybe telepített katasztrófavédelmi MVP-k hátránya – egyértelműen Zsitnyányi Attila megállapításával – az, hogy az alapterület bővítésének lehetőségét a felépítmény befogadóképessége és a jármű terhelhetősége relatív alacsony szinten behatárolja. A bevetés irányításához szükséges informatikai és egyéb kommunikációs eszközök tömege, térigénye szintén erősen behatárolja a bővítésre fordítható lehetőségeket.¹⁶

Azonban megítélésem szerint a jelenlegi járművek méretei lehetővé teszik a már többször említett kisebb létszámú törzsek tevékenységét, illetve ezzel együtt a jellemző rendkívüli időjárási eseményekből fakadó védekezési feladatok helyszíni irányítását.

Megfontolandó a jelenleg meglévő MVP-járművek kiegészítésére nagyobb befogadóképességgel és munkatérrel rendelkező járművek beszerzése, amelyek figyelembe veszik a nagyobb létszámú törzsek elhelyezéséhez szükséges térigényt. A járműfelépítménybe telepített katasztrófavédelmi célú MVP-k alkalmazására és a fejlesztési lehetőségek vizsgálatára számos nemzetközi példát találunk, azonban nincs jellegzetes méret nagyság vagy befogadóképesség, amely egyértelműen jellemezné ezeket az eszközöket. Az alajármű méretei alapján, valamint a felhasználó igényei, továbbá a tervezett alkalmazás szerint a méret nagyság a személyautó méretétől egészen a nyerges félpótkocsi méretéig terjed.

¹⁵ GYÓZŐ-MOLNÁR 2022.

¹⁶ ZSITNYÁNYI 2022.

1. táblázat. A KSE- és a KIBE-jármű összehasonlítása

Jellemzők	Jármű	
	KSE 	KIBE 
Rendszerbe állítás éve	2014	2019
Rendszerezített darabszám	7 db	20 db
A jármű típusa	Fiat Ducato	Volkswagen Transporter
Alapfeladat	sugárfelderítés, a sugárzó anyagok illegális szállításának kiszűrése, továbbá a veszélyes anyagok szabadba jutásának megelőzése	a létfontosságú rendszerelemekben bekövetkezett rendkívüli események során vezetési pontként történő működés
Kezelőszemélyzet	2 fő	2 fő
Állandó legénység	nincs	nincs
Légkondicionált munkatér	igen	igen
Külső áramforrásról történő megáplálás	igen	igen
Málházott aggregátor	nincs	van
Beépített EDR-készülék	igen	igen
A munkáállomások száma MVP-alkalmazás esetén	2 db	2 db
A munkáállomások számának bővíthetősége	nem	igen
Terepjáróképesség	kizárólag kiépített úthálózat	korlátozott

Forrás: a szerző szerkesztése

*Felderítő beosztás
az operatív munkaszerveknél*

A katasztrófavédelmi szervezet szabályzóit vizsgálva megállapítottam, hogy operatív munkaszerveiben nincs rendszeresítve elkülönített *felderítő* beosztás.¹⁷ Megítélésem szerint a káresemények bekövetkezése során okvetlenül szükséges egy függetlenített személy vagy munkacsoport a konkrét – például drónok alkalmazásával végrehajtott – (távolsági) felderítés végrehajtására, a felderítési feladatok összehangolására, illetve a felderítési tevékenységből érkezett adatok elemzésére, továbbá osztályozására.

Vizsgálataim alapján azonosítottam, hogy a törzsek rendelkeznek ugyan az értékelő-elemző vagy műveletirányító specializációval, és ezen elemek feladata többek között a felderítési adatok értékelése és kezelése, azonban megítélésem szerint a törzshöz beérkező adatok és információk szűrése külön beosztást igényel, tekintettel ezek heterogén volta:

- a) a saját szervezettől érkező;
- b) a hivatásos társ-beavatkozásszervektől érkező;
- c) illetve az egyéb bevont szervezetektől érkező információkra, valamint adatokra.

Az operatív munkaszerv felderítésre specializált személye vagy szervezeti eleme ezen heterogén és különböző forrásból érkező adatokat képes egységes és előre vagy a vezető által meghatározott elvek alapján szűrni és rendszerezni, majd az így szintetizált adatokat vagy közvetlenül a vezetőnek, vagy az értékelő-elemző, esetleg a műveletirányító komponensnek továbbadni a szükséges intézkedések további foganatosítása érdekében.

Az adatok szűrése, elemzése, illetve rendszerezése mellett megítélésem szerint fontos, hogy a felderítő személyi állomány kezelheti azokat a távolsági felderítő eszközöket, amelyek használata biztosítható a törzsek telepítési helyéül szolgáló objektumból vagy MVP-ből. A legfontosabb ilyen eszközöknek, amelyeket az operatív munkaszervek is egyre gyakrabban vesznek igénybe, az elmúlt évtizedben igen jelentős fejlődésen átesett drónokat tartom. Mindezzel együtt a kezelést végző állomány a felderítés során nyert adatok szűrését is végrehajthatja, a már megfogalmazottak szerint.

¹⁷ 12/2023. számú BM OKF intézkedés a katasztrófavédelmi operatív munkaszervek létrehozásáról, működési feltételeinek biztosításáról, szervezeti felépítéséről, valamint feladatairól.

A drónok, illetve a katasztrófavédelmi célú légi felderítés alkalmazásának legfontosabb alapjait, amelyek vizsgálataim szerint jelenleg is helytállóak, már Tóth Rudolf is megfogalmazta egy korábbi művében, amelyek a teljesség igénye nélkül az alábbiakra képességet és alkalmasságot jelentik:

1. a kárterület fölött kis sebességtartományban repülés vagy egyhelyben függeszkedés;
2. szükség esetén a kárterületen belüli, kis helyigényű, műszaki személyzet, technikai biztosítás és külső energiaforrás nélküli fel- és leszállás;
3. az eszközök lehetőleg ne igényeljék olyan fel- és leszállópályák kialakítását vagy speciális irányítóberendezések telepítését, amelyeket a kárterületen vagy annak közelében csak nagy költségek árán valósíthatók meg;
4. a kiválasztott és a kárterületen alkalmazott repülőszervezetek ne igényeljék különleges alkalmazási feltételek kialakítását, biztosítását, üzemeltetésük legyen egyszerű és költséghatékony;
5. legyenek képesek a folyamatos igénybevételre, esetleg a váltásos rendszerben történő üzemeltetésre.¹⁸

A drónokkal végzett légi felderítés úgy a kisebb, mint a nagyobb kiterjedésű káreseményeknél is jól alkalmazható. Abban az esetben, ha a drón időben nem halasztható tevékenységet lát el, a drónpilótának mérlegelnie kell a művelet végrehajtásának kimenetelét. Veszélyesség szempontjából a katasztrófavédelmi feladatok elvégzése a katasztrófa bekövetkezése után és annak lefolyása alatt kritikus. Repülési műveletek előtt célszerű minden esetben feltárni a repülési műveletre kockázatos tényezőket, majd ezek alapján reális képet kapva közölni a műveletirányító parancsnokkal, a kárhelyparancsnokkal a művelet kockázati tényezőit. A kockázatértékelést követően, amennyiben a feladatvégzést támogatni tudja a drón, és a művelet sikerességét elősegíti, akkor a drónt be kell vetni. Az időjárás okozta problémák mellett további akadályok is befolyásolhatják a művelet-végrehajtást, mint például veszélyes anyag levegőbe kerülése. Például a mérgező anyag, amely rátapad a drón vázszerkezetére, és miután visszatér a starthelyre, megfertőzi a személyzetet, vagy akár az erős sugárszennyezés is visszafordíthatatlan működési zavarokat okozhat.¹⁹

Kiemelkedő mindez akkor, amikor a technikai eszközrendszer is a hivatásos katasztrófavédelmi szervezet rendelkezésére áll a drónok formájában, amelyek

¹⁸ TÓTH 2011.

¹⁹ HELL 2022.

beszerzését a *KEHOP-1.1.0-15-2016-00003 sz. operatív program* is magában foglalja. A drónok kezelését végző hivatásos katasztrófavédelmi állomány felkészítését 2022-ben szervezett formában végrehajtották, a Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara jóvoltából, ahol a résztvevők – köztük a szerző – elsajátíthatták azokat az elméleti ismereteket, amelyek segítségével a későbbiekben beszerzendő drónok kezelését hatékonyan végezhetik.

A felderítő beosztás tervezett főbb feladatai az operatív munkaszervek vonatkozásában:

1. A rendszeresített felderítőeszközök – például drónok – kezelése, ezáltal a távolsági felderítés és a kapcsolódó információgyűjtés végrehajtása.
2. A saját és a védekezésbe bevont hivatásos beavatkozó szervektől beérkező felderítési adatok értékelése.
3. Az operatív törzs elemző-értékelő és műveletirányítási tevékenységet végző állománya számára a különböző forrásokból a felderítési adatok összegyűjtése, a megadott szempontok szerinti szűrése.
4. A kárhelyszínen felderítést végző személyi állomány tevékenységének szakirányítása.
5. Kapcsolattartás a törzs egyéb tagjaival/munkacsoportjaival.
6. Kapcsolattartás a társszervezetek felderítő tevékenységet végző állományaival.

A felderítő beosztás betöltésére tervezett személyi állománynak mindenképpen javasolt az alábbi szakmai minimumkövetelményekkel rendelkeznie:

1. Legalább A1–B2 pilóta nélküli légi járművek kezelésére – azaz a maximum 25 kg felszálló tömegű drónok – jogosító végzettség.
2. Három év szakmai gyakorlat tűzoltási-műszaki mentési, polgári védelmi vagy iparbiztonsági szakterületen.
3. Legalább B kategóriás gépjárművezetői engedély.
4. Hozzáférisi jogosultság a katasztrófavédelmi adatbázisokhoz és művelettámogatási alkalmazásokhoz.

Mindez jó alapot jelent, hogy a törzsek ezen képességek birtokában folyamatos és egzakt felderítési adatokhoz jussanak. A kárhelyszínekről beérkező adat- és információmennyiség megköveteli, hogy annak feldolgozását külön erre specializálódott állomány végezze, amely képes a beérkező információk értelmezésére és rendszerezésére.

Összefoglalás

Dolgozatomban elsődlegesen azokat a hazai fejlesztési lehetőségeket vettem számba, amelyeket megvalósíthatónak ítélt meg, költséghatékonysági, valamint szervezeti oldalról, ennek alapján javaslataimat az alábbiak szerint összegeztem.

Vizsgálataim szerint a jelenleg rendszerben álló járműfelépítménybe telepített katasztrófavédelmi MVP-k alapvetően megfelelnek az alkalmazói elvárásoknak, azonban munkaterük korlátozott befogadóképessége miatt mindenképpen szükséges a méreteikben nagyobb rendszerek beszerzése.

Emiatt – megítélésem szerint – jó az irány a már rendszeresítés alatt álló törzskonténer alkalmazására. Mivel a konténerben használatra készen elhelyezhetők a működéshez szükséges eszközök és berendezések, hasonlóan a járműfelépítménybe telepített MVP-hez. A rendszeresítésre tervezett törzskonténer egyedüli hátrányaként azonban ki kell emelni, hogy tervezetten egy rendszert szereznek be, így az alkalmazás adott esetben késedelmet szenvedhet az MVP-káresemény helyszínre irányítása, valamint a telepítés ideje miatt.

Ezekkel szemben a sátor alkalmazása esetén számításba kell venni a telepítés időtartama hosszát növelő tényezőként a technikai, informatikai és kommunikációs berendezések elhelyezését. A sátor alkalmazását az előző két MVP-vel együtt azonban előremutatónak ítélem, illetve olyan lehetőségnek, amely hibrid rendszer alkalmazásával a rendelkezésre álló munkatér ideiglenes jelleggel bővíthető, és így a nagyobb létszámú törzsek elhelyezése biztosítható. Minderre a jelenleg rendszerben álló vagy rendszeresítésre tervezett kapacitások rendelkezésre állnak, azonban törekedni kell a korszerű önfelfújó rendszerek beszerzésére, mivel azok telepítési időtartama lényegesen rövidebb, mint a rendszerben lévő korábbi típusoké.

Vizsgálataim szerint az operatív munkaszervek állományából hiányzik a kizárólag a felderítési feladatokért felelős személy vagy szervezeti elem, amely a komplex, több irányból és csatornán érkező felderítési adatok elemzését végzi, emellett a rendelkezésre álló felderítő eszközrendszert kezeli. Erre tekintettel javaslatot tettem ezen beosztás létrehozására az operatív törzseknél, a törzsmunka hatékonyságának növelése érdekében.

Felhasznált irodalom

- 33/2020. számú BM OKF Intézkedés a hivatásos tűzoltó-parancsnokságok és katasztrófavédelmi őrsők készenléti szerállományáról és szolgálszervezésének szabályairól.
- 12/2023. számú BM OKF Intézkedés a katasztrófavédelmi operatív munkaszervek létrehozásáról, működési feltételeinek biztosításáról, szervezeti felépítéséről, valamint feladatairól.
- BODA József et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, (16), 1–23.
- CIMER, Zsolt et al. (2021): Application of Chemical Monitoring and Public Alarm Systems to Reduce Public Vulnerability to Major Accidents Involving Dangerous Substances. *Symmetry*, 13(8), 1528, 1–16. Online: <https://doi.org/10.3390/sym13081528>
- FÖLDI, László et. al (2015): Tasks and Experiences of the Hungarian Defence Forces in Crisis Management. *Bilten Slovenske Vojske*, (17), 29–46. Online: <https://doi.org/10.33179/BSV.99.SVI.11.CMC.17.1.2>
- GYŐZŐ-MOLNÁR Árpád (2021): Kritikusinfrastruktúra-védelmi bevetési egységek a katasztrófavédelem alkalmazásában. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31(4), 79–90. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.4.6>
- GYŐZŐ-MOLNÁR Árpád (2022): Mobil vezetési pontok a magyar katasztrófavédelemben. In FÖLDI László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből III.* Budapest: Ludovika, 121–128.
- GYŐZŐ-MOLNÁR Árpád – NÉGYESI Imre (2019): Katasztrófavédelmi sugárfelderítő egység mobil vezetési pontként történő alkalmazása. *Hadtudományi Szemle*, 12(3), 129–138. Online: <https://doi.org/10.32563/hsz.2019.2.9>
- HELL Péter Miksa (2022): *Drónok alkalmazhatóságának vizsgálata rendkívüli helyzetekben*. PhD-disszertáció. Budapest: Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola.
- HORVÁTH Zoltán (2013): A HUNOR hivatásos katasztrófavédelmi mentőszervezet tábori elhelyezésének sajátosságai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 23(1), 138–153. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2538>
- KÁTAI-URBÁN Maxim (2023): Veszélyes üzemek biztonságával foglalkozó mértékadó tudományos szakirodalom áttekintő értékelése. *Polgári Védelmi Szemle*, 15(DAREnet projekt különszám), 340–351.
- Mobilizálható vezetési és irányítási pont közbeszerzési hirdetmény* (2022). Online: www.kozbeszerzes.hu/ertesito/2022/0/targy/portal_403/megtekint/portal_12424_2022/
- MUHORAY Árpád (2019): A katasztrófavédelmi műveletek tervezése és szervezése. In HÁBERMAYER Tamás (szerk.): *II. Tolna Megyei Polgári Védelmi Munkaműhely*. Szekszárd: Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 12–33.
- Speciális tehergépjárművekkel bővült a katasztrófavédelem eszközparkja* (2021). Online: <https://katasztrofavedelem.hu/611/szechenyi-2020/19/251261/specialis-tehergepjarmuvekkel-bovult-a-katasztrofavedelem-eszkozparkja>
- TÓTH Rudolf (2011): A repülő eszközök alkalmazásának lehetséges területei és korlátai katasztrófák esetén. *Repüléstudományi Közlemények*, 23(2). Online: https://epa.oszk.hu/02600/02694/00055/pdf/EPA02694_rtk_2011_2_Toth_Rudolf.pdf

- TAG 42 Inflatable Tent* (2020). Online: www.vmc21.com/wp-content/uploads/2020/04/TAG-42_4A2D.pdf
- Weltweite Kommunikation für die VN* (2018). Online: www.thw.de/SharedDocs/Meldungen/DE/Veranstaltungen/international/2018/05/meldung_002_mcc_berlin.html?nn=922620¬Firt=true&idImage=10924654#sprungmarke
- ZSITNYÁNYI Attila (2022): *A katasztrófavédelem iparbiztonsági műszaki technikai eszközrendszerének kutatása és fejlesztése*. PhD-disszertáció. Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola.

Igaz-Danszky Tamás¹

Így irányítunk mi – A katasztrófavédelmi műveletirányítás összehasonlítása más szervek ügyletelével

Minden tudományterület a kutatásra és fejlesztésre törekszik, ugyanakkor nem mindig vesszük figyelembe, hogy amit „feltaláltunk”, azt más talán már régóta ismeri, használja. Tanulmányom keretében ennek fényében szeretném összehasonlítani a Katasztrófavédelem Műveletirányítási Ügyletelének működését más szervek hasonló jellegű ügyletelével. Vizsgálatom során bemutatom, hogy az egyes munkatevékenységek hogyan és miként működnek a különböző szervezeteknél, ebből láthatóvá válik, hogy milyen különbségek merülnek fel. Majd írásom végén összegzem az ebből szerzett tapasztalatokat, és fejlesztési lehetőségeket kínállok.

Kulcsszavak: katasztrófavédelem, műveletirányítás, összehasonlítás, különbségek, rendőrség, mentőszolgálat

THIS IS HOW WE CONTROL – COMPARING DISASTER MANAGEMENT OPERATION CONTROL SERVICE WITH OTHER AGENCIES’ WATCHKEEPING

Every field of science is dedicated to research and development with a strong awareness of the pivotal significance of innovation. However, at times, we tend to overlook the fact that what we may consider as “invention” could already be known and utilized by others for a long time. Within the scope of my study, in light of this consideration, I aim to compare the operation of the Disaster Management Operation Control Service with similar functions in other organizations. Throughout my investigation, I will illustrate how various work activities function within different entities, thereby highlighting the discrepancies that arise. Concluding my work, I will summarize the insights gained from this comparison and present opportunities for further enhancement.

Keywords: disaster management, operations control service, comparison, differences, police, ambulance

¹ Műveletirányító főügyelet, doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: tamas455@gmail.com; ORCID ID: 0000-0003-0902-3180.



Bevezetés

A modern társadalmakat az irányító alapelvek és intézmények hálózata határozza meg, amelyek a társadalmi normák és értékek mentén működnek. Magyarország Alaptörvénye, az első és legfontosabb jogi dokumentum definiálja az alapvető fogalmakat és célkitűzéseket, amelyek meghatározzák a magyar társadalom normáit. Ebben az összefüggésben kiemelkedő figyelmet kap az emberi élet védelme és a biztonság garantálása. Ahogyan Magyarország Alaptörvényének IV. cikk (1) pontja fogalmaz: „Mindenkinek joga van a szabadsághoz és a személyi biztonsághoz.” E célok eléréséhez elengedhetetlenek azok a szervezetek, amelyek aktívan részt vesznek a munkában. A katasztrófavédelem, a rendőrség és a mentőszolgálat a hangsúlyos példák közé tartozik. Tanulmányom középpontjában ezen szervezetek irányítói, ügyelei állnak. Gyakorta előfordul, hogy az olyan helyzetekben, ahol a katasztrófavédelem beavatkozása szükséges, ugyanúgy szükség van a rendőrség és a mentőszolgálat közreműködésére is. Ahhoz, hogy ez a komplex együttműködés hatékony legyen, szükség van betekintésre a különböző szervezetek működésébe. Ezáltal a közös munka az ügyeleti szinten hatékonyabbá válhat. Célom röviden bemutatni, összehasonlítani és elemezni ezen irányítói egységek működését.

Ugyanakkor hangsúlyozni szeretném, hogy bár az érintett jogszabályok és belső szabályzók szerves részét képezik a munkának, jelen összehasonlító elemzésemben elsősorban a gyakorlati oldal vonatkozásában kívánok vizsgálni. A vizsgálat az általános jellegzetességekre összpontosít, mivel a munka jellegéből adódóan a konkrét példák nagy része bizalmas információt tartalmaz, így az jelen írásban nem bemutatható.

A tudományos probléma

A tudományos probléma, amellyel foglalkozni kívánok e tanulmány keretein belül, az, hogy a katasztrófavédelmi műveletirányítás működéséhez hasonló más szervezetek hogyan végzik ilyen jellegű munkájukat, vannak-e olyan átvehető, a katasztrófavédelmi műveletirányítás működésébe integrálható megoldások, amelyek előremozdítják a terület hatékonyabb működését.

Hipotézis

Feltételezem, hogy a rendőrségnél és a mentőszolgálatnál alkalmazott művelet-irányítási módszerek bizonyos része – részben vagy egészben – előnyösen átvethető, alkalmazható a katasztrófavédelmi műveletirányítás területén.

Célkitűzés

Célom megvizsgálni az említett két szervezet műveletirányítási módszereit a katasztrófavédelem ezen területének aspektusából, továbbá a tapasztalatok alapján fejlesztési javaslatot tenni.

A kutatási módszer

A téma kutatása során vizsgálatom módszerül az indukció és az összehasonlító vizsgálat technikáját választottam, mivel az itt szerzett tapasztalatok alapján tanulmányoztam az egyes területek közötti kapcsolódási pontokat. A téma részletes megismeréséhez (a saját szervezeten kívül) az interjúkészítést alkalmaztam a területek dolgozóival kapcsolatban, ez lehetőséget adott arra, hogy jobban, részleteiben ismerjem meg a szervezetek működését, főként a gyakorlati munka oldaláról.

Szakirodalmi összefoglaló

A téma közvetlen szakirodalma kevés műre korlátozódik. A katasztrófavédelem vonatkozásában a 2012-ben bevezetett PAJZS-rendszer első tapasztalatait követően több írás is foglalkozott ezek elemzésével, amelyek részletes képet adtak a rendszer működésével kapcsolatban. Deák István és szerzőtársai több szempontból is vizsgálták a rendszer működését: a hatékonyságnövelés oldaláról,² a személyi és tárgyi feltételek oldaláról,³ a működésének a tapasztalatai alapján,⁴ a kiépítés

² DEÁK et al. 2012a: 21–22.

³ DEÁK et al. 2012b: 23–24.

⁴ DEÁK et al. 2012c: 25–28.

oldaláról,⁵ valamint a jövőbeli fejlesztések szempontjából.⁶ Ugyanezen témához köthetően, de inkább történelmi nézőpontból közelítve, Hesz József írása foglalkozik a katasztrófavédelmi műveletirányítás fejlődésével.⁷ Az összehasonlítás részeként vizsgálatom a statisztikai jellegű adatokra is kitért.⁸

A vizsgált szervezetek

Az említett három szervezet budapesti központját vettem átfogó vizsgálat alá. Ezek közé tartozik a Fővárosi Katasztrófavédelmi Igazgatóság Fővárosi Főügyelet Osztálya, a Budapesti Rendőr-főkapitányság Tevékenységirányítási Központja (a továbbiakban: TIK), valamint az Országos Mentőszolgálat budapesti és Pest vármegyei Irányító Központja.

A három fővárosi ügyeletet abból a megfontolásból választottam ki, hogy a lakosságszám, az eseményszámok és a beavatkozó erők tekintetében jelentős méretbeli eltérések mutatkoznak a vidéki ügyeletekhez viszonyítva, így a vizsgált aspektusok vélhetően szemléteesebben kidomboríthatók. Ugyanakkor fontos kiemelni, hogy a választott elemzett adatok és megfigyelések alkalmazhatók a megyei ügyeletek működésének megértésére is.

A Katasztrófavédelmi Műveletirányítási Ügyelet munkáját alapvetően a 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tűzoltóság tűzoltási és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól határozza meg. Ennek 34/A. §-a szerint: „A rendelet kimondja, hogy a megyei műveletirányító ügyeletes végzi a tűzjelzések fogadásával, értékelésével és a riasztással kapcsolatos tevékenységet. Számítógépen rögzíti a káresetfelvételi lapot, rögzíti a tűzoltásvezető visszajelzéseit és a tüzesetekkel, műszaki mentésekkel kapcsolatos egyéb információkat.”

A rendőrségi TIK munkáját pedig alapjaiban a 57/2013. (XII. 21.) ORFK utasítás az általános rendőrségi feladatok ellátására létrehozott szerv tevékenység-irányítási központjai, egyes rendőri szervek ügyeletei, valamint a segélyhívásokat fogadó központok egységes működéséről határozza meg. Ennek 24. pontja a feladatot határozza meg az Irányítás számára: „A TIK elsődleges feladata a tudomására jutott bejelentések jogszerű, szakszerű kezelése, a szolgálati feladatot ellátó állomány irányítása és munkájának összehangolása, továbbá a jogszabályokból,

⁵ DEÁK et al. 2012d: 29–31.

⁶ DEÁK et al. 2012e: 32–33.

⁷ HESZ 2020: 51–66.

⁸ KOVÁCS et al. 2021: 51–55; HESZ et al. 2022: 41–45.

a közjogi szervezetszabályozó eszközökből, az egyéb jogi eszközökből, valamint vezetői utasításokból adódó jelentési, tájékoztatási és adatszolgáltatási kötelezettség teljesítése.”

A mentőszolgálat számára többek között ezt a munkát is meghatározó jogszabály az 5/2006. (II. 7.) EüM rendelet a mentésről. A 2. § h) pontja kifejti az irányítás feladatát, vagyis: „Irányító Központ: az OMSZ keretében működő azon szervezeti egység, amely az irányító csoportokon keresztül a mentés és a betegszállítás országos irányítását látja el.”

A három szervezet főként ezen jogszabályok alapján gyakorolja tevékenységét.

**Az ügyeletek jellemzői:
elhelyezés, létszám, követelmény,
munkafelosztás, szerepkör**

A katasztrófavédelem

A Fővárosi Katasztrófavédelem Műveletirányítási Ügyelete – 2017 óta, jelenleg is – Budapesten, a XIII. kerületi Teve utcai Rendőrpalota –2 szintjén található, a Rendőrségi Tevékenységirányítási Ügyelettel közös helyiségben. A Műveletirányítási Ügyelet 12/24–12/48-as váltási rendben látja el feladatát a nap 24 órájában. A felügyeletet nappal hat fő, éjszaka öt fő látja el. Mindkét esetben az adott létszámból egy fő ügyeletvezető és egy fő műveletirányító főügyeletes (tiszt) kell hogy legyen.

A tiszti beosztás ellátásához felsőfokú szakmai (vagy civil felsőfokú végzettség és átképző tanfolyam), a referensi beosztáshoz középfokú szakmai végzettség szükséges. Jelentős előnyt jelent a többéves szakmai tapasztalat, különösen a „vonulós” szakmai rutin, de előírás nincs rá, hogy szükséges lenne korábbi szakmai tapasztalat az ide jelentkezők számára. Ha az illető megfelel a „bemeneti” követelményeknek, az esetben nincs kötelezően előírt alapképzés számára a munka megkezdéséhez.

Az ügyeleten alapvetően egységesek a feladatok, kivételt képez az ügyeletvezető. Az adatlapok átvétele, a riasztások kiadása, a visszajelzések rögzítése és a kommunikáció a helyszíni egységekkel mindenkinek egyformán feladata. Ugyanakkor a tisztek feladatköre ezeken túlmenően kiegészül a referensek munkájának felügyeletével és segítségével. Ezenkívül nincs különbség a munka tekintetében a beosztások között. A helyi szokás határozza meg, hogy a leterheltség

függvényében az eseményeket és a tevékenységeket milyen módon osztják meg egymás között egy szolgálat beosztottjai, erre nincs külön előírás.

Az ügyelet mindaddig irányítója a kivonuló egységeknek, míg az első tűzoltás vezetésére jogosult személy ki nem ér a helyszínre. Attól a ponttól már a helyszínen lévő tűzoltásvezető (vagy kárhelyparancsnok) az esemény irányítója, és a művelet-irányítás kiszolgálója tevékenységének az eset kapcsán.

Az ügyeletvezető feladatkörébe tartozik az adott váltás felügyelete, irányítása, jelentéstétel a vezetőknek és a Központi Főügyeletnek, valamint az adott események kapcsán a területvédelmi átcsoportosítások meghatározása, továbbá az adott szolgálati csoport szervezése az elkövetkező szolgálatokra.

A rendőrség

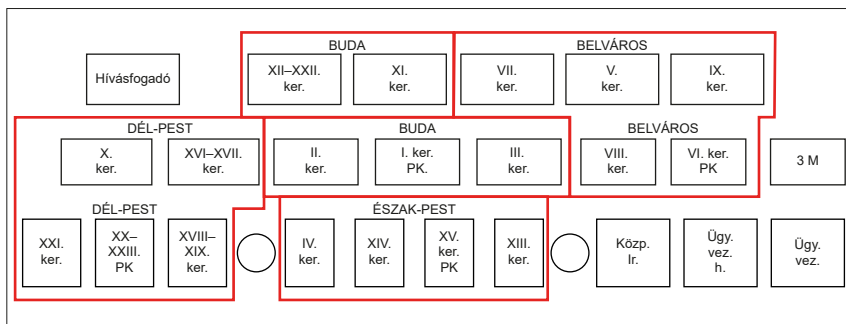
A Tevékenységirányító Központ – 2005 óta – szintén a fentebb említett Teve utcai objektumban helyezkedik el, a mai formájában 2013 óta. A 12/24–12/48-as váltású munkarendet – kedvező esetben – 23-23 fő látja el. Ebből a létszámból hét fő tiszt szükséges hogy legyen: egy ügyeletvezető, egy ügyeletvezető-helyettes, egy központi irányító, valamint négy régióparancsnok.

A tiszti beosztás feltétele – a katasztrófavédelemhez hasonlóan – a felsőfokú szakmai vagy átképzővel kiegészített civil végzettség megléte. Az itteni munka végzéséhez legalább nyolc év rendőrségi szolgálati viszony szükséges, előnyben részesítve az operatív területet. Az ügyeletre bekerülő személyeknek első körben kéthetes továbbképzést kell elvégezniük, az itteni munka és eszközök kezelése kapcsán, majd ismétlődő oktatás keretében háromévente egyhetes továbbképző tanfolyamon kell részt venniük.

A rendőrség esetében a megyei ügyelet mellett további földrajzi felosztást alkalmaznak. Az egyes területek, járások (a fővárosban kerületek) régiók alá tartoznak. Az irányítók, akik az adott területen végzik az irányítói feladatokat, a régió parancsnoka felügyelete alá tartoznak. Természetesen emellett a régió parancsnoka is adott területet maga irányít. A fővárosi felosztást az 1. ábra mutatja be.

A rendőrség esetében – a kivételes esetektől eltekintve – a TIK-ben lévő irányító mindig irányítója a kinti egységeknek. A helyszíni munkavégzés során is megmarad ez a szerepkör.

Az ügyeletvezető feladatkörébe tartozik az adott váltás felügyelete, irányítása, jelentéstétel a vezetőknek, továbbá az adott szolgálati csoport szervezése az elkövetkező szolgálatokra.



1. ábra. A BRFK kerületi és régiós felosztása

Forrás: a szerző szerkesztése

A mentőszolgálat

A fővárosi, valamint a Pest Vármegyei Központ Budapesten, a XIII. kerületben, a Róbert Károly körút 77. szám alatt található. Váltási rendszere eltérő, mint a korábbi két szervezet esetében. Itt nincs adott szolgálati csoport, itt egy szolgálat 12 órából áll, de a dolgozók saját elhatározásból vállalhatnak 24 órás szolgálatot is. A pihenőidő mértéke is változik, a szolgálatok szervezése havi szinten, az előírt óraszámokkal és a vállalt 12 vagy 24 órás szolgálattal történik. Egy 12 órás szolgálat létszáma 14-15 főből áll, amely áll a mentésvezetőkből, a mentésirányítók, a szállításfelnevők, az információs, az ügyeleti koordinátorból és 104-fogadók.

Az itteni munka feltétele – bármely beosztásban – a mentőápolói végzettség, valamint mentésvezetői szerepkörben a főiskolai végzettség. Minden területen jelentős előny a mentőápolói tapasztalat. Az idekerülők az első hónapban tanulnak, és megfigyelik a munkát, valamint az Ügyelet épületében egy gyakorlóterem is rendelkezésre áll. A hónap végén tesztet végeznek el, amely sikeres elvégzésével már önálló munkavégzésre lesznek alkalmasak.

A hierarchia a mentőszolgálat esetében nem annyira meghatározó, hiszen itt a mentésvezető felettese a többi dolgozónak, ugyanakkor a többi dolgozó esetében az alá-fölé rendeltségi viszony nem domináns, munkájuk kapcsán nem „keresztelik” egymás útját.

Az irányítóközpont a konkrét orvosi beavatkozás kivételével vezetője, irányítója a kinti egységeknek, az eset teljes folyamán.

Az előbb említett két szervezet esetében a riasztások kiadása a legalacsonyabb szintre tartozik, ellenben a mentőszolgálat esetében az adatok felvétele a 104-fogadók feladata, viszont a riasztás kiadása, a konkrét egység helyszínre rendelése minden esetben a legfelsőbb mentésvezető egyéni feladata és felelőssége.

**Az adatlapkezelés jellemzői:
átvétel, leterheltség, területi illetékesség,
informatikai háttér**

Jelenleg Magyarországon a 112-es hívásfogadó központok látják el első lépcsőben a segélyhívások fogadását. 2016 óta nemcsak a 112-es hívószám tárcsázásakor, de a 104, a 105 és a 107 régi segélyhívószám hívásakor is a 112-es központ jelentkezik be. Az ottani diszpécserok beszélnek a jelzővel, rögzítik – a kikérdezési protokoll alapján – a szükséges információkat, majd továbbítják az adatlapot az illetékes szerveknek, valamint – szükség esetén – kapcsolják a hívót.

Mindhárom szervezet számára egyaránt kiemelten fontos információ az adatlapon a pontos cím vagy helyszín, esetleg GPS-koordináta, valamint a jelző visszahívható telefonszáma, az esetleges későbbi elérhetőség és pontosítások miatt.

Az ügyeletek leterheltsége változó, de minden szervezet esetében elmondható, hogy a fővárosnak – okkal – jóval nagyobb az erő- és eszközigénye az események kezeléséhez. Itt jelentősen nagyobb számban jelennek meg a kezelendő események és az azokhoz rendelhető egységek.

A katasztrófavédelem

Az ügyelet számára a legfontosabb, hogy magát az eseményt lehessen meghatározni, és az ezzel kapcsolatos információk. Az ügyelteseknek 25 másodperc alatt szükséges a 112-es hívásfogadó központból érkező adatlapokat átvennie. A katasztrófavédelem a fővárosban átlagosan napi (24 óra alatt) 80–100 esetet kezel, amelyből 60 esemény végződik riasztás kiadásával. A vármegyei ügyeletek általánosságban napi 10 esemény kezelését végzik.

A katasztrófavédelem esetében két területi vonatkozású kifejezést használunk. Az „illetékességi területet” és a „működési területet”. Az „illetékességi terület” a vármegye, illetve a főváros közigazgatási határa. Alapvetően ezen a területen „dolgozik” az adott vármegye, mind vonulási, mind hatósági szempontból.

A „működési terület” sokkal gyakorlatiasabb vonatkozású területi felosztás. Erre a területre van kijelölve, hogy melyik tűzoltóság vonul elsődlegesen. Ez általános-ságban egyezik az illetékességgel, de vannak az országban olyan területek, ahol a másik megye legközelebbi tűzoltósága közelebb esik az adott földrajzi helyhez, és emiatt, habár nem az adott vármegye az illetékes, de az ő egységei vonulnak elsődlegesen az adott helyszínre. A vármegyén (és a fővároson) belül nincs területi elkülönülés a beavatkozás szempontjából. A fővárosi kerület és a járás esetében mindig a legközelebb eső tűzoltóságról indulnak el az egységek az események kezelésére. Az adott területre vonatkozó Műveletirányító Tervadatlap (a továbbiakban: MT) tartalmazza az oda riasztandó tűzoltó erők távolságalapú sorrendjét is, amely alapján történik a riasztás kiadása. Az MT-alapú riasztás esetében is kell engedélyt kérni az adott megye ügyeletétől, de ez inkább csak formalitás.

A katasztrófavédelem ügyeletesei számára az első és legfontosabb szoftver a PAJZS riasztási rendszer. Ennek segítségével fogadják az adatlapot vagy rögzítenek új adatlapot, ezen keresztül érkezik a riasztás az adott laktanyába, illetőleg a szer mobil egységére, ez kezeli a laktanyában a riasztólámpát, a hangosbeszélőt, a szertárkapukat; továbbá az egész esemény folyamán ezen a felületen dolgozik a műveletirányító, jegyzi fel az eseménnyel kapcsolatos dolgokat. Ennek kiterjesztett egysége a járművekben a PAJZS MINI nevű alkalmazás, amely fogadja a riasztási adatokat a járművön. Ez új eszköz és alkalmazás, amely csak 2023-ban vált elérhetővé. Sajnos azonban ezzel nem rendelkezik minden tűzoltósági jármű.

Emellett az ügyeletések használják a Döntéstámogató Térkép (a továbbiakban: DÖMI), a Katasztrófavédelmi Adatszolgáltató Program (a továbbiakban: KAP), a Szerállapottábla felületét, az ügyeletvezető a Szolgálat Összeállító Szoftver (a továbbiakban: SZÖSZ) és ezenfelül igény szerint az Iparbiztonsági Információs Rendszer (a továbbiakban: IBIR), a PANNONRIS hajókövető alkalmazás és a MÁV Vonatinfo felületet.

Ettől függetlenül, különálló számítógépen és monitoron fut az EDR (Rádiórendszer) DWS kezelői felülete. A rádióforgalmazás az ügyelet felé vármegyei TŰŐ-csatornán történik, a káresetek alkalmával az egymás közötti kommunikációra a megyei Káreseti csatornákat használják.

A rendőrség

A rendőrség ügyeletesei is alapvetően magára az eseményre koncentrálnak kérdéseikkel. Számukra 30 másodperc áll rendelkezésre az adatlap átvételéhez. A BRFK-hoz naponta közel 800 esemény érkezik be, és ebből közel 600 eseményre történik kivonulás 24 órát alapul véve.

A rendőrségi munka kapcsán kerületi, vidéken pedig járási felosztás van. Első körben az irányító mindig az adott kerület vagy járás egységeit küldi a helyszínre, de amennyiben úgy hozza a szükség, könnyen elérhető számára más kerületek egysége is, az ottani irányító jóváhagyásával. Igaz ez különösen olyan esetekre, amikor „körözvényt” adnak le, vagyis az adott megye vagy Budapest összes egysége hallja, és a közelben tartózkodók, függetlenül a területüktől, elindulnak az adott, azonnali intézkedést igénylő eseményre. Ugyanakkor a vármegyei határok és a főváros közigazgatási határán túl, idegen területen történő intézkedés nem jellemző, általában került dolog.

A rendőrség alapvetően saját fejlesztésű szoftvert használ, a *Robotzsarut*. Ez kifejezetten sok komponensből álló program, amely a rendőri munka sok területét fedi le. A tevékenységirányításon ennek riasztási felületét használják, amely segítségével láthatók térképen az egységek, állapotuk és az ezzel kapcsolatos kiegészítő információk. A Robotzsaru felületén történik az események felvitele, a 112-es rendszeren keresztül érkezett lapok átvétele, a riasztás kiadása és az eseménnyel kapcsolatos dolgok rögzítése. Lehetőség van a Robotzsaru felületén személlyel és gépjárművel kapcsolatosan lekérdezéseket is végrehajtani, bár erre külön rendszeren keresztül is van lehetőség, amely közvetlenül nyeri az adatokat a nyilvántartóból. Különlegesség, hogy a térképes felületen a saját (rendőri) egységek mellett megjelennek az Országos Mentőszolgálat járművei is.

Az egységek mindegyike rendelkezik „okos” szolgálati mobiltelefonnal, amely képes fogadni az egységnek kiadott riasztási adatokat. Az egységek ezen kapják meg a riasztást, amelyet nyugtáznak, így szükségtelen a rádión történő riasztás.

A rádiókommunikáció kapcsán a rendőrség más csatornákon, de ugyanazt az EDR-rendszert használja a kommunikációra. Itt a kommunikáció alapvetően a régió számára előírt csatornán zajlik, de van lehetőség egyéni hívásra, illetve saját csoportban történő kommunikációra is. Továbbá „Körözvény” csoportban adják le azon jelzéseket, amelyek sürgős, azonnali beavatkozást igényelnek, és szükséges, hogy a vármegye/főváros összes egysége értesüljön róla.



2. ábra. A Mentőszolgálat Irányító Központja

Forrás: DREISSIGER 2015

A mentőszolgálat

Számára a legfontosabbak – értelemszerűen – a személlyel kapcsolatos információk. Az adatlap átvételére nincsen előírt időkeret. A budapesti mentőszolgálat esetében 24 óra alatt 1000–1200 jelzéshez vonulnak ki, a beérkező 1400–1500 esetből.

A mentőszolgálat esetében ez szintén rugalmasabban kezelt terület. Itt szintűgy a megyei vonatkozású területfelosztás az alapvető, de a különböző megyék ügyelei láthatják egymás járműveinek mozgását, és szükség esetén, ha az adott egység közelebb van a helyszínhez, a jóváhagyás mellett elvihetik más vármegye járműveit, amelyeket a lehető leghamarabb szükséges visszaengedni saját területükre, mivel az ottani terület, amelyet felügyelnek, ilyenkor védelem nélkül marad.

A mentésirányítás alapvetően két programot használ. Az egyik a CAD, ez tartalmazza a riasztási rendszert, a szerek és címek láthatóságát, a térképi felületet és ezen történik a munka nagy része. A másik az ADMIN nevű alkalmazás, amely

részletekbe menő adatokat szolgáltat a kezelő számára. A szoftverek a három monitort használó számítógépen futnak (2. ábra).

Az EDR-rádiórendszer működése az előző szervezetekhez hasonlatos. Alapvetően egy csatornát használnak, csak kiemelt események kapcsán (akár rendezvény is) van külön csatorna kijelölve. Egyéni hívásra van lehetőség, habár ez ritkán használt opció.

Az események kategorizálása

A szervezetek számára az események kategorizálása hol nagyobb, hol kisebb jelentőséggel bír, de mindegyik végez valamilyen jellegű besorolást.

A katasztrófavédelem

A katasztrófavédelem esetében az ilyen jellegű kategorizálás meglehetősen széles skálán mozog. A különféle eseménytípusok faábrajellegű elrendezésben szerepelnek, listázva. Két fő kategóriát különböztetünk meg, a *tűzesetet* és a *műszaki mentést*, ezen főkategóriák alatt lépcsőzetesen lehet kiválasztani az adott esemény típusát. A jelenlegi rendszer mindösszesen több mint 600 különböző eseménykategóriát ismer, és további öt riasztási fokozatot használ, amelyek az esemény kiterjedtségére utalnak. Ez a két szempont határozza meg alapvetően a számítógép által javasolt riasztandó erők típusát és darabszámát.

A rendőrség

A rendőrség esetében három kategória van, amelyet az események meghatározásához használnak. A *közlekedési* esemény, a *bűnügyi* esemény és a *rendészeti* esemény. Ezenkívül további prioritási fokozatokkal jellemzik az eseményt. Ez lehet *sürgős*, *azonnalos*, *5 perces* és *10 perces*. Ezek a kategóriák nem határozzák meg magukban, hogy milyen egységet kell küldeni az esemény kezelésére. A bejelentés alapján az irányító maga dönti el, hogy milyen egység honnan és milyen prioritással megy a helyszínre. Erre a számítógép javaslatot nem tesz.

Különleges eset a *közlekedési* esemény, amelyet – a fővárosban – külön irányítás külön egységekkel kezel, így az nem az eddig bemutatott tevékenységirányítási központ feladata.

A mentőszolgálat

A mentőszolgálat esetében csak prioritási szintekről beszélhetünk: P1, vagyis azonnali beavatkozást igénylő; P2, amely két órán belüli beavatkozást igényel; és P3, amely három órán belüli beavatkozást tesz szükségessé. A prioritási szintek tájékoztató jellegű információk a mentésvezető számára, de az ő döntése, hogy milyen eseményre mit riaszt, ebben a számítógép segítséget nem nyújt.

A riasztható egységek típusai és áttekinthetőségük

Az adatlapok kezelését végző ügyeltesek számára döntő fontosságú lehet, hogy könnyen és gyorsan átláthatók legyenek a különböző egységek, paramétereik és státuszuk. Látható legyen, hogy melyek küldhetők, foglaltak vagy hibásak! Ennek megjelenítése és jelölése sok hasonlóságot mutat a három szervezetnél, de azért vannak eltérések.

Elmondható, hogy habár a technikai megvalósítás és a színjelölések eltérők a három szervezetnél, de mindegyik alkalmazza ezt a fajta technikát, amely jelentős segítséget és gyorsabb döntési támogatást nyújt a szakértő szemnek.

A katasztrófavédelem

Az egységek kapcsán a spektrum a katasztrófavédelemnél a legszélesebb, ugyanis itt közel 25 féle különböző funkciójú és felszereltségű szer közül választ az ügyeltes. A legalapvetőbb egység a riasztás során a fecskendő, amely 4–6 fő beavatkozó személyzetet szállít a helyszínre (és természetesen felszerelést), de ezenfelül további szerek riaszthatók az esemény típusa és fokozata szerint, úgymint magasból mentő (létrás vagy emelőkosaras), kutyás szolgálat, műszaki mentőszer, mobil. Átlagosan az esetek 10-20%-a igényel a gépjárműfecskendőn kívüli különleges szert.

A katasztrófavédelem ügyeletén külön ablak szolgál erre a célra. Itt a lak-tanyák szerinti felosztásban, fővárosi/vármegyei szinten láthatók az egységek. Az egységek hívóneve – amely utal az egység típusára – a rajtuk lévő létszám, fecskendőknél és vízszállítóknál a szállított vízmennyiség, magasból mentőknél a munkamagasság, a hiányosságuk és az új MINI PAJZS-zsal való felszereltségük, valamint a státuszuk színjelölése. Ezt mutatja be a 3. ábra.



3. ábra. A katasztrófavédelemnél alkalmazott szerállapottábla
 Forrás: BM OKF, PAJZS program [é. n.]

A rendőrség

A rendőrség ügyelete alapvetően három főegységet különböztet meg: a járőrt, a bűnügyest és a közlekedési járőrt. Ezek az egységek az eset jellege szerint vonulnak az eseményhez. Különleges esetben lehetőség van a rabszállító buszt, a kutyás szolgálatot, a rendőrségi helikoptert vagy akár a Teroelhárítási Központ (a továbbiakban: TEK) munkatársait is a helyszínre kérni.

A rendőrség esetében az egységek felsorolására a riasztási felület bal oldalán található szövegdoboz szolgál. Itt szerepelnek az egységek – általában kerületi szűrés szerint – a státuszt jelölő színes kockával, a hívónévvel – amely utal az egység típusára – és a rajta lévő létszámmal. Van lehetőség teljes ablakos, fővárosi szintű megjelenítésre is, kerületi bontásban. Az egységek és színjelölésük a térképi felületen is megjelenik.

A mentőszolgálat

A mentőszolgálat esetében négyféle alapegység van, amelyet igénybe vesz beavatkozásai során: a rohamkocsi (szakorvos + ápoló + sofőr), az esetkocsi (mentőtiszt + ápoló + sofőr), a kiemelt mentőkocsi (szakápoló + sofőr) és a mentőkocsi (ápoló +

sofőr). Különleges esetekben a gyermekrohamkocsit, a mentőmotort, a mentő-helikoptert, a mentőtiszt kocsit és a mentőorvosi kocsit is igénybe lehet venni.

Ettől némileg eltérő a mentőszolgálat áttekintő felülete. Karakteres táblázat-jellegű felületen jelennek meg az egyes egységek, kizárólag számalapú hívónévvel, pár karakterben a mentőjármű fajtájával, szintén pár karakterben a hiányosságával, valamint a színjelöléssel, amely pillanatnyi státuszára utal.

A riasztás

A bejelentés vételét, a kategorizálást és az egységek kiválasztását követően megtörténik a helyszínre riasztás. Érdekes tény, hogy habár mindhárom szervezet rendelkezik valamiféle vizuális – térképi – megjelenítéssel, és megjelennek a járművek, valamint a rendőrség esetében a GPS-adóval szerelt kézi rádióknál a jármű nélküli gyalogos járőrök is a térképen, mégis a helyszín és az erők összerendelése szöveges felületen történik alapvetően. Megemlítendő szervezeti sajátosság, hogy míg a rendőrség erői kifejezetten és a mentők egységei az esetek nagy részében úton vannak, és nem az állomáshelyükön tartózkodnak, addig a tűzoltószerkek idejük nagyobb részét a laktanyában töltik, és innen történik a címre való indításuk.

A katasztrófavédelem

A katasztrófavédelem riasztási rendszere a cím alapján meghatározott szektorhoz (területi egység) legközelebb eső laktanyából vagy laktanyákból választja ki az adott szertípusokat és mennyiségüket. A távolság meghatározása nem GPS-alapon, hanem előre rögzített „szektorlaktanya” riasztási sorrend alapján történik. Mindezek mellett elvégezhető az egységek és a káresemények összerendelése térképi felületen is.

A katasztrófavédelem esetében – amikor nem a laktanyában van a szer – a riasztási adatok leadása az egység számára rádión történik. Laktanyában lévő szer esetében az adatokat ún. riasztási lapon nyomtatott formában kapja meg a szer parancsnoka. A 2022-es év végétől az új MINI PAJZS rendszer üzembe állításával már lehetővé vált a tűzoltó egységek számára is az elektronikusan, a szeren található táblagépre küldött adatlap.

A rendőrség

A rendőrség ügyelete a térképi felületen győződik meg róla, hogy az adott helyszínhez melyik egység van közel, majd szöveges felületen hajtja végre a riasztást. Ezt követően a térképen az egységet és a helyszínt vonal köti össze. A számítógép nem tesz javaslatot a küldendő erőre. A riasztási adatokat az egységek okoseszközükön keresztül kapják meg, az ilyen jellegű rádiókommunikáció nem jellemző.

A mentőszolgálat

A mentőszolgálat esetében is szöveges alapon történik a riasztás, a mentésvezető döntése alapján, bár itt van olyan opció, hogy a számítógép a távolság alapján egységet javasoljon. A járművek itt is rendelkeznek okoseszközzel, amelyen keresztül a riasztást megkapják, és náluk sem jellemző a rádióforgalmazás e téren.

Az eseménykezelés közbeni tevékenység

Az egység helyszínre érkezését követően az ügyetek különböző mértékben vesznek részt tevékenységükben.

A katasztrófavédelem

A katasztrófavédelem ügyelete szinte folyamatos kapcsolatban van a kint lévő erőkkal, és azok minden egyes lényeges mozdulatát – amelyet rádión közölnek az ügyelettel – rögzítik az adatlapon. Továbbá rögzítik az ügyelet által történt értesítéseket, és végrehajtják az új egységek riasztását is.

A rendőrség

A fentebb leírtakkal ellentétben a riasztást követően a rendőrségi irányító az adatlapon rögzíti a kiérkezés tényét, de ezt követően már csak akkor szükséges számára az adatlappal kapcsolatban tevékenykednie, ha új egységet kérnek a helyszínre, illetve ha az esemény végén a részletes visszajelzést ráírja.

Az intézkedés közbeni rádióbeszélgetéseket nem írják rá az adatlapra, de a rádióforgalmazás rögzítve van. Szükség esetén az irányító lekérdezést hajt végre személy vagy jármű kapcsán.

A mentőszolgálat

A mentőszolgálat esetében is a rendőrség tevékenységéhez hasonló az eljárás. Az esemény köztes rádióforgalmazását és intézkedéseit nem írják rá az eset lapjára.

Közös munka

A katasztrófavédelmi vonatkozású események kapcsán gyakori, hogy az adott beavatkozás helyszínén rendőrségi és mentőszolgálati beavatkozásra is szükség van. Az ügyeleti kommunikáció fontos eleme az információk megosztásának. Ennek lehetősége az adatlapok megosztása a többi szervezettel, illetve a telefonos és az élőszavas (a rendőrség és a katasztrófavédelem kapcsán, az egy helységben való elhelyezésükből adódóan) kommunikáció. Sajnos az adatlapok (és vele az abban szereplő információ) átadása nem működik hibátlanul a rendszerben. Míg a katasztrófavédelem irányából a másik két szervezet felé megfelelő ez, addig a mentőszolgálat által indított adatlap átadásnál nem tökéletes minden információ átvitele, a rendőrség esetében pedig nem működik ez a dolog.

Fejlesztési lehetőségek

A tanulmány összeállítása során megvizsgáltam mindhárom szervezet ügyletének működését. A vizsgálat érdekes volt, és ugyan kevés közvetlen, de annál több közvetett tapasztalattal szolgált. Ezek alapján az alábbi fejlesztési javaslataim vannak.

Vizuális eseménykezelés

Alapjaiban mindhárom szervezet használ valamilyen vizuális alapú rendszert az események kezeléséhez, de ezek alapvetően kiegészítő jellegűek. A rendőrség

esetében praktikum, hogy a helyszínt és az oda riasztott erőket összekötő vonallal jelöli, amely átláthatóbbá teszi a helyszín és az egység kapcsolatát a számos erőt megjelenítő térképen. A katasztrófavédelem vonatkozásában van lehetőség térképes eseménykezelés segítségével kezelni az adatlapokat, ugyanakkor ez is tömegesemények idején kap prioritást, és ilyenkor is a riasztás kiadására szolgáló felület szöveges alapú. Egy főleg vizuális alapon működő riasztási rendszer (vagy a jelenlegi ilyen irányú fejlesztése) jobban átlátható és könnyebben, gyorsabban kezelhető felületet eredményezne, mindhárom szerv ügyeletesei számára.

