



# MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

## Kiemelt közlemények

**DARUKA NORBERT, DÉNES KÁLMÁN, EMBER ISTVÁN, KOVÁCS ZOLTÁN, VÉG RÓBERT:**  
*A 3D-nyomatási technológia oktatásának lehetőségei és feltételei a műszakitiszt-képzésben*

**BALLA TIBOR, PADÁNYI JÓZSEF:** *Műszaki kiválóságok: Szederjei Elemér altábornagy*

**ÁDÁM BALÁZS:** *Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban – a Tűzszerész Támogató Információs Rendszer működése és fejlesztési lehetőségei IV. rész*

34. évf. (2024)  
1. szám

ISSN 2063-4986 (elektronikus)



LUDOVIKA  
EGYETEMI KIADÓ

## Műszaki Katonai Közlöny

A Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kara, valamint a Magyar Hadtudományi Társaság Műszaki Szakosztályának elektronikus (online) megjelenésű tudományos folyóirata.

ISSN 2063-4986 (elektronikus)

### Főszerkesztő

Kovács Zoltán

### Szerkesztőbizottság elnöke

Padányi József

### Szerkesztőbizottság

Cibulová Klára

Daruka Norbert

Hanka László

Hornyacsek Júlia

Horváth Tibor

Kovács Tibor

Kovács Zoltán

Kuti Rajmund

Lőrincz Árpád

Pavel Manas

Nagy Rudolf

Tóth Rudolf

### Szerkesztőség címe

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar  
Művelési Támogató Tanszék

1101 Budapest, Hungária krt. 9–11. A épület, 949. iroda

Levelezési cím: 1581 Budapest, Pf. 15

E-mail: [kovacs.zoltan@uni-nke.hu](mailto:kovacs.zoltan@uni-nke.hu)

Telefon: +36 1 432 9000/29 539 • HM 02-22-9539

### Kiadó

Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Ludovika Egyetemi Kiadó

Kapcsolat: [www.ludovika.hu](http://www.ludovika.hu); [kiadvanyok@uni-nke.hu](mailto:kiadvanyok@uni-nke.hu)

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Olvasószerkesztők: Bujdosó Hajnalka, Csinta Áron, Resofszi Ágnes

Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla



## Tartalom

Daruka Norbert, Dénes Kálmán, Ember István, Kovács Zoltán, Vég Róbert A 3D-nyomtatási technológia oktatásának lehetőségei és feltételei a műszakitiszt- képzésben .....	5
Balla Tibor, Padányi József Műszaki kiválóságok: Szederjei Elemér altábornagy .....	19
Ádám Balázs Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban – a Tűzserész Támogató Információs Rendszer működése és fejlesztési lehetőségei IV. rész .....	31
Daruka Norbert Érzéketlen robbanóanyagok II. Vizsgálati módszerek és alkalmazási lehetőségek .....	47
Kaluzsa Anikó A kútvezek minőségi paramétereinek vizsgálata Békés vármegyében .....	67
Andóczy-Balogh András Ádám A hárompontos hátrametszés analóg megoldása a tűzér bemérő alegységek számára ..	87
Tampu Stelian A katasztrófamenekültek ideiglenes elhelyezéséhez szükséges infrastrukturális követelmények és egy nem kormányzati szervezet szerepe .....	101
Gabriella László The Effect of Radiant Heat on Polystyrene Thermal Insulation Materials. ....	117
Szűcs-Vásárhelyi Nóra A talajbiztonság területén alkalmazott katasztrófavédelmi eljárásrend vizsgálata Magyarországon .....	129
Szalkai László A műszaki felszámolókat támogatóképességei a terrorelhárításban .....	145
Sebők István A kiképzési célú fegyverzeti eszközök és anyagok 3D-nyomtatásának lehetőségei .....	157



Daruka Norbert,<sup>1</sup> Dénes Kálmán,<sup>2</sup> Ember István,<sup>3</sup>  
Kovács Zoltán,<sup>4</sup> Vég Róbert<sup>5</sup>

# A 3D-nyomtatási technológia oktatásának lehetőségei és feltételei a műszakitiszt-képzésben<sup>6</sup>

## The Possibilities and Requirements of Teaching 3D Printing Technology in Engineer Officer Training

A cikkben ismertetett kutatás célja az additív gyártástechnológia, annak részeként kiemelten a 3D-nyomtatás műszakitiszt-képzésbe történő integrálásának vizsgálata. A dolgozat első részében bemutatjuk az additív gyártási folyamatot, valamint előnyeit és korlátait egyaránt annak érdekében, hogy igazoljuk létjogosultságát a katonai feladatokban. Ismertetjük azt a feltételrendszert, amely a 3D-nyomtatási eljárás eredményes alkalmazásához szükséges a katonai szervezeteknél. A cikk fő részében tárgyaljuk azokat a személyi kompetenciákat, amelyek szükségesek a 3D-nyomtatás katonai körülmények között történő végrehajtásához. Végezetül részletesen foglalkozunk azokkal az oktatási lehetőségekkel, személyi és tárgyi feltételekkel, továbbá oktatásszervezési feladatokkal, amelyek a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar célkitűzéseivel összhangban biztosítják a műszaki hallgatók oktatását és képzését, valamint gyakorlati felkészítését a 3D-nyomtatás sikeres és hatékony végrehajtásához.

**Kulcsszavak:** additív gyártástechnológia, 3D-nyomtatás, a 3D-nyomtatás oktatása, műszakitiszt-képzés

<sup>1</sup> Robbanóanyag-ipari szakmérnök, e-mail: [daruka.norbi@gmail.com](mailto:daruka.norbi@gmail.com)

<sup>2</sup> Építőmérnök, e-mail: [denes.kalman.1975@gmail.com](mailto:denes.kalman.1975@gmail.com)

<sup>3</sup> Tanársegéd, NKE HHK Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: [ember.istvan@uni-nke.hu](mailto:ember.istvan@uni-nke.hu)

<sup>4</sup> Egyetemi docens, NKE HHK Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: [kovacs.zoltan@uni-nke.hu](mailto:kovacs.zoltan@uni-nke.hu)

<sup>5</sup> Egyetemi docens, NKE HHK Haditechnikai Tanszék, e-mail: [vegh.robort@uni-nke.hu](mailto:vegh.robort@uni-nke.hu)

<sup>6</sup> A cikk a 2022-2.1.1-NL-2022-00012 számú „Kooperatív Technológiák Nemzeti Laboratórium” projekt a Kulturális és Innovációs Minisztérium Nemzeti Kutatási és Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Nemzeti Laboratóriumok pályázati program finanszírozásában valósult meg.

*The purpose of the research presented in the article is to investigate the integration of additive manufacturing technology, specifically 3D printing, into engineer officer training. In the first part of the paper, we introduce the additive manufacturing process, highlighting its advantages and limitations, to justify its relevance in military tasks. We outline the set of conditions required for the successful application of 3D printing procedures within military organizations. The main part of the article discusses the personal competencies necessary for the execution of 3D printing in military conditions. Finally, we delve into detailed discussions of educational opportunities, personnel and material requirements, as well as educational organizational tasks that align with the objectives of the Faculty of Military Sciences and Officer Training. These efforts ensure the education, training, and practical preparation of technical students for the successful and efficient implementation of 3D printing.*

**Keywords:** additive manufacturing, 3D printing, 3D printing education, engineer officer training

## Bevezetés

A Nemzeti Közszerződési Egyetem (NKE) olyan egyedülálló tudásközpont, amely modern oktatást, versenyképes tudást, sajátos hivatást, egyedi értékrendet és biztos jövőt kínál a fiataloknak. Az egyetemi karokon folyó képzések lehetővé teszik, hogy a tehetséges, a közszolgálatára vállalkozó fiatalok megtalálják a nekik legmegfelelőbb életpályát.

Az NKE részeként a Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar (HHK) fő feladatákként a Magyar Honvédség (MH) katonai szervezetei számára képez katonatisztek, foglalkozik továbbá egyéb alap- és mesterképzéssel, valamint tanfolyami és továbbképzésekkel is. A Karon a tudományos kutatások végrehajtására két doktori iskola – a Hadtudományi Doktori Iskola és a Katonai Műszaki Doktori Iskola – működik.

A leendő katonatisztek képzése során az elméleti oktatás mellett a gyakorlati felkészítésre is nagy hangsúlyt fektetnek, ennek megfelelően a felkészítés tantermeiben, szimulációs központokban, gyakorlótereken, valamint katonai alakulatoknál egyaránt folyik.

A magas színvonalú oktatáshoz természetesen elengedhetetlenek a kiválóan képzett, idegen nyelveket beszélő, az új technológiákra fogékony, felkészült oktatók, akik képesek a megszerzhető legkorszerűbb tudást a képzésekbe integrálni.

A Kar oktatási célkitűzéseinek biztosítása, valamint a műszakitiszt-képzés fejlesztése motivált minket akkor, amikor az additív gyártástechnológiában, kiemelten a 3D-nyomatásban végzett kutatásunk eredményei oktatásban történő felhasználásának lehetőségeit kezdtük el vizsgálni. A következő oldalakon bemutatjuk, hogy az additív gyártástechnológia, azon belül a 3D-nyomatás milyen lehetőségeket biztosít a katonai feladatok végrehajtásához. Bemutatjuk azokat a kompetenciákat, amelyekkel felvértezve a fiatal tisztek képesek lesznek hatékonyan segíteni a katonai célok elérését az additív gyártástechnológia felhasználása által. Mindezek ismeretében részletesen foglalkozunk azokkal a feladatokkal, amelyek szükségesek az additív gyártástechnológia oktatásához.

## A 3D-nyomatási technológia bemutatása

Az additív gyártástechnológia olyan gyártási folyamatot jelent, amelyben a tárgyat rétegről rétegre építik fel valamilyen (általában) digitális 3D-modell alapján. A folyamatos kutatásnak és fejlesztésnek<sup>7</sup> köszönhetően számos additív gyártási eljárás létezik, amelyek közül napjainkra a 3D-nyomatás vált a legismertebbé. A technológia széles körű és folyamatosan bővülő alkalmazási lehetőségei és előnyei miatt térnyerése indokolt. Az alábbiakban a gyártási technológia néhány általános jellemzőjét soroljuk fel:

- **Digitális tervezés:** A 3D-nyomatáshoz jellemzően CAD (Computer-Aided Design) -tervezésre, annak eredményeként egy fájlra van szükség, amely a nyomtatandó tárgy pontos 3D-leírását tartalmazza.  
„A folyamat egy digitális, háromdimenziós modell számítógépes tervezőprogrammal történő megalkotásával, vagy egy valós tárgy háromdimenziós szkennelésével kezdődik. Nyomathatóság szempontjából mindkét folyamat egyik fő célja egy szilárdtest objektum létrehozása, melyhez ez utóbbi esetben sokszor számos utómunkára is szükség lehet. Ezt követően megtörténik a 3D-modell szeletelése, azaz vékony rétegekre bontása, illetve a nyomtató számára »olvasható« olyan vezérlő fájl előállítás, amely lépésenként tartalmazza az eszköz működtetéséhez szükséges minden paramétert (például koordináták, sebességek, időzítések). A nyomtatási folyamatot a fájl feltöltésével és futtatásával tudjuk elindítani. A 3D-nyomtató feldolgozza az abban kódolt utasításokat, és fokozatosan egymásra építi az egyes rétegeket a rendelkezésre álló alapanyagból, egészen addig, amíg ki nem alakul a gyártmány végleges formája.”<sup>8</sup>
- **Réteges felépítés:** Az additív gyártás során a tárgy rétegről rétegre épül fel. Az egyes rétegek tulajdonságai, valamint a rétegek közötti kapcsolat jellemzői meghatározzák az elkészült tárgy végleges tulajdonságait.
- **Széles anyagválaszték:** A 3D-nyomatási eljárásban számos különféle alapanyagot alkalmaznak attól függően, hogy milyen tulajdonságú tárgyat kívánnak elkészíteni. A követelményeknek megfelelően kiválasztott alapanyag fajtája (például fém, műanyag, kerámia, kompozit stb.) a végső termék tulajdonságait jelentősen befolyásolja.
- **Alkalmazási területek:** A 3D-nyomatás már napjainkban is számos iparágban sikeresen alkalmazható, köszönhetően a technológia által kínált előnyöknek, közöttük a gyorsaságnak, a hatékonyságnak és a gazdaságosságnak. Ez az eljárás az innovációk eredményeként a meglévő alkalmazási területek (orvostudomány, repülési és űripari alkalmazások, autóipar, élelmiszeripar stb.) mellett egyre nagyobb számban más területeken is megjelenik.
- **Gyors prototípus-készítés:** A 3D-nyomatási technológia alkalmas prototípusok, modellek és kisebb darabszámú szériák (például anyagvizsgálatok végrehajtására) gyors elkészítésére. Ez a gyártástechnológia jelentősen lerövidítheti a termékfejlesztési ciklusokat.

<sup>7</sup> KARA et al. 2023.

<sup>8</sup> NÉMETH-GÁL 2019: 231–249.

- Egyedi és összetett geometriák: A 3D-nyomatási technológia nagymértékű tervezői szabadságot biztosít, lehetővé teszi akár a különleges, komplex és egyedi geometriájú tárgyak egyszerű gyártását, amelyek a hagyományos megmunkálási módszerekkel nehezen, vagy egyáltalán nem megvalósíthatók.
- A fenntarthatóság elősegítése: Az additív gyártási folyamatoknak jelentős fenntarthatósági előnyei vannak a hagyományos gyártási eljárásokkal szemben. Az anyagfelhasználás hatékonyabb lehet a kevesebb hulladéktermelés miatt, továbbá az ellátási láncot jelentősen rövidíteni lehet azzal, hogy a felhasználás helyén nyomtathatjuk ki a terméket.
- A gyártási költség csökkenése: A 3D-nyomatási technológia egyre fokozódó elterjedése, az egyre olcsóbb 3D-nyomatatók megjelenése, a kevesebb alapanyag-felhasználás és a gyorsabb termelési ciklusok egyaránt hozzájárulnak a költséghatékonyabb gyártáshoz.
- Kisebb raktározási szükséglet: A 3D-nyomatási technológia lehetővé teszi a felhasználás helyén történő gyártást, minimalizálva a termékkészletezés szükségességét és a tárolási költséget. Az ellátási láncot jelentősen le tudja rövidíteni.
- További fejlődési lehetőségek, szükségletek: A 3D-nyomatási technológia alkalmazásakor az eddig elért kiemelkedően pozitív eredmények ellenére még számos kihívással kell megküzdeni. Ezek között fontos megemlíteni, hogy a felhasznált alapanyagok különböző tulajdonságai (anyagminőség, geometriai méretek stb.) sokszor egy alapanyagtekercsen belül sem állandók, a nyomtatási sebesség növelése a termelés fokozása érdekében elengedhetetlen, a költségek csökkentése pedig minden felhasználónak érdeke.

Az additív gyártástechnológia, annak részeként a 3D-nyomatás folyamatosan fejlődik, ennek köszönhetően újabb nyomtatási eljárások és anyagok jelennek meg, ami azt eredményezi, hogy egyre szélesebb körben lehet alkalmazni a technológiát. A 3D-nyomatási módszereket ennek megfelelően többféle módon is osztályozhatjuk, de az alábbiakban a kutatásunk tekintetében releváns szempontok alapján csoportosítjuk azokat:

1. A felhasználási terület alapján:
  - oktatás;
  - kutatás, fejlesztés;
  - prototípusgyártás, modellezés;
  - egyedi gyártás, sorozatgyártás (kis, közepes, nagy) vagy tömeggyártás;
  - egyéb (művészet és *design*, orvostudomány, divat stb.).
2. A nyomtatás folyamata alapján:
  - Az FDM/FFF (Fused Deposition Modelling/Fused Filament Fabrication) szálhúzásos nyomtatási eljárás során a nyomtatófej tekercsben lévő, hőre lágyuló műanyag szálát olvaszt fel, majd rétegről rétegre rakja le a tervezett test létrehozásához. Az egyes rétegek mindig hozzátapadnak az előzőhöz.
  - Az SLA- (Stereolithography) technológia alapján működő 3D-nyomatatók a tárgyak elkészítéséhez folyékony műgyanta-alapanyagokat használnak, amelyeket az építési területen rétegről rétegre lefektetnek, majd lézer segítségével összekötnek, és megkeményítenek.



- Az SLM- (Selective Laser Melting) eljárásnál a fémporok szelektív lézerolvasztása elvén működő nyomtató nagy energiájú lézersugarat használ fel a fémpor megolvasztásához. Szinte bármilyen összetételű fémpor felhasználásával teljes értékű, nagy pontosságú, azonban sokszor nem megfelelő felületi minőségű<sup>9</sup> gyártmányokat lehet előállítani. Lehetőség van harc- és gépjárművek, munkagépek vagy repülőeszközök fém alkatrészeinek előállítására is. Szükség esetén tábori körülmények között is alkalmazható.
  - Az SLS- (Selective Laser Sintering, szelektív lézerszinterezés) technológia alapján működő 3D-nyomtatók porállagú alapanyagot (műanyag, fém stb.) használnak az építésre, amelyet a nyomtatófej a nyomtatókamra tálcájára a kívánt rétegvastagságban elterít. Egy lézer felolvasztja az egyes rétegeket, amelyek összeolvadnak egymással.
  - A PolyJet-nyomtatók a nyomtatás során folyékony fotopolimer cseppeket kötnek össze UV- (ultraibolya) fényforrás segítségével.
  - A Binder Jetting nyomtatási eljárás során a rétegenként lefektetett finomszemcsés poros alapanyagra kötőanyagot permeteznek, amely megszilárdul.
  - A DLP- (Digital Light Processing) nyomtatók fotopolimer alapanyagot használnak fel a tárgyak felépítésére. Egyszerre egész rétegeket keményítenek meg egy fényforrás és a digitális tükör felhasználásával.
  - Az EBM- (Electron Beam Melting) nyomtatók rétegenként lefektetett fémoralapanyagot használnak, amelyet egy elektronnalábbal felolvasztanak. A tárgyat rétegről rétegre, azok összeolvasztásával építik fel.
  - A DMLS- (Direct Metal Laser Sintering) technológia alapján működő nyomtatók fém alapanyagot használnak fel az alkatrészek rétegről rétegre történő előállításához.
  - A CJP- (Color Jet Printing) technológia olyan additív gyártási eljárás, amelyben kompozitpor alapanyagot használnak, a rétegeket ragasztó köti össze.
3. Az alapanyag típusa alapján:
- 3.1. Műanyagok:
- ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene): erős, kopásálló és strapabíró műanyag.
  - Nylon: erős, kopásálló és könnyű műanyag, kiváló mechanikai tulajdonságokkal.
  - ASA (Acrylonitrile Styrene Acrylate): hőre lágyuló műanyag jó UV-állósággal, kedvező mechanikai és esztétikai tulajdonságokkal.
  - DIRAN: tartós és szívós, nylonalapú, hőre lágyuló műanyag.
  - PLA (Polylactic Acid): jó UV-állósággal és rétegtapadással, ugyanakkor alacsony nedvességállósággal rendelkező, merev és erős műanyag.
  - PETG (Polyethylene Terephthalate Glycol-Modified): erős, tartós, kopásálló és hőálló anyag, jó mechanikai tulajdonságokkal.
  - TPU (Thermoplastic Polyurethane): rugalmas műanyag jó ütésállósággal és kopásállósággal.

<sup>9</sup> MARKOVITS–VARGA 2023.

- PC (polikarbonát): magas szakító- és hajlítószilárdsággal rendelkező, erős műanyag.
- HIPS (High-Impact Polystyrene): nagy tartósságú és ütésállóságú polisztirol.

### 3.2. Fémek:

- bronzötvözetek;
- rézötvözetek;
- szerszám- és martenzites acélok;
- rozsdamentes acélok;
- alumíniumötvözetek;
- titán és titánötvözetek;
- nemesfémek (arany, platina, ezüst stb.).

### 3.3. Kompozitok:

- műanyag és fémporkeverékek;
- műanyag és más, nemfém porok keveréke (például farost, gipsz, kőpor stb.);
- műanyag és mikroszálak vagy folyamatos szálerősítés (szénszál, üvegszál, kevlár stb.).

A napjainkra egyre szélesebb körben elérhető nyomtatási technológiák és alkalmazások száma a felhasználói igények további megjelenésével és bővülésével együtt folyamatosan nő. Általánosságban ugyanakkor kijelenthető, hogy a megvalósítandó projektnek leginkább megfelelő technológiát és alapanyagot kell kiválasztani a cél eléréséhez.

## A 3D-nyomatási technológia alkalmazása a Magyar Honvédségben

A honvédelem minden korszakban jelentős mértékben támaszkodott a termékfejlesztések eredményeire, számos esetben pedig maga a hadiipar volt az innovációk kezdeményezője, megelőzve a civil szférát. Nem meglepő tehát, hogy a 21. század jelentős vívmányának számítató additív gyártástechnológia és annak fontos részeként a 3D-nyomatás különböző szinteken és mélységben megjelent a hazai honvédelemben.

Kiemelten foglalkozik a témával Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiája<sup>10</sup> is, amely deklarálja, hogy a globális és az európai biztonsági környezet egyaránt instabil, és a kiszámíthatatlan, a különböző térségekben kialakult válságok akár rövid időn belül is hatással lehetnek Magyarország biztonságára. Ezek között kell megemlíteni a fokozódó éghajlatváltozás okozta változásokat,<sup>11</sup> amilyen például a vízhiány is. Ezzel párhuzamosan az elmúlt években jelentős változások történtek a globális technológiai környezetben is, ami az infokommunikációs képességek rohamos fejlődésével, a diszruptív technológiák<sup>12</sup> fokozatos terjedésével, valamint

<sup>10</sup> 1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat.

<sup>11</sup> PADÁNYI 2021: 31–45.

<sup>12</sup> „Diszruptív technológia: Az olyan innovatív technológiai változásokat, szolgáltatásokat vagy megoldásokat, amelyek által hozott eredmények viszonylag rövid idő alatt alapvetően átrendezik a piaci erőviszonyokat – ha-

az azokhoz való egyre könnyebb és gyorsabb hozzáféréssel tovább növeli hazánk biztonsági kockázatát. A diszruptív technológiák ugyanis a meglévő hagyományos eljárásrendeket, alkalmazási elveket felülírják, a folyamatokat megszakítják, és azokat újszerű megoldással, eszközzel megváltoztatják, új irányba terelik. Napjaink technológiai fejlesztéseinek egyik jellemzője, hogy a legújabb eszközök és technológiák a gazdasági előnyök megszerzése érdekében a civil kereskedelemben a védelmi szférával egy időben vagy már azt megelőzően megjelennek, ami további kockázatot jelenthet.

Az orosz–ukrán háborúban hatékonyan, nagy mennyiségben használt drónok,<sup>13</sup> a kiberterében végrehajtott műveletek, a mesterséges intelligencia alkalmazása (például tűzszérfeladatokban,<sup>14</sup> célpontok kiválasztásában stb.) és nem utolsósorban a 3D-nyomatási technológia katonai alkalmazása alapjaiban változtatja meg a jelenlegi hadviselés szabályait és eljárásrendjét. A jövő hadszínterein kisebb létszámú, fejlett technológiai támogatással rendelkező szemben álló felek megjelenése várható.

A Nemzeti Katonai Stratégia a biztonsági fenyegetések okán jogos célként fogalmazza meg a hazai és nemzetközi biztonsági rendszerek és szervezetek, valamint rendszabályok modernizálását. Ennek eredményeként a nemzetközi szervezeteknek (például NATO, EU), azok részeként hazánknak, képesnek kell lenniük a változó körülményekhez való folyamatos alkalmazkodásra, továbbá a célok, módszerek és a megvalósításukhoz szükséges eszközrendszer változó környezethez történő rugalmas adaptálására.

A stratégiai célok teljesítése érdekében véleményünk szerint is jelentős szerepet kell szánni az additív gyártástechnológiának, amely már jelenleg is nagy hangsúlyt kap a HHK újításokhoz vezető fejlesztői munkájában. A 3D-nyomatás meggyőződésünk szerint a jövőben egyre nagyobb szerepet kap az MH-ban nemcsak a kutatási és oktatási feladatokban, hanem az alkatrész-biztosítás, az utánpótlás és a javítás területén is. A kifejezetten katonai feladatok végrehajtására optimalizált 3D-nyomatók ugyanis akár külföldi katonai missziók során, tábori körülmények között is képesek hatékony megoldást nyújtani a felmerülő igényekre. A technológia előnyei által jelentősen lerövidíthető az ellátási lánc, amivel biztosítható vagy helyreállítható a katonai feladat végrehajtásának sikere.<sup>15</sup>

A 3D-nyomatás jelenleg is alkalmazott eljárás a honvédelemben, mivel technológiai erőfölényt és előnyt jelenthet az alábbi területeken:

- oktatás;<sup>16</sup>
- prototípusgyártás;
- innováció;
- a helyszíni, azonnali alkatrészpótlás lehetősége;

---

tékonyágnövekedés, üzleti modellváltás, új iparágak születése – először munkahelyek tömegének elvesztésével, meglévő üzleti modellek lerombolásával, felforgatásával járnak, ezzel kiszorítva a korábbi technológiai környezetben biztos pozícióval rendelkező szereplőket, diszruptív technológiáknak nevezzük [...]” Digitális Jólétprogram Fogalomtár [é. n.]: 16.

<sup>13</sup> HEGEDŰS–HENNEL–VÉGVÁRI 2023: 33–36.

<sup>14</sup> ÁDÁM 2023: 15–27.

<sup>15</sup> VÉGVÁRI 2023: 177–198.

<sup>16</sup> GYARMATI–HEGEDŰS–GÁVAY 2022: 113–126.

- egyedi szerszámok, eszközök és felszerelések gyártása;
- digitális alkatrészraktár létrehozása 3D-nyomtatáshoz.

A fejezetben bemutatott stratégiai célok megvalósítása érdekében, továbbá a 3D-nyomtatási technológia által biztosított lehetőségek és szolgáltatások létrehozásához és fenntartásához a tárgyi feltételek mellett biztosítani kell a szolgáltatást működtető, hozzáértő személyi állományt is. Kutatásunk eredményeként arra a következtetésre jutottunk, hogy a MH saját és független 3D-nyomtatási képességének megteremtéséhez és folyamatos fenntartásához feltétlenül szükség van az oktatási képesség kialakítására is, amelyhez a HHK képes biztosítani a szükséges személyi és tárgyi feltételeket egyaránt.

## A 3D-nyomtatási technológia oktatásának integrálása a műszakitiszt-képzésbe

A Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar elsődleges célja annak biztosítása, hogy a végzett hallgatók a kor színvonalával lépést tartva, a társadalom és a Magyar Honvédség elvárásainak egyaránt megfelelően képesek és készek legyenek a haza védelmére, valamint a köz szolgálatára. Ezzel a szellemiséggel azonosulva a Nemzeti Katonai Stratégiában megfogalmazott célok figyelembevételével, azok végrehajtása érdekében kezdtünk el foglalkozni a 3D-nyomtatási képesség MH-ban történő kialakításának lehetőségével, részletesebben a személyi feltételek biztosításához szükséges tudásbázis és oktatási képesség HHK-n történő kialakításával.

Jacobi Ágost<sup>17</sup> utászezredes gondolatai szerint „műszaki katonák alatt értjük azt a hadrakelt nagy családot, amely nem csak fegyverrel a kézben küzdött, hanem tudásával, különleges felszerelésével, kiképzésével és leleményességével a küzdő csapatok leghűségesebb és nélkülözhetetlen segítőtársa volt”. Ez a számtalan alkalommal idézett meghatározás a műszaki katonákról összefoglalja és jellemzi mindazon feladatokat is, amelyek erre a nagy múltú szakcsapatra hárultak és hárulnak napjainkban is. Ez a közel 100 év óta helytálló, ugyanakkor továbbra is előremutató eszmeiség alapozza meg a mindenkori műszakitiszt-képzés változó követelményekhez való alkalmazkodásának jogos elvárását.

Követve a jogszabályok előírásait, alkalmazkodva a modernizálódó technológiai környezethez, biztosítva az előljárási elvárásokat, megfelelően az alárendeltek kérésének, végezetül mindezek által biztosítva-növelve a katonai feladatok végrehajtásának sikerét szeretnénk integrálni a 3D-nyomtatási technológiát a katonai felsőoktatásba, mindenekelőtt a műszakitiszt-képzésbe (1. ábra). Az oktatás folyamatos fejlesztése fontos nemzeti érdek, mivel kulcs szerepe van többek között a társadalom és a gazdaság fejlődésében is. A kor követelményeinek megfelelő korszerű katonai felsőoktatás az információátadáson túl a készségek kialakítását, a gondolkodásmód formálását és az egyéni fejlődést is támogatja, ami a helyzetek változására gyorsan reagálni képes katonáknak nélkülözhetetlen.

<sup>17</sup> BALLA-PADÁNYI 2019: 157–162.



1. ábra: Műszaki tisztjelöltek által összeállított, 3D-nyomatással készült szemléltetőanyag  
Forrás: a szerzők felvétele

Az oktatásnak az általános célok teljesítése mellett az innovációban is kulcsszerepe van, mivel a kreativitás, a leleményesség és a problémamegoldó képességek fejlesztése révén hatékonyan segíti az új ötletek kialakítását és azok bevezetését a gyakorlatba. A katonai stratégia célkitűzésével összhangban a katonai felsőoktatási rendszernek lépést kell tartania a technológiai fejlődéssel, továbbá adaptálnia kell az új tudományos eredményeket.

Tekintettel arra, hogy a tanulás az ember egész életén át tartó folyamat, az oktatás és képzés lehetőségét tanfolyami képzés keretében azok számára is biztosítani kell, akik katonai alakulatoknál szolgálnak különböző beosztásokban. A biztonsági környezetben bekövetkező változásokhoz ugyanis akkor képes a katonai szervezet legjobban alkalmazkodni, ha a szervezet személyi állományának képzését biztosító oktatási rendszer rugalmas, fejlődőképessé és alkalmazkodik a változásokhoz.

## A 3D-nyomatási technológia oktatása a BSc-képzésben

A HHK Műveleti Támogató Tanszék egyik oktatási szervezeti egysége a Műszaki Szakcsoport, amelynek a BSc-képzésben elérendő célja olyan honvédtisztek képzése, akik tisztté történő avatásuk után a Magyar Honvédség műszaki csapatainál, szakalegységeinél töltik be első tiszti beosztásukat. A négyéves képzés során megszerzik mindazokat az általános katonai és szakmai ismereteket, jártasságokat és készségeket, amelyek képessé teszik őket műszaki alegységparancsnoki és szaktiszti beosztásokban a műszaki támogatási feladatok ellátására, valamint az ezekhez kapcsolódó gyakorlati tevékenységek tervezésére és a végrehajtás irányítására.

A szakcsoport további feladatai között szerepel a szakirányhoz kapcsolódó szakterületek tudományos kutatása, a kutatási eredmények beépítése a képzésbe, valamint az oktatási anyagok és a képzés infrastrukturális hátterének fejlesztése is.

A Nemzeti Katonai Stratégia célkitűzései mellett a témában végzett kutatásunk is azt támasztja alá, hogy a 3D-nyomtatás katonai alkalmazása rövid időn belül olyan általános lesz, mint például a CAD-szoftverek vagy a GPS-vevővel (Global Positioning System) ellátott geodézia-műszerek évtizedek óta tartó használata. Véleményünk szerint az additív gyártástechnológia és annak részeként a 3D-nyomtatás oktatása a BSc-képzésben fontos feladatunk annak érdekében, hogy végzett hallgatóink a katonai célok egyszerűbb és hatékonyabb elérése érdekében ki tudják használni a technológia által nyújtott előnyöket.

A katonai vezetői alapképzési szak műszaki szakirány hallgatóinak oktatása során kiemelt feladat a magas szintű, gyakorlatias, a megrendelő és a kor követelményeinek és igényeinek egyaránt megfelelő oktatás, amelyre alapozva a műszaki tisztek hazai és nemzetközi feladatok végrehajtása során is képesek helytállni. Ennek megfelelően az additív gyártástechnológia, annak részeként a 3D-nyomtatás oktatására elsősorban szabadon választható, 2 kredit értékű tantárgy keretében kerülhet sor. A már oktatott *Számítógépes tervezés* szabadon választható tantárgy tematikája és felépítése egyaránt jó alapot jelent arra, hogy a 3D-nyomtatás téma elméleti ismeretanyagát ráépítsük, így az oktatásra azzal megegyező félévben vagy azt követően kerül sor. A *3D-nyomtatás* megnevezésű tantárgy összes tervezett óraszámja 28 tanóra, ezen belül az elméleti és a gyakorlati órák megoszlásának aránya 20 és 80%.

A tantárgy szakmai tartalma megegyezik a BSc-képzés oktatási célkitűzéseivel. Ennek megfelelően a képzés során a hallgatók elsajátítják az additív gyártástechnológiával, a 3D-nyomtatással kapcsolatos elméleti ismereteket, a képzés gyakorlati részében pedig megtanulják a 3D-modellkészítéssel és szkenneléssel, valamint a 3D-nyomtatással kapcsolatos alapismereteket (2. ábra).



2. ábra: Utómunkálatok a 3D-nyomtatással készült oktatási anyagokon

Forrás: a szerzők felvétele

Az oktatáshoz szükséges személyi is tárgyi feltételek rendelkezésre állnak. Az oktatók elméleti és gyakorlati felkészültsége egyaránt magas szintű, biztosítja a minőségi oktatás feltételeit. A gyakorlati képzéshez rendelkezésre áll elegendő mennyiségű, különböző elven működő 3D-nyomatató. A *3D-nyomatás* tantárgyi programját kidolgoztuk. A képzés oktatási anyagának kidolgozása, valamint a felkészüléshez szükséges jegyzetek megírása folyamatban van, az oktatás megkezdéséhez ugyanakkor nélkülözhetetlen. A korszerű, NATO-elveknek is megfelelő tananyagfejlesztés keretében a továbbiakban ki kell dolgozni a digitális oktatás tananyagát. A képzés tényleges megkezdése a vonatkozó tanterv módosítása, majd a tantárgy meghirdetése után történhet meg.

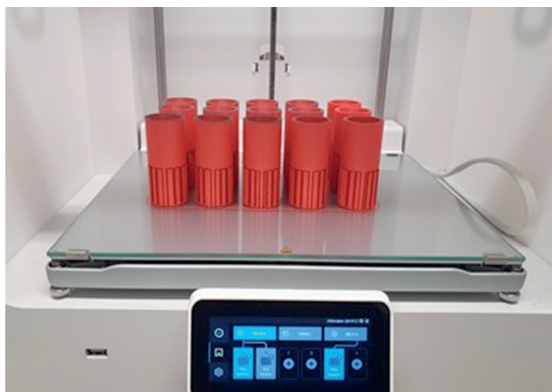
## A 3D-nyomatási technológia oktatása tanfolyami képzés keretében

A HHK oktatási rendszerében további kiemelt feladatot jelent a különböző tanfolyamok tervezése, szervezése és végrehajtása, amelyek a jóváhagyott képzési kimeneti követelményeknek megfelelő képzési programokkal és tantárgyi tematikákkal rendelkeznek. Ebben az oktatási rendszerben a Műszaki Szakcsoport fontos feladata a MH és a védelmi szféra igényeinek megfelelően a műszaki tisztai előmeneteli tanfolyamok, a műszaki tisztai átképző tanfolyam, továbbá különböző műszaki szakmai ismeretkiegészítő tanfolyamok megtartása.

Az állandóan változó biztonsági környezet, az új technológiák és eljárásrendek megjelenése új kihívások elé állítja a Magyar Honvédséget. A sok változás, a technológiai újítások és az új eszközök rendszerbe állítása megköveteli a katonai szervezetektől és az oktatási rendszertől egyaránt, hogy a végrehajtó állomány tudását folyamatosan tudja frissíteni, az új ismereteket át tudja adni.

A tanfolyami képzésben részt vevő hallgatók oktatása során szintén kiemelt feladat a magas szintű és gyakorlatias oktatás. A tanfolyami képzés céljait és lehetőségeit figyelembe véve az additív gyártástechnológia és a 3D-nyomatás oktatására önálló tanfolyam keretében kerülhet sor egy félév folyamán, nappali munkarendben. A *3D-nyomatás* tanfolyam összes óraszámja 90 tanóra, amelyen belül az elméleti és a gyakorlati órák megoszlásának aránya 20 és 80%.

A tantárgy szakmai tartalma megegyezik a tanfolyami képzés oktatási célkitűzéseivel. Ennek megfelelően a képzés során a hallgatók elsajátítják az additív gyártástechnológiával, a 3D-nyomatással kapcsolatos elméleti ismereteket, a képzés gyakorlati részében pedig megtanulják a 3D-modellkészítéssel és szkenneléssel, valamint a 3D-nyomatással kapcsolatos alapismereteket (3. ábra).



3. ábra: Szaktantárgy oktatásához 3D-nyomatással készített töltetházak

Forrás: a szerzők felvétele

Az oktatáshoz szükséges személyi is tárgyi feltételek rendelkezésre állnak. Az oktatók elméleti és gyakorlati felkészültsége egyaránt magas szintű, biztosítja a minőségi oktatás feltételeit. A gyakorlati képzéshez rendelkezésre áll elegendő mennyiségű különböző elven működő nyomtató. A szükséges képzési programot kidolgoztuk. A képzés oktatási anyagának kidolgozása, továbbá a felkészüléshez szükséges jegyzetek megírása még hátravan, az oktatás megkezdéséhez azonban elengedhetetlen. A tanfolyami képzés minél szélesebb körben, például távoktatás formájában történő elérése érdekében a korszerű, NATO-elveknek is megfelelő tananyagfejlesztés keretében ki kell dolgozni a digitális oktatás tananyagát. A képzés tényleges megkezdéséhez szükséges a képzési program jóváhagyása, majd a tanfolyam meghirdetése az NKE beiskolázási tervében.

## Összefoglalás

A 3D-nyomatás napjainkra a mindennapok fontos részévé vált, mivel a felhasználók széles köre számára elérhető a megfizethető, céljaiknak leginkább megfelelő nyomtató, amely ráadásul számos előnnyel is rendelkezik a hagyományos gyártási eljárásokkal szemben. Gyorsan, hatékonyan és kedvező áron gyártható le akár bonyolultabb és összetettebb szerkezet is, a követelményeknek megfelelő anyagminőségben. Mindezen előnyök miatt nem véletlen, hogy az elmúlt években kirobbant katonai konfliktusokban nagyon nagy számban használtak 3D-nyomatott haditechnikai eszközöket, például drónokat és fegyvereket.