Szervezetek közötti információmegosztás

A jelenlegi rendszerben van lehetőség adatlap átküldésére a többi szervezet felé, amely a katasztrófavédelem esetében rendben működik, a másik két szervezet esetében még fejlesztésre szorul. Ugyanakkor további fejlesztési lépcső lehetne az adott eseményhez vonuló társszervek láthatóságának mutatása a térképi felületen. Így a többi szervezet is tudná, hogy várhatóan mennyi idő alatt lesznek kint az egységek a tűzoltók, a rendőrség vagy a mentőszolgálat részéről. Ez a fejlesztés részben megvalósított a rendőrségnél, mivel a rendőrségi irányítók látják a mentőszolgálat járműveit.

Rádióforgalmazás szöveges rögzítésének kiváltása a katasztrófavédelelemnél

Csak a katasztrófavédelem ügyeletén rögzítik kézzel az adott helyszínről érkező visszajelzéseket a riasztási lapra. Ennek gyakorlati haszna elenyésző, mivel az EDR-rendszer megbízható és megfelelő formában rögzíti és tárolja az elhangzott kárhelyszíni rádióforgalmazást. A tárolt hanganyag bármikor visszahallgatható. Előnyös fejlesztés lenne ennek elhagyása, mivel haszna csupán informatív célú, bármilyen ügyben maga a rögzített hanganyag szolgál bizonyítékkal. Esetleg alternatív megoldásként az elhangzott rádióadás kárlaphoz való összerendelésével és az azon keresztüli visszahallgatás lehetőségével ki lehetne váltani ezt az egyébként meglehetősen időigényes és emberi hibát is magában hordozó folyamatot.

*A PAJZS MINI
és a térképi felület összekapcsolása*

Bár az újonnan felszerelt PAJZS MINI-táblagépek képesek arra, hogy a szerek felé mutassák a többi egység várható kikerkezési idejét, erről nincs információja a műveletirányítási ügyeletnek. Előnyös tulajdonság lenne, ha ez az információ az ügyelet részére is megjelenne. Alkalmazása olyankor lenne hasznos, ha beavatkozáson részt vevő egység parancsnoka kaphatna a műveletirányítástól ilyen jellegű információt (mivel vélhetően a táblagép a beavatkozás közben nincs nála).

Javaslat az erőkre, típus és valós távolság alapján

Napjainkban a számítógéppel segített döntéstámogatás nagy hangsúlyt kap. A rendőrség és a mentőszolgálat esetében jóval nehezebb definiálni azon eseteket, amelyek prioritást kapnak, de a mesterséges intelligencia mai fejlődésével már egyre inkább feltételezhető, hogy a szöveg alapján a számítógép tudna prioritási és bevetendő erőre javaslatot tenni az irányító számára. A katasztrófavédelem PAJZS rendszere a meghatározott riasztási kategória és szektor alapján javaslatot tesz a szükséges beavatkozókra, de a lokáció alapja úton lévő szer esetében is a hazai laktanyája, és nem a pillanatnyi GPS-pozíciója.

Közös rendszer fejlesztése

Hosszú távon megfontolandó lenne egy, a három szervezet számára közös alapon működő rendszer fejlesztése, mivel így az egymás közötti információátadás, az arra jogosultak számára az egységek láthatósága és a közös információk könnyebben átadhatók lennének, és meg lehetne előzni a rendszerek különbözősége miatti problémákat.

Közös információmegosztás

Előnyös lenne a közös információmegosztási rendszer, ahol az összes releváns adat és információ könnyen elérhető lenne mindhárom szolgálat számára. Ez javítaná a döntéshozatalt és a helyzetértékelést.

Közös gyakorlatok

Az évenként végzett kötelező gyakorlatok során előnyös lenne olyan gyakorlatot is beiktatni, amelynek célja pontosan a szervek ügyeletének együttműködése. Ennek előnye lenne, hogy az olyan helyzetekben, amikor nagy szükség van a közös működésre, már jobban begyakorolt helyzettel találják magukat szembe a tevékenységet végzők.

Közös képzések

Szervezni lehetne olyan közös képzéseket és oktatásokat, ahol az egységek megtanulhatják egymás szerepét és felelősségét. Ez segítheti az együttműködést.

Tájékoztatási protokoll

Fontos lenne részletesen kitérni a szervezetek számára, hogy melyek azok az esetek, amelyek esetleg fontos/jelentéskötelezett események a másik szerv számára. Így a másik szervezet is hamarabb kap számára releváns információt az eseményről.

A fenti javaslatok az ügyeletek együttműködése erősítésének különböző területeit fedik le. A konkrét megvalósítás során fontos a rendszeres visszajelzés, a folyamatos fejlesztés és az alkalmazkodás a változó helyzetekhez.

Összegzés

Összességében elmondható, hogy számos hasonlóság van a tevékenység irányítása kapcsán a három szervezet között, ugyanakkor jelentős eltérések is tapasztalhatók.

A katasztrófavédelem esetében a kezelt egységek többfélék, több funkcióval, az esetek típusai meglehetősen széles skálán mozognak, és ezek kifejezetten meghatározzák a beavatkozás erő- és eszközigényét. Itt a döntés sokkal inkább arról szól, hogy milyen tűzoltói beavatkozás és milyen erővel szükséges, sokkal kevésbé arról, ami a másik két szervezet esetében dominánsabb, hogy kell-e egyáltalán oda a részűkről egység. A katasztrófavédelmi ügyeletések számára nagy segítséget jelent a döntés meghozatalában a számítógép által nyújtott döntéstámogatás. A rendőrség és a mentőszolgálat esetében nincs ilyen jellegű

döntéstámogatás, de látva tevékenységüket, vélhetően a távolságalapú riasztási javaslaton felül nincs is szükség rá.

A mobil informatikai eszközök terén a rendőrség és a mentőszolgálat jobban felszerelt, ott már régebb óta létezik a mobilkészítők szoftvere, és minden jármű ezzel felszerelt. A katasztrófavédelemnél 2022 óta létezik a PAJZS MINI, amely már versenyképes a többi szervezet hasonló eszközével, ugyanakkor sajnos még nem minden jármű felszerelt vele.

Az ügyeleti munka végzésére való követelmények a rendőrség esetében a legszigorúbbak (véltetően az irányítói szerepkör miatt), de a tapasztalatok azt mutatják, hogy sem a mentőszolgálat, sem a katasztrófavédelem nem teljesít emiatt gyengébben.

Az események kezelése bizonyos tekintetben a katasztrófavédelem területén a legkötöttebb. Itt az esemény teljes idejében leköti az ügyeletest, hiszen folyamatos kommunikáció van a kintiek egységek és az ügyelet között, amelyet az adott káresemény lapján rögzíteni is kell.

Felhasznált irodalom

- 5/2006. (II. 7.) EüM rendelet a mentésről.
- 39/2011. (XI. 15.) BM rendelet a tüztöltés tüztöltési és műszaki mentési tevékenységének általános szabályairól.
- 57/2013. (XII. 21.) ORFK utasítás az általános rendőrségi feladatok ellátására létrehozott szerv tevékenység-irányítási központjai, egyes rendőri szervek ügyelei, valamint a segélyhívásokat fogadó központok egységes működéséről.
- DEÁK István et al. (2012a): Műveletirányítás, ügyeleti rendszer – a hatékonyság-növelés alapfeltételei. *Védelem- Katasztrófa- Tűz- és Polgári Védelmi Szemle*, 19(6), 21–22.
- DEÁK István et al. (2012b): A műveletirányítás működtetésének személyi és tárgyi feltételei. *Védelem- Katasztrófa- Tűz- és Polgári Védelmi Szemle*, 19(6), 23–24.
- DEÁK István et al. (2012c): A műveletirányítás rendszere és működésének tapasztalatai. *Védelem- Katasztrófa- Tűz- és Polgári Védelmi Szemle*, 19(6), 25–28.
- DEÁK István et al. (2012d): A PAJZS rendszer kiépítése és működésének tapasztalatai. *Védelem- Katasztrófa- Tűz- és Polgári Védelmi Szemle*, 19(6), 29–31.
- DEÁK István et al. (2012e): A műveletirányítás rendszer fejlesztése, tervek. *Védelem- Katasztrófa- Tűz- és Polgári Védelmi Szemle*, 19(6), 32–33.
- HESZ József (2020): A harangtól a számítógépig, avagy a tűzjelzés és riasztás története. *Belügyi Szemle*, 68(8), 51–66. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.2020.8.3>
- HESZ József et al. (2022): Mentő tűzvédelem 2021 – továbbra is koronavírus, de oltással és nyitással. *Katasztrófavédelmi Szemle*, 29(2), 41–45.
- KOVÁCS Zoltán et al. (2021): A mentő tűzvédelem 2020. évi számai – a koronavírus-járvány árnyékában. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 28(2), 51–55.
- Magyarország Alaptörvénye (2011. április 25.).

Kiss Csaba¹

A katonai gyakorlóruhán lévő rendfokozati jelzések valós idejű felismerése gépi látás és mesterséges intelligencia segítségével

Ma már megszokott, hogy a civil világban a korszerű okostelefonok és tabletek elterjedése miatt egyre inkább megjelennek olyan alkalmazások, amelyek a valós életben látottakat többletinformációval egészítik ki. Ennek alapján ezek az eszközök a kamerakép segítségével felismerik a megadott objektumot, majd annak megfelelően a valóságot virtuálisan kibővítik. A dolgozat célja bemutatni a katonai gyakorlóruhán viselhető tépőzárás rendfokozati jelzések felismerési folyamatát. Ennek során az egyes módszerek elméleti hátterének ismertetésén túl kitérek az OpenCV gépilátás-könyvtár alkalmazására, valamint az erőforrásigény vizsgálatára. A publikációban három főbb objektum felismerésre alkalmas módszert vizsgállok meg: a korrelációs mintaillesztés-alapú felismerést, a kaszkádosított osztályozó alapú felismerést, illetve a jellegzetességmegfeleltetés alapján való felismerést.

Kulcsszavak: mesterséges intelligencia, gépi látás, rendfokozati jelzések

REAL-TIME RECOGNITION OF RANK INSIGNIA ON MILITARY UNIFORMS USING MACHINE VISION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE

It is now commonplace that, due to the spread of modern smartphones and tablets in the civilian world, applications that supplement what you see in real life with additional information are increasingly appearing. Based on this, these devices use the camera image to recognize a specified object, and accordingly, reality is virtually expanded. The aim of the publication is to present the recognition process of the Velcro rank markings worn on military training clothes. In doing so, in addition to explaining the theoretical background of each method, I will cover the application of the OpenCV machine vision library and the examination of resource requirements. In the publication, I examine three main methods

¹ BriCS Szoftverfejlesztő és Tanácsadó Kft., infokommunikációs vezető, e-mail: kiss.csaba@uni-nke.hu; ORCID ID: 0000-0002-7265-8704.



suitable for object recognition: recognition based on correlation pattern matching, recognition based on cascaded classifiers, and recognition based on feature matching.

Keywords: *artificial intelligence, machine vision, rank signals*

Bevezetés

A nemzetközi trendekkel párhuzamosan Magyarországon is elindult a mesterséges intelligencia (a továbbiakban: MI) egy fejlesztési folyamata, amelynek során az Innovációs és Technológiai Minisztérium (a továbbiakban: ITM) vezetésével létrehozták a Mesterséges Intelligencia Koalíciót (a továbbiakban: MIK), amelynek elsődleges célja a hazai MI-technológiák nemzetközi versenyképességének javítása, beépítésük az üzleti életbe és az állami folyamatokba.²

Az MI felhasználása a haderőben minden területen elindult, ahogy a civil életben is. A publikáció az MI felhasználásának egyik lehetőségét mutatja be a katonai rendfokozatok felismertetésével.

A mai értelemben vett katonai rendfokozatok kialakulása és a katonai hierarchia megjelenése a 17–18. században a tömeghadseregek létrejöttének időszakára tehető, azonban a rendfokozati jelzések rendszeresítése csak hosszú évek alatt valósult meg. A magyar rendfokozati megnevezésekben elsősorban a német, illetve a francia hatás érződik.

A jelenleg is hivatalos rendfokozatokat a honvédek jogállásáról szóló 2012. évi CCV. törvény I. melléklete sorolja fel.³ Ezek a rendfokozati jelzések 1999. március 12-én, Magyarország NATO-taggá válásának napján léptek érvénybe, főbb jellemzőik: zöld alapszín, minden rendfokozatban himzett szegély és himzett hatágú csillag.

A katonai kiképzés során a katonák a magyar rendfokozati jelzéseket is megtanulják. Mivel Magyarország a NATO tagja, és ebből adódóan a közös katonai gyakorlatokon kapcsolatban vagyunk külföldi katonákkal, így az ő rendfokozati jelzésüket is illő ismerni. A NATO-nak már 31 tagországa van. Ez azt jelenti, hogy 31 ország hadseregének a különböző színű és alakú rendfokozati jelzéseit illene felismerni. A katonák közötti együttműködés alapja a katonai tiszteletadás, amelyet többek között a rendfokozati jelzés szerint adunk meg, ezért is fontos ennek az ismerete. Előfordulhat olyan külföldi országok haderejében rendszeresített

² PORKOLÁB–NÉGYESI 2019.

³ 2012. évi CCV. törvény a honvédek jogállásáról.

rendfokozat, amely a magyar rendszerből hiányzik (haditengerészet, űrhaderő, tengerészgyalogság), viszont a külföldi missziók és gyakorlatok alatt fontos ezek ismerete is. Ennek az ismeretnek a megszerzésében segítheti a katonát egy gépi látáson alapuló rendfokozati jelzéseket értelmező folyamat.

A publikációban ismertetett folyamat eredményeképpen más katonai objektumok, eszközök felismertetése is lehetővé válhat. A gépi látást a haderőben több helyen is lehet alkalmazni, elsősorban olyan területeken, ahol a tárgyak, eszközök vagy jelzések sokszínűsége egyszerre fordul elő. A gépi látás segítségével lehetőség nyílik a fegyverek felismertetésére, a lőszer megkülönböztetésére, a technikai eszközökön lévő jelzések értelmezésére stb. A gépi látás útján megszerzett gyors ismeret a katonai eszközökről vagy katonai jelzésekről növelheti a katona magabiztosságát, ezenkívül szélesítheti vagy megerősítheti tudását. A katonai műveletekben részt vevő katonák életét mentheti meg egy felülről támadó drón korai észrevétele, amit gépi látás útján lehet elősegíteni.

A tanulmány célja egy gépi látáson alapuló, a katonai rangjelzések felismerését támogató folyamat ismertetése. A rendfokozati jelzések által nyújtott szín- és formavilág felismerése és értelmezése tipikusan gépi látási feladat. A gépi látás a gép által a környezetéről, az abban lévő objektumokról készített kép számítógépes elemzését jelenti abból a célból, hogy a készített képből az ember számára meghatározott információt nyerjen ki, vagy pedig a saját működéséhez szükséges információt megszerezze.

A gépi látással kialakított rendszerek a modern technológiának köszönhetően képesek lehetnek különféle feladatok ellátására, mint például az arcfelismerés, az autonóm járművek navigálása, az iparban minőségellenőrzési feladatok végrehajtása, az orvoslásban a képelemzési funkciók segítése. A gépi látás használata hatékonyabbá teheti a folyamatokat és csökkentheti az emberi beavatkozás szükségességét.

A gépi látás kialakítása a *deep learning* technikák és az általános neurális hálózatok használatával érhető el. Az ilyen típusú gépi tanuló algoritmusok az emberi agyhoz hasonlóan működnek, ami lehetővé teszi a számítógépeknek, hogy automatikusan tanuljanak, és finomítsák látási képességeiket az idő múlásával.

A gépi látást használó rendszerek alkalmazási lehetősége nagyon változatos, és különösen akkor lesz széles, ha általánosan elterjednek, mert lehetőség nyílik rá, hogy egyszerűbb eszközök is használhassák ezt a technológiát.⁴

⁴ KOLLÁR–NAGY 2021.

Gépi látás

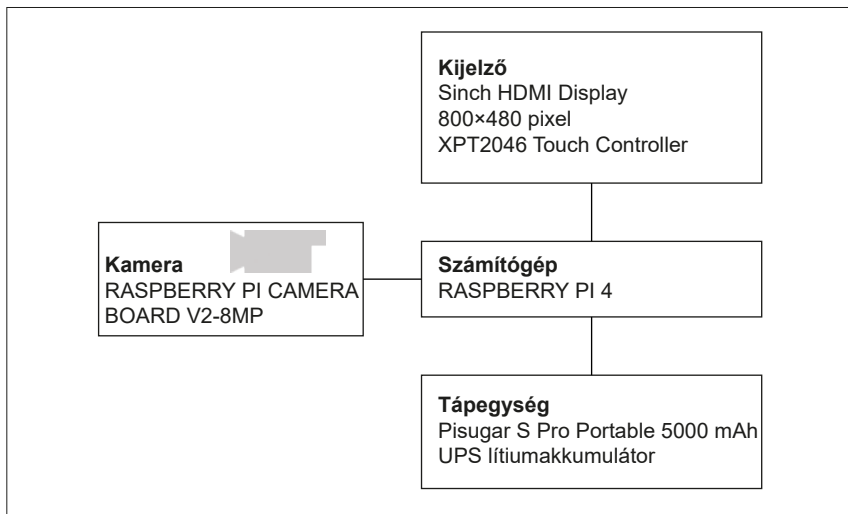
A gépi látás a számítógépes látástechnika egyik ága, amely lehetővé teszi, hogy számítógépes rendszerek segítségével feldolgozzák és értelmezzék a digitális képeket. A gépi látás az MI képfeldolgozási algoritmusait alkalmazza az objektumok azonosítására, amelyeket a számítógép- vagy kameraképeken észlel. A gépi látás alatt a teljes technikai folyamatot értjük, a felhasználási cél eléréséig. Ennek megfelelően a rendszer elemei a következők lehetnek:

1. *képalkotás* – ez jellemzően egy kamera;
2. *jelfeldolgozás* – vizuális adat feldolgozására használatos célhardver, például videokártya;
3. *szoftver* – adatok értelmezéséhez szükséges speciális programok;
4. *kommunikáció* – az eredmények megjelenítése.

Képalkotó berendezésnek nevezzük a mért fizikai jellemzőhöz illeszkedő olyan hardvereszközt, amely a mért adatokból képet vagy képek sorozatát képes előállítani. A képalkotó berendezések a gépi látásban nagyon sokfélék lehetnek, mivel nagyon sok fizikai jellemzőből van lehetőség képet előállítani. A képalkotó berendezések csoportosítása több szempont szerint is lehetséges, beszélhetünk dimenzionális felosztásról, felépítésalapú felosztásról, elhelyezési felosztásról, élettani felosztásról.

A *jelfeldolgozó egység* (hardver és szoftver) együttese végzi a digitális képfeldolgozási és képelemzési folyamatot. A képfeldolgozás alatt ebben a folyamatban olyan komponenseket, részegységeket értünk, amelyek képből képi információt állítanak elő. A képfeldolgozás körébe tartozik egyebek között a videók kódolása, a színtér-transzformációk végrehajtása, a képkivágás, a színszűrés, az éldetektálás stb. A képelemzés alatt pedig olyan komponenseket értünk, amelyek képből nem képi jellegű adatok előállítását célozzák. Idetartozik például a képi folt területének meghatározása, a mozgáselemzés, a mozgásirány becslés, a pozíció meghatározása, a mélységbecslés, a jellemző pontok kinyerése, a sajátértékek és vektorok kinyerése stb.

A *szoftver* a gépi látás folyamatának kulcseleme, az összegyűjtött jeleket értelmező, kontextusba helyező döntési logika, amely egy programkód. Ez lehet mély tanulást végző neurális háló vagy programozható elektronikus áramkör vagy programozható logikai vezérlőre (*Programmable Logic Controller; PLC*) írt döntési logika. Általában a képalkotó berendezést gyártó cég a felhasználók részére biztosít előre megírt, általános célú vagy az eszköz által megcélzott



1. ábra. Hardveres kiépítési lehetőség

Forrás: a szerző szerkesztése

specifikus tevékenység ellátásához szükséges programozható függvénykönyvtárat és segédprogramokat. Az elérhető, fontosabb szoftverkönyvtárak:

- a) AForge.NET;
- b) OpenCV (Open Computer Vision Library);
- c) VLFeat;
- d) PCL (PointClouds).

A *kommunikációhoz* a döntés–értelmezés–felismerés folyamatban létrejövő eredmények közlésére vagy vezérlésre alkalmas hardver- és szoftverkomponenseket soroljuk.

A gépi látás rendszerelemeire megvalósuló hardveres kiépítési lehetőséget mutatja az 1. ábra.

Az 1. ábra szerint a képalkotást a *Kamera*, a jelfeldolgozást és -elemzést a *Számítógép* végzi, kommunikációként pedig a *Kijelző* funkcionál.

Mivel ismerjük a gyakorlóruhán elhelyezett rendfokozati jelzés előlnézeti helyét az archoz képest, ezért a katonai rendfokozatok felismertetését azzal lehet gyorsítani, hogy egy arcfelismerő segítségével megjelöljük az arc helyét a képen, így az archoz viszonyítva könnyen behatárolhatjuk a rendfokozat helyét, azaz



2. ábra. Gyakorlóruhán hordható rendfokozati jelzések

Forrás: a szerző szerkesztése

kivághatjuk a forrásképből. Ennek az az előnye, hogy kisebb képet kell majd analizáltatnunk a szoftverekkel, ami a felismerésben nagyságrendi időbeni csökkenést eredményez. A másik előnye, hogy kisebb teljesítményű számítógépeken is rövid idő alatt eredményt kaphatunk. Ilyen számítógép lehet a Raspberry Pi, a HP T520, a NanoPi, az Orange Pi, a Banana Pi, a Geniatech XPI.

A katonai rangjelzések felismertetése speciális eset, mert a rangjelzések színeit már ismerjük, így azokra előszűrést lehet végezni. Mivel a katonai rangjelzések színe specifikusan csak a rangjelzésekre jellemző, sem az állatok között, sem a növényi világban nem fordul elő, így ezeknek a színeknek a detektálása egy képterületen azt jelentheti, hogy ott rendfokozati jelzés található. A következő fejezet a színek detektálását mutatja be.

A katonai rendfokozatok értelmezése gépi látáson keresztül

A katonai rendfokozat a katona szolgálati rendben elfoglalt helyét meghatározó besorolás. A rendfokozat megjelenítésére szolgál a rendfokozati jelzés, amely lehet váll-lap, tépőzáras (gyakorlóruhán), paroli, sapkajelzés, karrendfokozati jelzés.

Mivel a katona a harctéren gyakorlóruhában teljesít szolgálatot, ezért jelen tanulmányban a gyakorlóruhán hordható magyar tépőzáras rendfokozati jelzés felismeréséről lesz szó, nappali fényviszonyok között.

A Magyar Honvédségben tisztések, altiszték, zászlósok, tiszték, főtiszték, tábornokok szolgálnak, ezért a rendfokozati jelzések ezen rendfokozati különbségek



3. ábra. Rendfokozati jelzések felépítése
a színek felosztásában

Forrás: a szerző szerkesztése

egyértelmű megkülönböztetésére szolgálnak. Ezt a megkülönböztetést színben, formában és a csillagok számában mutatja meg a rendfokozati jelzés (2. ábra).

A rendfokozati jelzések felépítésénél észrevehetünk markánsan elkülönülő színeket, amit a 3. ábra mutat.

A rendfokozati jelzések feldolgozhatósága érdekében rendezzük őket csillagszám szerint (1. táblázat).

1. táblázat. Rendfokozati jelzések csillagszám szerint

A csillagok száma	Honvéd	Tisztesek	Alttisztek	Zászlósok	Tisztek	Főtisztek	Tábornokok
4							vezér- ezredes
3		szakasz- vezető	főtörzs- őrmester	főtörzs- zászlós	százados	ezredes	altábornagy
2		tizedes	törzs- őrmester	törzszászlós	főhadnagy	alezredes	vezér- őrnagy
1		örvezető	őrmester	zászlós	hadnagy	őrnagy	dandár- tábornok
Nincs	honvéd						

Forrás: a szerző szerkesztése

Nézzük meg a színek előfordulását a rendfokozati jelzéseken az 1. táblázat szerinti felosztásban (2. táblázat)!

2. táblázat: *Rendfokozati jelzések szín szerint*

<i>Szín</i>	<i>Honvéd</i>	<i>Tisztesek</i>	<i>Altisztek</i>	<i>Zászlósok</i>	<i>Tisztek</i>	<i>Főtisztek</i>	<i>Tábornokok</i>
<i>Alapszín</i>	barna	barna	barna	barna	barna	barna	nincs
<i>Csillag-alapszín</i>	nincs	nincs	nincs	nincs	nincs	világosbarna	világosbarna
<i>Csikszín</i>	nincs	nincs	világosbarna	világosbarna	nincs	nincs	nincs
<i>Csillagszín</i>	nincs	fehér	világosszürke	sárga	sárga	világosszürke	világosszürke

Forrás: a szerző szerkesztése

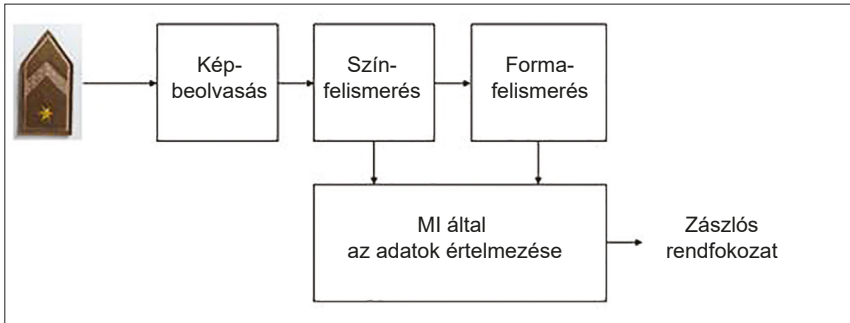
A 2. táblázat szerint látható, hogy a rendfokozati jelzések öt különböző szín segítségével épülnek fel. Ezek a színek a következők: fehér, sárga, világosbarna, barna és világosszürke. A gépi látás a rendfokozati jelzéseken lévő színeket detektálni tudja, azaz 1 és 0 értéket ad a szín változójához, így ha talál olyan színt, az 1 értéket, ha nincs olyan szín, akkor a 0 értéket (3. táblázat).

3. táblázat. *Színek kódolása a rendfokozati jelzéseken*

<i>Szín</i>	<i>Honvéd</i>	<i>Tisztesek</i>	<i>Altisztek</i>	<i>Zászlósok</i>	<i>Tisztek</i>	<i>Főtisztek</i>	<i>Tábornokok</i>
<i>Fehér</i>	0	1	0	0	0	0	0
<i>Sárga</i>	0	0	0	1	1	0	0
<i>Világosbarna</i>	0	0	1	1	0	1	1
<i>Barna</i>	1	1	1	1	1	1	0
<i>Világosszürke</i>	0	0	1	0	0	1	1

Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. táblázatból jól kivehető, hogy az altisztek és a főtisztek színekódolása megegyezik, a többi különbözik egymástól. Kimondhatjuk, hogy csak színekódolásból



4. ábra. A képfeldolgozás folyamata

Forrás: a szerző szerkesztése

nem lehet az altisztet a főtiszttól megkülönböztetni. A különbséget a 2. táblázat tartalmazza, ahol látható, hogy az altisztek rendfokozati jelzése tartalmaz egy csíkot, ebből következik, hogy a színek mellett a rendfokozati jelzések formáját is meg kell határozni a helyes felismeréshez (4. ábra).

A szín megállapításánál fontos tényező, hogy a különböző fényviszonyoknál készült kép mennyire lesz feldolgozható. Az erősen fényvisszaverő felület csillogást okozhat, ami sokszor felismerhetetlenné teszi a képrészletet vagy a képet, így a szín felismerése is lehetetlenné válik. A gyakorló egyenruha álcázást is szolgál, így a rajta lévő katonai rendfokozati jelzések is nem „erősen” fényvisszaverő anyagból készülnek, ezért a képek is jól feldolgozhatók.

A színek felismerése RGB (Red–Green–Blue, vörös–zöld–kék) -színkódok alapján történik, Michael Shneier módszere szerint. A gyakorlatban ez azt jelenti, hogy a kép egy pixelének színét függvény segítségével számmá alakítjuk. A függvény az RGB-kód minimum- és maximumértékeit figyeli az 5. ábra szerint.

$$m(x,y) = \begin{cases} k_1 & \text{ha} \begin{cases} R_{\min} \leq f_r(x,y) \leq R_{\max} \\ G_{\min} \leq f_g(x,y) \leq G_{\max} \\ B_{\min} \leq f_b(x,y) \leq B_{\max} \end{cases} \\ k_2 & \text{másik szín} \end{cases}$$

5 ábra. RGB-küszöbölés

Forrás: SHOJANIA 2003

Az $m(x,y)$ függvény adja vissza az (x,y) koordinátájú képpont egyes összetevőit $f_{r,g,b}(x,y)$ a forrásképből egy számba kódolva (például k_i). Mivel a $R_{\min}$, a $G_{\min}$, a $B_{\min}$, az $R_{\max}$, a $G_{\max}$ és a $B_{\max}$ értékét a katonai rangjelzésen található színek alapján állítjuk be, így a k_1 érték jelentheti például a sárga szín meglétét, a k_2 akár a világosbarnáét. A 3. táblázatban megszámlolva a színek előfordulását a 4. táblázatot kapjuk.

4. táblázat. *A színek előfordulása*

<i>Szín</i>	<i>Előfordulási mennyiség</i>
Fehér	1
Sárga	2
Világosszürke	3
Világosbarna	4
Barna	5

Forrás: a szerző szerkesztése

Az előfordulási mennyiség határozza meg a súlyozást, amely egymástól számokban elkülöníti a rendfokozati jelzéseket. A legtöbbször előforduló szín kapja a legkisebb súlyozási értéket és a legkevésbé előforduló szín kapja a legnagyobb súlyozási értéket. A 4. táblázatot kiegészítve súlyozási értékekkel (kettes számrendszert használva) kapjuk meg az 5. táblázatot.

5. táblázat. *Súlyozási értékek*

<i>Szín</i>	<i>Előfordulási mennyiség</i>	<i>Súlyozási érték</i>
Fehér	1	$(2^4)=16$
Sárga	2	$(2^3)=8$
Világosszürke	3	$(2^2)=4$
Világosbarna	4	$(2^1)=2$
Barna	5	$(2^0)=1$

Forrás: a szerző szerkesztése

A kettes számrendszer előnye, hogy a színek behatárolása és átkódolása, majd összegzése után minden rendfokozat csak egy, rá jellemző számértéket kap. Amennyiben figyelembe vesszük a 30 különböző ország rendfokozati jelzéseit és a felhasznált színeket, akkor összegzés után minden ország a rendfokozati

jelzéseire jellemző – feltehetően – egyedi számot fog kapni. Amennyiben mégis egyezne a kapott szám, mert az országok ugyanazt a szint használják a jelzéseikre, akkor a formának a beazonosításával tovább lehet finomítani a felismerést. A súlyozási érték szerint átírjuk a 3. táblázatot, és összeadjuk a kapott értékeket (6. táblázat).

6. táblázat. Összegzett súlyozási értékek

<i>Szín</i>	<i>Honvéd</i>	<i>Tisztesek</i>	<i>Altisztek</i>	<i>Zászlósok</i>	<i>Tisztek</i>	<i>Főtisztek</i>	<i>Tábornokok</i>
Fehér	0	16	0	0	0	0	0
Sárga	0	0	0	8	8	0	0
Világosbarna	0	0	2	2	0	2	2
Barna	1	1	1	1	1	1	0
Világosszürke	0	0	4	0	0	4	4
Összesen	1	17	7	11	9	7	6

Forrás: a szerző szerkesztése

A 6. táblázatból jól kivehető, hogy a rendfokozati jelzések számokban is elkülönülnek egymástól, kivéve az altisztek és a főtisztek, mert ők ugyanazt a számértéket kapták. Tehát a magyar rendfokozati jelzések ebben az esetben az 1–17 számértéket kapták. Ha például nézzük az angol szárazföldi rangjelzéseket, akkor azt látjuk, hogy megjelenik a piros szín. A piros fogja kapni a 2⁵ értéket. Tehát azoknak a rendfokozati jelzéseknek az esetében, ahol ez a piros szín is előfordul, a kapott számérték több lesz, mint 32. Az amerikai gyakorlóruhán megjelenik a sötétszürke, amely kaphatja a 2⁶ értéket. Tehát azoknak a jelzéseknek az esetében, ahol ez a szürke szín megtalálható, a kapott számérték több lesz, mint 64, és így tovább. Mivel minden ország törekszik a történelmi hagyományainak megfelelő színeket és formát választani a rendfokozati jelzéseinek, ezért nagy valószínűséggel elmondható, hogy a rendfokozatok szín szerinti kódolása országonként különböző értéket hoz. Természetesen vannak kivételek. Jelen esetben a magyar altisztek és főtisztek rendfokozati jelzéseinek számértéke megegyezik, ezért megkülönböztetésük a forma (objektum) felismerésnél lehetséges.

Objektumfelismerés

A képek alapján elvégzett automatikus objektumfelismerés a mai napig meglehetősen komplex feladat, amely nagy kihívás elé állítja a különböző képfeldolgozó rendszereket. A katonai rangjelzések felismerése általában könnyű az emberek számára, de ez a feladat a számítógépek számára igen nehéznek bizonyul. Fel akarjuk ismerni egy katona rangjelzését függetlenül a megvilágítástól, a kamerához viszonyított helyzetétől és a különböző hadseregeknél rendszeresített variációitól.

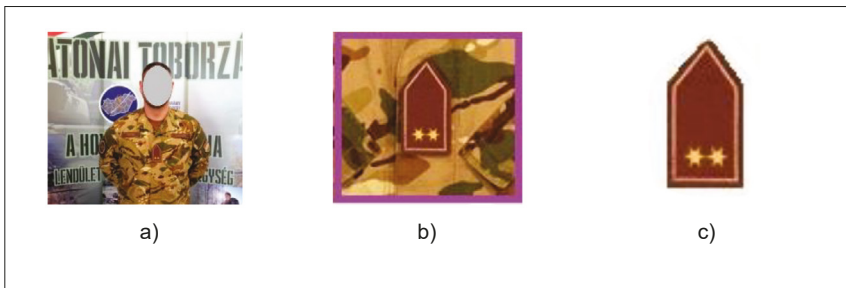
Ezen variációk bármelyike nagyarányú változásokhoz vezet a képpontok fényességértékében, ezért a képpontok közvetlen összehasonlítása a rangjelzések felismerése érdekében valószínűleg nem járható út. A mintaillesztés (*Template Matching*) az egyik legegyszerűbb módszer, amelyet objektumok felismerésére fel lehet használni. Egyszerű működése miatt azonban csak bizonyos, ideálishoz közeli körülmények mellett használható megfelelő hatékonysággal, igaz, összetettebb objektumok felismerésére nem kifejezetten alkalmas.

A mintaillesztés-alapú objektumfelismerés

A módszer működésének lényege az, hogy egy előre meghatározott mintaképhez viszonyítva a vizsgált kép részei mennyire illeszkednek, azaz mennyire hasonlók. A hasonlóság több korrelációt felhasználó módszer segítségével hatékonyan kiszámítható.

A mintaillesztés-alapú objektumfelismerés folyamata

Két képre van tehát szükség az illesztés elvégzéséhez: egy mintaképre (*T – Template Image*), amely tartalmazza a katonai rendfokozati jelzést, és egy forrásképre (*I – Source Image*), amelyen a keresést kell végezni. A módszer a mintakép hasonlóságának mértékét a forráskép egyes területeihez úgy határozza meg, hogy a forráskép egyik sarkából kiindulva a mintaképet pixelről pixelre vízszintesen és függőlegesen elmozgatja egészen addig, amíg a forrásképet teljesen be nem járta, és minden vizsgált helyen meg nem határozta a mintaképnek és a forráskép aktuálisan vizsgált részének a hasonlóságát.



6. ábra. a) Forráskép; b) a forrásképből kinyert katonai rendfokozati jelzés; c) mintakép
Forrás: a szerző szerkesztése

A módszerből következik, hogy a forrásképnek olyan paraméterekkel kell rendelkeznie szélességben és magasságban is, mint a mintaképnek. Ezt úgy érjük el katonai rendfokozati jelzések felismerésénél, hogy nem az egész forrásképen végzünk keresést, hanem csak a forrásképből kivágott, a keresendő jelzést tartalmazó képen (lásd 6/a–c. ábra).

A mintaillesztés-alapú objektumfelismerési módszer a forráskép egyes területeihez tartozó illeszkedések mértékét eredménymátrixban (R) tárolja el. Az eredménymátrixban tárolt értékek arra utalnak, hogy a forrásképből kinyert katonai rendfokozati jelzések mennyire hasonló a mintaképhez. A forrásképből kinyert katonai rendfokozati jelzések mérete: W – szélesség, H – magasság. A mintakép mérete: w – szélesség, h – magasság. Amennyiben a forráskép és a mintakép mérete sorban $W \times H$, illetve $w \times h$, az eredménymátrix mérete szintén a fenti egyszerű keresési módszerből adódóan $(W - w + 1) \times (H - h + 1)$. Az algoritmus lefutása után a legjobb illeszkedést az eredménymátrix globális minimuma vagy maximuma adja az illeszkedés meghatározásához felhasznált konkrét módszertől függően.

Ennél a módszernél figyelembe kell venni, hogy az összes katonai rendfokozati mintaképével el kell végezni a keresési folyamatot. Az 1. ábra alapján csak a magyar szárazföldi haderőknél lévő gyakorlóöltözetben viselhető rendfokozatok variációinak száma eléri a 20-at. Azonban, ha hozzávesszük a légierőt és a többi NATO-ország (31 ország) katonai rendfokozati jelzéseit is, akár többeszes nagyságú variációt kaphatunk, ami lassíthatja a felismerést. Amik viszont segíthetik a mintaillesztés-alapú objektumfelismerést, az *OpenCV*-ben rejlő tulajdonságok.

Az OpenCV által támogatott mintaillesztés-alapú objektumfelismerés

Az *Open Source Computer Vision Library (OpenCV)*⁵ olyan nyílt forráskódú *Berkeley Software Distribution (BSD)* licenccel rendelkező könyvtár, amely több száz számítógépes látási algoritmust tartalmaz. Az OpenCV moduláris felépítésű, ami azt jelenti, hogy a program több megosztott, statikus könyvtárat tartalmaz.⁶

Az *OpenCV* tartalmaz képfeldolgozó modult, amely lineáris és nemlineáris képszűrést, geometriai képátalakításokat (átméretezés, affine és perspektivikus hajlítás, általános táblázatalapú újrakepezés), színtér-átalakítást végez. A videóelemző modul, ami mozgásbecslést, háttérkivonást és objektumkövetési algoritmusokat tartalmaz.

A mintaillesztés-alapú objektumfelismerési módszer az *OpenCV* implementációjában, a *matchTemplate* nevű függvényben valósul meg, amelynek paramétere a bemeneti forráskép, a bemeneti mintakép, a kimeneti kép és az illeszkedés mértékének meghatározására felhasznált módszer azonosítója.⁷ A bemeneti képeket 8 vagy 32 bites képek formájában várja a program, azonban fontos, hogy a két kép ugyanolyan formátumú legyen. A program az eredményeket az eredménymátrixban 32 bites lebegőpontos számokként tárolja el, függetlenül attól, hogy egycsatornás vagy színes (többcsatornás) képeket használtunk fel bemenetként. Az eredménymátrixból a legjobb találat kiválasztása a *minMaxLoc* nevű függvénnyel végezhető el.

Az illeszkedések mértékének meghatározására az *OpenCV* három alapvetően különböző módszert használ. A *négyzetes különbség (square difference)* módszere a hasonlóságot a két kép közti négyzetes különbségek alapján számítja ki. Ebben a módszerben a nulla jelenti a legnagyobb hasonlóságot, míg a legnagyobb szám a legkisebb hasonlóságot. A *korrelációs illesztés (correlation matching)* módszere a két képet összeszorozza, így a nagy értékek jelzik a jó hasonlóságot, a nulla pedig a kisebb hasonlóságot. A *korrelációegyüttható-illesztés (correlation coefficient matching)* módszere a képek átlagait felelteti meg egymással, azaz az 1 jelzi a jó hasonlóságot, a nulla jelzi, ha nincs hasonlóság, a -1 pedig a rossz hasonlóságot jelzi.

Ahhoz, hogy a módszert katonai rendfokozati jelzések felismerésére használjuk fontos, hogy a felismerendő jelzés jól látszódjon (megfelelő méretben, nézetben,

⁵ *OpenCV nyílt forráskódú számítógépes látástechnológia* [é. n.].

⁶ BRAHMBHATT 2013.

⁷ PAJANKAR 2015.

orientációban, megvilágításban) a kamera képén. Azt, hogy a felismerendő objektum szerepel-e a kameraképen, az eredménymátrixból a legnagyobb illeszkedésre utaló érték nagysága és mátrixban lévő pozíciója alapján becsülhetjük meg. Több felismerendő rangjelzés esetén több mintaképet használhatunk, amelyeket egyenként kereshetünk a kamerából kapott képen.

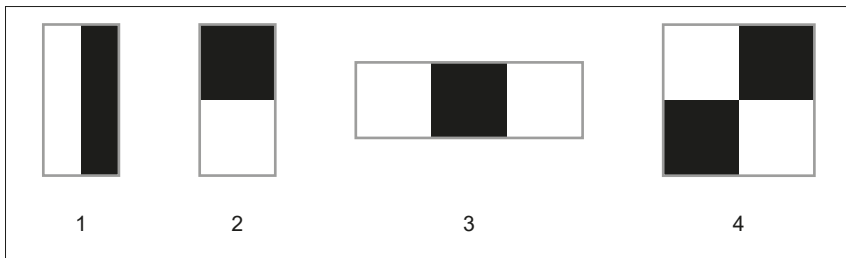
A kaszkádosított osztályozó alapú objektumfelismerés

A kaszkádosított osztályozó (*Cascade Classifier*) alapú felismerés manapság az egyik leghatékonyabb és legerősebb módszer általános objektumok való idejű detektálására. Jellemzője, hogy rövid feldolgozási idő alatt képessé válhat nehezen leírható, összetett, komplex objektumok felismerésére hosszabb tanítási folyamat után. Ezek az objektumok szinte tetszőlegesek lehetnek, például arcok, emberek, épületek vagy éppen katonai rendfokozati jelzések, amelyeknél a felismerés megfelelő tanítás esetén változó körülmények között is eredményes maradhat.

A kaszkádosított osztályozó alapú objektumfelismerés folyamata

A felismerés konkrét folyamata több jellegzetességtípus segítségével történik, ilyenek például a Haar-szerű jellegzetességek (*Haar-Like Features*), a *Local Binary Patterns (LBP)* jellegzetességek, illetve a *Histogram of Oriented Gradients (HOG)* jellegzetességek. Ezekből az *OpenCV* eszközei elsősorban a Haar-szerű jellegzetességeket és a LBP-jellegzetességeket támogatják.

A Haar-szerű jellegzetességek nevüket a *Haar Waveletek*hez való hasonlóságuk alapján kapták. A *Haar Wavelet* előnyös lehet a hirtelen átmenetekkel rendelkező jelek elemzésénél, például a gépek szerszám-meghibásodásának felügyeletéhez. Hirtelen átmenetekkel rendelkező jelek egy fényképen is lehetnek, például egy tárgy éleinél vagy derékszögnél, ahol a környező képkockák más tulajdonságot vesznek fel, mint a vizsgált képkocka. Egy Haar-szerű jellegzetesség szomszédos, azonos méretű és alakú téglalap alakú területeket vizsgál, az ilyen területeken kiszámítja a pixelintenzitások összegét, és ezeknek az összegeknek a különbségeit vizsgálja (egymáshoz képest). Ezen különbségek alapján az egyes területeket (egymáshoz képest) sötétnek vagy világosnak nyilvánítja, ami alapján a kép részeit kategorizálni tudja.



7. ábra. Haar-jellegzetesség-típusok

Forrás: a szerző szerkesztése

A 7. ábra bemutatja a Haar-szerű jellegzetességtípusokat, amelyek a következők: az úgynevezett kettőtéglalap- (1 és 2), háromtéglalap- (3) és négýtéglalap- (4) jellegzetesség. Az arcon lévő szemnél például az alsó részén lehet egy 2-es Haar-jellegzetesség. A felső sötét kocka a szem, míg az alsó világosabb kocka a bőr. Így meg lehet különböztetni például a szemet az arcon, hiszen a szem körvonala élesen eltér a körülötte lévő bőr jellegzetességétől, azaz színétől.

A módszer eredeti változatát Paul Viola és Michael Jones publikálta 2001-ben.⁸ A módszer kifejlesztését elsősorban az arcfelismerés motiválta, amellyel sikerült az első valós idejű arcfelismerők egyikét megvalósítani, amely egy Intel Pentium III számítógépen 15 képkocka/másodperc sebességgel futott.

Az objektumfelismerési keretrendszer a Haar-szerű jellegzetességek felhasználásával képes elérni a gyors és hatékony felismerést. Ehhez szükséges még egy új képbábrázolás (integrált kép), amely segítségével lehetővé válik a felismerő által felhasznált jellegzetességek rendkívül gyors kiértékelése. Szükséges még egy osztályozó létrehozására felhasznált módszer, amely során *Adaptive Boosting* (*AdaBoost*) segítségével vizuális jellegzetességeket választunk ki nagyobb készletből. A harmadik lépésben szükséges egy módszer, amely lehetővé teszi a kép háttérterületeinek gyors kiszűrését, ezáltal több számítást felhasználva az ígéretesnek tűnő objektumszerű képrészletre.

Rainer Lienhart és Jochen Maydt a Haar-szerű jellegzetességek kibővített változatát publikálták 2002-ben.⁹ Ebben a változatban az objektumfelismerést olyan módon próbálták meg fejleszteni, amelyben bevezették a jellegzetességek 45°-kal elforgatott változatát. Ennek a kibővített változatnak a felhasználásával sok

⁸ VIOLA–JONES 2001.

⁹ LIENHART–MAYDT 2002.

helyzetben pontosabban leírhatók a felismerendő objektumok, így meglehetősen hatékonynak bizonyulnak. Az elforgatott jellegzetességek hatékony kiszámításához az integrálképek eredeti formájukban nem voltak felhasználhatók, ezért ennek egy módosított változatát definiálták. Az integrálkép elforgatott változatában (*Rotated Integral Image; RII*) a mezők értéke az eredeti, tőlük bal felső régióba eső pixelek helyett annak a régiónak az óramutató járásával ellentétesen 45°-kal elforgatott verziójába eső pixeleket összegzi.

Ezt az elforgatott integrálképet az eredeti kép pixelein kétszer végighaladva lehet kiszámítani, tehát az eredeti integrálképhez képest körülbelül kétszer lassabban számolható, ez azonban még mindig nagyon gyorsnak mondható.

A felismerés során adott méretű célablak mozog a bemeneti képen, és a Haar-szerű jellegzetességeket az ablak minden helyén kiszámítják. Annak érdekében, hogy több méretben is felismerhessük az objektumot, az osztályozó könnyen átméretezhető.

Ahhoz tehát, hogy egy ismeretlen méretű katonai rendfokozati jelzést is felismerjen a folyamat, a pásztázást iteratívan többször el kell végezni az osztályozó különböző méretű változataival. Ha a kaszkádban bármely osztályozó elveti a részterületet, a feldolgozás véget ér azzal a következtetéssel, hogy a katonai jelzés nem szerepel a képen. Ha a részterület sikeresen keresztüljut minden osztályozón, a katonai rendfokozati jelzés felismerése sikeresnek minősülhet.

Az OpenCV által támogatott kaszkádosított osztályozó alapú objektumfelismerés

Az OpenCV-ben a kaszkádosztályozók alapján való felismerés elvégzéséhez kapcsolódó funkciók a *CascadeClassifier* nevű osztályban találhatók meg. A *load* függvénnyel tölthetjük be az *OpenCV* eszközeivel korábban betanított XML formátumú kaszkádosztályozót, ez lehet Haar-szerű vagy LBP-jellegzetesség-típusú is.¹⁰ Ezután a detektálást a *detectMultiScale* függvénnyel végezhetjük el.

A függvény paramétere a bemeneti kép, a felismert objektumok helyét tartalmazó téglalapok listája (kimeneti paraméter), a skálázási faktor, a szomszédok minimális száma, egy *flags* mező, továbbá a felismerni kívánt objektum minimális és maximális mérete. Az objektumot a megadott minimális és maximális méret között keresik, a keresett objektum mérete minden iterációban a skálázási

¹⁰ BUENO GARCÍA et al. 2015.

faktorral változik meg. A nagyobb érték itt nagyobb megbízhatóságot, de kisebb pontosságot jelent.

Osztályozók létrehozására az *OpenCV* az *Opencv Traincascade* nevű eszközzel rendelkezik, amely a bemeneti képek és a megadott paraméterek alapján el tudja végezni egy kaszkádosztályozó betanítását.

Ahhoz, hogy a módszert katonai rendfokozati jelzések felismerésére használjuk, fontos a rendszer betanítása. Mivel ezek a jelzések (magyar és külföldi) száma elérheti az 1000-et, így a betanítási folyamat hosszúnak tűnhet, de az eredmény gyors felismerést tesz lehetővé.

A jellegzetességmegfeleltetés-alapú objektumfelismerés

A jellegzetességmegfeleltetés (*Feature Matching*) módszerével a képek jellegzetességeit közvetlenül is felhasználhatjuk a katonai rangjelzések felismerésére. A jellegzetességmegfeleltetés módszere jellegzetes pontokat keres a bemeneti képeken, majd az egymáshoz hasonló jellegzetes pontokat megpróbálja megfeleltetni egymásnak. Ha kellően sok pontot sikerült megfeleltetni a képek között egymásnak, és a pontok elhelyezkedése is konzisztens, az arra utalhat, hogy a képeken ugyanaz a katonai rangjelzés szerepel.

A jellegzetességmegfeleltetés-alapú objektumfelismerés folyamata

A jellegzetességek a képeken bizonyos szerkezetet, alakokat jelölnek, így ezek lehetnek egyszerűbb dolgok, mint például pontok vagy élek, de akár összetettebb szerkezetek is.

Adott jellegzetesség konkrét ábrázolása számos különböző módon történhet, például a kép egy pontján van-e él, vagy nincs, ezt jelölhetjük egyszerű logikai értékkel. Egy másik megközelítés szerint leírhatjuk a jellegzetességet a pont körüli terület átlagos színe vagy a pont kontrasztja alapján.

Egy jellegzetesség konkrét reprezentációját a jellegzetesség leírójának nevezzük. Időnként nem elegendő csak egyfajta jellegzetességleíró ahhoz, hogy megfelelő információnk legyen a képről, így több jellegzetességleíró is tartozhat a kép egy-egy pontjához. Az így kapott információkat gyakran egyetlen vektorba szervezik, amelyre jellegzetességvektor néven hivatkoznak.

Egy leíró lehet alacsonyabb szintű (amely például csak egyszerű élek jelenlétére utal) vagy összetettebb (amely például a pont nagyobb környezetét is pontosan jellemzi színek, alakok alapján vagy több egyéb szempontból).¹¹

A katonai rendfokozati jelzések felismeréséhez elegendő az élek felismertetése, hiszen láttuk, a 6. táblázat szerint az altisztek és a főtiszték közötti különbség egy csík a jelzésben, amelynek a felismertetése az élek felismertetésén alapszik. Mivel ez egy egyszerűbb leíróval lehetséges, így a felismerés is könnyebb és gyorsabb lesz, mivel az alacsonyabb szintű leírókat általában könnyű kiszámítani és ábrázolni is.

Az OpenCV által támogatott jellegzetességmegfeleltetés- alapú objektumfelismerés

Az *OpenCV*-ben a leírók többdimenziós tér vektoraiként vannak definiálva.¹² A könyvtár két főbb típusú leírót tartalmaz: a lebegőpontosat és a binárisat.

Az *OpenCV* közös interfészeket biztosít a folyamat minden fontos lépéséhez: a *FeatureDetector* a jellegzetesség detektálásához, a *DescriptorExtractor* a jellegzetesség kivonatolásához és a *DescriptorMatcher* a jellegzetesség megfeleltetéséhez.

A *FeatureDetector* interfész elvégzi a jellegzetességek keresését a megadott képen vagy képeken, és kimenetként *KeyPoint* típusú adatokat tartalmazó halmazt hoz létre. A halmaz tartalmazza többek között a pontok koordinátáinak, méretének, orientációjának és illeszkedése mértékének adatait.

A *DescriptorExtractor* interfész funkciója a *detect* metódus, amely a *KeyPoint* típusokként megadott kulcspontok helyein kiszámítja a jellegzetességek leíróit, azaz létrehoz egy mátrixot, amelynek minden sora egy kulcsponthoz tartozó leíró vektor.

A *DescriptorMatcher* interfész a leírók egyik halmazában lévő elemekhez megkeresi a másik halmazból a legközelebbi leírókat. Az eredményt az interfész *DMatch* adattípusként adja vissza, amely tartalmazza a találathoz kapcsolódó két leíró azonosítóját, a kép azonosítóját és a távolságot, amely a találat minőségére utal.

¹¹ SHOJANIA 2003.

¹² JOSHI – MILLAN ESCRIVA – GODOY 2016.

A módszer segítségével megvalósított katonai rendfokozatijelzés-felismerés hatékonyságát és sebességét döntő mértékben meghatározzák a folyamat egyes fázisai (detektálás, leírókészítés, megfeleltetés) során felhasznált konkrét módszerek tulajdonságai és a folyamat kimenetének (egymásnak megfeleltetett leírópárok) konkrét felhasználási módja is. Mivel a módszer leginkább a fixen sok jellegzetes, jól leírható ponttal rendelkező objektumok esetén működik kiválóan, így a katonai rendfokozati jelzés felismerésnél is használható.

Megfelelő módszerek felhasználásával a felismerés futási sebessége kielégítő lehet okostelefonokon való közel valós idejű felhasználáshoz is. A tárhelyigény a felismerendő katonai rendfokozati jelzéseket tartalmazó adathalmaztól függ, azok mennyiségétől és méretétől.

Következtetések

Az MI az évek múlásával egyre komplexebb feladatok ellátására lesz alkalmas. A távoli jövőben elképzelhető, hogy képes lesz az emberi gondolkodást utánozni, azaz helyettesíteni az embert, a katonát. Az MI alkalmas átvenni számos katonai számítási és következtetési feladatot, kiterjeszti az emberi gondolkodást, így jobb döntést hozhat, mint az ember.

Számtalan robotokkal és MI-vel kapcsolatos cikk, írás jelenik meg nap mint nap a világhálón és a tudományos folyóiratokban. A legtöbbjük az MI-ről készült anyagokban az MI felhasználási területét, az ember mindennapjaira gyakorolt hatását és veszélyeit emeli ki. Ez a publikáció rávilágít egy fontos katonai alkalmazási területre, ahol az MI-vel támogatott gépi látást használhatjuk a katona látás útján történő objektumfelismerési képességének növelésére.

A gépi látás központi eleme egy neurális háló, amely feldolgozza a kapott értékeket, s kiszámítja a megoldást. A neurális hálózatok elterjedése magával hozta az azokat támogató, nyílt forráskódú modellező rendszerek nagy számát, mint például a publikációban tárgyalt *OpenCV*. A nyílt forráskód lehetővé teszi a katonai alkalmazást is, így a publikációban említett katonai rendfokozati jelzések felismerését is elérhetővé teszi. A legeredményesebb módszer talán a jellegzetességmegfeleltetés-alapú objektumfelismerés lehet a katonai rendfokozati jelzések felismertetésére. Ez a felismertetés gyors, és akár a szolgálati mobiltelefonon is lehetne futtatni a programot.

A dolgozatban bemutatott felismertetési módszerek sebességének mindegyike függ a felismertetendő objektumok számától. A betanítási folyamat pedig

a felismertetendő objektumokról készült fényképek darabszámától is függhet, és akár több napot is igénybe vehet.

Fontos felhasználási terület lehet még a katonai műveleti területen feladatot végrehajtó digitális katona támogatása olyan gépi látással működő eszközzel, amely esetleg integrálható a rendszerébe. A gépi látás képes működni, amikor a katona alszik, vagy képes látni a katona helyett, és őrizni a biztonságát. A modern harcokban már drónokat is használnak minden katonai és civil célpont ellen, így a digitális katona ellen is. A drónok gyorsan, a legvértelenebb időben csapnak le áldozatukra, így ezek időbeni felismerése kritikus pontja a lövészárokban szolgálatot teljesítő katonák túlélésének.

Felhasznált irodalom

2012. évi CCV. törvény a honvédek jogállásáról. 1. melléklet: Az állománycsoportok, a rendfokozati csoportok és a rendfokozatok.
- BRAHMBHATT, Samarth (2013): *Practical OpenCV*. New York: APress. Online: <https://doi.org/10.1007/978-1-4302-6080-6>
- BUENO GARCÍA, Gloria et al. (2015): *Learning Image Processing with OpenCV*. Birmingham: Packt.
- JOSHI, Prateek – MILLAN ESCRIVA, David – GODOY, Vinicius (2016): *OpenCV by Example*. Birmingham: Packt.
- KOLLÁR Csaba – NAGY Barna (2021): A mesterséges intelligencia felhasználási lehetőségei az objektumfelismerésben. *Biztonságtudományi Szemle*, 3(2), 123–140.
- LIENHART, Rainer – MAYDT, Jochen (2002): An Extended Set of Haar-Like Features for Rapid Object Detection. *IEEE International Conference*. Rochester, 22–25 September.
- OpenCV nyílt forráskódú számítógépes látástechnológia* [é. n.]. Online: <https://docs.opencv.org/3.2.0/>
- PAJANKAR, Ashwin (2015): *Raspberry Pi Computer Vision Programming*. Birmingham: Packt.
- PORKOLÁB Imre – NÉGYESI Imre (2019): A mesterséges intelligencia alkalmazási lehetőségeinek kutatása a haderőben. *Honvédségi Szemle*, 147(5), 3–19. Online: <https://honvedelem.hu/images/media/5f2bd1646eeb8298912683.pdf>
- SHOJANIA, Hassan (2003): *Real-Time Traffic Sign Detection*. Online: <https://hassan.shojania.com/pdf/TrafficSignDetection-Paper.pdf>
- VIOLA, Paul – JONES, Michael (2001): Rapid Object Detection Using a Boosted Cascade of Simple Features, in Computer Vision and Pattern Recognition. *Proceedings of the 2001 IEEE Computer Society Conference*, 1, I–511.

Manga László¹

A súlyos nukleáris baleseteket követő környezeti sugárzásihelyzet-felmérési eljárások és módszerek kutatása és fejlesztése

A súlyos nukleáris balesetek igen nagy veszélyt jelentenek a környezetre és egyben az élő szervezetekre. Erre sajnos az idők folyamán több példa is volt. Munkámban olyan fejlesztési megoldásokat és lehetőségeket mutatok be, amelyekkel egy atomerőmű vagy más nukleáris létesítmény még szélsőséges körülmények között is meg tudja valósítani a nukleáris környezet-ellenőrzést. Kitérek olyan rendszerekre, eszközökre, amelyekkel a sugárhelyzet-értékelés hatékonyságát növelni lehet, megkönnyítve a döntéshozók gyors és optimális döntését, ezzel elősegítve a környezetterhelés minimalizálását.

Kulcsszavak: súlyos nukleáris baleset, nukleáris környezet-ellenőrző rendszer, sugárhelyzet-értékelés, sugárfelderítés

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTAL RADIATION SITUATION ASSESSMENT PROCEDURES AND METHODS FOLLOWING SERIOUS NUCLEAR ACCIDENTS

The environmental effects of severe nuclear accidents pose a great threat to the environment and to living organisms. Unfortunately, there have been several examples of this over time. In my work, I present development solutions and opportunities which a nuclear power plant or other nuclear facility can implement in nuclear environmental monitoring even under extreme conditions. I will discuss systems and tools that can be used to increase the efficiency of the radiation situation assessment, helping decision-makers to make quick and optimal decisions, thus helping to minimize the environmental impact.

Keywords: severe nuclear accident, nuclear environmental monitoring system, radiation situation assessment, radiation detection

¹ Vezető szervező, MVM Paksi Atomerőmű Zrt. Biztonsági Igazgatóság / Védelmi Főosztály / Baleset-elhárítási Osztály, e-mail: mangal@npp.hu; ORCID ID: 0000-0003-1672-7629.



Bevezetés

Az emberiség történelmét jelentősen befolyásoló, meghatározó tudományos eredmény volt a radioaktivitás felfedezése és annak ipari technológiai alkalmazása. Az atomerőművek világszerte hatalmas jelentőséggel bírnak, nemcsak hasznosságuknak köszönhetően, hanem azok veszélyeit illetően is, amelyek akár katasztrófához is vezethetnek.² Az elmúlt évtizedekben sajnos az ilyen jellegű eseményekre is volt példa, elég, ha csak a csernobili vagy a fukusimai katasztrófákra gondolunk. Emiatt az atomerőművek elterjedésével párhuzamosan a biztonsági előírások is folyamatosan fejlődtek, hogy az energiakinyerés a lehető legnagyobb nukleáris biztonság mellett és a legkisebb környezeti károsítással valósulhasson meg.

A következőkben célom, hogy összefoglalóan ismertessem kutatásaimat, amelyek a nukleáriskörnyezet-ellenőrzés jegyében született fejlesztési javaslatokat és eszközrendszereket vizsgálták. Korszerűsítéseimnek köszönhetően jelentősen csökkenthető a környezet terhelése súlyos nukleáris baleset esetén, ezzel megóvva az emberek egészségét és életét. Kutatási témám napjainkban még aktuálisabb az orosz–ukrán háború miatti energiaválság és az ugyancsak az ehhez az eseményhez köthető zaporizzsjai atomerőmű biztonsága kapcsán. A hosszú távú stratégiai energiapolitikát illetően nemcsak Magyarország, de számos más ország is meghosszabbítja a meglévő atomerőművek üzemidejét, és új atomerőműveket létesít.

Irodalmi áttekintés

Kutatásaim során nagy büszkeséggel töltött el, amikor szembesültem azzal, hogy a Nemzeti Közszolgálati Egyetemen és azon belül is elsősorban a Katonai Műszaki Doktori Iskolában (a továbbiakban: KMDI) milyen sok szaktekinetly publikált a témámmal kapcsolatosan mind hazai, mind nemzetközi szinten, ami nemegyszer még szabadalommal is zárult. Ennek kapcsán mindjárt szeretném kiemelni egyik témavezetőm, Solymosi József, a KMDI alapítója nevét. Külön öröm volt számomra, amikor olvastam MTA-doktori disszertációját a nukleáriskörnyezet-ellenőrző mérőrendszerek témakörében,³ ugyanis kutatásaim

² MANG – KÁTAI-URBÁN 2016: 120.

³ SOLYOSI 1992: 20.

szorosan összefüggenek a nukleáris balesetek és a környezeti monitoringrendszer tanulmányozása kapcsán fejlesztéseivel a nukleáris mérőműszerek tekintetében, amelyhez a szabadalmak is tartoztak.⁴ Műszerfejlesztéseiről írt publikációi nagyban hozzájárultak a kibocsátás- és környezet-ellenőrző rendszeren javasolt méréstechnikai fejlesztéseimhez.

Ugyancsak szeretném kiemelni Padányi József nevét, aki a KMDI jelenlegi vezetőjeként és egyetemi tanárként is segíti többek között a válságreagáló műveletek, a katasztrófák elleni védekezés, illetve a műszaki támogatás kutatási területén kutatók munkáját. Így én is sokat tanulhattam tőle, de említhetném a tőle olvasott angol nyelvű szócikket⁵ is, amely tanulságos volt számomra a tekintetben, hogy a szélsőséges időjárási jelenségek milyen következményekkel járhatnak az energiabiztonság terén, így a nukleáris létesítményekre is. Ezt azért is tartottam fontosnak, mert munkámban én is kitérek a szélsőséges körülményekre, amit fejlesztési javaslataim során figyelembe vettem. Itt említeném meg szerzőtársa, Berek Tamás, a Műveleti Támogató Tanszék vezetője nevét,⁶ aki az ABV-támogatás elméleti és gyakorlati kutatási területe kapcsán⁷ nyújtott nagy segítséget a sugárvédelmi mérőautó és drón ABV-képességeire vonatkozó fejlesztési javaslataim irányvonalai mentén.

Rengeteget tanultam másik témavezetőmtől, Kátai-Urbán Lajostól, az Iparbiztonsági Tanszék vezetőjétől, aki folyamatosan segítette kutatómunkámat, és nagy iparbiztonsági tudásából és szakértelméből mind szóban, mind írásban⁸ ismereteket szerezhettem oktatásainak és szócikkeinek köszönhetően, amelyeket kutatásaim során jól tudtam alkalmazni. Ugyancsak széles látóköréről tanúskodik az általam a környezeti állomások korszerűsítése kapcsán vizsgált sugárzásmérő intelligens detektorok alkalmazásának lehetőségeiről írt cikkben való közreműködése⁹ vagy a sugárszennyezett területek felmérésével kapcsolatosan tett észrevételei,¹⁰ amelyekkel én is sokat foglalkoztam a sugárfelderítő képességek vonatkozásában. Hasonlóan megemlíteném Vass Gyula, a Tűzvédelmi Műszaki Tanszék vezetője nevét, aki Kátai-Urbán Lajossal több

⁴ SOLYMOSI–TÖMÖR–GAÁL 1983; SOLYMOSI et al. 1990a; SOLYMOSI et al. 1990b; SOLYMOSI et al. 1990c.

⁵ PADÁNYI 2013: 30–40.

⁶ FÖLDI–BEREK–PADÁNYI 2021: 87–96.

⁷ BEREK 2012, 2011, 2010.

⁸ KÁTAI–URBÁN et al. 2023: 1–24.

⁹ PETRÁNYI et al. 2021: 24–31.

¹⁰ PETRÁNYI et al. 2023: 915–921.

témában is közreműködött,¹¹ és megosztotta a katasztrófavédelmi intézetben szerzett hatalmas tudását.

Mindenképp szeretném még megemlíteni a több egyetemen is tanító Pátzay Györgyöt, aki szoros kapcsolatot tart az atomerőművel elsősorban a vegyészet területén, de sokat profitáltam szacikkeiből is az atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai révén.¹² Az ugyancsak nagy alkotói múlttal rendelkező Muhoray Árpád munkássága is nagy hatással volt rám elsősorban a nemzetközi és nemzeti szinttel is foglalkozó veszélyhelyzeti, katasztrófavédelmi és védelmi-biztonsági szabályozás terén,¹³ amelyre dolgozatomban én is többször kitérek. Súlyos baleset esetén sok feladat hárul a tűzoltóságra, ezért ezzel kapcsolatosan bővítettem ismereteimet az önkéntes tűzoltók bevonhatóságát illetően, ebben nagy segítségemre voltak a Katasztrófavédelmi Intézet vezetőjének, Varga Ferencnek a szacikkei.¹⁴

Fontos kérdéseket feszeget még a veszélyes üzemek biztonságával foglalkozó áttekintő értékelésében Kátai-Urbán Maxim is,¹⁵ amelyben felhívja a figyelmet, hogy a nukleáris biztonsági szempontok mellett az atomerőműveknél figyelembe kell venni a súlyos balesetek elleni védekezéssel kapcsolatos mértékadó szakirodalmat, illetve ugyancsak nagyon fontos a környezetbiztonság szempontjából, hogy az üzemeltetők magas szinten betartsák a követelményeket, például a veszélyes anyagok tárolásának tervezését illetően, tűz megelőzési és iparbiztonsági szempontból.¹⁶

A nukleáris létesítmények környezetében kialakított monitoringrendszer

Először a Paksi Atomerőmű példáján keresztül bemutatom az Üzemi Környezeti Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszert (a továbbiakban: ÜKSER). Ennek szemléltetésére az 1. ábrát választottam, mivel ezen összefüggésében látható a rendszerek sokszínűsége és komplexitása.

Az 1. ábra bal felső oldalán láthatók a kibocsátás-ellenőrzéshez tartozó távadórendszerek, amelyek a légnemű és folyékony kibocsátáson alapuló aktivitásokat,

¹¹ PETRÁNYI et al. 2021; 2023.

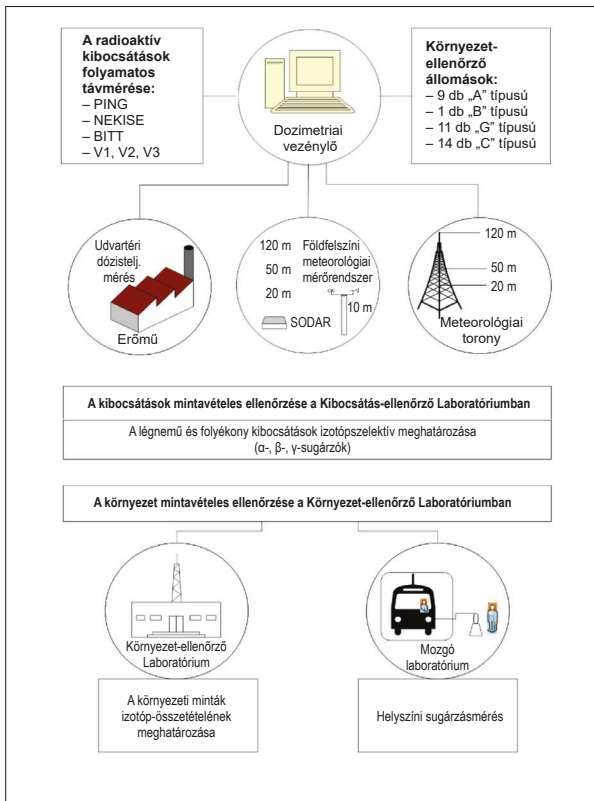
¹² DOBOR–PÁTZAY–KOSSA 2017a, 2017b.

¹³ LÁSZLÓ–MUHORAY 2021; MUHORAY 2021, 2022.

¹⁴ BÉRCZI–VARGA 2014a, 2014b.

¹⁵ KÁTAI-URBÁN 2023: 240–350.

¹⁶ KÁTAI-URBÁN – CIMER 2021: 58–63.



1. ábra. A Paksi Atomerőmű ÜKSER működési sémája

Forrás: MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2022a: 12.6–3

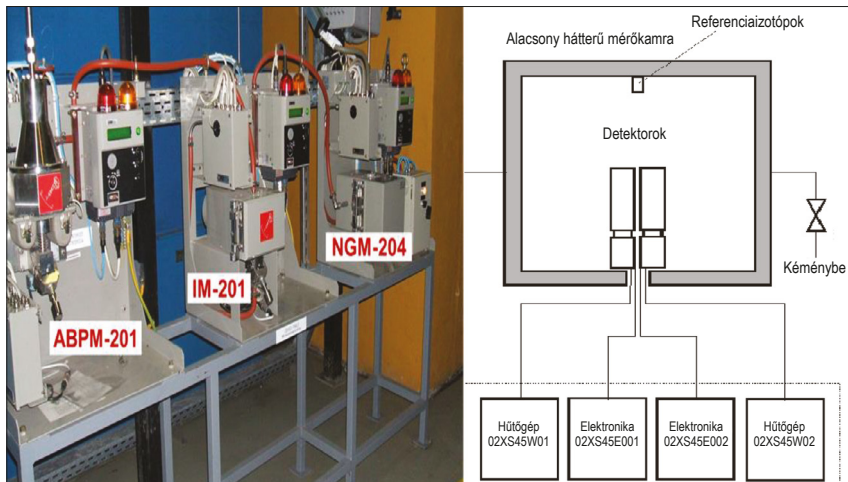
aktivitáskonzentrációkat és dózisteljesítményeket foglalják magukba. Jobb oldalt fent láthatóak az erőműből már kibocsátott légnemű közegek mintázásait és mérését szolgáló távmérő rendszerek, amelyek ugyancsak az előbbieken említett paraméterek monitorozását végzik. Mind a kibocsátás-ellenőrzés, mind a környezet-ellenőrzés kiegészül a mintavételezésen alapuló mérésekkel. A mérések laboratóriumi körülmények között történnek a mintafeldolgozást követően. Ezen kis kimutatási határral rendelkező, precíziós meghatározások a kibocsátott radioaktív anyag fizikai-kémiai jellemzőire is következtetni engednek, ami adott esetben segíti a rendellenes technológia behatárolását.

Súlyos nukleáris baleset esetén azonban elsősorban a gyors monitorozó távadó rendszerekre tudunk támaszkodni. Ilyen szempontból fontos szerepe van a dozimetriai vezénylőnek (az 1. ábra tetején, közepén), ahova a távadórendszerek jelei futnak be. Itt állandó műszakos személyzet gondoskodik a beérkező jelek figyeléséről, és amennyiben anomália tapasztalható, vagy figyelmeztető és/vagy vészszint generálódik, megtörténik a mérőcsatorna „hihetőségvizsgálata”, vagyis – többek között – összehasonlítják az egyes technológiai rendszerek sugárvédelmi paramétereit a kibocsátás- és a környezet-ellenőrzés sugárvédelmi méréseivel.

A környezet terhelésének szempontjából fontos szerepet töltenek be az udvartéri detektorok, amelyek nagy segítséget nyújtanak annak beazonosításában, hogy kémény- vagy épület-kibocsátással állunk szemben egy esetleges baleset során. A kimenekítési útvonalak szempontjából ugyancsak fontos szerepet töltenek be, ugyanúgy, mint a meteorológiai paramétereket szolgáltató rendszerek. Az 1. ábrán tovább lefelé haladva utalás látható a laboratóriumok közül a Környezet-ellenőrző Laboratóriumra, amely Paks belterületén kapott helyet. Ezenkívül a Kibocsátás-ellenőrző Laboratórium végez mintavételen alapuló méréseket, amely viszont az ellenőrzött zónában található. A Környezet-ellenőrző Laboratórium üzemeltetésében van még egy Sugárvédelmi Mérőautó, amely jelenlegi állapotában inkább normál üzemi körülményekre van felkészítve, és helyszíni, ún. *in-situ* mérések és mintavételek végzésére, mérésére használható.

A nukleáris-környezet-ellenőrzés távadó rendszereinek fejlesztése a súlyos nukleáris balesetek tükrében

A továbbiakban bemutatom a nukleáris-környezet-ellenőrzés területén végzett kutatásaimat és fejlesztési javaslataimat, amelyek figyelembe veszik a fukusimai súlyos nukleáris baleset utáni ún. „stresszteszt” eredményeit is, amire a világ összes erőművét kötelezték. Ennek keretében a Paksi Atomerőmű elkészítette a Célzott Biztonsági Felülvizsgálatot, amely sugárvédelmi vonatkozásban kitért a szélsőséges körülmények (földrengés és teljes feszültségkiesés) közötti sugárvédelmi adatszolgáltatás üzembiztonságára, és ennek tükrében felülvizsgáltam azon rendszerelemeket, amelyek súlyos nukleáris baleset esetén létfontosságú adatokat szolgáltatnak. A nukleáris-környezet-ellenőrzés terén tett javaslataim nagy részét már kiviteleztek is, ami véleményem szerint arra enged következtetni, hogy kutatásaim eredményre vezettek és helytállóak.



2. ábra. Az ING- (balra) és a NEKISE- (jobbra) rendszer felépítése

Forrás: a szerző szerkesztése

A kibocsátás-ellenőrzéshez kapcsolódóan megvizsgáltam: a légnemű kibocsátásokhoz kapcsolódó aeroszol-, jód- és nemesgáz- (a továbbiakban: PING) monitoring (2. ábra), valamint a nemesgázok izotópszelektív méréseit végző (a továbbiakban: NEKISE) (2. ábra) rendszereket; az ikerkéményből kiáramló levegő dózisteljesítmény-mérését végző BITT-szondát (3. ábra); a bejövő és kimenő hűtővíz (V1, V2) és az erőműből kibocsátott ún. „mérleg feletti” és tisztított szennyvizek (V3) monitorozását végző vizes állomásokat (4. ábra); a környezet-ellenőrzés kapcsán az erőműből kikerült légnemű kibocsátás ellenőrzését végző állomásokat (A1-9, B, G1-11, C1-14), amelyek elhelyezkedése ugyancsak nyomon követhető a 4. ábrán; a terjedés meghatározásában fontos szerepet játszó meteorológiai rendszereket (SODAR, meteorológiai torony); a dózisteljesítményt mérő udvartéri detektorokat, a kibocsátás- és a környezet-ellenőrzés kapcsán a mintavételezéshez kapcsolódó méréseket, valamint a rendelkezésre álló mérőautót.

A légnemű kibocsátást mérő PING- és NEKISE-rendszer (3. ábra) elemzése után arra a következtetésre jutottam, hogy a felső méréstartomány kiterjesztése és a jódmonitor mintaváltás-kialakítása a megoldás arra, hogy a terjedést számító szoftver a lehető legjobb forrástaggal tudjon számolni, és megfeleljen az ALARA-elvnek. Ez elősegíti a lakossági óvintézkedési ajánlások előrejelzését. A másik rendszerelem, amely mindenképp megoldást nyújt súlyos baleset esetén,



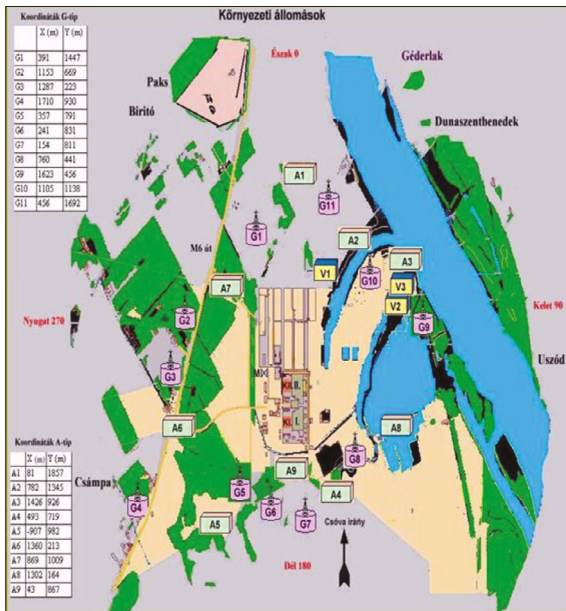
3. ábra. BITT-szonda (balra), légforgalommérő (jobbra)

Forrás: a szerző szerkesztése

a BITT-szonda (3. ábra) mérése és a légforgalom rendelkezésre állása. A szondával kapcsolatosan vizsgálataim kiterjedtek a méréstartományra, a megbízhatóságra, az aktivitáskoncentráció meghatározására, a működési paraméterekre, a föld-rengés és a teljes feszültségkiesés elleni védelemre, valamint a gazdaságossági szempontokra. Ennek tükrében adtam javaslatot a BITT-szonda megerősítésére, redundanciájának kialakítására és vele szoros összefüggésben a légforgalom mérésére. A BITT-szonda széles méréstartománya (10 nSv/h – 10 Sv/h) és egyéb paraméterei mind megfeleltek az elvárásoknak. A nagy megbízhatóságú légforgalom mérését (3. ábra) azért tartottam rendkívül fontosnak, mert a kibocsátás forrását (kémény és/vagy épület) ebből tudjuk meghatározni, ami ugyancsak nagyon fontos az üzemi területen tartózkodók és a környező lakosság szempontjából. Kutatásaim eredményességét alátámasztotta az a tény is, hogy a műszaki leírásba is ez a metodika került be, amelyet azóta meg is valósítottak.¹⁷

A vizes állomásokat szintén elemzésnek vetettem alá, és megállapítottam, hogy ugyancsak szükségeszerű a földrengésállóság és a teljes feszültségvesztés elleni védelem minimum 72 órás áthidalási idővel. Erre azt a megoldási javaslatot tettem, hogy a V1 és a V2 állomás esetén szükséges a normál üzemi szivattyúénál

¹⁷ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2022b: 6–86.

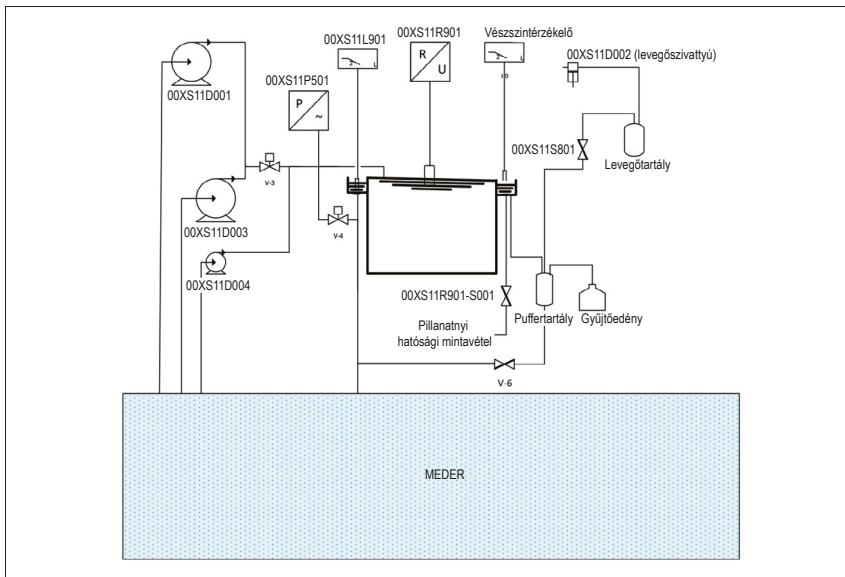


4. ábra. A vizes állomások (V1, V2, V3) és a környezeti állomások (A, G) elhelyezkedése az erőmű környezetében

Forrás: a szerző szerkesztése

kisebb teljesítményű pótszivattyút beépítése, amely akkumulátorokról még tovább tudja biztosítani a folyamatosan frissülő vízmintát (5. ábra). Ezáltal a mintagyűjtő edényzetben a minta tartózkodási ideje ugyan hosszabb, de még mindig elégséges a reprezentativitás fenntartásához. A V3 állomásnál (6. ábra) más mérési metódust javasoltam, mivel itt nincs folyamatos kibocsátás. Itt célszerű a jelenlegi mérés-technikát (puffertartály-vízmérő edényzet) átalakítani oly módon, hogy magát a kibocsátó vezetékét tudjuk monitorozni nagy érzékenységű pajzsdetektorral, amely kibocsátáskor méri a csővezetéken átáramló közeg aktivitását. Az edényzet a mintavételezés miatt továbbra is megmaradhat, de az a csővezetékben lévő áramlási viszonyokkal összehangoltan kell hogy teljesüljön.

További fejlesztési javaslatom volt a redundanciát és a diverzitást szem előtt tartva, hogy vezeték nélküli adatkapcsolat legyen kiépítve a központi adatgyűjtő felé, térjünk át az ipari PLC-vezérlésre, mert ezáltal kiválthatjuk az adatkoncentrátorokat és az ipari számítógépet, amely számossága miatt



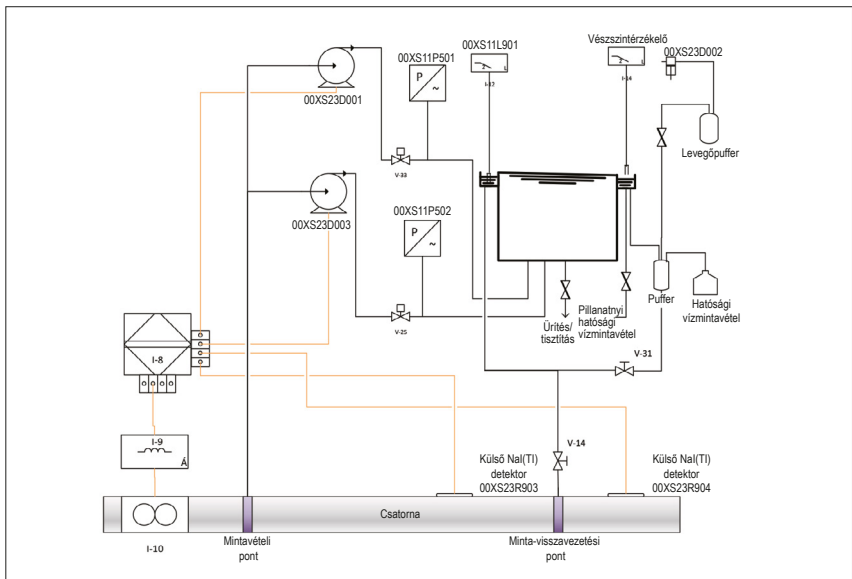
5. ábra. A V1 és a V2 vízmérő állomás koncepcióális kialakítása

Forrás: a szerző szerkesztése

a hiba lehetőségét növelte, valamint szükségszerű a konténer klimatizálással való ellátása a mérések rendelkezésre állásának növelése érdekében (7. ábra). Kutatásaimat és fejlesztési javaslataimat véleményem szerint az is igazolja, hogy instrukcióim alapján dolgozták ki és kiviteleztek a műszaki leírást.¹⁸ Figyelembe véve az üzemidő-hosszabbítás iránti törekvéseket és a leendő Paks 2 környezeti monitoringrendszerbe való integrálásának lehetőségét, hosszabb távon az állomások áramellátását biztosító kábelek és jelkábelek kicserélését is szükségszerűnek tartom, méghozzá földrengésálló módon. További lehetőség az állomások aggregátoros áramellátása – az állomások rendelkeznek csatlakozókkal –, amelyhez plusz aggregátorok beszerzése szükséges.

Az A1-9 (üzemi) és a B (referenciaállomás) típusú állomások (1–1,5 km-es körzet) kapcsán ugyancsak általános érvényű a földrengés elleni védelem és a létfontosságú mérések teljes feszültségkiesés elleni védelme. Továbbá a mérések nagy megbízhatóságú, folyamatos rendelkezésre állása miatt itt is indokolt az állomások

¹⁸ Energiatudományi Központ 2016: 6–86.

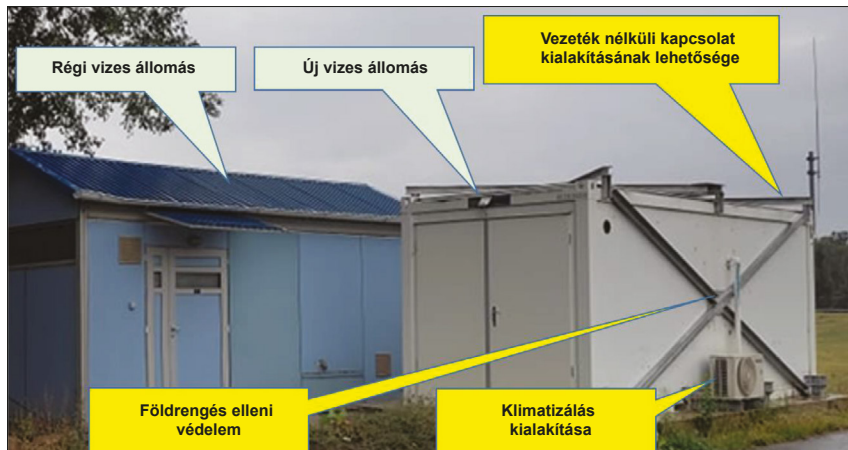


6. ábra. A V3 vízmérő állomás koncepcióális kialakítása

Forrás: a szerző szerkesztése

klimával való ellátása, illetve a hibalehetőségek csökkentése érdekében az ipari PLC-vezérlésre való áttérés. Az akkumulátortelemek a baleseti helyzetben fontos távmérő eszközöket, az ún. kis térfogatú mintavevő és mérőegységeket tartják működésben, amelyek az aeroszok, az elemi és szerves jódok folyamatos monitorozását végzik (8. ábra), valamint a konténeren kívüli nagy méréshatárú BITT-szondát (9. ábra) látják el feszültséggel 72 órás áthidalási idővel. Mérés-technikai szempontból a szerves jódot mérő NaI(Tl) hőstabilizált szcintillációs detektor kicserélését javasoltam hőkompenzált típusúra, ezzel elkerülve a detektor esetleges – hibás automatizmus – túlfűtése miatti mérés megghiúsulását. Ugyancsak mérés-technikai szempontból láttam fontosnak, hogy csak a I-131 izotópra vonatkozzanak az adatok, ezzel sokkal egyszerűbbé és biztosabbá vált a kalibráció elvégzése, ellenőrzése. A cég vezetése és a hatóság ugyancsak helyt adott a javaslatomnak, így a műszaki tervben is ezt dolgozták ki, majd később ezt valósították meg.¹⁹

¹⁹ Energiatudományi Központ 2016: 6–86.



7. ábra. A régi és az új vizes állomás kialakítása

Forrás: a szerző felvétele

Az A1-9 és a B típusú állomások még tartalmaznak a mintavételezés szempontjából fontos eszközöket, úgymint a trícium- és a radiokarbon-mintavevő egységet, a nagy térfogatú mintavevő rendszert, a száraz és a nedves kihullás mintavételezésére szolgáló edényzetet, de ezek fejlesztésére nincs szükség a súlyos nukleáris baleset szempontjából. A C1-14 állomások (30 km-es körzet) távmérés szempontjából nem töltenek be szerepet (passzív eszközzel történő dózismérésre és esetleges mintavételi lehetőséget biztosítanak), ezért részletesen nem térek ki rájuk.

A G1-11 típusú állomásokat is felülvizsgáltam, de esetükben az autonóm áramellátást biztosító napelemek bővítésére nincs szükség, ami biztosítja a nagy méréshatárú dózisteljesítmény-mérő tápellátását. A földrengésállóság szempontjából a tartószerkezet minősítve van, a napelemek rögzítésének földrengés szempontjából való bevizsgálása nem szükséges, mivel a fejlesztés keretében az akkumulátorok kapacitását olyan mértékben kiterjesztették, hogy az a 72 órás áthidalást a napelem elvesztése esetén is messze felülmúlja. Egyetlen korszerűsítés alá tartozó elemet azonosítottam be, a rádiókat, amelyek segítségével megvalósul a vezeték nélküli kommunikáció. Ezek lecserélése az összes többi vezeték nélküli kapcsolatot létesítő állomásnál is alapkritérium volt a stabilabb adatkommunikáció miatt, amelynek specifikációjában a szakterület véleményét kértem ki.²⁰

²⁰ Energiatudományi Központ 2016: 6–86.



9. ábra. A környezeti állomáson kívül elhelyezkedő BITT-szonda

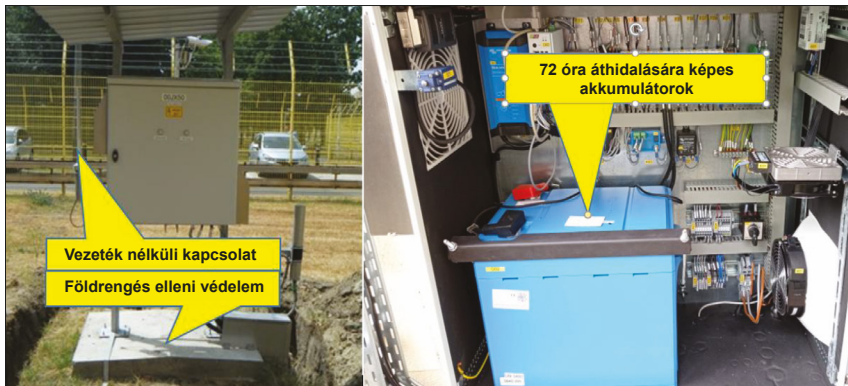
Forrás: a szerző felvétele

A 18 db udvartéri detektor kapcsán ugyancsak több fejlesztési lehetőséggel éltem. A detektorok a fejlesztés előtt csak vezetékes kapcsolattal (jelkábel, betápkábel) rendelkeztek, javaslatomra most már vezeték nélküli kapcsolattal is rendelkeznek, és a helyi akkumulátor segítségével 72 órás áthidalással autonóm működésre is képesek (10. ábra).

A földrengés veszélyére való felkészítés keretében öt db udvartéri detektor áthelyezését javasoltam romhatáron kívülre, ahol nem volt igazolható a környezetben lévő objektum földrengésállósága, és ezek olyan acélállványzatot kaptak a megfelelő alappal (10. ábra), amely az előírt földrengésállósági követelményeknek megfelel.²¹

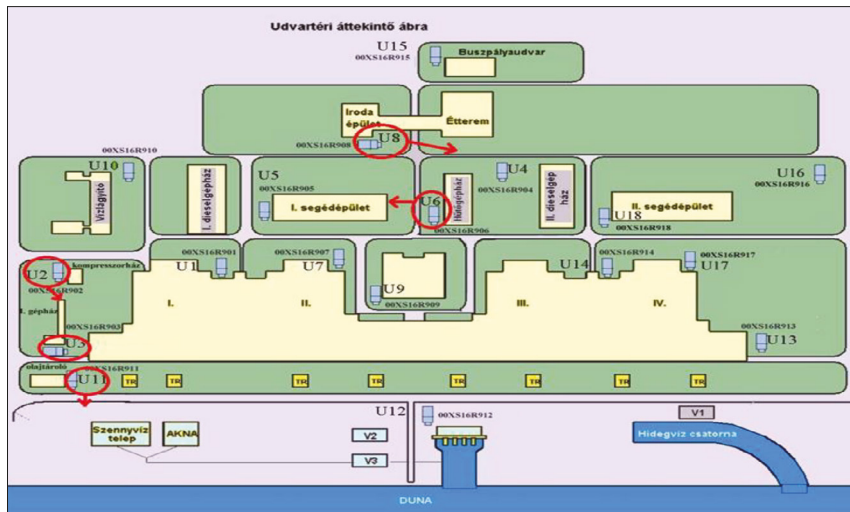
A meteorológiai rendszerek fontos szerepet töltenek be egy esetleges súlyos nukleáris baleset során, hiszen ezen adatok segítségével határozhatók meg a terjedésségi sajátosságok. A jelenlegi rendszerek kielégítik a redundancia és a diverzitás előírásait. A SODAR-rendszer (12. ábra) előnyének tekinthető az egyszerű, mozgó alkatrészek nélküli felépítése: pusztán a földfelszínről kibocsátott ultrahang visszaverődéséből meg tudja határozni a szélprofilot. Ez a konstrukció már telepítése idején kielégítette a földrengés elleni védelem kritériumait, azonban az akkumulátor kapacitására vonatkozóan fejlesztési javaslatokat fogalmaztam

²¹ Energiatudományi Központ 2016: 6–86.



10. ábra. Az udvartéri BITT-szondák fejlesztései

Forrás: a szerző felvétele



11. ábra. Az udvartéri detektorok áthelyezése

romhatáron kívülre

Forrás: a szerző szerkesztése



12. ábra. SODAR-rendszer (balra és középen), meteorológiai torony (jobbra)

Forrás: a szerző felvétele

meg, hogy az előírt 72 órás áthidalásra is képes legyen, illetve az aggregátoros rácsatlakozás lehetőségének kiaknázására plusz aggregátor beszerzésre tettem javaslatot.

A SODAR-rendszer telepítési helyére vonatkozóan a jövőre nézve vannak még javaslataim, figyelembe véve, hogy a körülötte lévő épületek turbulens hatása némiképp torzíthatja az erőmű környezetére jellemző értékeket. A 120 m-es meteorológiai torony (12. ábra) viszont ilyen szempontból megfelelő helyen van, azonban a SODAR-rendszerrel ellentétben nincs bevizsgálva F2-es erősségű tornádó ellen, illetve a rajta elhelyezett eszközök is több karbantartást igényelnek. Mindent összevetve a két rendszer jól kiegészíti egymást, ahol a prioritizált adatszolgáltatást a SODAR végzi.

A mintavételek kapcsán lehetnek olyan jellegű esetek és balesettípusok, amikor kulcsfontosságú a laboratóriumi feldolgozás és az abból kinyerhető adatok. Ezért a 15/2001 (VI. 6.) KöM rendelettel²² összhangban a hatóság által jóváhagyott kibocsátás- és környezet-ellenőrzési szabályzatot javaslom kiegészíteni TA2-4 (várható üzemi eseményekre és tervezési üzemzavarokra) és TAK1-2 (komplex és súlyos balesetekre) üzemi állapotban való mintavételekkel, eljárásokkal.²³

²² 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről. 2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófa-védelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. 4. melléklet.

²³ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019a: 5–34, 31; 4–30.

A nukleárisbaleset-elhárítás sugárhelyzet- értékelési eszközrendszereinek tanulmányozása a súlyos nukleáris balesetek tükrében

A következőkben ugyancsak a Paksi Atomerőmű példáján keresztül mutatom be a nukleárisbaleset-elhárítási rendszert, és azon belül felülvizsgálom a sugárvédelmi vonatkozású feladatokat, valamint meghatározom azon területeket, ahol fejlesztési lehetőségeket látok. A paksi atomerőmű az országos rendelkezésekkel összhangban Balesetelhárítási Szervezetet működtet, amelynek feladata, hogy az Átfogó Veszélyhelyzeti Intézkedési Tervben (a továbbiakban: ÁVIT) foglaltakat kezelni tudja.²⁴ Az ÁVIT tartalmazza többek között a Nukleárisbaleset-elhárítási Intézkedési Tervet.²⁵

A sugárvédelmi vonatkozású feladatokat a Sugárvédelmi Szervezet látja el valamivel több, mint 50 fővel. A szervezeti egységen belül foglal helyet a Sugárhelyzet-értékelő Részleg, a Sugárvédelmi Eszközbiztosító Részleg, a Radio-, Biológiai, Vegyi (a továbbiakban: RBV) Csoport és a Mentésítő Csoport. Az RBV Csoporton belül helyezkedik el a Sugárszennyezettség-mérő Részleg és a Sugárfelderítő Részleg a három Sugárfelderítő Rajjal.²⁶ Figyelembe véve egy esetleges súlyos nukleáris baleset bekövetkeztét most elsősorban a sugárhelyzet-értékelés és a sugárfelderítés eszközeit vettem górcső alá. Teszem mindezt azért, mert véleményem szerint a döntéshozók ilyen helyzetben a technológiai állapotokon kívül ezt kell hogy első körben mérlegre tegyék a környezet és az emberek megóvása érdekében. A sugárhelyzet-értékelés egyik kulcsfontosságú eszköze a terjedést számító szoftver. Az erőmű esetében ez két szoftvert foglal magába. Az egyik a Sugárvédelmi Ellenőrző Rendszer keretei között futó ún. *Dose on Lite* (egyszerűsített online dózisteljesítmény-számító) szoftver (13. ábra), amely a környezeti állomások gammasugárzásának környezeti dózisteljesítmény-egyenértéke alapján extrapolációval határozza meg az erőmű 30 km-es távolságára a dózisteljesítmény-értékeket.²⁷

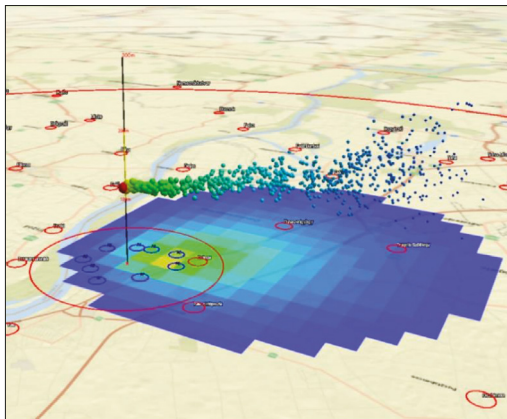
A másik az ún. *Transport Exchange* (TREX) program (14. ábra), amely a forrástag ismeretében tudja számolni a kibocsátott radioaktív anyag térbeli eloszlását Lagrange-féle megközelítést alkalmazva, amely figyelembe veszi a terjedést,

²⁴ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019b: I–V. modul

²⁵ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019b: II. 6–38.

²⁶ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019b: II. 17–19.

²⁷ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019c: 3–62.



14. ábra. TREX terjedésszámító szoftver

Forrás: a szerző szerkesztése

Ez az autó felszerelhető kézi mintavevő eszközökkel és kézi műszerekkel, azonban súlyos nukleáris baleset esetén ennél nagyobb képességekkel célszerű ellátni. Ezért fejlesztési javaslatom az, hogy az erőműben ugyancsak fellelhető, a baleset-elhárítás kötelékében szolgálatot teljesítő sugárárnyékoló (páncélozott), terepi képességekkel és kívül-belül dózisteljesítmény-mérőkkel ellátott csapatszállító autó (16. ábra) képességei legyenek kiegészítve további RBV-képességekkel, és/vagy új beszerzése valósuljon meg. A képességek ki kell hogy terjedjenek az autóba integrált, különböző sugárzásokot (α -, β -, γ -) és méréstartományokat átfogó egyéb sugárzásmérő eszközökre (dózismérők, útvonalmonitoring-rendszerek, felületiszennyezettség-mérők, gammaspektrométerek), mintavételi eszközökre (levegő-, folyadék-, környezeti minták).

Hasonlóan fontos a szennyezett területek jelölésére alkalmas jelölő eszközök kihelyezése, a kollektív védelem érdekében szűrt levegő betáplálása, az enyhe kompresszió létrehozása (ezzel a képességgel a meglévő is rendelkezik). A sugárfelderítők további feladata a vegyi és biológiai felderítés is, ezért célszerű ezekre a feladatokra is felkészíteni a gépjárművet a megfelelő műszerezettséggel (spektrométerek, gázmérők, szennyezettség mérők) együtt. Az RBV-képességek szempontjából fontos része a gépjárműnek a meteorológiai paramétereket mérő egysége is. Ezeken kívül természetesen nagyon fontos szerepet tölt be a kommunikáció és az adatátvitel, amelynek kiépítését redundáns és diverz módon célszerű telepíteni.



15. ábra. Sugárvédelmi mérőkocsi

Forrás: a szerző felvétele

A következőkben olyan eszközrendszer alkalmazhatóságára térek ki, amely a nukleáris létesítmények környezetében még nem terjedt el, így a paksi atomerőmű kapcsán korszakalkotó kezdeményezés. Ezek az eszközök nem mások, mint a drónok. Már igen korán nyilvánvalóvá vált számomra, hogy a légi sugárfelderítés nagyon hatékonyan használható akár kiterjedt radioaktív szennyezések, akár lokális forrópontok, sugárforrások beazonosítására. A helikopteres vagy merev szárnyú drón sugárfelderítési módszerei kapcsán számos cikk született a Katonai Műszaki Doktori Iskola tudományos műhelyében, amelyek arról tájékoztatnak, hogy akár a gyalogos felderítéssel összevethető pontosságot ezen eszközök pontossága, mindezt gyorsan és nagy területek feltérképezése mellett tudják végrehajtani.

Figyelembe kell venni a drónok (17. ábra) azon tulajdonságait, hogy viszonylag olcsók, gyorsan bevetethetők, akár kötélékben is használhatók, a felszerelhető eszközrendszerek (detektorok, mintavételi és megfigyelőeszközök) igen változatosak, üzemeltetésük és tárolásuk viszonylag olcsó, egyszerű és nem utolsósorban az élőerő nélkülözhető, ezzel megfelelve az ALARA-elvnek, vagyis hogy a sugárveszélyes munkahelyen foglalkoztatott személyek sugárterhelése a lehető legalacsonyabb szinten maradjon – a gazdasági-társadalmi tényezők figyelembevételével..



16. ábra. Sugárfelderítési célokra is alkalmazható, sugárnyékolt szállító jármű

Forrás: a szerző felvétele

Vannak olyan drónok is, amelyek speciális működésük révén akár az épületen belüli sugárfelderítésre vagy egyéb feltérképezésre is jól alkalmazhatók sugárvédelmi szempontból. A megfelelő kommunikációs csatornákon keresztül kiegészítő méréseket is tudnak szolgáltatni a sugárhelyzet-értékelőknek, amelyek kulcsfontosságúak lehetnek egy súlyos nukleáris baleset kapcsán.

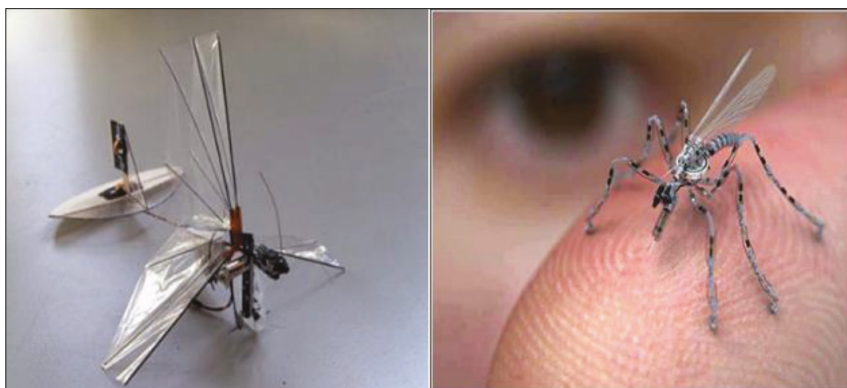
A komplex döntéstámogató szoftver konceptonális kifejlesztése, alkalmazása

Nukleáris létesítmény esetén a legnagyobb kihívás egy esetleges súlyos nukleáris baleset bekövetkezése és annak közben tartása oly módon, hogy a környezetet a lehető legkisebb mértékben terheljük. A döntéshozók ilyenkor rendkívül nehéz helyzetben vannak, hiszen rengeteg adatot, tényezőt és egyéb információt kell figyelembe venniük és mérlegelniük. Ezért gondolom azt, hogy egy komplex döntéstámogató szoftver ezt a munkát nagyban meg tudja könnyíteni, ugyanis az amúgy is rendelkezésre álló távadók adatai – kiegészítve a mobileszközök



17. ábra. Izotópszelektív sugárfelderítésre képes drón

Forrás: a szerző felvétele



18. ábra. Izotópszelektív sugárfelderítésre képes drón

Forrás: MANGA 2016: 189

által szolgáltatott adatokkal – egyéb adatbázisokkal, modellező és előrejelző rendszerekkel egy helyen rendelkezésre tudnának állni. Ezek után olyan szűrések és algoritmusok alkalmazhatók, amelyek révén már csak a releváns adatok maradhatnak, ezzel megkönnyítve a döntéshozók munkáját.

A döntéstámogató szoftver elsődleges célja az, hogy a technológiai rendszerek állapotának monitorozása mellett annak sugárzási paraméterei is nyomon követhetők legyenek. Csak így valósítható meg, hogy a radioaktív kibocsátás mértékével és a kibocsátás helyével/helyeivel tisztában legyünk. Amennyiben ezek az információk rendelkezésre állnak, már könnyebb a döntéseket meghozni a környezet károsításának minimalizálást figyelembe véve. A szoftvert ezenkívül ki lehet bővíteni egyéb funkciókkal is. Gondolok itt az egyéb veszélyhelyzetkezelésekre, amelyek újabb szakterületek bevonását teszik szükségessé. Az ehhez kapcsolódó adatbázisok, mérési eredmények ugyancsak rendelkezésre állnak. További lehetőségként említem meg, hogy az ilyen helyzetekben az illetékes országos szervek és hatóságok felé a megfelelő kicsatolásokkal – amelyek már most is nagyrészt rendelkezésre állnak – az adat- és információáramlást meg lehetne könnyíteni a megfelelő jogosultságok és engedélyek beállításával.