A szomszédunkban zajló orosz–ukrán háború tapasztalatai, a közelmúltban kirobbant katonai konfliktusok, továbbá a még szunnyadó különböző geopolitikai feszültségek várható kockázatai alapján hazánk védelmi iparának, benne a Magyar Honvédségnek a folyamatos fejlesztése és modernizálása nélkülözhetetlen. Hazánk katonai stratégiája az előbbi célok mellett kiemelten kezeli a meglévő képességek fejlesztését és a haditechnika korszerűsítését is, amihez



megítélésünk szerint a 3D-nyomtatás mint új képesség kialakítása hatékonyan járulhat hozzá. A Magyar Honvédségnek a jövőbeni kockázatok kezelése érdekében a képességfejlesztések és a haditechnikai fejlesztések végrehajtásával a kor követelményeinek megfelelő, korszerűen felszerelt haderővé kell válnia, amihez nélkülözhetetlen a magas színvonalú képzésben, kiképzésben és folyamatos továbbképzésben részesülő személyi állomány. A haderőfejlesztési stratégia személyi állományra vonatkozó célkitűzéseinek teljesítése érdekében javasoljuk a 3D-nyomtatási technológia oktatásának beemelését a képzési rendszerbe, alapképzés, mesterképzés és továbbképzés keretében egyaránt. Az oktatáshoz szükséges személyi és tárgyi feltételek rendelkezésre állnak. Véleményünk szerint a 3D-nyomtatási képesség kialakítása és a hozzá szorosan kapcsolódó oktatási feltételek megteremtése hozzájárulhat a kor követelményeinek megfelelő védelmi ipar, valamint a magas fokú reagálóképességgel rendelkező modern Magyar Honvédség kialakításához.

## Felhasznált irodalom

- ÁDÁM Balázs (2023): Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban: A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek II. rész. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(3), 15–27. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.3.2>
- BALLA Tibor – PADÁNYI József (2019): Műszaki kiválóságok – Jacobi Ágost Henrik. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(4), 157–162. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.4.10>
- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő – GÁVAY György (2022): Automata sebességváltóban alkalmazott kapcsolt bolygóművek – Wilson-váltó: Harckocsi-sebességváltó modell kialakítása 3D-nyomtatással oktatási célból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 113–126. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.7>
- HEGEDŰS Ernő – HENNEL Sándor – VÉGVÁRI Zsolt (2023): A Bayraktar drónok II. rész. *Haditechnika*, 57(3), 33–36. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.57.3.06>
- KARA Yahya et al. (2023): A Novel Method and Printhead for 3D Printing Combined Nano-/Micro-fiber Solid Structures. *Additive Manufacturing*, 61(103315), 13. Online: <https://doi.org/10.1016/j.addma.2022.103315>
- MARKOVITS Tamás – VARGA László Ferenc (2023): Investigating the Surface Roughness of 3D Printed Metal Parts in Case of Thin 20 µm Build Layer Thickness. *Journal of Materials Research*, 11. Online: <https://doi.org/10.1557/s43578-023-01254-9>
- NÉMETH András – GÁL Bence (2019): Additív gyártástechnológiák katonai alkalmazásának vizsgálata, különös tekintettel a katonai elektronika területére. *Hadmérnök*, 14(1), 231–249. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.1.19>
- PADÁNYI József (2021): Az éghajlatváltozás hatásai, mint a katonai erő előtt álló biztonsági kihívások = The Impact of Climate Change as Security Challenges Faced by the Military. *Hadtudomány: A Magyar Hadtudományi Társaság folyóirata*, 31(1), 31–45. Online: <https://doi.org/10.17047/HADTUD.2021.31.1.31>
- VÉGVÁRI Zsolt (2023): A 3D-nyomtatás felhasználási lehetőségei a műveleti logisztikában. *Katonai Logisztika*, 31(1–2), 177–198. Online: <https://doi.org/10.30583/2023-3-4-177>

## **Jogi forrás**

1393/2021. (VI. 24.) Korm. határozat Magyarország Nemzeti Katonai Stratégiájáról

## **Internetes forrás**

Digitális Jólétprogram Fogalomtár [é. n.]. Online: <https://digitalisjoletprogram.hu/files/41/ac/41a-c862ea794f1bae55109f00de4e6bd.pdf>

Balla Tibor,<sup>1</sup> Padányi József<sup>2</sup>

# Műszaki kiválóságok: Szederjei Elemér altábornagy<sup>3</sup>

## Engineer Geniuses: Lieutenant General Elemér Szederjei

*Szederjei Elemér katonai pályafutását szokványosnak is nevezhetnénk, hiszen nagyobb zökkenők nélkül haladt előre. Pedig olyan helyeken és időkből kellett helytállnia, mint Bosznia-Hercegovina, az első világháború hadszínterei és az azt követő zavaros időszak. Elsősorban – de nem kizárólagosan – az erődítés volt a szakterülete. Erődített Sarajevóban, Bosznia déli részén, Polában és az Ung völgyében. Kiemelkedő szakmai felkészültsége és hazája iránti rendíthetetlen hűsége emelte egyre magasabb beosztásokba.*

**Kulcsszavak:** erődítés, erődrendszer, első világháború, görzi hídfő

*The professional military career of Szederjei Elemér progressed at a usual pace, without any major obstacles, even though he had to endure hardships in Bosnia and Herzegovina, in the Theatres of the First World War and in the turbulent interwar period. His field of expertise was primarily – but not exclusively – fortification. He built fortification in Sarajevo, in the Southern part of Bosnia and Herzegovina, in Pola, Croatia and in the valleys of the Uzh River, in Ukraine. His outstanding professional preparedness and his uncompromising loyalty to his homeland greatly helped him in being promoted to higher ranks.*

**Keywords:** fortification, line of fortification, First World War, bridgehead at Gorizia

<sup>1</sup> Kutatóprofesszor, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: [balla.tibor@uni-nke.hu](mailto:balla.tibor@uni-nke.hu)

<sup>2</sup> Egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: [padanyi.jozsef@uni-nke.hu](mailto:padanyi.jozsef@uni-nke.hu)

<sup>3</sup> Köszönetünket fejezzük ki prof. dr. Szakály Sándornak a tanulmány elkészítéséhez nyújtott segítségéért.

## Bevezetés

Szederjei Elemér (1. kép) 1868. december 15-én született a Szepes vármegyei Lőcse városában, evangélikus vallású családban, Szederjei Károly kereskedő és Fuchs Piroska fiaként. Szülei halála után gyámja Fuchs Károly bányaigazgató volt. A kor szokásainak megfelelően megnősült, 1911-ben Winkler Máriát vette nőül, gyermekáldásról nem tudunk.

Az Osztrák–Magyar Monarchia közös hadseregében elvárt módon több nyelven is tudott kommunikálni. Németül és magyarul tökéletesen beszélt és írt, szlovákul a szolgálat igényeinek megfelelően beszélt, oroszul szükségképpen tudott olvasni, franciául elegendő mértékben írt és szóban is megértette magát.

Három reáliskolai osztályt végzett Lőcsén, majd 1882–1884 között a kismartoni Császári és királyi katonai alreáliskola 3. és 4. évfolyamát teljesen díjmentes magyar állami alapítványi helyen, azt követően pedig a Császári és királyi katonai főreáliskolát végezte Mährisch-Weisskirchenben. Végül a bécsi Császári és királyi Műszaki Katonai Akadémia műszaki osztályában tanult teljesen díjmentes magyar állami alapítványi helyen, ahol tanulmányait jó eredménnyel zárta.<sup>4</sup>



1. kép: Szederjei Elemér altábornagy (1868–1950)

Forrás: JACOBI 1938

## Katonai pályafutása

Katonatiszti pályafutását 1890. augusztus 18-án hadnagyként kezdte meg a császári és királyi 2. műszaki ezredben Budapesten, ahol századszolgálatot látott el. 1892. november 1-jén főhadnaggyá nevezték ki beosztásában. 1893. január 1-jén áthelyezték a budapesti császári és királyi 7. táborigazgatóság alá (1893. május 1-től az alakulat nevének megváltozása miatt

<sup>4</sup> Kriegsarchiv Wien, Qualifikationsliste Elemér Szederjei, 3432. doboz (a továbbiakban: KA Qualliste 3432. doboz).

hivatalosan császári és királyi 7. utászászlóalj) állományába, ahol 1893. június 1-től a zászlóalj segédtisztjeként, emellett párhuzamosan 1895. szeptember 31-ig az alakulat egyéves önkéntes iskolájának tanáraként tevékenykedett a magyar fővárosban. Később tovább képezte magát, és 1895. október 1. valamint 1897. július 31. között a császári és királyi felsőbb hadmérnök tanfolyamot végezte el Bécsben, nagyon jó eredménnyel.

1897. augusztus 1-től a császári és királyi műszaki igazgatóságon teljesített szolgálatot a boszniai Mostarban. Ebben az időszakban a boszniai erődrendszer megerősítése kiemelt feladat volt az ott szolgáló műszaki szakembereknek. Az 1882-ben indult intenzív fejlesztési program négy évtizedre munkát adott az erődítésben járatos műszaki katonáknak.

A három nagyobb szakaszra bontható időszak középső szakaszában (1887–1907) dolgozott itt Szederjei Elemér. Ekkor a Trebinje és Bileća körüli erődgyűrűket véglegesítették, és megerősítették Krivošije és Mostar védelmét (2. kép). Sarajevóban 1888-ban kezdődtek a munkálatok, ahol megvalósultak az első erődítések a főváros keleti határának biztosítására. 1914-re a fejlesztések eredményeképpen 41 erőd, 9 ütegállás, 84 őrház, 22 földsánc (előerőd), összesen 155 erődített hely biztosította a stratégiai pontokat és irányokat.<sup>5</sup> Csak a Trebinje körüli kétkörös erődrendszerhez mintegy 100 katonai objektum tartozott, amely 4500 katonát volt képes befogadni.<sup>6</sup>



2. kép: Az erődrendszer elvi kialakítása Bosznia-Hercegovinában, 1914

Forrás: MARTINOVIĆ 2020

<sup>5</sup> PACHAUER 2018: 149–158.

<sup>6</sup> Részletesebben Kučino Brdo [é. n.].

Szederjei itteni szolgálata alatt, 1897 augusztusától októberéig a Nevesinje melletti Grad erődjének rekonstrukcióját irányította. Nevesinje fontos csomópont volt ebben az időszakban (3. kép), itt állomásozott a hegyi dandár parancsnoksága, a kerület csendőrségének parancsnoksága, a vám- és pénzügyőrség körzeti vezetése. A településen megerősített, jól védhető laktanyát építettek és egy közeli magaslaton volt a Grad nevű erőd. Benne két 9 cm-es 1861 mintájú ágyú, lőrések a gyalogsági fegyverekhez és ciszterna volt. A légénység egy tisztből, 40 gyalogosból és tíz tüzérből állt. Az erődöt később teljesen lebontották, ezért ma már csak a nyomai láthatóak.



3. kép: Nevesinje erődje egy korabeli képeslapon

Forrás: MARTINOVIĆ 2015

Szederjeit 1897. november 27-én áthelyezték a szarajevói császári és királyi műszaki igazgatóságra. Ott a III. és IV. védelmi körzet műszaki tisztjeként, valamint a 2. számú (Zvornik) és az 1. számú (Kalinovik) gazdasági bizottság műszaki tanácsadójaként tevékenykedett. Zvornikban a folyópartot megerősítő védelmi építkezések kivitelezésében vett részt. Páncélkupolás erődök építését vezette: a Hum mellett található III. számú erőd építése közben a páncélkupolába szerelt 15 cm-es mozsár beépítését, majd a Pašino brdo nevű, IV. számú erődben (4. kép) a lövegtalpak beépítését irányította. Az erőd a Szarajevót védő erődrendszer eleme volt, amelyet 1882-től 1908-ig építettek azzal a céllal, hogy a Szerbiából vagy Montenegróból érkező esetleges katonai támadástól védjék a várost.



4. kép: A IV. számú erőd (Pašino brdo)

Forrás: Rakousko-Uherské pevnosti 1880–1915 [é. n.]

Jelentős feladata volt a Kalinovik melletti Gradina erőd (5. kép) ütegének beépítése. A gradinai a Bosznia-Hercegovinában épített leghosszabb (130 m) Monarchia korabeli erőd volt. Kalinoviktól nyugatra, 1134 méteres magasságban található, két sokszögű platformmal volt felszerelve a 90 mm-es lövegekhez. Mindegyik platformon három löveg volt. A lövegekhez 35 méter hosszú rámpa vezetett fel, azaz itt hiányzott a máshol bevált lőszeremelő. Az erőd közepén, védett helyen volt a katonák szállása. A Kalinovik körüli magaslatokon három erőd állt, ellenőrizve a völgyben futó utakat.



5. kép: A Gradina erőd ma

Forrás: Austro-Hungarian fortress ruins in Kalinovik (Bosnia and Herzegovina) where Adolf Hitler served as a conscript [é. n.]

1898 ősztől a Hum mellett lévő III. számú erőd építését irányította annak teljes elkészültéig. 1899. november 1-jén 2. osztályú századosná, egyúttal az 5. század parancsnokává nevezték ki a császári és királyi 38. gyalogezredben, amelynek állomáshelye Budapesten, majd Kecskeméten volt. 1901. november 1-jén soron kívül 1. osztályú századosná nevezték ki alakulatánál.

1900-ban előjárói szolgálati jellemzésében jó tornásznak, vívónak, úszónak tartották, aki a gyorsírást is elsajátította, és szabadidejében amatőr fotósként is megállta a helyét. 1908-ban Ernst Freiherr von Leithner altábornagy,<sup>7</sup> császári és királyi műszaki főszemlélő a következőképpen jellemezte őt: „Kiváló, rátermett tiszt, vezérkari és csapatszolgálatra egyaránt jól felhasználható. Előléptetésre általában alkalmas.”<sup>8</sup>

Szederjei 1901. november 19-től a császári és királyi műszaki igazgatóságon szolgált Komáromban, ahol mozgósítási, felszerelési és különleges ügyekkel foglalatzkodott. 1903. szeptember 1-től alkalmi nyílt addig felhalmozott tudásának az átadására mint a budapesti császári és királyi gyalogsági hadapródiskola ábrázoló geometria-, erődítéstan- és utásztantanára.

1907. szeptember 1-től a császári és királyi műszaki igazgatóságon folytatta pályafutását Polában, ami szakmai szempontból is kihívást jelentett, hiszen a város a Monarchia legjelentősebb haditengerészeti kikötőjének is otthont adott. Polában a Barbarigo erődcsoport építését vezette. 1907. szeptember 16. és november 10. között a Griadreschi támaszpont megbízott építésvezetője, valamint a IV. és V. védelmi körlet műszaki tisztje volt. 1907. december 1-től a Pomer (6. kép) és a Turcian erőd megbízott építésvezetőjeként, továbbá a II. és a III. védelmi körlet műszaki tisztjeként szolgált.



6. kép: A Pomer erőd ma  
Forrás: Fort Pula [é. n.]

1908-ban a IX. védelmi körlet műszaki tisztjeként, továbbá a IX. erőd építésvezetőjeként, mindkét esetben a haditengerészeti tüzértiszt tanfolyam tanáraként tevékenykedett Polában. 1909. augusztus 15-től a császári és királyi budapesti erődépítési igazgatóságon szolgált, először

<sup>7</sup> Ernst Freiherr von Leithner (1852–1914) a Monarchia egyik legismertebb műszaki tábornoka volt, aki mind a gyakorlatban, mind az elméletben maradandót alkotott. Ő írta a *Die beständige Befestigung und der Festungskrieg* című erődítési tankönyvet. Érdekesség, hogy élete két ponton is összekapcsolódott Szederjei Elemér életével. Mindketten Lőcsén születtek, és a Mosztár környéki erődív kiépítését ő kezdte meg, így a Nevesinje erőd építése is a nevéhez köthető.

<sup>8</sup> KA Qualliste 3432. doboz.



fogalmazó tisztként, majd 1910-ben a szegedi és az algyői hídőrház, valamint Pétervárad erődjének referense volt. 1910. május 1-jén soron kívül őrnaggyá nevezték ki felelősségteljes beosztásában. 1911-ben a budapesti hídfőben emelt új építkezések vezetésére létrehozott bizottság tagja volt. 1912-ben a mozgósítási ügyek és a fegyvergyakorlatok referenseként, továbbá a Bosznia-Hercegovinában található erődítésekért felelős tiszt helyetteseként folytatta szolgálatát. 1913. november 1-jén alezredessé és egyúttal a császári és királyi 23. gyalogezred 3. zászlóaljának a parancsnokává nevezték ki.<sup>9</sup>

## Az első világháborúban

1914. augusztusától, az első világháború kitörése után Budapest erődítéseinek külső munkálatait irányította, a hadmérnöki törzskarba beosztott tisztként.<sup>10</sup>

1915. április 15-én az orosz hadszíntérre vezényelték, ahol a császári és királyi 2. hadsereg II. műszaki törzscsoportjának vezetőjeként az állásépítés terén végzett kiváló munkát az Ung völgyében. 1915. május 22-én átírányították az újonnan megnyíló olasz hadszíntérre, ahol körzetszemlélői feladatokat látott el a Bainsizza-fennsíkon a Wippach folyóig, valamint a görzi hídfőben a Karl Rudholzer Edler von Welschwehr<sup>11</sup> vezérőrnagy vezette műszaki törzscsoport alárendeltségében. A görzi hídfő olasz támadások elleni kiépítésében vett részt, lényegében ő irányította az ott folyó műszaki munkálatokat.

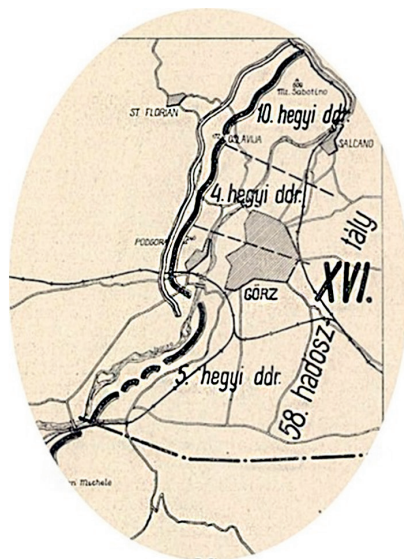
A görzi hídfőben (7. kép) kiváló műszaki tisztek szolgáltak és vezették a rendelkezésükre álló katonákat. Szederjei mérnökkari ezredesként olyan nehézségekkel nézett szembe, mint a korlátozottan elérhető építőanyag, a védelem műszaki berendezettségének alacsony foka, a mélységi akadályrendszer kiépítettségének hiánya. Mindezekkel együtt a Hadsereg-főparancsnokság intézkedése szerint azonnal meg kellett erősíteni az Isonzó vonalát Tolmeintől Duinóig. Elsősorban drótkadállyal kellett lezárni a vonalat és ezzel egyidejűleg oldalozó gyalogsági fedezékeket építeni. A hídfőállásban a május 22-ei határidőre elkészült a teljes hosszban átlagosan háromszoros (a Podgorán helyenként 10–12 soros) drótkadály és az oldalozó gyalogsági állás 20–30 m hosszú szakaszokban, nyílt árkokból, amelyeket helyenként srapel elleni tetővel láttak el, mintegy 3000 m hosszban. A Monte Sabotinón robbanóanyag hiányában csak alig fél méterre lehetett a sziklatalajba behatolni, és ezért a szertefekvő szikladarabokból emeltek mellvédet, ami később sok veszteséget okozott. És végül megjelent a világháború két újdonsága: az első kavernák a Podgorán és az első magasfeszültségű árammal táplált drótkadály. Míg az előbbi annyira bevált, hogy az egész Isonzó-frontra példa lett, utóbbi csődöt mondott a szigetelési nehézségek miatt, és csak erkölcsi hatással bírt, mert a támadót előzetes felderítésre kényszerítette, amivel felbecsülhetetlen időnyereséghez jutottak a védők.<sup>12</sup>

<sup>9</sup> KA Qualliste 3432. doboz.

<sup>10</sup> JACOBI 1938: 506.

<sup>11</sup> Részletes életrajzát lásd BALLA 2019: 403–404.

<sup>12</sup> JACOBI 1938: 36. és SÁGHY 1935: 39.



7. kép: A görzi hídfő

Forrás: JACOBI 1938: 36.

1915. augusztus elejétől a császári és királyi 18. gyaloghadosztály vezető műszaki törzstisztje volt az olasz hadszíntéren, 1915. szeptember 1-jén pedig ezredessé nevezték ki beosztásában. 1915. szeptember 15-től a császári és királyi XVI. hadtest műszaki törzscsoportja vezetőjének helyetteseként szolgált az olasz fronton.<sup>13</sup> 1915. október 22-től a császári és királyi XVI. hadtest műszaki főnöki beosztását töltötte be az olasz hadszíntéren. 1916. december 11-től a polai hadikikötő erődépítési igazgatóságának vezetőjeként a tengerparton található erődök és a szárazföldi védőállások kiépítését irányította a világháború végéig.<sup>14</sup> Nem volt ez számára ismeretlen terep, hiszen a háborút megelőző felkészülési időszakban már szolgált itt, és hasonló feladatokat végzett.

1918. november 4-től a budapesti erődépítési igazgatóság vezetőjeként dolgozott. Közben, 1918. december 21-én a császári és királyi hadmérnök törzskarból áthelyezték a budapesti árkászszázalaj létszám feletti állományába.<sup>15</sup>

## Az első világháborút követően

1919. február 27-től március 21-ig a Magyar Hadügyminisztérium XX. csoportjának főnökeként szolgált Budapesten. 1919. április 30-tól a XX. csoportfőnökség felállításában vett részt a Hadügyi Népbiztosságon.

<sup>13</sup> KA Qualliste 3432. doboz.

<sup>14</sup> JACOBI 1938: 506.

<sup>15</sup> Rendeleti Közlöny 1919: 540.

1920. január 31-én mint hadmérnök törzskarbeli ezredes a Magyar Nemzeti Hadsereg műszaki csapatainak szemlélőjévé nevezték ki. 1920. május 1-jén tényleges állományú ezredessé, 1920. augusztus 1-jén pedig magyar királyi vezérőrnaggyá nevezte ki a kormányzó. A műszaki csapatok szemlélője szolgálati állásából 1921. november 29-én mentették fel.

1922-ben a Honvédelmi Minisztérium Likvidáló Hivatalba beosztva teljesített szolgálatot. 1923. június 1-jével vezérőtanácsnok<sup>16</sup> kinevezést kapott. 1923. június 27-től a Magyar Királyi Honvéd Főtörvényszék elnökhelyetteseként folytatta tovább pályafutását. 1924. április 14-én mentették fel beosztásából. 1924. július 1-jén átmeneti viszonyba, 1925. július 1-jén pedig magyar királyi altábornagyként nyugállományba helyezték. Nyugdíjas éveiben (már 1912 óta) Budapest II. kerületében a Krisztina körút 8. szám, majd az 1940-es évektől Budapest III. kerületében az Ürömi út 24. szám alatt lakott.<sup>17</sup>

## Elismerései

Számos osztrák–magyar kitüntetés birtokosa volt. 1898. december 2-től a Jubileumi Emlékérmét a fegyveres erő számára, 1908. augusztus 12-től a Bronz Katonai Érdemérmét piros szalagon, 1908. december 2-től a Katonai Jubileumi Keresztet, 1913-tól az 1912–1913. évi Mozgósítási Keresztet, 1915. augusztus 1-től a Katonai Érdemkereszt III. osztályát hadidíszítménnyel (majd kardokkal), 1915. augusztus 18-tól a Katonai Tiszti Szolgálati Jel III. osztályát, 1916. január 31-től az Osztrák Császári Vaskorona Rend III. osztályát hadidíszítménnyel (később kardokkal), 1917. február 14-től a Bronz Katonai Érdemérmét hadiszalagon hadidíszítménnyel és kardokkal, 1918-tól az Ezüst Katonai Érdemérmét hadiszalagon hadidíszítménnyel és kardokkal viselhette. A külföldi kitüntetések közül 1909. augusztus 23-án a Porosz Koronarend III. osztályát kapta meg.<sup>18</sup>

A kitüntetésein kívül előjárói többször is részesítették írásbeli elismerésben. 1896. szeptember 3-án a kárpáti terület útjainak felderítéséről szóló tervezet kidolgozásában való részvételéért a császári és királyi Hadügyminisztérium dicséretében részesült. 1907. október 20-án a közös Hadügyminisztérium dicsérfő elismerését kapta a budapesti császári és királyi gyalogsági hadapródiskolában tanárként kifejtett sikeres tevékenységéért.<sup>19</sup>

## Nyugdíjas évek

Szedzerjei altábornagy számára 1925. november 21-én mérnöki címet adományozott a kormányzó, olyan pályatársaival egyetemben, mint Dálnokfalvi Bartha Győző nyugállományú ezredes, Dálnokfalvi Bartha Károly vezérkari szolgálatot teljesítő ezredes és Schindler Szilárd

<sup>16</sup> A trianoni békediktátum rendelkezései miatt a Honvédség rejtett fejlesztése idején alkalmazott rendfokozati megnevezés, amely az altábornagyi rendfokozatnak feleltethető meg.

<sup>17</sup> Hadtörténelmi Levéltár, HM Felülvizsgálati iratok, 473. doboz.

<sup>18</sup> *Personal Verordnungsblatt für das k.u.k. Heer* 1898–1918.

<sup>19</sup> KA Qualliste 3432. doboz.

vezérkari szolgálatot teljesítő alezredes.<sup>20</sup> Különböző szervezetekben, igazgatóságokban is tisztséget, tagságot vállalt.

1924. március 8-tól 1927. május 20-ig a Magyar Mérnöki Kamara választmányi tagja,<sup>21</sup> 1933. április 27-től az Országos Háborús Műszaki Emlékmű Bizottság elnöke volt. 1924. november 29-től a Hadirokkantak Vagyonőrző Egyesületek Rt. igazgatósági tagja, 1925. május 11-től a Váci Mész, Homok, Téglá, Tetőcserép és Betonárugyár Rt. igazgatósági tagja, 1927-től 1936-ig a Dial Telefonkereskedelmi Rt. igazgatósági tagja, 1930. április 25. előtt pedig a Magyar Olajipari és Gazdasági Rt. igazgatósági tagja volt.

A neve alatt megjelent önálló tudományos műről nincsen tudomásunk. Szerkesztőbizottsági elnökként részt vett viszont a Jacobi Ágost által szerkesztett *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban* című összefoglaló mű elkészítésében.

Szederjei Elemér tábornok 1950. május 3-án hunyt el Budapesten. A budapesti (Rákoskeresztúri) új köztemetőben temették el a 29/III parcella 1. sorának 18. sírhelyére. A parcellát 1955-ben lezárták, és 1981-ben kiürítették. Az itt eltemetettek maradványait a 265-ös egykori parcella helyén kialakított „csonttemetőbe” helyezték át, nevesítetlenül.<sup>22</sup>

## Összegzés

Nem talált fel új harceljárást, nem reformálta meg a műszaki csapatok felszerelését, eljárásrendjét, nem írt máig ható tudományos közleményeket. Tette a dolgát csendben, mindig azon a poszton, ahová állították. Munkáját minden korban minden rendszer és rezsim elismerte, szakmai munkáját nagyra becsülték. Ahogy Jacobi írja: „a műszaki csapatok nagyra becsült szeniorja”.<sup>23</sup>

Azt hiszem, a szakma elismerése mindenért kárpótolta, akkor is, amikor talán többet érdemelt volna. Ma, ha Bosznia-Hercegovinában járunk, vagy a polai kikötő erődtímeit látogatjuk, nem felejtethjük, hogy több mint száz évvel ezelőtt magyar katonák erőfeszítése is hozzájárult ahhoz, hogy ezek a védművek emberek ezreinek életét mentették meg. Ebben a munkában Szederjei Elemér maradandót alkotott.

## Felhasznált irodalom

*A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye* (1924), 58(14–16).

BALLA Tibor (2019): *A Nagy Háború osztrák-magyar tábornokai. Altábornagyok*. Budapest: HM Hadtörténelmi Intézet, 403–404.

Budapest II. kerületi halotti anyakönyv, 1950. 381. folyószám.

*Honvédségi Közlöny a Magyar Királyi Honvédség számára* (1925), 52(33), 235–236.

<sup>20</sup> *Honvédségi Közlöny* 1925: 235–236.

<sup>21</sup> *A Magyar Mérnök- és Építész-Egylet Közlönye* 1924.

<sup>22</sup> Budapest II. kerületi halotti anyakönyv, 1950. 381. folyószám.

<sup>23</sup> JACOBI 1938: 3.

Hadtörténelmi Levéltár, HM Felülvizsgálati iratok, 473. doboz.

JACOBI Ágost szerk. (1938): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest: Közlekedési Nyomda K. F. T.

Kriegsarchiv Wien, Qualifikationsliste Elemér Szederjai, 3432. doboz.

MARTINOVIĆ, Manuel (2015): Austrougarske utvrde u Hercegovini. *Hercegovina*, 1(26). Online: <https://doi.org/10.47960/2712-1844.2015.1.215>

MARTINOVIĆ, Manuel (2020): K.u.K. Befestigungsanlagen in Bosnien und Herzegowina. *Truppendienst*, 2020. március 11. Online: <https://www.truppendienst.com/themen/beitraege/artikel/kuk-befestigungsanlagen-in-bosnien-und-herzegowina>

SÁGHY Elemér (1935): A görzi hídfő. *Magyar Katonai Szemle*, (4), 39.

PACHAUER, Volker Konstantin (2018): Austro-Hungarian fortification is Bosnia-Herzegovina and Montenegro. Cultural heritage between value, touristic potential and extinction. *International Journal of Heritage Architecture*, 2(1), 149–158. Online: <https://doi.org/10.2495/HA-V2-N1-149-158>

*Personal Verordnungsblatt für das k.u.k. Heer* (1898–1918).

*Rakousko-Uherské pevnosti 1880-1915* [é. n.]. Online: <http://opevneni.wz.cz/fraku/index.html>

*Rendeleti Közlöny a Magyar Hadsereg számára. Személyügyi rész* (1919), (25), 540.

## Internetes források

Austro-Hungarian fortress ruins in Kalinovik (Bosnia and Herzegovina) where Adolf Hitler served as a conscript [é. n.]. *Adobe Stock*. Online: <https://stock.adobe.com/images/austro-hungarian-fortress-ruins-in-kalinovik-bosnia-and-herzegovina-where-adolf-hitler-served-as-a-conscript/283412039>

*Fort Pula* [é. n.]. Online: <https://www.pulafortcenter.com/en/fortification/zaro>

Kučino Brdo [é. n.]. *Fort-Net*. Online: [https://fort-net.org/lokacija\\_trebinje\\_trebinje\\_kucino\\_brdo/?lang=en](https://fort-net.org/lokacija_trebinje_trebinje_kucino_brdo/?lang=en)



Ádám Balázs<sup>1</sup> 

# Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban – a Tűzserész Támogató Információs Rendszer működése és fejlesztési lehetőségei IV. rész<sup>2</sup>

## Artificial Intelligence in Explosive Ordnance Disposal Tasks – The Operation and Developability of the EOD Support Information System Part IV

A Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban című négyrészes cikksorozat fő célja a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzserész Támogató Információs Rendszer bemutatása. A cikksorozat záró, IV. részében bemutatom a rendszer képi adatbázisának felépítését az egyes kategóriák, csoportok és alcsoportok ismertetésével. Szó esik az adatbázis tanulóhalmozát alkotó képek elkészítési technikájáról és az elkészült neurális hálók felismerési pontosságáról, annak fejlesztési lehetőségeiről. Továbbá a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzserész Támogató Információs Rendszer rövid, közép- és hosszú távú fejlesztési céljairól.

**Kulcsszavak:** tűzserész, mesterséges intelligencia, robbanótestek, felismerőrendszer, aknagránát

*The main goal of the four-part article series entitled Artificial Intelligence in EOD Tasks is to present the EOD Support Information System Based on Artificial Intelligence. In the final Part IV of the series of articles, I present the structure of the image database of the system with the*

<sup>1</sup> MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred, szakaszparancsnok, e-mail: [adam.balazs@mil.hu](mailto:adam.balazs@mil.hu)

<sup>2</sup> A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-21-1-I-NKE-93 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

*description of the individual categories, groups and subgroups. We are talking about the technique of creating the images that make up the database's learning set, and the recognition accuracy of the completed neural networks, as well as their development potential. Furthermore, about the short-, medium- and long-term development goals of the EOD Support Information System Based on Artificial Intelligence.*

**Keywords:** EOD, artificial intelligence, explosive ordnance, recognition system, mortar rounds

## Bevezetés

A mesterséges intelligencia vagyis az MI<sup>3</sup> napjaink legtöbb számítógép-alapú katonai fejlesztésében megtalálható, a technológia felhasználási lehetőségeinek teljes spektrumával.<sup>4</sup> Éppen ezért minden fegyvernem és szakcsapat, valamint speciális szakfeladatot ellátó alegység törekszik a MI implementálására saját tevékenysége támogatása érdekében. A tűzserész-szakfeladatok MI-alapú támogatásának egyik lehetősége a Mesterséges Intelligencia Alapú Tűzserész Támogató Információs Rendszer lenne. Az ezen rendszer bemutatását célzó cikksorozat utolsó részében ismertetem a neurális hálók tanításához szükséges képi adatbázis felépítését, az abban lévő eszközök típusait és az adatbázis elkészítésének metodikáját. Továbbá az elkészült neurális hálók hatékonysági vizsgálatának eredményeit is. Befejezőként a rendszer rövid, közép- és hosszú távú fejlesztésének lehetőségeit és kitűzött céljait mutatom be.

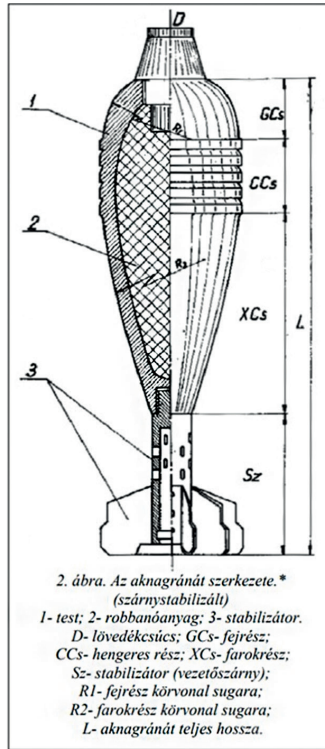
## Képi adatbázis

A képfelismerő vagy konvolúciós neurális hálózatok tanulási folyamatának elengedhetetlen részét, kiindulási alapját jelenti a megfelelő minőségű, részletességű, pontos és hiteles forrásból származó képi adatbázis. Az adatbázissal szemben támasztott követelmény továbbá, hogy minden eszközzől (felismerendő tárgyról) közel azonos számú képet tartalmazzon. Ezzel elkerülhető a túltanítás jelensége, amely akkor jön létre, ha adott tárgyról arányaiban nagyon sok, egy másik tárgyról arányaiban kevés kép kerül az adatbázisba. Így a kiépült neurális hálózat arányai eltolódnak, és az mindenben azt a tárgyat fogja felismerni, amelyikről a jelentősen több kép készült.

<sup>3</sup> Artificial Intelligence – AI.

<sup>4</sup> NÉMETH–VIRÁGH 2023: 2–6.





1. ábra: Aknagránát szerkezete

Forrás: LŐDI 2010: 59.

Ezt elkerülendő minden eszköztől azonos számú és háttérrel rendelkező fotót használtam fel. Alapelvként szolgált a minél nagyobb adatbázis létrehozása, amely szűrése irodai körülmények között sokkal kedvezőbb, mint több fényképezés leszervezése. Az aknagránátok kategóriájába tartozó eszközökről kép készült: oldalról, előlről, hátulról, felülről és ezeket kiegészítve eltérő, ferde szögekből, összesen 7 állásból.

Háttérként is kétféle textúra jelent meg a képeken, egy teljesen fehér „műteremi” és egy természetesebb, füves növényzettel borított talaj. Az adatbázis és a későbbi tanítási folyamat során kétféle formában töltöttem fel a képeket. Eredeti fotóként, amelyen a céltárgy hozzávetőleg 20%-át foglalta csak el a teljes képfelületnek, illetve kivágott formátumban, amelyen a céltárgy kitöltési arány már 70–80% volt.

1. táblázat: Képi adatbázis felépítése

<b>1. Aknagránátok</b>	1.1. Kis űrméretű (5–6 cm)	
	1.2. Közepes űrméretű (8 cm)	
	1.3. Nagy űrméretű (12 cm)	
<b>2. Tüzérségi gránátok</b>	2.1. Páncéltörő gránátok	2.1.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.1.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.1.3. Nagy űrméretű (155– mm)
	2.2. Repeszgránátok	2.2.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.2.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.2.3. Nagy űrméretű (155– mm)
	2.3. Romboló gránátok	2.3.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.3.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.3.3. Nagy űrméretű (155– mm)
	2.4. Repesz-romboló gránátok	2.4.1. Kis űrméretű (–75 mm)
		2.4.2. Közepes űrméretű (75–155 mm)
		2.4.3. Nagy űrméretű (155– mm)
<b>3. A kézi tüzérség eszközei</b>	3.1. Aktív hajtóművel	
	3.2. Hajtómű nélkül	
<b>4. Puskagránátok és gránátvetők</b>	4.1. Puskagránátok	
	4.2. Gránátvetők	
<b>5. Kézigránátok</b>	5.1. Gömbölyded	
	5.2. Hengeres	
	5.3. Nyéllel ellátott	
<b>6. Bombák</b>	6.1. Szabadesésű bombák	
	6.2. Fékezett bombák	
	6.3. Lézervezérlésű bombák	
<b>7. Aknák</b>	7.1. Gyalogsági aknák	7.1.1. Földfelszín alá helyezett aknák
		7.1.2. Irányított hatású repesztöltetek
	7.2. Harckocsiaknák	
	7.3. Vízi aknák	
<b>8. Rakéták</b>	8.1. Föld–föld	
	8.2. Föld–levegő	
	8.3. Levegő–föld	
	8.4. Levegő–levegő	

Forrás: a szerző szerkesztése

Az adatbázis hitelességéhez kétség sem férhet, ugyanis minden fotó az MH 1. Tüzérsész és Folyamőr Ezred (a továbbiakban: Tüzérsész Ezred) laktanyájának tüzérszézkiképző termében készült, ahol több ezer hatástalanított, mára kiképzési anyag, makettszerpet betöltő ártalmatlan robbanótest található. A kutatás keretében ezeknek a robbanótesteknek egy szűkebb csoportját, az aknagránátokat fotóztam be, természetesen nem a teljesség igényével (1. ábra). Bár ezek az eszközök oktatási célokat szolgálnak, egykor élesek voltak, így a hatástalanítási eljárás következményeként csak annyival térnek el máig földben szunnyadó társaiktól, hogy nincs bennük robbanóanyag, illetve pirotechnikai anyag.

A Mesterséges Intelligencia Alapú Tüzérsész Támogató Információs Rendszer alapját a már sokszor tárgyalt képi adatbázis jelenti. Ahhoz, hogy megfelelő hatásfokkal működjön a rendszer, az eszközök fotóinak logikus és egyértelmű csoportosítására van szükség az adatbázisban. Ennek érdekében olyan mappaszerkezetet készítettem, amelyben a tüzérsézsakmában is

bevált osztályozási rendszer egyes elemeit használtam fel. Így minden robbanótestet 8 db kategóriába soroltam. Az egyes kategóriákba tartozó eszközök között rendeltetés-, forma-, méret- és felépítésbeli különbségek vannak, amelyek alapján nagyon pontosan elhatárolhatók egymástól. A kategóriákat 1-től 8-ig számoztam az 1. táblázat alapján.