Összefoglalás

Az atomenergia alkalmazása már annyira elterjedt, hogy anélkül az életet már nehéz elképzelni. Az atomerőművek által használt fűtőelemek fajlagosenergia-kinyerése jelenleg semmivel sem összevethető, és ezt normál üzem mellett környezetkímélő módon teszik. Az elmúlt évtizedek néhány sajnálatos eseménye azonban arra is rávilágított, hogy a súlyos nukleáris baleset bekövetkeztével is számolnunk kell. Az ilyen helyzetekben a környezet terhelésének csökkentése létszükség. Tanulmányomban ezt szem előtt tartva teszek fejlesztési javaslatokat a következő témakörökben:

- a) nukleáriskörnyezet-ellenőrzés;
- b) a nukleárisbaleset-elhárítás sugárvédelmi vonatkozású eszközrendszereinek fejlesztése;
- c) a komplex döntéstámogató rendszer kifejlesztése.

Ennek tükrében fejlesztési javaslatokat dolgoztam ki a nukleáriskörnyezet-ellenőrzés terén, amelyek nagy részét már kivitelezték is. Ezek a fejlesztések összefüggésben voltak általános jelleggel a földrengés és a teljes feszültségvesztés elleni védelemmel,

illetve behatároltam azokat a létfontosságú méréseket, amelyek megerősítése vagy kicserélése szükséges volt a súlyos nukleáris balesetet feltételezve.

A nukleárisbaleset-elhárítás szempontjából elsősorban a sugárvédelmi vonatkozású feladatokra fókuszáltam, azon belül is a sugárhelyzet-értékelésre és a sugárfelderítési eszközökre, módszerekre. A sugárhelyzet-értékelés szempontjából fontos szerepet betöltő terjedésszámító szoftverekre fejlesztési irányként adtam meg a jelenlegi szoftverek egymásba integrálását és egyéb modellekkel való kibővítést, amellyel lehetővé válhat a valós forrástagon alapuló terjedésszámítás. További előnyként könyvelhető el, hogy nemcsak 30 km-es körzetre, hanem az épületeken belüli és közvetlen környezetükre is tudnak előrejelzéseket adni rövidebb és hosszabb távon egyaránt.

A sugárfelderítés kapcsán a sugárvédelmi mérőautó fejlesztésére és új eszközrendszerre, a drónok alkalmazhatóságára teszek javaslatot. A sugárvédelmi mérőkocsi kapcsán felsoroltam azokat a szempontokat, amelyeknek meg kell felelni egy esetleges súlyos nukleáris baleset kapcsán. A drónok sugárvédelmi (mérések, mintavételezések, élőerő nélkülözése révén) és gazdaságossági szempontból is jól alkalmazhatók. Mind a merev szárnyú, mind a forgószárnyú modellek létjogosultsága bizonyítható, sőt kötelekben vagy több típus együttes alkalmazása révén komplexebb feladatok elvégzésére is alkalmasak.

A komplex döntéstámogató rendszer kifejlesztésével pedig a döntéshozók munkáját lehet megkönnyíteni, hogy a lehető leggyorsabban a legoptimálisabb döntést tudják meghozni. A szoftver segítségével nyomon követhetők a technológiai állapot mellett annak sugárzási paraméterei és azok kibocsátási útvonalai. A kellő algoritmus alkalmazásával és a megfelelő előrejelző modellek kiegészítésével az adatok szűrhetők lehetnének, hogy csak a releváns adatok álljanak rendelkezésre. A szoftver további lehetőséget biztosíthat a baleset-elhárításban részt vevő országos szervek és a hatóság felé történő kommunikációra és adatszolgáltatásra. Mindent figyelembe véve fejlesztési és újítási javaslataimnak köszönhetően folyamatosan monitorozhatók, modellezhetők a sugárzási viszonyok, aminek révén olyan döntések hozhatók, amelyekkel meg tudjuk óvni környezetünk biztonságát, minimalizálhatjuk annak terhelését és megóvhatjuk az emberek életét és egészségét.

Felhasznált irodalom

- 15/2001. (VI. 6.) KöM rendelet az atomenergia alkalmazása során a levegőbe és vízbe történő radioaktív kibocsátásokról és azok ellenőrzéséről.
2011. évi CXCVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról.
- BÄUMLER Ede et al. (1997): *Univerzális radioaktív sugázmérő műszer és eljárás, valamint rendszertechnikai elrendezés a mérőhatárának kiterjesztésére*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 224 502.
- BÉRCZI László – VARGA Ferenc (2014a): Az önkéntes tűzoltóegyesületek tűzoltási és műszaki mentési feladatai. In *Önkéntesség a katasztrófavédelemben*. Budapest: BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság.
- BÉRCZI László – VARGA Ferenc (2014b): Önkéntes tűzoltó egyesületek: támogatás, kategóriák, önálló szaktevékenység. *Védelem Katasztrófavédelem Szemle*, 20(6), 19–20.
- BEREK Tamás (2010): A jövő tisztjeinek ABV védelmi felkészítésének iránya az ABV jártasság követelményeinek tükrében. *Hadmérnök*, 5(2), 5–16. Online: http://hadmernok.hu/2010_2_berek.pdf
- BEREK Tamás (2011): ABV (CBRN) védelmi alapismeretek. In BÓDI Stefánia et al. (szerk.): *Honvédelmi alapismeretek: Digitális tananyag egyetemisták számára*. Budapest: Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, 1–112.
- BEREK Tamás (2012): ABV védelmi ismeretek. In CZANK László (szerk.): *Katonai alapismeretek*. Munkafüzet. Budapest: Zrínyi, 112–119.
- DOBOR József – PÁTZAY György – KOSSA György (2017a): Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai 1. *Hadmérnök*, 12(1), 58–71. Online: www.hadmernok.hu/171_06_dobor.pdf
- DOBOR József – PÁTZAY György – KOSSA György (2017b): Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai 2. *Hadmérnök*, 12(4), 84–98. Online: www.hadmernok.hu/174_09_dobor.pdf
- Energiatudományi Központ (2016): *A sugárvédelmi ellenőrző rendszer kibocsátás- és környezetellenőrzésének felújítása*. Műszaki Leírás V.1.2. Budapest: EK.
- FÖLDI, László – BEREC, Tamás – PADÁNYI, József (2021): Hungary's Energy and Water Security Countermeasures as Answers to the Challenges of Global Climate Change. *AARMS*, 20(2), 87–96. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2021.2.7>
- KÁTAI-URBÁN Maxim – CIMER Zsolt (2021): A veszélyes anyagot tároló raktárcsarnokok tervezésének tűzvédelmi és iparbiztonsági aspektusai. In HÁBERMAYER Tamás – ACKERMANN Zsuzsanna (szerk.): *II. Iparbiztonsági és hatósági nap*. Konferenciakiadvány. Paks: Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 58–63.
- KÁTAI-URBÁN Maxim (2023): Veszélyes üzemek biztonságával foglalkozó mértékadó tudományos szakirodalom áttekintő értékelése. *Polgári Védelmi Szemle*, 15(DAREnet projekt különszám), 340–351.
- KÁTAI-URBÁN, Maxim et al. (2023): Identification Methodology for Chemical Warehouses Dealing with Flammable Substances Capable of Causing Firewater Pollution. *Fire*, 6(9), 345. Online: <https://doi.org/10.3390/fire6090345>
- LÁSZLÓ Viktória – MUHORAY Árpád (2021): A veszélyhelyzeti szabályozás alkotmányos jogfejlődési tapasztalatainak értékelése. *Hadtudomány*, 31(E-szám), 146–161. Online: <https://doi.org/10.17047/Hadtud.2021.31.E.146>
- MANGA László – KÁTAI-URBÁN Lajos (2016): Nukleáris balesetekből levonható tanulságok – a tudomány állása I. rész. *Bolyai Szemle*, 24(4), 120–136. Online: www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/bolyai-szemle-2016-04.original.pdf

- MANGA László (2016): Drónok és alkalmazási területeik, avagy szóba jöhetnek-e egy esetleges nukleáris baleset esetén. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(2), 183–196. Online: https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2016_2_014_Manga%20Laszlo.pdf
- MUHORAY Árpád (2021): A katasztrófák kezelésének perspektívái és összkormányzati kapcsolódások a 21. században. In Kádár Pál (szerk.): *Védelmi-biztonsági Szabályozási és Kormányzástani Műhelytanulmányok*, (8), 1–22. Online: <https://shorturl.at/knpzW>
- MUHORAY Árpád (2022): A katasztrófavédelem és a védelmi és biztonsági feladatok tükrében. *Polgári Védelmi Szemle*, 14(DAREnet projekt különszám), 64–88. Online: www.mpsv.hu/letoltes/pvszemle/DAREnet_kulon_szam_online.pdf
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2019a): *Kibocsátás Ellenőrzési Szabályzata V04*. Paks: MVM PA Zrt.
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2019b): Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv. Paks: MVM PA Zrt.
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2019c): *SER KK rendszer. Terjedésszámítás a Dose on Lite program algoritmusa*. Paks: MVM PA Zrt.
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2022a): Környezetellenőrzési Szabályzata V4. Paks: MVM PA Zrt.
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2022b): *1-4. Blokk Végleges Biztonsági Jelentés*. Paks: MVM PA Zrt.
- Országos Meteorológiai Szolgálat (2023): *Térképes modell előrejelzés, AROME*. Online: www.met.hu/idojaras/elorejelzes/modellek/
- PADÁNYI, József (2013): National Defence Research on the Effects of Climate Change. *Hadtudomány*, 23(ksz.), 30–40. Online: <https://www.mhtt.eu/hadtudomany/2013/eghajlatvaltozas.pdf>
- PETRÁNYI, János et al. (2023): Assessing the Radiation Contamination of Large Areas Using Advanced Technologies. *Radiation Protection Dosimetry*, 199(8–9), 915–921. Online: <https://doi.org/10.1093/rpd/ncad092>
- PETRÁNYI János et al. (2021): Sugármérő intelligens detektorok alkalmazási lehetőségeinek összefoglalása. *Sugárvédelem*, 14(1), 24–31. Online: www.elftsv.hu/svonline/docs/V14i1/Pet_V14i1.pdf
- SOLYMOSI József et al. (1990): *Eljárás és kapcsolódási elrendezés radioaktív felületi szennyeződés mérésére*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 201 162.
- SOLYMOSI József – TÖMÖR József – GAÁL Lajos (1983): *Eljárás és berendezés atomrobbantások radioaktív termékei által az élő szervezetre gyakorolt sugárveszély mértékének a termékek életkora alapján történő értékelésére*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 177 623.
- SOLYMOSI József (1990c): *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének légi felderítésére*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 201 161.
- SOLYMOSI József (1992): *Nukleáris környezetellenőrző mérőrendszerek. Alkotások leírása*. MTA-disszertáció. Budapest: MTA.
- SOLYMOSI József et al. (1990a): *Eljárás és berendezés béta-sugárzó izotópo(k)a)t tartalmazó minta aktivitásának mérésére nagy intenzitású gamma-sugárzási háttérben*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 200 001.
- SOLYMOSI József et al. (1990b): *Eljárás és berendezés ismeretlen összetételű és/vagy több komponensű, főként hasadási termékekkel kontaminált terepszakaszok sugárszintjének földi felderítésére*. Magyar Szabadalom Lajstromszám: 198 798.
- TREX, *Terjedési-Üledékesi Modell Szimulátor* (2021). Veszprém: Radioökológiai Tisztaságért Társadalmi Szervezet.

A személygépjármű-motorburkolat égése során felszabaduló gázok vizsgálata

A modern járműiparban már nem ritka, hogy a korábban fémből készült alkatrészeket műanyagból készültek váltják fel. Ennek oka a költséghatékony előállítás, a könnyű szerkezet és a gyors utánpótlás. A járművekkel kapcsolatos tüzek vizsgálata összetett kérdéskör, a környezetre gyakorolt hatásokat pedig csak kevesen kutatják. Ebben az írásban egy motortérben alkalmazott műanyag burkolat égésének laboratóriumi vizsgálatát mutatom be, amelyet a motortérbe különböző funkciók ellátása céljából helyeznek el. Az égési gázokat összegyűjtöttem, és gázkromatográfiával értékeltem. Az eredmények azt mutatják, hogy a műanyagborítás égése során felszabadult gázok súlyosan károsak lehetnek a közvetlen környezetre. Ez a cikk tartalmazza a mintavétel módszerét, magát a kísérletet és az eredményeket.

Kulcsszavak: motorburkolat, műanyag, égésgázok, gázkromatográfia, káros gázok

EXAMINATION OF RELEASED GASES DURING THE COMBUSTION OF A PASSENGER CAR ENGINE COVER

Plastic is the most commonly used material in modern vehicle industry. Nowadays, it is not rare that parts previously made from metal are replaced by plastic ones. This is due to cost-effective production, light structure and fast supply. The investigation of vehicle-related fires is a complex issue, and currently environmental effects are out of the research focus. In this paper, I present a laboratory investigation of the combustion gases of a plastic cover used in the engine compartment, which is placed to improve the aesthetics of the engine bay. The combustion gases were collected and evaluated by gas chromatography. The results show that the gases released during the burning of the plastic cover can be seriously harmful to the immediate environment. This article includes the sampling method, the experiment itself, and the results.

Keywords: engine cover, plastic, combustion gases, gas chromatography, harmful gases

¹ Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: pappcsenge1996@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-4950-2461.

Bevezetés

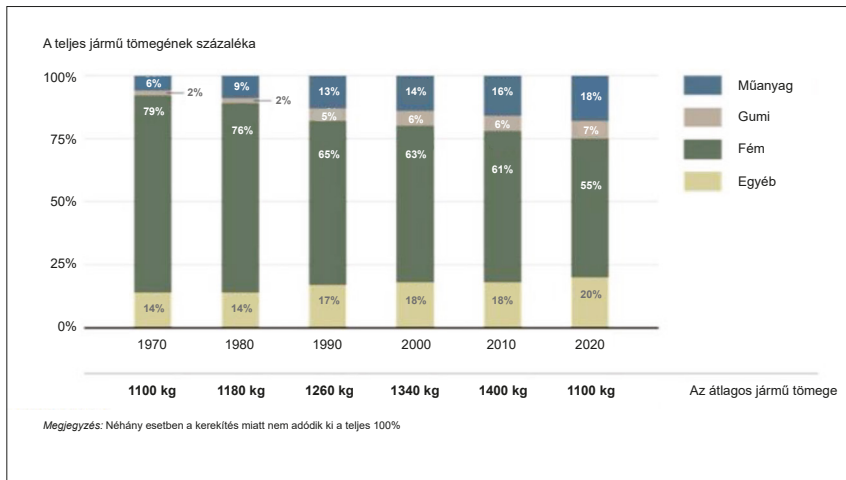
Az autóiparban a különböző méretű és típusú járművek gyártásához sokféle anyagot lehet felhasználni. Az alumínium, az acél, a gumi, az üveg, a réz és a bőr volt a hagyományos beépített anyag. A fejlődés hatására azonban a gyártók új anyagokat fejlesztettek ki. A műanyagok széles körű elterjedése az idők során utolérte a járműgyártást is. Már régóta alkalmaznak műanyagot különböző funkciókkal rendelkező belső és külső burkolathoz, az ülések szerkezeti alkotóelemeiként, támláihoz, az ülőfelület borításához, a kormányhoz, az ajtópanelekhez, az ablaktörlőkhöz, a fényszórókhoz és a lökhárítókhoz. Jól látszik a felsorolásból, hogy a karosszéria és az utastér egyes elemei és a segédberendezések is ebből a mindenre használható anyagból készülnek. Korábban például a lökhárító is a karosszéria anyagából, azaz alumíniumból épült fel. A beltérben inkább a fém- és a faburkolatok domináltak, míg a segédberendezések, mint a már említett ablaktörlő szerkezet is, alumíniumból készültek. Gyakori volt az üveg alkalmazása fényszórók és szélvédők gyártásakor, ma már ezeknél is a műanyag vette át a szerepet.² A hagyományos anyagok műanyagra cserélésének okai a következőkben fogalmazhatóak meg: csökkentett tömeg és üzemanyag-fogyasztás, könnyű tervezhetőség és gyárthatóság. Az autógyártók a műanyagok használatával csökkenthetik az autók tömegét, ami segít csökkenteni az üzemanyag-fogyasztást és ennek eredményeképp a károsanyag-kibocsátást. Ez a legfontosabb célkitűzése a modern járműgyártásnak. Idetartozik még a gyártás költségcsökkentése. A műanyagból készült alkatrészek, elemek gyártása általánosan olcsóbbnak mondható, mint a hagyományos anyagokból készülteké. A műanyagból készült alkatrészek tervezhetősége kedvezőbb, mivel jól formázhatóak, így a gyártók sokkal több lehetőséget kaphatnak az autók külső és belső elemeinek megtervezésére, a bonyolult formák kivitelezésére, és ehhez újabb, korszerűbb gyártási technológiákat is alkalmazhatnak.³

Az 1. ábrán jól látható, hogy az évtizedek során milyen arányban építik be az autóiparban használt főbb anyagokat.

Jelentősen megnövekedett a műanyag alkalmazása, a 2020-as években már a jármű tömegének 18%-át teszi ki. Várhatóan ez a tendencia hasonlóan fog alakulni az elkövetkezendő évtizedekben is, hiszen az autóiparban folyamatosan fejlesztik és kutatják az új műanyagtípusokat és a hozzájuk tartozó gyártási

² OMAR–TÓTH 2021.

³ KUMAR 2015; KRAWCZAK 2021.



1. ábra. A járművekbe épített anyagok tömegének aránya
 Forrás: LEE–FLANIGEN 2012 alapján a szerző szerkesztése

technológiákat. Azonban azzal csak ritkán foglalkoznak, hogy a járműbiztonságra, különösképpen a járműtüzekre a műanyagok széles körű alkalmazása milyen hatással van. Kutatómunkám célja azonosítani a műanyag égése során keletkező káros égésgázokat, és rávilágítani azok környezetkárosító hatásaira.

A járművek tűzbiztonsága

A mobilitás a modern társadalom egyik legfontosabb alappillére. Ez arra enged következtetni, hogy a forgalomban részt vevők számával együtt a balesetek száma is nő. A közúti közlekedésben a biztonság növelése a gyártók egyik fontos célja. A gépjárművek műszaki biztonságát a balesetek valószínűségének csökkentése és a vészhelyzetben való vezetéstámogatás adja. Ehhez járulnak hozzá az ún. aktív és passzív biztonsági rendszerek. Az aktív biztonsági rendszerek közé tartoznak a vezetést támogató rendszerek és eszközök, például kamerák, radarok, vészfékasszisztens stb. Míg a passzív biztonságot a jármű tulajdonságai és biztonsági berendezései adják, például fékek, biztonsági öv, gyűrődési zóna stb. A műanyag-felhasználás nagyban befolyásolhatja a járművek passzív biztonságát, a karosszériát felépítő elemek megbízhatóságának kérdése kulcsfontosságú

lehet baleset bekövetkeztekor.⁴ Kevésbé vizsgált téma azonban a járművekkel kapcsolatos tüzeseteké, azok hatásai az utasokra vagy akár a környezetre. Sajnos még a hagyományos belső égésű motorral szerelt járművek tüzeiről és környezeti hatásairól is csak csekély elérhető kutatás van. Ez összetett téma, ugyanis a gyakorlatban a tűz eredetének már a megállapítása is igen nagy kihívást jelent. Először is ismerni kell a tűzben érintett anyagokat. A meghatározások elvégzése során ismerni kell ezeknek az azonosított anyagoknak a tulajdonságait, mint a gyulladási hőmérséklet, a lobbanás- és olvadáspont vagy a gyúlékonysági hajlam. A tűzről elmondható, hogy az esetek nagy többségében a forró motortérből indul ki, hagyományos meghajtást tekintve. Amikor egy jármű már ég, a nagy károk igen rövid időn belül bekövetkeznek, és a tűz minden elemre áttérjedhet. Általában 10-15 percen belül jelentős pusztítást okoz, és gyakran megsemmisülnek azok a bizonyítékok, amelyek rávilágítanak a tűz okára. Sajnos ilyen rövid időn belül a tűzoltók és egyéb beavatkozók sem érkeznek ki a helyszínre, vagy ha mégis, az oltás megkezdéséhez további időre van szükség.⁵ Előfordulhat, hogy maga az oltás sem lehetséges, például hibrid vagy elektromos jármű égésekor, mert a tűz már olyan nagy felületre terjed ki, vagy az elektromos kábelek és berendezések hatástalanítására sincs lehetőség. Ilyenkor a teljes jármű kiégphet. Egy amerikai kutatásból kiderült, hogy a tüzek 62%-a kifejezetten a jármű motorjára, futóművére vagy kerékfelületeire vezethető vissza. A második leggyakoribb, pontosan 12% az utastérből kiinduló tűz. Tehát a legtöbb tűz a motortérben keletkezik.⁶ Ez igaz az autókra, a teherautókra és a nehézgépekre egyaránt. Az alkatrészek elrendezésének és elrendezésük sűrűségének előzetes ismerete segít megérteni, milyen gyorsan terjed a tűz, melyek azok az anyagok, alkatrészek, amelyek táplálták az égést. A modern járművek motorterében is sok műanyagból készült alkatrész található, amelyek egyszeri meggyulladását követően gyorsan továbbterjednek a tüzek. Mivel már korábbi, megjelenés alatt lévő írásomban én is összegeztem és mások tudományos tapasztalatai is arra világítanak rá, hogy a járműtüzek nagy része a motortérben keletkezik, ezért választottam egy motorburkolatot, hogy égése során azonosítsam a felszabaduló gázokat, mert az ebből levont következtetések általánosak lehetnek más járműtípusoknál is.⁷

⁴ KERTÉSZ–KOVÁCS 2022.

⁵ KANYÓ 2018.

⁶ HIGGINS 2012.

⁷ SMYTH–DILLON 2012.



2. ábra. A vizsgálatban használt motorburkolat

Forrás: a szerző felvétele

A vizsgált minta bemutatása

A vizsgálatban részt vevő motorburkolat a motor tetején helyezik el. Manapság egyre nagyobb divat az egész motorteret egybefüggő műanyagburkolattal lefedni, így eltakarva a szem előtt lévő alkatrészeket, tehát célja az esztétikus megjelenés. Ezenkívül más feladata is lehet, a márkaszervizek plombával jelölik meg ezt a burkolatot, hogy a motortérben csak hivatalos szakember végezhesen munkálatokat. A motorból kijövő zajok csökkentése érdekében is alkalmazzák, továbbá megvédi a szelepvezérlés elemeit a motortérbe kerülő portól és nedvességtől. A korábbi típusokban ez nem volt bevett gyakorlat, inkább a német márkákra volt jellemző. Így esett választásom a Golf III Cabriolet 1997-ben gyártott személygépjármű burkolatára.

A burkolat anyaga ismert, a hátoldalon szereplő PP GF30 szabványos jelölés alapján. Ez 30%-ban üvegszállal megerősített polipropilén típusú műanyag. Ismérve, hogy az üvegszálas megerősítés növeli az anyag szilárdságát

és merevségét, miközben javítja ütésállóságát és hőtűrő képességét. Emiatt a PP GF30 anyagot gyakran használják az autóiparban, az elektronikai iparban és más olyan iparágakban is, ahol szilárdságra és merevségre van szükség. A burkolatból egy 100×100 mm nagyságú, 30 g mért tömegű mintát kellett előkészítenem.

A vizsgálat bemutatása

A vizsgált minta égésgázkomponenseinek meghatározásához gázkromatográfiás módszert alkalmaztam. A gázkromatográfiás vizsgálatot emissziós mintavételezés előzi meg, amely a szennyező vegyületek kibocsátásának helyén, zárt terű vegyifülkében történt. Számításba kell venni a vizsgálatot befolyásoló tényezőket, úgymint a légköri nyomást, a hőmérsékletet és a páratartalmat, hogy a füsttel szennyezett levegőben lévő anyagokat megállapítsuk.

1. táblázat. A vizsgálatot befolyásoló tényezők

β	1013 hPa
T_0	273 K
P	1011,38 hPa
T	292 K

Forrás: a szerző szerkesztése

A mintavétel során egy hordozható vákuumszivattyú rövid csőrendszeren keresztül szívja be az égési folyamatból származó különféle gázokat. A csőrendszer része egy speciális SKC Anasorb CSC típusú aktívszemes mintatároló üvegcső. Ez a hordozható szivattyú előtt helyezkedik el, így az égés során keletkező füst minden vegyülete ebbe a tárolóba kerül. A vizsgálatot, azaz a füst szívását célszerű 3–5 perc közötti időtartamig végezni, hogy a mintagyűjtőbe elengedő anyag kerüljön a kiértékelhetőség miatt. Ezen levett minták előkészítése után kerülhet sor a gázkromatográfiás vizsgálatra. A gázkromatográfia (*Gaschromatography*; a továbbiakban: *GC*) termikusan stabil, illékony, szerves és szervetlen vegyületek elválasztására szolgáló eljárás, így ez kiválóan alkalmas a szénhidrogének és származékaik, valamint a környezetszennyező anyagok meghatározására. Elvét tekintve a GC-s elválasztási technika során nincs kölcsönhatás a minta és az inert vivőgáz között. Ez a vivőgáz a működés során állandóan áramlik, ájtuttatva az oszlopon/kolonnán a gőzállapotú komponenseket, így létrehozva



3. ábra. A mintavételezés bemutatása

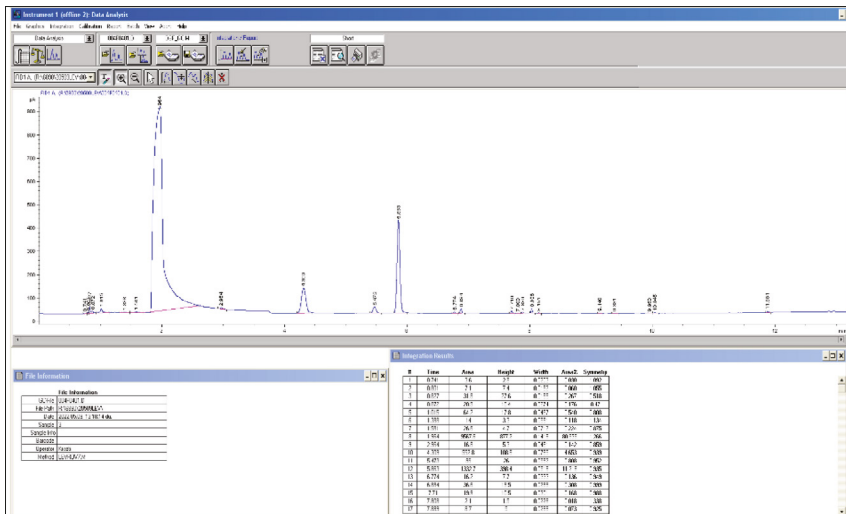
Forrás: a szerző felvétele

az elválasztást, majd a mintát a detektorba továbbítja. Az eljárás során a leggyakrabban alkalmazott detektortípusnak a lángionizációs detektor (*Flame Ionization Detector; FID*) mondható. Felépítését tekintve ez egy elektródpár mellé helyezett, hidrogén- vagy sűrítettlevegő-eleggyel táplált mikroégő. Az oszlopot elhagyó komponensek a detektorlángba jutva többlépéses reakcióban, oxigén közreműködésével ionizálódnak.⁸ Az ionok hatására az elektródok között áram folyik, ami mérhetővé válik. A detektor által előállított és továbbított jel teszi lehetővé az elválasztott komponensek azonosítását és mennyiségi meghatározását.

A gázkromatográfiás vizsgálat eredményei

A begyűjtött minták kiértékelése Agilent Technologies 6890N Network GC rendszeren történt. A fenti módszer szerint elválasztott komponensek detektorjel-idő

⁸ KUZMA et al. 2014.



4. ábra. A műanyag burkolat kromatogramja

Forrás: a szerző felvétele

függvényét kromatogramnak nevezzük. A kromatogram fő jellemzője a retenciós idő (a minta adagolásától az alkotó maximális koncentrációjának megjelenéséig eltelt idő) és a csúc alatti terület, amelyek segítségével számolható a koncentráció.

A 4. ábrán látható kromatogram alapján azonosíthatók a különböző, jelen lévő vegyületek, amelyek koncentrációját a levegőben mg/m³-ben határoztam meg az (1) képlet szerint az MSZ EN 13649:2002 szabvány alapján:

$$c_i = \frac{m_i}{v_{cor}} \times 1000 \quad (1)$$

ahol c_i a vegyület koncentrációja a gázmintában [mg/m³], az m_i a vegyület tömege a gázmintában [mg]; v_{cor} a minta térfogata normál állapotban (273 K és 1013 hPa) száraz gázra vonatkoztatva. A normál állapotú minta koncentrációjának meghatározása a (2) képlet szerint történt:

$$v_{cor} = V \times \frac{p_0}{p} \times \frac{T}{T_0} \quad (2)$$

ahol V a száraz gázminta mért térfogata, p a mintavevő levegő nyomása [hPa], $p_0=1013$ hPa, T pedig a véggázminta tényleges hőmérséklete [K], $T_0=273$ K.

2. táblázat. A jelen lévő vegyületek tömegadatai

Mért adatok	
A száraz végű gázminta mért térfogata [l]	2,000
A minta levegő nyomása [hPa]	1011,380
p_0 [hPa]	1013,000
T_0 [K]	273,000
A véggáz tényleges hőmérséklete [K]	292,000
m_{benzol} [mg]	0,005
m_{etanol} [mg]	0,007
m_{ciklotol} [mg]	0,007
$m_{\text{izopropanol}}$ [mg]	0,009
$m_{\text{terc-butanol}}$ [mg]	0,009
$m_{\text{izobutil-acetil}}$ [mg]	0,013
$m_{\text{izosamil-metil-keton}}$ [mg]	0,003

Forrás: a szerző szerkesztése

A minta térfogata (V_{cor}) literben, normál állapotban, $p_0=1013$ hPa és $T_0=273$ K mellett, száraz gázra a (3) számítás alapján adódik.

$$v_{\text{cor}} = V \times \frac{p_0}{p} \times \frac{T}{T_0} = 9 \times \frac{1013}{1011,38} \times \frac{292}{273} = 9,64 \text{ l} \quad (3)$$

Ezt követően már visszahelyettesíthető az összes vegyület tömege és a minta térfogata az (1) képletbe, amelyből kiadódik a koncentráció. A következő táblázat

tartalmazza ezeket a számolt értékeket, amely jó összehasonlítási alapot adhat a továbbiakban.

3. táblázat. *A jelen lévő vegyületekhez tartozó koncentrációk*

<i>Koncentrációk [mg/m³]</i>	
C_{benzol}	0,9336
C_{toluol}	0,7260
C_{xilolok}	0,7260
$C_{\text{izopropanol}}$	0,9336
$C_{\text{terc-butanol}}$	0,9336
$C_{\text{izobutil-acetát}}$	0,1349
$C_{\text{izosamil-metil-keeton}}$	0,3420

Forrás: a szerző szerkesztése

Fontos megjegyezni, hogy ezek a koncentrációk a 100×100 mm nagyságú és 30 g mért tömegű minta égési folyamata során a levegőbe kerülő vegyületek értékeit adják meg. Érdekes azonban visszatekinteni az 1. ábra oszlopdiagramjain feltüntetett anyagok százalékos megoszlására. A választott személyautó körülbelül 1100 kg tömegű, amelynek durván 15%-a lehet műanyag. Ha a jármű egésze tűz alá kerülne, akkor kb. 165 kg tömegű műanyag állna rendelkezésre éghető anyagként, és ebből a tömegből szabadulna fel az előzőekben feltüntetett vegyületek jó része vagy akár más káros anyagok is.

A fenti táblázat szerint megadott sorrendben a különböző vegyületek élettani hatásai a következők. A benzol erősen mérgező, és belélegezve halált okozhat. Növeli a rákot és más betegségeket – például az aplasztikus anémia (trombózis), az akut leukémia és a csontvelőbetegség kialakulásának kockázatát. Közvetlen belélegzés esetén a toluol mérsékelten vagy súlyosan mérgező. Károsítja az agyat és az idegrendszert, részegséghez hasonló állapotot kelt, ritkán hallucinációt okoz. Az izopropanol lenyelve, bőrön keresztül felszívódva vagy belélegezve mérgezést okozhat. Egy 70 kg testtömegű felnőttél a toxikus hatás 15 g szervezetbe jutásával már jelentkezik. A májban acetonná alakul. Mérgezési tünetek: fejfájás, szédülés, hányinger, hányás, acetonszagú lehelet, eszméletvesztés, kóma. Az izobutil-acetát irritáló hatással van a nyálkahártyára. Belélegezve vagy lenyelve szédülést, hányingert, gyomorfájdalmat okozhat. A felsorolásból kimaradt vegyületek

a bőrön és a szemben okozhatnak irritációt.⁹ Normál expozíciós határértékeiket az Egészségügyi Világszervezet határozza meg; EU-osztályozás: az 1272/2008/EK (CLP)¹⁰ rendelet szerint.

4. táblázat. *A jelen lévő vegyületek kitettségi határértékei a WHO javaslatai alapján, mg/m³-ben*

benzol	3,25
toluol	190,00
xilolok	220,00
izopropanol	500,00
terc-butanol	62,00
izobutil-acetát	480,00
izoamil-metil-ke-ton	47,00

Forrás: a szerző szerkesztése

A járműbe beépített műanyag teljes mennyiségéből adódóan a tűz közvetlen közelében az alábbi anyagok egészségkárosító hatásai már jelentkezhetnek. Könnyen belátható, hogy bár alacsony koncentrációs értékeket adott a 30 g minta gáz-kromatográfiás vizsgálata, ám a teljes jármű égésekor ezek az értékek a kitettségi határértéket 165 kg össztömegű műanyagra vonatkoztatva bőven túllépnék. Mind beleélezve, mind bőrön keresztül felszívódva kifejtene-k súlyos egészségkárosító hatásukat a helyszínen. Ezért is fontos, hogy a balesetben részt vevő személyeket minél gyorsabban kimenekítsék, illetve a beavatkozók a megfelelő felszerelésben kezdjék meg a tűzoltási munkálatokat, és a koncentrációkat a megfelelő berendezések segítségével monitorozzák. Az esetlegesen természeti környezetben okozott károkat számba kell venni, és azok negatív hatásait lehetőség szerint enyhíteni kell.¹¹

⁹ KUTI–ZÓLYOMI 2018; FÖLDI–HALÁSZ–KIS 2009.

¹⁰ Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról.

¹¹ FÖLDI–KUTI 2016.

Az égésgázok környezeti hatásai

Más szerzők írásaiban is találhatunk példát a műanyagok égésekor felszabadult égésgázok azonosítására. A legnagyobb hatást a humán egészségre és a természeti környezetre gyakorolja a műanyagok égése, főként, ha ez nem szabályozott formában történik. Az emberi egészségre kifejtett káros hatásokat már a korábbiakban bemutattam. Az aromás vegyületek, mint a benzol, a toluol és a xilol, hasonló tulajdonságokkal rendelkeznek. Ezeket a mérgező folyadékokat számos iparágban használják, elsősorban oldószerként, sőt még a közlekedés egyik velejárója is az ún. BTEX-vegyületek keletkezése. Leggyakrabban az üzemanyagtöltő állomásokon, az autófűtővezető műhelyekben és a műanyaggal foglalkozó üzemeknél találhatók meg ezek az aromás szénhidrogének. Sajnos nem példátlan, hogy egy esetleges meghibásodás során a természetet károsító anyagok kerülnek a talajba, a vízbe és a levegőbe.¹² A hivatkozott esettanulmányban egy Polgáron működő töltőkúton vezeték meghibásodása miatt kerültek különböző vegyületek a környezetbe. A talajvízből kimutatható a benzol, a toluol, az etil-benzol és a xilolok nagy mennyiségű jelenléte. A benzol a talajban lassan bomlik le, a talajból pedig könnyen a talajvízbe kerül. A toluol a vízi ökoszisztémára mérgező hatású. Szárazföldi ökoszisztémában belégzéssel vagy bőrön át képes hatást gyakorolni a szervezetre. A sejtmembránokon átjutva a nagy zsírtartalmú szövetekben akkumulálódik. A xilol beszívárog a talajba, a talajvízbe, a felszíni vizekbe, ahonnan viszonylag hamar el tud párologni, ezért ritkán fordul elő nagyobb koncentrációban. Az el nem párolgott xilolt jórészt lebontják a mikrobák, amelyek a szerves anyag bontásában (mineralizáció), átalakításában (transzformáció) vesznek részt. Közvetlenül a levegőből belélegezve felszívódik a tüdőből, és a véráramba jut. Gyors a felszívódás a tápcsatornán keresztül, ha olyan ivóvizet vagy élelmiszert fogyasztunk, amely xilollal szennyezett. Máj- és vesekárosító hatású. A terc-butanol enyhén vízszennyező.¹³

Manapság azzal is foglalkozni kell hazánkban, hogy a világjárvány és az elhúzódozó orosz–ukrán háború okozta negatív gazdasági folyamatok miatt a megélhetési költségek egyre növekednek. Ennek eredményeként vidéken sajnos egyre gyakoribb jelenség, hogy a fűtési időszakban a különböző műanyag-hulladékokat használja fel a lakosság tüzelőanyagként. Előnyt jelent, hogy nagy mennyiségben rendelkezésre áll, és kényelmesebb is, mint a szelektív gyűjtés.

¹² TRUZSI et al. 2013.

¹³ PADÁNYI–FÖLDI 2016.

Azonban ennek a folyamatnak is súlyos következményei lehetnek a közvetlen környezetre, főleg a levegő- és talajminőségre nézve. Az az öt polimer, amelyet talán a leggyakrabban használnak, az iparban és ezáltal szinte minden háztartásban megjelenik hulladékként, a következők: polietilén tereftalát (PETE vagy PET), polietilén (PE), polivinil klorid (PVC), polipropilén (PP) és polisztrén (PS). A kísérletben szereplő motorburkolat anyaga is ezek közül való, így a felszabaduló égésgázok rendkívül hasonlóak lehetnek a háztartási műanyagok égetésekor, ugyanakkor a különféle adalékanyagokról csak ritkán jutunk megfelelő információhoz, előfordulhat köztük aromás és kénvegyület is.¹⁴ Ha kéntartalma is volt az elégetett anyagnak, akkor kén-dioxid vagy akár kén-trioxid is keletkezhet. Vízzel alkotott elegyük pedig kénessavat vagy kén-savat képezhet. A műanyagok tökéletlen égése szén-dioxid vagy szén-monoxid keletkezéséhez is vezethet. Ezek azok az anyagok, amelyek hozzájárulnak a savas esők kialakulásához. A csapadék vagy egyéb felszíni víz talajba szivárgásakor talajvíz keletkezik, így az előbb megemlített vegyületek hozzájárulnak a talajvíz minőségi romlásához.¹⁵

Összegzés

A kutatásban egy műanyag motorburkolat égésekor felszabaduló gázokat vizsgáltam gázkromatográfiás eljárással. Sikertült kimutatni, hogy a BTEX-vegyületek jelentős mértékben szabadulnak fel ezen motorburkolatot alkotó műanyag égése során, amelyek az élő szervezetre akut károsító hatásokat fejthetnek ki. Az égés során nagyobb mennyiségben keletkező füst azonban ártalmas lehet a természeti környezetre is, például ha a jármű egésze érintetté válik a tűz által. Ezek a vegyületek nem csupán a levegőt szennyezik közvetlenül, hanem képesek a levegőből és a csapadékból a talajba is bejutni, ezzel súlyosan károsítva az élővilágot. Az általam azonosított koncentrációkat összevetettem a WHO által javasolt kitettségi határértékekkel, amelyek rávilágítottak arra, hogy egy esetleges járműtűz környezetében a baleset pillanatában súlyos egészségkárosodást szenvedhetnek az érintettek. Kijelenthető, hogy manapság az egyik legnagyobb környezeti terhelést a műanyagok égése jelenti, hiszen ez az egyik leggyakrabban alkalmazott anyag világszerte bármilyen iparágat tekintve. Elterjedése nemcsak

¹⁴ BUZÁS–TÓTH 2020.

¹⁵ KUTI et al. 2020.

a járműiparban vehet fel fontos kérdéseket a környezetvédelmet érintően. A tüzek megelőzése az egyik lehetőség, hogy minél kevesebb káros anyag juthasson a környezetbe. A jövőben célom megvizsgálni a közúton bekövetkezett járműtűz okozta környezeti hatásokat is.

Felhasznált irodalom

- Az Európai Parlament és a Tanács 1272/2008/EK rendelete (2008. december 16.) az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról, a 67/548/EGK és az 1999/45/EK irányelv módosításáról és hatályon kívül helyezéséről, valamint az 1907/2006/EK rendelet módosításáról.
- BUZÁS Bettina – TÓTH Judit Zsuzsanna (2020): *Műanyag hulladékok égési tulajdonságainak vizsgálata*. TDK-dolgozat. Miskolc: Miskolci Egyetem Műszaki Anyagtudományi Kar Energia- és Minőségügyi Intézet Tüzeléstani és Hőenergia Intézeti Tanszék.
- FÖLDI László – HALÁSZ László – KIS Erika (2009): *Környezetbiztonság*. Budapest: CompLex.
- FÖLDI, László – KUTI, Rajmund (2016): Characteristics of Forest Fires and Their Impact on the Environment. *AARMS*, 15(1), 5–17. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2016.1.1>
- HIGGINS, Mike (2012): *Vehicle Fires: A Practical Approach*. Online: <https://www.cafsti.org/wp-content/uploads/Vehicle-Fires-a-Practical-Approach.pdf>
- KANYÓ Ferenc (2018): Elektromos gépjárművek tűzoltásának nemzetközi és hazai tapasztalatai. *Védelem Online, Tűz- és Katasztrófavédelmi Szakkönyvtár*, (2), 19–20.
- KERTÉSZ József – KOVÁCS Tünde (2022): Konstruktív megoldások az utolérési balesetek következményeinek csökkentésére. *International Journal of Engineering and Management Sciences*, 7(1), 70–83. Online: <https://doi.org/10.21791/IJEMS.2022.1.6>
- Környezetvédelmi információ* [é. n.]. Online: <https://enfo.hu/>
- KRAWCZAK, Patricia (2021): Automotive Plastics: What Future is There for Polymers in Tomorrow's Electric and Autonomous Vehicles? *eXPRESS Polymer Letters*, 15(4), 288. Online: <https://doi.org/10.3144/expresspolymlett.2021.25>
- KUMAR, Kumar (2015): Flammability of Plastics in Today's Automobiles. *SAE International*, April 14. Online: <https://doi.org/10.4271/2015-01-1380>
- KUTI Rajmund – FÖLDI Alexandra – BEKE Dóra (2020): Közúti balesetek során bekövetkező talajszennyezések és kárelhárítási eljárások vizsgálata. *Hadmérnök*, 14(3), 13–20. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.3.2>
- KUTI Rajmund – ZÓLYOMI Géza (2018): A tüzesetek során képződő füst veszélyei. *Védelem Tudomány*, 3(2), 67–76.
- KUZMA Mónika et al. (2014): *Gyógyszerészi Kémia II. Gyakorlati praktikum*. Pécs: Pécsi Tudományegyetem.
- LEE, Ellen – FLANIGAN, Cynthia (2012): Automotive Plastics and Composites. In *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*. Hoboken, NJ: Wiley. Online: <https://doi.org/10.1002/0471440264.pst023>

- OMAR, Trabelsi – TÓTH László (2021): Új anyagok alkalmazásának megbízhatósági kérdései a járműiparban. *Műszaki Tudományos Közlemények*, 14, 71–76. Online: <https://doi.org/10.33895/mtk-2021.14.11>
- PADÁNYI, József – FÖLDI, László (2014): Environmental Responsibilities of the Military Soldiers Have to be „Greener Berets”. *Economics and Management*, 2, 48–55.
- PADÁNYI, József – FÖLDI, László (2016): Security Research in the Field of Climate Change. In NÁDAI, László – PADÁNYI, József (szerk.): *Critical Infrastructure Protection Research. Results of the First Critical Infrastructure Protection Research Project in Hungary*. Zürich: Springer, 79–90. Online: <https://extras.springer.com/?query=978-3-319-28090-5>
- SMYTH, Suzanne – SCOTT, Dillon (2012): Common Causes of Bus Fires. *SAE International*, April 16. Online: <https://doi.org/10.4271/2012-01-0989>
- TRUZSI Alexandra – BODNÁR Ildikó – LENGYEL Adrienn (2013): Felszín alatti víztest szénhidrogén szennyezésének monitoringja. *Debreceni Műszaki Közlemények*, 12(2), 74–82.

A magas automatizáltságú közlekedési járművek utólagos szakértői vizsgálatához szükséges készségek

A polgári és katonai közlekedési járművek folyamatos fejlődése, az új és egyre precízebb vezetéstámogató funkció megjelenése, a mesterséges intelligencia széles körű elterjedése a közlekedési ágazatban, a járművek komplex szenzorhálózata segítségével összegyűjtött és rendelkezésre álló nagy mennyiségű környezeti információ előrevetíti az egyre inkább önvezetővé váló közlekedési járművek megjelenését. A digitális forenzikus vizsgálatok egyik új területének tekinthető az autonómjárművek utólagos szakértői vizsgálata. A modern járművekhez kapcsolódó vizsgálati célok eléréséhez, az információk kinyeréséhez, feldolgozásához, elemzéséhez, értékeléséhez új készségek megszerzése szükséges. A tervezett tanulmányban meghatározom azon kulcsfontosságú készségelemeket, amelyek nélkülözhetetlenek az új típusú forenzikus vizsgálatok elvégzéséhez.

Kulcsszavak: forenzikus vizsgálat, önvezető járművek, szakértői vizsgálat, NICE

THE NECESSARY SKILLS FOR CONDUCTING FORENSICS EXAMINATIONS ON HIGHLY AUTOMATED TRANSPORT VEHICLES

The continuous development of civil and military transport vehicles, the appearance of new and increasingly precise driver assistance functions, the widespread use of artificial intelligence in the transport sector, and the large amount of environmental information collected and available with the help of the complex sensor network of vehicles foreshadow the emergence of transport vehicles that are becoming increasingly autonomous. One of the new areas of digital forensics testing is the forensics examination of autonomous vehicles. It is necessary to acquire new skills to achieve test goals related to modern cars, extract, process, analyse, and evaluate information. The planned study identifies key skill elements that are essential for conducting new types of forensics studies.

Keywords: digital forensics, autonomous vehicles, forensics examination, NICE

¹ Doktorandusz, Nemzeti Köszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: repas.jozsef@uni-nke.hu; ORCID ID: 0000-0002-1186-4731.

Bevezetés

A polgári és katonai közlekedési járművek folyamatos fejlődése, az egyre inkább önvezetővé váló járművek hozzájárulnak a közlekedés biztonságosabbá tételéhez, az erőforrások felhasználásának optimalizálásához, katonai műveletek során pedig az emberi erőforrás megóvásához, az új műveleti képességek kialakításához. Ahogy a járművek egyre kifinomultabbá válnak, és egyre több vezetéstámogató funkcióval rendelkeznek, egyre bonyolultabbá is válnak. Ez az összetettség megnöveli a kiberbiztonsági aggályokat, mivel a jármű szolgáltatásai és összetevői közötti kommunikáció sérülékeny lehet. A fejlett vezetéstámogató rendszerek biztosítani tudják a járművek egyes funkcióinak ellátását, vagyis lehetőség nyílik a feladatok delegálására, az automatizáltsági szint növekedésével pedig elegendő pusztán ezek felügyelete. A teljes autonómia sem polgári, sem katonai felhasználásban nem jelent még meg, jelen tanulmány írásának idején. Különböző szakértői megközelítések még mindig 5–10 éves távlatra becsülik, annak ellenére, hogy ez az időtartambeccsítés előfordult már 5 évvel ezelőtt is. Mivel a járművek felügyeletéhez, szükség szerinti irányításához nem szükséges a helyszínen lenni, biztonságos, gyors kommunikációs csatornán keresztül ezek a feladatok távolról elvégezhetők. Az emberi interakció azonban eltérő a jármű automatizáltságának függvényében. A szükséges technológia, a felelősségi körök vagy a következmények különbözők. A jármű által végrehajtott feladatok eltérők azok bonyolultsága, kritikussága/fontossága és kockázata szerint. A polgári közlekedésben nem mindegy, hogy a jármű utasokat vagy árut szállít, városi környezetben vagy nagy sebességgel autópályán közlekedik. Harcjármű tekintetében pedig az ellátott feladat vonatkozásában van jelentős eltérés, például anyagmozgatási vagy harci támogató, illetve harci feladatokban. A félautonóm jármű akár a kritikus döntést igénylő feladatok esetén is elvégzi/előkészíti az OODA²-ciklus, azaz az emberi döntéshozatali ciklus lépéseit, azonban az emberi tényező a ciklusban marad, a folyamat felügyelt, szükség szerint megszakítható. A digitális forenzikus vizsgálatok egyik új területének tekinthető a magas automatizáltságú, autonómmá váló járművek utólagos szakértői vizsgálata. A vizsgálati célok eléréséhez, az új technológiai környezetből történő információkinyeréshez, -feldolgozáshoz, -elemzéshez, -értékeléshez új készségek elsajátítása szükséges.

² *Observe, Orient, Decide, Act* – megfigyelés, feldolgozás, döntés, cselekvés.

Jelen tanulmányban meghatározom azon kulcsfontosságú készségelemeket, amelyek nélkülözhetetlenek az új típusú forenzikus vizsgálatok elvégzéséhez.³

Digitális forenzikus vizsgálat modern járművek esetén

A digitalizáció előrehaladtával az élet szinte minden területén szükséges vagy célszerű valamilyen digitális eszköz (például mobiltelefonok, táblagépek, számítógépek stb.) használata feladataink elvégzéséhez. Nehéz olyan területet, szakmát mondani, ahol közvetlenül vagy közvetve ne lennének jelen a digitális eszközök. A közlekedésben kiemelten igaz ez, akár polgári, akár katonai vonatkozásban nézzük, a járművek egyre komplexebb számítógép-, szerver-, tárgyakinternete- (*Internet of Things*, a továbbiakban: IoT), kommunikációs stb. rendszerként értelmezhetők. „Mivel a közlekedési rendszerek kritikus infrastruktúráknak számítanak, különösen nagy jelentőségű a magas rendelkezésre állásuk és a biztonságos működtetésük.”⁴ Fejlett, gyors, biztonságos kommunikációs csatornákon keresztül kommunikálnak egymással, a környezetükkel, a pályaelemekkel, a gyártói vagy szolgáltatói háttérrel. Szenzoraik, együttműködő szenzorhálózatuk segítségével temérdek információt gyűjtenek környezetükről és a közlekedés résztvevőiről. A (személyes) adatok védelme elsődleges feladat, ahogyan annak megállapítása is, hogy egy bekövetkezett (biztonsági) eseményhez kapcsolódóan mi, hogyan, mikor, miért, hol történt, és milyen érintettjei voltak az eseménynek: vagyis az esemény rekonstruálása, a kulcsfontosságú digitális nyomok, objektív bizonyítékok gyűjtése, visszaállítása a megállapítások alátámasztására. Korábban a járművek utólagos szakértői vizsgálata jellemzően tárgyi bizonyítékoknak (például ujjlenyomatok) és a járművek fizikai állapotának a felmérését, ellenőrzését jelentette. Mára a digitalizált járművek esetén a digitális forenzikus vizsgálat a járművekben (különböző vezérlő és adattároló elemeiben) megtalálható, helyreállítható, kinyerhető digitális nyomok elemzésével foglalkozik.⁵ Ezek a digitális nyomok lehetnek:

- a) a járműre, jármű- vagy közlekedési rendszerre vonatkozó információk;
- b) a jármű közlekedéséhez kapcsolódó működési, közlekedési paraméterek;
- c) szenzorinformációk;
- d) a járműben telepített különböző alkalmazások;

³ TÓTH–VÉG 2022; GYARMATI–SIMÓ 2021; RÉPÁS 2023; CHANDEL 2020.

⁴ BÓDI 2022; RÉPÁS et al. 2022.

⁵ HEGYI 2023.

- e) a kommunikációs csatorna adatai (például felhőalapú rendszerek, környezeti és pályához kapcsolódó adatok);
- f) a járműhöz csatlakoztatott eszközökhöz kapcsolódó információk vagy ezen eszközök adatai.

Jól látható, hogy a járművek a saját közlekedésükhöz nélkülözhetetlen információk mellett széles körben tartalmazhatnak információt környezetükről, a közeli járművekről, a járművezetőről vagy az utasokról. Ezek az információk a jövőben még nélkülözhetetlenebbek lesznek az események releváns körülményeinek tisztázása során. Ahhoz, hogy a vizsgálati célokat a szakértők, a szakemberek teljesíteni tudják, számos kihívással kell szembenézniük, amelyek kapcsolódhatnak magához a vizsgálati eljáráshoz vagy a vizsgálati eszközökhöz. Lehetnek műszaki, működési, jogi és vizsgálati kihívások is, amelyek hátráltatják a vizsgálat elvégzését, vagy növelik a vizsgálat idejét, erőforrásigényét.⁶ Ilyen például a szakértői készségek hiánya, amelyek különösen katonai műveletekhez kapcsolódó vizsgálatok esetén válhatnak kritikussá.⁷

A modern járművek szakértői vizsgálatához szükséges készségek

A különleges szakértelmet igénylő területek száma folyamatosan nő, különösen az IT-, az IoT- és egyéb digitális megoldásokat alkalmazó szférákban. A társadalmi viszonyok is egyre bonyolultabbá válnak, ami az igazságszolgáltatásban úgy jelent meg, hogy a peres, illetve a hatósági eljárások tárgyi és szerkezeti összetétele jelentős változáson ment át. Jellemzővé vált, hogy a jogi problémák más szakmákat, szakterületeket érintő előkérdéseket vetnek fel, emiatt megítélésük egyre nehezebbé válik. Ezzel párhuzamosan a bírósági eljárásokban megnőtt az igény a modern tudomány eredményeinek a bizonyítási eljárásban történő felhasználása iránt. Különösen igaz ez a műszaki vonatkozású kérdésekben, például az informatikában és a kommunikációs technológiákkal egyre inkább átszőtt közlekedésben is, ahol a járművek autonómítási szintjének növekedésével is fennmarad az igény a bekövetkezett események utólagos szakértői vizsgálatára, a szakértői tevékenység elvégzésére.

⁶ RÉPÁS–SCHMIDT 2023.

⁷ YAACOUB et al. 2021; *The Phases of Digital Forensics* [é. n.].

Az igazságügyi szakértők feladatait és kötelezettségeit, valamint az igazságügyi vizsgálatok lefolytatására irányuló jogait a nemzeti jogszabályok állapítják meg. A legtöbb ország követelményeket (oktatás, képzés és/vagy igazolás) ír elő az igazságügyi szakértőként történő elismeréshez és adott területen az igazságügyi vizsgálatok lefolytatásához. A 2016. évi XXIX. törvény az igazságügyi szakértőkről (szakértői törvény) az igazságügyi szakértői tevékenységet az alábbiak szerint határozza meg: „Jogszabályban meghatározott követelményeknek megfelelő igazságügyi szakértő, illetve az igazságügyi szakértő munkáját segítő egyéb személyek által, a kirendelő hatóság, bíróság, ügyészség, rendőrség, közjegyző, bírósági végrehajtó (a továbbiakban együtt: hatóság) kirendelése vagy megbízás alapján, e törvény által meghatározott szervezeti keretek között, jellemzően szakértői díj ellenében végzett, a hatóság eljárásaiban különleges szakértelmet igénylő tény vagy egyéb körülmény megállapítását vagy megítélését elősegítő részecselekmények összessége, így különösen a szakvéleményhez szükséges vizsgálatok elvégzése, a szakvélemény előkészítése, elkészítése és előterjesztése, valamint a hatóság kérésére annak kiegészítése és az ezekkel összefüggő valamennyi részecselekmény.”⁸ Vagyis adott szakterületen a vizsgálandó tárgy vagy helyzet szakértelmet kívánó vizsgálatát végzi az igazságügyi szakértő (vagy más néven törvénytisztelő vagy kriminalisztikai szakértő).⁹

A modern járművek igazságügyi szakértői vizsgálata az intelligens közlekedési ökoszisztémában alkalmazott eszközök és bekövetkező események vizsgálatával foglalkozó, igazságügyi szakértői terület. Az ilyen vizsgálatok magukban foglalják például a járművön belüli komponensek, mint a központi egység (*Engine Control Unit*; ECU) vagy a gyártó IT-háttérrendszerében keletkező adatok vizsgálatát, de idetartozhat a járműben utazók mobiltelefonjainak, valamint a jármű és a vele kapcsolatban álló egyéb kommunikációs és közlekedési infrastruktúra adatainak gyűjtése és elemzése is.

A szakemberek kompetenciájának támogatására a Nemzeti Szabványügyi és Technológiai Intézet (*National Institute of Standards and Technology*; a továbbiakban: NIST) által kidolgozott *National Initiative for Cybersecurity Education*¹⁰ (a továbbiakban: NICE) keretrendszer és a *European Cybersecurity Skills Framework*¹¹ (a továbbiakban: ECSF) nyújt szakterület-specifikus alapokat, vagyis a digitális forenzikus vizsgálatokat mint fő témakört illetően.

⁸ 2016. évi XXIX. törvény az igazságügyi szakértőkről.

⁹ *Igazságügyi szakértők* 2021.

¹⁰ *Nemzeti kezdeményezés a kiberbiztonsági oktatásért* – szabad fordításban.

¹¹ *Európai kiberbiztonsági készségfejlesztési keretrendszer* – szabad fordításban.

A NICE keretrendszer ismerteti az egyes munkaszerepekhez kapcsolódó szükséges feladatokat, valamint ezek elvégzéséhez szükséges tudás- és készségelemeket. Az ECSF szilárd, könnyen használható, bővíthető, elérhető, interoperábilis, szektorokon átívelő és az EU szervezeti struktúrájához illeszkedő keretrendszer, amely az európai kiberbiztonsági kultúra megerősítését célozza. A keretrendszerek fő építőköveit alapul véve meghatározhatók a modern járművekhez kapcsolódó szakértői vizsgálatok elvégzéséhez szükséges készségek. A modern járművek vizsgálata vagy az elvégzendő munka minden esetben felbontható feladatokra.

A feladat olyan tevékenység, amely szervezeti vagy jelen témakör szerint a szakértői vizsgálatokhoz kapcsolódó célok elérését szolgálja. A feladatmeghatározásnak olyannak kell lennie, hogy könnyű legyen megérteni, egyértelműen határozza meg, hogy milyen tevékenységet kell végrehajtani. A feladatmeghatározás nem vagy nem minden esetben tartalmazza a feladat célját, ez ugyanis vizsgálatonként eltérő lehet. A feladat meghatározása azt írja le, hogy milyen munkát kell elvégezni. Ez a szakértői vizsgálatok kontextusában azt jelenti, hogy definiáljuk, hogy mi lesz a vizsgálatot végző szakember konkrét, megoldandó feladata.

Mivel az önvezető járművek és a modern közlekedési rendszerek szakértői vizsgálata még egy ideig nem képezi a napi szakértői gyakorlat részét, ezért egyes feladatmeghatározások valójában hipotézisek arról, hogy milyen feladatokat fog valószínűleg ellátni ezekkel megbízott szakértő. A szakértői törvény az igazságügyi szakértő feladatát az alábbiak szerint határozza meg:

„Az igazságügyi szakértő feladata, hogy a hatóság kirendelése vagy megbízás alapján, a tudomány és a műszaki fejlődés eredményeinek felhasználásával készített szakvéleménnyel, a függetlenség és pártatlanság követelményének megtartásával döntse el a szakkérdést, és segítse a tényállás megállapítását.”

A cél annak biztosítása, hogy a vizsgálat során minden olyan digitális bizonyítékot feltárjanak, amely igazolja a vizsgált tevékenységet:

- a) természetes személyekhez kapcsolja a nyomokat;
- b) rögzíti, visszaállítja, azonosítja és megőrzi a vizsgált rendszerek állapotát, bemeneteit, kimeneteit és folyamatait;
- c) elemzi, rekonstruálja és értelmezi a digitális nyomokat;
- d) elfogulatlan, minőségi nézetből mutatja be az eredményeket, azok értelmezése nélkül.

Jelen tanulmányban nem mutatom be részletesen az önvezető járművek és a modern közlekedési rendszerek szakértői vizsgálatához kapcsolódó

feladatokat, csupán a vizsgálati lépésekhez kapcsolódó főbb feladatokat, az ECSF figyelembevételével:

- a) a vizsgálatok belső szabályainak, terveinek és eljárásainak kidolgozása;
- b) a digitális nyomok azonosítása, helyreállítása, kinyerése, dokumentálása és elemzése;
- c) a jogosulatlan és jogellenes cselekmények bizonyítékainak feltárása;
- d) a szakértői elemzések lépéseinek, megállapításainak és eredményeinek részletes dokumentálása, riportálása és bemutatása;
- e) a vizsgálati, elemzési és jelentési technikák kiválasztása és testreszabása;
- f) a digitális bizonyítékok megőrzése és védelme.¹²

Adott feladat elvégzéséhez meghatározhatóak a szükséges tudás- és készségelemek. Ezek meghatározása elősegíti a szakértői feladatok ellátásához szükséges ismeretek egységesítését, kategorizálását, meghatározását és kommunikálását.

A készség definiálható mint megfigyelhető kompetencia egy tanult motoros tevékenység végrehajtásához. A kiberbiztonsághoz szükséges készségek kevésbé támaszkodnak az eszközök fizikai manipulálására, inkább olyan eszközök, keretrendszerek, folyamatok és eljárások alkalmazására, amelyek hatással vannak egy szervezet vagy egyén kiberbiztonsági helyzetére.¹³ A készségmeghatározások az egyes feladatokhoz kapcsolódnak, amelyekben a munkát végző készségeket mutat be a feladatok végrehajtásában.

A készség egy megfigyelhető cselekvés végrehajtásának képessége. A készségmeghatározások leírhatnak egyszerű vagy összetett készségeket. Adott feladat elvégzéséhez több készségmeghatározás is szükséges lehet. Hasonlóképpen egy készség gyakorlása több feladat elvégzésére is használható. A készség meghatározások lehetnek egyszerűek (például az autó multimédia-rendszeréhez kapcsolódó Bluetooth-eszközök lekérdezése) vagy összetettek (például hipotézis felállítása arról, hogy egy kiberbűnöző hogyan tud ellenőrizetlen eszközzel kapcsolatot létesíteni az autó multimédia-rendszeréhez Bluetooth-kapcsolaton keresztül) is. A készség tehát azt írja le, hogy a szakember mire képes, a feladatmeghatározás pedig az elvégzendő munkát definiálja.¹⁴

¹² European Cybersecurity Skills Framework 2022.

¹³ NEWHOUSE et al. 2020.

¹⁴ KISS [é. n.]; SWGDE/SWGIT 2010; *Tudás - mi ez, definíció és fogalom* [é. n.]; SZEGHEGYI 2011.

*A modern járművek szakértői vizsgálatához
szükséges készségek feladatokhoz rendelése*

A fenti, digitális forenzikus vizsgálatokhoz kapcsolódóan meghatározott feladatok a modern járművek szakértői vizsgálata során is értelmezhetőek, a vizsgálat elvégzésének folyamata (azonosítás, előkészítés, digitális nyomok gyűjtése, vizsgálat, elemzés, értelmezés, dokumentálás, prezentálás) mentén. Egyes készségek az egyes feladathoz, folyamatlépéshez tartoznak, több készség azonban a teljes vizsgálat során szükséges. Például az etikus és független munkavégzés, amelyet nem befolyásolnak és nem torzítnak a belső vagy külső szereplők. A szakértői feladatkörében nem utasítható, munkáját a függetlenség és az etikusság elvei mentén kell végeznie.¹⁵

Az egyes szakértői feladatok elvégzéséhez szükségesek az ún. digitális kompetenciák, valamint speciális, a feladat jellegéből adódóan elvárt készségek is. A kompetencia a tudás, a készségek, a képességek, a magatartásformák és a személyes jellemzők alkalmazásának vagy felhasználásának képessége, kritikus munkafeladatok, meghatározott funkciók sikeres végrehajtása, illetve adott szerepkörben vagy pozícióban való működése érdekében. A szakértői feladatok elvégzéséhez szükséges digitális kompetenciák:

- a) az információ gyűjtése, felhasználása, tárolása;
- b) digitális, internetalapú kommunikáció;
- c) a digitális tartalmak létrehozatala;
- d) problémamegoldás, gyakorlati alkalmazás;
- e) az információs és kommunikációs technológiák biztonsága.

Ezek a kompetenciák, illetve ezek alkalmazása minden vizsgálati fázisban szükséges, az alkalmazott eszközök, módszerek, technikák miatt. A speciális munkaállomások vagy azon eszközkészletek használatának készsége, amelyek a speciális vizsgálatok elvégzéséhez szükségesek, elengedhetetlen a vizsgálati célok teljesítéséhez. Minden fázisban szükséges az elvégzett műveletek és eredményeik teljes körű dokumentálása is.

Mivel a vizsgálatok magukban foglalják például a járművön belüli komponenseknek, mint például az ECU-nak, a központi egységnek (fejegység), a különböző fedélzeti egységek (*Onboard Unit; OBU*) adatainak vagy akár a gyártó informatikai háttérrendszerében keletkező adatoknak a vizsgálatát, ezért átfogó jármű-,

¹⁵ ERMProtect Staff [é. n.].



1. ábra. Szakértői eszközkészlet modern járművek szakértői vizsgálatához

Forrás: SCHMIDT 2022

informatikai és hálózati ismeretekre is szükség van. A vizsgálatok elvégzése során lehetőség nyílik továbbá a járműhöz csatlakoztatott fedélzeti eszközök (például kamerák) adatainak, a járműben utazók mobiltelefonjainak, valamint a jármű és a vele kapcsolatban álló egyéb kommunikációs és közlekedési infrastruktúra adatainak gyűjtésére és elemzésére is, ezért ezen eszközök használatához és működéséhez kapcsolódó ismeretek is szükségessé válnak.

A szakértői vizsgálat, a szakértői munka (meghatározott feladatok sorrendi végrehajtása) valamilyen felkérés, felhatalmazás (kirendelés) alapján kezdődik meg. Annak érdekében, hogy a szakértői vizsgálatot eredményesen, hatékonyan és a szervezeti, valamint jogszabályi követelményeknek megfelelően végezzék el, a vizsgálatot megelőző fázisban több vezetői és szakértői feladatot végrehajtására is szükség van, amelyhez vezetői készségek és stratégiai gondolkodásmód is szükségessé válik.

A szakértői vizsgálat előkészítését megelőzően, a vizsgálat tervezése során szükségessé válhat a vizsgálatra felkérő személlyel, megrendelővel, kirendelővel



2. ábra. Mini Cooper műszerfalának szétszerelése
a fejegységhez való hozzáférés érdekében

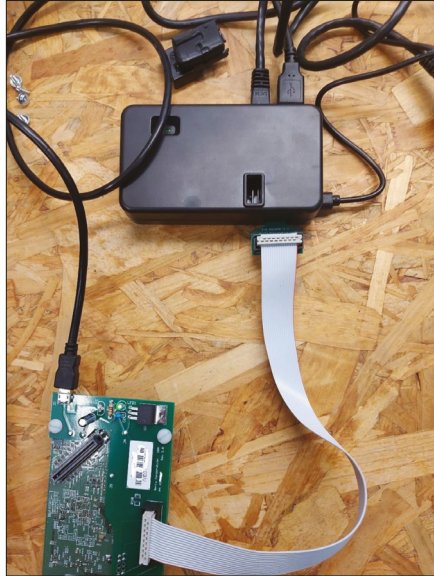
Forrás: SCHMIDT 2023

közvetlen kommunikáció is. Az általa megadott kérdések pontosítása, egyeztetése a megfelelő kommunikációs csatorna kialakításával kezdődik, majd a vizsgálati célok szükség szerinti pontosítása történik meg, valamint a vizsgálandó eseményhez kapcsolódó feladatok megtervezéséhez, meghatározásához elengedhetetlen plusz információk is beszerezhetők.

A szakértői vizsgálat tényleges megkezdése előtti fázis a vizsgálat előkészítése. Idetartozik például a szükséges vizsgálati lépések és feladatok megtervezése, az erőforrás-allokáció, a vizsgáló eszközök (például hardver-, szoftverelemek) meghatározása, amely szervezési készségeket igényel.

Az azonosítási fázisban a vizsgálat tárgyát azonosítják, vagyis a jármű azon egységeit, amelyekben digitális nyomok találhatók. Ehhez jártasság szükséges a modern járművek összetevőinek azonosításában, módosításában és kezelésében. Mivel a járművek sérülékenyek lehetnek, a szakértőnek képesnek kell lennie azonosítani olyan működéseket, amelyek eltérnek a normális működéstől. Ezt okozhatja valamilyen kártékony kód, amelynek rosszindulatú viselkedését azonosítani kell. Figyelembe véve a magas automatizáltságú járművek katonai alkalmazását, valamint az ezen a területen széles körben alkalmazott *anti-forensics* technikákat, a szakértőnek rendelkeznie kell azon készségekkel, hogy az ilyen technikák nyomait észlelni, azonosítani tudja.

Az adattároló egységekhez történő fizikai és logikai hozzáférés a modern járművek esetén összetettebb feladat. Ezeket az eszközöket védett, rejtett módon



3. ábra. Járműfejegység adatkinyeréséhez szükséges szakértői eszköz

Forrás: SCHMIDT 2023

építik be a járművekbe, ezért az előkészítési fázisban szükség van a jármű egyes részeinek fizikai szétszerelésére (például műszerfal). Ehhez a járműrészek és a fejegységek, vezérlőegységek ki- és szétszerelésének készsége is szükséges a szakértői feladatok elvégzéséhez.¹⁶

Az adatgyűjtés alatt a vizsgált esemény körülményeinek és az érintett személyek tevékenységének, hollétének és személyi körülményének tisztázását értjük, vagyis minden olyan tevékenységet, amely formális eljárásjogi keretek között a meglévő ismeretek bővítésére törekszik. Ennek kapcsán történik meg a(z):

- a) kapcsolódó adatok felkutatása;
- b) releváns adatokat tartalmazó adatforrások azonosítása;
- c) nyomok/bizonyítékok felkutatása, beszerzése, adatok kinyerése;
- d) vizsgálat megalapozásához, megtervezéséhez szükséges adatok összegyűjtése.¹⁷

¹⁶ ABForensics [é. n.].

¹⁷ PILISI 2012.

Ezen feladatok elvégzéséhez szükséges az információk gyűjtésében, feldolgozásában, kezelésében, szállításában és tárolásában való jártasság, azok integritásának megőrzése mellett. E jártasság az adatok védelme szempontjából kritikus, mert ezzel elkerülhető a vizsgálat tárgyát képező adatok szándékolatlan, váratlan megváltozása, elvesztése, fizikai károsodása vagy megsemmisülése. Az adatok gyűjtéséhez használt eszközök, (virtuális) környezetek használatának, a különböző adathordozók adatainak kinyerési készsége úgyszintén fontos.

Vizsgálati fázisban történik a kinyert adatok verifikációja, annak bizonyítására, hogy azok nem változtak a kinyerés során, valamint a vizsgálati célokhoz szükséges információk azonosítása. Ehhez szükségesek a különböző operációs rendszerek (például Windows, Linux, Automotive stb.), szakértői alkalmazások ismerete, használata. Szükséges továbbá a logikai vonatkozású *anti-forensics* technikák alkalmazásának azonosítási képessége vagy a HASH-függvények ismerete. Ebben a fázisban történik például a fájlzignatúra-összehasonlítás, vagyis az adott fájl fejlécének és kiterjesztésének összehasonlítása és jelölése, vagy az ismert fájltypusokkal való összehasonlítás (például De-NIST).

Az adatok elemzése során jellemzően valamilyen interaktív eszközzel fel kell ismerni és elemezni kell a megszerzett adatokba ágyazott adatstruktúrákat és metaadatokat. A fázis a vizsgált esemény idővonalának megalkotásához és a vizsgálati kérdések megválaszolásához szükséges releváns adatok azonosítását, a bizonyítékok meghatározását és megkeresését jelenti. Az elemzési fázisban szükséges készségek közé tartozik az elemzőeszközök használata, az események, a járműkommunikáció, az illékony adatok, a jármű-operációsrendszerek elemzése.

A vizsgálati eredmények értelmezése nagyban függ az azt megelőző fázisok eredményeitől, különös tekintettel az esetlegesen figyelmen kívül hagyott elemekre. Többféle elemző-, értelmezőeszköz segítheti a szakértő munkáját, ezek használatának készsége nélkülözhetetlen a megfelelő vizsgálati eredmények előállításához. Ezen eszközök segítenek a vizsgált eseményhez kapcsolódó adatok megértésében. Ilyen például az idővonal-eszköz, amely az események közötti kapcsolatok vizsgálatát segíti elő. Az idővonal-rekonstrukció célja a vizsgálati kérdések megválaszolása érdekében a tényállással kapcsolatos releváns események digitális nyomainak időbeli sorrendben, esetlegesen vizuális formában történő megjelenítése. Az események vizualizációjának pontos módja – táblázat, eseménynapló, digitális jelentés, térkép stb. – kötetlen, azonban tartalma minden esetben célhoz kötött. A kapcsolatelemzés megmutatja az esemény entitásai közötti összefüggéseket. A mesterséges intelligencia

fejlődésével az ún. mélytanulási technikáknak köszönhetően az egyes elemek közötti láthatatlan kapcsolatok is feltárhatók.

A részletes, átgondolt és megindokolt vizsgálati jelentések kidolgozásának és közlésének képessége szükséges ahhoz, hogy a szakértő az elvárásoknak és például a szakértői törvényben meghatározott tartalmi elemeknek megfeleljen. A dokumentációnak például tartalmaznia kell a vizsgálat módszerének rövid ismertetését, a szakmai ténymegállapításokat, a szakértő véleményét, a módszertani levélre történő utalást, illetve a módszertani levélben foglaltaktól való eltérés esetén ennek indokait stb. A szakértői vélemény tartalmára vonatkozóan további követelmények a 31/2008. (XII. 31.) IRM rendeletben találhatók, amely alapján a szakvéleménynek tartalmaznia kell:

- a) a vizsgálat tárgyára, a vizsgálati eljárásokra és eszközökre, a vizsgálat tárgyában bekövetkezett változásokra vonatkozó adatokat (lelet),
- b) a vizsgálat módszerének rövid ismertetését,
- c) a szakmai megállapítások összefoglalását (szakmai ténymegállapítás),
- d) a szakmai ténymegállapításokból levont következtetéseket, ennek keretében a feltett kérdésekre adott válaszokat (vélemény).

Amennyiben a szakértői tevékenység folyamatába beépített, a feladatok elvégzése során érvényesítendő minőségbiztosítási előírásokat alkalmaz a szervezet, akkor a soron következő fázis a validálás.

A szakértői vizsgálat validált eredménye írásos jelentés, szakvélemény, amely leírja a vizsgálatnak és a digitális adatok elemzésének az eredményeit, amely a teljes vizsgálatot vagy csak egy részét ismerteti a jogszabályi és szervezeti követelményeknek megfelelően. Ez a dokumentum képviselheti a teljes vizsgálatot vagy csak egy részét a jogi eljárás során. Egyes esetekben a jogi eljárás során a szakértő tanúként is beidézhető. A digitális bizonyítékok bemutatásának és magyarázatának képessége lehetővé teszi, hogy a szakértő egyértelmű és könnyen érthető módon ismertesse az elért eredményeket.¹⁸

¹⁸ *Workforce Framework for Cybersecurity* [é. n.]; Police Executive Research Forum 2020; MACIAG–GIORDANO 2002; TONTARSKI 2007; *Igazságügyi szakértői vizsgálatok – mik ezek?* 2021.

Összefoglalás

A különleges szakértelmet igénylő területek száma folyamatosan nő, különösen az IT, az IoT és egyéb digitális megoldásokat alkalmazó szférákban. A társadalmi viszonyok is egyre bonyolultabbá válnak, ami az igazságszolgáltatásban úgy jelent meg, hogy a peres, illetve a hatósági eljárások tárgyi és szerkezeti összetétele jelentős változáson ment át. Egyre nagyobb szerepet kapnak a szakértői vizsgálatok. A modern polgári és katonai közlekedési járművek új és egyre precízebb vezetéstámogató funkciói jelennek meg. A mesterséges intelligenciával támogatott döntéshozatal és közlekedési ágazat, a járművek komplex szenzorhálózatai új elemként jelennek meg a szakértői vizsgálatokban, amelyek célja változatlan, a releváns múlt történéseit kell hitelesen bemutatni, igazolni. Függetlenül attól, hogy a digitális nyomok milyen eszközben, milyen adattároló megoldásban találhatóak meg. Ezt a célt azonban új megoldások, módszerek, technikák alkalmazásával érhetjük el, amelyek szintén új képességeket, azok elsajátítását igénylik.

Jelen tanulmányban meghatároztam azon kulcsfontosságú készségelemeket, amelyek nélkülözhetetlenek az új típusú forenzikus vizsgálatok elvégzéséhez. Ezen készségek lehetővé teszik a vizsgálatok magas színvonalú elvégzését, a vizsgálati célok maradéktalan elérését.

A készségek elsajátítása a szakértők képzésével valósítható meg. Az alapvető számítógépes kriminalisztikai és kriminalisztikai technikák, az általános digitális kompetenciák mellett szükséges olyan készségek elsajátítása is, amelyek lehetővé teszik a vizsgálatot végző számára az egyes vizsgálati lépések speciális körülmények és eszközök esetén történő végrehajtását. Vagyis a szakértők speciális (modern járművek vizsgálatához szükséges) képességekkel való felruházását kell megvalósítani.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás az Európai Unió támogatásával valósult meg, az RRF-2.3.1-21-2022-00004 azonosítójú, Mesterséges Intelligencia Nemzeti Laboratórium projekt keretében.

A szerző külön szeretne köszönetet mondani az Alverad Technology Focus Kft. Kutatás Fejlesztés és Innováció üzletágának a kutatási munkához nyújtott támogatásáért.

Felhasznált irodalom

2016. évi XXIX. törvény az igazságügyi szakértőkről.

ABForensics [é. n.]: *Infotainment & Telematics System Data Acquisition and Analysis*. Online: <https://abforensics.com/infotainment-telematics-system-data-acquisition-and-analysis/>

BÓDI Antal (2022): *Közlekedésbiztonság fokozását megalapozó Komplex ITS Ökoszisztéma kialakításának kérdései*. PhD-disszertáció. Budapest: Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola. Online: https://lib.uni-obuda.hu/sites/lib.uni-obuda.hu/files/Bodi_Antal_ertekezes.pdf

CHANDEL, Raj (2020): Digital Forensics: An Introduction. *Hacking Articles*, 2020. szeptember 14. Online: www.hackingarticles.in/digital-forensics-an-introduction/

ERMProtect Staff [é. n.]: *What are the 5 Stages of a Digital Forensics Investigation*. Online: <https://ermprotect.com/blog/what-are-the-5-stages-of-a-digital-forensics-investigation/>

European Cybersecurity Skills Framework Role Profiles (2022). Online: www.enisa.europa.eu/publications/european-cybersecurity-skills-framework-role-profiles

GIORDANO, Joseph – MACIAG, Chester (2002): Cyber Forensics: A Military Operations Perspective. *International Journal of Digital Evidence*, 1(2). Online: www.utica.edu/academic/institutes/ecii/publications/articles/A04843F3-99E5-632B-FF420389C0633B1B.pdf

GYARMATI József – SIMÓ Réka (2021) Autonóm terepjáró járművek katonai felhasználásának lehetőségei. *Haditechnika*, 55(1), 8–14. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.55.1.02>

HEGYI Henrietta (2023): A személygépjárművek információbiztonsága az információbiztonsági szakértők szemszögéből. *Biztonságtudományi Szemle*, 5(2), 47–58. Online: <https://epa.oszk.hu/04100/04186/00020/pdf/>

Igazságügyi szakértők [é. n.]. Online: https://e-justice.europa.eu/550/HU/forensic_experts

KISS Albert [é. n.]: *Kompetenciaelemek*. Online: <https://docplayer.hu/33179006-Kompetenciaelemek-a-kompetencia-elemei-tudas-ismeret-kepesssegek-es-attitudok-amelyeket-a-kepessite-si-szint-leirasokban-az-autonomia-es.html>

NEWHOUSE, W. D. et al. (2020): National Initiative for Cybersecurity Education (NICE) Cybersecurity Workforce Framework. In PETERSEN, Rodney et al. (szerk.): *NIST Special Publication 800-18*. Online: <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-181r1>

PILISI Fanni (2012): Bűnügyi adatgyűjtés, különös tekintettel a raszternyomozásra. *Büntető Törvénykönyv (új Btk.) a gyakorlatban*, 2012. december 1. Online: <https://ujbtk.hu/dr-pilisi-fanni-bunugyi-adatgyujtes-kulonos-tekintettel-a-raszternyomozasra/>

Police Executive Research Forum (2020): *Utilizing Vehicle Data in Law Enforcement Investigations*. Online: www.iacpcenter.org/wp-content/uploads/2020/09/Vehicle-Data_LECC-Article.pdf

RÉPÁS József et al. (2022): *Mit árul el rólunk az autónk? – Modern járművek IT szakértői vizsgálatának kérdései és lehetőségei*. Pécs: Szentágotthai János Szakkollégiumi Egyesület. Online: <https://doi.org/10.15170/PTE-TTK-XX.SZJMKHV>

RÉPÁS, József (2023): Definition of Forensic Methodologies for Autonomous Vehicles. *Hadmérnök*, 18(1), 125–141. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2023.1.9>

SWGDE/SWGIT (2010): *Guidelines & Recommendations for Training in Digital & Multimedia Evidence*. Online: www.crime-scene-investigator.net/swgde_swgit_training_document_v2-0.pdf

SZEGHEGYI Ágnes (2011): A tudásmenedzsment stratégiai szerepe a vállalatoknál. In NAGY Imre Zoltán (szerk.): *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században*. Budapest: Óbudai Egyetem Keleti

- Károly Gazdasági Kar. Online: https://old2.kgk.uni-obuda.hu/sites/default/files/04_Szeghegyi%20Agnes.pdf
- The Phases of Digital Forensics* [é. n.]. Online: <https://onlinedegrees.unr.edu/blog/digital-forensics/>
- TONTARSKI, Rick (2007): *Defense Forensic Enterprise System*. Woods Hole, MA: CID Command US Army Criminal Investigation Laboratory. Online: www.nationalacademies.org/documents/embed/link/LF2255DA3DD1C41C0A42D3BEF0989ACAEC3053A6A9B/file/D3A4A5DAA-96A5C788CC027B595C0E72D5845D6AC2E57?noSaveAs=1
- TÓTH József Lukács – VÉG Róbert László (2022): Az autonóm terepjáró eszközök. *Katonai Műszaki Közlemények*, 32(2), 107–116. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.2.8>
- Tudás - mi ez, definíció és fogalom* [é. n.]. Online: <https://hu.economy-pedia.com/11040367-knowledge>
- VÍZI Linda [é. n.]: *A Computer Forensics jogi vonzata*. Online: <https://netacademia.hu/courses/take/computer-jog/multimedia/8481853-figyelem-ez-egy-classic-tanfolyam>
- Workforce Framework for Cybersecurity (NICE Framework)* (2023). Online: <https://niccs.cisa.gov/workforce-development/nice-framework>
- YAACOU, Jean-Paul et al. (2021): Digital Forensics vs. Anti-Digital Forensics: Techniques, Limitations and Recommendations. Preprint. Online: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2103.17028>

Sebestyén Zsolt¹

A nukleáris létesítmények telephelyvizsgálatának és radiológiai értékelésének módszertana korszerűsítési lehetőségeinek kutatása-fejlesztése

A hazai sugárvédelmi hatáskör változásain keresztül a hazai sugárvédelmi szabályzat is folyamatos fejlődésen ment keresztül. A hatóságok feladatait négy fő feladat köré lehet csoportosítani: engedélyezés, ellenőrzés, értékelés, érvényesítés. Ezt a négy fő feladatot kiegészíti a jogszabályalkotás. Jelen tanulmányban a szerző bemutatja a sugárvédelmi szabályozás fejlesztéseinek kutatási eredményeit a sugárvédelmi vonatkozású követelmények, a Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzatra vonatkozó tartalmi ajánlásokat tartalmazó útmutató és a radioaktív hulladékok osztályozására vonatkozó szabályozás fejlesztésén keresztül, valamint a sugárvédelmi hatósági ellenőrzéshez kidolgozott módszerét.

Kulcsszavak: sugárvédelem, nukleáris biztonság, radioaktív hulladék, hatósági feladatok, jogszabály, útmutató, Magyarország

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF POSSIBILITIES FOR MODERNIZING THE METHODOLOGY OF SITE INSPECTION AND RADIOLOGICAL EVALUATION OF NUCLEAR FACILITIES

Through the changes in the competence of Hungarian radiation protection, the Hungarian radiation protection regulations have also undergone continuous development. The tasks of the authorities can be grouped into 4 main tasks: licensing, inspection, reviewing and enforcement. The preparing requirements complements these four main tasks. In this study, the author presents the research results of the development of radiation protection regulations through the development of radiation protection-related requirements, a guidance

¹ Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: sebestyen@haea.hu; ORCID ID: 0000-0003-3030-856X.



containing recommendations on the content of the Workplace Radiation Protection Rules and the regulation on the classification of radioactive waste, as well as the method.

Keywords: radiation protection, nuclear safety, radioactive waste, tasks of the authorities, regulation, guidance, Hungary

Bevezetés

1996 és 2015 között a sugárvédelmi hatáskörben eljáró hatóságok számos változáson mentek keresztül,² míg végül 2016. január 1-jétől az Országos Atomenergia Hivatal (a továbbiakban: OAH) lett sugárvédelmi területen is a fő engedélyező és felügyeleti hatóság az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény (a továbbiakban: Atv.) és a kapcsolódó végrehajtási rendeletek módosítása alapján. A hatáskör bővüléséhez kapcsolódóan hatályba lépett az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet (a továbbiakban: Svr.), amely a korábbi végrehajtási rendeletet [az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról szóló 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet, a továbbiakban: 16/2000. EüM rendelet] váltotta fel. A végrehajtási rendelet fejlesztése az OAH irányítása alatt történt.³

Az Svr., amely a végrehajtási rendelet korszerűsítése érdekében készült, centralizált, egylépcsős engedélyezést vezetett be. Ennek köszönhetően nem csupán az alkalmazásra hatályos a rendelet, amelyet az OAH kiad, hanem az üzemeltetésre is. Egy közös engedély vonatkozik mindkét típusra, lecsökkentve ezzel az engedélytípusok számát.

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 szóló, a Tanács 2013/59/Euratom irányelve (a továbbiakban: EU BSS) előírásait a hazai szabályozásba 2018. február 6-ig integrálni kellett, így ennek a követelménynek is megfelelt a rendelet elkészítése.

2022-től az OAH az atomenergia-felügyeleti szerv jogállásával összefüggésben egyes törvények módosításáról szóló 2021. évi CXIV. törvény elfogadásával

² RÓNAKY 2007.

³ SEBESTYÉN – HORVÁTH – KÁTAI-URBÁN 2016.

önálló szabályozó szervvé vált. A különleges jogállású szervekről és az általuk foglalkoztatottak jogállásáról szóló 2019. évi CVII. törvény figyelembevételével az új szabályokat az Atv. tartalmazza. A fontosabb változások között szerepelt, hogy az OAH élére elnököt neveznek ki, valamint önálló szabályozó szerv lesz a továbbiakban.

Ennek megfelelően az OAH a vonatkozó Korm. rendeleteket kiadta OAH rendeletként, így lépett hatályba 2022. április 29-én az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről szóló 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet, amely az Svr. OAH rendeletként történő megjelenésére lépett hatályba. Tartalma elődjéhez képest nem változott, csupán a követelmények számozása módosult, egységesedett.⁴

Magyarországon széles körű az atomenergia alkalmazása, és évről évre egyre több szereplő regisztrálja magát. Ezek között találhatók orvosi, fogorvosi és állatorvosi röntgenberendezések, terápiás egységek, orvosi és ipari lineáris gyorsítók, izotóplaboratóriumok, minőség-ellenőrzési célú radiográfiai munkahelyek, zárt sugárforrással működő mérő és szabályozó berendezések, anyag- és finomszerkezet-vizsgáló berendezések, ipari besugárzók, valamint olyan jelentős ipari létesítmények, mint egy oktató reaktor, egy kutatóreaktor, két radioaktív hulladéktároló, a Kiegyezett Kazetták Átmeneti Tárolója és végül, de nem utolsósorban a Paksi Atomerőmű négy blokkja, illetve az engedélyezés alatt álló Paks II is a maga két blokkjával.

Mint az a fentiekből látható, a hazai nukleáris biztonsági és sugárvédelmi hatósági rendszer folyamatosan változott az elmúlt évtizedekben, így a kialakított szabályozási rendszer ehhez alkalmazkodott. Ennek köszönhetően az Svr. hatálybalépésével olyan állapot jött létre, amelyben az általános sugárvédelmi követelményeket megfogalmazták, ugyanakkor a nukleáris létesítmények és a radioaktív hulladék-tárolók esetében a sugárvédelmi követelmények az előző hatósági rendszerhez igazodva alakultak ki. Korábban az OAH a műszaki sugárvédelem definíciójának bevezetésével szabályozta a nukleáris létesítményekben és a radioaktív hulladék-tárolókban a sugárvédelmet úgy, hogy a sugárvédelmi hatáskör az Országos Tisztifőorvosi Hivatal, valamint a helyileg illetékes szervek hatáskörébe volt szervezve. Ebből kifolyólag a szabályozási rendszer hiányosságával kapcsolatban már az OAH-nak kellett lépnie, és fejlesztéseket végrehajtania.

⁴ SEBESTYÉN-KÁTAI-URBÁN-VASS 2021.

A tudományos problémák és a kutatás módszertanának bemutatása

A nemzetközi és hazai jogi szabályozás vizsgálata

Ezek miatt szükségessé vált a hazai sugárvédelmi szabályozás fejlesztése a nukleáris létesítmények és radioaktív hulladék-tárolók üzemeltetéséhez kapcsolódó létesítményspecifikus sugárvédelmi követelmények területén annak érdekében, hogy a korábban említett hiányosságokat kijavítsák. Ehhez a vonatkozó szabályozások rendszerezésére, korszerűsítésére és bővítésére volt szükség.

A megállapítás következtethető abból a szempontból is, hogy a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség (a továbbiakban: NAÜ) is külön szabályozási javaslatokat tesz a nukleáris létesítményekre, sok esetben azokon belül is típusonként különbséget tesz, illetve elkülönítve kezeli a radioaktív hulladék-tárolókat is.

A sugárvédelmi szabályozottság rendszerezettségének és részletességének mértéke elmaradt a NAÜ ajánlásaiban tapasztalhatóaktól, mivel a nukleáris létesítményekre [a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről szóló 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet, a továbbiakban: 118/2011. Korm. rendelet] és a radioaktív hulladék-tárolókra vonatkozó [a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről szóló 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet, a továbbiakban: 155/2014. Korm. rendelet] specifikus sugárvédelmi követelmények nem különültek el a szükséges mértékben az Svr.-ben megfogalmazottaktól, valamint a hivatkozott jogszabályok további sajátos sugárvédelmi követelményekkel egészíthetők ki a NAÜ ajánlásai nyomán.

A NAÜ biztonsági szabályzatait nem kötelező átültetni a tagállamok jogrendszerébe, azok alapvetően ajánlások, azonban a Nukleáris Biztonsági Konvenció elvárja, hogy összhangban legyenek a tagállamok jogi szabályozásának előírásai és a NAÜ ajánlásai. A NAÜ biztonsági dokumentumaiban megfogalmazott ajánlásainak jelentősége ugyanakkor meghatározó, így a tagállamok általában azokra referenciaként tekintenek, és lehetőség szerint átültetik azokat. Mivel a magyar szabályozást is ennek megfelelően alakították ki, ezt az elvet követi, így szükséges volt a NAÜ-dokumentumok megvizsgálása és azok felhasználásával a hazai szabályozás korszerűsítése.

Mivel a 118/2011. Korm. rendelet, illetve a 155/2014. Korm. rendelet alapján a jogszabályt ötévenként felül kell vizsgálni, így a felülvizsgálat időszerű és szükséges

volt a nukleáris létesítmények esetében 2016-ban, míg a radioaktív hulladék-tárolók esetében 2019-ben [3. § (7)].

A 118/2011. Korm. rendelet és a 155/2014. Korm. rendelet is külön szabályozza a tervezési és az üzemeltetési követelményeket. Az üzemeltetési követelmények fejlesztésén túlmenően a tervezési követelmények korszerűsítése is célom volt az új atomerőművi blokk tervezése, valamint a nukleáris létesítmények átalakítása tekintetében, mivel a tervezés során az aktuális tervezési követelményeket kell figyelembe venni. Ezenfelül a nukleáris létesítmények és a radioaktív hulladék-tárolók esetében 10 évente kötelező időszakos biztonsági felülvizsgálatot végrehajtani, amely kiterjed a tervezési követelményekkel való összhang vizsgálatára is.

A hatósági rendszer változásával nem csupán a sugárvédelmi követelmények fejlesztése volt időszerű, hanem a felügyeleti tevékenység kiegészítése is szükségessé vált. A hatáskörváltozással az OAH feladata kibővült a sugárvédelmi ellenőrzések lebonyolításával is. Feladata ellátásához olyan ellenőrzési rendszert kellett kifejleszteni, amely az atomerőmű műszaki állapotáról információt képes adni.

A hatósági feladatok

A hazai sugárvédelmi hatósági rendszer az elmúlt évtizedekben számos változáson ment keresztül. A sugárvédelemmel és sugárbiztonsággal kapcsolatos feladatokat az 1980-as évek eleje óta a Sugáregészségügyi Decentrumok, a 2000-es évek elején az egészségügyi miniszter által irányított Országos Tisztifőorvosi Hivatal (a továbbiakban: OTH) és az Állami Népegészségügyi és Tisztiorvosi Szolgálat (a továbbiakban: ÁNTSZ) regionális intézetei látták el. Az OAH folyamatosan javaslatokat tett az integrált hatósági rendszer kialakítására vonatkozóan, amikor is egy hatóság látja el a nukleáris biztonsággal, a sugárvédelemmel és a sugárbiztonsággal kapcsolatos feladatokat. 2016. január 1-jétől kezdődően kialakították az egységes hatósági rendszert, az Atv. változtatásával az OAH kapta meg a sugárvédelemmel kapcsolatos feladatok hatósági felügyeletét is. A sugáregészségügy továbbra is az egészségügynél maradt.

A hatósági rendszer változásával a sugárvédelmi célú ellenőrzések is az OAH-hoz kerültek az atomerőművek tekintetében. A hatóságok egyik fő feladata az ellenőrzés. Az atomerőművek sugárvédelmét eddig a Sugáregészségügyi Decentrumok látták el, amennyiben nem volt érintett a műszaki sugárvédelem.

A műszaki sugárvédelmet mint fogalmat leginkább amiatt alkalmazták, mivel a sugárvédelmi hatósági rendszerben kettősség volt.

„117. Műszaki sugárvédelem. Azon műszaki intézkedések összessége, amelyek arra irányulnak, hogy az ionizáló sugárzást kibocsátó anyagokat, berendezéseket alkalmazó létesítményekben, így a nukleáris létesítményben munkát végzőknek, valamint a lakosságnak a létesítményüzemeltetéséből származó sugárterhelése ne haladja meg a hatályos előírásokban meghatározott értéket, és amelyekkel a sugárterhelés mindenkor az ésszerűen elérhető legalacsonyabb szinten tartható, továbbá a radioaktív hulladék keletkezése a gyakorlatilag lehetséges legkisebb mértékű lesz.”⁵

A műszaki sugárvédelem definícióját ma már nem alkalmazzuk, hiszen a sugárvédelmi hatáskör miatt nincs tagolódva a sugárvédelmi terület. Helyette általánosan sugárvédelemről beszélhetünk. A nemzetközi irodalomban a sugárbiztonság is használatos, de ezt a magyar jogszabály nem vette át.

A sugárvédelmi hatáskörben eljáró hatósági rendszer folyamatos változásának hatására a nukleáris létesítmények és a radioaktívhulladék-tárolók nem kapták meg a megfelelő figyelmet. A feladatok nem voltak egyértelműen meghatározva.

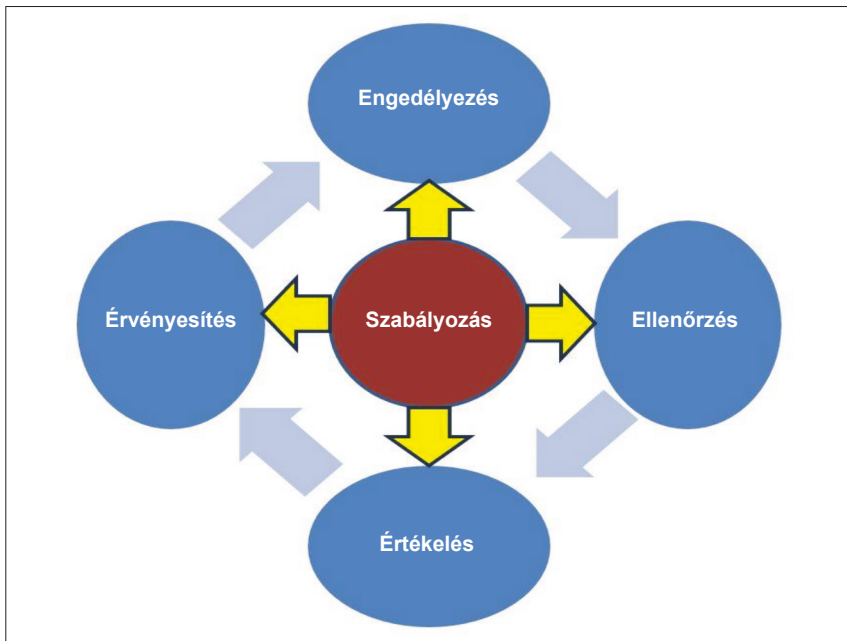
A hatósági szerveknek és így az OAH-nak is négy fő területre oszthatók a feladatai. Ezek: az engedélyezés, az ellenőrzés, az értékelés és az érvényesítés. Ezeken felül még megemlíthető a követelmények megalkotása, de ezeket nem sorolnám a fő feladatok közé. Ez alól az OAH pont kivétel, mivel önálló jogalkotási szervként működik a jogállásában bekövetkezett változtatások miatt.

A négy fő feladat időben is elválasztható, hiszen a tevékenység előtt az engedélyezés áll, ezt követően a tevékenység közben vagy annak megkezdéséhez kapcsolódóan az ellenőrzés áll, majd az értékelés a tevékenység után következik. Az érvényesítés ez alól kivétel, hiszen az lehetséges a tevékenység közben, vagy azt követően.

Az engedélyezés, az ellenőrzés és az értékelés nem választható el teljes mértékben egymástól. Ezek együtt léteznek, és sokszor egy-egy ügy, tevékenység kapcsán mindhármat kell alkalmazni.

A négy fő területen túl a hatósági feladatoknak van egy nagy csoportja, mégpedig a jogszabályalkotás.

⁵ 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről. 2018. április 9. előtti hatályos verzió.



1. ábra. A különböző hatóságok négy fő feladata

Forrás: a szerző szerkesztése

A jogalkotóknál általában nincs meg az a műszaki, szakmai tudás és szemlélet, amely egy nukleáris létesítményre vonatkozó jogszabály fejlesztéséhez szükséges. Ezért kell a hatóságoknak részt vennie a jogszabályalkotási folyamatban.

A hatóság lehet önállóan jogalkotó szerv, ebben az esetben felhatalmazása van jogszabályok alkotására, illetve nem önállóan jogalkotó, ebben az esetben javaslatot tehet a jogszabály módosítására annak a szervnek, amely az adott jogszabály módosításáért felelős. Mindkét lehetőségnek megvan a saját nehézsége. Ha önállóan alkotja, akkor az erőforrásokat úgy kell megosztani, hogy a munkavállalók között legyenek jogászok, illetve a jogalkotáshoz értők. Amennyiben csak javaslatot ad, úgy nem biztos, hogy a módosítás a hatálybalépéskor megegyezik azzal, mivel a jogszabályalkotásért felelős szerv jogi képviselői saját értelmezésük szerint módosíthatják azt.

A sugárvédelmi hatósági felügyelet tekintetében meghatároztam azokat a területeket, amelyeket fejleszték a kutatómunkám során.

Elsőként a jogszabályalkotást említeném meg. A jogszabályok fejlesztésére szükség van, hiszen a hatáskörök változásával elindult a jogszabályfejlesztés, de a létesítményekre vonatkozó speciális követelmények felülvizsgálata nem történt meg. A négy fő hatósági feladat alapja a szabályozás, hiszen a jogszabályok, illetve az eljárások adnak felhatalmazást a hatóságoknak, hogy az engedélyezést, az ellenőrzést, az értékelést, illetve az érvényesítést le tudják folytatni. A négy fő feladatot talán úgy lehet elképzelni, mintha körfolyamatként működne, amelynek a középpontjában, a feladatok alapozásaként a szabályozás áll. Ezt az elképzelést mutatom a 1. ábra segítségével.

Továbbá szükségesnek tartom ismertetni az engedélyezés folyamatának fejlesztését, azon belül is egy speciális dokumentum engedélyezését, a *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat* (a továbbiakban: MSSZ) jóváhagyásának folyamatát. Ezzel kapcsolatban az Svr. tartalmaz tartalmi követelményeket. Nukleáris létesítmény és radioaktív hulladék-tároló esetében azonban ezek a követelmények nem alkalmazhatók, hiszen többek között olyan elemek is vannak bennük, amelyek ezeknél a létesítményeknél külön engedéllyel jóváhagyott dokumentumba vannak foglalva. Ilyen például az *Üzemeltetési Feltételek és Korlátok* vagy a *Baleset-elhárítási Intézkedési Terv*.

Az engedélyezéshez és a jogszabályváltozáshoz kapcsolódóan lehet megemlíteni az érvényesítést, de ezen a területen nincs szükség fejlesztésre, hiszen a jogszabály megfelelő követelményt tartalmaz bármilyen követelmény vagy hatósági előírás megsértéséhez.

Az ellenőrzési folyamat javítására – meglátásom szerint – szükség van, hiszen a korábbi sugárvédelmi hatáskörrel rendelkező hatóság már nem végez sugárvédelmi jellegű ellenőrzést atomerőműben, és talán nem is végzett megfelelő mennyiségben, az OAH pedig a hatáskörváltozással nem készült az ellenőrzési folyamat javítására. Többek között radiológiai mérések nem történnek az atomerőmű területén. Ezt az eredményt alátámasztja az Integrált Hatósági Felülvizsgálati Misszió (*Integrated Regulatory Review Service*, a továbbiakban: IRRS-misszió) eredménye is, ahol megállapították a NAÜ képviselői, hogy viszonylag kevés olyan ellenőrzés van, ahol valamilyen sugárvédelmi mérés történik.

A 2015-ös IRRS-misszió jelentése az OAH honlapján megtekinthető. Az ajánlások között számos az ellenőrzésekre vonatkozik. Az észrevételek között szerepel, hogy az ellenőrzési technikák általában a dokumentáció áttekintését, a helyszíni szemlét, a radiológiai méréseket és az engedéllyessel való kommunikációt foglalják magukban.⁶

⁶ Az OAH honlapja alapján.

Az utolsó feladat az értékelés, amelynek fejlesztésére kutatómunkámmal nem kívánok javaslatot adni. Megítélésem szerint a jelenlegi értékelési folyamatokba bele tud simulni a sugárvédelemmel foglalkozó értékelés is.

A feladatok vizsgálatának eredményéül azt kaptam, hogy atomerőművek esetében a sugárvédelmi ellenőrzések fejlesztése szükséges.

A tudományos probléma és a kutatási módszerek megfogalmazása

A Paksi Atomerőmű bővítéséhez alkotott törvény⁷ 2016. január 1-jétől az atomenergia-felügyeleti szerv (OAH) hatáskörébe utalta a sugárvédelmet is.

A törvény az OAH hatáskörébe telepíti a radioaktív anyagok és az ionizáló sugárzást létrehozó berendezések felügyeletét, a kötelezően mérendő adatok meghatározását, azok gyűjtésének, nyilvántartásának, értékelésének módját, a személyi sugárvédelmi ellenőrzési kötelezettség megállapítását, a személyi dózisok nyilvántartását, a védőeszközök minősítését, forgalomba hozatalát, engedélyezését, a sugárvédelmi képzések, továbbképzések tematikájának, vizsgakövetelményeinek jóváhagyását, valamint a dóziskorlátok megállapítását és a dózismegszorítások jóváhagyását.

Az egységesítéssel a hatósági rendszernek köszönhetően egy hatósághoz tartozik a nukleáris biztonság, a sugárvédelem (kizárólag békés célú alkalmazás), a fizikai védelem. Célja az volt, hogy egyszintű, országos hatáskörű, ügyfélbarát hatósági rendszer valósuljon meg, hogy az engedélyek kérelmezése és kiadása egyszerűsödjön, az egy engedélyesre jutó eljárások száma csökkenjen, illetve hogy az atomenergia alkalmazói által nyújtandó adatszolgáltatás egységes legyen.

Sugáregészségügyi kérdésekben 2016-tól a Fővárosi Kormányhivatal, míg korábban az egészségügyi hatóság (Országos Tisztifőorvosi Hivatal) volt az illetékes.

A hatáskörbővüléssel egy időben megjelent az Svr., amely a korábbi általános sugárvédelmi rendeletet (16/2000. EüM rendelet) volt hivatott kiváltani. Az új sugárvédelmi rendeletnek céljai között szerepelt, hogy a 16/2000. EüM rendelet helyettesítse a hatáskörváltásnak megfelelően, illetve hogy a nemzetközi ajánlásoknak megfeleljen, többek között a 2018. február 6-ig kötelezően alkalmazandó EU BSS-nek.

⁷ 2015. évi VII. törvény a Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásával kapcsolatos beruházásról, valamint az ezzel kapcsolatos egyes törvények módosításáról.

A célok között ugyanakkor nem szerepelt, hogy a nukleáris létesítményekre és a radioaktív hulladék-tárolókra vonatkozó specifikus ajánlásokat szem előtt tartva azoknak megfelelő szabályozás jöjjön létre.

Ennek figyelembevételével a nukleáris létesítményekre és a radioaktív hulladék-tárolókra vonatkozó sugárvédelmi szabályozás még a korábbi hatósági rendszernek volt megfeleltethető, de már a hatáskörváltásnak megfelelő hatósági rendszer működött. Az újonnan hatályba lépett sugárvédelmi szabályozással (nem műszaki sugárvédelem, hiszen az korábban is az OAH hatáskörében volt) a korábbihoz hasonló, hiányos szabályozás jött létre.

Itt kiemelném, hogy az Svr. megalkotása során nem volt cél, hogy a specifikus, csak a nukleáris létesítményekre és a radioaktív hulladék-tárolókra vonatkozó követelmény módosuljon. Az Svr. elkészítése során hatalmas feladatnak voltak kitéve a közreműködők, akik azt maradéktalanul teljesítették, és olyan szabályozást hoztak létre az Svr.-rel, amely a hatáskörváltással összhangban állt, és a kornak megfelelő fejlesztési eredményeket figyelembe vette.

A követelmények felülvizsgálatára és korszerűsítésére továbbá azért is szükség volt, mivel az utóbbi évtizedek során a nemzetközi ajánlások, illetve irányelvek fejlesztése olyan nagy mértékű volt, hogy a szabályozás felülvizsgálatát indokolta.