A kategóriákon belül csoportokat különböztettem meg, amelyek az űrméretre vagy a kialakítás sajátosságára utalnak elsősorban. Ezek viselik a kategória számát és saját, kategórián belüli számukat is. A további alcsoportokra történő bontás már nem történt meg mindegyik csoportban, ahol mégis van ilyen, az alcsoport viseli a kategória, a csoport és saját, csoporton belüli számát is. Az alcsoporton belül helyezkednek el a konkrét robbanótestek, amelyek az előző rendszer alapján újabb számot kapnak a kategória-, csoport- és esetleges alcsoportszámok mellé. Ezt az elvet folytatva minden egyes robbanótestről készült kép is kaphat hivatkozási számot, így azoknak felső határa nincsen.

A tanulóhalmazba készített és a tesztképek között az a különbség, hogy a tesztképek száma elé T betű kerül, ezzel ezeknek a fotóknak a száma is korlátlanul növelhető. Az aknagránátokról készült képeket 3 fő csoportba soroltam be az űrméretük alapján. Ezek a csoportok az eszközök átmérője szerint az 5–6 cm-es, a 8 cm-es és a 12 cm-es. A fő csoporton belül található az alcsoportok, amelyek már az aknagránátok pontos, rendszeresített nevét jelentik. Tehát az aknagránátok képi adatbázisa kétszintes felépítéssel rendelkezik (2. táblázat).

Az 5–6 cm-es eszközökből négy különböző nemzet robbanóteste került bele a képzési adathalmazba. Minden egyes eszközről 28 db fénykép került be az adatbázisba. Ennek közel a fele egységes fehér háttér előtt, a másik fele természetes környezetben, talajháttérrel készült. Alapvetően az eszközök tetejéről (a gyújtóról), oldaláról és végéről (a stabilizátorszárnnyról) készültek a képek merőleges vagy közel 45°-os szögben. A gyakorló adathalmazban a teljes alakú képek mellett részletképek is található az egyes jobban azonosítható és felismerhető részletekről, mint a fej- és hengeres részek, illetve a stabilizátorrészeiről.

2. táblázat: Aknagránátok csoportosítása

1.1. Kis űrméretű (5–6 cm)	1.1.1. Wgr. 36 (német)
	1.1.2. 39M (magyar)
	1.1.3. Md. 35 (román)
	1.1.4. O-822 (szovjet)
1.2. Közepes űrméretű (8 cm)	1.2.1. Wgr. 34 (német)
	1.2.2. 36M (magyar)
	1.2.3. 57-V-003 (magyar)
	1.2.4. Md. 35 (román)
	1.2.5. O-832 (szovjet)
	1.2.6. O-832D (szovjet)
	1.2.7. O-832DU (szovjet)
	1.2.8. Sz-832 (szovjet)
1.3. Nagy űrméretű (12 cm)	1.3.1. Wgr. 42 (német)
	1.3.2. 43M (magyar)
	1.3.3. Román repeszromboló (román)
	1.3.4. OF-843 (szovjet)

Forrás: a szerző szerkesztése

A 8 cm-es csoportban az előzőhöz hasonlóan négy különböző nemzet aknagránátjai találhatóak, de azok közül többféle rendeltetésű is bekerült az adatbázisba. Ebben a csoportban 32 db kép került a tanulóhalmazba minden eszközzel. Itt is hasonló elvek alapján körülbelül azonos szögekből készültek a fotók. Illetve egy fekvő 45°-os oldalsó szögből is készült fénykép, ennek az adathalmaz bővítése volt a célja, ugyanis ebben a csoportban nyolc, tehát kétszer annyi eszközt kell tudnia megkülönböztetni a neurális hálónak, mint a másik kettőben.

A 12 cm-es aknagránátoknál négy eszközt válogattam ki négy különböző nemzet egykori hadrendjéből. Itt minden eszközzel 30 db képet válogattam ki, hasonló elvek mentén, mint az előzőknél. Viszont az eszközök fizikai mérete, illetve tömege jelentősen megnehezítette a munkát a képi adatbázis készítése során. A nagyságrendileg 80 cm hosszú eszközök mozgatása és pozicionálása nehézkes volt, illetve kiemelt figyelmet követelt, hogy az egységes fehér háttérből se lógjon ki az eszköz a fényképezés során.

## A neurális háló és komponenseinek jellemzése, a meghatározás pontosságának mérése

A kutatás fő eredményeként létrehoztam három olyan neurális hálót a képi adatbázis felhasználásával, amely az aknagránátok kategória csoportjában (5–6 cm, 8 cm, 12 cm) képes különböző pontossággal felismerni az abban található eszközöket. Mindegyik kategória neurális hálóját többször, eltérő *epochs*- és *batch size*<sup>5</sup> paraméterekkel tanítottam, így a tesztképek segítségével meg tudtam határozni a vizsgált párosítások közül a kategóriához legjobban illő arányokat. *Epochszámban* a 100, a 200, az 500, az 1000, a 2000, az 5000 és a 10 000 értékkel dolgoztam, alapvetően 16-os *batch size*-zal.

Három esetben, a 200, az 1000 és az 5000 értéknél 32-es *batch size*-zal is betanítottam a neurális hálót. A háló teszteléséhez különböző számú képet használtam fel, amelyek a két fényképezés során készültek. Ezek között volt olyan, amelyik a padlón vagy tanteremi asztalon ferdeszögből készült, illetve kültéri helyszínen, falevelekkel és növényzettel néhol fedett, eltérő szögekből készített fotók is a tesztalmaz részét képezték.

3. táblázat: Mérési eredmények 5–6 cm-es aknagránátok esetén

	Wgr. 36	39M	Md. 35	O-822	Összesen
Tesztképek száma	6	6	5	7	24
<b>Epochs 100</b>					
Helyes/helytelen	3/3	5/1	5/0	6/1	19/24
A helyesség aránya	83,3%	83,3%	100%	85,7%	79,2%
<b>Epochs 200</b>					
Helyes/helytelen	5/1	1/5	5/0	6/1	17/24
A helyesség aránya	83,3%	16,6%	100%	85,7%	70,8%

<sup>5</sup> A *batch size* lényege, hogy egy tanulási ciklusban meghatározott számú képet tanítunk be a neurális hálónak. Ha a tanulóhalmaz 80 képet tartalmaz és a *batch size* 16, akkor  $80 \div 16 = 5$  *batch*-be lesz szétosztva a 80 kép. Ha mind az 5 *batch* átment a tanulás folyamatán, akkor kész egy *epoch*. Ha az 5 *batch* kétszer is átmegegy a tanulási folyamaton, akkor kész kettő *epochs* és így tovább.

Epochs 200 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/1	3/3	5/0	6/1	19/24
A helyesség aránya	83,3%	50%	100%	85,7%	79,2%
Epochs 500					
Helyes/helytelen	5/1	2/4	5/0	6/1	18/24
A helyesség aránya	83,3%	33,3%	100%	85,7%	75%
Epochs 1000					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	6/1	20/24
A helyesség aránya	83,3%	66,7%	100%	85,7%	83,3%
Epochs 1000 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/1	2/4	5/0	6/1	18/24
A helyesség aránya	83,3%	33,3%	100%	85,7%	75%
Epochs 2000					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	6/1	20/24
A helyesség aránya	83,3%	66,7%	100%	85,7%	83,3%
Epochs 5000					
Helyes/helytelen	5/1	1/5	5/0	6/1	17/24
A helyesség aránya	83,3%	16,6%	100%	85,7%	70,8%
Epochs 5000 Batch size 32					
Helyes/helytelen	5/1	4/2	5/0	5/2	19/24
A helyesség aránya	83,3%	66,7%	100%	71,4%	79,2%
Epochs 10000					
Helyes/helytelen	5/1	2/4	5/0	5/2	17/24
A helyesség aránya	83,3%	33,3%	100%	71,4%	70,8%

Forrás: a szerző szerkesztése

Az 5–6 cm-es csoportban 4 db eszköz<sup>6</sup> megkülönböztetése volt a cél. Ahogy az az eredményekből is szemléletesen látszik, viszonylag kis szórása lett a különböző *epochs* és *batch size* értékek párosításának. Ez a szórás számszerűen 12,5%. A legsikeresebb 83,3%-os 20/24-es eredményt<sup>7</sup> két hálóval is sikerült elérni, továbbá csupán eggyel kevesebb helyes megoldás is három esetben született. Ezzel stabilan elérve a kitűzött minimum 70%-os célt (3. táblázat). Mivel a két legsikeresebb háló közül ki kell választani egyet, így az 1000 *epochs* és 16-os *batch size* kombinációt használom a továbbiakban, mivel ez gyorsabban tanítható.

4. táblázat: Mérési eredmények 8 cm-es aknagránátok esetén

	Wgr. 34	36M	57-V-003	Md. 35	O-832	O-832D	O-832DU	Sz-832	Összesen
Tesztképek száma	5	5	5	5	5	3	5	5	38
Epochs 100									
Helyes/helytelen	2/3	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	2/3	2/3	18/38
A helyesség aránya	40%	60%	60%	60%	60%	0%	40%	40%	47,4%

<sup>6</sup> Ezeket a korábbiakban pontosan meghatároztam.

<sup>7</sup> A legmagasabb sikeres arányt zöld színnel, a második legmagasabb arányt sárga színnel jelöltem az ábrákon.

	<b>Epochs 200</b>								
Helyes/ helytelen	1/4	4/1	3/2	3/2	3/2	0/3	4/1	2/3	<b>20</b>
A helyesség aránya	20%	80%	60%	60%	60%	0%	80%	40%	<b>52,6%</b>
	<b>Epochs 200 Batch size 32</b>								
Helyes/ helytelen	3/2	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	3/2	1/4	<b>18/38</b>
A helyesség aránya	60%	60%	60%	40%	60%	0%	60%	20%	<b>47,4%</b>
	<b>Epochs 500</b>								
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	3/2	3/2	1/3	4/1	1/4	<b>19/38</b>
A helyesség aránya	20%	60%	60%	60%	60%	33.3%	80%	20%	<b>50%</b>
	<b>Epochs 1000</b>								
Helyes/ helytelen	3/2	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	3/2	2/3	<b>19/38</b>
A helyesség aránya	60%	60%	60%	40%	60%	0%	60%	40%	<b>50%</b>
	<b>Epochs 1000 Batch size 32</b>								
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	3/2	2/3	<b>18/38</b>
A helyesség aránya	20%	60%	60%	60%	60%	0%	60%	40%	<b>47,4%</b>
	<b>Epochs 2000</b>								
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	4/1	2/3	<b>19/38</b>
A helyesség aránya	20%	60%	60%	60%	60%	0%	80%	40%	<b>50%</b>
	<b>Epochs 5000</b>								
Helyes/ helytelen	2/3	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	3/2	2/3	<b>18/38</b>
A helyesség aránya	40%	60%	60%	40%	60%	0%	60%	40%	<b>47,4%</b>
	<b>Epochs 5000 Batch size 32</b>								
Helyes/ helytelen	2/3	3/2	3/2	3/2	3/2	0/3	4/1	3/2	<b>21/38</b>
A helyesség aránya	40%	60%	60%	60%	60%	0%	80%	60%	<b>55,2%</b>
	<b>Epochs 10000</b>								
Helyes/ helytelen	1/4	3/2	3/2	2/3	3/2	0/3	4/1	2/3	<b>18/38</b>
A helyesség aránya	20%	60%	60%	40%	60%	0%	80%	40%	<b>47,4%</b>
	<b>Epochs 5000 Batch size 32 (vágott képek)</b>								
Helyes/ helytelen	5/0	5/0	3/2	4/1	3/2	3/0	4/1	4/1	<b>31/38</b>
A helyesség aránya	100%	100%	60%	80%	60%	100%	80%	80%	<b>81,6%</b>

Forrás: a szerző szerkesztése

A 8 cm-es aknagránátok közül 8 db eltérő típus képei kerültek bele a neurális háló tanulóhalmazába.<sup>8</sup> Mivel itt kétszer annyi eszközt kellett beazonosítani a mesterséges intelligenciának, így a mérési eredmények is jelentősen alacsonyabb pontosságról adnak számot. Az alapképekkel 55,2%-os 21/38-as arányt ért el az 5000 epochs és 16-os batch size párosítású háló. Bár jelentősen több kép alkotta a teszthalmazt, a legpontosabb és a legkevésbé pontos háló között csupán 7,8%-os az eltérés.

Mivel a kapott legjobb arány messze elmarad a kitűzött 70%-os céltől, el kellett gondolkodni azon, hogyan lehetne fejleszteni és pontosabbá tenni a hálót. Mivel a tanulóhalmaz képein nem kívántam változtatni, így a teszthalmaz képeit vettem górcső alá. Mivel a felismerés és az összehasonlítás során a tesztképből is a beolvasás során négyzet alakú kép keletkezik, ezért a teszthalmaz képeit is kivágtam négyzet alakúra, továbbá ezzel együtt levágtam a felesleges háttérelemeket. Ezzel a folyamattal elértem, hogy az azonosítani kívánt eszköz alkotja a tesztképek legnagyobb felületét.

5. táblázat: Mérési eredmények 12 cm-es aknagránátok esetén

	Wgr. 42	43M	ROM 12	OF-843	Összesen
Tesztképek száma	5	6	5	5	21
<b>Epochs 100</b>					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	4/1	18/21
A helyesség aránya	80%	83,3%	100%	80%	85,7%
<b>Epochs 200</b>					
Helyes/helytelen	4/1	4/2	5/0	3/2	16/21
A helyesség aránya	80%	66,7%	100%	60%	76,1%
<b>Epochs 200 Batch size 32</b>					
Helyes/helytelen	5/0	4/2	5/0	4/1	18/21
A helyesség aránya	100%	66,7%	100%	80%	85,7%
<b>Epochs 500</b>					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	3/2	17/21
A helyesség aránya	80%	83,3%	100%	60%	81%
<b>Epochs 1000</b>					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	2/3	17/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	40%	81%
<b>Epochs 1000 Batch size 32</b>					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	4/1	19/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	80%	90,5%
<b>Epochs 2000</b>					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	3/2	18/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	60%	85,7%
<b>Epochs 5000</b>					
Helyes/helytelen	4/1	5/1	5/0	4/1	18/21
A helyesség aránya	80%	83,3%	100%	80%	85,7%
<b>Epochs 5000 Batch size 32</b>					
Helyes/helytelen	5/0	5/1	5/0	4/1	19/21
A helyesség aránya	100%	83,3%	100%	80%	90,5%

<sup>8</sup> Ezeket a korábbiakban pontosan meghatároztam.

	Epochs 10000				
Helyes/helytelen	4/1	4/2	5/0	4/1	17/21
A helyesség aránya	80%	66,7%	100%	80%	81%

Forrás: a szerző szerkesztése

A módosítások alkalmazásával sikerült elérni a mesterséges intelligencia 81,6%-os pontosságát (a 4. táblázat legalsó sorai), amely jelentős, 26,4%-os növekedést jelentett. A képek kivágásával és az eszközök kinagyításával tehát a pontosság jelentős emelkedését lehet elérni, amely technikát nemcsak ennél a csoportnál vagy kategóriánál lehet alkalmazni, hanem az minden robbanótest felismerésénél általános érvényű szabállyá válik.

A 12 cm-es csoportban 4 db eszköz<sup>9</sup> pontos azonosítása volt a cél. Az eredményekből látszik, hogy a legnagyobb pontosságot az 1000 *epochs* és 32-es *batch size*, továbbá az 5000 *epochs* és 32-es *batch size* kombináció alkalmazásával értem el. A minimális és maximális 90,5%-os mérési eredmény között a legnagyobb az eltérés a csoportok között, amely 14,4%-ot jelent. Mivel itt is két esetben is 19/21-es helyességi arányt sikerült elérnem, választanom kellett a hálók között (5. táblázat). Újra a sebesség kritériumát választva a végleges háló 1000 *epochs*- és 32 *batch size* értékkel készült.

A készített neurális hálók tehát elérik a kívánt 70%-os pontossági határt. De ahol a teszt-halmaz első képeivel nem is, a nagyított képek segítségével már bőven a határ fölé emelhető az azonosítás pontossága. Mivel a neurális hálózat tanulóhalmazaiiban több kép is van a robbanótestek egyes részleteiről, így a felhasználás során érdemes az eszköz egésze mellett az egyes részletekről – mint a fejrész vagy a stabilizátorszárny – is képet készíteni. A nagyobb pontosság elérése céljából az eszközről felismerendő fotót készíteni a hossz tengelyére merőleges irányból érdemes. Ez igaz a részletek fényképezésére is. Javasolt a robbanótest környezetének lehető leghomogénebbé tétele, vagyis ha talajban található az eszköz, akkor a nem talajrészecskéket, a növényi részeket, az eszközöket célszerű eltenni a fényképező látószögéből.

A kutatás során szerzett tapasztalataim alapján a felhasználás során javasolom, hogy minden eszközzel 3 különböző kép készüljön, és amennyiben mindegyik esetében a felismerés azonos robbanótestet jelöl meg, akkor az elég nagy valószínűséggel tényleg a jelzett robbanótest lesz. Amennyiben ez nem lehetséges (például ha csak adott része látszik ki a talajból), akkor is érdemes több képet készíteni különböző szögekből.

## Fejlesztési lehetőségek

A fejlesztés és a továbblépés lehetőségei több csoportra oszthatók, az azok megvalósításához szükséges idő tekintetében. Így beszélhetünk rövid, közepes és hosszú távú fejlesztési lehetőségekről. Ezen feladatok elvégzéséhez részben már adottak a feltételek.

Rövid távú fejlesztési lehetőségként kínálkozik az aknagránátok kategóriára egy komplex neurális háló tanítása, amely a különböző vizsgált úrméretek eszközei között lenne képes

<sup>9</sup> Ezeket a korábbiakban pontosan meghatároztam.



különbséget tenni. Ezzel a robbanótestek típusának pontos beazonosítása többszintű neurális hálókkal lenne lehetséges. Rövid távú fejlesztésekre már lehetne alkalmazni a MATLAB<sup>10</sup> programozási nyelvet, amely segítségével grafikusán, programozási ismeretek széles tárháza nélkül is képes valaki megbízható neurális hálót készíteni. Illetve a MATLAB Image Processing Toolbox segítségével a hálókészítésen kívül a képek előfeldolgozása is sokkal egyszerűbbé válhat. A képek előfeldolgozása alatt olyan változtatások értendők, mint a képek szinkontrasztja, a tárgyak éleinek erősebb kontúrúvá tétele vagy a fehéritési eljárások, amelyek egyértelműen és bizonyítottan javítják a neurális hálók felismerési pontosságának eredményeit a tanulóhalmaz képein keresztül. Továbbá a meglévő képek gépi „torzításával” és forgatásával újabb képhalmazok állíthatók elő a programban.<sup>11</sup> A neurális hálók igénybevételéhez létre lehet hozni egy Android operációs rendszerhez készített alkalmazást is, amely a programot még felhasználóbarátabbá teszi.



2. ábra: Előtalált 82 mm-es szovjet aknagránátok a Múcsarnok előtt<sup>12</sup>

Forrás: az MH 1. Tüzserész és Folyamőr Ezred gyűjteménye

Középtávú cél lehet az egyes kategóriák eszközeiről történő képi adatbázisok létrehozása és az azokhoz tartozó MI-k programozása. A folyamatosan bővülő adatbázis segítségével korrigálni lehet a robbanótest felismeréséhez alkotott neuronháló-modellek tulajdonságait, hogy azok megbízhatóbban és pontosabban működjenek. Középtávú célként már megjelenhet a *transfer learning* beépítése is a folyamatokba, amelynek célja, hogy a rendszer az egyik felismerési probléma megoldása során megszerzett ismereteket tárolja, és egy másik, de kapcsolódó felismerési probléma megoldása során azokat előhívja, megbízhatóbbá téve ezzel a felismerést. Érdemes lenne önálló mesterségesintelligencia-szervert kialakítani, amelyen a programozásokat, valamint a képek felismerését lehetne végezni. Ez a számítógép vezeték nélküli hálózaton kapcsolódna a telefonon futó Android-kompatibilis alkalmazáshoz,

<sup>10</sup> A MATLAB egy programozási és numerikus számítási platform, amelyet mérnökök és kutatók milliói használnak adatok elemzésére, algoritmusok fejlesztésére és modellek létrehozására.

<sup>11</sup> *Deep Learning for Computer Vision* [é. n.]

<sup>12</sup> 2021. április 22-én a budapesti Múcsarnok mellett, építési területen előkerült 75 darab 82 mm-es szovjet aknavetőgránát, a tüzserészkatonák későbbi megsemmisítés céljából elszállították az eszközöket.

aminek köszönhetően a telefon erőforrásait nem használná a felismerő rendszer, az csak adatrögzítő és grafikus megjelenítő szerepet töltené be. Az alkalmazás szempontjából elengedhetetlen egy külső erőforrás használata, ugyanis az egyre növekvő neuronháló és azok tárhelyigénye már lényegesen meghaladná a telefonok hardvereinek képességét. A megerősítéssel alapuló háló nem lehet cél, mivel az nem a képfelismerés bevett módszere, illetve a leggyakrabban előtalált robbanótestekről egy idő után többszörös mennyiségű kép keletkezne, ami eltolná a tanulóhalmaz arányait, és ezzel akár egyre nagyobb pontatlanságot is okozhatna a felismerésben.

További középtávú cél lehet a fémszemét és a robbanótestek megkülönböztetésének képessége. Ezzel a neurális háló képes lenne a valódi robbanótesteket megkülönböztetni az egyébként veszélytelen fémhulladéktól (nem robbanó test – NRT), például a gránátokat és a konzervdobozokat, vagy a több száz kilós légi bombákat és az illegális szemétlerakásokból származó bojlereket. Mivel a Magyar Honvédség Tűzserész Ügyletre befutó feltételezett robbanótestekről érkező hívások átlagosan 10%-a<sup>13</sup> mégsem robbanótest, így ezeknek a NRT-knek az előszűréssel jelentős személyi, anyagi és technikai tűzserész-erőforrásokat lehetne megspórolni. Ez az arány nem jelentéktelen, figyelembe véve az évi átlag 2000 riasztást, amelyet a tűzserészsakemberek kezelnek.<sup>14</sup> Megjegyzendő, hogy a szoftver ebben a képességben nem feltétlenül lenne alkalmas azonosítani az olyan robbanótesteket, amelyek már nem tartalmaznak valamilyen okból robbanóanyagot, tehát technikai értelemben NRT besorolásúak, de alakjuk alapján beazonosíthatók. Ez természetesen a szakemberek feladatkörébe tartozó tevékenység.

Hosszú távú célként fogalmazható meg, hogy a létrehozott kategóriák, csoportok és alcsoportok mindegyikét feltöltsük az összesen akár több ezer különféle eszköz adataival. Ez esetben a már korábban leírt többszintű azonosítást kellene alkalmazni, amely használata több szempontból is előnyös. Egyrészt a neurális hálók rendszerének egyes hálóit sokkal egyszerűbben ki lehet cserélni, ha új eszköz vagy új képek kerülnek a tanulóhalmazba, ezzel az újraprogramozás idejét is redukálva. Másrészt pontosabb azonosítást tesz lehetővé, mivel ha az összes eszköz egy hálón keresztül lenne betanítva, akkor az valószínűleg csak a kategóriák között tudna különbséget tenni, ugyanis a csoportok és az alcsoportok eltérései, különbségei már eltörpülnének a kategóriák közöttiekhez képest. Harmadrészt a MI-k rendszerét szintenként is lehetne használni. Tehát ha a tűzserészműveletet irányító parancsnok információigényét kielégíti a csoport vagy az alcsoport meghatározása is, akkor a hálók rendszere ezt nagyobb pontossággal meg fogja tudni határozni, mint az eszköz pontos típusát. A leghosszabb távú cél lehet, hogy az elkészült programot tűzserészrobotra integráljuk, hogy az önállóan is képes legyen a robbanótestek azonosítására és esetleg hatástalanítására az előre beprogramozott cselekvéssor végrehajtásával. Illetve tűzserészfeladatokat támogató drónoknak a rendszerbe való integrálásával válhatna a feltételezett robbanótestek felderítése gyorsabbá és hatékonyabbá.<sup>15</sup>

<sup>13</sup> EMBER 2020a: 59–63.

<sup>14</sup> EMBER 2020b: 32–42.

<sup>15</sup> KOVÁCS–EMBER 2022b: 18–23; EMBER–KOVÁCS 2020: 90–97.

## Összegzés

A cikksorozatban bemutatam a Tűzserész Ezred felépítését, feladatrendszerét és feltártam azokat a vezetéstámogatási területeket, amelyekben a mesterséges intelligencia alkalmazásával előrelépés érhető el a tűzserészek biztonsága, illetve a műveletvezetés támogatása érdekében. Vizsgáltam továbbá a mesterséges intelligencia egyes alapelemeit, amelyek megértése elengedhetetlen a komplex rendszer kialakításához.

Fő eredménynek tartom, hogy sikerült kidolgoznom azt a tűzserézműveleteket támogató képelemzésen alapuló szoftvert, valamint a mögötte lévő rendszerelvet, amely képes beazonosítani és megnevezni az aknagránátok egyes típusait. A három úrmérrethhez tartozó három neurális háló mérési eredményeit figyelembe véve azok jelentősen nagyobb felismerési pontosságot értek el, mint a célul kitűzött 70%. A teljes rendszer felismerési spektrumának a három neurális háló csak egy része, de annak eredményei nagyon biztatók a jövőbeni fejlesztésekre és a bővítés lehetőségére vonatkozóan. Kidolgoztam a neurális háló és a képi adatbázisok egymásra épülő rendszerének elméleti hátterét, így a további fejlesztésekhez már „csak” több tízezer fényképpel kell feltölteni a képi adatbázis vonatkozó részeit.

Az elkészült program olyan prototípus, amelyet felhőalapú számítási kapacitás felhasználásával fejlesztettem és tanítottam. Ugyanakkor katonai célú rendszerek gyakorlatban történő megvalósítása és alkalmazhatósága szempontjából már a neurális háló készítéséhez is célszerű lenne a felhőalapú felhasználói felületet platformfüggetlen megoldásra cserélni. A piacon több ilyen szoftver is elérhető, de a felhasználói szempontokat figyelembe véve a MATLAB és annak a kifejezetten az MI-fejlesztésekre optimalizált moduljai (*toolboxok*) kínálják a leghatékonyabb megoldást. Ezzel már a neurális háló alapmodelljét is lehet módosítani, így a „*Teachable Machine*” általános hálója helyett direkt robbanótestekre készített hálót lehetne programozni. A megbízható és biztonságos működéshez, a valós műveleti alkalmazásokhoz további fontos szempont a képi adatbázisok védelmének biztosítása, amely a fenti szoftverplatform és privát hálózati infrastruktúra segítségével szintén biztosítható.



3. ábra: A Tűzserész-szakfeladatok „záróakkordja” az előtalált eszközök megsemmisítése<sup>16</sup>

Forrás: az MH 1. Tűzserész és Folyamőr Ezred gyűjteménye

<sup>16</sup> A tűzserész-szakfeladatok végrehajtásának utolsó mozzanata az előtalált robbanótestek végső ártalmatlanítása. 2022. augusztus 11-én tűzserészkatonák megsemmisítést hajtottak végre, amelyet a Magyar Honvédség parancsnoka is megsemmisített.

A fentiek alapján a jövőben mindenképpen folytatni szeretném kutatásaimat. Tervezem újabb eszközcsoportokról és konkrét eszközökről további képeket feltölteni a felismerőrendszerbe, ezáltal megvalósítva a tanulóhalmaz bővítését, majd megvizsgálva annak felismerési pontosságára gyakorolt hatását. A képi előfeldolgozás eszköztárának felhasználása segítségével szeretnék további javulást elérni a szoftver hatékonyságában.

Kutatási eredményeim példaként történő felhasználásával a tűzserész-szakfeladatok más elemeinek támogatása is megvalósulhatna MI, pontosabban annak objektumfelismerési és képelemzési típusainak alkalmazásával, ha aknamezők légi eszközökkel történő felderítése<sup>17</sup> vagy a közel-keleti műveleti területeken a csapataink ellen gyakran használt eszközök, az improvizált robbanóeszközök<sup>18</sup> egyes főbb alkotóelemeinek azonosítása lenne a cél. És mi más is lehetne a hadtudományi kutatások elsődleges célja, mint katonáink feladat-végrehajtásának és a magyar lakosok életkörülményeinek biztonságosabbá tétele?<sup>19</sup>

Ezúton is szeretném megköszönni a Tűzserész Ezred vezetőinek, kiképzőinek és állományának, hogy lehetőséget és támogatást kaptam a képi adatbázis elkészítéséhez, amely nélkül a kutatás nem jöhetett volna létre.

## Felhasznált irodalom

- Deep Learning for Computer Vision* [é. n.]. Online: <https://www.mathworks.com/solutions/deep-learning/deep-learning-computer-vision.html>
- EMBER István (2020a): A lőszermentesítés szerepe az építőiparban. *Építőanyag*, 72(2), 59–63. Online: <https://doi.org/10.14382/epitoanyag-jsbcm.2020.9>
- EMBER István (2020b): The Role and the Risks of Explosive Ordnance Decontamination in Hungary. *Science & Military (Veda A Vojenstvo)*, 16(1), 32–42. Online: <https://doi.org/10.52651/sam-a.2021.1.32-42>
- EMBER István – KOVÁCS Zoltán (2020): Drones Above EOD Operators During Their Public Duty. In BEŇOVSKÝ, Marián (szer.): *Zborník Prednášo Trhacia Technika 2020*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce, 90–97. Online: <http://download.sstvp.sk/Zbornik2020.pdf>
- FÖLDI László – PADÁNYI József (2015): Tasks and Experiences of the Hungarian Defence Forces in Crisis Management. *Bilten Slovenske Vojske*, 17(1), 29–46. Online: <https://bit.ly/3yaFuql>
- KOVÁCS Zoltán (2012): Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2), 37–52. Online: [https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012\\_2\\_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20t%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf](https://mkk.uni-nke.hu/document/mkk-uni-nke-hu/2012_2_03%20IED-k%20f%C5%91bb%20t%C3%ADpusai%20-%20Kov%C3%A1cs%20Z.pdf)
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2021): Aknafelderítés légi eszközökkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31(4), 5–20. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.4.1>
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2022a): Landmine Detection with Drones. *Revista Academiei Forțelor Terestre / Land Forces Academy Review*, 27(1), 84–92. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2022-0012>
- KOVÁCS Zoltán – EMBER István (2022b): Mini drónok lehetséges alkalmazása tűzserész műveletekben. *Haditechnika*, 56(2), 18–23. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.2.04>
- LŐDI Antal (2010): *Katonai robbanótestek alapismerete, szerkezete*. Jegyzet.

<sup>17</sup> KOVÁCS–EMBER 2021: 5–20; KOVÁCS–EMBER 2022a: 84–92.

<sup>18</sup> Angol megnevezése: Improvised Explosive Device – IED. TOMOLYA–PADÁNYI 2012: 34–67; KOVÁCS 2012: 37–52.

<sup>19</sup> FÖLDI–PADÁNYI 2015: 29–46.

- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2023): Mesterséges intelligencia és haderő – Katonai alkalmazási lehetőségek VII. rész. *Haditechnika*, 57(1), 2–6. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.57.1.01>
- TOMOLYA János – PADÁNYI József (2012): A terrorizmus jelentette kihívások. *Hadtudomány*, 22(3–4), 34–67. Online: [https://www.mhtt.eu/hadtudomany/2012/3\\_4/HT\\_2012\\_3-4\\_Tomolya\\_Padanyi.pdf](https://www.mhtt.eu/hadtudomany/2012/3_4/HT_2012_3-4_Tomolya_Padanyi.pdf)



Daruka Norbert<sup>1</sup> 

# Érzéketlen robbanóanyagok II. Vizsgálati módszerek és alkalmazási lehetőségek

## Insensitive Explosives Part II. Test Methods and Application Possibilities

A technológia fejlődésének lehetőségeit kihasználva egyre nagyobb mértékben jelennek meg a modern technikai eszközök, illetve a hozzájuk rendszeresített érzéketlen lőszer. Mivel az érzéketlen robbanóanyagok az elvárásoknak és a tesztek eredményeinek megfelelően, biztonságosan képesek kiváltani a korábban alkalmazott hajtó- vagy töltőanyagokat, ezért alkalmazásuk megkérdőjelezhetetlenné válik. Hazánkban is megjelentek (gyártásuk is tervezés alatt van) már azok a lőszer típusok, amelyeknek rendszerbe integrálásához nélkülözhetetlen a megfelelő tesztek, vizsgálati követelmények és az eszközök kezeléséhez szükséges alapvető információk biztosítása. Azoknak az országoknak, amelyek rendelkeznek tüzérséggel, aknavető eszközöket tartanak rendszerben, valamint rakétákkal látják el a légvédelmét vagy szerelik fel légjerejüket, rendelkezniük kell a lőszerük, rakétáik bevizsgálásához szükséges képességekkel, lökísérleti állomással, ellenőrző és bevizsgáló szakemberekkel. Mivel az érzéketlen lőszer már megjelentek a Magyar Honvédség csapatainál is, és egyes típusok gyártása is előkészítő fázisba ért, fontosnak tartom felhívni a figyelmet azokra a követelményekre, tesztekre és az azok végrehajtásához szükséges infrastruktúrára, amelyek jelenleg még nem állnak rendelkezésre. Céloom, hogy az érzéketlen robbanóanyagok, illetve az érzéketlen lőszer vonatkozásában tájékoztatást adjak a jövőben a szakterületen foglalkoztatott vagy a téma iránt érdeklődők számára.

**Kulcsszavak:** érzéketlen robbanóanyag, érzéketlen lőszer, robbantástechnikai tesztelés

As technology advances, modern technical devices and the insensitive ammunition that goes with them are becoming more and more common. Since insensitive explosives can safely replace propellants or fillers used in the past, in line with expectations and test results, their use is

<sup>1</sup> Robbanóanyag-ipari szakmérnök, e-mail: [daruka.norbi@gmail.com](mailto:daruka.norbi@gmail.com)

*becoming unquestionable. In our country, too, ammunition types have already appeared (and their production is being planned), for the integration of which it is essential to provide the appropriate tests, test requirements and basic information for the management of the devices. Countries that have artillery, mine launchers, missiles for air defence or air forces must have the necessary capabilities to test their munitions and missiles, with a test station and inspection and testing experts. Since insensitive munitions have already been introduced in the troops of the Hungarian Defence Forces and the production of certain types is in the preparatory phase, I consider it important to draw attention to the requirements, tests and the infrastructure needed to carry them out, which are not yet available. My aim is to provide information on insensitive explosives and insensitive ammunition to those working in the field or interested in the subject in the future.*

**Keywords:** *insensitive explosives, insensitive munitions, explosive testing*

## Bevezetés

Az érzéketlen robbanóanyagok kialakításának kronológiája egészen 1926. július 10-ig nyúlik vissza, amikor villám csapott be az amerikai haditengerészet lőszerraktárába (Lake Denmark Naval Ammunition Depot), és ennek következtében több millió font robbanóanyag robbant fel két-három nap alatt. A következő esemény 1944. július 17-én a chicagói kikötőhöz köthető, ahol az SS EA Bryan hajó hadianyaggal történő rakodásának végső munkálatai közben következett be robbanás. Sajnos nem ez volt az utolsó, amikor a robbanóanyagok, illetve az azokat tartalmazó lőszerkeze érzékenysége halálos áldozatokat és óriási anyagi veszteségeket követelt. Ha az Egyesült Államokban bekövetkezett eseményeket vesszük alapul, akkor azt látjuk, hogy 1926-tól kezdve 17 nagyobb lőszerrobbanás történt, amelyek során több mint 600 ember vesztette életét, és több mint 4 milliárd dollárnyi hadianyag veszett oda.<sup>2</sup>

A lőszerrobbanások körülményeinek vizsgálatai arra mutattak rá, hogy az érzékeny robbanóanyagok, illetve azok kezelésének problémái lehetnek a katasztrófák hátterében. Szükségessé vált a robbanóanyagok kezeléssbiztoságát vizsgáló kutatások felgyorsítása, mivel a katasztrófákat követő vizsgálatok egy része azt is megállapította, hogy az éghető adalékanyagok és a csomagolás is hozzájárulhat, sőt fokozhatja a robbanóanyagok veszélyeit. További tanulmányok vezettek a biztonságos kezelési gyakorlatok bevezetéséhez is. Igény mutatkozott tehát olyan robbanóanyagok iránt, amelyek kevésbé vagy egyáltalán nem érzékenyek a külső behatásokra. Az ilyen robbanóanyagokat érzéketlen robbanóanyagoknak nevezik (Insensitive High Explosives – IHE). Ezek olyan robbanóanyagok és/vagy robbanóanyag-keverékek, amelyek kevésbé, vagy egyáltalán nem érzékenyek a külső behatásokra – ütésre, súrlódásra, hőre, nyílt lángra, elektrosztatikai kisülésre, ionizáló sugárzásra, detonációs üthullámra vagy más gyújtóforrás hatásaira –, nem úgy, mint a hagyományos, napjainkban is alkalmazott robbanóanyagok (TNT, RDX, Composition B).<sup>3</sup>

<sup>2</sup> PATEL 2011: 5.

<sup>3</sup> KOVÁCS 2008a és KOVÁCS 2008b.



Figyelembe véve a vonatkozó kritériumokat két általános megközelítés létezik az érzéketlen robbanóanyagok kifejlesztésére: a polimerkötésű robbanóanyag (PBX – Polymer Bonded Explosives) előállítás, illetve az önmagukban kevésbé érzékeny összetevők alkalmazása.<sup>4</sup> Ez azért is fontos, mert nem mindegy, hogy egy robbanótest milyen típusú érzéketlen robbanóanyag- és/vagy hajtóanyagotlással rendelkezik, hiszen ez döntően befolyásolhatja annak érzéketlen lőszerre (Insensitive Munition – IM) történő minősítését. Az érzéketlen lőszer „olyan lőszer, amely igény szerint megbízhatóan teljesíti a teljesítmény-, készenléti és műveleti követelményeket, és amely minimálisra csökkenti a fegyverplatformok, a logisztikai rendszerek és a személyzet későbbi járulékos károsodásának valószínűségét és súlyosságát, ha meghatározott baleseti és harci fenyegetéseknek vannak kitéve”.<sup>5</sup>

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az elsősorban katonai alkalmazásra kifejlesztett robbanótestet, amely olyan robbanóanyag- és/vagy hajtóanyagotlással rendelkezik, amely teljes életciklusában – a gyártástól a raktározáson és a szállításon át a végfelhasználásig – képes ellenállni bizonyos mechanikai és hőhatásoknak (külső robbanás, rálövés, nyílt láng stb.), az azt alkalmazó, felhasználó személy által megjelölt cél elpusztításán kívül sem repesz vagy más lövedék közvetlen vagy közvetett hatására, illetve szélsőséges hőmérséklet kialakulásának esetén sem fog felrobbanni. Az érzéketlen lőszer lehet tűzérési gránát, aknavető gránát, puska-gránát, légibomba, rakéta és egyéb hadianyag, amely érzéketlen robbanóanyagot tartalmaz, valamint teljesíti a vonatkozó szabványokban meghatározott kritériumkövetelményeket.