A tanulmány aktualitásának bemutatásából kiderült, hogy külön tudományos problémaként jelentkezik a sugárvédelmi hatósági rendszer változásainak hatására kialakult szabályozási rendszer. Emiatt szükséges a sugárvédelmi szabályozási rendszer fejlesztése, korszerűsítése.

A nukleáris létesítményekre és a radioaktív hulladék-tárolókra vonatkozó követelmények nem minden esetben feleltek meg a nemzetközi sugárvédelmi ajánlásoknak, irányelveknek, emiatt a szabályozás fejlesztésére, korszerűsítésére volt szükség.

A hazai szabályozási rendszer előírja szabályozás használatát a sugárvédelmi követelmények gyakorlati alkalmazására tekintettel. A hatáskör változásához tartozó szabályozási rendszer bevezetésével olyan szabályrendszer alakult ki, amely a nukleáris létesítmények és a radioaktív hulladék-tárolók esetében alkalmazandó, a sugárvédelmi követelmények gyakorlati alkalmazására használt *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályozást* nem különbözteti meg más alkalmazás-soktól, illetve egymástól.

A radioaktív hulladék-tárolókra és a sugárvédelemre vonatkozó hatáskörök változásával olyan hibák alakultak ki, amelyek a radioaktív hulladék osztályozására, kezelésre vonatkozóan a szabályozás fejlesztését tették szükségessé. A hazai

sugárvédelmi szabályozás nem követte a központosított sugárvédelmi hatóság megalakulását, a radioaktív hulladékok osztályozása tekintetében.

A nemzetközi ajánlásokban időközben felülvizsgálat ment végbe, új szempontokkal egészült ki a javasolt osztályozási rendszer. Mindez azt mutatta, hogy a nemzetközi ajánlások és a nemzeti gyakorlatok módosultak. A nemzetközi gyakorlatban az elmúlt 15 évben kialakult jó gyakorlatokat célszerű megvizsgálni.

A korábbi sugárvédelmi ellenőrző hatósági rendszer nem biztosította a kiemelt létesítmények esetében megfelelő részletességű ellenőrzések végrehajtását. A Paksi Atomerőműben műszaki megoldásokkal történő sugárvédelmi ellenőrzés nem történt az atomerőmű üzemeltetése során. Ezt a közelmúltban lezajlott, a hatósági rendszer felülvizsgálatát célzó misszió is bemutatta. Megvizsgálva a hatósági fő feladatokat megállapítható, hogy az ellenőrzési területen a szabályozási terület mellett hiányosság fedezhető fel. Az OAH-nak megvan a lehetősége és a képessége erre vonatkozóan, ezért az eljárás és a módszer kutatása és fejlesztése kiemelt feladat.

A kutatási célkitűzések teljesítése érdekében kutatómunkám során – négyéves kutatási tervemnek megfelelően – az alábbi kutatási módszereket alkalmaztam:

- Mindenekelőtt felhasználtam az általános kutatási módszereket: az analízist, a szintézist, az indukciót és a dedukciót.
- Kellő körületekintéssel és törekedve a teljesség igényére – a kutatási problémának megfelelő mértékben – feldolgoztam a nemzetközi, az európai uniós, valamint a hazai jogi és belső hatósági (OAH-s) szabályozásokat. Ezenfelül elvégeztem a releváns külföldi és magyar szakirodalom értékelő-elemző vizsgálatát.
- Elemző-logikai módszereket alkalmaztam, amelyekkel a hatályos jogi szabályozás, a belső üzemeltetői és hatósági szabályozás, illetve a jogalkalmazási tevékenység értékelése, valamint az ebből eredő következtetések levonása alapján javaslatokat fogalmaztam meg.
- A kutatott tudományos problémának megfelelő szakterületen szerzett szakmai tapasztalatomon alapuló empirikus vizsgálati módszereket alkalmaztam.
- Részt vettem hazai és külföldi továbbképzéseken, konferenciákon, szakmai találkozókon, ahol olyan információkra tettem szert, amelyek nemcsak kutatásaimat segítették, de dolgozatom elkészítéséhez is gyűjtöttem adatokat.
- Szakmai konzultációt folytattam sugárvédelmi területen a szakmai és tudományos körökben is elismert hazai és külföldi szakemberekkel.

A kutatás eredményeinek és következtetéseinek összefoglalása

Az előző fejezetben megadott kutatási problémák és módszertan alapján a következő vizsgálatokat végeztem el.

A sugárvédelmi szabályozás fejlesztése, korszerűsítése

Kutatásaim megalapozása érdekében bemutattam a nemzetközi szervezetek által kidolgozott ajánlások dokumentumait, aminek keretében értékeltem a hazai szabályozás módosításának aktualitását. Ezt összefoglaló és rendszerező tanulmány keretében végeztem el. Elemeztem továbbá a hazai sugárvédelmi hatósági rendszer változásának következményeit, majd megvizsgáltam, hogy milyen területeken szükséges a szabályozás fejlesztése. Ezt követően részletesen vizsgáltam a nemzetközi szervezetek dokumentumait, aminek során a hazai sugárvédelmi szabályozással SWOT-elemzés keretében összehasonlítást végeztem, és megállapítottam, hogy mely előírások hiányoznak a hazai szabályozásból. A javaslatokból elsőként készítettem útmutatót a hazánk szabályozására jellemző *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályozás* tartalmi követelményeihez, nukleáris és radioaktív hulladék-tároló létesítmények esetében.

Megvizsgáltam, hogy az elmúlt évtizedekben milyen változások következtek be a sugárvédelmi hatósági rendszer felépítésében. Ezek alapján bemutattam, hogy a hatáskörök változása milyen változásokat indukált a szabályozási rendszerben, illetve a jogszabályokban. Arra a következtetésre jutottam, hogy a szabályozás fejlesztésére szükség van a korábbi sugárvédelmi felügyelet tagolódása miatt.

Ezt követően megvizsgáltam a szabályozási rendszert, aminek során arra a következtetésre jutottam, hogy a fejlesztésre, valamint a korszerűsítésre szükség van, mivel a hazai sugárvédelmi követelmények általánosak, a NAÜ-specifikus ajánlásokat nem veszik teljeskörűen figyelembe, valamint a nukleáris biztonsági követelmények felülvizsgálata jogszabályi előírásból következett.

A szabályozásban a hatáskörök változását a jogszabályok módosítása követte, így a 16/2000. EüM. rendeletből a 487/2015. Korm. rendelet, majd a 2/2022. OAH rendelet került hatályba, valamint a 118/2011. Korm. rendeletet az 1/2022. OAH rendelet, míg a 155/2014. Korm. rendeletet a 9/2022. OAH rendelet követte.

Kutatásom során azonosítottam azokat a NAÜ-dokumentumokat, amelyek vizsgálatára szükség volt a cél elérése érdekében. Ezek a következők voltak:

- GSR Part 3 – Sugárvédelem és a sugárforrások biztonsága: Nemzetközi alapvető biztonsági szabványok⁸
- SSR-2/1 (Rev.1) – Az atomerőművek biztonsága: Tervezés⁹
- SSR-2/2 (Rev.1) – Az atomerőművek biztonsága: Üzembe helyezés és üzemeltetés¹⁰
- SSR-3 – A kutatóreaktorok biztonsága¹¹
- SSR-4 – A nukleáris üzemanyagciklus létesítményeinek biztonsága¹²
- NS-R-5 (Rev. 1) – A nukleáris üzemanyagciklus létesítményeinek biztonsága¹³
- GSG-7 – Munkahelyi sugárvédelem¹⁴
- GSG-9 – A környezetbe történő radioaktív kibocsátások szabályozási ellenőrzése¹⁵
- NS-G-1.13 – Az atomerőművek tervezésének sugárvédelmi szempontjai¹⁶
- SSG-40 – Az atomerőművekből és kutatóreaktorokból származó radioaktív hulladékok előzetes kezelése¹⁷
- NS-G-2.7 – Sugárvédelem és a radioaktív hulladékok kezelése az atomerőművek üzemeltetése során¹⁸

Munkám során bemutattam a jogszabály módosításához adott javaslataimhoz alkalmazott csoportosítást, illetve a javaslatokat is. A kutatás nagy mennyiségű módosítási javaslatot eredményezett. A javaslat esetenként túl részletesnek bizonyult egy jogszabályban történő megjelenéshez, ezért a részleteket elkülönítve javaslom egy későbbi, sugárvédelmi célú útmutató elkészítésénél felhasználni.¹⁹

A javaslatok megalkotásakor aszerint jártam el, hogy az általános sugárvédelmi követelmények maradjanak a 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendeletben, míg a létesítményekre vonatkozó speciális követelmények kerüljenek a nukleáris

⁸ IAEA 2014.

⁹ IAEA 2016a.

¹⁰ IAEA 2016b.

¹¹ IAEA 2016c.

¹² IAEA 2017.

¹³ IAEA 2008.

¹⁴ IAEA 2018a.

¹⁵ IAEA 2018b.

¹⁶ IAEA 2005a.

¹⁷ IAEA 2016d.

¹⁸ IAEA 2005b.

¹⁹ SEBESTYÉN et al. 2017.

létesítményre vonatkozó jogszabályba (118/2011. Korm. rendelet), valamint a radioaktív hulladék-tárolókra vonatkozó nukleáris biztonsági szabályozásába (155/2014. Korm. rendelet). Ezzel átláthatóbb jogszabályi rendszer jön létre.

Megállapítottam, hogy az Svr.-ben található MSSZ-re vonatkozó tartalmi előírás nem alkalmazható nukleáris létesítményekre és radioaktív hulladék-tárolókra, így első tudományos eredményem részeként a tartalmi követelmény előírását áthelyeztem a nukleáris biztonsági követelmények közé.

Kutatásom során arra az eredményre jutottam, hogy a *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat* azzal, hogy átalakítási engedélyként kezeljük, valamint hogy üzemeltetési alapidokumentumnak vesszük, egyedinek minősül.

A nukleáris létesítményekre és a radioaktív hulladék-tárolókra vonatkozó sugárvédelmi követelmények gyakorlati alkalmazására szolgál a *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat*, amelynek egységes elbírálása szükséges. Ennek kidolgozásához a tartalmi elemek meghatározását célkitűzésemnek tekintem, ezért elkészítettem az arra vonatkozó útmutatót.

A javaslatok beépültek a jogszabályba, azok 2018-ban hatályos követelmények lettek. Kutatásom egyik eredményeként elértem, hogy a jogszabályok kiegészüljenek a specifikus sugárvédelmi követelményekkel.

Az MSSZ tartalmi ajánlásait tartalmazó hatósági útmutatót az OAH akkori főigazgatója kiadta. Kutatási eredményemnek tekintem egyrészt, hogy elkészítettem az útmutatót, másrészt azt, hogy az megjelent mint hatályos útmutató az OAH honlapján.²⁰

A radioaktív hulladékok osztályozási rendszerének értékelése és fejlesztése

Következő célkitűzésem teljesítéséhez a radioaktív hulladékok osztályozásának módszerét vizsgáltam felül a hazai szabályozásban. Ehhez bemutattam a hazai szabályozást, valamint a főbb radioaktív hulladék-termelőket, vagyis a hazai nukleáris létesítményeket, valamint radioaktív hulladék-tárolókat. A vizsgálat során felhasználtam a hazai kialakult gyakorlatot, nemzetközi példákat, illetve a nemzetközi szervezetek ajánlásait, amelyeket részletesen bemutattam a munkám során. Ezt követően ismertettem, hogy milyen javaslatot adtam a hazai alkalmazás

²⁰ OAH 2020, 2021

fejlesztésére. Bemutattam, hogy az általam javasolt rendszer miért korszerűbb, valamint jobban használható, mint az elődje.²¹

A kutatás során az alábbi következtetésekre jutottam:

- Súlyos hiányosságokat találtam a hazai szabályozásban a radioaktív-hulladék-osztályozási rendszerrel kapcsolatban.
- A radioaktív hulladék osztályozására vonatkozóan vizsgáltam az előírásokat, és megállapítottam, hogy azok hibásak lettek. A hulladékosztályokat ugyan tartalmazták, de az alkalmazásra vonatkozó előírás hiányzott.
- A NAÜ ajánlásában szereplő radioaktív hulladék-osztályozási rendszer hat csoportba sorolja a radioaktív hulladékokat. Kutatásom során ezeket a csoportokat elemeztem, és felhasználtam a javaslatok készítése során.
- A NAÜ-ajánlások által alkalmazott osztályozási rendszer elemzését követően megállapítottam, hogy nem minden részletében egyezik meg a hazai szabályozásban szereplővel. Arra az eredményre jutottam, hogy a hazai rendszer:
 - nem alkalmazza a nagyon kis aktivitású hulladékosztályt;
 - a lebomlásig tárolás felülvizsgálata szükséges, mert nem minden tekintetben egyezik;
 - a nagy aktivitású hulladék alkalmazásának szabályai nem egyértelműek, pontosítani kell azokat.
- A Nemzeti Program szerint a nagyon kis aktivitású hulladékosztályt 2018-ra be kellett vezetni.
- Bemutattam a nukleáris létesítmények és a radioaktív hulladék-tárolók alapparamétereit, amiből megállapítottam, hogy témámat tekintve kutatási munkám aktuális, hiszen Pakson a két új blokk létesítése még nagyobb mennyiségű hulladék keletkezésével jár.
- Kutatásom során nemzetközi példákat is megvizsgáltam, hogy a jó gyakorlatokat azonosítva formálhassam vele a hazai szabályozást, vagy azokat megfeleltethessem annak. Ezek alapján kiválasztottam öt nemzetet, amelyek gyakorlatából azt állapítottam meg, hogy a hazai gyakorlat a külföldi példákkal összeegyeztethető.

Megállapítható, hogy sikerült olyan osztályozási rendszert kialakítani, amely megfeleltethető az eddigi hazai gyakorlatnak, a nemzetközi ajánlásokat figyelembe veszi, és a nemzetközi példákon keresztül a nemzetközi gyakorlatnak jól megfeleltethető.

²¹ SEBESTYÉN et al. 2016.

*A hazai sugárvédelmi hatósági ellenőrzések
fejlesztése atomerőműben*

Utolsó célkitűzésem megvizsgálni, hogy mely sugárvédelmi hatósági feladat tekintetében lehet még szükség fejlesztésre, ehhez elemzem a hatósági fő feladatokat. Ezt követően az általam kidolgozott felügyeleti módszer új elemét mutatom be az atomerőmű vonatkozásában, amely a sugárvédelmi méréssel egybekötött általános célú sugárvédelmi ellenőrzés. A módszert a NAÜ által az IRRS missziójával lefolytatott felülvizsgálat ihlette, amely bemutatta számomra, hogy radiológiai ellenőrzést az OAH nem hajt végre az atomerőműben. Bemutatom többek között azokat az atomerőművi rendszereket röviden, amelyeket az általam kidolgozott hatósági felügyeleti módszer, ellenőrzés érint, amelyek környezetében a sugárvédelmi méréseket végzem el. Munkám során bemutatom az általam elvégzett ellenőrzések eredményeit, illetve rövid értékelés keretében számot adok a módszer eddigi eredményeiről.

A kutatás során az alábbi következtetésekre jutottam:²²

- A sugárvédelmi hatáskör tagoltsága miatt a sugárvédelmi jellegű ellenőrzések nem terjedtek ki minden területre. A 2016-ban bekövetkezett hatáskörváltozás miatt a sugárvédelmi jellegű ellenőrzések teljesen kikerültek az egészségügy hatásköréből, így az OAH-nak kell megoldania a felügyeletébe tartozó létesítmények ellenőrzését is. A korábbi kettős hatósági rendszer, majd a hatáskörváltozás miatt olyan állapot jött létre, hogy az OAH-nak kellett erőforrást biztosítania a sugárvédelmi ellenőrzésekhez is.
- Hazánkban 2015-ben IRRS misszió történt, amelynek keretében felülvizsgálta a NAÜ által küldött delegáció a magyar hatósági rendszer alkalmasságát. A missziót felkészülés előzte meg, amikor az előre meghatározott kérdések megválaszolásával kellett önértékelést adni. A misszió számos ajánlást tett, valamint sok jó gyakorlatot is megállapított. Egyik ajánlása a kialakult ellenőrzési gyakorlattal foglalkozik, amiből kiolvasható, hogy szükséges az atomerőműben olyan ellenőrzést végrehajtani, ahol radiológiai mérés is történik.
- A felügyeleti módszer fejlesztéséhez bemutattam a hatósági feladatokat annak érdekében, hogy megállapítsam, mely területen van szükség további fejlesztésre a szabályozás fejlesztésén felül. A hatósági feladatokat 4 (+1) csoportba soroltam: engedélyezés, ellenőrzés, értékelés, érvényesítés;

²² DEME–FEHÉR 2010.

az ötödik pedig a jogszabályalkotás. Ezek közül megállapítottam, hogy három feladatot mindenképpen fejleszteni kell, mivel a sugárvédelmi szabályozás kettőssége miatt vagy nem volt megfelelően elvégezve a feladat tekintetében a hatósági felügyelet, vagy nem volt megfelelően szabályozva. Ennek eredményeként megállapítottam, hogy:

- A jogszabályok fejlesztése szükséges, hiszen a felülvizsgálat során nem vették figyelembe a NAÜ speciális létesítményekre vonatkozó ajánlásait. Ezt a feladatot elvégeztem, az eredményeket publikációban mutattam be.
 - Az engedélyezés fejlesztése szükséges, mert a hatáskörök átalakulásával a sugárvédelem alapvető szabályozó dokumentumának tartalmát illetően a nukleáris létesítmények és a radioaktív hulladék-tárolók esetében olyan követelmény alakult ki, amely nem volt alkalmazható. Ezért az engedélyezési folyamat is felülvizsgálatra szorult, amit elvégeztem. Eredményeként a releváns jogszabályokat módosították.
 - Az ellenőrzés fejlesztése szükséges, mivel a kettős sugárvédelmi hatóság pontatlanul megfogalmazott feladatai nem terjedtek ki megfelelően az atomerőművekre. Radiológiai mérésekkel történő ellenőrzést ez idáig az OAH egyáltalán nem végzett, továbbá hiányzott az általános sugárvédelmi bejárás, amellyel felmérhető az atomerőmű állapota. Az ellenőrzés során továbbá az adminisztratív intézkedések betartását is ellenőrizni kell az MSSZ szabályainak betartásával.
- Kutatási munkám során a cél érdekében szempontrendszert állítottam fel, amely az ellenőrzés fejlesztéséhez ad megfelelő keretrendszert. Ennek keretében többek között:
- Meghatároztam azokat a mérési pontokat, ahol releváns információkat kaphatok a blokk állapotáról. Ennek keretében bemutattam azokat a fő rendszereket, fontosabb tulajdonságaikkal, amelyek alkalmasak a mérés elvégzésére.
 - Meghatároztam a mérési módszert az OAH mérőműszer parkjának felhasználásával.
 - Az ellenőrzésen általános sugárvédelmi állapotfelmérést is végezni kell, ez a sugárkapuk, a mérőműszerek állapotának, hitelességének ellenőrzésével tehető meg.
 - Arra a következtetésre jutottam, hogy az ellenőrzésnek egyszerű mérési módszeren és értékelésen kell alapulnia az ellenőrzés céljának elérése érdekében, valamint hogy ne foglalkjunk le ezzel indokolatlanul nagy erőforrást.

A mérési eredmények alapján arra következtettem, hogy a módszer megfelelő az előírt célok eléréséhez, vagyis hogy jelezze a blokk állapotának romlását, az inhermetikus kazetta jelenlétét, normál üzem közben is akár el lehessen végezni, a mérés és a mért értékek kiértékelése egyszerű legyen, továbbá a módszer kidolgozásánál figyelembe kell venni a mérőműszerek elérhetőségét.

A radioaktív hulladékok osztályozási rendszerét és a sugárvédelmi hatósági ellenőrzési módszert összekapcsolja a sugárvédelmi szabályozás fejlesztéséhez kapott eredmény. A szabályozás fejlesztésével, korszerűsítésével meghatározom azokat a szabályokat, valamint a *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat* tartalmi elemeire alkotott útmutatót, amely alátámasztja a radioaktív hulladékok osztályozási rendszerének fejlesztési szempontjait is, hiszen a radioaktív hulladékkal kapcsolatos kezelési intézkedések meghatározása nagyban függ a radioaktív hulladék osztályba sorolásától. Emiatt kell az osztályokat a korszerű nemzetközi gyakorlatokat, ajánlásokat figyelembe véve meghatározni. Az osztályozási szempontok között szereplő felezési idő, valamint aktivitás segít megállapítani a helyes sugárvédelmi intézkedéseket.

Az általam kifejlesztett sugárvédelmi ellenőrzési módszer figyelembe veszi a szabályozással kialakított feltételeket, vagyis a fejlesztésként meghatározott sugárvédelmi követelményeket, valamint az MSSZ tartalmára vonatkozó ajánlásokat. Az ellenőrzést e szempontok mentén határoztam meg.

A sugárvédelmi hatósági ellenőrzések szorosan összefüggenek az atomerőmű-fejlesztések katasztrófavédelmi és azon belül a veszélyes anyagok és áruk tárolásának biztonságát érintő iparbiztonsági követelményeinek teljesülésével.²³ Ezen túl kiemelt szakmai kérdésnek számít a lakossági monitoring- és a riasztó-rendszerek lakosságvédelmi alkalmazási lehetőségei is.²⁴

Összefoglalás

A kutatási eredményekkel kapcsolatban számos ajánlást tettem, amelyet a következőkben bemutatok.

A hatósági feladatok közül az értékeléshez nem tettem ajánlást, mivel az értékelésbe bele tud simulni a sugárvédelmi értékelés is, mindazonáltal ajánlom az értékelési feladatok elemzését és értékelését, hogy a sugárvédelmi célú értékeléshez tartozó fejlesztés lehetőségeinek azonosítása megtörténjen.

²³ KÁTAI-URBÁN 2023.

²⁴ KÁTAI-URBÁN – CIMER – LUBLÓY 2023.

A nukleáris létesítmények és a radioaktív hulladék-tárolók esetében nem készült sugárvédelmi célú útmutató. Kutatásom eredményei az útmutató készítése során felhasználhatóak.

Magyarországon két kis és közepes aktivitású radioaktív tároló létesült. Az atomerőművi eredetű hulladékok csak az egyikbe szállíthatók, míg a másik az intézményi eredetű hulladékokat fogadja. A radioaktív hulladék-osztályozással létrejött a nagyon kis aktivitású hulladékkategória is hazánkban. Ebből az következik, hogy az atomerőművi eredetű hulladékok akkor is geológiai tárolóba kerülnek, ha nagyon kis aktivitású hulladéknak minősülnek. Mindenképpen indokolt lenne tároló létesítése a nagyon kis aktivitású hulladékoknak, hogy ne a geológiai hulladék-tárolót terheljük olyan hulladékokkal, amelyek a nagyon kis aktivitású hulladékok tárolójában elhelyezhetőek lennének.

A 3. pont eléréséhez a jogszabályokat tovább kell fejleszteni, hogy ne a kis és közepes aktivitású hulladékok tárolójára vonatkozó követelményrendszert erőltessük a nagyon kis aktivitású hulladékok tárolójára.

Az általam kifejlesztett sugárvédelmi ellenőrző módszer az atomerőműre lett kialakítva. Javasolom annak megvizsgálását, hogy a módszer továbbfejlesztésével más nukleáris létesítményekre és a radioaktív hulladék-tároló létesítményekre is legyen kidolgozva hasonló módszerrel sugárvédelmi ellenőrzés a létesítmény biztonsági súlyát is figyelembe véve.

A kutatási témakörökhöz tartozó következtetéseimet, megállapításaimat, javaslataimat és konkrét kutatási eredményeimet az alábbiak szerint javasolom felhasználni.

A sugárvédelmi jogszabályok fejlesztéséhez adott javaslataim egy része már beépült a nukleáris biztonsági követelményeket tartalmazó jogszabályokba (118/2011. Korm. rendelet, 155/2014. Korm. rendelet), ugyanakkor egy másik része a szakmai egyeztetések során amiatt nem lett része a jogszabályoknak, mert túl részletes követelménynek bizonyult volna, és inkább útmutatóban lenne célravezető szerepeltetni. Az útmutató készítéséhez ezeket a javaslatokat fel lehet használni, javasolom ezek megjelenítését hatósági ajánlasként.

A *Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat* (MSSZ) tartalmára vonatkozó útmutatót elkészítettem nukleáris létesítményekhez és radioaktív hulladék-tárolókhoz. Az ezekre a létesítményekre vonatkozó MSSZ elkészítésénél alkalmazni lehet az útmutatót.

A radioaktív hulladékok osztályozására adott javaslatom beépült az általános sugárvédelmi követelményeket tartalmazó 487/2015. Korm. rendelet 12. mellékletébe, így gyakorlati felhasználhatósága a radioaktív hulladékok osztályozására szolgáló rendszer alkalmazása.

Hatósági ellenőrzési módszert dolgoztam ki az atomerőműre vonatkozóan, amellyel a blokk állapotáról lehet gyors értékelést készíteni. A módszer alkalmazása továbbra is javasolt, ezenfelül további nukleáris létesítményekben történő továbbfejlesztéséhez lehet felhasználni.

Felhasznált irodalom

- 1/2022. (IV. 29.) OAH rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2022-1-20-8L>
- 2/2022. (IV. 29.) OAH rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2022-2-20-8L>
- 9/2022. (XII. 29.) OAH rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2022-9-20-8L>
- 16/2000. (VI. 8.) EüM rendelet az atomenergiáról szóló 1996. évi CXVI. törvény egyes rendelkezéseinek végrehajtásáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2000-16-20-0B>
- 118/2011. (VII. 11.) Korm. rendelet a nukleáris létesítmények nukleáris biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2011-118-20-22>
- 155/2014. (VI. 30.) Korm. rendelet a radioaktív hulladékok átmeneti tárolását vagy végleges elhelyezését biztosító tároló létesítmények biztonsági követelményeiről és az ezzel összefüggő hatósági tevékenységről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2014-155-20-22>
1996. évi CXVI. törvény az atomenergiáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/1996-116-00-00>
2015. évi VII. törvény a Paksi Atomerőmű kapacitásának fenntartásával kapcsolatos beruházásról, valamint az ezzel kapcsolatos egyes törvények módosításáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2015-7-00-00>
2019. évi CVII. törvény a különleges jogállású szervekről és az általuk foglalkoztatottak jogállásáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2019-107-00-00>
2021. évi CXIV. törvény az atomenergia-felügyeleti szerv jogállásával összefüggésben egyes törvények módosításáról. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2021-114-00-00-00#C1>
- 487/2015. (XII. 30.) Korm. rendelet az ionizáló sugárzás elleni védelemről és a kapcsolódó engedélyezési, jelentési és ellenőrzési rendszerről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2015-487-20-22>
- A Tanács 2013/59/EURATOM irányelve az ionizáló sugárzás okozta 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. Online: <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2013/59/oj>
- DEME Sándor – FEHÉR István szerk. (2010): *Sugárvédelem*. Budapest: ELTE Eötvös.
- European Commission – Food and Agriculture Organization of the United Nations – International Atomic Energy Agency – International Labour Organization – OECD Nuclear Energy Agency – Pan American Health Organization – United Nations Environment Programme – World Health Organization (2014): *Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic*

- Safety Standards*. IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1578_web-57265295.pdf
- International Atomic Energy Agency (2005a): *Radiation Protection Aspects of Design for Nuclear Power Plants*. IAEA Safety Standards Series No. NS-G-1.13. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1233_web.pdf
- International Atomic Energy Agency (2005b): *Radiation Protection and Radioactive Waste Management in the Operation of Nuclear Power Plants*. IAEA Safety Standards Series No. NS-G-2.7. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1138_scr.pdf
- International Atomic Energy Agency (2008): *Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities*. IAEA Safety Standards Series No. NS-R-5. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1641_web.pdf
- International Atomic Energy Agency (2016a): *Safety of Nuclear Power Plants: Design*. IAEA Safety Standards Series No. SSR Part 2/1 (Rev 1.). Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1715web-46541668.pdf
- International Atomic Energy Agency (2016b): *Safety of Nuclear Power Plants: Commissioning and Operation*. IAEA Safety Standards Series No. SSR-2/2 (Rev. 1). Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/Pub1716web-18398071.pdf
- International Atomic Energy Agency (2016c): *Safety of Research Reactors*. IAEA Safety Standards Series No. SSR-3. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/publications/PDF/P1751_web.pdf
- International Atomic Energy Agency (2016d): *Predisposal Management of Radioactive Waste from Nuclear Power Plants and Research Reactors*. IAEA Safety Standards Series No. SSG-40. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/Pub1719web-23976404.pdf
- International Atomic Energy Agency (2017): *Safety of Nuclear Fuel Cycle Facilities*. IAEA Safety Standards Series No. SSR-4, IAEA. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1791_web.pdf
- International Atomic Energy Agency (2018a): *Occupational Radiation Protection*. IAEA Safety Standards Series No. GSG-7. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1785_web.pdf
- International Atomic Energy Agency (2018b): *Regulatory Control of Radioactive Discharges to the Environment*. IAEA Safety Standards Series No. GSG-9. Vienna: IAEA. Online: www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/PUB1818_web.pdf
- KÁTAI-URBÁN, Lajos – CIMER, Zsolt – LUBLÓY, Éva Eszter (2023): Examination of the Fire Resistance of Construction Materials from Beams in Chemical Warehouses Dealing with Flammable Dangerous Substances. *Fire*, 6(8), 293. Online: <https://doi.org/10.3390/fire6080293>
- KÁTAI-URBÁN Maxim (2023): Veszélyes anyagok és áruk tárolásának biztonsága, különös tekintettel a baleseti vízszennyezésre. *Hadmérnök*, 18(1), 29–41. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2023.1.3>
- Országos Atomenergia Hivatal (2020): *AKFN4.23. – Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat tartalma nukleáris létesítmények esetében, hatósági útmutató*. Budapest: OAH. Online: [www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/ACA1C323EB58E62DC1257BE9002CD900/\\$File/AKFN%204_23_vegleges.pdf](http://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/ACA1C323EB58E62DC1257BE9002CD900/$File/AKFN%204_23_vegleges.pdf)
- Országos Atomenergia Hivatal (2021): *T0.7. – Munkahelyi Sugárvédelmi Szabályzat készítése radioaktív hulladék-tároló létesítmények esetében. Hatósági Útmutató*. Budapest: OAH. Online:

[https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/177F9AFC43CBA8B6C1257EF9003A-D817/\\$File/T0.7_v%C3%A9gleges.pdf](https://www.haea.gov.hu/web/v3/OAHPortal.nsf/177F9AFC43CBA8B6C1257EF9003A-D817/$File/T0.7_v%C3%A9gleges.pdf)

- RÓNAKY József (2007): *Az atomenergia hazai alkalmazásának biztonságát szolgáló eljárások kutatása*. PhD-disszertáció. Budapest: ZMNE KMDI. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/12062/Teljes%20sz%c3%b6veg%21.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SEBESTYÉN Zsolt – HORVÁTH Kristóf – KÁTAI-Urbán Lajos (2016): A nukleáris biztonság és védetség hazai kutatási-fejlesztési eredményei. *Hadmérnök*, 11(4), 69–90. Online: http://www.hadmernok.hu/164_08_horvath.pdf
- SEBESTYÉN, Zsolt – KÁTAI-URBÁN, Lajos – VASS, Gyula (2021): Modification of the Hungarian Radiation Protection Supervision Activity. *Védelem Tudomány*, 6(2), 121–136. Online: www.vedelemtudomany.hu/articles/VI/2/08-sebestyen-vass-katai.pdf
- SEBESTYÉN Zsolt et al. (2016): Radioaktív hulladékok osztályozás hazai szabályozásának korszerűsítése. *Védelem Tudomány*, 1(4), 118–137. Online: <https://www.vedelemtudomany.hu/articles/I/4/09-sebestyen-ekler-kapitany-peter-stangl.pdf>
- SEBESTYÉN Zsolt et al. (2017): Nukleáris létesítményekre vonatkozó sugárvédelmi követelmények korszerűsítése. *Sugárvédelem*, 10(1), 1–43. Online: www.elftsv.hu/svonline/_hit_updater.php?url=docs/V10i1/Seb_V10i1.pdf

Simon Sándor¹

A pilóta nélküli légi járművek folyamatos légi alkalmasságának fenntartása

A közelmúltban a légi közlekedés jelentős átalakuláson ment át. A hagyományos légi járművek mellett megjelentek a pilóta nélküli légi járművek (drónok), illetve a pilóta nélküli légijármű-rendszerek (Unmanned Aircraft System; a továbbiakban: UAS), amelyek mára jelentős számban vesznek részt a légi közlekedésben. Jelenleg az UAS-ok nem illeszthetők be a hagyományos légi közlekedésbe, a léghatárt kizárólag a többi légi járműtől elkülönítve, számukra esetileg kijelölt légtérrészekben, ún. eseti légterekben használhatják. Ennek legfőbb oka az UAS-ok többi légi járműre, illetve a légi közlekedés többi résztvevőjére valószínűsített veszélyében rejlik. Tény, hogy a pilóta nélküli légi járművek működtetése eltérő a hagyományos légi járművekéthöz, tekintve, hogy fedélzetükön nem tartózkodik irányító személy, pilóta. Ebből kifolyólag alkalmazásukat repülésbiztonsági szempontból magasabb kockázatú elemként kezelik a légi közlekedésben. Mindazonáltal a hagyományos légi járművek alkalmazása során a repülésbiztonsági szint magasán tartását nagymértékben befolyásolja a légi járművek üzemképes műszaki, illetve repülőképes állapotának folyamatos fenntartása, amelyet folyamatos légi alkalmasságnak nevezünk. A légi alkalmasság folyamatos fenntartásának irányítását hagyományos légi járművek esetén erre kijelölt szervezetek, az ún. folyamatos légi alkalmassági irányító szervezetek (Continuing Airworthiness Management Organisation; a továbbiakban: CAMO) végzik. Munkámban célul tűztem ki azt, hogy igazoljam, a folyamatos légi alkalmasság fenntartása drónok esetében is értelmezhető, sőt kiemelt jelentőségű az UAS-ok hagyományos légi járművek légi közlekedési rendszerébe történő beilleszthetősége szempontjából.

Kulcsszavak: pilóta nélküli légi jármű – UAV, drón, pilóta nélküli légijármű-rendszer – UAS, repülésbiztonság, légi alkalmasság, folyamatos légi alkalmassági irányító szervezet – CAMO

¹ Doktorandusz, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: simon.sandor@uni-nke.hu; ORCID ID: 0009-0009-0760-3510.



CONTINUING AIRWORTHINESS MANAGEMENT OF THE UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

Recently, aviation has undergone a major transformation. In addition to conventional aircraft, unmanned aerial vehicles (UAV) called drones and unmanned aircraft systems (UAS) have appeared, which are now involved in aviation in significant numbers. From an aviation point of view, UAS cannot be integrated into conventional aviation, so airspace can only be used separately from other aircrafts. The main reason for this is aviation safety, as the control of unmanned aircrafts represents a higher level of risk from a safety point of view. However, maintaining a high level of aviation safety for conventional aircrafts is strongly influenced by the continuing airworthiness of the aircraft and its maintenance. In my work, I set out to prove that maintaining continuous airworthiness is of paramount importance also in the case of drones, from the point of view of the integration of UAS into the aviation system of conventional aircrafts.

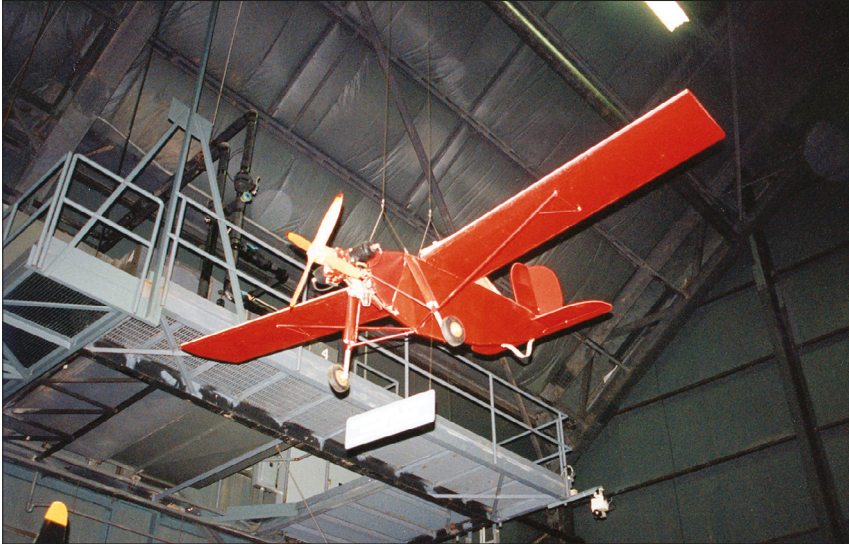
Keywords: *unmanned aerial vehicles, drones, unmanned aircraft system – UAS, aviation safety, airworthiness, Continuing Airworthiness Management Organisation – CAMO*

Történeti áttekintés

Pilóta nélküli légi járműveket kezdetben a katonai repülésben alkalmaztak, első megjelenésük nagyjából a 1930-as évek közepére tehető, amikor az Egyesült Államok hadseregében egyrészt a pilóták légiharc kiképzése, másrészt a légvédelmi gépágyúval felszerelt alakulatok kiképzése céljából rádió-távvezérlésű célrepülőgépeket (1. ábra) kezdtek el alkalmazni, ily módon biztosítva azt, hogy a harci pilóták, illetve a légvédelem valós repülő és manőverező légi eszköz megsemmisítését gyakorolhassa. Ekkor terjedt el az angol eredetű drón² elnevezése is ezeknek a légi járműveknek, amelyek közvetlen földi irányítás mellett működtek, autonóm repülésre még nem voltak képesek.

Az autonóm, vagyis a teljesen önálló drón repüléstechnikai feltételei csak évtizedekkel később, a múlt század utolsó évtizedeiben álltak rendelkezésre. Ekkor már a hagyományos légi járművek robotpilóta-rendszereihez hasonló funkciókkal (repülésimágasság-, irány- és sebességtartás) rendelkező berendezéseket képesek voltak olyan kis méretben létrehozni, hogy az a hagyományos légi járműveknél jellemzően kisebb fizikai mérettel rendelkező pilóta nélküli légi

² *Drone* (ejtsd: drón), jelentése: zümmögő.



1. ábra. OQ-2A típusú rádió-távvezérlésű drón

Forrás: www.skytamer.com/Radioplane_OQ-2A.html

járművek fedélzetére beépíthetővé vált. Továbbá a szoftver- és műholdas navigációs technológia fejlődésének köszönhetően ezen berendezések programozhatóvá váltak, és a fedélzeti globális (műholdas) helymeghatározó rendszer (*Global Positioning System; GPS*) segítségével folyamatos helyzetmeghatározás mellett a légi jármű képessé vált előre beprogramozott útvonal lerepülésére.

Ebben az időszakban indult meg a drónok tömeges fejlesztése és alkalmazása, főként azon országokban, ahol jelentős összegeket fordítottak a hadiiparra és a fegyverfejlesztésekre (USA, Szovjetunió, Franciaország, Törökország, Izrael és Kína). A fejlesztés fő irányává a katonai alkalmazásoknál elsődlegesen a felderítő céllal kifejlesztett drónok váltak. A gépeket fedélzeti fényképezőgéppel, nappali-éjszakai kamerákkal felszerelve jelentős hadművelleti információkat lehetett szerezni az élőerő kockáztatása nélkül. A katonai drónok fejlődésének egy másik fontos irányvonalává később a harcászati drónok (2. ábra) váltak. Mai fogalmaink szerint az UAV harctéri körülmények közötti első bemutatkozása a vietnámi háborúban volt 1975-ben.³ Ezek azok a légi járművek, amelyek

³ PALIK 2013.



2. ábra. MQ-9 Reaper típusú harcászati drón

Forrás: <https://dronewarsuk.files.wordpress.com/2010/06/predator-firing-missile4.jpg>

fedélzetükön légi fegyvereket, jellemzően irányított légiharc-rakétákat vagy bombákat képesek hordozni, és távvezérléssel vagy előre programozott útvonalat követve e fedélzeti fegyverekkel képesek légi támadást végrehajtani ellenséges célpontok ellen.

A katonai drónok elterjedése mellett a 2000-es évek második felében, mivel a megfelelő fejlettségű technológia ezt lehetővé tette, megindult a polgári drónok elterjedése is. Ezek eleinte főleg játék- vagy hobbicélú eszközök voltak, amelyek csupán pár percig voltak képesek a levegőben maradni, és csupán pár méterre távolodtak el kezelőjüktől. A későbbiekben, a 2010-es évek második felére már egyre nagyobb szerepet kapott a drónok professzionális alkalmazása, amely alapvetően ipari, mezőgazdasági vagy más speciális, például rendvédelmi alkalmazásokat jelentett.

A fejlődés üteme napjainkra sem lassult, jelenleg már a polgári életben sem csak kamerás drónok alkalmazása zajlik. A mezőgazdaságban fontos légi-növényvédelmi (permetezési) feladatokat végeznek drónokkal, életmentő felszereléseket juttatnak el nehezen megközelíthető területekre vagy árukiszállítást végeznek. A közeljövőben nagy valószínűséggel megjelennek majd az ún. pilóta nélküli



3. ábra. Airbus városi UAS-légitaxi-koncepció

Forrás: www.unmannedairspace.info/uncategorized/cityairbus-passenger-drone-takes-step-towards-2018-flight/

személyszállító légitaxik (3. ábra), amelyek a nagyvárosokra jellemző közúti dugók elkerülésére kínálhatnak majd alternatívát,⁴ de a legutóbbi híradások szerint például akár már a 2024-ben Párizsban megrendezendő nyári olimpiai játékokon is számolhatunk személyszállításra alkalmazott drónokkal,⁵ amelyek jelentősen megkönnyíthetik a rendezvény helyszínére való eljutást, illetve ezzel egyidejűleg nagymértékben tehermentesíthetik a közúti közlekedést is (4. ábra).

Pilóta nélküli légi járművek és pilóta nélküli légijármű-rendszerek

A pilóta nélküli légi járműveknek technikailag azokat a légi járműveket tekintjük, amelyek fedélzetén nem tartózkodik pilóta vagy egyéb, a légi jármű irányítását

⁴ CityAirbus Passenger Drone Takes a Step Towards 2018 Flight 2017.

⁵ Célegyenesben az elektromos légitaxi, a párizsi olimpián már nézőket szállíthat 2023.



4. ábra. Párizsi UAS-légitaxi-járművek

Forrás: www.portfolio.hu/gazdasag/20230811/celegyenesben-az-elektromos-legitaxi-a-parizsi-olimpian-mar-nezoket-szallithat-633047

felelős személy. A légi jármű repülési feladatát a földön tartózkodó távpilóta irányítása és felügyelete mellett alapvetően autonóm módon hajtja végre.⁶

A pilóta nélküli légi jármű (*Unmanned Aerial Vehicle; UAV*), azaz maga a légi jármű önmagában nem képes a levegőben közlekedni. Repüléséhez egy rendszert (5. ábra) kell működtetni, amely rendszernek a légi jármű „csupán” egy, de természetesen a leglényegesebb eleme. A rendszer további eleme a földi irányítóállomás (*Ground Control Station; GCS*), amely egy munkaállomás a kezelő számára, ahol megtörténik a légi jármű repülési útvonalának tervezése, repülés közbeni irányítása és nyomon követése, illetve amelyen a repülés közbeni esetleges, a biztonság érdekében történő beavatkozáshoz szükséges funkciógombok vannak elhelyezve, például azonnali leszállás, azonnali hazatérés (*Return to Home; RTH*). A rendszer harmadik fő eleme a légi jármű és a földi irányítóállomás közötti folyamatos adatkapcsolatot biztosító antennaberendezés és adatkapcsolati háló is, amely segítségével rádióelektronikai úton repülési utasításokat lehet közölni

⁶ A Bizottság (EU) 2019/945 felhatalmazáson alapuló rendelete (2019. március 12.) a pilóta nélküli légi jármű-rendszerekről és a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek harmadik országbeli üzemeltetéséről.

Az UAS felépítése



5. ábra. A pilóta nélküli légijármű-rendszer fő elemei

Forrás: SIMON 2022

a légi járművel, illetve rádió- és videójelek segítségével megtörténik az információtovábbítás a légi jármű fedélzetéről az irányítóállomáshoz. Ezen antennák jellemzően nagy polarizáltságú irányított antennák, amelyek folyamatos rálátását a légi jármű irányába biztosítani szükséges. Az antennát, különösen kisebb méretű drónok esetén, a földi irányítóállomásra integráltan alakítják ki, megjegyzendő azonban, hogy a nagy teljesítményű harcászati drónoknak műholdas adatkapcsolat segítségével zajlik az irányításuk és a fedélzeti kommunikáció. A három fő rendszerelem, azaz a *légi jármű*, a *földi irányítóállomás* és az *antennarendszer* együttesét tekintjük egységesen *pilóta nélküli légijármű-rendszernek* (UAS).

A légi alkalmasság

Egy légi jármű légi alkalmassága a jármű azon műszaki-technikai állapota, amelynek megvizsgálása és megállapítása alapján kijelenthető, hogy annak üzemeltetése repülés közben, illetve a járművet a földön működtetve nem jelent veszélyt a légi jármű személyzetére, a földi kiszolgáló személyzetre, a légi jármű

utasaira vagy más, a jármű közelében tartózkodó személyekre, más levegőben tartózkodó vagy földön lévő légi járművekre és egyéb földi létesítményekre. Röviden összegezve a légi alkalmasság a légi jármű biztonságos üzemeltetésre való alkalmasságát jelenti.⁷

A fenti meghatározás alapján könnyen belátható, hogy egy légi jármű légi alkalmas állapotának folyamatos fenntartása kulcsfontosságú repülésbiztonsági kérdés. Ennek érdekében a biztonságos légi közlekedésért felelős, hatósági jogkörrel rendelkező szervezetek, az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (*European Aviation Safety Agency; EASA*) az Európai Unión belül, valamint a Szövetségi Légügyi Hatóság (*Federal Aviation Administration; FAA*) az Egyesült Államokban, a hagyományos légi járművek vonatkozásában világszerte és egymással összhangban is meghatározták a légi járművek folyamatos légi alkalmasságának biztosítására és fenntartására vonatkozó követelményeket.

Ennek megfelelően a rendelkezések hatálya alá tartozó légi járművekre, repüléstechnikai termékekre, alkatrészek és berendezések folyamatos légi alkalmasságának biztosítására közös műszaki követelményeket és hatósági eljárásokat határoztak meg, amelyek betartásáért az adott tagállam illetékes légi közlekedési (értsd: polgári légügyi) hatósága felelős. Az unió légi járművek és repüléstechnikai termékek, alkatrészek és berendezések folyamatos légi alkalmasságának biztosítására vonatkozó 1321/2014 rendeletének⁸ hatálya például kiterjed, és így alkalmazása kötelező többek között az 5700 kg-nál nagyobb maximális felszálló tömegű (*Maximum Take Off Mass*; a továbbiakban: *MTOM*) repülőgépekre, a 3175 kg MTOM-et meghaladó helikopterekre és a rendelet legújabb kiadása szerint már a 150 kg MTOM-et meghaladó pilóta nélküli légi járművekre is.

Ennek megfelelően a folyamatos légi alkalmasság biztosításának és fenntartásának körülményeit kizárólag ez utóbbi jellemzőjű pilóta nélküli légi járművek esetén vizsgálom, ezen belül is elsősorban a személyszállításra alkalmas pilóta nélküli légi járművek speciális követelményeivel kívánok foglalkozni, tekintettel arra, hogy az érvényben lévő rendelkezések ugyan meghatározzák, hogy a 150 kg MTOM feletti pilóta nélküli légi járművek vonatkozásában is biztosítani kell a folyamatos légi alkalmasság fenntartását, de annak részletszabályait jelenleg csupán a hagyományos légi járművek vonatkozásában írják le.

⁷ A Bizottság (EU) 2019/945 felhatalmazáson alapuló rendelete.

⁸ A Bizottság (EU) 1321/2014 rendelete (2014. november 26.) a légi járművek és repüléstechnikai termékek, alkatrészek és berendezések folyamatos légi alkalmasságának biztosításáról és az ezzel összefüggő feladatokban részt vevő szervezetek és személyek jóváhagyásáról.

Légi járművek típus- és légi alkalmassági követelményei

Valamely légi jármű *típusalkalmassága* azt jelenti, hogy az adott légijármű-típus megfeleltethető valamilyen előre meghatározott, az adott légijármű-kategóriára elfogadott *tanúsítási specifikációnak*.⁹ Az ilyen specifikációkat nevezzük *Certification Specificationnek* (jelölése: CS), és ezek azok a normák, amelyek részletesen meghatározzák, hogy az adott kategóriájú légi járművet, illetve annak fődarabjait milyen műszakilag elfogadott elvek mentén, milyen módszerekkel és például milyen biztonsági tényezőkkel kell megtervezni, illetve méretezni. Az Európai Unión belül, hasonlóan a légi alkalmassági előírásokhoz, az EASA bocsátja ki ezeket a specifikációkat. Az ún. „nagy kategóriájú” légi járművekre, amelyek maximális felszálló tömege 5700 kg feletti, például az EASA CS-25 jelű specifikációja vonatkozik. Az ún. „kis kategóriájú” légi járművekre (MTOM < 5700 kg) az EASA CS-23, valamint a „könnyű kategóriájú” légi járművekre (MTOM < 750 kg) az EASA CS-VLA vonatkozik.¹⁰

Pilóta nélküli légi járművekre jelenleg még nem áll rendelkezésre EASA által kiadott tanúsítási specifikáció, azonban immár több mint egy évtizede működik egy szakértőcsoport, mégpedig azzal a céllal, hogy megalkossa a pilóta nélküli légi járművek tanúsításához szükséges tanúsítási specifikációkat. Ez a csoport a *JARUS (Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems; Közös Hatóságok a Pilóta Nélküli Rendszerek Szabályozásáért)*, amelybe jelenleg a világ 63 országa delegált légi alkalmassági szakembereket, illetve az EASA és az *EUROCONTROL (European Organisation for the Safety of Air Navigation; Európai Szervezet a Légi Közlekedés Biztonságáért)* képviselői is részt vesznek a közös munkában. A JARUS ez idáig már több kiadványt is kibocsátott a különböző kategóriájú UAS-ok tanúsításának elősegítéséhez, így többek között a könnyű forgószárnyas (CS-LURS) és a könnyű merev szárnyas (CS-LUAS) pilóta nélküli légijármű-rendszerek hatósági tanúsításának elősegítésére, de ezen anyagok alkalmazása – tekintettel a JARUS nem hatósági státuszára – továbbra is csupán javasolt, kötelező érvényűvé kizárólag az EASA általi bevezetést követően tehető az EU-ban.¹¹

A katonai drónok tanúsítása vonatkozásában meg kell említenünk a NATO Szabványügyi Szervezete (*NATO Standardization Organization; NSO*) által kibocsátott szervezeti szabványokat – a NATO STANAG 4671 számú anyag

⁹ GAÁL 2021: 15.

¹⁰ EASA Search [é. n.].

¹¹ JARUS [é. n.].

foglalkozik a katonai célra fejlesztett könnyű UAS-ok hatósági tanúsításával. Az anyag alapvetően az EASA CS-23, CS-VLA és a JARUS CS-LURS és -LUAS előírásait követi.

A légi alkalmasság és a légi alkalmassági vizsgálatok már az adott egyedi, egy bizonyos típushoz tartozó légi járműre vonatkoznak.

Mind a típus-, mind a légi alkalmassági vizsgálatokat általában az adott országban illetékességgel rendelkező polgári légügyi hatóságok, katonai légi járművek esetében pedig a katonai légügyi hatóságok hajtják végre saját eljárásrendjüknek, illetve jogszabályi előírásainak megfelelően. Az alkalmassági típusvizsgálatot, tekintve az eljárás bonyolultságát, általában vagy egy egységesen kompetensnek elismert hatóság (EU-n belül például az EASA), vagy pedig egy bizonyos tagállam, rendszerint az adott típusú légi jármű gyártója szerinti légügyi hatóság hajtja végre.

A folyamatos légi alkalmasság fenntartása és irányítása

A folyamatos légi alkalmasság fenntartása minden légijármű-üzembentartó kötelező felelőssége. Minden légi jármű üzembentartója köteles törekedni a repülésbiztonság lehető legmagasabb szinten tartására, amelyben az üzemben tartott légi jármű légi alkalmasságának jelentős szerepe van. A fentiekben hivatkozott jogszabály szigorú követelményeket határoz meg az 5700 kg-ot meghaladó maximális felszállótömegű légi járművekre, illetve az ennél ugyan kisebb tömegű (MTOM $\geq$ 3175 kg), de többhajtóműves helikopterekre, amelyeket egységesen mint *nagy légi jármű* említ.

Az e kategóriájú légi járművek esetében a rendelet kötelezően előírja, hogy a légi jármű tulajdonosának kötelessége nem csupán az, hogy a légi járművek műszaki állapota minden körülmények között kifogástalan legyen, és a tulajdonos ennek érdekében a légi jármű karbantartására kizárólag hatósági jóváhagyással rendelkező karbantartó szervezettel szerződhessen, hanem annak biztosítása is, hogy a légi jármű folyamatos légi alkalmasságának fenntartásával kapcsolatos feladatokat az általa megbízott, hatósági jóváhagyással rendelkező szervezet végezze. E szervezeteket nevezzük a folyamatos légi alkalmasság fenntartásának irányítását végző szervezeteknek vagy röviden *légialkalmasság-irányító szervezeteknek*, azaz CAMO-knak.

A CAMO-k feladatai és privilégiumai

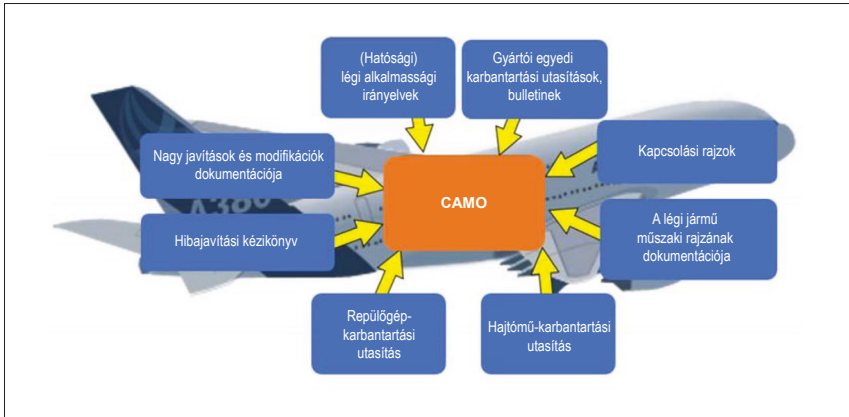
Egy CAMO főbb feladatai és az illetékes légügyi hatóság által garantálható előjogai (privilégiumai) az alábbiak szerint sorolhatók fel:

- a légi jármű *karbantartási programjának* elkészítése és szükség szerinti módosítása, az elkészült vagy módosított program jóváhagyásának megszerzése, illetve a program hatékonyságának ellenőrzése;
- a program alapján szükséges karbantartási feladatok kiadása a légijármű-karbantartó szervezet számára, a karbantartási program végrehajtásának felügyelete;
- a felügyelt légi jármű üzemeltetési és karbantartási körülményeinek ismerete, az adott légi jármű szerkezeti és karbantartási állapotának, feltárt meghibásodásainak és azok kijavítási módjának ismerete:
 - a légijármű-karbantartási program hatékonyságának ellenőrzése, így a repülőgép és rendszereinek megbízhatóságát, a jelentkező meghibásodások gyakoriságát figyelő és elemző ún. megbízhatósági program működtetéséről is gondoskodnia kell;
 - a légialkalmasság-felülvizsgálati bizonyítvány érvényességének fenntartása, amelyhez szükséges a rendszeres *légi alkalmassági felülvizsgálat* elvégzése;
 - tisztában kell lennie a szabályzási környezet változásaival, a hatósági, gyártói és beszállítói előírások, követelmények mindenkori helyzetével;
 - meg kell szerveznie a légi jármű bármilyen módosításának jóváhagyását annak végrehajtása előtt.

A CAMO privilégiumai:

- *időszakos légi alkalmassági felülvizsgálatok* végrehajtása és a felülvizsgálati bizonyítvány kiadásának és érvényessége meghosszabbításának joga;
- különleges esetekben a repülőgép *egyszeri repülése (Permit to Fly; PtF)* engedélyezésének joga.

A CAMO-feladatok, illetve a szervezet jogszabály által biztosított privilégiumai között szereplő *időszakos légi alkalmassági felülvizsgálatoknak* van talán a legnagyobb jelentősége, ezeknek van ugyanis közvetlen hatása a repülésbiztonságra, hiszen ebben az eljárásban minősítik az adott légi jármű légi alkalmas állapotát. A légi alkalmassági vizsgálatok célja, hogy megállapítsák, az adott légi jármű aktuális műszaki technikai állapotát tekintve alkalmas-e a biztonságos légi



6. ábra. A folyamatos légi alkalmasság irányításának rendszere

Forrás: a szerző szerkesztése az UKDiss.com 2021 alapján

közlekedésre, illetve azt, hogy a légi jármű karbantartása a gyártó által kiadott és az illetékes légügyi hatóság által jóváhagyott karbantartási utasítások szerint zajlik-e.¹² A vizsgálatot időszakosan hajtják végre egy légi jármű üzemeltetése során, vagy az adott légi járművet lajstromozó hatóság, vagy a hatóság által erre felhatalmazott szervezetek, CAMO-k hajtják végre. A felülvizsgálat során a hatóság, illetve a CAMO szakemberei áttekintik a légi jármű karbantartási dokumentációját, megvizsgálják annak teljességét, azt, hogy minden, a gyártó által előírt karbantartási formát végrehajtottak-e az adott légi járművön, illetve azt megfelelően rögzítették-e a légi jármű vonatkozó dokumentumaiban, elektronikus karbantartás-nyilvántartó rendszerében. Emellett a CAMO szakemberei szemrevételezik az adott légi jármű általános műszaki állapotát, annak minőségét is, szükség esetén ellenőrző felülvizsgálati repülést hajthatnak végre. Manapság viszont ez utóbbira, tekintettel a légi járművek és a karbantartási rendszer fejlettségi szintjére, egyre kevésbé vagy egyáltalán nincs szükség, mivel a légi jármű légi alkalmas állapota pusztán a szintén a CAMO által, a gyártói utasítások alapján összeállított és az illetékes légügyi hatóság által jóváhagyott légijármű-karbantartási program betartottságának felülvizsgálatával nagy biztonsággal megállapítható.

¹² GAÁL 2021: 16.



7. ábra. Honeywell STOL rendszerű drón

Forrás: Honeywell [é. n.]

A pilóta nélküli légi járművek folyamatos légi alkalmasságának fenntartása

Mint ahogyan azt korábban említettem, pilóta nélküli légi járművek esetén az uniós szabályozás elvileg már 150 kg felszálló tömegű légi jármű ($MTOM \geq 150 \text{ kg}$) esetén kötelezővé teszi a légi jármű folyamatos légi alkalmasságának fenntartását, ugyanakkor ennek részletszabályait nem határozza meg. Kézenfekvő tehát, hogy az adott 150 kg feletti pilóta nélküli légi jármű műszaki-technikai, illetve alkalmazási sajátosságai figyelembevétele mellett ez esetben is létre kell hozni az üzemeltetéstől és a légijármű-karbantartástól szervezetileg elkülönült módon működő, a folyamatos légi alkalmasság fenntartásáért és irányításáért felelős szervezeti elemet, azaz egy UAS-CAMO-t. Természetesen, szintén hasonló módon a hagyományos légi járművekhez, e feladatot ebben az esetben is elláthatja külső szervezet is. Az UAS-CAMO kialakításánál tisztában kell lenni a felügyelt légi járművek típusajátosságaival, például hogy merev szárnyú, forgószárnyú vagy kombinált (merev szárnyú, de emelő légcsavarokkal is ellátott légi jármű), amely rövid fel- és leszálló- (*Short Take-Off and Landing; STOL*) képességekkel rendelkezik, illetve nagyon fontos a légi jármű rendeltetése, amely szintén sokrétű lehet.

Az unió külön rendeletben határozza meg a pilóta nélküli légi járművekkel végrehajtható műveleti kategóriákat, illetve az egyes műveleti kategóriákhoz

tartozó hatósági tanúsítási követelményeket. E szerint megkülönböztet ún. *nyílt, speciális és engedélyköteles* műveti kategóriákat.¹³ Nyílt kategóriában csupán 25 kg maximális felszálló tömegű drónnal repülhetünk, látótávolságon belül (*Visual Line of Sight; VLOS*), továbbá nem repülhetünk embertömeg fölé, nem szórhatunk le a gép fedélzetéről veszélyes anyagokat. Amennyiben e korlátokon túllépünk, akkor a speciális, illetve az engedélyköteles kategóriába sorolják be drónműveletünket, és ez utóbbi esetben légi járművünkre légi alkalmassági szempontból a hagyományos légi járművekre vonatkozó előírásoknak kell teljesülnie.

Egy UAS-CAMO-val szembeni követelmények

Egy potenciális UAS-CAMO feladatai hasonlóképpen tevődnek össze a hagyományos légi járművek folyamatos légi alkalmasságának fenntartásáért felelős CAMO-kéval. A cél természetesen ugyanúgy a légi jármű biztonságos légi közlekedésre való folyamatos alkalmasságának mindenkor biztosítása.

E feladatok maradéktalan ellátásához az alábbi főbb kompetenciákkal kell rendelkeznie a szervezeteknek:

- megfelelő képzettséggel és gyakorlattal rendelkező szakemberek;
- kapcsolat a légijármű-tervező (-gyártó) vállalattal;
- hozzáférés a légijármű-tervező (-gyártó) vállalat által kiadott, az adott légijármű-típusra vonatkozó karbantartási és légi alkalmassági dokumentációhoz;
- hatósági engedély a CAMO-tevékenységre az illetékes légi közlekedési hatóságtól.

Kompetens szakemberek: a szervezetnek olyan szakembereket célszerű alkalmaznia, akik nemcsak a légi közlekedésben járatosak, hanem rendelkeznek ismeretekkel a drónokkal, illetve azok üzemeltetési sajátosságaival kapcsolatosan is. A hagyományos légi járművekkel CAMO-tevékenységet folytató cégeknél eltöltött idő mindenképpen hasznos és észszerű követelmény, de célszerű előírni, hogy a szakemberek rendelkezzenek drónos ismeretekkel is. Ehhez manapság már számos tanfolyam áll rendelkezésre, kezdve a pilóta nélküli drónok kezelőinek

¹³ A Bizottság (EU) 2019/947 végrehajtási rendelete (2019. május 24.) a pilóta nélküli légi járművekkel végzett műveletekre vonatkozó szabályokról és eljárásokról.

alaptanfolyamától egészen a speciális kategóriában működő drónok irányításához szükséges kezelői engedélyek megszerzéséig.

Kapcsolat légijármű-tervező (-gyártó) vállalattal és hozzáférés a gyártói dokumentációkhoz: a tanúsított kategóriában az UAS-tervező, -gyártó, -javító és -karbantartó szervezeteknek ugyanúgy meg kell szerezniük a működésükhöz szükséges EASA, illetve az EU-n kívül más illetékes légi közlekedési hatóság (például FAA) engedélyeit, ahogyan a hagyományos légi járműveken e felsorolt tevékenységeket végző szervezeteknek. Ennek megfelelően a gyártóknak létre kell hozniuk az adott UAS-típus vonatkozásában a teljes *életciklus-támogató (menedzsment-) programot*, illetve a CAMO-knak kötelezően fel kell venniük a kapcsolatot a gyártókkal, ezáltal garantálva az üzemeltetett UAS-típus vonatkozásában a naprakész karbantartási és légi alkalmassági információk elérését.

Hatósági engedély: az uniós rendelkezést alapul véve az ún. UAS-CAMO-szervezetnek hatósági engedélyt kell szereznie valamely EU-s vagy területileg illetékes légi közlekedési hatóságtól, a hatóságoknak, illetve az EU-nak pedig ki kell dolgoznia az engedély megszerzéséhez szükséges feltételrendszert. A CAMO-engedély megszerzéséhez – hagyományos légi járművek esetén – alapvetően a fentebb felsorolt kompetenciákat kell igazolni az engedélyező hatóság irányába, azaz: kompetens szakemberek, hozzáférés az érintett légijármű-típus karbantartási dokumentációjához. Összeségében véve a szervezetnek ún. *CAMO-kézikönyvben (Continuing Airworthiness Management Organization Exposition; CAMOE)* kell ismertetnie tevékenységének részleteit, és azt be kell nyújtania az illetékes hatósághoz jóváhagyásra. A hatóság ezt követően ellenőrzi a tevékenység végzésének feltételeit a szervezetnél, összeveti a helyszínen tapasztaltakat a kézikönyvben leírtakkal, majd engedélyezi a CAMO-szervezet számára a tevékenységet.

Összefoglalás

A pilóta nélküli légi járművek alkalmazásának igénye a közeljövőben egyre inkább terjedni fog a nyílt és a speciális műveleteken túlra, azaz a tanúsított kategóriában is. Ez elsődlegesen megköveteli majd az UAS-ok hagyományos légi járművekkel közös légtérhasználata feltételeinek megteremtését is. A nagyvárosok megnövekedett földfelszíni és földfelszín alatti, jellemzően kötöttpályás túlsútfolt forgalma a városok feletti légtér kihasználására ösztönzi már napjainkban is a városfejlesztőket. A városok feletti légi közlekedés jövőbeni koncepciója szerint ilyen fajta légtérhasználat elsősorban autonóm rendszerek, UAS-ok segítségével

valósítható majd meg a legbiztonságosabban, mivel a kötöttpályás közlekedési eszközök (például vasút, metró stb.) mellett a légi közlekedési eszközök autonóm vezérlése valósítható meg technikailag a legegyszerűbb módon. Ennek érdekében ki kell dolgozni egyrészt az ún. *rugalmas légtérfelhasználás* technikai és jogi szabályozási rendszerét, amely lehetőséget teremt majd az UAS-ok hagyományos légi járművekkel közös légtérfelhasználására. Ehhez viszont a megfelelő műszaki-technikai színvonalú típustanúsított UAS-ok mellett létre kell hozni a biztonságos üzemben tartási környezetet is számukra azért, hogy ez a biztonságos légi üzem folyamatosan biztosítható legyen.

Meglátásom szerint a hagyományos légi járművek üzemeltetési környezetéből ismert folyamatos légialkalmasság-irányítási rendszer, illetve az azt biztosító CAMO-szervezet pilóta nélküli légi járművek üzemben tartására való alkalmazásának kötelezővé tétele útján biztosítható csupán a speciális kategórián túli, például személyszállításra is alkalmas UAS-ok hagyományos légi járművekkel közös és biztonságos légtérfelhasználása.

Az UAS-ok jelenleg karbantartás szempontjából nem vagy nem teljeskörűen szabályozott üzemeltetési környezetben működnek, légi alkalmas állapotukat nehezen lehetne meghatározni, arra csupán a gyártó által kiadott használati útmutatóban, illetve a műveleti engedélyek megszerzéséhez szükséges nagy vonalakban megfogalmazott karbantartási koncepciók alapján lehet következtetni. A hagyományos légi járművek üzemben tartását ellenőrző nemzeti légi közlekedési hatóságok megfelelő szabályozók híján jelenleg nem gyakorolnak felügyeletet az UAS-ok légi alkalmasságát illetően. CAMO-szervezetek alkalmazására pedig még nagyobb méretű és darabszámú drónok esetén sem kerül sor.

Véleményem szerint az UAS-üzemeltetők, -üzembentartók még nem ismerték fel az analógiát a hagyományos légijármű-üzemeltetés és a drónok rendszeres üzemeltetése között, illetve nem tudatosult bennük a drónok nem előre meghatározott karbantartási program szerinti üzemeltetésének káros hatása az UAS légi alkalmasságára, illetve annak valós és közvetlen veszélye a repülés biztonságára. Ez sok esetben annak is betudható, hogy a drónüzemeltetők nem ismerik a hagyományos légi járművek üzemeltetési rendszerét és a CAMO-szervezetek működésének lényegét.

Jelenlegi koncepcióm szerint egyrészt jogszabályok által meg kell követelni e kategóriában a hagyományos légi járművekhez hasonló légialkalmasság-irányítási rendszer kiépítését az UAS-ok vonatkozásában is, és az UAS-üzembentartó szervezetek számára megfelelő képzéseket kell szervezni és jogszabályilag előírni, amelyek során az üzemeltetők ismereteket szerezhetnek a légi járművek

folyamatos légi alkalmassága fenntartásának fontosságáról és a biztonságos légi közlekedés ezirányú feltételeiről.

Felhasznált irodalom

- 22 EASA Search [é. n.]. Online: [https://www.easa.europa.eu/en/search?keys=aircraft%20categories&f%20\[0\]=origin:%20EASA+Pro](https://www.easa.europa.eu/en/search?keys=aircraft%20categories&f%20[0]=origin:%20EASA+Pro)
- A Bizottság (EU) 1321/2014 rendelete (2014. november 26.) a légi járművek és repüléstechnikai termékek, alkatrészek és berendezések folyamatos légi alkalmasságának biztosításáról és az ezzel összefüggő feladatokban részt vevő szervezetek és személyek jóváhagyásáról.
- A Bizottság (EU) 2019/945 felhatalmazáson alapuló rendelete (2019. március 12.) a pilóta nélküli légijármű-rendszerekről és a pilóta nélküli légijármű-rendszerek harmadik országbeli üzem-bentartóiról.
- A Bizottság (EU) 2019/947 végrehajtási rendelete (2019. május 24.) a pilóta nélküli légi járművekkel végzett műveletekre vonatkozó szabályokról és eljárásokról.
- Célegyenesben az elektromos légitaxi, a párizsi olimpián már nézőket szállíthat. *Portfolio*, 2023. augusztus 11. Online: <https://www.portfolio.hu/gazdasag/20230811/celegyenesben-az-elektromos-legitaxi-a-parizsi-olimpian-mar-nezoket-szallithat-633047>
- CityAirbus Passenger Drone Takes a Step Towards 2018 Flight. *Unmanned Airspace*, 2017. december 19. Online: <https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/cityairbus-passenger-drone-takes-step-towards-2018-flight/>
- GAÁL Sándor (2021): *Airworthiness – Kezdeti és folyamatos légialkalmasság*. Képzési anyag. Frankfurt: Lufthansa Technik AG.
- Honeywell [é. n.]. Online: <https://aerospace.honeywell.com/us/en/products-and-services/industry/urban-air-mobility/light-uas>
- JARUS hivatalos portálja [é. n.]. Online: <http://jarus-rpas.org/who-we-are>
- PALIK Máttyás szerk. (2013): *Pilóta nélküli repülés profiknak és amatőröknek*. Budapest: Nemzeti Közszerzői Egyetem.
- SIMON Sándor (2022): *UAS hatósági tanúsítási és felügyeleti eljárások*. Előadás. A1-B2 kategóriájú pilóta nélküli állami légijármű rendszer üzemeltetése alaptanfolyam, 2022. október 25. UAS alapismeretek tantárgy. Budapest: Nemzeti Közszerzői Egyetem. Előadó: Simon Sándor. Ppt. 10. dia.
- UKDiss.com (2021): *Outsourcing Continuing Airworthiness Management Activities: Benefit and Risks*. Online: <https://ukdiss.com/examples/outsourcing-continuing-airworthiness-management-activities.php>

Szajkó Gyula¹

A béketámogató műveletek üzemanyagszükséglet-tervezéséhez használt számvetési módszerek

A béketámogató műveletek logisztikai támogatásának tervezésekor és szervezésekor fontos szempont, hogy a feladatok végrehajtását biztosító erőforrások a művelet teljes ciklusában. A hőerőgépek üzemanyag-felhasználásával szinte minden műveletben számolni kell, ezért is lényeges, hogy a szükségletek tervezése a pontosságot, az igények kielégítése a költséghatékonyságot tükrözzön. A technikai eszközök hajtóanyag-szükségletének számvetésekor különböző tényezőket is figyelembe lehet venni, amelyekkel precízebb előrejelzések végezhetők el. A hajtóanyag-fogyasztási egység pontosan ezt a célt szolgálja, mivel alkalmazásával meg lehet határozni a műveletekben részt vevő eszközök várható üzemanyag-szükségletét. A tanulmány célja, hogy bemutassa az üzemanyag-felhasználás tervezésénél használható képleteket, és javaslatot tegyen a legjobb gyakorlat alkalmazására.

Kulcsszavak: logisztikai támogatás, üzemanyag-szükséglet, üzemanyag-fogyasztási egység, felhasználás, aggregátorok

APPLIED CALCULATION METHODS FOR THE FUEL DEMAND PLANNING TO THE PEACE SUPPORT OPERATIONS

When planning and organizing logistic support of peace support operations, one of the most important viewpoint is providing the required resources based on the intent of the commander of the operation. It has to be calculated with the fuel consumption of the equipment in almost every operation, for this reason it is important that the planning requirement and the satisfaction of needs is being reflected by accuracy and cost effectiveness. Different factors can be taken into account when fuel needs of equipment are calculated with which more precise predictions can be created. The fuel consumption of thermoelectric engines must be considered and calculated in almost every operation, that's why it is important

¹ Nemzeti Közszolgálati Egyetem (NKE) Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Hadtáp, Pénzügyi és Katonai Közlekedési Tanszék, tanársegéd, doktorandusz, NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: szajko.gyula@uni-nke.hu; ORCID ID: 0000-0002-4347-4340



that the planning of demand to reflect accuracy and the satisfaction of needs to mirror cost-effectiveness. The Fuel Consumption Unit can support achieving this objective because the expected fuel needs of the equipment can be defined during the operation by using this method. The objective of this article is to show the formulas that can be used in the planning of fuel consumption and to make a proposal for application of the best practice.

Keywords: logistic support, fuel requirement, Fuel Consumption Unit, consumption, aggregates

Bevezetés

A békétámogató műveletek logisztikai támogatásakor kiemelt figyelmet kell fordítani arra, hogy a műveletek végrehajtását biztosító erőforrások a megfelelő időben és helyen, a megfelelő minőségben és mennyiségben álljanak rendelkezésre. Az anyagok és eszközök várható felhasználásának tervezése az egyik olyan tényező, amellyel meg lehet valósítani az igények időben történő kielégítését, alkalmazásával számszerűsíthető a műveleti területen megalakítandó „kezdő” készletek nagysága, majd a feladatokat teljesítő erők várható erőforrás-szükségleteinek mértéke.

A hadszíntéren állomásozó haditechnikai eszközök üzemanyag-felhasználásával szinte minden műveletben számolni kell. Ezért is fontos, hogy a logisztikai támogatás tervezésekor a szakértő személyek a várható fogyás mértékét pontosan, a költséghatékonyságot szem előtt tartva határozzák meg. A szükségletek megállapításakor különböző tényezőket is érdemes figyelembe venni, ilyen például a művelet intenzitása, a terület domborzati tulajdonsága vagy annak éghajlati jellemzői. A haditechnikai eszközök várható üzemanyag-felhasználása számításának módszerét a nemzeti szabályzók² és a szövetségesi irányelvek³ is leírják. Ennek megfelelően például a Magyar Honvédség (a továbbiakban: MH) logisztikai szervezeteinél vagy a NATO égisze alatt folyó műveletekben a tervező törzsek az üzemanyag-fogyasztási egységet (*Fuel Consumption Unit*; a továbbiakban *FCU*) alkalmazzák számvetési alapnak, amelynek segítségével meghatározható – egy műveletben – az eszközök várható hajtóanyag-szükséglete. Az FCU számvetésekor rendszerint minden eszközre ugyanazt a távolságot számolják, majd annak alapján állapítják meg egy alegység várható üzemanyag-fogyasztását.

² *Htp/1 Hadtáp szabályzat az üzemanyag szolgálat részére* 2015. 2019-ben az MHP parancsnoka hatálytalanította.

³ *STANAG 2115* 2010.

Felmerülhet a kérdés, hogy miért van szükség egy bevált módszer továbbfejlesztésre vagy átalakítására. Az MH üzemanyag-biztosításának egyik legfontosabb küldetése, hogy a katonai szervezetek ellátáshoz szükséges anyagi-technikai háttér az előírásoknak megfelelően, a költséghatékonyságot szem előtt tartva legyen biztosítva az év minden napján.⁴ Ezért is fontos, hogy minden lehetőséget megvizsgáljon a szakterület, amellyel fejleszteni lehet a szükségletek tervezésének pontosságát, növelni a technikai eszközök kiszolgáltatásának hatékonyságát és/vagy csökkenteni az üzemanyag-felhasználásokhoz kapcsolódó költségeket. Az egyik ilyen lehetőség, hogy a szükségletek számvetésekor – a tapasztalati adatok alapján – az eszközök kilométer-teljesítését is vegyék figyelembe a tervezést végző személyek.

A műveleti tapasztalatok⁵ azt mutatták, hogy a feladatoktól függően egy alegység technikai eszközei egymástól eltérő távolságot is teljesíthetnek, ebből következően változó lesz a hajtóanyag-szükségletük, így módosul a biztosítandó készletek nagysága és közvetetten a hozzá tartozó költségek is. Az FCU kiegészítése vagy fejlesztése tehát indokoltta vált, annak érdekében, hogy tovább növeljük a műveletek logisztikai támogatásának hatékonyságát.

Az Egyesült Királyság vagy a Cseh Köztársaság haderőinél (az összhaderőnemi logisztikai támogatást tervező szervezetek) már a tapasztalati adatokkal bővített képletet alkalmaznak a hajtóanyag-szükségletek megállapításához,⁶ így még pontosabb előrejelzést tudnak készíteni a műveletek kezdeti fázisaiban.

A tanulmányban célul tűztam ki, hogy egy példán keresztül mutassam be a jelenleg az MH-ban alkalmazott üzemanyag-számvetési képletet, és összehasonlítsam a brit haderő által használt módszerrel, majd a missziós tapasztalatokat is felhasználva javaslatok tegyek az FCU kiegészítésére.

A kutatás módszere

Összehasonlítom a NATO STANAG 2115 irányelvben szereplő FCU-t a brit haderő által alkalmazott napi szükségletfelhasználási mennyiséggel (*Daily Consumption Rate*; a továbbiakban: *DCR*). Az összehasonlítást egy alegység 180 napos műveletre számvetett hajtóanyag-szükségletének meghatározásával végzem el, úgy, hogy

⁴ KERTAI–SZATMÁRI 2006.

⁵ Idetartozik a saját missziós tapasztalatom (HUN PRT-12 váltás) és az MH KFOR kontingens 26. váltásának adatai is.

⁶ VENEKEI 2015: 215.

ugyanazon alegység technikai eszközeire alkalmazom mind a két képletet, ahol felhasználom egy (általam is végrehajtott) misszió adatait. Az eltéréseket a valós felhasználásokhoz viszonyítom litermennyiségekben kifejezve.

A béketámogató műveletekben részt vevő szárazföldi eszközök hajtóanyag-szükségletének számvetése

A béketámogató műveletek üzemanyag-biztosításának tervezésekor számos szempontot szükséges figyelembe venni. Ezek közé tartoznak a NATO által kiadott dokumentumban,⁷ valamint a vele összhangban lévő MH Összhaderőnemi Logisztikai Támogatási Doktrínában⁸ meghatározott logisztikai alapelvek. A követelmények egyben iránymutatást is adnak a műveletek logisztikai támogatásának tervezéséhez és szervezéséhez, amelyek a következők:⁹

- a műveletek elsődlegessége;
- az egyszerűség;
- a rugalmasság;
- a gazdaságosság;
- a rendelkezésre állás;
- a fenntarthatóság;
- és a túlélőképesség.

Ezek olyan alapelvek, amelyek követelményként jelentkeznek, ezeket érdemes megvizsgálni röviden az üzemanyag-biztosítás oldaláról is, mivel segíthetnek az üzemanyag-számvetések fontosságának könnyebb megértésében. Az első alapelv (a műveletek elsődlegessége) érvényesülése érdekében szükséges, hogy az üzemanyag-biztosításhoz kapcsolódó feladatok hatékonyan támogassák a műveleteket irányító parancsnok elgondolását, valamint annak időben történő végrehajtását. A második alapelv (egyszerűség) azt követeli meg, hogy az ellátási láncok működtetésekor törekedjenek a logisztikai szervezetek a könnyen áttekinthető rendszerek kialakítására, tehát kerülni kell a túlzott decentralizálást, úgy, hogy a technikai eszközök üzemanyag-ellátása ne korlátozza vagy akadályozza a harcoló erőket küldetéseik teljesítésében. Ehhez kapcsolódik, hogy

⁷ MC-319/3 *Principles and Policies for Logistics* 2014: 5–6.

⁸ Ált/217 2015.

⁹ Ált/217 2015: 17–22.

a logisztikai rendszereknek rugalmasnak kell lenniük a műveletek típusához, tartalmához, és igazodniuk kell a változó körülményekhez, harchelyzetekhez. Azonban fontos követelmény, hogy a haditechnikai eszközök üzemanyag-szükségletének kielégítése a gazdaságosságot, a költséghatékony módszerek alkalmazását helyezze előtérbe, úgy, hogy az ellátás színvonala teljes mértékben biztosítsa az erők reagálóképességét és a műveletek sikeres végrehajtását. Ezt főként pontos tervezéssel lehet elérni, amely egyben garantálja az erőforrások (üzemanyagok) folyamatos elérhetőségét (rendelkezésre állását) is. Ennek megfelelően az ellátás tervezésekor számot kell vetni a műveletek szükségletei, azok várható alakulása, az erőforrások elosztása tekintetében, amin keresztül megvalósítható a szükséges és elégséges mennyiségű üzemanyag-készletek rendelkezésre állása a művelet teljes ciklusában. Az így kialakított ellátási rendszerrel szemben további fontos szempont, hogy működése a fenntarthatóságot tükrözze. Ezt meg lehet valósítani a túlélőképesség fokozásával, amelyen belül biztosított az erők és az eszközök folyamatos védelme, a rendszabályok bevezetése, betartása, a személyi állomány, valamint a készletek decentralizált elhelyezése, mélységben történő lépcsőzése, a működési körletek megerősítése, a szükséges mértékű álcázási feladatok végrehajtása.¹⁰

Látható, hogy egy művelet előkészítése, az üzemanyag-biztosítás tervezése és szervezése összetett feladatként jelentkezik a logisztikai szervezetek számára. Véleményem szerint ezek közül kiemelhető az igények számvetése és a várható fogyasztások előrejelzése, mivel általuk meg lehet határozni a megalakítandó készletek nagyságát, mértékét, a tárolásukhoz szükséges raktárkapacitásokat, így a hozzájuk kapcsolódó költségterveket is. Ezért is fontos, hogy a számvetések a valósághoz nagyon közel eső eredményeket biztosítsanak, hogy a tervező törzsek minél jobb cselekvési változatokat dolgozzanak ki egy művelet végrehajtására, és csökkentsék ezáltal a készletek megalakításakor és lépcsőzésekor jelentkező kockázatokat.¹¹ Ennek megfelelően a következő részben az üzemanyag-számvetéshez használt képletet vizsgálom meg (több példa bemutatásán keresztül) és hasonlítom össze a brit módszerrel.

¹⁰ *Alt/217* 2015: 17–22.

¹¹ BÁTHY–VENEKEI 2012.

*Az FCU alkalmazása a technikai eszközök
üzemanyag-szükségletének számvetéséhez*

A műveletek előkészítéséhez kapcsolódó feladatok átfogó (több, például stratégiai, hadműveleti, harcászati szinten végrehajtott) művelettervezési folyamaton keresztül valósulnak meg. A tervezéskor figyelmet fordítanak a logisztikai támogatás szempontjából fontos anyagok, eszközök számvetésére is. Többszemélyes műveletekben a számításokat I., II., III., IV., V. anyagosztályba sorolt készletekre vonatkozóan készítik el a tervezést végző törzsek. Az AJP-4 logisztikai doktrína (a NATO-tagországok számára ajánlasként) le is írja, hogy az anyagosztályokba milyen hadfelszereléseket célszerű csoportosítani, amelyek az alábbiak:¹²

- I. osztály: azok a felszerelések és anyagok, amelyeket a személyi állomány vagy az állatok megközelítőleg azonos mennyiségben fogyasztanak (például élelmiszer, takarmány stb.);
- II. osztály: azok az eszközök és cikkek, amelynek mennyiségét (javalmazását) az állománytáblák határozzák meg (például ruházati cikkek, alkatrészek, szerszámkészletek stb.);
- III. osztály: a hajtó-, kenő- és karbantartó anyagok, kivéve a repülőeszközök üzemanyagai;
- III./a osztály: a repülőeszközök hajtó-, kenő- és karbantartó anyagai;
- IV. osztály: műszaki építési és erősítési anyagok, berendezések (például szögesdrótok, homokzsákok, HESCO-bástyák);¹³
- V. osztály: lőszer, robbanóanyagok, kémiai tulajdonságokkal bíró hatóanyagok (például bombák, gyutacsok, detonátorok, rakéták, hajtótöltet stb.).

A tanulmány témája szerint a III. anyagosztályba sorolt készletek számvetése lényeges. Az üzemanyagok vonatkozásában a szükségleteket a *Standard Day of Supplyban* (SDOS) (egy közepes intenzitású harcnap ellátmánya) metrikus mértékegységben (literben vagy kilogrammban) kell meghatározni. A számvetés alapja az FCU, amely definíció szerint a következőt jelenti:¹⁴

- szárazföldi eszközök vonatkozásában:
 - kerekes és lánctalpas járműveknél: 50 km/h sebességgel, közepes terheléssel, szilárd, vízszintes burkolatú úton, gyakorlott vezető által 100 km megtételéhez szükséges hajtóanyag-mennyiség;

¹² AJP-4 *Allied Joint Doctrine for Logistics* 2018.

¹³ KOVÁCS–NYERS–PADÁNYI 2011.

¹⁴ STANAG 2115 2010: 3.

- munkagépeknél, stacioner és mobil eszközöknél, egyéb üzemanyagot fogyasztó berendezéseknél: a 12 órás, átlagos terhelésű, folyamatos működéshez szükséges üzemanyag-mennyiség;
- vízi eszközöknél: a 12 órás átlagos sebességgel és terheléssel megtett távolság teljesítéséhez, üzemeléshez szükséges hajtóanyag-mennyiség;
- főző, fűtő és világító berendezéseknél: 24 órás átlagos működéshez szükséges üzemanyag-mennyiség;
- repülőeszközök vonatkozásában:
 - harcászati repülőgépeknél: egy bevetés kétórás repüléséhez szükséges repülőpetróleum-mennyiség;
 - szállító repülőgépeknél: egy bevetés közepes magasságon négyórás repüléséhez szükséges repülőpetróleum-mennyiség;
 - harcászati helikoptereknek: egy bevetés közepes magasságon kétórás repüléséhez szükséges repülőpetróleum-mennyiség;
 - szállító helikoptereknek: ötórás bevetéshez szükséges hajtóanyag-mennyiség.

Az általam összeállított 1. táblázat egy szárazföldi eszköz hajtóanyag-szükségletének számvetését szemlélteti FCU-ban és SDOS-ban kifejezve:

1. táblázat. Az eszközök hajtóanyag-szükségleti számvetése

<i>Az eszköz megnevezése</i>	<i>Az eszköz hajtóanyag-fogyasztási alapnormája l/100km¹⁵</i>	<i>1 FCU</i>	<i>1 DOS</i>
PSZH BTR-80	49,5	49,5 liter F-54 ¹⁶	49,5 liter F-54

Forrás: a szerző szerkesztése

Alaphelyzetben az FCU megegyezik a jármű hajtóanyag-fogyasztási alapnormájával, ennek megfelelően az egy napra szükséges készletmennyiséggel.

¹⁵ Az eszközök hajtóanyag-fogyasztási alapnormáit az érvényben lévő szabályzatok, valamint a járműhöz rendszeresített kezelési, karbantartási utasítások tartalmazzák.

¹⁶ A líttermennyiség után szereplő betű és szám a többnemzeti műveletekben a hajtóanyagok fajtájának azonosítására szolgál, így az F-54 a gázolajat, F-34 a repülő-petróleumot, míg az F-67 az Esz-95 autóbENZINT jelöli. *Fuels and Lubricants* 2022.

Egy művelet végrehajtását azonban számos tényező befolyásolhatja, amire kitér a NATO STANAG 2115 is. Ezek közé tartoznak:¹⁷

- manővertényezők (MT) (intenzitáson alapuló):
 - átlagos harcászati manőverek (szorzó, együttható: 1,0);
 - magas intenzitású műveletek (szorzó, együttható: 2,4);
 - védelem (mozgó és statikus), városi műveletek (szorzó, együttható: 1,5);
 - műveletek előtti felkészítés (szorzó, együttható: 1,8);
 - egyéb műveletek (szorzó, együttható: 2,1);
- a tereptényezők (TT):
 - sík terep (szorzó, együttható: 1,0);
 - dombos terep (szorzó, együttható: 1,2);
 - hegyi terep (szorzó, együttható: 1,5);
 - átszabdelt terep (szorzó, együttható: 1,5);
- az éghajlati tényezők (ÉT):
 - forró (szorzó, együttható: 0,9);
 - mérsékelt (szorzó, együttható: 1,0);
 - hideg (szorzó, együttható: 1,3);
 - extrém hideg (szorzó, együttható: 1,5).

A módosító tényezőkkel pontosabb számítások végezhetők el, amihez az alábbi képletet lehet használni:

$$FCU = IFCU \times MT \times TT \times \acute{E}T.^{18}$$

A napi szükséglet megegyezik az alegységek technikai eszközeire számvetett FCU-val. Az 1. táblázatban szereplő eszköz hajtóanyag-szükséglete például magas intenzitású, dombos terepen, hideg körülmények között végrehajtott, egy napra számvetett műveletnél a következő:

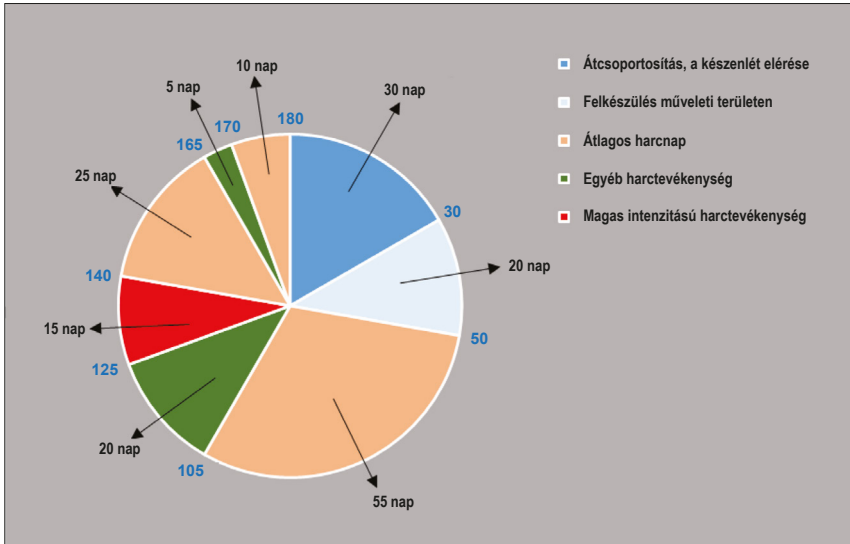
$$1 (FCU) \times (MT) 2,4 \times (TT) 1,2 \times (\acute{E}T) 1,3 = 3,744 FCU, \text{ így } 3,744 DOS,$$

amely metrikus mértékegységben kifejezve:

$$3,744 \times 49,5 \text{ liter}/100 \text{ km} = 185,3 \text{ liter gázolajmennyiség.}$$

¹⁷ STANAG 2115 2010: 4.

¹⁸ STANAG 2115 2010: 5.



1. ábra. Egy 180 napos művelet kronológiája

Forrás: a szerző szerkesztése

Tehát a pontos litermennyiség meghatározásához a módosító tényezőkkel kiszámított FCU-t meg kell szorozni a jármű fogyasztási alapnormájával.

Látható, hogy a módosító tényezőkkel jelentősen növekedett a számvetett szükséglet nagysága. Azonban a pontosabb tervezéshez a művelet várható kronológiájával is érdemes számolni, amelynek meghatározásához szükség van a korábbi hasonló küldetések adatainak feldolgozására. A művelettervezést végrehajtó állomány a tapasztalat feldolgozását végző szervezetektől, valamint a hadszíntérre elsőként települő felderítő csoportok helyzetjelentéseiből is kaphatnak információt arra vonatkozóan, hogy milyen váltakozó intenzitású lehet a kijelölt területen a 180 napra tervezett művelet. Ennek megfelelően a hat hónapos küldetés felosztható különböző résztvevőkre, amelyekre külön-külön szükséges hajtóanyag-számvetéseket készíteni. A szemléltetés érdekében egy várható közép-ázsiai 180 napos művelet kronológiáját vettem alapul, amely a következőképpen is ábrázolható (1. ábra).

Az 1. ábrát a korábbi missziós tapasztalatom alapján a HUN PRT-12 váltás adatai szerint készítettem el, ez alapján meghatározható az afganisztáni művelethez hasonló küldetés harctevékenységének várható alakulása, amely befolyásolhatja

a megalakítandó és a felhasznált készletek nagyságát. A művelet várható kronológiájával elkészíthető továbbá az 1. táblázatban szereplő eszköz 180 napra számvetett hajtóanyag-szükséglete (2. táblázat). A tevékenységekhez tartozó DOS-mennyiségek kiszámítását a képlet alkalmazásával az alábbiak szerint hajtottam végre.

Átlagos harcnap:

$$1 (FCU) \times (MT) 1 \times (TT) 1,5 \times (ÉT) 1 \times (\text{napok}) 90 = 135 \text{ DOS},$$

amely literben kifejezve: $49,5 \text{ liter}/100 \text{ km} \times 135 = 6682,5 \approx 6683 \text{ liter F-54}$.

2. táblázat. Egy eszköz 180 napos műveletre számvetett hajtóanyag-szükséglete

<i>Eszköz- megnevezés</i>	<i>Tevékeny- ség¹⁹</i>	<i>Napok száma</i>	<i>Módosító tényezők</i>	<i>Készletek DOS-ban és FCU-ban kifejezve</i>	<i>Az eszköz hajtóanyag- fogyasztási alapnormája l/100km</i>	<i>Készletek literben kifejezve</i>
PSZH BTR-80	ÁT	30	$1 \times 1,5 \times 1$	45,0	49,5	2 228
	FMT	20	$1,8 \times 1,5 \times 1$	54,0		2 673
	ÁH	90	$1 \times 1,5 \times 1$	135,0		6 683
	MIH	15	$2,4 \times 1,5 \times 1$	54,0		2 673
	EH	25	$2,1 \times 1,5 \times 1$	78,7		3 898
Összesen		180		366,7		18 155

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2. táblázat adataiból következik, hogy egy PSZH BTR-80 típusú eszköz egy közép-ázsiai 180 napos műveletben – az általam megadott tervezési feltételekkel számolva – várhatóan 18 155 liter F-54-et használna fel. Természetesen az egy feladatra kijelölt erőknél különböző típusú technikai eszközei is lehetnek. Számos magyar részvétellel folytatott misszió (például a KFOR-, EUFOR-kontingensek vagy a már befejezett afganisztáni küldetések) bizonyítja, hogy a harcoló eszközök mellett harcátmozgató és harci kiszolgáló támogató járműveket is használhatnak a kontingensek egy béketámogató művelet sikeres végrehajtásához. Ezért

¹⁹ A tevékenység jelölései: átcsoportosítás, készenlét elérése: ÁT; felkészülés műveleti területen: FMT; átlagos harcnap: ÁH; magas intenzitású harctevékenység: MIH; egyéb harctevékenység: EH.

fontosnak tartom eszökbontásban is bemutatni az FCU alkalmazását, majd ez alapján összehasonlítani a módszert a brit eljárással. A következö táblázatban a HUN PRT-12 váltás technikai összetételét vettem alapul, mivel az eszökök 180 napra vetített kilométer-teljesítésének adatai a rendelkezésemre állnak, amelyeket szükséges figyelembe venni a brit módszer elemzésénél.

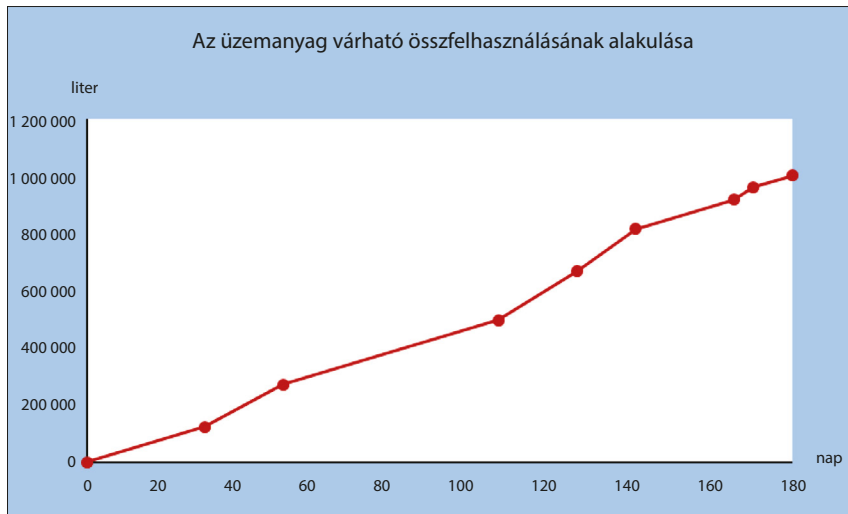
Az előző példánál maradva tehát egy 180 napos műveletben az alábbi hajtóanyag-mennyiség számolható egy alegységre (3. táblázat).

3. táblázat. *Egy alegység 180 napos műveletre számvetett hajtóanyag-szükséglete*²⁰

<i>Megnevezés HUN PRT-12</i>	<i>Típus</i>	<i>Mennyiség db</i>	<i>Az eszköz hajtóanyag- fogyasztási alapnormája l/100km</i>	<i>Készletek DOS- ban és FCU-ban kifejezve</i>	<i>Készletek liter- ben kifejezve</i>
<i>Harcoló eszökök</i>	HMWV 1115	15	34,4	5 501,25	189 243,00
	MRAP	18	70,0	5 501,25	410 760,00
	Toyota Land Cruiser 4,5 D	6	15,0	2 200,50	33 007,50
	BTR-80/A	10	49,5	3 667,50	181 541,00
Összesen		49	–	16 870,50	814 551,50
<i>Harci támogató eszökök</i>	MB G-270	8	16,0	2 934,00	46 944,00
	MB unimog-435	1	22,0	366,75	8 068,50
	MRAP COUGAR	2	60,0	733,50	44 010,00
Összesen		11	–	4 034,25	99 022,50
<i>Harci kiszolgáló- támogató eszökök</i>	Rába H-18	3	35,0	1 100,25	38 508,75
	ÜTG Ural-4320	1	45,0	366,75	16 503,75
	Ural-4320 DAM	1	45,0	366,75	16 503,75
	Ural-4320 műhely gk.	1	45,0	366,75	16 503,75
Összesen		6	–	2 200,50	88 020,00
Mindösszesen		66	–	23 105,25	1 001 594,00

Forrás: a szerző szerkesztése

²⁰ A 180 napot az 1. ábra szerinti műveleti kronológia alapján bontottam részekre, amely terjedelmi okok miatt nem szerepel a táblázatban.



2. ábra. A 180 napos művelet várható üzemanyag-összfelhasználásának alakulása

Forrás: a szerző szerkesztése

A táblázatban szereplő DOS- és litermennyiségeket a következők szerint állapítottam meg például a HMWV-eszközökre vonatkozóan:

mennyiség × műveleti napok × módosító tényezők = DOS × a jármű fogyasztási alapnormájával:

$$15 \times (30 \times 1 \times 1,5 \times 1 + 20 \times 1,8 \times 1,5 \times 1 + 90 \times 1 \times 1,5 \times 1 + 15 \times 2,4 \times 1,5 \times 1 + 25 \times 2,1 \times 1,5 \times 1) = 5501,25 \text{ DOS} \times 34,4 \text{ liter/100 km} = 189\,243 \text{ liter F-54}$$

Az eszközökre számvetett adatokból ennek megfelelően elkészíthető a 180 napos művelet szükségesleti előrejelzése is (2. ábra).

A 2. ábrán látható, hogy a művelet intenzitása befolyásolja az üzemanyag-felhasználás mértékét. Természetesen a vonaldiagram folyamatosan növekvő fogyasztási mennyiséget mutat az ábrán, az eszközök időhöz viszonyított összefelhasználása miatt, azonban azt is érdemes megjegyezni, hogy a magas intenzitású és egyéb harctevékenységeknél a technikai eszközök hajtóanyag-igénye nagyobb lesz, mint az átcsoportosítási, felkészülési időszakokban vagy az átlagos harcnapokon.

Az összes felhasználást figyelembe véve a logisztikai támogatást tervező személyeknek és szervezeteknek szükséges meghatározniuk azokat a csatornákat, amelyeken keresztül folyamatosan biztosítani lehet ezeket a készleteket. Ezt a szükségletek számvetését követően a hadszíntéren érdemes felmérni, azonosítani a *befogadó nemzeti támogatás* (a továbbiakban: BNT) keretében, valamint a harmadik fél által nyújtható kapacitásokat, szolgáltatásokat, kialakítani (több-nemzeti műveletben) a technikai megállapodásokat, meghatározni a nemzetek feladatkörét, majd az ellátási láncot a művelet nagyságának, kiterjedésének megfelelően akár többlépcsős rendszerben kiépíteni, működtetni. Tehát azért nagy jelentőségű a számvetések pontossága, hogy a valósághoz legközelebb álló cselekvési változatot készítsük el, biztosítva az erőforrások gazdaságos és szükséges mértékű rendelkezésre állását. Érdemes ennek megfelelően megvizsgálni minden olyan lehetőséget, amellyel fejleszteni lehet a szükségleti számvetések módszerét.

*A DCR alkalmazása a szárazföldi technikai
eszközök üzemanyag-számvetéséhez*

Az Egyesült Királyság számos műveletben vett és vesz részt a mai napig. A feladatok teljesítésekor a brit haderő számára is fontos, hogy az erőforrásokat a logisztikáért felelős egységek az elvárt követelményeknek megfelelően biztosítsák. Az általuk alkalmazott *Összhaderőnemi Ellátási Lánc Koncepció* lényege is az, hogy a műveletekre létrehozott anyag- és eszközfogadó, -tároló, -elosztó és -továbbító csomóponthálózatok garantálják a gyors, valós idejű információk, szolgáltatások és az anyagi készletek áramlását a honi bázisok és a végfelhasználók között.²¹ A rendszer kiépítésének egyik nélkülözhetetlen összetevője, hogy a szükségleteket a műveletek jellegének figyelembevételével számolják ki. Példaként lehet említeni, hogy a tervező állomány a szárazföldi komponensek vonatkozásában *napi szükséglet-felhasználási mennyiséget* (*Daily Consumption Rate*, a továbbiakban: DCR) számol minden alegységre, és ez az elv megjelenik az üzemanyag-számvetéseknél is. Az összhaderőnemi művelettervezést végző altisztek és tisztek a következő képletet használják a hajtóanyag-szükségletek előrejelzésére:

$$DCR = FCU \times \text{Távolság} \times MT \times TT \times \acute{E}T^{22}$$

²¹ VENEKEI 2015: 36.

²² *Staff Officer Handbook* 1999: 228–301.

Az eltérés abban rejlik az FCU-képlethez képest, hogy a britek a művelet típusának, valamint a jármű-kategóriának megfelelően különböző távolsági adatokkal szorozzák meg a gép hajtóanyag-fogyasztási alapnormáját. Ez azt jelenti, hogy a tapasztalati adatok alapján például egy magas intenzitású műveletben egy lánc-talpas eszközre 60, egy páncélozott harcjárműre 100, egy felderítő járműre 150, míg egy logisztikai eszközre 300 km-t számolnak, majd ezeket a távolságokat külön-külön szorozzák meg az eszközök hajtóanyag-fogyasztási alapnormájával és a módosító tényezőkkel. Ennek megfelelően pontosabb előrejelzés készíthető a hőerőgépek tervezett hajtóanyag-felhasználására vonatkozóan. Azonban fontosnak tartom megjegyezni, hogy a DCR-képlet alkalmazásához tapasztalati adatokkal kell rendelkezni az MH-ban a járművek műveleti körülmények közötti üzemeltetési teljesítményeiről (kilométer, üzemóra). A módszer vizsgálatához ezért – az FCU-számvetés bemutatásához már használt – HUN PRT-12 alegység technikai összetételét, a misszió ideje alatt általam összegyűjtött kilométer-teljesítést és a felhasznált hajtóanyag-mennyiséget vettem alapul (3. táblázat).

3. táblázat. A HUN PRT-12 alegység eszközeinek 180 napos
kilométer-teljesítése és hajtóanyag-felhasználása

Megnevezés HUN PRT-12	Típus/ Mennyiség	Feladat	Összesen megtett km	Egy eszköz által átlagosan megtett km	A DCR alapján számvetett F-54-mennyi- ség literben kifejezve	Ténylegesen felhasznált F-54 literben kifejezve
Harcoló eszközök	HMWV 1115/15 db	ÁT	45 000	100	183 902	184 777
		FMT	10 596	35		
		ÁH	148 597	110		
		MIH	33 769	150		
		EH	29 977	80		
	MRAP/18 db	ÁT	54 000	100	385 308	384 212
		FMT	10 818	30		
		ÁH	170 168	105		
		MIH	35 287	130		
		EH	33 799	90		
	Toyota Land Cruiser 4,5 D/6 db	ÁT	18 150	100	28 566	29 468
		FMT	3 963	33		
		ÁH	51 303	95		
		MIH	9 937	110		
		EH	12 766	85		
	BTR- 80/A/10 db	ÁT	30 150	100	156 882	157 993
		FMT	6 817	34		
		ÁH	85 563	95		
		MIH	19 557	130		
		EH	17 527	70		
Összesen:			827 744		754 659	756 450

Megnevezés HUN PRT-12	Tipus/ Mennyiség	Feladat	Összesen megtett km	Egy eszköz által átlagosan megtett km	A DCR alapján számvetett F-54-mennyi- ség literben kifejezve	Ténylegesen felhasznált F-54 literben kifejezve
Harci támogató eszközök	MB G-270/8 db	ÁT	24 100	100	37 958	37 140
		FMT	3 217	20		
		ÁH	64 839	90		
		MIH	13 293	110		
		EH	15 112	76		
	MB Unimog- 435/1 db	ÁT	3 003	100	8 245	7 979
		FMT	718	36		
		ÁH	10 357	115		
	MRAP COUGAR/2	MIH	2 342	156	35 699	34 800
		EH	2 257	90		
		ÁT	6 012	100		
		FMT	839	21		
		ÁH	14 419	80		
		MIH	2 745	92		
		EH	5 307	106		
Összesen:			168 560		81 903	79 919

A békétámogató műveletek...