## Az érzéketlen lőszer vizsgálatának kronológiája

A napjainkban is alkalmazott érzéketlen lőszer minősítésének kritériumait az 1960-as évek elején az Egyesült Államokban végzett nagyszabású rendszerbiztonsági tesztek alapozták meg. A tesztek eredményeként az USA haditengerészete WR-50 elnevezéssel megalkotta a robbanófejek sebezhetőségi és biztonsági intézkedésekkel kapcsolatos jellemzőinek rögzítésére alkalmas rendszerbiztonsági irányelvet. Elsőként ez az irányelv foglalta magába a gyors felmelegítéssel (FCO – Fast Cook-Off vagy FH – Fast Heating), a lassú felmelegítéssel (SCO – Slow Cook-Off vagy SH – Slow Heating), illetve a lövedékbecsapódással (BI – Bullet Impact) kapcsolatos megfigyeléseket és javaslatokat. Fontos megjegyezni, hogy kezdetben nem rögzítették a kritériumkövetelményeket, a fő célkitűzés a hő- vagy becsapódási ingerekre adott válaszreakciók, valamint a hőhatásokra adott reakcióidők rögzítése volt elsősorban a kármentésekben részt vevők (például tűzoltók) tájékoztatása érdekében.<sup>6</sup>

1977-ben adták ki a MIL-STD-1648 katonai szabványt, amely a légi járművek üzemanyag-tüzeinek kitett lőszerrel kapcsolatosan határozott meg követelményeket, és amely a gyors felmelegítéssel kapcsolatos későbbi előírások előfutárának számított. Ezt a szabványosítási

<sup>4</sup> DARUKA 2023: 8–9.

<sup>5</sup> A NATO Terminológiai Adatbázisban megfogalmazott definíció alapján a szerző fordítása.

<sup>6</sup> SWIERK 2012: 2.

lépést is alapul véve 1982-ben a WR-50 irányelvet mint MIL-STD-2105 szabványt rendszerezítették az USA hadseregében.

1986-ban a Haditengerészeti Műveleti Főnöki Hivatal (OPNAV – Office of the Chief of Naval Operations) hivatalosan is létrehozta érzéketlen lőszerrel kapcsolatos programját (IM-program), és utasította a haditengerészet rendszerparancsnokságai közül a legnagyobbat (NAVSEA – Naval Sea Systems Command), hogy dolgozza ki, és tegye közzé ennek műszaki követelményeit. A műszaki követelmények sorában – talán nem megfelelő módon – a WR-50 irányelvben foglaltak jelentek meg elsőként, tehát a gyors felmelegítéssel, a lassú felmelegítéssel és a lövedékbecsapódással kapcsolatos követelmények. Az USA haditengerészete volt az első a követelmények megfogalmazásának sorában, és végül az általa megfogalmazottak az országon belül közös szolgálati követelményekké váltak. 1985-ben a NAVSEA közzé is tette az érzéketlen lőszer műszaki követelményeinek dokumentumát NAVSEAINST 8010.5. megnevezéssel. A dokumentum az előzőekben már említett (FCO, SCO, BI) követelmények mellett a repeszbecsapódás hatása (FI – Fragment Impact), az együttes hatás (SD – Sympathetic Detonation), illetve az elektromágneses sugárzásra való érzékenység (SER – Sensitivity to Electromagnetic Radiation) vizsgálatait határozta meg.<sup>7</sup>

Mivel az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos követelményeket az egész nemzetközi közösségben (NATO)<sup>8</sup> sikerült elfogadtatni, a tesztelési követelmények hamarosan a NATO segítségével folytak tovább. 1991-ben megjelent a MIL-STD-2105A szabvány, amely a haditengerészet feladatkörébe tartozó érzéketlen lőszerre vonatkozó műszaki követelményeket tartalmazta. Az 1994-ben kiadott MIL-STD-2105B már a hadsereg, a haditengerészet és a légierő számára is egységesített követelményeket tartalmazó dokumentummá vált. A következő évben a NATO megalkotta az érzéketlen lőszer követelményeit tartalmazó saját szabályozóját. A tesztelések és kutatások eredményeit, illetve az új típusú érzéketlen robbanóanyagok tulajdonságait alapul véve az Egyesült Államok 2003-ban beépítette a NATO érzéketlen lőszerre vonatkozó műszaki követelményeit saját szabályrendszerébe. Ezt az új szabályzatot MIL-STD-2105C néven adták ki, és a NATO STANAG-ek<sup>9</sup> meghatározott követelményeit tartalmazta. Napjainkban a NATO tagjai közösen fejlesztik az érzéketlen lőszerre vonatkozó előírásokat és vizsgálati módszereket. A tevékenységgel kapcsolatos munkacsoportot az Egyesült Államok koordinálja.

## Az érzéketlen lőszer vizsgálati módszerei

Az érzéketlen lőszer vizsgálatával kapcsolatos irányelveket, módszereket, eljárásokat és követelményeket különböző nemzetek szabályzatai, utasításai foglalják magukba. Idesorolhatjuk például az amerikai MIL-STD-2105D, az angol JSP 520, a német Fü. S IV 3 vagy a francia Instruction No. 211893 előírásait. A NATO-ban alkalmazott STANAG 4439, az érzéketlen lőszer bevezetésére és értékelésére vonatkozó eljárásrend, követelményrendszer, illetve

<sup>7</sup> BEAUREGARD [é. n.]: 2.

<sup>8</sup> NATO – North Atlantic Treaty Organisation, az Észak-atlanti Szerződés Szervezete.

<sup>9</sup> STANAG – Standardization Agreement, egységesítési egyezmények.

az annak végrehajtását elősegítő AOP<sup>10</sup>-39 iránymutatás az érzéketlen lőszer értékeléséhez és fejlesztéséhez az előzőekben említett előírásokat teljes mértékben lefedi.

1. táblázat: Az érzéketlen lőszer vizsgálati

VIZSGÁLAT TÍPUSA	VIZSGÁLATI INGEREK	VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK/MÓDSZEREK	MIL-STD-2105 C <sup>22</sup>
Termikus veszélyek	Gyors felmelegítési teszt – FCO <sup>11</sup>	STANAG 4240 Fast Heating Test Procedures for Munitions	
	Lassú felmelegítési teszt – SCO <sup>13</sup>	STANAG 4382 Slow Heating Test Procedures for Munitions	
Mechanikus veszélyek	Lövedékbecsapódás-teszt – BI <sup>14</sup>	STANAG 4241 Bullet Impact Test Procedures for Munitions	
	Repszbecsapódás-teszt – FI <sup>15</sup>	STANAG 4496 Fragment Impact Test Procedures for Munitions	
	A kumulatív jet becsapódási vizsgálata – SCJI <sup>16</sup>	STANAG 4526 Shaped Charge Jet Impact Test Procedures for Munitions	
Kombinált veszélyek	Az együttes hatás tesztje – SR <sup>17</sup>	STANAG 4396 Sympathetic Reaction Test Procedures for Munitions	

Forrás: a szerző szerkesztése

Az AOP-39 iránymutatást ad az érzéketlen lőszer értékelése, a fejlesztési módszerek és az eredmények dokumentálásának vonatkozásában is. Ez lehetőséget biztosít arra, hogy annak előírásait alkalmazzuk minden nem nukleáris lőszerhez, akár a fejlesztés korai szakaszában, új kifejlesztésben, fejlesztésben, utánpótlás-beszerezéshez vagy akár régebbi típusok rendszerben tartásához, az életciklus minden fázisában a gyártástól a felhasználás helyéig vagy a megsemmisítésig.<sup>18</sup>

Az érzéketlen lőszerrel kapcsolatos megnövekedett biztonságérzet teszi lehetővé nagy mennyiségű hadianyag (például rakéta) becsomagolását, kezelését, tárolását és szállítását akár a legszűkebb helyeken is. Ahhoz, hogy az érzéketlenlőszer-minősítéssel el lehessen látni egy hadiipari terméket, teljesíteni kell a STANAG 4439 – az érzéketlen lőszer bevezetésére és értékelésére vonatkozó eljárásrend<sup>19</sup> – szerint meghatározott követelményeket.

A táblázatban feltüntetett vizsgálatok esetében fontos, hogy azok milyen reakciót váltanak ki a tesztelésre szánt hadiipari termékből. A reakciók hatfokozatú skálán ábrázolhatók, ahol a legnagyobb mértékű válaszreakció a detonáció (I.), a normál vagy legegyszerűbb a reakció nélküli állapot (VI.). Ezek közé sorolható be az égés (V.), a deflagráció (IV.), a robbanás (III.), illetve a részleges detonáció (II.) mint válaszreakció. A 2. táblázat tartalmazza a különböző eseményekhez tartozó válaszreakciókat. Megfigyelhető, hogy a felmelegítésteztektnél (FCO, SCO), a lövedékbecsapódás- (BI-), illetve a repeszbecsapódás- (FI-) teszt végrehajtásakor

<sup>10</sup> AOP – Allied Ordnance Publication, a szövetségesek hadianyag-kiadványa.

<sup>11</sup> FCO – Fast Cook-Off. NATO STANDARD AOP-4240 Fast heating munition test procedures.

<sup>12</sup> A védelmi vizsgálati módszer szabványa: veszélyértékelési vizsgálatok nem nukleáris lőszerre.

<sup>13</sup> SCO – Slow Cook-Off. NATO STANDARD AOP-4382 Slow heating test procedures for munitions.

<sup>14</sup> BI – Bullet Impact. NATO STANDARD AOP-4241 Bullet impact munition test procedures.

<sup>15</sup> FI – Fragment Impact. NATO STANDARD AOP-4496 Fragment impact test procedures for munitions.

<sup>16</sup> SCJI – Shaped Charge Jet Impact. NATO STANDARD AOP-4526 Shaped charge jet munition test procedure.

<sup>17</sup> SR – Sympathetic Reaction. NATO STANDARD AOP-4396 Sympathetic reaction test procedures for munitions.

<sup>18</sup> KELEMEN 2023: 16.

<sup>19</sup> STANAG 4439 Policy for introduction and assessment of insensitive munitions (IM).

a megengedett válaszreakció az égés, tehát a deflagráció vagy a hevesebb robbanási reakció nem elfogadható. Az is látható, hogy az együttes hatás (SR) és a kumulatív *jet* becsapódási vizsgálata (SCJI) esetén a NATO-szabvány válaszreakcióként elfogadhatónak ítéli a robbanási reakciót, azzal a kitételrel, hogy detonáció nem alakulhat ki.

2. táblázat: Az érzéketlen lőszer osztályozása külső hatásokra megengedett válaszreakciók alapján<sup>20</sup>

ESEMÉNY	VIZSGÁLATI ELJÁRÁSOK		MEGENGEDETT VÁLASZREAKCIÓ
	VIZSGÁLATI INGEREK	STANAG	
Tároló-, raktártűz vagy repülőgépek, járművek üzemanyagtüze	Cyors felmelegítési teszt	STANAG 4240	V. Égés
Tűz szomszédos tárolóban, raktárban vagy eszközben	Lassú felmelegítési teszt	STANAG 4382	V. Égés
Kézifegyveres támadás, rálövés	Lövedékbecsapódás-teszt	STANAG 4241	V. Égés
Ugyanannak a lőszernek a legsúlyosabb reakciója járműveken, raktárban	Az együttes hatás tesztje	STANAG 4396	III. Robbanás
Repeszhatású lőszer robbanása	Repeszbecsapódás	STANAG 4496	V. Égés
Robbanással formált lövedékekkel rálövés	A kumulatív <i>jet</i> becsapódási vizsgálata	STANAG 4526	III. Robbanás

Forrás: a szerző szerkesztése az IMEMG, *Representation of the IM requirements adatai alapján*

Ahogy már említettem, a STANAG 4439, az AOP-39 és az AOP-39.1 jól lefedi a különböző nemzetek saját szabályozói kritériumait, hiszen teljesen megegyezik ez a követelményrendszer az angol (DSA 03. OME Part 1. Chap. 11.), a német (Fü. SK II 2), az olasz (DG-AT IM Guidelines 2000) és az amerikai (MIL-STD-2105D) szabályzat előírásaival. A francia nemzeti szabályozó (Instruction No. 211893) esetében tapasztalható némi eltérés, mivel az említett szabályozó a lőszer típusokat, illetve azok működésének mechanizmusait a STANAG 4439-nál részletesebben értékeli.<sup>21</sup>

Felmerülhet a kérdés, hogy miért szükséges a tesztek végrehajtani, ha úgyis érzéketlen robbanóanyagokat alkalmazunk a töltetekben? Sokan úgy vélik, hogy a vizsgálatok elvégzése – természetesen az előírásokon kívül – azért fontos, mert az újabb robbanóanyagok tulajdonságai bizonyosan pozitív irányban térnek el az előzőekben már alkalmazott anyagokétól. A választ egy robbantástechnikai szakmérnök így fogalmazta meg: „Az érzéketlen robbanóanyagoknak nem célja a nagyobb TNT egyenérték elérése. Célszerű hasonló tulajdonságú robbanóanyagot alkalmazni a lecserélni kívánt robbanóanyagok helyett, azért, hogy ne kelljen újra tervezni a robbanótest anyagát, repeszképző képességét, kialakítását.”<sup>22</sup> A tesztek azonban a biztonság legszélesebb spektrumú garantálása érdekében kell elvégezni azokban az időintervallumokban, ahogy ezt a hatályos szabályozók megkövetelik.

<sup>20</sup> IMEMG 2023.

<sup>21</sup> Különbséget tesz például a lőszer meghajtását illetően, illetve a válaszreakciókat csak 5 perccel a bekövetkezett esemény után tekinti relevánsnak.

<sup>22</sup> KELEMEN 2023: 18.

## A gyors felmelegítési vizsgálati módszer

A vizsgálati eljárás célja, hogy meghatározott követelmények alapján értékelni tudjuk a különböző típusú lőszer és egyéb, robbanóanyagot tartalmazó eszközök (például utász-robbantótöltetek) reakcióját a nagyon gyors (heves) felmelegedésből eredő veszélyek vonatkozásában. A balesetek, illetve harcérintkezések esetén kialakuló hő jelentős veszélyt jelent a lőszerre, lőszerkészletre, és valódi veszélyt jelent a robbanóanyagokra és a hajtóanyagokra (energetikai anyagokra) vonatkozóan. Speciális esetekben, illetve nem ideális körülmények között a kémiai energia nagyon gyors felszabadulása a lőszer deflagrációját, termikus robbanását válthatja ki, illetve detonáció kialakulásához is vezethet.<sup>23</sup> Balesetek esetén vagy katonai jellegű műveletek végrehajtása során a lőszer termikus hatásoknak történő kitettsége igen széles skálán mozoghat. A valós környezeti hatások megjelenítésének lehetőségeit a tesztelések sikeres végrehajtása érdekében – nagyjából a szélsőségeket képező – két általános kategóriára egyszerűsítik. A két kategória:

- Gyors felmelegedés, vagyis az az állapot, amikor valamilyen üzemanyag (szénhidrogén) tüzeiben a lőszer teljes terjedelmében körbeöleli a hőforrás. Ez az állapot akkor alakulhat ki, ha például egy repülőgép lezuhan, vagy valamilyen közúti közlekedési baleset következik be. Az ilyen esetekben a gyors felmelegedést jellemzően a 800 °C-ot meghaladó hőmérsékletű, legfeljebb 20 percig tartó tüzek okozhatják.
- Lassú felmelegedés, vagyis a lőszer felmelegedését távoli hőforrás, például egy szomszédos rekeszben vagy épületben keletkezett tűz idézi elő.<sup>24</sup>

A NATO STANDARD AOP-4240 jelenleg a következő vizsgálati eljárásokat írja elő:

- Nagymedence-tűz (LPF – Large Pool Fire): a tesztelem (például lőszer) reakciójának meghatározására, amikor nagy mennyiségű, folyékony szénhidrogén tüzelőanyaggal teli medencében történik a felmelegítés (hevítés). A teszt helyszínének kialakítása, vagyis a hevítőtér nagy vízszintes méretei biztosítják, hogy a lángok körülvegyék a próbadarabot, és így a hőtadás nagymértékben sugárzó jellegű legyen.
- Minimedence-tűz (MPF – Mini Pool Fire): a kisebb lőszer reakciójának meghatározására, amikor kis mennyiségű, folyékony szénhidrogén-tüzelőanyaggal teli medencében hajtjuk végre a felmelegítést. A megfelelő mértékű és intenzitású lángok, valamint a sugárzó hőtadás úgy érhető el, hogy a nagy medencés égéstérhez képest a sokkal kisebb<sup>25</sup> tűztér köré terelőlapokat helyeznek, amelyek korlátozzák az oxigénbevitelt. A vizsgálóberendezés nem teszi lehetővé a túlnyomás és a szilánkok vetületének pontos mérését így, ha ezekre a szempontokra vonatkozó adatokra van szükség, a vizsgálatot LPF- vagy FBF-vizsgálati módszerrel szükséges végrehajtani.
- Tüzelőanyag-égető tűz (FBF – Fuel Burner Fire): a lőszer reakciójának meghatározására, amikor gázüzemű fűtőforrással hajtják végre a próbadarab felmelegítését. A lőszer

<sup>23</sup> DARUKA 2016: 28.

<sup>24</sup> AOP-39 2022: C-1.

<sup>25</sup> A próbadarab egyik méretben sem lehet nagyobb 630 mm-nél, és a tömege sem haladhatja meg az 50 kg-ot.

a folyékony medencéktől eltérő tüzelőanyagokból származó lángok veszik körül, így lehetővé téve a reakciótípusok felismerését a vizsgálati elrendezés tekintetében. Fontos szempont, hogy az LPF-módszerrel előállított lánghoz hasonlóan megfelelően fel kell melegíteni a lőszert, és azt is figyelembe kell venni, hogy a teszt során kiváltott reakció jelentős kárt okozhat a vizsgálólétesítményben.

Fontos követelmény, hogy a tesztemnek (lőszer) végső gyártási kialakítású konfigurációnak kell lennie (késztermék), valamint meg kell felelnie a vizsgálat által képviselt életciklusfázisnak megfelelő feltételeknek, egyes esetekben a nemzeti hatóság által jóváhagyott előírásoknak is.<sup>26</sup> Szintén figyelembe kell venni azokat az iránymutatásokat, amelyek a gyártási szabvány és a lőszer aktuális állapotának eltéréseire vonatkoznak. Ilyen eltérés lehet például az éles vagy inert állapot, a csomagolt (málházott) vagy csomagolás nélküli, illetve az összeszerelt (AUR)<sup>27</sup> vagy komponensekre tagolt hadianyag.<sup>28</sup>

A gyors felmelegedési vizsgálat pontos és biztonságos végrehajtása érdekében a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- A vizsgált lőszer csomagolásának szigetelőhatását.
- A robbanóanyag-töltet olvadását vagy lágyulását, valamint a nyomás okozta áramlását.
- A robbanóanyag-töltet olvadásából, lágyulásából, hőtágulásából adódó gyulladási-képesség-vesztés miatt az égéstermékeknek légköri vagy azzal közel azonos nyomáson kell távoznia.
- A robbanóanyag-töltet égésének értékelését megfelelő nyomáson és hőmérsékleten kell elvégezni, így normál regresszió<sup>29</sup> nincs hőátadással kapcsolatos égés vagy repedések miatt kialakuló további felületi égés.
- Optimális begyűjtési lehetőséget kell választani olyan, egyébként sértetlen lőszer esetében, ahol lyukak vagy repedések kialakulása a vizsgálat kezdetén bekövetkezhet.<sup>30</sup>
- A robbanóanyag-töltet deflagrációból detonációba történő átmenetét vizsgálni kell.
- A vizsgálatok végrehajtása során az extrém időjárási viszonyokat figyelembe kell venni, és lehetőség szerint el kell kerülni.<sup>31</sup>

Ahogy az előzőekben is említettem, a szabványok csak a vizsgálatok kritériumait adják meg és csak egyes paraméterek esetében részletesek. Ebből adódik, hogy az eltérő nemzetiségű vizsgálócégek különböző melegítőkészülékeket használnak a melegítőtesztek (FCO, SCO) végrehajtásához. „A német Bundeswehr Fegyver- és Lőszertechnológiai Központja (WTD 91) LPG gázt használ, két oldalról befúvatva. A francia Nexter propilén gázt alkalmaz 4 x 4 fúvóka segítségével. A fúvókák száma és elhelyezkedése is teljesen eltérő lehet. A szintén német

<sup>26</sup> AOP-4240 2022: 2.2.1.

<sup>27</sup> AUR – All Up Round, összeszerelt rakéta, amely általában a gyártó által a kilövőhelyre vagy a platformra szállított konténerből és a benne a hajtóművel, a harcírészsel és a gyújtószerkezettel készre szerelt rakétából áll.

<sup>28</sup> AOP 39.1. 2022: ANNEX B.

<sup>29</sup> Valaminek a visszafejlődése, visszaesése, visszafelé történő mozgása, változása, csökkenése.

<sup>30</sup> A robbanóanyag-töltet égési felülete és a szellőzési területek égési paraméterei megjósolhatók.

<sup>31</sup> AOP-39 2022: C-1 – C-4.

DIEHL alulról alkalmaz két soros fűvókákat. A francia EURENCO ezt a vizsgálatot 3 x 7 db lőszeren végzi.”<sup>32</sup>

Az sem elhanyagolható szempont, hogy melegítő (hevítő) -vizsgálatokat csak a szénhidrogéntüzelőanyag-tartályban kialakuló tüzek során valószínűsíthető legintenzívebb melegedési körülmények szimulálására tervezték. Ezért a vizsgálati eredmények alapján nem lehet következtetéseket levonni adott üzem közbeni esemény vagy baleset következményeinek vonatkozásában.

Azoknál a robbanóanyagokat tartalmazó próbatesteknél, amelyek csak kisebb mértékű felmelegedésnek vannak kitéve, esetleg kevésbé intenzív az azokat melegítő tűz hatása, mivel a kisebb hőterhelés hosszabb ideig hat a próbatestben lévő robbanóanyagokra, az esetlegesen bekövetkező robbanás hevessége nagyságrendileg nagyobb lesz. Ez abból adódik, hogy gyors felmelegedés esetén kevesebb robbanóanyag éri el a veszélyes hőmérsékletet, mint a lassú felmelegítés során, miközben még mindig nem áttört burkolatba van zárva.

A gyors felmelegedési vizsgálatból kapott adatokat nem szabad extrapolálni<sup>33</sup> sem a hőmérséklet, sem az idő tekintetében, mivel annak folytatatólagos hatásai nem törvényszerű folyamatok.

A szabványok szerint végrehajtott vizsgálatok eredményeinek kiértékelését szintén az érzéketlen lőszer bevezetésére és értékelésére vonatkozó irányelv (AOP-39), valamint a katonai lőszer és robbanóanyagok veszélyességi osztályozására vonatkozó NATO-s biztonsági alapelvek kézikönyve (AASTP-03) tartalmazza.

## A lassú felmelegítési vizsgálati módszer

A vizsgálati eljárás története egészen az USS Forrestal repülőgép-hordozó fedélzetén 1967. július 29-én történt balesetig<sup>34</sup> nyúlik vissza. Ekkor szenvedett az amerikai haditengerészet olyan veszteségeket, amelyek indikátorként szolgáltak a biztonságosabb fegyverek kialakítását illetően. Célul tűzték ki a lőszer teljes körű termikus tulajdonságainak feltárását, jellemzését és az olyan technológiák alkalmazására történő áttérést, amelyek hozzájárulnak a lőszer reakciószintjének minimalizálásához lassú felmelegedés esetén.

A szövetségesek 4382 számú hadianyag-kiadványában (AOP-4382) megfogalmazott célkitűzések szerint, a „dokumentum meghatározza azokat a vizsgálati követelményeket és eljárásokat, amelyekkel bizonyítani lehet a lőszer és fegyverrendszerek reakcióját a közeli vagy szomszédos raktárakban, tárolókban – esetleg egy hajón vagy vasúti kocsin – lassan felmelegítő

<sup>32</sup> KELEMEN 2023: 19–20.

<sup>33</sup> Adatokon, információkon alapulva következtetéseket vonunk le valamilyen további helyzetre vagy időszakra vonatkozóan. Az extrapoláció azt feltételezi, hogy a jelenlegi adatok vagy tendenciák folytatódni fognak a jövőben, és ezen alapulva próbálja megjósolni, hogy mi fog történni.

<sup>34</sup> A Dél-kínai-tengeren a Forrestal repülőgép-hordozó több repülőgépet is indított észak-vietnámi célpontok ellen. Egy F-4 Phantom típusú (Zuni) rakéta nekiütközött egy felfegyverzett A-4 Skyhawk oldalának, és felszakította annak 400 gallonos külső üzemanyagtartályát. A tartályból szivárgó üzemanyag kigyulladt, súlyos tüzet okozva, amely órákon át égett. A tűz következtében a lőszerkészlet egy része és 21 repülőgép is megsemmisült. Az incidens során, amely a haditengerészetnek 72 millió dollárjába került, 134-en meghaltak, 161-en megsérültek.

hőforrás által jelentett veszélyek vonatkozásában".<sup>35</sup> A lassú felmelegítés vizsgálati módszere segítségével elő lehet idézni olyan környezeti hatást, amely akkor jön létre, ha a lőszer vagy lőszerkészlet huzamosabb időn keresztül valamilyen szomszédos hőforrás melegítő hatásának van kitéve. Ahogy az előző felmelegítési módszer, úgy ez sem képes szimulációként szolgálni adott baleset vagy harci cselekmény során kialakuló reakciókra. Azonban a lassú felmelegítési módszer alkalmazása során lehetőség nyílik arra, hogy a valóságot megközelítő szimulációt hozzunk létre, amelyet a fűtési sebesség szabályozásával és a vizsgálati konfiguráció változtatásával lehet elérni.

A lőszeres lassú felmelegítési vizsgálatait a következő módszerek szerint lehet végrehajtani:

- Szabványos módszer: A lőszert 50°C-os kemencében addig melegítjük, amíg el nem éri a hőegyensúlyt.<sup>36</sup> Ezt követően a lőszer óránként 15 °C-os hőmérséklettel történő melegítése nem közvetlen hőforrással, hanem egy elkülönített térben működtetett hőforrás hőjének átadásával történik mindaddig, amíg reakció nem alakul ki. A mért adatokat hőmérséklet/idő függvényben kell rögzíteni, és a teszteredmények alapján ezt kell majd átlagolni.
- Alternatív módszer: A hőegyensúly kialakítása ennél a módszernél nem szükségszerű, mivel a fűtési sebesség veszélyelemzésen (THA)<sup>37</sup> alapul, és ez teszi lehetővé, hogy a valósághoz közelítő mérési eljárást (melegítési sebességet) alkalmazzunk. Abban az esetben, ha a veszélyelemzés arra enged következtetni, hogy adott fűtési sebesség megfelelő adott lőszertípus vizsgálatához, akkor a fűtési sebességet és az elemzés által meghatározott hőfokot a nemzeti szabályozók által jóváhagyott módon lehet alkalmazni.
- A veszélyességi osztályozási alternatíva (HCA)<sup>38</sup> módszere: Ennél a vizsgálati módszernél sem kötelező a hőegyensúly kialakítása. Azonban a szabványos módszernek megfelelően a vizsgálati tervben meghatározott berendezés, vizsgálati elrendezés és hitelesített műszerek használatával hajtjuk végre a lőszer vizsgálatát! A vizsgálat során a hőmérsékletet óránként 3,3 °C-kal kell növelni mindaddig, amíg reakció nem következik be. A mérési eredményeket ebben az esetben is hőmérséklet/idő grafikonon kell feltüntetni. Jegyezzük fel a reakciót az idő és a hőmérséklet függvényében! A vizsgálati módszert jelenleg a veszélyességi osztályozás kategorizálásának céljából használják.<sup>39</sup>

A vizsgálati módszerek szemszögéből fontos kritérium, hogy legalább két vizsgálatot kell elvégezni (figyelembe véve a különböző nemzetek erre vonatkozó előírásait) abban az esetben, ha a töltetelhelyezés tárolási elrendezésben (csomagolt állapotban) valósul meg. Ebben az esetben maga a lőszer nem látható a reakciót vizsgálóablakon keresztül rögzítő kamera

<sup>35</sup> AOP-4382 2022: 1.3.

<sup>36</sup> Az AOP-4382 A. melléklete a közvetlen mérés, a modellezés vagy a méret alapján történő számítás lehetőségét határozza meg a vizsgálatot végzők számára annak vonatkozásában, hogy mikor éri el egy lőszer az egyensúlyi állapotot.

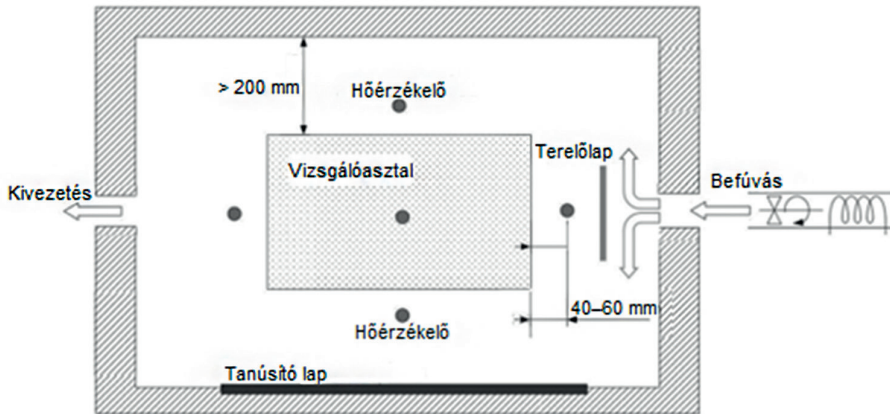
<sup>37</sup> Threat Hazard Analysis.

<sup>38</sup> Hazard Classification Alternative.

<sup>39</sup> AOP-4382 2022: 2-1 – 2-2.



számára, ezért ajánlott egy harmadik vizsgálat lefuttatása is, ahol a lőszeret a tárolótartály nélkül helyezik el.<sup>40</sup> A vizsgálandó lőszer körül minimum 200 mm távolságot kell tartani a jobb hőáramlás érdekében. A hőmérőket – az 1. ábrán látható módon – 40–60 mm-es távolságban kell elhelyezni a vizsgált lőszerrel. A hőmérsékleti adatokat legalább 2 percenként rögzíteni és hivatalosan dokumentálni kell.



1. ábra: Lassú melegítési tesztberendezés vázlatja

Forrás: az AOP-4382 EAV2 2-3 alapján a szerző szerkesztése

Az alternatív vizsgálati módszer esetében a robbanóanyagokkal töltött lőszerknél nem lesz lineáris a melegedés sebessége, ami a vizsgálati folyamat részleteiből is következik, így akár gyorsabb ütemű felmelegedést okozhatnak. A lassú felmelegítési vizsgálatok során kapott adatok extrapolálására ebben az esetben sincs lehetőség, az előző vizsgálati módszernél ismertetett indokok miatt.

## A lövedékbecsapódás vizsgálati módszere

A lövedékbecsapódás vizsgálati módszere a kézfegyverek lövedéke(i) becsapódásából eredő reakciókat elemzi. A vizsgálat lényege, hogy nagy kaliberű, 12,7 mm-es páncéltörő (AP-) lőszerrel rálőnek a vizsgálat alá vont lőszer azon részére, ahol a detonátor töltete és/vagy a fő töltet található. A vizsgálati eljárások az alábbi módszerek szerint valósulhatnak meg:

- Szabványos (Standard) módszer: a lövedék becsapódásának hatására fellépő reakciók meghatározására. Ennél a módszernél három darab 12,7 mm-es páncéltörő lövedék becsapódása esetén tekinthető befejezettnek a vizsgálat.
- Elsődleges alternatív (Primary Alternative) módszer: egy darab 12,7 mm-es AP-lövedék becsapódásának esetén a vizsgálat alá vont lőszer reakciójának meghatározására.

<sup>40</sup> AOP-4382 2022: 2-4.

- A testre szabható alternatíva (Tailorable Alternative) módszere: egy vagy több darab 12,7 mm-es AP-lövedék becsapódásának esetén a vizsgálat alá vont lőszer(ek) reakciójának meghatározására, amelyeket a fenyegetettség kockázatértékelés (THA) segítségével határoztak meg.

A nagy felbontású kamerákkal rögzített vizsgálatokat 20–30 méteres távolságból,  $600\pm 50$  lövés/perc tűzgyorsaságú beépített géppuskával és  $850\pm 20$  méter/másodperc becsapódási sebességű lövedékkel kell végrehajtani, olyan módon, hogy becsapódás érje a próbatestet a legérzékenyebb területén (detonátortöltet), illetve a lőszer fő töltetén.<sup>41</sup>

A vizsgálatok végrehajtásához a szövetségesek 4241 számú hadianyag-kiadványában a lövedékre vonatkozóan az alábbi előírások találhatók:<sup>42</sup>

- kaliber: 12,7 × 99 mm (.50 BMG–Browning Machine Gun);
- a lövedék tömege: 40–50 g;
- az acélmag keménysége:  $>750$  HV<sup>43</sup> (61,2 HRC);<sup>44</sup>
- nem tartalmazhat nyomjelzőt, gyújtóanyagot, robbanóanyagot vagy pirotechnikai anyagot.

Amennyiben hazánkban is megvalósul egy vizsgálobázis kialakítása, úgy figyelembe kell venni, hogy „[a] lövésekhez az amerikai 12,7 × 99 AP M2 páncéltörő löszert vagy ezzel egyenértékű löszert szükséges beszerezni”.<sup>45</sup>

Természetesen, mint minden vizsgálati eljárásnál az alapvető biztonsági rendszabályok mellett, itt is szükséges a vizsgálati helyszín egyedileg megállapított szigorú biztonsági előírásokkal történő szabályozása.

## Repeszbecsapódás-vizsgálat

A repeszbecsapódás-vizsgálat lényege, hogy egy szabványos méretű és keménységű acéllövedék (repsz), amelyet meghatározott sebességgel lőnek a robbanótest robbanóanyagot és/vagy hajtóanyagot tartalmazó részére, milyen hatást képes kiváltani a vizsgálat alá vont robbanótesten. A vizsgálat történelmi előzményeit illetően nincs egyértelmű bizonyíték annak vonatkozásában, hogy melyik baleseti vagy harci cselekmény volt az első, amely indokoltta tette a töltetek ezirányú vizsgálatát. A repeszek mennyisége, mérete, alakja, sebessége és kivetési módja már hosszú idő óta meghatározó szempont a hadszínterek esetében. Számos háborús cselekmény esetén felmerült annak a lehetősége, hogy a haditechnikai eszközre

<sup>41</sup> AOP-4241 2022: 2-1.

<sup>42</sup> A követelményeknek a német DM51 és az amerikai AP M8 lőszer is megfelel.

<sup>43</sup> A Vickers-keménység elsősorban fémek, ezen belül is acélok keménységének összehasonlítására szolgáló empirikus mérőszám.

<sup>44</sup> A Rockwell-keménység olyan anyagtulajdonság, amely azt fejezi ki, hogy egy anyag felülete mennyire szilárd, milyen mértékben ellenálló a külső mechanikai behatásokkal szemben.

<sup>45</sup> KELEMEN 2023: 23.

málházott hadianyag elműködéséért egy vagy több robbanásból származó repesz a felelős. Az 1980-as és az 1990-es években a NAVSEA több vizsgálati módszert kidolgozott, amelyek többnyire egy robbanóanyagtömb felrobbantása során a robbanóanyag elé helyezett, előre formált repeszek felgyorsításával valósultak meg. Az első repeszvizsgálattal kapcsolatos biztonsági követelmény a NAVSEA 8010.5 utasításban jelent meg 1985-ben.

Jelenleg egy szabványos módszer, illetve egy alternatív módszer alkalmazható a repesz-becsapódás-vizsgálat elvégzésére.

- A szabványos módszer lényege vizsgálni a lőszer reakcióját abban az esetben, amikor a repesz becsapódásának sebessége  $2530 \pm 90$  m/s.
- Az alternatív módszer esetében, mivel a fenyegetettségi kockázatértékelés előírja a 2530 m/s sebességű repeszek becsapódásának rendkívül alacsony valószínűségét, a vizsgálatot  $1830 \pm 60$  m/s becsapódási sebességgel kell végrehajtani.<sup>46</sup>

Az AOP-4496 szabvány előírásai szerint a vizsgálatot legalább 2 darab (csomagolt vagy csomagolás nélküli) robbanótesten végre kell hajtani úgy, hogy a célpont a legnagyobb mennyiségű robbanóanyagot tartalmazó részen legyen. A lőtávolság meghatározására nincs előírás, azonban legalább egy találatnak a legütésérzékenyebb területre kell esnie.

A vizsgálat szabvány szerinti végrehajtásának érdekében az alkalmazott repesz technikai paraméterei a következők:

- alakja: kúpos henger ( $L/D > 1$ );
- mérettolerancia:  $\pm 0,05$  mm és  $\pm 0^\circ 30'$ ;
- átmérője: 14,30 mm;
- teljes hossza: 15,56 mm;
- csúcshöze:  $160^\circ$ ;
- teljes tömege: 18,6 g;
- keménysége: 190–270 HB.

Az amerikai hadsereg Fegyverzetkutató, Fejlesztő és Mérnöki Központja (ARDEC)<sup>47</sup> a repeszvizsgálati tesztek egy 40 mm-es, beépített gépágyúból 2530 m/s kezdősebességgel kilőtt lövedékkel hajtja végre. A 18,6 mm átmérőjű fémlövedéket egy 40 mm külső átmérőjű műanyag perselybe helyezik, mint egy űrméret alatti lövedéket.<sup>48</sup>

## Az együttes hatás vizsgálata

Az együttes hatás vizsgálatának előzményei egészen az első világháború végéig vezethetők vissza. Az USA Védelmi Minisztériuma a háborút követően jelentős mennyiségben rendelkezett nagy mennyiségű magas hatóerejű robbanóanyagokat tartalmazó lőszerrel. Ezeknek

<sup>46</sup> AOP-4496 2022: 2-2 – 2-3.

<sup>47</sup> U.S. Army Armament Research, Development and Engineering Center.

<sup>48</sup> MIERS 2017: 224.

a megmaradt hadianyagoknak egy részét 1922-ben olyan kísérleteknél használták fel, ahol a hadianyagok között lévő optimális távolság meghatározása volt a célkitűzés olyan módon, hogy egy detonáló lőszerhalomtól a szomszédos lőszer mennyiség ne robbanjon fel.

A mai vizsgálatok már lényegesen több szempontot vesznek figyelembe, mint az egy évszázaddal korábban végrehajtott kísérletek, de a lényeg ugyanaz, vagyis a biztonságot maradéktalanul szem előtt tartani. Manapság az együtteshatás-vizsgálatok arra adnak választ, hogy egy felrobbanó gránát, lőszer vagy robbanóanyag milyen hatást fejt ki a mellette lévő lőszerre. Következésképpen a vizsgálat előtt előre meghatározott távolságra helyezik a vizsgálandó tárgyakat, például gránátokat. A tesztanyagok közül egy a *donor*, vagyis a felrobbantandó vizsgálati tárgy, a másik az *acceptor*, vagyis az a tárgy, amelyet vizsgálunk, a többi pedig robbanásra nem képes (inert) lövedék. A robbantott és a vizsgált tárgy (lőszer, gránát) típusa, űrmérete és az inert lövedékek űrmérete is megegyezik.<sup>49</sup>

A lőszer együtteshatás-vizsgálatát az alábbi módon hajthatjuk végre:

- Abban az esetben, ha a donorlőszert, gránátot detonációra tervezték, úgy kell elindítani a donorlőszert (lőszeret), hogy a gyújtószerkezet helyére plasztikus robbanóanyagot vagy 8-as elektromos gyutacsot helyezünk. Lényeges, hogy a teljes detonáció megvalósuljon.
- A nem detonációra tervezett lőszer esetében a donorlőszer(ek)e)t olyan módszerrel kell beindítani, amely reakciót vált ki (például az AOP-4526-ban meghatározott robbanással formált töltetsugar, robbanótöltet stb.).<sup>50</sup>

Az együttes hatás problémaköre az alábbi részekre korlátozódik:

- „Egy-az-egyben, azaz egy robbantott gránát és egy vizsgált gránát. Ez a vizsgálati módszer tovább bontható, annak függvényében, hogy a két gránát között van csillapítás vagy nincs. A csillapítás jelentősen megváltoztathatja a robbanás hatásait.
- Egy robbantott gránát és több vizsgált gránát. A vizsgált gránátok között egyéb alkatrészek is előfordulhatnak, ezért a vizsgálati eredmények eltérhetnek az egy az egyben vizsgálat eredményeitől.
- Több robbantott gránát több vizsgált gránát. A kupac a kupacon vizsgálatnak is nevezett robbantás során jól elemezhető az esetleges robbanásátvitel egy csoport gránátról egy másik csoport gránátra.”<sup>51</sup>

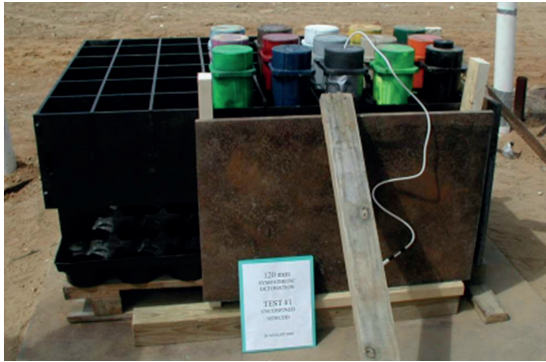
Az együtteshatás-vizsgálat végrehajtásakor a donor és a köré elhelyezett éles gránátok térfogata legalább  $0,15 \text{ m}^3$  legyen. Abban az esetben, ha a műszaki specifikáció ezt alátámasztja, és a teszt eredményessége is ettől függ, a kisebb térfogat is megengedhető. A gránátok elhelyezése különösen fontos, azokat úgy kell pozicionálni, hogy a lehető legrosszabb reakciót váltsák ki a körükjék elhelyezett gránátokból (elméletileg hogy robbantsák fel azokat). Ahogy az előző vizsgálatok esetében is, a vizsgálatokat csomagolt (szállítási és raktározási állapotú),

<sup>49</sup> KELEMEN 2023: 27.

<sup>50</sup> AOP-4396 2022: 2-1.

<sup>51</sup> KELEMEN 2023: 27.

illetve csomagolás nélküli állapotban is végre kell hajtani, illetve azokat legalább kétfő alkalmazással kell megismételni. A szabvány azt is rögzíti, hogy a csomagolt (szállítási és raktározási állapotú) gránátok esetében nem jöhetnek létre rosszabb válaszreakciók, mint a szabadon álló, csomagolás nélküli gránátok. A tesztelések végrehajtása során arra is figyelni kell, hogy ha a gránátok közé szennyeződés kerül, az befolyással lehet a vizsgálati eredményekre.<sup>52</sup>



2. ábra: Együtteshatás-vizsgálat

Forrás: SOTZKY 2006: 14.

A robbantási tesztfeladatok végrehajtásánál érdemes a különböző testeket más-más színjelöléssel ellátni, annak érdekében, hogy a robbanás során szétszóródó darabok (repszek) azonosítása és elkülönítése megvalósítható legyen. A 2. ábrán jól megfigyelhető, hogy a donorgránát köré helyezik a vizsgálandó gránátokat, valamint az inert lövedékeket. A vizsgálandó gránátok mellé és alá pedig hitelesítő (tanúsító) lapot helyeznek. A tesztek végrehajtását követően ezekkel a segédanyagokkal tudják elemezni a reakciókat, illetve a megfelelő következtetéseket is így tudják levonni.

## A kumulatív *jet* becsapódási vizsgálata

A kumulatív *jet* becsapódási vizsgálatának történeti előzményei a kumulatív gránátok okozta töltetrobbanásokig vezethetők vissza. Számos történelmi példát találhatunk annak vonatkozásában, hogy hogyan próbáltak védekezni (elsősorban a páncélos eszközök kezelőszemélyzete) a kumulatív gránátok hatásai ellen. Mivel a kumulatív gránátok jelentős fejlődésen mentek keresztül az elmúlt évtizedekben,<sup>53</sup> és a kumulatív béléstesteket is folyamatosan fejlesztik a szakemberek,<sup>54</sup> ezért a haditechnikai eszközök védelmi kialakítását is módosítani volt

<sup>52</sup> AOP-4396 2022: 2-1 – 2-2.

<sup>53</sup> EMBER 2016: 189–195.

<sup>54</sup> EMBER 2022a: 15–20; EMBER 2022b: 13–23.

szükséges. Fő célkitűzésként azt határozták meg, hogy a kumulatív hatás<sup>55</sup> következtében a lőszerkészletek robbanása elkerülhető legyen.

Az AOP-4526 szabvány előírásai szerint végrehajtott becsapódásvizsgálatnál kumulatív töltetet robbantanak fel meghatározott távolságra a vizsgálandó gránáttesttől. Ez a kumulatív töltet megközelíti a PG-7V rakéta hatását. A vizsgálat során a kumulatív töltet és a gránáttest közé fémlapokat és kompozit réteget tesznek, ezzel imitálva egy páncélozott gépjármű rakodóterét. A vizsgálati folyamat lényege, hogy a kumulatív töltet felrobbanása során nagy sebességű folyékony *fémjet* alakul ki, amely a gránáttestek közötti fémlapon áthaladva találja el a céltárgyat. A vizsgálat ebben az esetben is „standard” és „alternatív” módszerek szerint hajtható végre:

- A standard módszer esetében a töltet, a kondicionáló lemez és a vizsgálati tárgy közötti távolságot, illetve a kumulatív töltet sugár (SCJ) szétesési jellemzőit is dokumentálni kell. A töltetet úgy kell elhelyezni, hogy a kialakult *jet* átmérőjének a gránáttest elérésekor 2,5–3,5 mm-nek, a behatolási képességnek 120–140 mm<sup>3</sup>/μs<sup>2</sup>-nek kell lennie. A *jet* egyenes szakaszának a hossza 20 töltetátmérőnyi távolságon egy fél *jet*átmérőnyi eltérést mutathat.
- Az alternatív módszer esetében a távolsági dokumentációk végrehajtása mellett a kialakult *jet* átmérőjének és a *jet* behatolási képességének értékeit úgy kell megválasztani, hogy azok alkalmasak legyenek a vizsgálat alá vont lőszer reakciójának meghatározására, amelyeket a fenyegetettség kockázatértékelés (THA) segítségével határoztak meg.

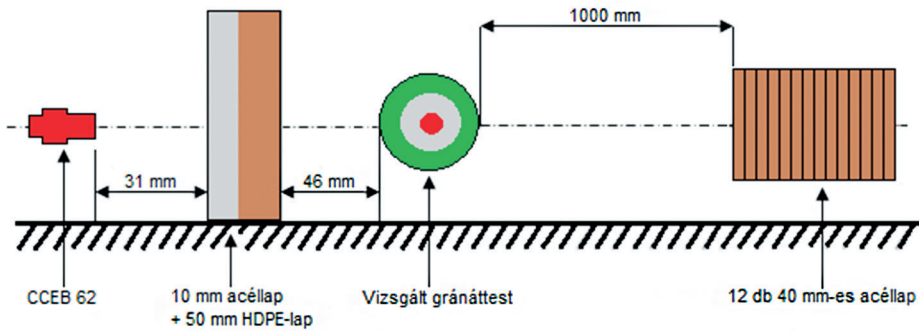
Bármelyik módszert választjuk, a vizsgálatot 61–95 mm átmérőjű, tiszta vörösréz bélésű kúppal szerelt kumulatív töltettel kell végrehajtani. A töltetben alkalmazott robbanóanyag detonációsebessége és Gurney-energiája a Composition B (RDX/TNT/wax) és a tiszta HMX (oktogén) értéke között kell hogy legyen.<sup>56</sup>

A rendelkezésünkre álló információk alapján is látszik, hogy a töltet karakterisztikája alapvetően határozza meg a vizsgálat menetét. A standard vizsgálati módszer paramétereinek teljesítéséhez olyan töltetre van szükség, mint a francia CCEB 62 kumulatív töltet<sup>57</sup>. Az AOP-4526 EDA V2 (A-14 – A-15) alapján a vizsgálandó gránáttest és a kumulatív töltet közé 10 mm-es, alacsony széntartalmú fémlapot és 50 mm vastag, a töltetre merőlegesen elhelyezett, nagy sűrűségű polietilén lapot rögzítenek. A töltet (ebben az esetben a CCEB 62) és az acéllap közti távolság a töltet átmérőjének az 1/2 része, tehát 31 mm. A polietilén lap (HDPE) és a gránáttest között pedig a töltet átmérőjének a 3/4 része, tehát 46 mm van. A vizsgált gránáttest mögött 12 db 40 mm vastag hengerelt acéllap kap helyet, ezeken lehet a vizsgálat során kialakult *jet* áthaladását és energiáját vizsgálni. A CCEB 62 töltet esetén a *jet* átmérője 2,7±0,2 mm, sebessége 7025 m/s, behatolási értéke 133 mm<sup>3</sup>/μs<sup>2</sup>.

<sup>55</sup> LUKÁCS 2017: 214–217.

<sup>56</sup> AOP-4526 2022: 2-3.

<sup>57</sup> CCEB 62 egy 62 mm átmérőjű, vörösréz bélésű kúppal rendelkező, HMX-alapú robbanóanyag-töltettel és RDX-alapú detonátorral szerelt kumulatív töltet.



3. ábra: A CCBE 62-vel végrehajtott vizsgálat helyének berendezése

Forrás: KELEMEN 2023: 31.

A vizsgálati lépésekből és a berendezési vázlatból is látható, hogy ennek a vizsgálatnak sincsenek teljesíthetetlen feltételei. A biztonsági intézkedések és a megfelelő tesztkörnyezet megválasztása, illetve kialakítása természetesen alapvetően befolyásolhatja a sikeres feladatvégrehajtást. Azonban arról sem szabad megfeledkezni, hogy valamennyi robbantással végrehajtott vizsgálati eljáráshoz olyan szakemberekre van szükség, akik nemcsak a technológiai leírások lépéseit és a robbanóanyagok kezelési szabályait ismerik, hanem képesek túllépni az általános ismeretszinten, és ahogy a vizsgálatok esetében, alternatívákat tudnak bemutatni a nagyobb biztonság elérése érdekében.

## Összefoglalás

A történelem már számos esetben igazolta, hogy a szükséges óvintézkedések ellenére időről időre bekövetkeznek olyan balesetek, amelyek elkerülése nem kívánt volna nagy erőfeszítéseket. Sajnos legtöbbször be kell következnie a szörnyű eseménynek ahhoz, hogy elvégezzük a megfelelő vizsgálatokat, illetve levonjuk a valóban hasznosítható következtetéseket.

Mivel a Magyar Honvédségben is rendszerben vannak a 84 mm-es Carl Gustaf löszerek (PBXN 110 töltettel) és a 155 mm-es gránátok (Rh26 töltettel), az érzéketlen löszerek és érzéketlen robbanóanyagok témaköre kiemelt jelentőséggel bír. Ahhoz, hogy az érzéketlenlőszerbesorolás feltételeit teljesíteni lehessen, lehet, hogy nem ma, de a jövőben ezeket a löszereket vizsgálni kell. Szerencsés esetben hazánk is gyárthat olyan eszközöket, löszereket, amelyek esetében a STANAG 4439 szerinti IM-besorolás megszerzése is szerepelhet a célkitűzések között. Ez csak úgy lehetséges, ha rendelkezünk olyan vizsgálóbázissal vagy tesztek végrehajtására alkalmas létesítményekkel és szakembergárdával, amely(ek) képes(ek) végrehajtani az előírt vizsgálatokat.

A szabványok alapján ismertetett vizsgálati eljárások talán első olvasásra bonyolultnak tűnnek, de valójában egyszerű azok kivitelezése. Ahogy bemutattam, a vizsgálati módszerek bár azonosak, azok kivitelezése nemzetenként eltérő tendenciát mutathat. A koncepcionális különbségek is megjelenhetnek, hiszen egyes országok (például Svédország) úgy gondolják, hogy az érzéketlen lőszer mint kifejezés nemcsak az érzéketlenrobbanóanyag-alapanyagokat, az érzéketlenrobbanóanyag-keverékeket és az ezekkel töltött robbanótesteket foglalja magában, hanem a csomagolást és a raktározást is. Ebből az következik, hogy a vizsgálati eredmények tükrében nemcsak a robbanóanyag érzékenységének mérséklését, hanem a tárolási módszerek, illetve a csomagolási technika módosítását is figyelembe kell venni. Ezzel ellentétben néhány nemzet kifejezetten az érzéketlen robbanóanyagokra és az azokat tartalmazó robbanótestek vizsgálatára fókuszál. Látható tehát, hogy vannak olyan kérdések, amelyeket meg kell válaszolnunk, illetve döntések, amelyeket előre meg kell hoznunk, mielőtt belefogunk egy ilyen vizsgálati profil kialakításába.

Mivel az érzéketlen robbanóanyag – nemcsak mint töltet, hanem mint hajtóanyag is – egyre elterjedtebbé válik, így arra kell számítani, hogy egyre több olyan eszköz jelenik majd meg a Magyar Honvédségben is, amely alkalmazza ezeket az új, innovatív megoldásokat. Annak ellenére, hogy ezek az eszközök biztonságosabbak, költséghatékonyabbak, kevésbé terhelik a környezetet és természetesen a legtöbb esetben hatékonyabbak is, szükséges a folyamatos kontroll, így nélkülözhetetlen az ellenőrző és a tesztvizsgálatok elvégzése, ha továbbra is a biztonságot tartjuk a legfontosabb tényezőnek.

## Felhasznált irodalom

- BEAUREGARD, L. Raymond [é. n.]: The Technical Requirements for Insensitive Munitions. *The History of Insensitive Munitions*. Online: <https://www.insensitivemunitions.org/history/the-technical-requirements-for-insensitive-munitions/>
- DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–44. Online: [http://www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanynyok/mkk.uni-nke.hu/PDF\\_2016\\_1sz/MKK\\_2016\\_1sz\\_ossz.pdf](http://www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanynyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2016_1sz/MKK_2016_1sz_ossz.pdf)
- DARUKA Norbert (2023): Érzéketlen robbanóanyagok I. – Célkeresztben a TNT és a Composit B kiváltása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(2), 5–21. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.2.1>
- EMBER István (2016): Používanie kumulatívnych náloží na bojisku, s osobitným zreteľom na bojové látky používané v II. svetovej vojne. In BERÁNEK, Mikulas (szerk.): *Trhacia Technika 2016*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce, 187–196.
- EMBER István (2022a): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- EMBER István (2022b): Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 13–23. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2>
- IMEMG – Insensitive Munitions European Manufacturers Group (2023): *Representation of the IM requirements 2023 – IM Characteristics*. Online: <https://imemg.org/im/about-immurat/im-characteristics/>
- KELEMEN Ferenc (2023): *Érzéketlen lőszer vizsgálati, felhasználási lehetőségei*. Szakdolgozat. Budapest: Óbudai Egyetem BGK.
- KOVÁCS Zoltán (2008a): Speciális katonai robbanóanyagok. *Robbantástechnika*, 29, 17–22.



- KOVÁCS Zoltán (2008b): Robbanóanyagok a katonai gyakorlatban. *Robbantástechnika*, 30, 43–47.
- LUKÁCS László (2017): *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből*. Budapest: Dialóg Campus.
- MIERS, T. Kevin – AL-SHEBAAB, M. Nausheen – PRILLAMAN, L. Daniel (2017): Fragment Impact Modeling And Experimental Results for Insensitive Munitions Compliance of a 120mm Warhead, 14<sup>th</sup> Hypervelocity Impact Symposium, Canterbury 24–28. April 2017, *Procedia Engineering*, 204, 223–230. Online: <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.09.729>
- NATO STANDARD AOP-39 (2022): Policy for Introduction and Assessment of Insensitive Munitions (IM). Edition D, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=AOP-39>
- NATO STANDARD AOP-39.1 (2022): Guidance on the Organisation, Conduct and Reporting of Full Scale Tests. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=AOP-39.1>
- NATO STANDARD AOP-4240 (2022): Fast Heating Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=AOP-4240>
- NATO STANDARD AOP-4241 (2022): Bullet Impact Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4241>
- NATO STANDARD AOP-4382 (2022): Slow Heating Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4382>
- NATO STANDARD AOP-4396 (2022): Sympathetic Reaction Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4396>
- NATO STANDARD AOP-4496 (2022): Fragment Impact Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4496>
- NATO STANDARD AOP-4526 (2022): Shaped Charge Jet Impact Test Procedures for Munitions. Edition A, Version 2 March 2022. Online: <https://nso.nato.int/nso/nsdd/main/standards?search=4526>
- PATEL C. (2011): *Common Low-cost IM Explosive Program*. 30 Nov 2011. Online: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA554406.pdf>
- SOTZKY, Larry – AL-SHEBAB, Nausheen – MAZZEI, Robert (2006): *Insensitive Munition (IM) Enhancement of the 120 mm M943A1 High Explosive (HE) Mortar Cartridge*. 2006 Insensitive Munitions and Energetic Materials Technology Symposium. Bristol, United Kingdom. 24–27 April 2006. Online: [https://imemg.org/wp-content/uploads/imemts2006\\_Sotsky\\_1.ppt.pdf](https://imemg.org/wp-content/uploads/imemts2006_Sotsky_1.ppt.pdf)
- SWIERK Thomas (2012): *IM Testing and Assessments*. NATO S&T Organization, 2012. Online: <https://www.sto.nato.int/EN-AVT-214-02.pdf>



Kaluzsa Anikó<sup>1</sup> 

# A kútvizek minőségi paramétereinek vizsgálata Békés vármegyében

## Examination of the Quality Parameters of Well Waters in Békés County

A vízellátás egyik alternatívája a fúrt és ásott kutak vízének használata. A vízkészletek mennyisége és minősége a hidrogeológiai körülményektől függően változik. A felhasználási lehetőségek nagyban függenek a vízminőségtől. A vízadó réteg sajátosságai alapján a vízkezelési módok, valamint a vizek minőségi besorolása kulcsfontosságú a felhasználási cél determinálásához. Elsőként a területi adottságok tulajdonságainak elemzését követően elemeztem a mért értékeket. A kijelölt kutak vízmintáit az Alföldvíz Zrt. Központi Laboratóriumában vizsgáltam, majd a kémiai és bakteriológiai paraméterek alapján kielemeztem Békéscsaba és 30 km-es vonzáskörzetében a kútvizek minőségét, ezenkívül főkomponens-analízist is végeztem. Továbbá a vízminőség alapján értékeltem a fertőtlenítési módok hatékonyságát és a vizek felhasználhatóságát a vízminőség függvényében.

**Kulcsszavak:** bakteriológia, főkomponens-analízis, kútvíz, vízminőség

An alternative way of water supply is to use water from drilled and dug wells. The quantity and quality of water resources vary depending on hydrogeological conditions. The potential for use depends largely on the quality of the water. Based on the hydrogeological conditions, water treatment methods and water quality classification are key factors in determining the intended use. I analyzed the characteristic properties, taking into account the spatial characteristics, measured the water samples of the selected wells in the laboratory, and then examined the quality of the well water in the 30 km radius of Békéscsaba using principal component analysis. The measurements were carried out in the Central Laboratory of Alföldvíz Zrt. Furthermore, I evaluated the effectiveness of the disinfection methods and their usability on the basis of the water quality.

**Keywords:** bacteriology, principal component analysis, well water, water quality

<sup>1</sup> Doktori hallgató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, e-mail: [anikokaluzsa@gmail.com](mailto:anikokaluzsa@gmail.com)

## Bevezetés

Az élet legfontosabb alkotóeleme a víz. Az urbanizált területeken megszokott, hogy az emberek számára az ivóvíz bárhol, bármikor elérhető a vezetékes hálózaton keresztül. Azonban a kevésbé fejlett területeken ez még mindig gondot okozhat, hiszen előfordulhat, hogy az adott területen elérhető víz nem egészséges az emberi szervezet számára (minősége kifogásolható). Bár emberi fogyasztásra ez a típusú víz nem javallott, vízgazdálkodási szempontból igencsak jelentős lehet, mivel az olyan vízigényes tevékenységek során, amelyekhez nem szükséges az ivóvíz-tisztaságú víz, a vezetékes vízszolgáltatást ki lehet pótolni, vagy akár helyettesíteni is lehet az ásott, illetve fúrt kutak vizeivel.

Jelen publikációban a dél-alföldi kútvezeket vizsgálom, összefoglalom a vízminőségre vonatkozó jellemző mérési paramétereket, valamint a lehetséges vízkezelési módokat (a teljesség igénye nélkül). Mindezek mellett kielemezem azokat a hatásos tisztítási technológiákat, amelyek bárki számára elérhetőek, és amelyekkel az összcsíraszám csökkenése érhető el, valamint amelyekkel a fertőtlenítési hatások maximalizálható.

## Víz-mikrobiológiai problémák napjainkban

A vízvédelem napjainkban felértékelődött, aminek az egyik oka, hogy az édesvízkészletek korlátozottan állnak rendelkezésre, és ez akár fegyveres konfliktusokhoz is vezethet.<sup>2</sup> Rengeteg tanulmányt lehet találni, amely a vízbázisok védelmével, a vízisztítással, illetve a vízellátás mint kritikus infrastruktúra kérdéskörével foglalkozik.<sup>3</sup> Ezek tükrében könnyen belátható, hogy az összes vízszerszési, víznyerési lehetőséget figyelembe kell venni, és a vízhasználati kultúrán változtatni szükséges.<sup>4</sup> Ilyen lehetőség az esővíz gyűjtése, valamint a kútvezek felhasználása is, amely megoldások megfelelőek lehetnek a háztartás körüli vízigényes tevékenységek ellátására. Például a kiváló minőségű ivóvizet WC-öblítésre használni teljes mértékben pazarlásnak tekinthető, amikor a Föld más részein emberek szomjaznak, hiszen nem jutnak ivóvízhez.

A kútvezek minősítése, felhasználhatósága szempontjából rendkívül fontos ismerni, hogy milyenek az adott víztest mikrobiológiai és kémiai paraméterei. A vízminőség és a közegészségügyi kockázatértékelés során olyan indikátorszervezeteket<sup>5</sup> szoktak rutinvizsgálatokkal kutatni, amelyek jelenléte jelezhet adott típusú szennyeződést.

Magyarországon alapvetően a 201/2001. (X. 25.) az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről szóló Kormányrendelet<sup>6</sup> szabályozza a vizsgálandó paramétereket.

<sup>2</sup> PADÁNYI 2015: 272–284.

<sup>3</sup> BEREK 2016: 32–48.

<sup>4</sup> TAKÁCS–KUTI 2017: 304–317.

<sup>5</sup> Indikátorszervezetnek tekintjük azokat a baktériumfajokat, amelyek valamilyen szennyeződésre (jelen esetben főképp fekális szennyeződésre) utalnak. Ez a szennyezettség fokmérője is egyben, és azt jelenti, hogy az adott vízben optimális a körülmény a baktériumok és más élőlények szaporodásához.

<sup>6</sup> 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről.

Az 1. táblázat a hatályban lévő 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet 3. melléklete szerint meghatározott mikrobiológiai mérések listáját tartalmazza.<sup>7</sup>

1. táblázat: Az ivóvízre vonatkozó mikrobiológiai határértékek és szabványok listája

Vizsgálandó mikrobiológiai paraméter	Határérték ivóvízre vonatkoztatva (100 ml)	Vizsgálatra vonatkozó szabvány
<i>Escherichia coli</i> ( <i>E.coli</i> ) és <i>coliform</i> baktérium	0	MSZ EN ISO 9308-1:2001; MSZ EN ISO 9308-2:2001
<i>Enterococcus</i>	0	MSZ EN ISO 7899-2:2000
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	0	MSZ EN ISO 16266:2008
Tenyészhető mikroorganizmusok számlálása – telepszám 22°C-on	500	MSZ EN ISO 6222:2000
Tenyészhető mikroorganizmusok számlálása – telepszám 36°C-on	500	MSZ EN ISO 6222:2000
<i>Clostridium perfringens</i> (beleértve a spórákat is)	0	MSZ EN ISO 14189

Forrás: a szerző szerkesztése a 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet adatai alapján

A vízműveknek a terület helyi sajátosságait is figyelembe kell venniük, és a speciális körülményekkel rendelkező területeken a felsoroltakon kívül egyéb vizsgálatokat is a rutin eljárásba kell iktatni, ha az illetékes népegészségügyi szerv úgy dönt.<sup>8</sup>

A tanulmányhoz kapcsolódó kutatás során az alábbi mikrobiológiai ágensek jelenlétét vizsgáltam a kútvizekben: össztelepszámot 22°C és 37°C-on; a *coliform*okat és az *Escherichia coli*; a *Pseudomonas aeruginosa*t és az *Enterococcus faecalis*t.

A vízmikrobiológiai kérdések között felvetődhet, hogy ha látszik adott táptalajon a háttér-mikrobióta (például Cetrimid táptalajon egyértelműen nem *Pseudomonas aeruginosa* nőtt ki, vagy a Tergitol 7 táptalajon rengeteg telep látszik, de azok nem sárgították el a sötétzöld színét a táptalajnak, akkor valószínűleg nem *coliform* baktérium nőtt ki), akkor érdemes-e tovább vizsgálni az adott víznyerő helyet. Erre nehéz jó választ adni, hiszen sok időt, energiát és egyéb eszközök felhasználását is biztosítani szükséges. Így a szabványban olyan legjellemzőbb törzseket és fajokat írnak elő vizsgálatra, amelyek indikátorai lehetnek egyéb baktériumtörzsek jelenlétének. Ezenkívül képtelenség lenne a napi rutinmérések során az összes víznyerő helyen az összes mikrobiológiai mérést elvégezni.

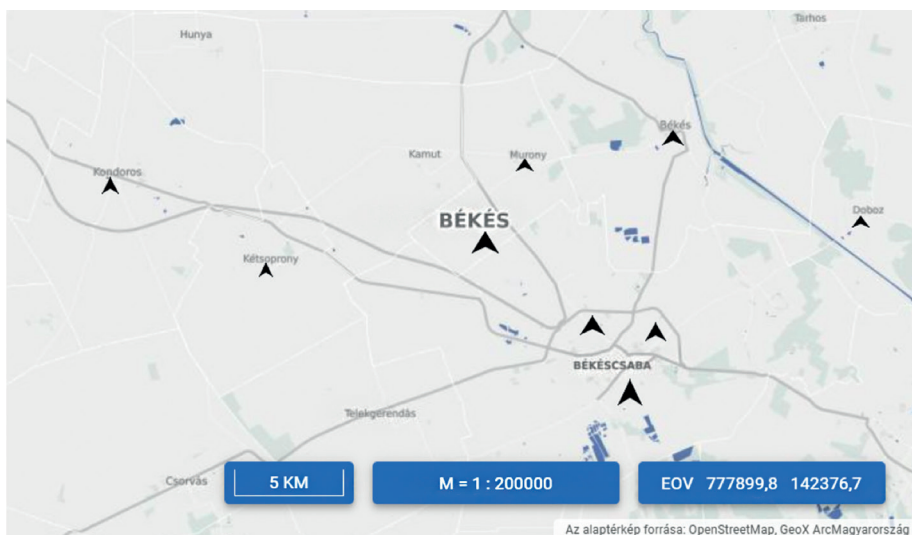
A másik előforduló vízügyi probléma, hogy a legtöbb mérés nem azonnali, a baktériumtelepeknek idő kell ahhoz, hogy kinőjenek a táptalajon, és mire meghatározzák az adott fajt, és megkezdődik a beavatkozás, a víztisztítás, addig lehetséges, hogy az a szennyezett víz elér a fogyasztóhoz is, és egészségügyileg károsíthatja a fogyasztót.

<sup>7</sup> A mérés elvégzése óta az 5/2023. (I.12.) Kormányrendelet lépett hatályba.

<sup>8</sup> WHO 2018.

## A mintavételi helyek geológiai jellemzése

A vizsgált kutak a Békési-sík területén helyezkednek el. Ez a terület a Békés–Codrui-öv területén található, 82,6 és 92,1 m közötti tengerszint feletti magasságon. A kistáj alacsony kategóriába esik az ármentesség szempontjából, és egyes helyeken a lefolyás rossz minőségű. Vízrajzát a Körösök átszőtt hálózata is meghatározza. A tájegység talaja infúziós lösz, és emiatt a felső réteget az infúziós lösz üledéke borítja. A talajszerkezet jellemzően vályogszerű mechanikai összetételű, és a talajtípus csernozjom mészlepedékes. Termőtalajnak ez ideális, azonban a vízellátás szempontjából a vízpótlás elengedhetetlen.<sup>9</sup> Kutatómunkám során a 2. táblázatban ismertetett területekről származó vízmintákat vizsgáltam, amelyeket az 1. ábra geológiailag szemléltet.



1. ábra: Geológiai területi fedettség. A területi mintavételeket a fekete nyilak jelzik

Forrás: az E-közmű Térkép adatbázisa

Békéscsaba és vonzáskörzete a Maros-mederben található. A Gerlai-holtág deltatorokolatot képezve folyik bele a befogadó folyóba. A domborzati térkép alapján megállapítható, hogy a növényzet alatti részen egyfajta csatornarendszer lehetett a régebbi időkben. Ezeket később lehet, hogy beszántották, vagy maga a növényzet nőtte be olyannyira, hogy mára csak a nyomai látszódnak. A területen sokféle körtöltést, gátrendszert építettek ki, mivel a vízvezetés miatt ez szükséges volt, ilyen gátrendszer például a magasított vasút mente is. Békéscsabán belül Jamina városrésze természetes holtága volt a Maros folyónak.<sup>10</sup>

<sup>9</sup> DÖVÉNYI 2010.

<sup>10</sup> DÖVÉNYI 2010.

2. táblázat: A vizsgált kutak területi és mélységi eloszlása

Vizsgálat alá vont kutak statisztikai adatai					
Sorszám	Település	Településrész	Kutak száma (db)	Legkisebb mélység a felszíntől (m)	Legnagyobb mélység a felszíntől (m)
1.	Békés	Jégkert	2	24	45
2.	Békéscsaba	Felsőnyomás	4	8	99
3.	Békéscsaba	Kisrét	1	93	100
4.	Békéscsaba	Lencsési, I. kerület	3	17	50
5.	Békéscsaba	Jamina	2	75	85
6.	Békéscsaba	Sikony	2	7	35
7.	Doboz	Községen belül	2	4	14
8.	Doboz	Szanazug	1	37	42
9.	Kétsoprony	Iskolai tanya sor	1	35	40
10.	Kondoros		2	25	35
11.	Murony		6	4	36

Forrás: a szerző szerkesztése

A legtöbb vízmintavétel Muronyban, illetve a békéscsabai Felsőnyomáson történt. Ennek az oka, hogy Békéscsaba csatornázottsága, valamint vezetékesivóvíz-hálózata szinte az egész várost lefedi, szemben Muronnyal. Ezenkívül Békéscsaba külterületi részén sok helyen található fúrt, illetve ásott kút, amelyből többnyire a nyári időszakban a kertet locsolják (növénytermesztés). Az ásott kutak mélysége többnyire 4–10 méter között, míg a fúrt kutaké 25–50 méter között volt. A kémiai és mikrobiológiai minősítés szempontjából általánosságban elmondható, hogy a víz minősége, minél mélyebb (védelettebb) rétegből származik, annál tisztább.

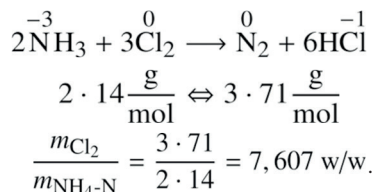
## A vízkezelésben alkalmazott lehetséges fertőtlenítőszer

A nátrium-hipokloritos fertőtlenítés az ipari klórozás egyik gyakran alkalmazott fertőtlenítőszer. Adagolása során számításba kell venni, hogy esetlegesen milyen kémiai melléktermékek keletkeznek, mi csapódik ki a vízből, illetve hogy az emberi fogyasztásra szánt víznek ne legyen egészségkárosító hatása. Vagy legalábbis a fertőtlenítőszer által okozott negatív hatás mértékének jelentősen kisebb kockázattal kell járnia, mint a mikrobiológiai kockázatnak.<sup>11</sup>

Az ammónium-ion-tartalmú vizekben a klórigény kétféleképpen is számolható: vagy töréspontig van klórozva a víz, vagy pedig monoklór-aminos fázisban marad.

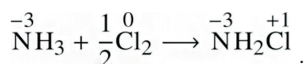
Az első esetben az ammónium-nitrogén tömegkoncentrációjának 7,6-szorosát adagolva a klórból az összes ammónia-nitrogén elemi nitrogénné oxidálódik:

<sup>11</sup> TÖRÖK 2011.



Miután az összes ammónium-ion elfogyott, a további hozzáadott klór szabad aktív klórként lesz jelen.

A másik lehetőség az lenne, hogy monoklór-aminos fázisban marad a rendszer. Ehhez az szükséges, hogy csak annyi klórt adagoljunk, amennyi hatására majdnem az összes ammónia-ionból monoklór-amin keletkezik.



Azonban érdemes a monoklór-aminos mérést elhagyni, és helyette a törésponti klórozás elvét alkalmazni. Ennek számításához elővizsgálatra van szükség, milyen mértékű a vas-mangán tartalom, illetve a KOI-érték.

A klóralapú fertőtlenítőszeresek közül a klórgázt ipari, üzemi körülmények között használják, megfelelő végzettséggel rendelkező szakemberek jelenlétében.

A hipót (nátrium-hipoklorit, NaClO) nagyobb és kisebb vízmennyiség esetében is sikeresen lehet alkalmazni. A Neomagnol tableta olyan készítmény, amely gyógyszertárban vény nélkül kapható, klorogén-szeszkvihidrát tartalmú, vízben oldódó fertőtlenítőtábla.

Az egyéb alternatív lehetőségek között még érdemes felsorolni a többi, gyógyszertárban is kapható szert, amely vizek kezelésére lehet alkalmas. Ezek közül a Hiperol tableta és a Katadyn a közismertebb, azonban alkalmazásuk során az ezzel kezelt víz nem lesz ivóvíz-minőségű, mivel az organoleptikus tulajdonságokat figyelembe véve, valamint a vízbe kerülő kémiai komponenseket megvizsgálva a víz emberi fogyasztásra nem lesz alkalmas. Viszont ha a vízben feloldva a kívánt töménységű fertőtlenítőhatást elérte az oldat, akkor az így kezelt víz megfelelő lehet takarításra, tisztításra, tárgyak felületi fertőtlenítésére (például a fogorvosok Katadyn-t alkalmaznak tömény mennyiségben feloldva eszközeik fertőtlenítésére). A jód a halogének csoportjába tartozik, fertőtlenítőhatása közismert. Azonban az alkalmazandó kísérleti szerek közé azért nem került be, mert a víztisztítás során nem az elemijód-, hanem valamelyik jodofórtartalmú tisztítószert lehetne alkalmazni inkább. A kálium-permanganát igen erős oxidatív szer és fertőtlenítőhatása közismert. Azonban az így kapott víz emberi fogyasztásra nem alkalmazható, viszont kiváló tisztító- és fertőtlenítőhatása van, és az ipari víztisztítás során a vízkezelésekben a pehelyképzés során alkalmazzák.<sup>12</sup>

<sup>12</sup> SALAMON 2021.



## Vízmintavétel és a minta előkészítése

A vizsgált vízmintákat speciálisan, 110–130°C között hőlég-sterilizálással, illetve autoklávvall előkezelte üvegekbe gyűjtöttem. A lezárt üvegedény belseje így teljesen steril volt, amelyet csak a minta vételének időpontjában nyitottam ki, és megtöltöttem a vízzel, nagyjából az edényzet 4/5-éig. Ezzel biztosítottam a mikrobiológiai környezet számára az aerob környezetet. Ezután a kémiai vízmintákat műanyag flakonokba gyűjtöttem. Előzetesen a tiszta palackot minimum háromszor jól átmostam a vízzel. A mintákat feliratoztam, feljegyeztem a mért hőfokot, és hűtőtáskában szállítottam a laboratóriumi mérés helyszínére. A méréseket minden esetben 18 órán belül megkezdtem.

A mikrobiológiai mérések klasszikus bakteriológiai mérések voltak lemezöntéses és membrán-szűrési módszerekkel. Először élesztőkivonatos agarral leöntöttem a kipipettázott vízmin-tát, majd fekvő nyolcas mozdulatokkal homogenizáltam. Ezután 3 × 100 ml-es egységekben membránfilteren átszűrtem, és a megfelelő táptalajokra helyeztem a szűrőpapírt. A szűrést követően 37 °C-os termosztátba helyeztem a Tergitol 7, a Chromocult, a Cetrimide, illetve a Slanetz–Bartley-féle táptalajt.

A mintákon elvégzett kémiai méréseket a 3. táblázatban összegzem a mérés során figye-lembe vett alsó méréshatárral együtt.

3. táblázat: A kémiai vízminőségi jellemzők alsó méréshatára, valamint az ivóvízre vonatkoztatott határértéke

Vízminőségi jellemző	Alsó méréshatár/ mértékegység	Határérték	Szabvány
Ammónium	0,02 mg/l	0,2 mg/l	MSZ ISO 7150-1:1992
Nitrit	0,01 mg/l	0,1 mg/l	MSZ 1484-13:2009 1., 2., 3., 4. és 6. fejezet
Nitrát	2 mg/l	50 mg/l	EPA METHOD 353.1:1978
Vezetőképesség	10 µS/cm	2500 µS/cm	MSZ EN 27888:1998
pH	-	6,5–8,5	MSZ 1484-22:2009 8. fejezet
Oldott oxigén	%	150%	ISO 17289:2014
Vas	10 µg/l	200 µg/l	MSZ EN ISO 11885:2009
Mangán	5 µg/l	50 µg/l	MSZ EN ISO 11885:2009
Arzén	1 µg/l	10 µg/l	MSZ EN ISO 11885:2009
KOI (permanganátos) O <sub>2</sub>	0,2 mg/l	3,5 mg/l	MSZ 448-20:1990
Összkeménység (CaO)	4 mg/l	min. 50, max. 350 mg/l	MSZ 448-21:1986 1., 2. és 3. fejezet
Foszfát	0,05 mg/l	15 mg/l	MSZ 448-18:2009 8.1. szakasz

Forrás: a szerző szerkesztése

## A mérési eredmények kiértékelése

Az első körös mérés során a mikrobiológiai értékeket, a Neomagnol tablettá fertőtlenítési hatásfokát, valamint a kémiai paraméterekeket vizsgáltam. A második körös mérés során pedig a forralás és a víztesthez adagolt hipó fertőtlenítési hatásfokát vizsgáltam meg.