Megnevezés HUN PRT-12	Tipus/ Mennyiség	Feladat	Összesen megtett km	Egy eszköz által átlagosan megtett km	A DCR alapján számvetett F-54-mennyi- ség literben kifejezve	Ténylegesen felhasznált F-54 literben kifejezve
Harci kiszolgáló támogató eszközök	Rába H-18/3 db	ÁT	9 019	100	54 231	53 287
		FMT	2 415	40		
		ÁH	54 114	200		
		MIH	8 113	180		
		EH	7 899	105		
	ÜTG Ural- 4320/1 db	ÁT	2 999	100	9 496	10 150
		FMT	1 100	55		
		ÁH	4 055	45		
		MIH	765	51		
		EH	1 514	61		
	Ural-4320 DAM/1 db	ÁT	2 909	97	7 810	7 750
		FMT	200	10		
		ÁH	3 660	41		
		MIH	912	61		
		EH	1 152	46		
	Ural-4320 műhely gk./1 db	ÁT	2 890	96	4 693	4 510
		FMT	180	9		
		ÁH	1 808	20		
		MIH	379	25		
		EH	498	20		
Összesen:			106 581		76 231	75 697
Mindösszesen:			1 102 885		912 790	912 066

Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. táblázatban külön bontásban részleteztem – járműkategória szerint – a művelet-intenzitáshoz tartozó kilométer-teljesítéseket, a DCR alapján számvetett és a ténylegesen felhasznált hajtóanyag-mennyiségeket, így össze lehetett hasonlítani, milyen eltérések mutatkoznak a két képlet (a DCR és az FCU) szerint számolt készletek között.

A DCR-szükségleteket az alábbiak szerint számoltam ki (például) a HMVW-eszközöknél:

$$15 \times 34,4 \times 30 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 1 + 15 \times 34,4 \times 20 \times 1,8 \times 1,5 \times 1 \times 0,35 + 15 \times 34,4 \times 1 \times 1,5 \times 1 \times 1,1 + 15 \times 34,4 \times 15 \times 2,4 \times 1,5 \times 1 \times 1,5 + 15 \times 34,4 \times 25 \times 2,1 \times 1,5 \times 1 \times 0,8 = 183\,902 \text{ liter}$$

A DCR-képlet alapján tehát az eszközök darabszámát megszorozzuk a hajtóanyag-fogyasztási alapnormával, a műveleti napok számával, az átlagosan megtett kilométerekkel, a manőver terep- és éghajlati tényezőivel. Az eredmények összehasonlítása alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a ténylegesen felhasznált mennyiségekhez viszonyítva a DCR-rel számvetett szükségleteknél átlagosan ± 709 liter eltérés, míg az FCU-nál ennél nagyobb, átlagosan 10 825 liter eltérés mutatkozott, ami jól szemlélteti, hogy a brit módszerrel pontosabb előrejelzés készíthető a várható hajtóanyagigények alakulásáról. Ez a költségekben is megjeleníthető, ha az F-54 üzemanyag az MH szerinti aktuális nyilvántartási árát (474 Ft/liter) vesszük figyelembe, akkor a DCR-nél +343 176 Ft, míg az FCU-nál +42 436 272 Ft különbség figyelhető meg a valós felhasználásokhoz és költségekhez viszonyítva. Ez is alátámasztja azt a tényt, hogy a számvetések elkészítésekor csak az FCU alapján – minden eszközre ugyanolyan távolsággal – számolni pontatlan eredményekhez vezethet. A táblázat egyik fontos elemének tekintem az általam elkészített feladattípus szerint részletezett, egy eszköz által átlagosan megtett kilométer-teljesítéseket, mivel az itt közölt adatokat fel lehet használni további, az afganisztáni műveletekhez hasonló küldetések tervezési fázisaiban, így például a 1. számú ábrán meghatározott 180 napos műveletek üzemanyag-számvetésének meghatározásához is.

Az MH KFOR kontingens 26. váltás logisztikai alegység által részemre biztosított adatok elemzéséből is hasonló következtetést vontam le, mint a HUN PRT-12 váltás technikai eszközeinek kilométer-teljesítése kapcsán. A kontingens által végrehajtott 180 napos műveletben a harcoló eszközök 70 és 110, a harctámogató eszközök 90 és 120, míg a logisztikai járművek 120 és 170 közötti km-t tettek meg átlagosan egy-egy feladat végrehajtásakor. Ez egyben azt is jelenti, hogy a haditechnikai eszközök nagy valószínűséggel egy európai hadszíntéren

folytatott békétámogató műveletben is eltérő távolságokat fognak megtenni. Ezért véleményem szerint érdemes a műveletekre készített üzemanyag-szükségleti számvetéseket átalakítani úgy, hogy a tapasztalati adatok alapján a várható távolság is szerepeljen az alkalmazott képletben:

$$DOS = FCU \times Távolság \times MT \times TT \times \acute{E}T$$

A képlet alkalmazásához természetesen tapasztalati adatokkal kell rendelkeznie a tervezést végző szervezeteknek, mivel a különböző (például a koszovói és az afganisztáni) műveletek intenzitásukat, típusukat, feladatukat tekintve eltérhetnek egymástól. Ezért a jelenleg is folyó és az elkövetkező küldetésekből, missziókból szükséges, hogy a kontingensek logisztikai alegységei a következők alapján tartsák nyilván és vezessék a megtett távolságokhoz tartozó adatokat:

- a feladatokban részt vevő eszközök típus és tevékenység (harcoló, harci támogató vagy harci kiszolgáló támogató) szerinti besorolása;
- a műveleti napok (180 nap) felosztása tevékenységek alapján;
- a kilométer-teljesítések részletezése a műveletek fajtái (például magas intenzitású, átlagos vagy egyéb harcnapok) szerint;
- az eszközök üzemanyag-felhasználásának dokumentálása feladat és típus alapján.

Összességében megállapítható, hogy érdemes az üzemanyag-szükségleti számvetéshez használt FCU-képletet a távolsághoz tartozó tapasztalati adatokkal kiegészíteni. Ehhez szükséges véleményem szerint, hogy az MH tapasztalatfeldolgozó rendszerét működtető katonai szervezetek szorosan együttműködjenek a logisztikai alegységekkel annak érdekében, hogy olyan adatbázist alakítsanak ki, amelyben az eszközök kilométer-teljesítéseit műveleti kategória szerint bontásban vezetik, majd az így összegyűjtött adatokat az előírásoknak megfelelően tárolják, és megoszthatóvá tegyék a tervező állomány számára.

A fentebb felsorolt javaslatok figyelembevételével bővebb adattár állítható fel, amellyel sikeresen meg lehet tervezni egy-egy művelet kronológiájához tartozó technikai eszközök üzemanyag-számvetését.

Összegzés

A béketámogató műveletek üzemanyag-biztosítása komplex feladatként jelentkezik a műveletek logisztikai támogatásának előkészítésekor és végrehajtásakor. A hajtó-, kenő-, karbantartó anyagok és kiszolgáló berendezések fontos szerepet töltenek be a technikai eszközök üzemeltetésében, fenntartásában. Fontosságát jól szemlélteti, hogy a felhasználható üzemanyagok előállításában, elosztásában részt vevő iparág létfontosságú rendszerelemnek minősül a hazai szabályozás szerint, mivel az üzemanyag-ellátásban jelentkező zavarok negatívan befolyásolhatják a nemzetek biztonságát, a gazdaságot vagy az állam hatékony működését.²³ Ez természetesen igaz a haderők működésére, illetve az általuk végrehajtott műveletekre is. Példaként lehet említeni a missziók teljesítéséből származó tapasztalatokat. Egy-egy előretolt műveleti bázis (*Forward Operating Base*) üzemanyagigénye nemcsak a harcjárművek üzemeltetésére vonatkozott, hanem a táborok elektromos ellátását biztosító aggregátorok működtetésére is. Az afganisztáni műveletekben a Leatherneck elnevezésű amerikai bázison a tábor üzemeltetését biztosító 196 aggregátor 15 431 gallon (kb. 57 ezer liter) üzemanyagot használt fel naponta,²⁴ vagy például a már említett HUN PRT-12 váltás három nagy teljesítményű aggregátora hetente 6597 liter hajtóanyagot fogyasztott el a működés fenntartására. A műveleti bázisok üzemanyag-szükségletének kielégítése létfontosságú volt ezekben a műveletekben, mivel az igények nemteljesítése veszélyeztette volna a küldetések sikerességét is.²⁵

A várható üzemanyag-felhasználások pontos előrejelzése, a készletek lépcsőzése, megalakítása, az ellátási láncok biztonsága ezért is kiemelt jelentőségű a műveletek kezdeti, végrehajtási és visszacsoportosítási fázisaiban.²⁶ A tanulmányban ezért elsősorban a szárazföldi gép- és harcjárművek hajtóanyag-szükségleteinek békeműveleti számvetésével foglalkoztam, ennek megfelelően kitértem az FCU-képlet bemutatására, amelyet rendszerint alkalmaznak az MH művelettervezést végző törzsei a missziók üzemanyag-ellátási tervének elkészítéséhez. Az FCU-t a brit eljárással összehasonlítva levonható a következtetés, hogy a DCR-képlettel pontosabb üzemanyag-készletmennyiségek számolhatók ki, ha a két számvetési módszer megfelelőségét a valós felhasználásokhoz

²³ 2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.

²⁴ SZAJKÓ–FÁBOS 2020.

²⁵ WADE et al. 2015.

²⁶ HORVÁTH 2023.

viszonyítjuk. Véleményem szerint ezért mindenképpen indokolt, hogy az MH tapasztalatfeldolgozással foglalkozó szervezetei, valamint a logisztikai támogatást tervező, szervező egységek, alegységek rendelkezzenek adatokkal a műveletekben részt vevő erők technikai eszközeinek üzemeltetésére (a kilométer-, üzemórák teljesítésére) vonatkozóan.

A DCR-számvetéssel ráadásul nemcsak a békétámogató műveletek várható üzemanyag-felhasználásai tervezhetők, hanem a béke- és a különleges jogrendi időszakban jelentkező feladatok végrehajtásához szükséges hajtóanyag-mennyiségek is.

A képlet kiegészítésével a távolsági tényezőkkel, majd az üzemanyag-szükségletek kiszámításához történő alkalmazással jelentős segítséget lehet nyújtani a műveletek ellátási láncainak tervezéséhez, kiépítéséhez és hatékony működtetéséhez.

Felhasznált irodalom

2012. évi CLXVI. törvény a létfontosságú rendszerek és létesítmények azonosításáról, kijelöléséről és védelméről.
- AJP-4 *Allied Joint Doctrine for Logistics*. Edition B, Version 1, Chapter 1 (2018). Brussels: NATO Standardization Agency.
- Ált/217 *Magyar Honvédség Logisztikai támogatási Doktrína* (2015). 3. kiadás. Budapest: Magyar Honvédség.
- BÁTHY, Sándor – VENEKEI, József (2012): The Vulnerability of Fuel Stockpiles. *AARMS*, 11(2), 287–293. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/static/pdfjs/web/viewer.html?file=https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/13633/12.pdf?sequence=1&jsAllowed=y>
- Fuels and Lubricants* (2022). Washington, DC: Headquarters Department of the Army. Online: https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/ARN30767-AR_70-12-000-WEB-1.pdf
- HORVÁTH Attila (2023): Az ellátási lánc biztonságáról. In GÓCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában. A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei*. Oktatói kötet. Budapest: Ludovika, 159–171.
- Htp/1 Hadtáp szabályzat az üzemanyag szolgálat részére* (2015). Budapest: Magyar Honvédség.
- KERTAI László – SZATMÁRI Gábor (2006): Belső kártyás üzemanyag tankoló és gépjármű menetlevél kezelő rendszer. *Katonai Logisztika*, 14(2), 117–145. Online: https://epa.oszk.hu/02700/02735/00058/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_2006_2_117-145.pdf
- KOVÁCS Tibor – NYERS József – PADÁNYI József (2011): *Építünk, védünk, alkotunk. A műszaki csapatok története 1945-től napjainkig*. Budapest: Zrínyi.
- MC-319/3 *Principles and Policies for Logistics* (2014). Brussels: NATO Military Committee.

- STANAG 2115 Fuel Consumption Unit* (2010). Brussels: NATO Standardization Agency.
- SZAJKÓ Gyula – FÁBOS Róbert (2020): Gondolatok a katonai ellátási lánc fejlesztési lehetőségeiről. *Katonai Logisztika*, 28(1–2), 151–181. Online: <https://doi.org/10.30583/2020/1-2/151>
- VEENEKEI József (2015): *A katonai logisztikai ellátási lánc koncepció fejlesztésének és alkalmazásának lehetőségei a Nemzeti Közszerológati Egyetem alap- és mesterszakjainak multinacionális gyakorlati képzési programjaiban*. PhD-disszertáció. Budapest: Nemzeti Közszerológati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola.
- WADE, Linda C. et al. (2015): Developing Smarter Logistics Support to Remote Areas. *Army Sustainment*, January, 10–17. Online: <https://alu.army.mil/alog/2015/JANFEB15/PDF/140039.pdf>

Szilágyi Tibor¹

Környezetbiztonság a háborúban: az orosz–ukrán háború hatása a természetes és a mesterséges környezetre

Az orosz–ukrán háború nem kívánt lehetőséget biztosít arra, hogy a modern tudomány teljes eszköztára birtokában tanulmányozhassuk korunk e „hagyományos” háborújának a környezetre gyakorolt pusztító hatását. Az érintett régió természetes és mesterséges környezetének degradációja mindenkit arra a felismerésre kell hogy ösztönözzön, hogy erőforrásainkat és képességeinket ne a pusztításra, hanem a jólét és a fenntartható fejlődés megvalósítására fordítsuk. A tanulmány célja, hogy bemutassa a háborús pusztításnak a környezetre gyakorolt összetett hatását.

Kulcsszavak: orosz–ukrán háború, környezetbiztonság, természeti környezet

ENVIRONMENT SECURITY IN WAR: EFFECTS OF THE RUSSIA–UKRAINE WAR ON THE NATURAL AND ARTIFICIAL ENVIRONMENT

The Russia–Ukraine War gives us a regrettable opportunity to study the devastating effects of the “traditional” war of our age on the environment. The degradation of the natural and artificial environment in the region impacted has to urge everyone to get on not to use our resources and capabilities for destruction but to further the wellbeing and the sustainable development. The purpose of the essay is to present the complex effects of war destruction on environment.

Keywords: Russia–Ukraine war, environment security, natural environment

Bevezetés

2022. február 24-én az Oroszországi Föderáció megtámadta Ukrajnát. Az immár második éve tartó háború mérhetetlen emberi szenvedést, a civil lakosság

¹ Katonai szakíró, e-mail: sziti1024@gmail.com; ORCID ID: 0000-0002-7452-8989.



és a katonák értelmetlen halálát, valamint jelenleg még csak fel sem becsülhető kárt okozott a természetes és épített környezetben.

Az intenzív harccselekményeknek mind azonnali, mind térben és időben elhúzódó hatásai vannak Ukrajna földjére és lakosságára. Az ipari és energetikai infrastruktúra tűzérési, légi és rakétacsapásokkal való szándékos pusztítása súlyos szennyezést okozott a talajban, a felszíni és a talajvizekben, valamint a levegőben. Az előbbieken túlmenően a csapások rombolták az ivóvíz- és a szennyvízhálózatot, ami súlyos következményekkel járt a lakosság egészségi állapotára nézve. A különböző fegyverrendszerekkel végrehajtott csapások nyomán a környezet a felrobbant gránátok és rakéták repeszeivel és a fel nem robbant lövedékek által vált súlyosan szennyezetté.

Ukrajna-szerre a harcokkal érintett természeti táj és a mezőgazdasági művelés alatt álló területek kiterjedt károkat szenvedtek, ami súlyos következményekkel járt/jár az adott régió, az ország, valamint a világ élelmiszerellátás-biztonságára nézve. Védett élőhelyek és területek károsodtak/pusztultak el a katonai tevékenységek nyomán, veszélyeztetve ezzel a biodiverzitást.

Az ukrainai háborúnak a mindennapi életre gyakorolt hatásai ismételtén rádőbbsítették a globális közvéleményt a tágon értelmezett biztonság dimenziói között *ab ovo* fennálló, de egy háború által megszakított bonyolult kölcsönhatásrendszer – biztonság, környezetbiztonság, ellátásbiztonság – akár földrajzi/politikai határokon is átnyúló következményeire. A globális energia- és élelmiszerellátórendszereknek a háború által okozott közvetlen vagy közvetett sérülése, időleges vagy tartós felbomlása egyrészt globális zavarokhoz vezetett a fosszilis energiahordozók szállítása és felhasználása terén, másrészt a háborús régiótól földrajzilag távoli térségekben váltott ki élelmiszer-ellátási válságot.

A nukleáris létesítmények harctevékenységekben való közvetlen érintettsége² és ezek azonnali hatása a lakosság és a gazdaság elektromos árammal való ellátására, valamint a nukleáris fűtőanyagot tartalmazó létesítmények sérülése esetén potenciálisan bekövetkező nukleáris veszélyhelyzet, az Északi Áramlat gázvezetékek,³ valamint a Nova Kahovka-i vízi erőmű/gát felrobbantása⁴

² 2022 februárjában az orosz csapatok ellenőrzésük alá vonták a csernobili lezárt zónát, benne az 1986-os atomerőmű-katasztrófa helyszínét. A csapatmozgások által felvert és a légkörbe került radioaktív szennyezett por kimutatható növekedést okozott a háttérsugárzásban. Az orosz csapatok 2022 márciusa óta ellenőrzésük alatt tartják a zaporizzsjai atomerőművet.

³ 2022. szeptember végén – vélhetően szabotázsakció során – az Északi Áramlat I–II. gázvezetékek négy vezetékéből hármat felrobbantottak.

⁴ 2023. június 6-án robbanás történt a Nova Kahovka-i vízerőműben, amely következtében a duzzasztóműben tárolt víz a Dnyeper mentén mintegy 80 települést árasztott el, valamint

mind-mind rámutatott a létfontosságú infrastruktúra-rendszerek rendkívüli sebezhetőségére, valamint azokra a messze ható káros következményekre, amelyeket ezen rombolások gyakorolhatnak az emberi élet minőségére és a környezeti rendszerek működésére.

A folyamatban lévő harcok rombolták azokat a monitoringrendszereket is, amelyek a természeti és az épített környezetben ez idáig bekövetkezett károk minőségének és mennyiségének a pontos felmérését lehetővé tennék, így csak megbecsülni lehet azokat. A környezeti elemekben⁵ már meglévő károk, a klimatikus viszonyokban esetlegesen bekövetkező változások felmérése csak a háború végén válik lehetségesé.

Jelen tanulmány a folyamatban lévő orosz–ukrán háborúnak a környezetre gyakorolt hatásain keresztül kívánja bemutatni a harctevékenységek és a környezetbiztonság összefüggéseit, a körülményekből adódóan korántsem a teljesség igényével.

A tanulmány megírása során alkalmazott kutatási módszer a tartalomelemzés volt. A kutatási szakasz során nem történt elsődleges adatgyűjtés, a megállapítások és az eredmények a releváns források szekunder elemzésén alapulnak.

Biztonság és környezetbiztonság

A környezeti biztonság mint fogalom és mint a tágan értelmezett biztonság integráns része a hidegháború végén jelent meg a nemzeti és a nemzetközi biztonságpolitikai gondolkodás műhelyeiben.⁶

A környezetbiztonságnak többféle értelmezése létezik. Roland Dannreuther könyvében⁷ külön fejezetet szentel annak alátámasztására, hogy a környezetbiztonság fogalmának alkalmazása azért szükséges, mivel rámutat a környezet és az ember közötti kapcsolat lényeges voltára. Tyler H. Lippert PhD-értekezésében⁸ megállapítja, hogy az éghajlatváltozás által kiváltott környezeti változások valószínűleg a biztonság valamennyi tényezőjét fenyegetik, aláássák az életminőséget, politikai instabilitást okozhatnak, valamint gyengítik az államok ellenálló

a reaktorhűtéshez szükséges víz kritikus szint alá csökkenése miatt le kellett állítani a zaporizzsjai atomerőmű még működő blokkját.

⁵ Föld, víz, levegő, élővilág, táj, települési környezet. HALÁSZ–FÖLDI 2014: 15.

⁶ SZILÁGYI 2022: 82.

⁷ DANNREUTHER 2016.

⁸ LIPPERT 2016.

és reagálóképességét. Barry Buzan tanulmányában⁹ az átfogóan értelmezett biztonság elemei – katonai, politikai, gazdasági, szociális – között ötödikként a környezetbiztonságra is kitér, és annak a földi bioszférának a biztonságát érti alatta, amelyen mint támogató rendszeren az emberi faj léte és minden tevékenysége nyugszik. Nicole Detraz és Mitchele M. Betsill tanulmányában¹⁰ a környezetbiztonság alatt a környezeti degradáció emberiségre gyakorolt negatív hatásait érti, különös tekintettel azon környezeti folyamatokra, amelyek biztonsági kockázatot jelentenek.

Halász László és Földi László tankönyve¹¹ a környezetbiztonság fogalmának megalkotása során cselekvő kölcsönhatást mutat be a környezeti tényezők és az emberi közösségek között, és azt az állapotot tekinti mindkét fél szempontjából biztonságosnak, amikor sem az ember a maga technológiai jellegű beavatkozásaival, sem a környezet a természeti folyamatok által nem veszélyezteti a másikat.¹²

Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiája¹³ az ország adottságai között kiemelt hangsúlyt fektet a mezőgazdaságra mint az élelmiszertermelés alapjára, valamint az ivóvízkészletre, és rámutat az ország földrajzi elhelyezkedése, valamint a szomszédos országokban jelentkező környezeti ártalmak közötti összefüggésre.

Az Észak-atlanti Szerződés Szervezetének (*North Atlantic Treaty Organisation; NATO*) 2022-ben kiadott stratégiai koncepciója a biztonság és a környezeti változások közötti összefüggésre utalva kijelenti: „A Szövetség vezető szerepet fog betölteni az éghajlatváltozásnak a védelemre és biztonságra gyakorolt hatásai felmérésében, valamint a kihívások kezelésében. [...]”¹⁴

A fentiek alapján megállapítható, hogy a környezetéért tenni akaró ember biztonsági tárgyú gondolkodását és cselekvését egyre inkább áthatja a környezetbiztonság, amely a biztonság egyre több dimenzióját köti össze, többszörözi egymásra gyakorolt hatásukat.¹⁵

⁹ BUZAN 1991.

¹⁰ DETRAZ–BETSILL 2009.

¹¹ HALÁSZ–FÖLDI 2014: 16.

¹² SZILÁGYI 2023: 217.

¹³ 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.

¹⁴ NATO 2022 *Strategic Concept* 2022.

¹⁵ SZILÁGYI 2022: 84.

A háborúk és a fegyveres konfliktusok hatása a környezetre

A háborúk és a fegyveres konfliktusok természetüknél fogva pusztítják a környezetet. Kihatnak a természeti erőforrásokra, a természetes ökoszisztémákra és élőhelyekre, valamint az emberek egészségére, életkörülményeire és biztonságára.

A természeti környezetben közvetlen káros hatásként a mezőgazdasági területek degradációja, a növény- és állatfajok egyedeinek pusztulása, az erdőségek károsodása, a felszíni és felszín alatti vizek szennyeződése, az elsivatagosodás, a biodiverzitás csökkenése figyelhető meg. Az épített környezet esetén a települési infrastruktúra, a telekommunikációs hálózatok, az energiatermelő és -szállító rendszerek, valamint a vízművek és öntözőrendszerek károsodása azonosítható be közvetlen kárként.

A fegyveres küzdelemnek¹⁶ ugyanakkor vannak közvetett (térben és időben elhúzódó) káros hatásai is, úgymint a katonai manőverek és gyakorlatok, valamint a fegyverkísérletek jelentette környezeti károk; a katonai létesítmények és hadiipari üzemek üzemeltetése nyomán képződő hulladékok elégtelen kezelése, a talaj-, levegő- és vízszennyezés. Idesorolhatók még a konfliktuszónában bekövetkező menekülthullámok és a zónán kívül létrehozott menekülttáborok káros hatásai az élőhelyekre, valamint a természetes erőforrásokra. További közvetett hatás lehet a közigazgatási rendszer összeomlása, az élelmiszer- és energiaellátási rendszerek felbomlása nyomán fellépő tartós éhezés és járványok, valamint az energiaválság.¹⁷

A Nemzetközi Békeiroda 2002-ben készült tájékoztatója¹⁸ rámutat, hogy a katonai tevékenységek által a környezetnek okozott stressz ez idáig nem kapott elég hangsúlyt. Megállapítja, hogy miközben a katonai tevékenységek számos területen váltanak ki egyensúlytalanságot a fizikai környezetből, a környezet általános lepusztításához való hozzájárulásuk nem kap elég figyelmet. Ennek egyrészt az az oka, hogy az államok kettős megítélést alkalmaznak: nem áll szándékukban azon kérdésekben a haderőt átláthatóvá és elszámoltathatóvá tenni, amely területeken az állam más szervezetei és a civil társadalom ellenőrzése megvalósul.¹⁹

¹⁶ Jelen tanulmány nem tekinti feladatának a tömegpusztító fegyverek bevetése nyomán bekövetkező károk tárgyalását.

¹⁷ KHAN 2022; PADÁNYI 2022; FÖLDI 2014.

¹⁸ *The Military's Impact on the Environment: A Neglected Aspect of the Sustainable Development Debate* 2002.

¹⁹ SZILÁGYI 2022: 84.

A jogi eszközök nyújtotta védelem ellenére a környezet mindig a háború áldozatává válik. A vonatkozó hatályos nemzetközi jogi szabályozás számos olyan előírást tartalmaz, amely közvetlenül vagy közvetve védi a környezetet, valamint szabályozza a környezeti erőforrások felhasználását a háborúk folyamán. A gyakorlatban azonban ezeket az előírásokat nem minden esetben tartják be, illetve kényszerítik ki. Azon esetekben, ahol a nemzetközi közösség az államokat tekinti felelősnek a fegyveres konfliktusok nyomán bekövetkezett kárért, általában az eredményesség elég szerény, ami a vonatkozó jogi normák túlságosan általános megfogalmazásából, illetve az egymásra épülő és betarthatatlan normákból ered (mint az 1949. évi genfi egyezményeket kiegészítő 1977. évi I. kiegészítő jegyzőkönyv 33. és 55. §-a²⁰ esetében).²¹

Összegzésképp megállapítható, hogy a hadviseléshez kapcsolódó pusztítás különböző természetű és kiterjedésű, szándékos vagy véletlen kárt okoz a környezetben. A környezet szándékos pusztítása a fegyveres küzdelem során mindig is a hadviselő felek alkalmazott eszközei közé tartozott, és ez napjainkban sincs máshogy.²²

Az orosz–ukrán háború hatása a természeti és az emberi környezetre²³

Az emberek sokféleképpen hasznosítják azokat az adottságokat, amelyeket a környezet biztosít részükre. A megújuló és a nem megújuló erőforrások kitermelése/felhasználása során hajlamosak vagyunk figyelmen kívül hagyni a természeti rendszerek regenerálódásához, illetve az erőforrások újratermelődéséhez szükséges időt, vagyis túlhasználat valósul meg.

A természeti rendszerekbe való beavatkozás *minősített esete* a háború, amely lényegénél fogva rombolással jár. A szándékos vagy véletlen háborús pusztítás nyomán a természetes környezet olyan mértékű károsítása következhet be, hogy

²⁰ A 33. § 3. bekezdése tiltja minden olyan eszköz vagy eljárás alkalmazását, amely szándékosan vagy várhatóan a természetes környezet kiterjedt, hosszú távú és súlyos károsodását okozza vagy vonja maga után. Az 55. § a környezet védelmében belül speciális védelmet biztosít a polgári létesítmények részére, valamint tiltja a környezet pusztítását megtorlásként.

²¹ UNEP 2022; UNEP 2009.

²² SIPRI 1980.

²³ A tanulmány a környezeti tényezők háborúk általi károsításának elemzése során csak az orosz–ukrán háború mérsékelt égövi időjárási/földrajzi környezetére összpontosít.

évtizedekre, akár évszázadokra (például erdős élőhelyek) is szükség lehet az eredetihez hasonló állapotok regenerálódásához.²⁴

Az orosz–ukrán háború földrajzi és időjárási adottságai az északi félteke mérsékelt égövi térségén belül²⁵ a kontinentális éghajlati övezet mutatóival írhatók le. A meleg nyarakkal és hideg telekkel, valamint évi legalább 250 mm csapadékkal jellemezhető terület jelentős befolyással van a harcok megvívására, ugyanakkor a harcok is speciális hatást gyakorolnak a környezeti tényezőkre.

A háború térsége fokozottan magán viseli az emberi szükségletekhez való alakítást, vagyis településekkel, mezőgazdasági, ipari és bányaművelés alá vont területekkel, valamint közlekedési hálózatokkal sűrűn lefedett természeti és épített környezetet jelent. Mivel a katonai műveletek az épített és a természeti környezetet egyaránt károsítják, ezért célszerűnek tartom a környezeti tényezők vizsgálata esetén ezen csoportosítást követni, ezzel is kiemelve a károkozás több tényezőre való kiterjedésének lehetőségét, valamint azok összeadódó/egymást erősítő hatásmechanizmusát.

A természeti és az épített környezetben okozott károk

A háborúzó felek gyakorta eltávolítják a terepet fedő természetes vagy termesztett növényzetet, vagy azért, hogy ne nyújthasson fedést az ellenfél számára, vagy azért, hogy ellehetetlenítsék a terület lakosságának életkörülményeit, és elvándorlásra kényszerítsék. A növénytakaró pusztítása ugyanakkor felgyorsítja a talajeróziót, amely a vízmegtartó és -elvezető képesség romlása miatt növényi és állati élőközösségek és élőhelyek megszűnésével járhat, károsan befolyásolva ezzel a harcokkal érintett terület biodiverzitását.

A növénytakaró – főképp erdőségek – harcokból adódó közvetett pusztulását okozhatják ugyanakkor az energetikai infrastruktúrában bekövetkező károk, hiszen a lakossági elektromos áram, illetve a szén-/földgázellátás tartós megszűnése az erdők faállományának ellenőrizetlen kitermeléséhez vezethet.

A károkozás több tényezőre kiható és egymást erősítő hatását jól illusztrálja a mezőgazdasági területek pusztulása,²⁶ amely a katonai manőverek, az erődítések kiépítése, az aknamezők telepítése, illetve a lövedékek becsapódásából keletkező talajkárosodás, valamint repeszekkel és fel nem robbant robbanó harcanyagokkal

²⁴ SIPRI 1980: 20.

²⁵ Az északi sarkkör és a Ráktérítő közötti terület az északi mérsékelt öv.

²⁶ UNEP 2022.

való szennyezettség miatt következhet be. A mezőgazdasági művelés előbbi okok miatti ellehetetlenülése – a mentesítések és a tereprendezés végrehajtásáig – az emberi közösségek étel- és táplálék-ellátásának megszakadásán túlmenően a tenyésztett állatok, illetve a térség természetes élővilága életfeltételeinek részleges megszűnésével jár.

Az ipari létesítményekben, különösen a kohászati és a vegyipari üzemekben okozott háborús károk²⁷ ismételt jó példái több környezeti tényező – levegő, talaj, vizek, élővilág – károsodásának. A talaj, valamint a lakossági ivóvízbázis is jelentő felszíni és a felszín alatti természetes vizek olyan súlyosan szennyeződhetnek kőolajszármazékokkal, nehézfémekkel, valamint petrolkémiai fél- és végtermékekkel, ami az élővilág és az emberi közösségek egészséges életfeltételeinek tartós megszűnését okozhatja. Az ipari létesítményekben keletkező tüzek a levegő káros égéstermékekkel és egyéb mérgező anyagokkal és aeroszolokkal való feldúsulását okozhatják, ami az élő szervezetek pusztulásához vezethet.

A környezetre, valamint a közegészség- és járványügyi helyzetre gyakorolt káros hatásai okán kiemelt jelentőségű a szennyvízkezelő rendszerek, valamint a szilárdhulladék-szállító járművek és az azt kezelő létesítmények harci cselekmények általi közvetlen (a tisztító-, kezelő- és pihentetőrendszerek, valamint válogatólétesítmények, depók és égetőművek sérülése, megsemmisülése), illetve közvetett (az úthálózat rombolása, az áram- és gázszolgáltatás ideiglenes vagy tartós megszűnése lehetetlenné teszi a rendszerek működtetését, a kezelő személyzet munkahelyre való eljutását) károsodása.

A természetes vizek, az ivóvízkészletek, az vízienergia-termelő kapacitások, valamint a kapcsolódó infrastruktúra (gátak, hullámtéri víztározók, vízművek és csővezetékeik, valamint a vízi erőművek) a hatályos nemzetközi jog által tiltott, de gyakori és szándékos célpontja a harci cselekményeknek.

Az orosz–ukrán háború által fokozottan érintett keleti és déli régiókra olyan összetett vízrajzi környezet jellemző, amelyet a természetes vízfolyások szabályozott volta, illetve az iparosított vízügyi környezet ír le a legjobban. Ukrajna kiterjedt és kritikus fontosságú vízinfrastruktúrája többcélú víztárolókat, vízi erőműveket, az atomerőművek hűtővíz-biztosító rendszereit, valamint az ipar, a bányászat iparivíz- és a lakosság ivóvízellátását, illetve a mezőgazdasági öntözés rendszereit foglalja magában.

Már a háború első hónapjai rámutattak, hogy az ivóvízbázisban, valamint a mezőgazdasági öntözőrendszerekben bekövetkezett közvetlen pusztítás,

²⁷ UNEP 2022: 18–19.

illetve a harccselekmények okán bekövetkezett szennyezések jelentősen befolyásolják a régió lakosságának életfeltételeit, illetve a térség mezőgazdasági termelésének felfutását (a kieső termés globális élelmiszer-ellátási gondokhoz vezetett a közel-keleti és az észak-afrikai országokban, rámutatva ezzel Ukrajnának a globális gabona- és étolajellátásban betöltött kiemelt szerepére, illetve egy regionálisnak tűnő háború globális kihatásaira).

A természetes vizek károsodása az élővilág azonnali pusztulásával, élőhelyek megszűnésével, valamint a biológiai sokféleség tartós károsodásával járhat.

Az ivóvízkészletek, valamint az előállító, tároló és a fogyasztókhoz eljuttató vezetékrendszerek célzott vagy járulékos rombolása a lakosság és a tenyésztett állatok életfeltételeinek időleges vagy tartós megszűnését okozza. Az egészséges ivóvízhez való jutás, valamint a tisztálkodás ellehetetlenülése előbb higiéniai gondokhoz, tartóssá válás esetén járványok kitöréséhez vezethet, és a lakosság tömeges elvándorlásával járhat.²⁸

Az öntözőművek fizikai károsodása, illetve a vizek szennyezteté válása a mezőgazdasági termelés egyik alapját szünteti meg, ezzel jelentős élelmiszer-ellátási gondokat kiváltva még távolabbi térségekben is.

A vízi erőművek, az azokat kiszolgáló víztározók és gátrendszerek szándékos rombolása – a víztömeg által tárolt helyzeti energia kontrollálhatatlan felszabadulása által kiváltott elsődleges romboláson túl – időben és térben egyaránt messze ható káros következményekkel is jár. A Nova Kahovka-i vízi erőmű és gátrendszere rombolása *szemléletes példával* szolgál mindezekre.

A Nova Kahovka-i vízi erőmű rombolásának környezeti hatásai

2023. június 6-án hajnalban – vélhetően szabotázsakció keretében²⁹ – részlegesen lerombolták a Nova Kahovka-i vízi erőművet és a duzzasztógátrendszer egy kritikus részét. A robbantást megelőzően a helyszínt ellenőrzésük alatt tartó

²⁸ A harcokban közvetlenül nem érintett nyugat-ukrajnai régióból is jelentettek a rakétacsapások nyomán az olajfinomítóknak, a műtrágyagyáraknak, illetve a szennyvíztisztító infrastruktúrában okozott olyan károkat, amelyek az élővizekbe jutva a vízi élővilág, különösen a halállomány azonnali és kiterjedt pusztulásával jártak. SUMILOVA et al. 2023.

²⁹ A tanulmány kéziratának befejezése időpontjában nem állt rendelkezésre egyértelmű bizonyíték az elkövetők hovatartozásáról. Előbbiekben túlmenően a tanulmánynak nem is feladata erre választ adni.

orosz csapatok 17,5 m-es rekordszintre duzzasztották a vízi erőmű működését biztosító Kahovka-tó (víztározó) vízszintjét.³⁰

A gátszakasz pusztításának közvetlen következményeként mintegy 80 települést árasztott el a kiáradó víztömeg az elkövetkező napokban. Csupán 2023. június 7-én az elárasztásban azonnal érintett Korsunka, Kozachi Lageri, Nova Kahovka és Rajske településen mindösszesen 18 968 épületet árasztott el részlegesen (1–3 m közötti vízmagasság) vagy teljesen (3 m-t meghaladó vízmagasság) a víztározóból kiömlő víztömeg.³¹ A szakértői becslés mintegy 100 km²-re teszi az elárasztással érintett terület nagyságát, amely a településeken túl számos ipari és energiatermelő létesítményt is magában foglal.

Azonnal jelentkező veszélyként értékelendő a zaporizzsjei atomerőmű biztonságos működésének veszélyeztetése, mivel a Kahovka-tó vize biztosítja a hűtővizet az atomerőmű hat blokkja számára³² (a rombolás időpontjában már csak egy erőművi blokk működött, amelyet a vízszint kritikus szint alá való csökkenése miatt leállítottak).

Ugyancsak közvetlen kárként értékelendő az érintett területen élő és magát menteni nem tudó emberek halála, a tenyésztett állatállomány egy részének pusztulása, valamint a Kahovka-tó élővilága jelentős részének pusztulása is.

A vízi erőmű és a gátrendszer rombolásának időben elhúzódó következményei között megemlítendő a Krím-félsziget, valamint Herszon megye lakossága biztonságos ivóvízellátásának huzamosabb időn át tartó ellehetetlenülése; Herszon, Dnyipropetrovszk és Zaporizzsja megye mezőgazdasági öntözőképességének belátható időn túli megszűnése, amely kritikus hatást gyakorol a térség szántóföldi kultúráinak terméshozamára, így a lakosság és a térség élelmiszerellátás-biztonságára. A térség kohászati és fémfeldolgozó ipara is ipari víz nélkül maradt, ami a termelés időleges felfüggesztésére kényszeríti a termelőüzemeket.

Időben és térben is elhúzódó környezeti kárt jelent a víztározóból a Fekete-tengerbe ömlő hatalmas édesvítömeg, amely időlegesen csökkentheti az érintett tengerrész sótartalmát, így veszélyeztetve számos vízi növény és állatfaj fennmaradását, végső soron a biológiai sokféleséget.

A fentiekben túlmenően valószínűsíthető, hogy az öntözéses földművelés tartós ellehetetlenülése a helyi talajviszonyokat a gátrendszer 1950-es években való megépítése előttihez hasonló állapotokhoz téríti vissza – a helyreállítási és rekultivációs munkák jelentős idő- és erőforrásigénye miatt –, ellehetetlenítve

³⁰ Lake Kakhovka 2023.

³¹ UNDP 2023.

³² Ukrhydroenergo 2023.

így a térség lakosságának megszokott életviszonyait, valamint az utóbbi 70 évben meghonosodott mezőgazdasági kultúrák természetét. Ennek következtében az Ukrajna délkeleti térségében élő emberek tíz- és százzezrei válhatnak gazdasági menekültté, a kieső mezőgazdasági termés és a feldolgozott termék mennyisége pedig messze Ukrajna határain túlmutatóan okozhat tartós élelmezési válságot.³³

A háború hatása a települési környezetre

Hangsúlyozandó, hogy a háború rombolása menyire összetett, és hogy egyszerre pusztítja és károsítja mind a természeti környezetet, mind az ember által a szükségletei kielégítésére kialakított mesterséges környezetet, az eddig elemzett, a háború okozta káros környezeti hatások egyaránt érintették mindkét környezeti teret. Ugyanakkor az emberi létfeltételek megteremtésében és a létbiztonságban betöltött kiemelt szerepénél fogva ki kell térni az épített, különösen a települési környezetre gyakorolt háborús hatásokra.

Ukrajna 43 milliós lakosságából megközelítőleg 29 millióan élnek városokban, míg a vidéki lakosság létszáma meghaladja a 12,6 milliót főt. A főváros Kijev, valamint a nagyvárosok – Harkiv, Donyeck, Lviv és Odessza – lakossága egyenként is meghaladja az 1 millió főt. A területi központok többségének lakosságszáma meghaladja a 200 ezer fő.³⁴

A városi lakosságnak Ukrajna népességének összlétszámához viszonyított több mint kétharmados aránya, valamint a főváros és a területi központok érintettsége a háború okozta személyi és anyagi károkban indokolja a települési környezeten belül a nagy népsűrűséggel, sűrű infrastruktúrával és ipari létesítményekkel jellemezhető városi épített környezet háborúban való érintettségének és az okozott károknak a részleges elemzését.

Ukrajna nagyvárosait kiterjedt infrastruktúra jellemzi, amely magában foglalja a vezetékes vízellátást és a szennyvízkezelő létesítményeket. Ukrajna egészében több mint 100 ezer lakótelepi tömbben működik központi fűtés- és melegvíz-szolgáltatás. A háború kezdete óta a nagyvárosok folyamatosan ki vannak téve a légi, tüzérségi, rakéta- és drónsapásoknak, amelyek következtében – a megfeszített helyreállító és újjáépítő munkák ellenére – a közúthálózat, a közszolgáltató rendszerek (például ivóvíz, szennyvíz, elektromos áram és gáz stb.), a repülőterek,

³³ IPHR 2023.

³⁴ UNEP 2022: 15.

a vasútállomások és a hidak – általában véve a háborús felvonulásban és átcsoportosításban, illetve a lakosság normál életkörülményeinek fenntartásában kiemelt fontossággal bíró közlekedési csomópontok – jelentős károkat szenvedtek.³⁵

A lakó- és közösségi épületekben, valamint ipari létesítményekben bekövetkezett közvetlen károkon (például a lakhatási, oktatási, egészségügyi, művelődési feltételek ellehetlenülése, a termelés időleges vagy tartós szünetelése stb.) túlmenően meg kell említeni a települési környezet szennyeződését a felrobbant lövedékek repeszeivel, valamint az el nem működött robbanótestek jelentette életveszélyt, az esetenként kiterjedt tüzek által a levegőbe bocsátott égéstermékek egészségre káros koncentrációjának megemelkedését, a leomlott épületekből a levegőbe került por és azbeszt feldúsulását. Az ipari létesítményekben okozott közvetlen károk sok esetben vezettek ammónia levegőbe kerüléséhez, valamint a talaj kiterjedt szennyezéséhez a kifolyt üzemanyagok és egyéb petrokémiai és vegyipari alapanyagok és termékek által.³⁶

Következtetések

A történelmi tapasztalatok azt mutatják, hogy a környezeti megfontolások nem tartoznak az elsődleges szempontok közé a háborúkat és fegyveres konfliktusokat követő újjáépítések során, mivel az élet újrarendítéséhez szükséges azonnali lépések – a lakosság ellátásának megszervezése, életkörülményeinek javítása, a gazdaság újrarendítése – elvonja a figyelmet és az erőforrásokat a távlatos megfontolásoktól.

A fenti – csupán részleges – elemzéseket tekintve azonban világosan látszik, hogy a természeti és az épített környezetben bekövetkezett, természetüket és kihatásukat tekintve igen eltérő fajsúlyú károk – vagyis az élő és élettelen természetes környezet, valamint a mesterséges környezet közötti egyensúly, egyszóval a környezetbiztonság tartós felbomlása – kezelése egységes egészként tekintendő az azonnali szükségletek kielégítésére tett erőfeszítésekkel, nem másért, mivel a szükségletek alapja a természeti erőforrások amúgy is szűkösen rendelkezésre álló összessége, színtere pedig az a tér és környezet, ahol élünk.

³⁵ UNEP 2022: 25.

³⁶ A települési környezet olyan totális pusztulása, mint Mariupol esetében, ahol több mint 20 ezer fő az elhalálozott lakosság száma, és ahol az épített környezet szinte minden eleme megsemmisült, Európában a II. világháború óta nem látott tragikus példával szolgál a háborús pusztítás totális hatásmechanizmusára. UNEP 2022: 26.

Az azonnali veszélyek elhárítását a jól átgondolt, az erőforrásokkal fenntartható módon gazdálkodó, a természetes és az épített környezetre egységes egésként tekintő, rendszerszintű kihatással járó kárelhárításnak, mentesítésnek és újjáépítésnek kell követnie.

Mindez azt jelenti, hogy a természeti környezetben bekövetkezett károkat olyan prioritással kell felszámolni, amely egyszerre eredményezi a bioszféra minden elemének – benne az emberi közösségeknek – a fokozatosan helyreálló élhető életkörülményeit. Mindezt annak tudatában kell megtenni, hogy a környezet regenerálódása – az épített környezeté években, a természeti környezeté évtizedekben, esetenként (például erdőségek) évszázadokban mérhető – igen időigényes folyamat, amelyet segíteni lehet, de erőltetni – rendszeridegen eszközökkel, eljárásokkal élni (például gyorsan növekvő, de a helyi faunába nem illő növények betelepítése) – nem érdemes.

Különös figyelmet kell fordítani a kritikus infrastruktúra-rendszerek/-elemek – a hatályos magyar belső jogban létfontosságú rendszerek és elemeik – mielőbbi és prioritált helyreállítására, mivel ezek rendeltetésszerű működése elengedhetetlen az emberhez méltó, biztonságos és egészséges emberi léthez. Másrészt ezen rendszerek sérülése jelentős közvetlen vagy közvetett károkat okoz a természeti környezetben is (például az olajfinomítók rombolása, bányászat stb.).

Végül, de nem utolsósorban kiemelt figyelmet kell fordítani a közegészségügyi és járványhelyzetek (például endémia, esetlegesen pandémia; ideértve a növény- és állategészségügyi helyzetek kezelését is) megelőzésére, felszámolására, különös tekintettel a hulladékok kezelésére, az egészségre fokozottan káros szennyező források felszámolására (például ipari létesítmények, településtüzek, csapadék és áradások által kimosott szennyvíz és elsodort robbanó harcanyagok stb.), valamint az esetlegesen el nem temetett háborús áldozatok mihamarabbi és méltó eltemetésére.

Befejezés

Az ember környezete szűken értelmezve a bioszféra azon része, ahol az élethez szükséges létfeltételek rendelkezésre állnak.³⁷ Az emberi környezet kiterjesztett értelmezésének alapvető indoka az, hogy egyrészt az ember az egyetlen gerinces faj, amely a Föld valamennyi térségében jelen van, ha szükséges,

³⁷ HALÁSZ–FÖLDI 2014: 14.

mesterségesen teremtve meg a létfeltételeket. Másrészt rendelkezünk azokkal a képességtöbbszörözőkkel (technológia, eszköz, módszer), amelyekkel nemcsak a természetes szárazföldi közegünkben vagyunk képesek mesterséges környezetet (például települések, közlekedési infrastruktúra, bányászati tevékenység) kialakítani, de minden olyan természeti közegben, amelyhez valamilyen társadalmi-gazdasági érdekünk fűződik. Ezáltal korunkra a földi környezet szinte egésze emberi környezetté vált, utat nyitva a hagyományos környezetértelmezés antropocentrikus megközelítésének.

Az emberre az egyik legjellemzőbb *emberien embertelen találmány* a háború. Amennyiben a környezetbiztonságot a természetes környezet és a környezetét szükségleteinek megfelelően formáló emberi tevékenység közötti egyensúlyi állapotnak fogjuk fel, akkor rádöbbenünk, hogy a háború – amely csak ránk jellemző, tehát igencsak emberi tevékenység – a környezetbiztonság antitézise. Környezeti kataklizmaként vagyunk képesek lerombolni mindazt, ami létünk alapját képezi, legyen az a természet része, vagy az emberi civilizáció vívmánya. Ekkora erő és képesség birtokában vagyunk, de ez esetben semmi okunk a büszkeségre.

Az orosz–ukrán háború a maga totális valójában pusztítja mindazt, amit a II. világháború óta a térségben élők felépítettek. Pusztítja azt a kultúrtáját és természeti környezetet, amely létfenntartásuk alapját képezi, vagy éppen a jövőnek átadandó védett természeti értéket képvisel.

Ez a háború, bár a szomszédos országban folyik, tőlünk elég távol zajlik ahhoz, hogy közvetlen hatásait ne érezzük, de közvetett hatásaiból – humanitárius válság okozta menekülthullám, energiaválság stb. – azért kijut nekünk is. Csak idő kérdése, hogy a tartós környezeti károk mikor kezdik éreztetni hatásukat térségünkben, ezért létkérdés, hogy kiemelt figyelmet fordítsunk a környezeti válságok kialakulásának megelőzésére, a válságok hatékony és időbeni kezelésére.

Felhasznált irodalom

- 1163/2020. (IV. 21.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Biztonsági Stratégiájáról.
- BUZAN, Barry (1991): New Patterns of Global Security in the Twenty-First Century. *International Affairs*, 67(3), 431–451. Online: <https://doi.org/10.2307/2621945>
- DANNREUTHER, Roland (2016): *Nemzetközi biztonság*. Ford. Baranyi Tamás Péter. Budapest: Antall József Tudásközpont.
- DETRAZ, Nicole – BETSILL, Michele M. (2009): Climate Change and Environment Security: For Whom the Discourse Shifts. *International Studies Perspectives*, 10(3), 303–320. Online: <https://doi.org/10.1111/j.1528-3585.2009.00378.x>
- FÖLDI, László – PADÁNYI, József (2014): Environmental Responsibilities of the Military – Soldiers Have to be „Greener Berets”. *Economics and Management*, 2, 48–55.
- HALÁSZ László – FÖLDI László (2014): *Környezetbiztonság*. Budapest: Nemzeti Közszerzői Egyetem.
- Lake Kakhovka (2023). *Hydroweb*. Online: https://hydroweb.theia-land.fr/hydroweb/view/L_kakhovka?lang=en
- International Partnership for Human Rights (IPHR) (2023): *Water as a Weapon of War: Analysis of the Kakhovka Dam Explosion*. Online: www.iphronline.org/analysis-of-the-kakhovka-dam-explosion.html
- International Peace Bureau (2002): *The Military's Impact on the Environment: A Neglected Aspect of the Sustainable Development Debate*. Geneva: IPB. Online: www.ipb.org/wp-content/uploads/2017/03/briefing-paper.pdf
- KHAN, Mahreen (2022): *The Environmental Impacts of War and Conflict. K4D Knowledge, Evidence and Learning for Development*. Online: https://opendocs.ids.ac.uk/opendocs/bitstream/handle/20.500.12413/17466/1129_The_Environmental_Impacts_of_War_and_Conflict.pdf?sequence=1
- LIPPERT, Tyler H. (2016): *NATO, Climate Change and International Security*. PhD-disszertáció. RAND Pardee RAND Graduate School. Online: www.rand.org/content/dam/rand/pubs/rgs_dissertations/RGSD300/RGSD387/RAND_RGSD387.pdf
- NATO 2022 *Strategic Concept* (2022). Brussels: NATO HQ. Online: www.nato.int/strategic-concept/index.html
- PADÁNYI József (2022): *Kihívások, kockázatok, válaszok. Az éghajlatváltozás okozta kihívások és azok hatása a katonai erőre*. Budapest: Ludovika.
- Stockholm International Peace Research Institute (SIPRI) (1980): *Warfare in a Fragile World. Military Impact on the Human Environment*. London: Taylor & Francis.
- SUMILOVA, Oleksandra et al. (2023): Impact of the Russia–Ukraine Armed Conflict on Water Resources and Water Infrastructure. *Nature Sustainability*, 6, 578–586. Online: <https://doi.org/10.1038/s41893-023-01068-x>
- SZILÁGYI Tibor (2022): Környezet? Biztonság! A Honvédelmi Minisztérium 2014–2020-as időszaki környezeti és energiahatékonysági célú, nemzeti és európai uniós társ-finanszírozású fejlesztései. *Honvédségi Szemle*, 150(4). Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2022.4.6>
- SZILÁGYI Tibor (2023): Az emberiség világűrbeli jelenlétének környezetbiztonsági szempontú elemzése. In GÖCZE István – PADÁNYI József (szerk.): *Hűsz év a katonai műszaki tudományok*

szolgálatában. *A katonai műszaki tudományok tudományág időszzerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei*. Hallgatói kötet. Budapest: Ludovika.

Ukrhydroenergo [@Укргідроенерго] (2023): Вночі 6 червня російськими окупаційними військами здійснено підри́в Каховської ГЕС. *Telegram*, 2023. június 6. Online: <https://t.me/ukrhydroenergo/3606>

United Nations Development Programme (UNDP) (2023): *Partial Analysis of Flooded Territory Following the Kakhovka Hydroelectric Power Station Explosion: Conclusion and Results*. Online: <https://reliefweb.int/attachments/ab35d56f-3317-4d85-955d-ddac37711015/%D0%9F%D1%80%D0%B5%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%BB%D1%96%D0%B7%20-%20ENG%20.pdf>

United Nations Environment Programme (UNEP) (2009): *Protecting the Environment During Armed Conflict*. Nairobi: UNEP. Online: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/7813/-Protecting%20the%20Environment%20During%20Armed%20Conflict_An%20Inventory%20and%20Analysis%20of%20International%20Law-2009891.pdf?sequence=3&%3BisAllowed=

United Nations Environment Programme (UNEP) (2022): *The Environmental Impact of the Conflict in Ukraine – A Preliminary Review*. Nairobi: UNEP. Online: https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/40746/environmental_impact_Ukraine_conflict.pdf?sequence=3&isAllowed=y

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskolája immár negyedik kötetét jelenteti meg, ezzel is segítve a tudományág kutatási eredményeinek bemutatását és a publikációs keresztmetszet bővítését. Doktoranduszaink kutatási eredményei azt mutatják, hogy egyre inkább szükség van a tudományágak összefonódására, egymás eredményeinek, módszereinek felhasználására.

ISBN 978-963-653-069-3



9 789636 530693