A kémiai értékek összesített értékét a 4. táblázat mutatja. Ezen megfigyelhető az eltérés a határértékhez képest. Különösen, ha figyelembe vesszük azokat az eseteket, amikor ehhez közeli vagy ennél magasabb értéket kaptam. A határértékek meghaladása az ásott és a fúrt kutak esetében egyaránt észrevehető.

4. táblázat: A kémiai értékek összesítése

Vizsgált paraméter	Átlag	Maximum	Minimum
Ammónium [mg/l]	2,96	17,2	0
Nitrit [mg/l]	0,72	23,7	0
Nitrát [mg/l]	29,52	248	0
Vezetőképesség [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	1371,28	3000	330
pH	7,56	8,49	6,91
Hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ]	20,78	23,1	16,9
Oldott oxigén [%]	53,99	85,6	23,9
Vas [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	1347,66	10 230	0
Mangán [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	257,49	1357	0
Arzén [ $\mu\text{g}/\text{l}$ ]	70	234	0
KOI [mg/l]	8,22	22,1	0,77
Összkeménység (CaO) [mg/l]	256,86	969,6	6,06
Foszfát [mg/l]	2,54	7,82	0

Forrás: a szerző szerkesztése

A mikrobiológiai értékeket figyelembe véve mind az ásott, mind a fúrt kutak esetében előfordult, hogy a megengedett határértéknél magasabb értéket azonosítottam. Azonban az ásott kutaknál az összcsíraszám minden esetben magasabb volt, mint a megengedett érték. Ebből arra lehet következtetni, hogy a felszínhez közeli, sekély vízadó réteg nemcsak kémiai, hanem bakteriológiailag is terhelt.<sup>13</sup>

Az 5. táblázat megmutatja a bakteriológiai átlagértékeket. Ebből kiolvasható, hogy (az összcsíraszámokat nézve is) minél mélyebben van a vízadó réteg, annál tisztább. Valamint minél inkább kontaminálódhat a környezetből egyéb szennyezésekkel is, minél nyitottabb (például állattenyésztést végeznek a környéken, és a kútba bejuthat az ürüleből és vizeleből származó anyag), annál nagyobb a bakteriológiai aktivitása is.

5. táblázat: A kutak bakteriológiai értékei mélységük figyelembevételével

0–4 méter mélységű kút	Átlag	Minimum	Maximum
Összcsíra 37 $^{\circ}\text{C}$	9578	1710	15 000
Összcsíra 22 $^{\circ}\text{C}$	7604	2881	14 133
Coliformszám	430	120	1001
<i>Escherichia coli</i>	208	0	500
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	76	0	300
<i>Enterococcus faecalis</i>	321	171	600

<sup>13</sup> BUFA-DÓRR et al. 2021.

5–25 méter mélységű kút	Átlag	Minimum	Maximum
Összcsíra 37°C	7876	213	22 100
Összcsíra 22°C	9100	643	28 310
Coliformszám	158	0	1001
<i>Escherichia coli</i>	92	0	500
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	0	15
<i>Enterococcus faecalis</i>	71	0	342
26–70 méter mélységű kút	Átlag	Minimum	Maximum
Összcsíra 37°C	5183	0	20 315
Összcsíra 22°C	4912	0	18 000
Coliformszám	24	0	200
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	39	0	300
<i>Enterococcus faecalis</i>	1	0	6
71–100 méter mélységű kút	Átlag	Minimum	Maximum
Összcsíra 37°C	149	0	1148
Összcsíra 22°C	209	0	860
Coliformszám	0	0	4
<i>Escherichia coli</i>	0	0	0
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	11	0	100
<i>Enterococcus faecalis</i>	0	0	0

Forrás: a szerző szerkesztése

A táblázatból jól látszik, hogy a felszíni, ásott kutak 4 méteres mélységig még igencsak szennyezettek, az összcsíraszám is határérték feletti a minimumértékeknél is. Vagyis a legalacsonyabb érték is egyértelműen azt jelzi, hogy az ásott kutak abszolút szennyezettek mikrobiológiai és kémiai értelemben, ami az összcsíraszámból, a *coliform* telepképző számaiból, valamint az *Enterococcus faecalis* számából is látszik. 25 méter mélységig a fúrt kutak is még sekélyek, sérülékenyek, és ezáltal a legalacsonyabb összcsíraszám is magasabb, mint a meghatározott 500 TKE-szám<sup>14</sup> alatti érték. A mérések alapján a 26 méteres és annál mélyebbre fúrt kutak értékei már kifejezetten jók, és a 71 méteres vagy annál mélyebb kutak értékei már a vízminőségi határértékeknek is megfelelnek.

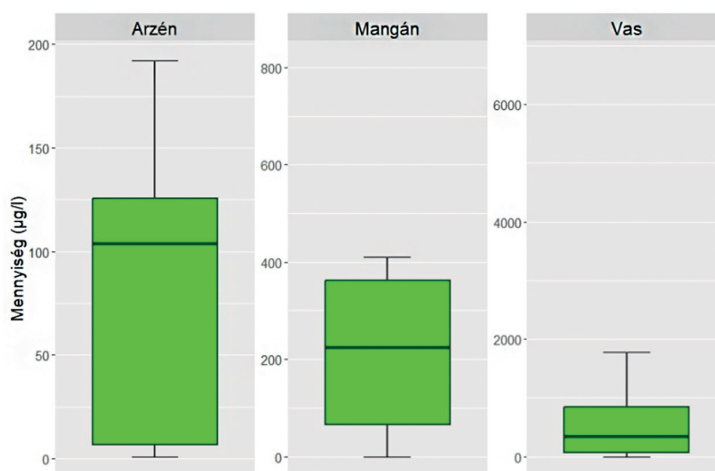
A második körös mérés során már külön-külön értékeltem ki a fúrt és az ásott kutak eredményeit, valamint a fertőtlenítés hatásfokát, mivel logisztikailag az ismételt méréseket teljeskörűen 10 fúrt kútnál és 8 ásott kútnál lehetett elvégezni.

A fúrt kutakból összesen 10 vizsgált kút volt, amelyen a fertőtlenítési kísérletsort komplexen végigvittem. Ezek mindegyikén kétszeresen elvégeztem a mikrobiológiai és kémiai vizsgálatokat. A minőségi elemzés során kiemelt szerepet kapott a főkomponens-analízis (angolul PCA, azaz Principal Component Analysis). Röviden ez olyan statisztikai eljárás, amely többváltozós környezetben adatredukcióval az adatok lényegi tulajdonságait megtartva a dimenziókat

<sup>14</sup> TKE: telepképző egység.

lecsökkenti.<sup>15</sup> A főkomponens-elemzés lényege, hogy a nagy adathalmazból a lehetségesen korreláltatható változókat lineárisan korrelálhatatlan változói értékészletté alakítsa át. Ezek az átalakított értékészletek a főkomponensek, amelyek száma kisebb vagy egyenlő az eredeti változók számával. Az első főkomponens rendelkezik a legnagyobb varianciával a többihez képest.<sup>16</sup>

A módszert a kémiai paraméterek kiértékelésénél alkalmaztam, amelyek elemzését grafikonokkal és táblázati értékekkel ismertetem. Ilyen grafikon többek között a 2. ábra, amely a fúrt kutakban az arzén, a mangán és a vas mennyiségének arányát szemlélteti.

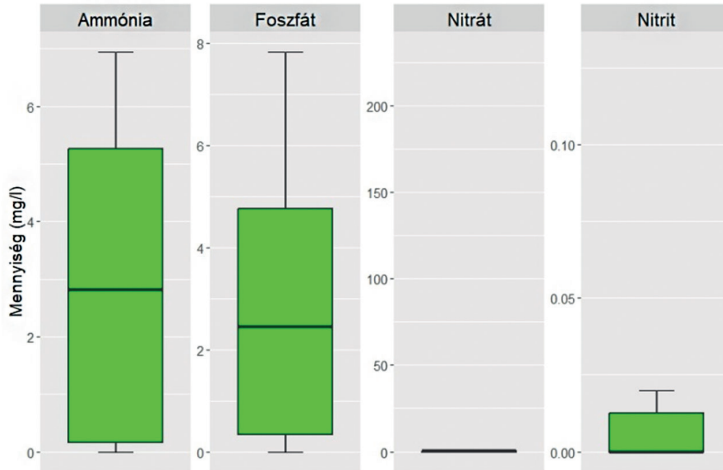


2. ábra: Az arzén, a vas és a mangán mennyiségének ábrázolása doboz- (box plot) módszerrel fúrt kutak esetében  
 Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. ábrán dobozábra található, amelyen az ammónia, a foszfát, valamint a nitrát és a nitrit összesített eredményeit lehet látni. A foszfát jelenléte mindenképp szennyeződésre utal. Az ammónia talajvíz általi szennyeződést jelezhet, amely származhat például az állattartó telepek trágyájának bemosódásából vagy a mezőgazdasági műtrágyázásból.

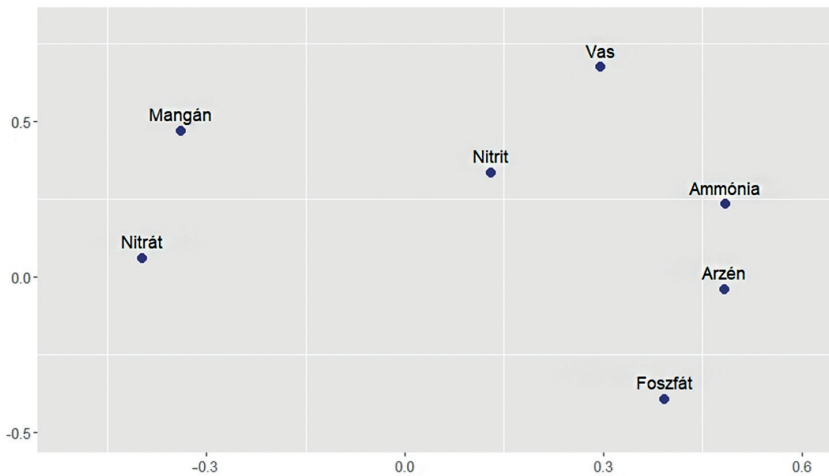
<sup>15</sup> FÜSTÖS 2009.

<sup>16</sup> SAJÓ 2021.



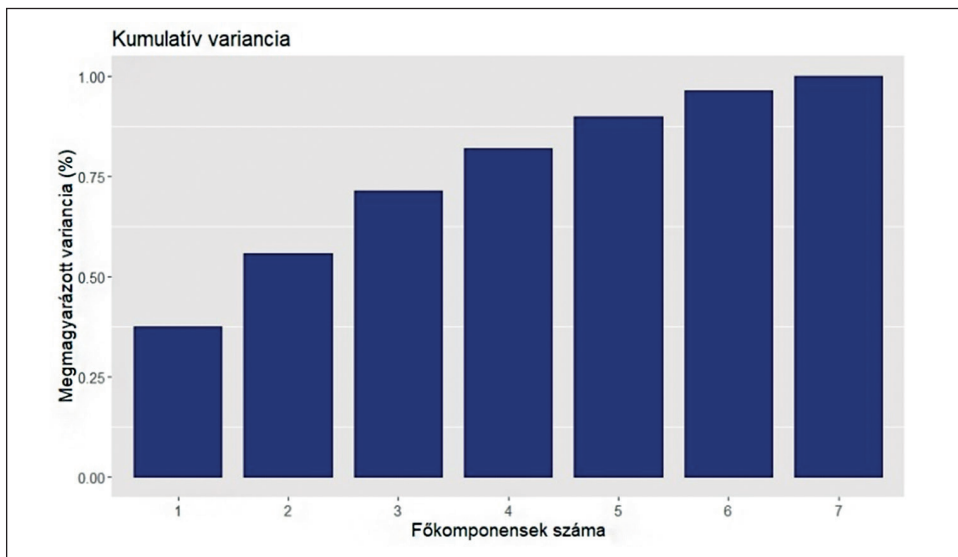
3. ábra: Ammónia-, foszfát-, nitrát- és nitrittartalom a fűrt kutakban  
 Forrás: a szerző szerkesztése

A 4. ábrán az első és a második főkomponens együtthatói egymáshoz viszonyított arányaiban vannak ábrázolva. Ezen az ábrán a korrelációk alapján számított súlyozási értékek figyelembevételével az egymásra hatással levő tényezők arányai figyelhetők meg. Például az ammónia, az arzén és a nitrát egymásra gyakorolt hatása a súlyozott értékek alapján jól látszik.



4. ábra: Az első és a második főkomponens együtthatóinak közös ábrázolása pontdiagram segítségével. Az y tengelyen az első főkomponens együtthatói, míg az x tengelyen a második főkomponens együtthatói vannak ábrázolva.  
 Forrás: a szerző szerkesztése

A kumulatív variancia az 5. ábrán azt mutatja meg, hogy a főkomponensek száma, valamint a hozzá társított variancia milyen arányban áll egymással. A variancia vagy szórásnégyzet lehetővé teszi a különböző adathalmazok összehasonlítását. Ebben az esetben a főkomponensek számához tartozó variancia százalékos értékét lehet látni.

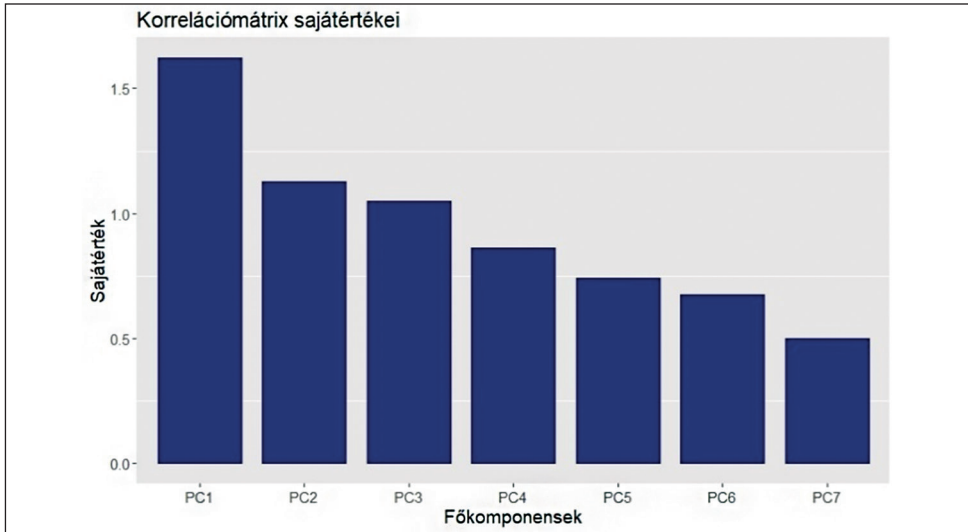


5. ábra: A főkomponensek és a megmagyarázott variancia függvényének százalékosított értéke

Forrás: a szerző szerkesztése

A korrelációmátrix azt mutatja meg, hogy milyen a lineáris kapcsolat a valószínűségi vektorváltozók egymáshoz viszonyított értékeinek függvényében. A 6. ábrán ebben az esetben a sajátértékek és a főkomponensek vannak összehasonlítva. A sajátérték és a főkomponensek számának változásával elérhető adatvesztés nélküli leredukált adattartomány maga a korrelációmátrix.<sup>17</sup>

<sup>17</sup> FÜSTÖS 2009.



6. ábra: A főkomponensek és a sajátértékek változóinak összehasonlított aránya fúrt kutak esetében  
 Forrás: a szerző szerkesztése

A kémiai paraméterek kiértékelése után a mikrobiológiai megfelelőséget és a fertőtlenítési hatásfokot elemzem. Az ivóvízre vonatkozó határérték szerint a maximálisan megengedhető telepképző egységek száma 500 TKE.<sup>18</sup> Az első mérési sorozat során lefuttatott neomagnolos fertőtlenítés nagymértékben visszaszorította mind a telepképző egységek számát, mind a jelen lévő egyéb indikátorbaktériumok telepképzését. A tíz fúrt kútnál két olyan eset volt, ahol a neomagnolos fertőtlenítőszerrel való kezelés során is a TKE-szám nagyobb volt, mint 500. Azonban ezen esetekben a kiindulóállapotokat figyelembe véve a fertőtlenítőeljárás során tizedére vagy még radikálisabban lecsökkent ez az érték.

A magas *Pseudomonas aeruginosa*-szennyezettséget nagymértékben csökkentette a fertőtlenítőszer, azonban veszélyességi fokát figyelembe véve határértéke 0 TKE. Bár csökkent a telepképző egységek száma, nem zéró szintig. A vizek felhasználhatósága miatt ezt nagyon fontos figyelembe venni, mivel így emberi fogyasztásra még a fertőtlenítés után sem alkalmas tizből négy fúrt kútnak a vize. Azonban további fertőtlenítési módszerekkel ezek az értékek javíthatóak. Ilyen például a fordított ozmózis eljárása, amely a nyomásviszonyokon és a koncentrációértékeken alapul.<sup>19</sup> A megváltozott nyomási értékek a baktériumok életterét is jelentősen módosítják. Ezáltal a vízakaktivitás értéke megváltozik a sejten belül, ami rövid időn belül a prokarióta sejt halálához vezet.<sup>20</sup>

<sup>18</sup> Országos Közegészségügyi Központ 2016.

<sup>19</sup> KÁLLAY 2013.

<sup>20</sup> PECHÓ 2001.

A klóros fertőtlenítés során kétféle adagolási metódus volt: az egyik eljárás során a szterd adagolt klórmennyiség 50 mg/l volt. A második esetben az első mérési sorozat során mért kémiai értékek alapján számított törésponti klórozás során ökölszabályként értelmezett klórmennyiséget adagoltam a vízmintához. A behatási idő eltelte után újra elvégeztem a bakteriológiai méréseket.<sup>21</sup>

Az egységnyi klór adagolása során a vízben a baktériumok életképessége megmaradt, azonban drasztikusan csökkent a telepképző egységek száma. 10-ből 4 olyan eset volt, ahol a megfelelőségi szint fölött volt a telepképző egységek száma, azonban azt itt is, a neomag-nolos kezeléshez hasonlóan, leredukálta a klór 10% alatti értékre a kiindulási értékhez képest. A célzott klóros kezelés, azaz a klórigény számításának megfelelő adagolás már sokkal hatásosabb eredményt mutatott. Ezen kezelés során is két esetben előfordult, hogy a határértéket meghaladta a táptalajon kinőtt telepképző egységek száma. Azonban már jóval alacsonyabb volt, mint a kezdeti kiindulási érték.

A forralásnál két különböző mérési metódust alkalmaztam. Az egyik esetben a víz forrása-nak pillanatában abba hagytam a forralást. A másik esetben pedig a forrás kezdetétől számítva még 5 percig forraltam a mintát. Ezután visszahűtöttem, és elvégeztem rajta ugyanazokat a méréseket, mint az alpmérés során. A számokat megfigyelve látható, hogy egy eset kivé-telével a kútvezeknél a forralás megfelelő bakteriológiai értékeket produkál. Tehát a hőkezelés megfelelő lehet a víztestek csíramentesítésére.<sup>22</sup>

A fúrt kutaknál ismertetett főkomponens-analízist végeztem el az ásott kutak esetében is. Az ásott kutak minőségi paraméterei nagyban eltérnek – negatív irányban – a fúrt kutaké-itól. Ennek magyarázata igen egyszerű lehet, amely szerint az ásott kutak a felszínhez közel helyezkednek el, és a vízkészlet a talajból és a levegőből is folyamatosan kontaminálódhat.

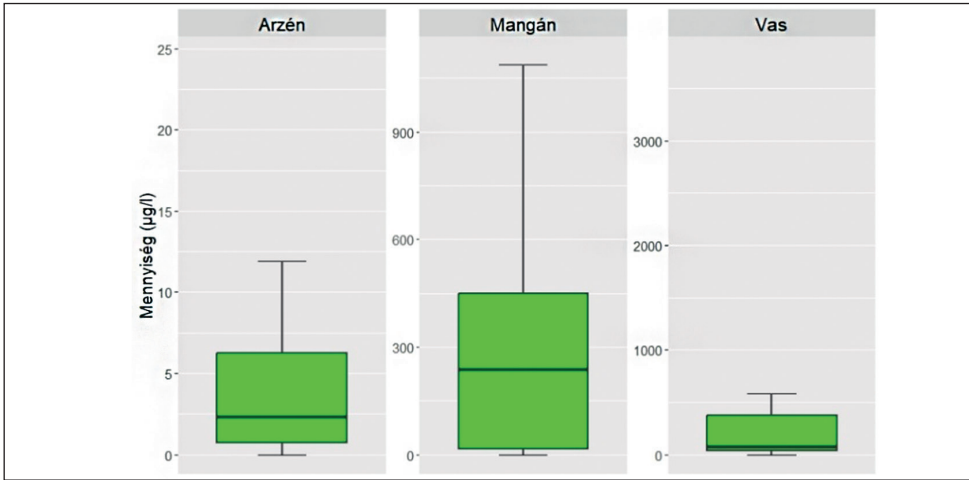
A 7. ábra olyan dobozábra, amely az arzén, a vas és a mangán felső és alsó kvartilis értékeit szemlélteti, valamint a középértéket is. A mangánnál volt kiugró érték is, emiatt a maximum eléggé eltér az átlagértéktől. A vas esetében az alsó kvartilis és a medián majd-nem megegyezik, tehát az ásott kutak többsége Békés vármegyében hasonló mértékben tartalmaz vasat. Érdekes módon az arzén mennyisége az ásott kutakban jóval alacsonyabb. Így megállapítható, hogy a geológiai eredetűnek tartott szennyeződés lényegében az alsóbb talajrétegekben található.

---

<sup>21</sup> PECHÓ 2001.

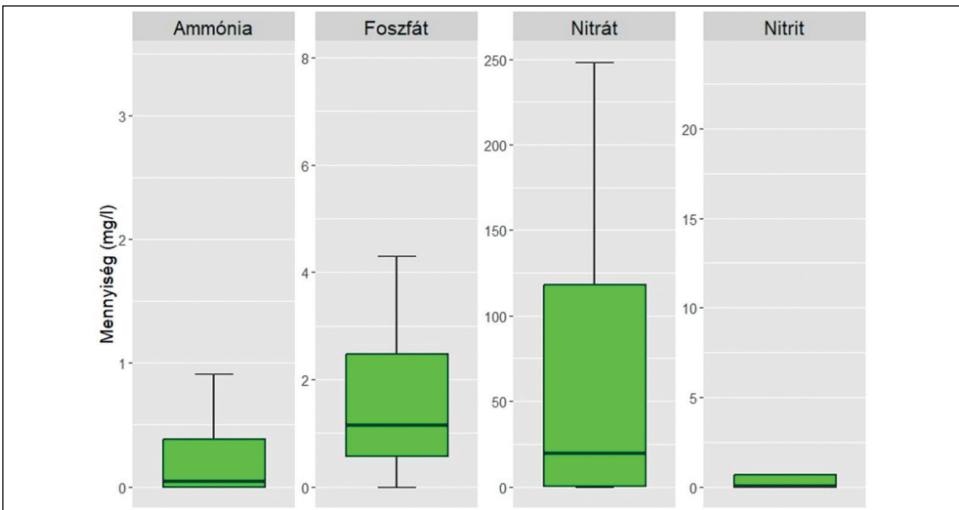
<sup>22</sup> PECHÓ 2001.





7. ábra: Az arzén, a vas és a mangán mennyiségének ábrázolása doboz- (box plot) módszerrel ásott kutak esetében  
 Forrás: a szerző szerkesztése

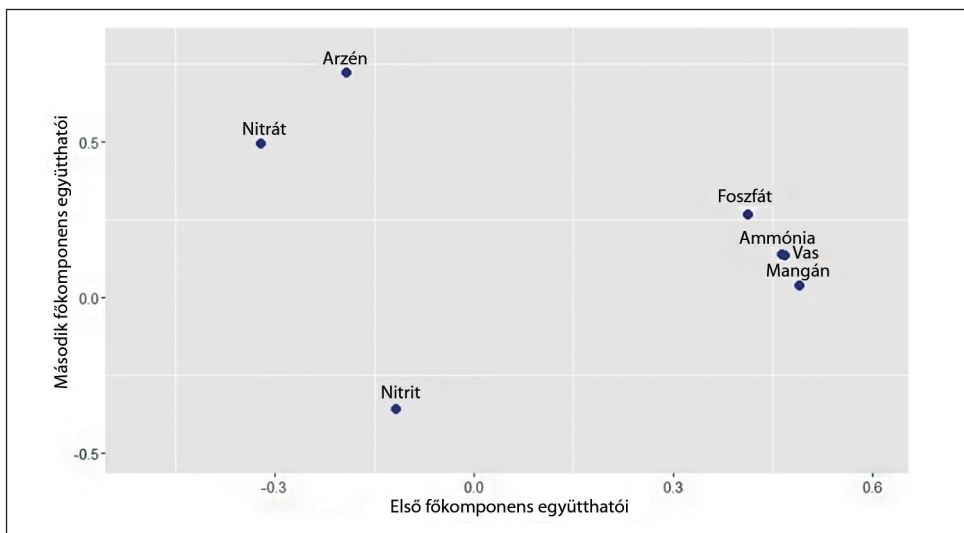
Az ammónia és a nitrit értéke a 8. ábra alapján az ásott kutakban igen alacsony, néhány kiugró értéket leszámítva. Látszik, hogy az alsó kvartilis értéke majdnem megegyezik a medián értékével. Továbbá a nitrát értéke nagyon magas, és ezért kijelenthető, hogy az ásott kutak vizét folyamatos friss szennyezés éri. Valamennyi nitrit is jelen van, és ebből az következik, hogy régebbi szennyeződések maradványa is fellelhető a víztestekben.<sup>23</sup>



8. ábra: Ammónia-, foszfát-, nitrát- és nitrittartalom az ásott kutakban  
 Forrás: a szerző szerkesztése

<sup>23</sup> Országos Közegészségügyi Központ 2016.

Ahogy a fűrt kutak esetében is bemutattam az első és a második főkomponens együtthatóinak ábrázolását, ugyanúgy ebben a részben is ismertetem azokat. Az első és a második főkomponens együtthatói ezen az ábrán más-más relációban vannak a fűrt kutak kémiai értékeivel. A 9. ábra a főkomponens-analízis együtthatóinak korrelált értékeit tartalmazza. Mivel ezen értékek eltérnek az ásott és a fűrt kutak esetében, kijelenthető, hogy az ásott és a fűrt kutak kémiai értékei nemcsak eltérnek egymástól, de teljesen más korrelációs értéket is adnak. Ebből kifolyólag nemcsak kémiai, de fizikai és bakteriológiai tulajdonságaiban is jelentősen eltér a két víztípus.

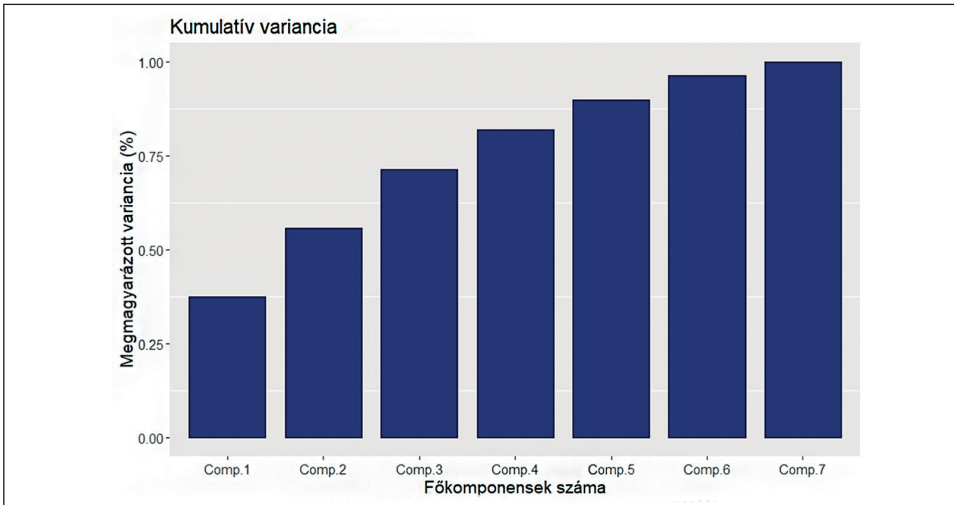


9. ábra: Az első és a második főkomponens együtthatóinak közös ábrázolása pontdiagramm segítségével

Forrás: a szerző szerkesztése

A korrelációmátrix az ásott kutak mért eredményeinek függvényében is megmutatja a nagyobb adathalmazból a variancia százalékos értékeivel relációban a főkomponensek számértékeit. A főkomponensek száma ebben az esetben is 8–1, tehát a kumulatív variancia megmutatja a megmagyarázott variancia százalékos értékét.<sup>24</sup>

<sup>24</sup> FÜSTÖS 2009.



10. ábra: A főkomponensek és a megmagyarázott kumulatív variancia függvényének százalékosított értéke az ásott kutak eredményeinek függvényében

Forrás: a szerző szerkesztése

Mivel a kútvezek bakteriológiailag nagyon szennyezettek, emiatt az életképes csírák telepkepzésének csökkentése is igen jelentős eredmény. A nyolc vizsgált ásott kútból 6 esetben az ivóvízre vonatkozó határérték feletti értékeket mértem. Amit érdemes megjegyezni, hogy két kút volt, amelyben a *Pseudomonas aeruginosa* is jelen volt. Ezekben a vizekben a Neomagnol hatásosan fertőtlenített. Viszont az egyik esetben, ahol az *Enterococcus faecalis*szal való szennyezettség mértéke 600 TKE fölötti volt, ez 6-ra lecsökkent. Ez alapján kijelenthető, hogy az életképes telepkepző csírákkal szemben a Neomagnol nagyon hatásos.<sup>25</sup>

A második mérési sorozat esetében a klóros fertőtlenítést az egységnyi adagolás és a számított klórigény alapján is megvizsgáltam. A cél az volt, hogy az adott víztestben a bakteriológiailag aktív telepkepző csírák inaktiválódjanak. A kiindulási értékek mindegyike meghaladta a határértéket. Az egységesen adagolt fertőtlenítőszer, valamint a törésponti klórozás során szokásos ökölszabályként megállapított klórigény között jelentős különbség figyelhető meg. Ami ezen felül még lényeges, hogy az ásott kutak esetében a klórozás célja nem az, hogy ivóvíz-minőségűvé váljon az adott víztest. Ez nem is valósítható meg, mivel a víztest organoleptikus tulajdonságai továbbra is fogyasztásra alkalmatlanná teszik azt, valamint a kémiai megfelelés sem valósul meg ezzel a kezelési módszerrel, amelyet az ivóvízre vonatkozó kormányrendelet meghatároz.<sup>26</sup> A klóros kezelés ebben a mérési sorozatban csak és kizárólag a bakteriológiai csíramentességre (vagyis a nagy fokú szennyezettség miatt inkább a telepkepző egységek számának csökkentésére) irányult.

<sup>25</sup> PECHÓ 2001.

<sup>26</sup> 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről.

## Összefoglalás

Kutatómunkám során kútvezek minőségi elemzését végeztem el. A kútvezek típusa, kémiai és mikrobiológiai minősége, a víz típusa, szennyezettségi foka megmutatja a felhasználóknak, hogy milyen célra lehet és szabad felhasználni az adott vízforrást.

A Békés vármegyei térség az Alföld déli területén helyezkedik el, és mind az ásott, mind a fúrt kutak jelentősen részt vesznek a mezőgazdasági öntözésben, valamint a háztáji vízellátásban. A vízminőségtől függ a hasznosíthatóság. A vezek kontaminációja lehet antropogén és geológiai jellegű is. A tájegység legjellemzőbb problémája a magas arzéntartalom, amely geológiai eredetéből adódik. Az ember okozta szennyeződés pedig főképp a szervesanyag-tartalomban mutatkozik meg. Ez bekerülhet a víztestbe nem megfelelően fúrt kutak esetében, de az ásott kutak nyílt jellege miatt az időjárás, valamint a nem megfelelően kialakított védelem is okozhat magasabb szennyezettségi értéket.

A kútvezek tisztítása megvalósítható fizikai módszerekkel (szűrés, forralás), valamint kémiai fertőtlenítőszerrel is (klóros fertőtlenítés). Mindenképpen érdemes időről időre megvizsgálni a kútvíz értékét, mert a víztestben változások állhatnak be, és ezek befolyásolhatják a víz minőségét.

A különböző fertőtlenítőszerrel közül a klóros fertőtlenítés több szempontból is jelentős. Oxidációs foka, a szennyeződések megkötése, bakteriológiai fertőtlenítőképesége olyan mértékű, hogy a víztisztítás során kulcsfontosságú szerepet tölt be. A magántulajdonban lévő kutak használata során is érdemes figyelembe venni, hogy a víztest milyen alapvető bakteriológiai és kémiai paraméterekkel rendelkezik. Ehhez viszonyítva fúrt kút esetében érdemes a klórigény számításával kikalkulálni a sztöchiometriai arányokat, és az alapján klórt adagolni a víztesthez. Ásott kút esetében azonban ezek az elvek már nem érvényesek. Mivel az ásott kút sekélyen, többnyire fedetlenül van, és sokszor álló víz található benne, nagy valószínűséggel igen magas a kontamináltsága is. Ezért az ilyen típusú víztesteket kifejezetten nem ajánlott – akár még kombinált tisztítások után sem – emberi fogyasztásra használni. Ez alól természetesen van kivétel, például a reverz ozmózis technológiája vagy az olyan professzionális víztisztító, amely nagy fokú és folyamatos szűrést tud kialakítani (például szénszűrővel, UV-s technológiával, mechanikai szűrővel ellátott berendezés).

A hőkezeléses eljárás megfelelő lehet a csíramentesítésre. Azonban azt nem szabad elfelejteni, hogy a klasszikus bakteriológiai mérések során csupán az életképes csírák pusztulnak el. Az általuk termelt toxinok, illetve az elhalt baktériumok szűrés vagy egyéb kezelés hiányában ugyanúgy benne maradnak a víztestben, amelyek egészségügyi problémákat okozhatnak.

## Felhasznált irodalom

Az E-Közmű Térkép adatbázisa. Online: <https://www.e-epites.hu/e-kozmu>

BEREK Tamás (2016): A vízbiztonsági tervezés szerepe a fenntartható vízgazdálkodásban. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(2), 32–48.

BUFA-DÖRR Zsuzsanna et al. (2021): *Magyarország ivóvízminősége*. Jelentés. Nemzeti Népegészségügyi Központ. Online: [https://www.nnk.gov.hu/attachments/article/726/lvovizminoseg\\_2020.pdf](https://www.nnk.gov.hu/attachments/article/726/lvovizminoseg_2020.pdf)

- DÖVÉNYI Zoltán (2010) [1990]: *Magyarország kistájainak katasztere*. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet.
- FÜSTÖS László (2009): A sokváltozós adatelemzés módszerei. In FÜSTÖS László – SZALMA Ivett: *Módszertani füzetek*. [H. n.]: MTA Szociológiai Kutatóintézete Társadalomtudományi Elemzések Akadémiai Műhelye.
- KÁLLAY Ernő (2013): *A magyar honvédség vízellátása, különös tekintettel a víztisztításra*. PhD-disszertáció. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi Doktori Iskola.
- Országos Közegészségügyi Központ (2016): *Ivóvíz kiskaté, lakossági tájékoztató a gyakran ismételt kérdésekről*. Online: <http://oki.antsz.hu/files/dokumentumtar/kiskate-2016-03.pdf>
- PADÁNYI József (2015): Vízkonfliktusok. *Hadtudomány. A Magyar Hadtudományi Társaság folyóirata*, 25, 272–284.
- PECHÓ Zoltán (2001): *Fertőtlenítés és sterilizálás. Semmelweis Egyetem Egészségügyi Főiskolai Kar*. Budapest: Semmelweis.
- SAJÓ Zsolt Attila (2021): *Főkomponens analízis*. Online: <https://sajozsattila.home.blog/2021/08/02/fokomponens-analizis-2/>
- SALAMON Endre (2021): Egyes komponensek eltávolítási mechanizmusai és technológiái. In VADKERTI Edit: *Vízszerezés, víztisztítás. Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Víztudományi Kar*. Budapest: Ludovika.
- TAKÁCS Krisztina – KUTI Rajmund (2017): Fenntartható vízellátás biztosításának aktuális kérdései. *Védelem Tudomány. A Katasztrófavédelem online szakmai, tudományos folyóirata*, 2(2), 304–317. Online: <https://www.vedelemtudomany.hu/articles/17-takacs-kuti.pdf>
- TÖRÖK Sándor (2011): *Vízellátás és szennyvízkezelés*. Gödöllő: Szent István Egyetem.
- WHO (2018): *A Global Overview of National Regulations and Standards for Drinking-Water Quality*. Online: [A global overview of national regulations and standards for drinking-water quality \(who.int\)](http://www.who.int)

## Jogi forrás

- 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről. Online: <https://njt.hu/jogszabaly/2001-201-20-22>



Andóczy-Balogh András Ádám<sup>1</sup> 

# A hárompontos hátrametszés analóg megoldása a tüzér bemérő alegységek számára

## Three Point Resection Analogue Solution for Artillery Survey Units

A Magyar Honvédség jelenleg folyó fegyverzetieszköz-beszerzése mellett a tüzérségi eszközök kiszolgálására és a tüzér felderítési feladatok korszerű ellátása miatt is új bemérő- és felderítőeszközöket szerzett be. Ezen eszközöket GPS- és/vagy giroszkópos iránymérő berendezéssel látták el, amelyek önállóan képesek hálózati irányszög meghatározására. Azonban a bemérési, koordinátamegállapítási módok és számítások analóg ismerete továbbra is elengedhetetlen. A számítások megoldásának ismerete nemcsak adott helyzetben az esetleges hibák feltárását és megoldását segíti elő, hanem adott esetben az elektronikus és digitális rendszerek hiánya, hibája esetén is biztosítja a feladatok időbeni és pontos végrehajtását. A hárompontos hátrametszés az egyik legkomplexebb számítási feladat, azonban sikeres végrehajtása esetén pontos hálózati irányszöget és koordinátát ad. A feladat megoldásának segítése és egyszerűsítése érdekében 2019-től kezdve megoldólappal hajtották végre a számítási feladatokat a tüzérisztképzésben részt vevők. Az évek alatt a megoldólapot tovább pontosították és egyszerűsítették, olyan mértékig, hogy ezt követően a tüzér bemérő alegységek is használhatják.

**Kulcsszavak:** bemérés, tüzér, számítás

*In addition to the ongoing procurement of armament equipment, the Hungarian Defence Forces has also acquired new survey and reconnaissance equipment to support field artillery and to perform artillery reconnaissance tasks in an up-to-date manner. These devices are equipped with GPS and/or gyroscopic direction finding equipment capable of autonomously determining the*

<sup>1</sup> Egyetemi tanársegéd, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: [andoczi.balogh.andras.adam@uni-nke.hu](mailto:andoczi.balogh.andras.adam@uni-nke.hu)

*grid direction. However, an analogue knowledge of the methods and calculations of positioning and coordinate determination is still essential. The knowledge of how to solve these calculations not only helps to detect and solve possible errors in a given situation, but also ensures the timely and accurate execution of tasks in the event of the absence or failure of electronic and digital systems. The three-point resection is one of the most complex computational tasks, but when successfully performed, it provides an accurate grid direction and coordinate. To help and standardise the task, starting in 2019, the calculation tasks have been carried out with a solver by the artillery officer cadets. Over the years, the solution sheet has been further refined and simplified to the extent that it can now be used by field artillery survey sub-units.*

**Keywords:** survey, field artillery, calculation

## Bevezetés

A hárompontos hátrametszés a geodéziában a pontkapcsolásokhoz, a tábori tüzérségnél a bemérőeljárások között a metszésekhez tartozik. Ez matematikai feladat, amely során három ismert koordinátájú pontból, valamint egy ismeretlen pontból a pontok között mért belső szögek segítségével nemcsak az ismeretlen pont helye, hanem az ismeretlen pontból a középső pontra menő hálózati irányyszög is meghatározható.

A Magyar Honvédség tüzérségénél ezt a számítási módot alapvetően a PSION kézi számítógép segítségével hajtják (hajtották) végre, mivel az analóg eljárás jelenleg nem szerepel a tábori tüzérség harцszolgálati szakutasításában. A *Tü/27 Szakutasítás a rakétacsapatok és a tüzérség harцtevékenységének bemérő előkészítésére* című szabályzatban még szerepelt, azonban ezt a szabályzatot már kivonták, és a megoldáshoz logaritmustáblázatot, valamint fok-, fokperc- és fokmásodperccadatokot kellett alkalmazni.<sup>2</sup> A PSION kézi számítógépekből, amelyekhez volt hárompontos hátrametszést megoldó program, előregedésük és pótlásuk hiánya miatt egyre kevesebb van. Az előzőekben említett okok miatt, valamint a tudás megőrzése és visszaépítése érdekében 2019-ben elkészítettem egy olyan segédletet, amely ennek a feladatnak az egyik, a lehető legegyszerűbb megoldását, valamint a számítások végrehajtásához szükséges lépéseket tartalmazza.

A feladat ismertetésekor SI-mértékegységeket, valamint a katonai vonásrendszert alkalmazom, megjelölve, hogy az a 6000 vagy a 6400 vonásos rendszer. A vonás irányértékének helyes jelölése 0-12 (értsd: tizenkét vonás), ameddig nem éri el a százas helyi értéket, százas helyi érték felett 01-56 (értsd: százötvenhat vonás).

---

<sup>2</sup> Tü/27 szakutasítás 1980: 58–66.



## Bemérés

A tűzérbemérés terepi és számítási – esetenként szerkesztési – munkák összessége, amely során a harcrendi elemek derékszögű koordinátáját, tengerszint feletti magasságát és a tájolóirány irányszögét állapítjuk meg. A tűzéség számára a harcrendi elemek – legyen az tüzelőállás, figyelőpont, ellenőrző pont – koordinátáinak és a tájolóirányok irányszögeinek megállapítása elsődleges fontosságú, mivel a fegyvernem alapvetően megosztott irányzású tűzfeladatokat hajt végre nagy lő- és hatótávolságú fegyverrendszerekkel. Emiatt a bemérés során az adott területen végrehajtható bemérési eljárásokból mindig a lehető legnagyobb pontosságú és a lehető leggyorsabb megoldás alkalmazása kötelező.<sup>3</sup>

A hárompontos metszés előnye más bemérési eljárásokhoz képest, hogy ezzel az eljárással nem szükséges az adott tájolóműszert a feladat elvégzése előtt tájolni egy tájolópontra, és megállapítani a tájolóirány hálózati irányszögét, amihez szükség van az adott területre és műszerre egyedileg jellemző mágneses elhajlás értékére.<sup>4</sup> Ez az érték a Magyar Honvédség tűzérbemérő szabályai szerint a megállapítás helyétől maximum 10 kilométeres távolságig alkalmazható, attól távolabb újra meg kell állapítani. Tehát amennyiben a bemérőcsoportnak olyan területen kell végrehajtania a feladatát, ahol valamilyen tényező miatt nem állapítható meg a mágneses elhajlás értéke, akkor a hárompontos metszés eljárásának alkalmazásával pontos hálózati irányszögöt lehet nyerni. Ezt az irányszögértéket a bemérési feladat folytatása során fel lehet használni az adott területre és műszerre jellemző mágneses elhajlás értékének megállapítására is.

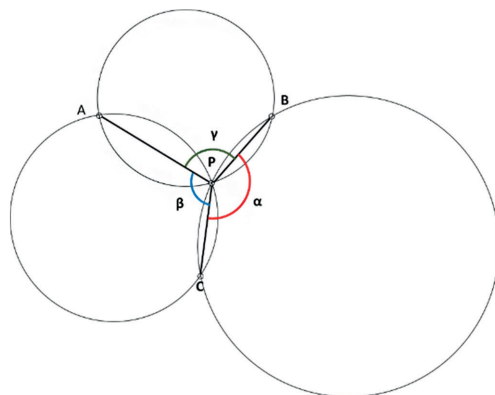
## Hárompontos hátrametszés

A hárompontos hátrametszés az a fajta pontkapcsolás (1. ábra), amely során egy ismeretlen pontról 3 ismert pont és a közöttük mért belső szögek segítségével állapítjuk meg az ismeretlen pont koordinátáit. A 1. ábrán látható A, B és C jelöli az ismert pontokat, valamint a pontok között mért belső szögeket  $\alpha$ ,  $\beta$  és  $\gamma$ .

A hátrametszési feladatnak több megoldása van, például a Kupis József és Kruspér István-féle közvetlen megoldás vagy a Sossna-féle megoldás két segédkörrel. Az előbbi során háromismeretlenes egyenletrendszert kell megoldani, míg a második esetén két segédpontot kell kijelölni. Ezen koordináta geometriai megoldás, amely két kör metszéspontját számolja, többismeretlenes és másodfokú egyenletrendszer megoldásával hajtható végre. A feladatot minimum öt helyi értékű  $x$  és  $y$  koordinátával kell kiszámolni, ami a négyzetre emelt értékek miatt rendkívül bonyolulttá válik, továbbá a számítás során a körök középpontját is meg kell határozni a feladat megoldásához, ami tovább növeli a megoldás idejét és a hibalehetőségek számát.

<sup>3</sup> Tű/5 szabályzat 2015: 2.2.2. pont.

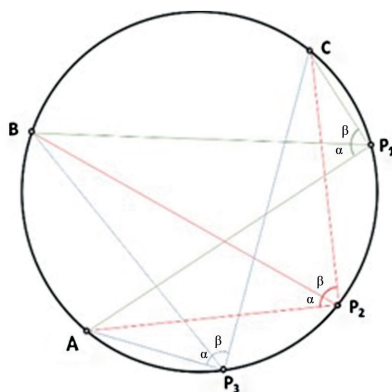
<sup>4</sup> Tű/5 szabályzat 2015: 4.2.3. fejezet.



1. ábra: Az ismert és ismeretlen pontok köré rajzolható körök

Forrás: a szerző szerkesztése

Azonban a feladat megoldásakor, bármely megoldási eljárással dolgozunk, előállhat olyan helyzet, amikor a feladat megoldhatatlan lesz. Ez azért történhet, mert amint az a 2. ábrán is látszik, a  $\beta$  szög a C, a P és a B pont köré írt kör CB-húrjához tartozó szög a P pontból, az  $\alpha$  szög az A, a P és a C pont köré húzott AC-húr szöge a P pontból. Amennyiben a középső pont (B) ugyanarra a körre esik, voltaképpen az ismeretlen pontból az AB-, a BC- és az AC-húr P pontból mért szöge a körív bármely pontján ugyanannyi (2. ábra).



2. ábra: A hárompontos hátrametszés megoldhatatlansága

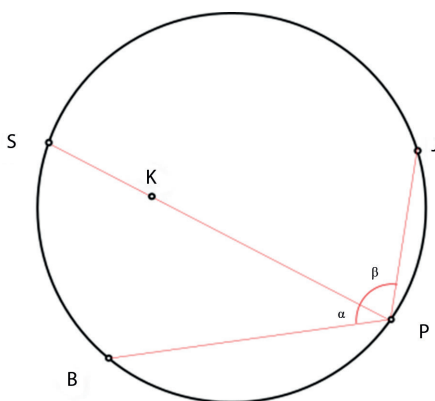
Forrás: a szerző szerkesztése

Ezt elkerülendő a bemérési feladat végrehajtása során, a pontok kiválasztásakor különös figyelmet kell fordítani arra, hogy az ismert pontok közül a középső a többi ponthoz képest távolabb vagy közelebb legyen, elkerülendő a fenti helyzet kialakulását.

## A segédkörrel végrehajtott hátrametszés (Collins-féle megoldás)<sup>5</sup>

A feladat megoldási lehetőségei közül a Collins-féle megoldást választottam, amelyet egyszerűen, zsebszámológép nélkül, a lőtáblázatokban<sup>6</sup> található trigonometriai táblázatok segítségével, papíron számolva is meg lehet oldani. Természetesen alapszintű trigonometriai számításokra képes zsebszámológéppel a feladat végrehajtási ideje jelentősen lecsökken.

A megoldás egyszerűsítése érdekében, hogy a pontokat kevésbé lehessen összekeverni, az ismeretlen pontot P-vel, a bal oldali pontot B-vel, a középső pontot K-val, a jobb oldalt J-vel, a segédpontot pedig S-sel jelöltem. A feladatot segédkörrel kell végrehajtani. Ez a kör a B, a J és a P pontra szerkesztett kör, amelyre a P pontból a K ponton keresztül húzott egyenes és kör metszéspontjába segédpontot kell kijelölni, ez lesz az S pont (3. ábra). A P pontból a B és a K pont között mért belső szög az  $\alpha$ , valamint a K és a J pont között mért belső szög a  $\beta$ .



3. ábra: A feladat során alkalmazott pontok és alapadatok

Forrás: a szerző szerkesztése

Az ismert pontok helyzete alapján két helyzet állhat elő. Az egyik esetben a középső pont a segédkörön belül, a második esetben a segédkörön kívül helyezkedik el. A kidolgozás során a két eset abban különbözik, hogy a számítás egyes lépéseinél, ha a körön kívül esik a középső pont, negatív értékeket kapunk eredményként. Ezeket az eseteket a megoldási folyamat bemutatása után jelzem.

<sup>5</sup> CSEPREGI–GYENES–TARSOLY 2013: 164.

<sup>6</sup> A bemérési feladat során a bemérő alegység számára a lőtáblázat előírt felszerelés, mivel az átlóhetőség kiszámítása miatt szükséges. A trigonometriai táblázatok a Tű/5 szabályzatban is megtalálhatóak.

## Végrehajtás

A végrehajtás során, miután a három ismert pontot és azok koordinátáját meghatároztuk, valamint a pontok közötti belső szögeket is, elsőként a bal és jobb oldali pontok távolságát kell kiszámolni (1. táblázat), amelyet a Pitagorasz-tétel segítségével lehet a legegyszerűbben meghatározni. Ehhez a jobb oldali pont koordinátájából ki kell vonni a bal oldali pont koordinátáját.

$$t_{BJ} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (1)$$

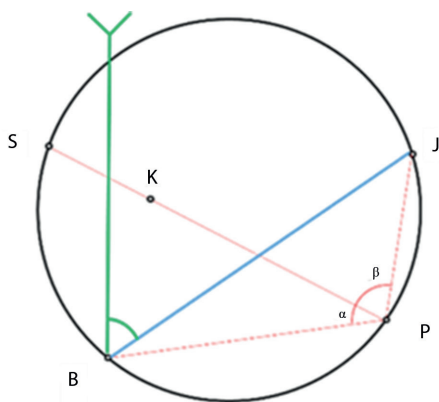
1. táblázat: Derékszögű koordináták különbségeinek meghatározása

$X_j$	$-X_B$	$=\Delta X$
$Y_j$	$-Y_B$	$=\Delta Y$

Forrás: a szerző szerkesztése

A kivonás sorrendje nem a távolságszámítás végrehajtásához szükséges, hanem a következő lépéshez, amely a B pontról J pontra menő hálózati irányszög értékének meghatározása, az alábbi képlettel:

$$\tan^{-1} \frac{\Delta y}{\Delta x} = R^7 \quad (2)$$



4. ábra: A bal és jobb oldali pontok irányszögének meghatározása

Forrás: a szerző szerkesztése

<sup>7</sup> Az R szögérték, amelyet a függőleges tengelytől kell mérni, mivel az alkalmazott trigonometriai számítás a derékszögű koordináta-rendszer függőleges tengelyétől adja meg a szögértéket.

A B és a J pont koordinátái különbségeinek előjele határozza meg, hogy az adott irányszög melyik térnegyedbe mutat. Az alábbi táblázatban látható, hogy hogyan kell az R szöggel az irányszöveget meghatározni.

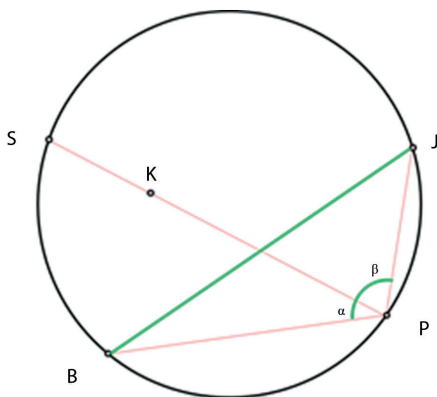
2. táblázat: Az R szögérték hálózati irányszöggé való átszámítása

$\frac{\Delta y}{\Delta x} = R = (BJ)$	$\frac{\Delta y}{-\Delta x} = 3000 - R = (BJ)$	$\frac{-\Delta y}{-\Delta x} = 3000 + R = (BJ)$	$\frac{-\Delta y}{\Delta x} = 6000 - R = (BJ)$
--	--	---	--

Forrás: a szerző szerkesztése

Miután a B és a J pont távolsága ismert, a körben a húr látószögének összefüggései miatt meg lehet határozni a kör átmérőjét (D). Egy körben a húr látószöge a köríven mindig állandó, emiatt lehetséges, hogy a BJ-távolsággal és a P pontból mért szöggel meghatározhatjuk a kör átmérőjét. Ehhez a P pontból a B és a J pont között mért belső szög értéke, valamint a B és a J pont távolsága szükséges (5. ábra).

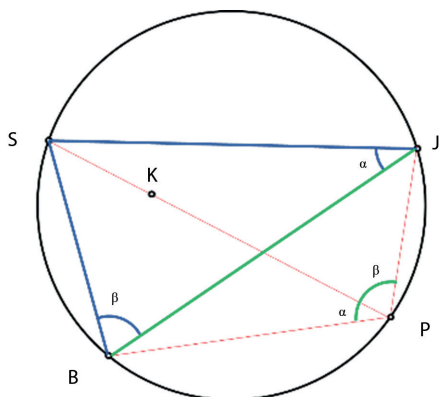
$$D = \frac{t_{BJ}}{\sin(BPJ)} \tag{3}$$



5. ábra: A kör átmérőjének meghatározása

Forrás: a szerző szerkesztése

A következő két lépésben az S segédpont koordinátáit kell meghatározni. Elsőként a B és az S pont távolságát kell kiszámítani. Felhasználva ismét a húr látószögeinek összefüggését az SJB-szög egyenlő az SPB-szöggel ( $\alpha$ ), valamint az SPJ-szög egyenlő az SBJ-szöggel ( $\beta$ ) (6. ábra).



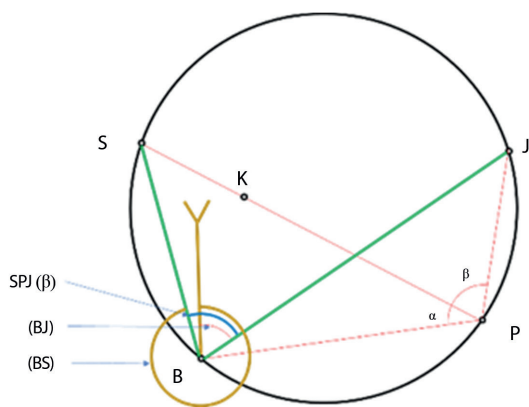
6. ábra: A bal oldali és a segédpont távolságának meghatározása

Forrás: a szerző szerkesztése

A BJ-irányszög értékéből a  $\beta$  szöveget kivonva a B és az S pont irányszögét kapjuk meg (7. ábra), illetve a kör átmérőjének kiszámításakor alkalmazott képletet átalakítva a B és az S pont távolságát lehet meghatározni. Abban az esetben, mint amelyik a 7. ábrán is látható, hogy  $\beta$  szögérték nagyobb, mint a BJ-irányszög, akkor az eredmény negatív érték lesz, amelyhez 60-00-t (64-00) hozzáadva megkapjuk a helyes hálózati irányszöget B pontról S pontra.

$$t_{BS} = D \sin(BPS) (\alpha)$$

$$(BS) = (BJ) - SPJ (+60-00) \text{ vagy } (+6400) \quad (4)$$



7. ábra: A bal oldali pont és a segédpont távolságának és irányszögének meghatározása

Forrás: a szerző szerkesztése

Ezen értékek megállapítása után egyszerű geodéziai feladattal,<sup>8</sup> egy ismert pontból irány és távolság ismeretével meghatározhatjuk az S segédpont koordinátáit. Ehhez a következő képleteket kell alkalmazni:

$$Y_S = Y_B + t_{BS} \sin(BS); \quad X_S = X_B + t_{BS} \cos(BS) \quad (5), (6)$$

A P pont koordinátái meghatározásának egyik lényeges kérdése, hogy a K és az S pont milyen távol helyezkedik el egymástól. A veszélyes kör közelsége a K pont helyzetéhez a számítási pontosságot is meghatározza. Emiatt az S és a K pont távolságát is meg kell határozni, ezt ugyanúgy kell végrehajtanunk, mint azt a B és a J pont távolságánál tettük.

3. táblázat: A középső pont és a segédpont koordináta-különbségeinek meghatározása

$X_K$	$-X_S$	$=\Delta X$
$Y_K$	$-Y_S$	$=\Delta Y$

$$t_{CK} = \sqrt[2]{\Delta X^2 + \Delta Y^2} \quad (7)$$

Forrás: a szerző szerkesztése

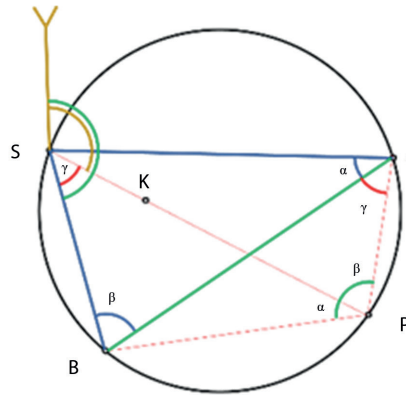
A két pont távolsága után az S pontról a K pontra menő hálózati irányszöveget is meg lehet határozni a 2. táblázat segítségével, amely voltaképpen a K pontról a P pontra menő irányszög, amelyet 30-00-val (32-00-val, 6400 vonásos rendszerben) megfordítva megkapjuk a P pontról a K pontra menő irányszöveget, amely a teljes feladat megoldásának egyik eleme.

$$\tan^{-1} \frac{\Delta y}{\Delta x} = R \rightarrow (SK) \quad (8)$$

Miután már rendelkezünk a B pontról az S pontra menő, valamint az S pontról a K pontra menő hálózati irányszöggel, a BS-hálózatiirányszöveget 30-00-val (6400-s vonásrendszerben 32-00-val) megfordítva, majd abból kivonva az SK-szöveget megkapjuk a BSK- ( $\gamma$ ) szöveget. Ezt, valamint a húrok látószögeinek összefüggéseit felhasználva meg lehet állapítani az S és a P pont távolságát. A 8. ábrán látható, hogy a BP-húr látószöge ( $\gamma$ ) az S pontból ugyanaz, mint a J pontból. Valamint az SB-húr látószöge ( $\alpha$ ) a P pontból ugyanaz, mint a J pontból. Emiatt a J pontból az SP-húr hossza, tehát az S és a P pont távolsága megállapítható az alábbi képlettel:

$$t_{CP} = D \sin(BPS + BSP) \\ BSP + BSP = (\alpha + \gamma) \quad (9)$$

<sup>8</sup> Más néven előremetszés vagy sarkeljárás.



8. ábra: Az ismeretlen pont távolságának meghatározása a segédpontról

Forrás: a szerző szerkesztése

Az SP-távolság megállapítása után, ha a K és az S pont távolsága nem nulla, a hárompontos hátrametszés befejező lépése egy ismert pontból adott irány és távolság ismeretével a P pont koordinátájának meghatározása, amelyet az alábbi módon lehet megtenni:

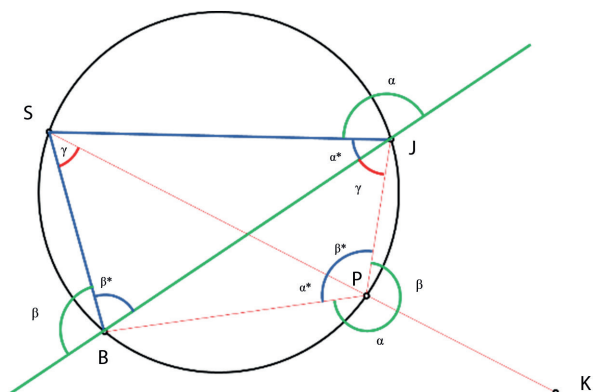
$$Y_p = Y_s + t_{sp} \sin(SK); \quad X_p = X_s + t_{sp} \cos(SK). \quad (10), (11)$$

## K pont a segédkörön kívül

Amennyiben olyan helyzet áll elő, amelynél a K pont a segédkörön kívül helyezkedik el, akkor az előbb felsorolt lépésekkel ugyanúgy kiszámítható a P koordinátája, csak a megoldás során negatív értéket kapunk. A következő számítások értéke változik negatívra:

1.  $D = \frac{t_{BJ}}{\sin(BPJ)}$ ;
2.  $t_{TB} = D \sin BS$ ; valamint a számított irány is 30-00-val tér el (32-00, ha 6400-as vonásrendszert használunk);
3.  $BSK = SB - SK$ ;
4.  $t_{sp} = D \sin(BPS + BSP)$ .





9. ábra: A három ismert pont helyzete egy változatban, amikor a középső pont a körön kívül helyezkedik el  
 Forrás: a szerző szerkesztése

A feladat végrehajtása a Collins-féle megoldással – összevetve a többi megoldási módszerrel – nem nevezhető bonyolultnak, viszont figyelmet és pontosságot követel, hogy a bemérés során a megfelelő adatokkal hajtsa végre a feladatot a bemérést végző. Amennyiben a K és az S pont távolsága kicsi, vagy az eredmény közelít a nullához, akkor célszerű a pontok kiválasztását (bal, középső és jobb) megváltoztatni, s előlről kezdeni a feladatot. Ezt megelőzendő fontos, hogy a pontokat előzetesen is megfelelő sorrendben jelöljük ki.

## Megoldólap

A megoldólapot a bemérési feladat végrehajtása segítésére szerkesztettem meg, hogy a végrehajtás során a bemérést végrehajtó ne hagyjon ki lépéseket, rendelkezésre álljanak alkalmazandó képletek, valamint rendelkezésére álljon hely és lehetőség, hogy a megfelelő adatokkal dolgozzon.

4. táblázat: A megoldólap

Alapadatok				
Pontok	Írányérték	Koordináta 'Y'	Koordináta 'X'	Magasság (m/n)
B				/
K				/
J				/
$\Delta x$		$-X_B$	$=\Delta X$	
$Y_1$		$-Y_B$	$=\Delta Y$	
		$\sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$	$=t_{Bj}$	

$\tan^{-1} \frac{\Delta y}{\Delta x} = R$			=(BJ)
$\frac{\Delta y}{\Delta x} = R = \alpha$	$\frac{\Delta y}{-\Delta x} = 3000 - R = \alpha$	$\frac{-\Delta y}{-\Delta x} = 3000 + R = \alpha$	$\frac{-\Delta y}{\Delta x} = 6000 - R = \alpha$
$\frac{t_{BJ}}{\sin(BPJ)}$			= 2R = D
(BJ) - SPJ ( $\beta$ )			=(BS)
$2R \sin(BPS)$			= $t_{BS}$
$Y_B$	$+ t_{BS} \sin(BS)$		= $Y_S$
$X_B$	$+ t_{BS} \cos(BS)$		= $X_S$
$X_k$	$-X_S$		= $\Delta X$
$Y_k$	$-Y_S$		= $\Delta Y$
$\sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$			= $t_{SK}$
$\tan^{-1} \frac{\Delta y}{\Delta x} = R$			=(SK)
(SB) - (SK)			=BSK
$2R \sin(BPS + BSP) (\alpha + \gamma)$			= $t_{SP}$
$Y_S$	$+ t_{SP} \sin(SK)$		= $Y_P$
$X_S$	$+ t_{SP} \cos(SK)$		= $X_P$
a P koordinátája			(PK) = (SK $\pm$ 3000)

Forrás: a szerző szerkesztése

Emellett a lapon az adatokat, a számítások eredményét is be lehet írni, így a végrehajtónak nem kell külön lapon vagy füzetben dolgoznia, ezáltal a bemérési feladat dokumentálása is azonnal rendelkezésére áll.<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Tű/5 szabályzat 2015: 2.2.5. pont.

## Gyakorlati felhasználás

Az egyre növekvő digitalizáció mellett fontos a műveletek, bemérési eljárások analóg ismerete. A GPS-ek, inerciális iránymérővel ellátott lézertáv mérők nagyban segítik és gyorsítják a bemérési feladatok végrehajtását. Azonban a rendszerek számításai, illetve koordinátameghatározása tőlünk független, és áramforrást igényel az alkalmazásuk. A GPS-ek zavarhatósága miatt, amennyiben nincs független forrásból származó koordináta, nem tudható a koordináta megállapításának pontossága.

Ezzel a módszerrel, ha rendelkezésre áll három ismert pont, akkor megfelelő pontossággal lehet egyszerre a koordinátát és az irányszöveget meghatározni. A feladat elvégzése után a mért belső szögek segítségével a B és a J pontra menő hálózati irányszöveget is meg lehet határozni. Illetve a B, a J és a P pont koordinátáinak segítségével ki lehet számolni a hálózati irányszöveget. Amennyiben a belső szögek és a PK-hálózatiirányszög, valamint a B, a J és a P pont koordinátái alapján kiszámított hálózati irányszögek mind egyeznek, akkor ez a bemérési feladat ellenőrzésének is elfogadható, nem kell másik eljárással végrehajtani a bemérés ellenőrzését.

A feladat végrehajtható akár 6000-es vagy 6400-as vonásrendszer alkalmazásával. Mivel trigonometriai számításokkal kell a feladatot végrehajtani, egyedül a vonás fokra való számítását kell a lehető legpontosabban végrehajtani. Ezt a 6000 vonásos rendszerben a vonásérték 0,06-tal való megszorzásával, 6400 vonásos rendszer esetén 0,05625-tel való szorzással kell megoldani. A másik lehetőség a 16,66666-tal (végtelen tizedes tört) való osztás a 6000 vonásos, valamint 17,7777 (szintén végtelen tizedes tört) a 6400-as rendszerben. Azonban az utóbbi két állandó, mivel végtelen tizedes törtek, nem ad pontos értéket, mivel a véges tizedes törttel való számítás pontosabb értéket ad, mint a végtelen tizedes törttel való. Például 3-00 vonásérték esetén, ha 16,666-tal való osztást végzünk, akkor 18,0007°-ot kapunk, a 0,06-tal történő szorzás esetén viszont a helyes 18° az eredmény. A nem nagy eltérés is jelentős hibát okozhat, mivel a hátrametszés során nagy távolságú pontokkal kell a feladatot végrehajtani, a szögeltérések a távolság függvényében lineárisan növekvő hibát hoznak létre, ami a végeredmény meghatározásakor további hibához vezet.

## Felhasznált irodalom

- Bemérőkatonák és alegységek szakkiképzési kézikönyve 267/386 (889/355) [é. n.].*  
CSEPREGI Balázs – GYENES Róbert – TARSOLY Péter (2013): *Geodézia I.* Székesfehérvár: NYM.  
*Tű/27 Szakutasítás A rakétacsapatok és a tűzértség harctevékenységeinek bemérő előkészítésére* (1980).  
Honvédelmi Minisztérium.  
*Tű/5 A Magyar Honvédség táborig tüzér és páncéltörő tüzalegységeinek harcsolgálati szabályzata* (2015).  
Magyar Honvédség.



Tampu Stelian<sup>1</sup> 

# A katasztrófamenekültek ideiglenes elhelyezéséhez szükséges infrastrukturális követelmények és egy nem kormányzati szervezet szerepe

## Infrastructural Requirements for Temporary Accommodation of Disaster Refugees and the Role of an NGO

*A gyakori természeti és humanitárius katasztrófák nagyon sok feladat elé állítják az államok társadalmait, erre létrehozott megelőzési, elhárítási és helyreállítási szervezeteit, valamint nemzeti és nemzetközi civil szervezeteit. Jelen tanulmányunkban meghatározzuk a természeti és humanitárius katasztrófák fogalmát, történelmi és civilizációs összefüggéseit, a katasztrófák következményeit és hatásait az emberre és az ember környezetére. A katasztrófamenekültek jelensége nem modern kori jelenség, a történelem minden korszakában találkozunk katasztrófamenekültekkel, de ma már tudatosan foglalkozunk a természeti és humanitárius katasztrófák okaival és következményeivel, valamint igyekszünk tudatosan megelőzni, elhárítani és helyreállítani azokat. Mindazt, ami az emberi életet veszélyezteti, az emberi értékekben kárt tesz, valamint a társadalmi rétegekben sebezhetőséget idéz elő, az államok nemzeti és nemzetközi szerződések keretein belül együttműködve igyekeznek megelőzni és kivédeni. Az államok által működtetett szervek a civil szervezetekkel együtt gondoskodni tudnak az otthonukat elhagyó emberek elhelyezéséhez szükséges infrastruktúráról, ellátási szükségleteikről mindaddig, amíg visszatérhetnek otthonukba.*

**Kulcsszavak:** katasztrófák, menekültek, katasztrófavédelem, civilek, Magyar Máltai Szeretetszolgálat

*Frequent natural and humanitarian disasters are a major challenge for societies, their prevention, response and recovery organisations, national and international NGOs (Non-Governmental*

<sup>1</sup> Doktori hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, e-mail: [sztelian@gmail.com](mailto:sztelian@gmail.com)

*Organization). In this paper, we define the concept of natural and humanitarian disasters, their historical and civilisational context, their consequences and their impact on people and their environment. The phenomenon of disaster refugees is not a modern phenomenon, we have seen disaster refugees in every period of history, but today we are consciously dealing with the causes and consequences of natural and humanitarian disasters and are consciously trying to prevent, avert and recover from them. Whatever endangers human life, damages human values and creates vulnerability in society, states work together to prevent and combat it within the framework of national and international treaties. Bodies operated by the states, together with civil society organisations, can provide the necessary infrastructure to accommodate displaced persons and about their supply needs until they can return to their homes.*

**Keywords:** *disasters, refugees, disaster management, civilians, Hungarian Charity Service of the Order of Malta*

## Bevezetés

Az ember élete állandó küzdelem a környezetében kialakuló, életét veszélyeztető jelenségek, természeti csapások, természeti katasztrófák között, amelyek ott leselkednek az élet minden pillanatában. És amikor az ember tudatosan túlfogyaszt, a természeti egyensúlyok megbomlásával a természeti jelenségek tovább szaporodnak, megsokszorozódnak.<sup>2</sup> Az emberi civilizációs fejlődés megjósolhatatlan számú és felmérhetetlen veszélyességű, az életet veszélyeztető jelenség esélyeit teremtette meg, ezeket ma humanitárius és természeti katasztrófáknak nevezzük, attól függően, hogy milyen eredetűek. Az ember számára a katasztrófa az az állapot, amikor olyan helyzet áll be, legyen az ember által okozott vagy nem, amikor az élet, az egészség, az emberi értékek és a környezet olyan károkat szenved el, amelyek visszafordíthatatlan következményekkel járnának, és akár az életet is elpusztíthatnák.<sup>3</sup>

Természetesen nagyon fontos látnunk az előzményeket, keresni az ok-okozati összefüggéseket, feltérképezni az észlelt természeti jelenségeket, értékelni környezetünk változásait, megfejteni a kialakult események előzményeit. Történelmünk és környezetünk ismerete több biztonságot nyújtó előrelátást biztosíthat, de modellezni, hogy egy-egy társadalom miért bukott el e történelmi szinten, vagy az adott járvány, földrengés, árvíz miért keletkezett, és hogy előrelátható, megjósolható jelei voltak-e, nagyon nehéz.<sup>4</sup>

Egy-egy természeti rendellenesség is csak akkor lesz katasztrófa, humanitárius szempontból, ha az olyan helyen keletkezik, ahol érinti az emberek létét, azaz élnek ott emberek, de amennyiben az emberek által lakott területtől messze esik, természeti csapásnak nevezhető, de humanitárius katasztrófának nem, hiszen legfeljebb az ott élő állatok és egyéb élőlények populációját érintheti, és a helyi állatvilágban, faunában tett kárként könyvelhetjük el. Nagyon fontos megfogalmazni pontosan, hogy melyek a természeti és humanitárius katasztrófák, ezek

---

<sup>2</sup> LÁNYI 2020.

<sup>3</sup> FERGUSON 2021.

<sup>4</sup> FERGUSON 2021.

között milyen kapcsolat van, valamint felkutatni azok kölcsönhatását. Érdeemes felsorolni, hogy történelmünk során és napjainkban milyen, az életet veszélyeztető jelenségek voltak és vannak, mivel néztek szembe az előttünk élő társadalmak, és mivel nézünk szembe mi, a ma élő társadalmak.

Fontos kérdés, hogy hol következik be a nem várt esemény, a katasztrófa, milyen földrajzi területen, milyen körülmények között, kik lakják, milyen életmódot folytatnak, milyen értékeik vannak, milyen értékrendjük van, és mit tartanak fontosnak. Mindezen kérdések megfogalmazása komoly válaszokat nyújthat a katasztrófa sújtotta országok számára, de a katasztrófamenekülteket befogadó országok számára is. Fontos megfogalmazni, hogy kinek mi a szerepe egy katasztrófamenekült-csoport ellátásában, milyen kötelezettségek hárulnak az államra, és milyen feladatokat láthatnak el az állam által koordinált civil szervezetek, az akkreditált önkéntes és az állami szervek által minősített mentőalakulatok.

A demokratikus államok nagyon kifejtett aktív civil és karitatív szervezetekkel rendelkeznek, és ezeknek a szervezeteknek a társadalomban kifejtett szociálbiztonsági szerepe ma már megkerülhetetlen és nélkülözhetetlen. A Magyar Máltai Szeretetszolgálat ma Magyarországon egyik legnagyobb szociális és humanitárius intézményrendszer-működtetője.<sup>5</sup> Ezért a társadalom perifériájára szorult társadalmi rétegeket, mint amilyen a hajléktalanoké, az időseké, a fogyatékkal élőké, a betegeké és a szegényeké, valamint a menekülni kényszerülőké, legyen az természeti katasztrófa, háború vagy éppenséggel politikai és gazdasági üldöztetés miatt, támogatja, aktívan koordinálja ezen rétegek társadalmi, szociális és humánbiztonsági feladatait, az állami és a nemzetközi szervekkel közös együttműködésben.<sup>6</sup>

## Természeti és humanitárius katasztrófák – mire gondolunk?

A magyar állam 2011. évi CXXVIII. katasztrófavédelmi törvénye nagyon pontosan határozza meg a katasztrófa fogalmát.<sup>7</sup> A Magyar Máltai Szeretetszolgálat vészhelyzetkezelési csoportjának a katasztrófa- és krízisintervenciós önkéntesek képzésére összeállított szöveggyűjteménye ennél egyszerűbben és érthetőbben fogalmazza meg, de azonos lényegi szempontok alapján.<sup>8</sup>

<sup>5</sup> ROMHÁNYI et al. 2021.

<sup>6</sup> SOLYMÁRI et al. 2016.

<sup>7</sup> 2011. évi CXXVIII. törvény a Katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról: „a veszélyhelyzet kihirdetésére alkalmas, illetve e helyzet kihirdetést el nem érő mértékű olyan állapot vagy helyzet, amely emberek életét, egészségét, anyagi értékeit, a lakosság alapvető ellátását, a természeti környezetet, a természeti értékeket olyan módon vagy mértékben veszélyezteti, károsítja, hogy a kár megelőzése, elhárítása vagy a következmények felszámolása meghaladja az erre rendelt szervezetek előírt együttműködési rendben történő védekezési lehetőségeit, és különleges intézkedések bevezetését, valamint az önkormányzatok és az állami szervek folyamatos és szigorúan összehangolt együttműködését, illetve nemzetközi segítség igénybevételét igényli.”

<sup>8</sup> „[A] katasztrófa egy sebezhető embercsoport veszélynek való kitételét képviseli, a társadalom működésének súlyos megzavarását idézve elő és emberi, anyagi, gazdasági vagy környezettel kapcsolatos veszteségeket okozva, melyek az érintett közösség vagy társadalom ellenálló képességét ilyen fajta helyzettel szemben meghaladják. A katasztrófa, a veszélyek és a sebezhetőség kombinációjának eredménye, mely meghaladja a társadalom képességét, hogy a kockázat potenciálisan negatív következményeit csökkentse.” (ADÁNYI 2015: 98.)

Természetesen nehéz nagyon pontosan definiálni a katasztrófa jelentését, azt is nehéz meghatározni, hogy adott természeti jelenség, mondjuk ha egy folyó elhagyja megszokott medrét egy nagyobb esőzést követően, mikor jelent katasztrófát, és mire, valamint kire jelent fenyegető veszélyt. Ugyanez elmondható a földrengésekről is. Nagyon fontos különválasztani azon természeti jelenségeket, amelyek ugyan hatalmas pusztítást tudnak végezni létrejöttük közvetlen környezetében, de távol esnek minden, az emberek által lakott területtől, ezért emberi életet és értékeket nem, vagy nagyon minimálisan érintenek. Nagyon jól tudjuk, hogy a természeti katasztrófák többsége az embertől teljesen független, mert a földrengések, az árvizek, a vulkánkitörések nem az emberek beavatkozása nyomán keletkeznek, és hatalmas pusztításokat tudnak végezni, az ember csupán annyit tud tenni, hogy megpróbál felkészülni, és védekezik ellenük, úgy alakítja építészeti kultúráját, lakhatási szokásait, hogy minél kevesebb kárt okozzanak ezen természeti jelenségek. Azonban vannak olyan katasztrófák, amelyek az ember beavatkozása, mulasztása miatt hatalmas emberi áldozatokkal járnak, súlyos természeti károkat okoznak, sokszor visszafordíthatatlan következményekkel. Az ipari katasztrófák idesorolhatóak, mint a csernobili atomreaktor katasztrófája, a rosszul megépített gyűjtőgátak, a robbanásveszélyes ipari létesítmények, a statikailag hibásan megtervezett építmények, hidak.<sup>9</sup>

A földrengések a legismertebb és legpusztítóbb természeti katasztrófák közé tartoznak. Az 1900 és 2017 között észlelt földrengések 9,1–9,3 fölötti erősségű megnyilvánulásait Japán környékén, a Szumátra sziget déli részén, Dél-Amerika nyugati partjainál, valamint az Alaszkai-öböl környékén észlelték, és ezen területek lakossága nagyon magas az átlaghoz képest. Ha megnézzük ezen időszak szeizmológiai jelentéseit is, akkor világosan kirajzolódik, hogy Alaszkától déli irányban a két amerikai földrész nyugati partján, az Atlanti-óceán közepén, a Földközi-tenger partjai keleti irányába haladva egészen az Arab-tengerig kimagasló számban voltak megfigyelhetők magas erősségű földrengések, de a helyzet a Csendes-óceán nyugati partjain fekvő Japán körüli területeken és a Dél-Kínától Ausztráliáig fekvő szigetvilágban a legsúlyosabb együttesen.<sup>10</sup> Ezek a területek is eléggé sűrűn lakottak.

Ezek a természeti jelenségek nehezen jósolhatók meg, ezért jelentenek magas veszélyt, nem csak lokálisan, hanem regionális értelemben is, de olykor akár globális katasztrófa kiindulópontjai is lehetnek, elég, ha a fukusimai atomreaktor esetére gondolunk, főleg ha a földrengést cunami is követi. Ilyen esetekben hatalmas károk keletkeznek, és nagyon sok emberi áldozatot hagy maga után egy ilyen földrengés. Európa délkeleti részén is sok szeizmikusan aktív térség van, ezért a környező országokban jelentkező katasztrófák Magyarország térségét is érintetik, hiszen Magyarország az EU (Európai Unió), az ENSZ (Egyesült Nemzetek Szövetsége), a NATO (Észak-atlanti Szerződés Szervezete) keretrendszerének szövetségese, így a magyar hatóságok és aktív és minősített szervezetei részt vesznek a mentésekben, az elhárításokban és a helyreállításokban, humán és műszaki eszközrendszerükkel együtt.

Árvizek is előfordulnak a Föld minden területén, és hazánk sem az árvízmentes övezetek közé tartozik. Európa és Magyarország leggyakoribb természeti katasztrófái az árvizek, ha-

<sup>9</sup> FARAGÓ 1996.

<sup>10</sup> FERGUSON 2021.



zánkról elmondhatjuk, hogy a Tisza-völgye jelenti a legnagyobb veszélyt, amelynek hossza 965 km, vízhozama 792 m<sup>3</sup>/s, amely északról déli irányba egészen a Dunáig átszeli az egész országot. Olyan folyók vizét gyűjti magába, mint a Túr, a Szamos, a Kraszna, a Bodrog, a Körösök és a Maros, amely folyók együttesen több mint 1500 km hosszúak, és ugyanúgy árvízveszélyt jelentenek.<sup>11</sup>

A Duna folyó sem mentes árvízveszélyes időszakoktól, elég, ha csak a 2006-os, valamint a 2013-as dunai árvízre gondolunk, talán még érdemes megemlítenünk az 1838-as pest-budai árvizet, amely közel 2882 házat öntött el, és a források szerint 153 életet követelt.<sup>12</sup> Nemzetközi terepre való kitekintésünk mentén fontos megemlíteni azokat az árvizeket, amelyek hatalmas emberi áldozatokat hagytak maguk után. A 19. század nemcsak a magyar árvizek korszaka volt, hanem globális szinten is nagyon sok szenvedést okoztak és pusztítást végeztek a megáradt folyók. A kínai gyors népességnövekedés a Sárga-folyó megváltoztatásához vezetett, nagyon sok erdőt kivágtak, a területeket művelhetővé tették, a folyó medrének átalakítása pedig oda vezetett, hogy sorozatban hatalmas árvizek öntötték el a körülötte kialakult településeket, aminek következtében sok ember veszítette életét. Az 1887-es árvíz majdnem 900 000 ember életét követelte, a Jangce 1931-es kiömlése a tudósítások szerint közel 2 millió embert ölt meg, az 1938-as árvíz a Sárga-folyón 400 000–500 000 embert pusztított el. Az elpusztított otthonok ennél jóval magasabb számot mutatnak, amely hatalmas teherként jelentkezik az adott állam számára. Kevesebb halottal ugyan és kisebb károkat okozva a 19. század végén és a 20. század elején az Egyesült Államok Mississippi folyója is kiöntött néhányszor. Ugyanígy említhetnénk a Föld minden kontinensén kiáramló folyók történetét, vagy a hirtelen lezúdult vízmennyiségek által okozott árhullámokat, valamint folyami árvizeket, vagy a földrengések által okozott cunamikát (Sri Lanka), amely jelenségek ezen esetekben nemcsak lokális és regionális jelentőséggel bíró katasztrófahelyzeteket okoznak, hanem a kontinenseken átnyúló, olykor globális kockázatokkal járnak, és ennek tükrében a megelőzés, a helyreállítás és a beavatkozás is széles, nagyon sokszor globális összefogást követel.<sup>13</sup>

Magas katasztrófavédelmi kockázatot jelentenek a vulkánkitörések is, amelyekkel a Föld történetének során sűrűn találkozunk. Azt ma már a tudomány megállapította, hogy a Föld történetének jó néhány vulkánkitörése globális hatást fejtett ki, mert a kitöréseket követően az átlaghőmérséklet emelkedett. A legemlékezetesebb vulkánok – mint az Okmok (Alaska), amely Kr. e. 45-ben tört ki, a közismert Vezúv, amelynek kitörései többször is megisméltődtek, Kr. e. 1780-ban, Kr. u. 79-ben, majd 1631-ben, valamint a Taupo vulkán Kr. u. 232-ben – kitörése teljesen megváltoztatta a regionális klímát, hatással volt nemcsak a környékén létező településekre, hanem regionális átrendeződéseket és klimatikus változásokat okozott, amelyeknek révén népmozgások következtek.<sup>14</sup>

A katasztrófák kapcsán leggyakrabban a szélsőséges természeti jelenségekről és azok hatásairól szoktunk beszélni, mint amilyenek az eddig részletezett földrengések, árvizek, szökőárak, vulkánkitörések, földcsuszamlások, lavinák és olykor szélsőséges szárazságok, amelyek mind-

<sup>11</sup> ADÁNYI 2015 és DOBÁK 2006.

<sup>12</sup> VEKERDY 2002.

<sup>13</sup> FERGUSON 2021.

<sup>14</sup> FERGUSON 2021.

mind nagy hatást tudnak gyakorolni az előfordulási földrajzi helyszíneken, azonban a helyi társadalmi kultúrák más és más eredményességgel tudják felvenni ezen jelenségek ellen a küzdelmet, valamint más védekezési stratégiákat követhetnek az érintett népcsoportok.<sup>15</sup>

Egy-egy ilyen természeti jelenség alakíthatja a helyi viszonyokat úgy, hogy az érintett populáció a földrajzi terület elhagyása mellett dönt, de gyakran találkozunk azzal is, hogy környezetének átalakításával a helyben maradást választja. Találkozhatunk földrajzi területekkel, ahol a társadalom kritikus infrastrukturái állandó veszélynek vannak kitéve a szélsőséges katasztrófa jelenségeitől, mégsem a helyváltoztatás a terület lakosságának válasza, hanem a védelem, a megelőzés és az állandó készenlétbe helyezkedés.

A legtöbb természeti katasztrófa sokáig nem az emberek szélsőséges beavatkozásainak a következményeként jelentkezett, később azonban ezen jelenségek egy részéért az ember a felelős, függően attól, hogy milyen kulturális közegben élő népcsoportról beszélünk, mert a 21. században is vannak népcsoportok, amelyek olyan társadalmi berendezkedést alakítottak ki maguknak, amely nem veszélyezteti mikro- és makrokörnyezetüket, nem szennyezik vagy nem zsákmányolják ki a természetet, mint az olyan társadalmak, amelyek magas ipari fejlettségük miatt ma már kényszerhelyzetben vannak.<sup>16</sup>

A háborúk, az éhínségek, a járványok azonban jelentős globális népmozgásokat tudnak generálni, és a társadalmak nem mindig vannak felkészülve, sem a kibocsátó országok, sem a befogadó országok. Ez jól látható például a nyugat-szaharai konfliktus esetében, ahol 1975-ben a spanyolok korábbi gyarmatát megtámadta Marokkó és Mauritánia. Az óslakos szaharáviak nem voltak képesek ellenállni, így több mint a felük (160 000 fő) menekült át a szomszédos Algériába, ahol Tinduf mellett egy kietlen sivatagban kaptak ideiglenes elhelyezést sátraikban. Ez az ideiglenes lét már 48 éve tart. Hogy valaha visszatérhetnek-e hazájukba, senki sem tudja.<sup>17</sup> Nagyon sok társadalombiztonsági probléma féken tartható lehetne, ha a nagyhatalmak geopolitikai játszmái nem jelentenének ekkora kockázatot nagyon sok ártatlan társadalomnak, mert a háborúk éhínséget generálnak, az éhínségek járványokat és így tovább. A természeti és a humanitárius katasztrófák összefüggései sokszor nagyon élesen kidomborodnak, egyik jelenség a másik következménye, és egyik következmény a másikat generálja, mert a geokémiai katasztrófák sokszor nem függetlenek a geofizikai, valamint a geobiológiai katasztrófáktól, de ugyanúgy összefüggést találhatunk a kémiai, a fizikai és a biológiai katasztrófák között, amelyeket egyébként maga az ember idéz elő. Tehát megállapíthatjuk, hogy a természeti és humanitárius katasztrófák kialakulásához nagyon sokszor az ember-természet szimbiózis vagy annak hiánya, a kulturális örökség hozadéka, az élet tisztületének megléte vagy a társadalmi berendezkedés is hozzájárul.<sup>18</sup>

<sup>15</sup> VEKERDY 2002.

<sup>16</sup> NAGY 2010.

<sup>17</sup> BESENYŐ 2010.

<sup>18</sup> BOGNÁR et al. 2021.

## Katasztrófamenekültek

Az irreguláris (okmányok nélkül vagy szabálytalanul érkező menekültek) és a reguláris (okmányokkal, határon átkelő menekültek) migrációk jelenségét már ismerjük, egyszerűsített megfogalmazásban alanyaik önkéntes és kényszermenekülők, akik értelemszerűen katasztrófamenekülteknek nevezhetők, hiszen a háborúk, az éhínségek, a gazdasági gondok, a politikai anarchiák és a járványok veszélye elől menekülők is katasztrófamenekültek.<sup>19</sup>

Azonban egy állam kritikus infrastruktúráinak (vízhiány, áramhiány) a megsérülése is az emberi élet alapfeltételeinek hiányát idézheti elő, amely jelenség szintén a menekülés lehetőségét vetheti fel, így ez esetben is katasztrófamenekültek problémájáról beszélhetünk. Globális szinten az emberi populációk a legtöbbször a fent felsorolt okok miatt változtatták meg lakóterületüket. Egy nagy erősségű földrengés, amely esetleg többször is megismétlődött, arra készítette az adott földrajzi területen lakó embereket, hogy elhagyják azt, és biztonságosabb területet válasszanak maguknak. Az államhatárok kialakulása előtti időszakban ez nem mindig okozott különösebb gondot, de az államhatárok kialakulásával a későbbiekben ez már jogi korlátokba ütközött és ütközik mai is.<sup>20</sup>

Meg kell különböztetnünk a belső és külső katasztrófamenekülteket:

1. Belső menekültek, katasztrófamenekültek az államon belül keletkezett katasztrófa menekültjei, akiknek elhelyezését és ellátási infrastruktúráját leggyakrabban az adott állam biztonsági szervei és az általa akkreditált, szerződéses, valamint minősített civil szervezetek együttesen kötelesek biztosítani. Amennyiben a katasztrófamenekültek ellátását az állam és szervezetei egyedül nem képesek biztosítani, akkor az állam segítséget kérhet azon nemzetközi biztonsági szervektől, amelyekkel szerződéses viszonyban van.<sup>21</sup>

2. Külső katasztrófamenekültekről akkor beszélünk, amikor egy másik államban bekövetkezett katasztrófa lakhelyük elhagyására készlet emberi populációkat, amelyek egy szomszédos állam területén keresnek biztonságot, mint például Szíriából Törökországba, Ukrajnából Magyarországra menekült csoportok esetében láthattuk.<sup>22</sup> Gyakori azonban egy harmadik állam választása is, ez esetben sokszor szociálpolitikai motivációk mentén történik a döntés.<sup>23</sup>

Az Európai Unió államainak biztonsági stratégiáját és a katasztrófa-kriszisesetek koordinációját alapvetően az Európai Bizottság, az Európai Tanács és az Európai Parlament által szabályozott szakpolitikai keretek határozzák meg, és a humanitárius segítségnyújtásról szóló tanácsi rendeletek állapítják meg a felhasználható kereteket, amely keretek nemcsak az Európai Unió területén keletkezett katasztrófa sújtotta károk enyhítésére vannak elkülönítve, hanem minden globális katasztrófa enyhítésének keretei is egyben. Az unió tagállamainak mindegyike tagja az ENSZ által működtetett szervezeteknek is, mint amilyen az OCHA (Office for the Coordination of Humanitarian Affairs), amely az ENSZ humanitárius ügyeket koordinál

<sup>19</sup> RETICZ 2018.

<sup>20</sup> FRIVALDSZKY 2020.

<sup>21</sup> BOGNÁR et al. 2021.

<sup>22</sup> MCCLELLAND 2014 és KÖVECSI-OLÁH 2017.

<sup>23</sup> FRIVALDSZKY 2020.

hivatala, amelyen keresztül a katasztrófamenekültek támogatását végzi. Ugyanakkor az unió legtöbb tagállama a NATO tagja is, amely szövetségnek Magyarország is részese 1999 óta.

A Polgári Veszélyhelyzeti Tervezés (CEP, Civil Emergency Programme) a szövetség katonai programja, amely felügyeli az Észak-atlanti Katasztrófareagálási Koordinációs Központ tevékenységét (EADRCC). A NATO katonai szövetsége egyre több együttműködési ponton kapcsolódik a civil társadalom problémáinak biztosításához, amelyek új kihívásoknak tekinthetők, és a katasztrófamenekültek operatív koordinálásán túl fontos kritikus infrastruktúrák elleni védelmet is vállalnak, valamint a klímaváltozás elleni küzdelemben is partnerek, így a NATO széles spektrumú kapcsolódást alakított ki stratégiai partnereivel.<sup>24</sup>

Az ENSZ, a NATO és a világ egyéb biztonságvédelmi szervezetei folyamatosan *monitoring* alatt tartják a Föld lakosságát, figyelik és támogatják a természeti és humanitárius katasztrófák miatt az otthonukat elhagyni kényszerülő embermilliók sorsát, történjen az bármilyen okból: járvány, szélsőséges természeti jelenség, háború, politikai üldöztetés, éhínség, gazdasági nehézségek. Jelenleg a becslések szerint közel 70 millió ember él az otthonát elhagyva valahol, valamely ideiglenes vagy csak ideiglenesnek elnevezett táborban, befogadólétesítményekben. Az UNHCR (United Nation High Commissioner for Refugees) adatai szerint 2018-ban minden egyes percben 25 ember kényszerült elmenekülni otthonából.<sup>25</sup> Afrika és a Közel-Kelet rendelkezik a világ legnagyobb menekülttáborával, de a világ minden részén találkozunk menekülők számára létrehozott befogadótáborokkal.

## A menekültek ideiglenes elhelyezéséhez szükséges alapszükséglet

Nagyon nehéz meghatározni, hogy mit jelent a katasztrófamenekültek ideiglenes elhelyezése alkalmas tábor fogalma. A kisebb, helyi jelentőségű katasztrófa elől kimenekített vagy elmenekült lakosság elhelyezése ideiglenes jelleggel nem azonos az országos, nagy kiterjedésű és hosszan elhúzódó természeti, humanitárius katasztrófa áldozatainak ellátásával.

Mindkettő esetében ideiglenesen kialakított táborokról beszélünk, de az előbbi esetében igaz csak az ideiglenes állítás, az utóbbi esetében megkérdőjelezhető, és ebben az esetben érdemes azon gondolkodni, hogy a menekülteket lehetőleg ne táborokban helyezték el, hanem a városokban, falvakban (meglévő infrastruktúrákban) való integrálás lenne a legjobb megoldás, hiszen ott emberi körülmények között tudnak élni, dolgozni a menekültek, azaz beilleszkedhetnek az adott társadalomba. Több tízezer, esetleg több százezer menekült esetében természetesen az elképzelés nehezen kivitelezhető, azonban tudjuk, hogy a szír menekültek jelentős része sem a menekülttáborokban lakik, hanem Törökország számos városában, településén húzta meg magát, ahol ténylegesen beilleszkedett a társadalom vérkeringésébe, és a török lakosság alapinfrastruktúráinak megterhelése ellenére nem okozott

<sup>24</sup> NATO [é. n.].

<sup>25</sup> ABURAMADAN et al. 2020.

ellátási gondokat.<sup>26</sup> Azonban a kenyai Hagadera tábora bizonyítja, bármelyik tervezett és felügyelt menekülttábor várossá alakulhat, ha lakossága nem a visszatérés lehetőségét választja.<sup>27</sup> A kisebb populációt érintő helyi jellegű természeti katasztrófák (devecseri vörösiszap, miskolci árvíz, 2001-es tiszai árvíz, 1970-es szatmárnémeti árvíz, 2013-as dunai árvíz, 2006-os árvíz) katasztrófamenekültjeinek befogadására más módszerek alkalmazását láthatjuk.<sup>28</sup> Magyarország katasztrófavédelmi szervei a humanitárius szervezetekkel együttműködve alapvetően a meglévő infrastruktúrák kiaknázását tartják elsődleges szempontnak.

Kisebbségi populáció sürgős kitelepítésekor fontos infrastrukturális létesítmények szoktak lenni a helyi csarnokok, tornacsarnokok, az erre alkalmas ipari létesítmények, szükség esetén az iskolák, a nem működő kórházak, de sok esetben a turisztikai létesítmények is, emiatt ideiglenes sáortáborok felépítése csak indokolt esetben történik meg (például NDK-menekültek 1989-ben, 2015-ös menekülthullám). Az emberi szükségletek kielégítésére mindig alkalmasabbak a meglévő települések, városok, falvak, de ha a menekülő tömeg mérete ezt nem teszi lehetővé, akkor menekülttáborokat kell felépíteni, ideiglenes céllal, mint ahogyan látjuk ezt sok esetben, például az NDK-menekültek ellátásánál.<sup>29</sup>

Ma egy menekülttábor kialakításának szempontjai nagyon összetettek: nagyon sok kérdést kell megvizsgálni, mielőtt a tábor gyors és szakszerű megépítése elkezdődik. Első kérdésként tisztázni kell, hogy kik a menekültek, mely országból, területről, régióból valók. Belső vagy külső migrációról beszélünk? Milyen típusú katasztrófa elől menekülnek, illetve menekítik ki a lakosságot? Milyen a lakosság összetétele (férfi, nő, gyermek, idős, mozgássérült, beteg)? Vallási megoszlása (homogén vagy vegyes)? Kulturális háttere? A katasztrófából adódóan mennyi időre kell elszállásolni a lakosságot? A klimatikus viszonyok milyenek? Mindezen kérdések tükrében láthatjuk, hogy egy menekülttábor megépítése nemcsak infrastruktúra kérdése, hanem nagyon komplex humánpolitikai megfontolások sokaságáé is.<sup>30</sup>

Természetesen egy katasztrófa bekövetkezése nem enged sok időt a kérdések fölötti töprengésre, ezért a szakemberek ez esetben sok fajta forгатókönyvvel kell hogy rendelkezzenek, mert a gyors cselekvés emberi életet ment, főleg, hogyha a menekülő populáció sebesültekkel is rendelkezik.<sup>31</sup>

Ennek értelmében még a tábor megépítésének elkezdése előtt az elsősegély nyújtása a legfontosabb, ellátni a sebesülteket, elhárítani az életveszélyt, ha szükséges, akkor kórházakba szállítani az életveszélyben levő személyeket (az Országos Mentőszolgálat, a Magyar Máltai Szeretetszolgálat rohammentői), így az életet biztonságba helyezik.<sup>32</sup>

A kultúranropológiai szempontok figyelembevétele kardinális kérdés egy tábor benépesítésénél, hiszen ha nem vesszük figyelembe az etnikai, valamint a vallási hovatartozás kérdését, akkor pokollá tudjuk tenni a táborlakók életét, és a folyamatos surlódások ellehetetleníthetik

<sup>26</sup> KÖVECSI-OLÁH 2017.

<sup>27</sup> Hagadera Refugee Camp.

<sup>28</sup> ROMHÁNYI et al. 2021.

<sup>29</sup> TAMPU 2020.

<sup>30</sup> DUDÁS 2015; NAGY 2009.

<sup>31</sup> ADÁNYI 2015.

<sup>32</sup> SZILÁGYI 2021.

az adott tábor életét. Keresztényeket nem helyezhetünk egy táborba muszlim lakosokkal, mert más az életritmusuk, de a vegyes etnikumú lakosság is nehézségeket okozna. Az ilyen táborok kialakításakor az egy településről származást is figyelembe szokták venni, mert az érintettek már ismerhetik egymást, netán rokoni szálak is fűzhetik őket egymáshoz, így segítséget is tudnak nyújtani egymásnak. Ugyanakkor fontos szabályokat lefektetni, hogy a különböző visszaélések nehogy átmenjenek bűnözésbe.

## Infrastrukturális követelmények

A katasztrófamenekültek ideiglenes tábora létrehozásához a legfontosabb a helyszín gyors kiválasztása, annak tükrében, hogy rövid időre vagy huzamosabb időre lesz szükség a táborra. Nagyon gyorsan meg kell vizsgálni a kiválasztott helyszín előnyeit és hátrányait, az előnyök és a hátrányok összessége együttesen kell hogy biztonságot jelentsen az oda elhelyezett lakosságnak.

A helyszínen kialakított tábor átlátható legyen, természeti csapásoktól mentes, távol a háborús övezetektől, könnyen védhető, lehetőleg használható infrastruktúrával (úthálózat, víz, áram).<sup>33</sup> Ha megvan a helyszín, akkor el kell dönteni, hogy esetleg milyen körzetek legyenek, mennyire fragmentált egységek, vagy esetleg nagy tömeget ellátó egységes, nagy kiterjedésű tábor akarunk. A terület nagysága a lakosság arányától is függ, hiszen alapkövetelmény a legalább 30 m<sup>2</sup>/fő, de ha lehet, akkor ennél több, attól függően, hogy mennyire ideiglenes a berendezkedés, valamint mennyi idő múlva hárul el a veszély a visszaköltözés előtt. Ezt nem minden esetben lehet biztosítani. A darfuri konfliktus során az El Fasher környékén létrehozott menekülttáborok szinte semmilyen követelménynek nem feleltek meg, és a menekültek biztonságát sem garantálták a szudáni kormányzati szervek, így az Afrikai Unió által indított AMIS békefenntartó művelet küldött rendőröket és katonákat, de csak a nappali időszakban. Ugyanígy a misszió logisztikai rendszere többször segített a menekülteknek, de csak *ad hoc* alapon, így élelmiszerrel és vízzel való ellátásuk sem volt megfelelő.<sup>34</sup>

A helyszínen kialakítandó tábor meg kell tervezni: a tábor általában leképezi a települések szerkezetét. Gondoskodni kell az egészségbiztonságról, védelmet kell nyújtania az esőtől, a hótól, a széltől, a hidegtől, a hőtől, a sártól és a kórokozóktól. Biztosítani kell tudnia a magánéletet és az emberi méltóságot, valamint a megélhetési lehetőséget. Az elhelyezett létesítmények (sátrak, konténerek, egyéb helyi anyagokból épített lakhely) közötti távolság szintén fontos szempont, szem előtt kell tartani a tűzvédelmi előírásokat, az esetleges gyors evakuációt. Meg kell tervezni a tábor információs központjait a nagyságától függően, valamint szanitációs létesítményeit (WC, zuhanyzó, mosási lehetőség, tiszta ivóvízhez való hozzáférés). A szanitációs központok nem lehetnek közvetlen közel a lakólétesítményekhez, a fertőzésveszély elkerülése miatt. És természetesen gondoskodni kell a tűzvédelmi berendezések biztosításáról, amelyeket szükség esetén gyorsan be lehet vetni, megelőzve az újabb

<sup>33</sup> LISA 2015.

<sup>34</sup> BESENYŐ 2021.

katasztrófa kialakulását, lehetőségét. A tábor területére tervezni kell egészségügyi központot is, ahol orvosi ügyelet működhet, az elfekvő betegek elhelyezését lehetővé téve, valamint az alapgyógyszerek megvásárlását lehetővé tevő gyógyszertárat. Nem mellékes az iskolatér kialakítása a táboron belül, ha a menekültlakosság iskoláskorú gyermekekkel rendelkezik, abban az esetben, ha a tábor távol van lakott településektől.<sup>35</sup> Kultikus (vallási) helyszínek kialakítása sem hagyható ki, mert egy katasztrófamenekült számára krízishelyzetben a lelki kapcsolódása hitéhez mentálhigiéniai szempontból sem elhanyagolható, mint ahogy az sem, hogy a tábor rendelkezzen mentálhigiéniai központtal is.<sup>36</sup> Az üzlethelyiségek kialakítása és üzemeltetése is fontos, mert a jól őrzött tábor nem minden esetben teszi lehetővé a ki-be járást, ezért jó, ha az alapszükségleti árucikkek a táboron belül is kaphatók. Az ételmezést, étkeztetést biztosító létesítmények is szükségesek, mert sok esetben, ha például a lakosság sátraiban nem megoldott a főzési lehetőség, akkor meg kell oldani központilag, akár több ilyen létesítmény létrehozásával is. Az egészséges és rendszeres étkezés humanitárius alapjog, mint ahogyan a tiszta vízhez jutás is. A táborok ellátását biztosító alapanyagok tárolásához szükséges raktárhelyiségek kialakítása is fontos, amelyeknek biztonságosnak kell lenniük, száraznak és pormentesnek, hogy az eltárolt anyagok minősége (gyógyszerek) megmaradjon.<sup>37</sup> A hosszabb időre kialakítandó táborokba érdemes közösségi építményeket is létesíteni, amelyeket többnyire nagy, több négyzetméteres sátrakból alakítanak ki, ahol a tábor lakói találkozhatnak látogatóikkal, de akár kulturális rendezvények megtartására, közgyűlések összehívására is alkalmasak lehetnek.

A múltban, de ma is, a klasszikus táborok megépítéséhez elsősorban a gyorsan és hatékonyan felépíthető sátrak a legalkalmasabbak. Annál is inkább, mert ezeket akár maga a menekült is fel tudja építeni különösebb nehézségek nélkül, a veszély elmúltával szétszedhetők és újrahasznosíthatók, valamint hordozhatók, ha a szükség úgy kívánja. Ma már léteznek sokkal korszerűbb, gyorsan felépíthető és olcsó megoldású építmények, amelyek jobban alkalmazhatóak egy gyermekes család elszállásolására, amelyek kiegészíthetők napelemes rendszerekkel, hogy az energiaellátás egy része biztosítva legyen, de az ENSZ menekültügyi osztálya ma is a vászonsátrak alkalmazását tekinti gyorsabbnak és olcsóbbnak. A Magyar Máltai Szeretetszolgálat vészhelyzetkezelési kríziscsoportja is sátorkészlettel rendelkezik egy gyors tábor felépítéséhez. A sátrak is lehetnek többfélék. A tábor időtartalmától függően és a klimatikus viszonyoknak megfelelően többfajta használható sátor is bevethető: vannak az egyszerű (*single-fly tent*), egyrétegű sátrak, amelyek esőtől védenek, de hőszigetelést nem biztosítanak, rövid időtartamra kiválóan alkalmasak, lehetőleg melegebb klímájú területeken. A jobb minőségű sátrak (*double-fly tent*) jobb szilárdsággal, nagyobb ellenállással rendelkeznek az időjárással szemben, és így hosszabb élettartammal ellátott építmények, amelyek mostohább időjárások közepette is használhatóak, természetesen enyhébb hidegek mellett is. Az a fajta sátor, amely mindennemű időjáráskor alkalmazható, gyermekek, nők és idős emberek védelmére is alkalmas lehet, a téliesített (*winterized*) sátor, amely hőszigetelt változatban kályhával ellátható, így padlózata is szigetelhető a hidegebb éghajlatú tájakon.<sup>38</sup> A sátrakból kialakított

<sup>35</sup> LISA 2015.

<sup>36</sup> SÁFÁR 2018.

<sup>37</sup> SÁFÁR 2018.

<sup>38</sup> A guide to the use and logistics of family tents in humanitarian relief 2004.

táborok élettartama nem végtelen, a legjobb sátrakat is maximum 10 évente cserélni kell, ezért van törekvés arra, hogy a több évtizede fennálló táborok lakóit arra ösztönözzék, hogy a helyi építőanyagok felhasználásával lehetőleg építsék fel saját lakhatási építményüket, hogy kényelmesebb és tartósabb legyen tábori otthonuk.<sup>39</sup>

A 21. századi háborúk elől menekülők menekülttáborait gyakran konténerekből építik fel, vagy a helyi építőanyagokat alkalmazzák, amint láthattuk ezt az afrikai menekülttáborok esetében is, amelyek sokkal kényelmesebbek, hiszen bútorozhatók, komfortérzetük sokkal magasabb, biztonságosabbak, a nagyobb esőzések sem tudnak kellemetlen meglepetéseket okozni.<sup>40</sup> Ha van fedél/sátor, amely véd az esőtől, a hótól és a naptól, akkor fontos kellékek a sátorban szükséges belső berendezések: matrac, ruhanemű, ágynemű, hálózsák, takarók. Biztosítani kell a számítástechnikai eszközök meglétét is (számítógép, televízió, rádió, telefon), hiszen ma már az információhoz való jog is alapjog, és egy katasztrófa elől elmenekült emberben félelem van, a félelmet pedig a folyamatos és megfelelő információval való ellátás enyhítheti.<sup>41</sup>

Az életben maradás alapfeltétele az egészséges élelemhez jutás joga, ezért a menekülttáborok élelemmel való ellátása is alapjog, hiszen a menekülő populáció rendelkezhet gyermekekkel, idős és beteg társakkal, akik nem tudnak ideiglenes munkát sem végezni, hogy gondoskodhassanak élelmezésükről.<sup>42</sup> Az élelmet általában az állami szervekkel együttműködő humanitárius civil szervezetek szokták biztosítani, az igényeknek megfelelően, amelyet többnyire adományok formájában gyűjtenek össze a társadalmi összefogások révén, vagy akár nagyobb cégek jótékonykodása mentén. Amennyiben a táborhelyszínen nincsen áram vagy víz, azt is biztosítani kell; az áramot megfelelő aggregátorok segítségével, a vizet pedig víztankerek szállításával szokta megoldani a Magyar Máltai Szeretetszolgálat.<sup>43</sup>

A Máltai Szuverén Lovagrend több mint 900 éves története Jeruzsálemben kezdődött, mert az akkori társadalmi viszonyok, nevezetesen a keresztes hadjáratok következményei és borzalmi szükségálapot teremtettek egy olyan szervezet létrejöttéhez, amely az akkori háborús katasztrófa sújtotta Jeruzsálem polgárainak ellátását vállalni, a rászorulókat ellátni, gondozni tudta. Ha mai szemszögből ítéljük meg a történéseket, akkor egyértelmű, hogy a katasztrófaállapotba taszított város lakóinak szüksége volt egy szerveződésre, amely a biztonságot és az életben maradáshoz szükséges feltételeket, anyagi javakat biztosítja. A Rend 1834-ben Rómában találta meg végső otthonát, ma már a világ minden kontinensén jelen van, 108 országgal tart fenn diplomáciai kapcsolatokat és mintegy 120 országban működtet humanitárius, szociális és egészségügyi tevékenységet folytató szervezetet, amely szervezetek mentési, katasztrófavédelmi és társadalombiztonsági feladatokat is végeznek.<sup>44</sup>

A Magyar Máltai Szeretetszolgálat megalakulása 1989-re tehető, amikor a szovjet érdekszférához tartozó Magyarország elindult a demokratizálódás útján és egyben szuverenitásának

<sup>39</sup> The 7 Largest Refugee Camps in the World.

<sup>40</sup> The 7 Largest Refugee Camps in the World.

<sup>41</sup> A guide to the use and logistics of family tents in humanitarian relief 2004.

<sup>42</sup> FRIVALDSZKY 2020.

<sup>43</sup> ADÁNYI 2015.

<sup>44</sup> TÖRÖK et al. 2009.



felépítési korszakába lépett. A korszak kelet-közép-európai történései felforgatták a politikai eseményeket, és ezáltal a polgárok biztonsága veszélyeztetésének kockázata nagyon megnőtt. Az NDK-polgárok elmenekülése hazájukból humanitárius katasztrófává nőtte ki magát Magyarországon 1989-ben. Az ez évben megalakult fiatal lovagrendi szervezet az elmenekült NDK-polgárok ideiglenes ellátását vállalta fel, amelyhez majd később csatlakozott a Magyar Vöröskereszt is.<sup>45</sup> 1989. augusztus 14-től 1989. november 14-ig a zugligeti katolikus templom kertjében építette fel első ideiglenes menekülttáborát, amelyben 48 600 menekülni kényszerülő keletnémet polgár kapott szállást, ellátást és útbaigazítást. A tábor megépítéséhez nyugat-németországi katonai jellegű sátrakat használt a szervezet, amelyek megigénylésük után egy nappal már az országban voltak. A sátrak elhelyezése a templomkertben történt, rendezetten és a tűzvédelmi előírásoknak megfelelően, amelyekben tábori ágyakat, valamint matracokat helyeztek el. A táborban információs központot létesítettek és Németországból szanitációs szolgáltatásra alkalmas konténerek is érkeztek. A higiéniai ellátást a templom híveinek felajánlásával egészítették ki. A táborban étkezésre alkalmas létesítmény is épült, ahol a tábor lakói rendszeres és megfelelő ételmezésben részesültek a különböző éttermek által felajánlott és elkészített ételekből. Az őrzést-védést ugyancsak a szervezet koordinálta, hiszen a tábor lakóinak félelme nem volt alaptalan. A felépített tábor működéséhez természetesen a magyar állam és annak biztonságvédelmi szervei is hozzájárultak, aminek folytatásaként a csillebérci ifjúsági tábort is megnyitották, valamint a zánkai tábor létesítményei is ideiglenes menekülttáborrá változtak az ősz folyamán, és ez utóbbit már valóban a magyar hadsereg működtette.<sup>46</sup>

A Magyar Máltai Szeretetszolgálat a következő katasztrófa-helyzettel 1991-ban találkozott, amikor a délszláv háború borzalmai sújtották a volt Jugoszlávia állampolgárait, és sokan menekülni kényszerültek a harcok következményei előtt. A máltai lovagok szervezete Vukovár település polgárainak kimenekítésében vett részt saját mentő- és betegszállító eszközeivel. Ezenkívül a Magyarországra menekült magyar nemzetiségű tömegek ellátásában is részt vett, amíg a háborús cselekmények elcsitulnak.<sup>47</sup>

Magyarország 2006 és 2013 között több ízben is árvízvédelmi problémákkal nézett szembe, amelyek megoldásában a Magyar Máltai Szeretetszolgálat minden eszközével és humán erőforrásával részt vett, nemcsak a védekezésben, hanem a kimenekítettek elhelyezésében, valamint a helyreállítási feladatokban is. Ezekben az években a kimenekített lakosságot általában meglévő sportcsarnokokban vagy erre megfelelő létesítményekben helyezték el, ahová a szervezet biztosította a tábori ágyakat, a matracokat, a takarókat és az ételmet.<sup>48</sup>

A devecesteri, kolontári vörösiszap-katasztrófa is adott feladatot a Magyar Máltai Szeretetszolgálatnak 2010–2011-ben. A súlyosan megrongálódott lakóingatlanok polgárai kénytelenek voltak elhagyni otthonukat, amiben a szervezet szintén aktív szerepet vállalt, és ezúttal sem tábor megépítésével oldotta meg a lakók elszállásolását, hanem meglévő infrastruktúrák igénybevételével, azaz a családokat bérelt ingatlanokba helyezte el, amelyeknek költségét

<sup>45</sup> JOACHIM 2009.

<sup>46</sup> TAMPU 2020.

<sup>47</sup> ROMHÁNYI et al. 2021.

<sup>48</sup> ROMHÁNYI et al. 2021.

a Szeretetszolgálat biztosította mindaddig, amíg a károsultak beköltözhetnek újonnan felépített otthonukba.<sup>49</sup>

A 21. század kifogyhatatlan katasztrófák tekintetében. 2015-ben a menekülthullám legnagyobb krízishelyzetét élte át Magyarország és annak polgárai. A tömegek menekülésének okaira nem térünk ki, de nagyságuk (amelyet a szíriai polgárháború indított el) megdöbbentő volt, és az állami szervek nehezen birkóztak volna meg vele, ha a civil, humanitárius szervezetek nem csatlakoznak az ellátási feladatokhoz. A Máltai Lovagrend szervezete jelen volt a határoknál, belépésüknél és kilépésüknél egyaránt, ahol mozgó orvosi ügyeletet, ételmet, a sátrakban való megpihenés lehetőségét kínálták, főleg nőknek, gyermekeknek és időseknek.<sup>50</sup>

A Magyar Máltai Szeretetszolgálat az európai katasztrófamenekültek ellátásában bizonyított, hiszen a romániai menekültek ellátása (1988–1989), az NDK-polgárokért tett humanitárius és műszaki támogatása (1989), a délszláv háború előli kimenekítés (1991), az erdélyi és a magyarországi árvizek károsultjainak gondozása (2006–2013), a Közel-Keletről menekülőök istápolása (2015–2017), az ukrajnai háború menekülteinek befogadása (2022) a szakma elismerését vívta ki.<sup>51</sup>

Globális szerepének jogalapját pedig az Európán kívüli katasztrófamenekültekért tett erőfeszítései szolgálják.<sup>52</sup> A szervezet részt vett a Srí Lanka-i katasztrófa polgárainak megsegítésében, segítséget nyújtott a libanoni háború után, gyógyszerekkel segített Vietnámban (2009), Szíriában önkéntes orvosi képzést szervezett, fontos programokat koordinált és koordinál Kenyában, Ugandában és Tanzániában – itt többnyire humán biztonsági és egészség-biztonsági szerepben –, kórházat építtetett Aleppóban, a venezuelai magyarok kimenekítését megszervezte és lebonyolította, a pakisztáni üldözött keresztények elmenekítését és ellátását a mai napig szervezi.

## Befejezés

Összegzésként elmondhatjuk, hogy természeti és humanitárius katasztrófák mindig voltak, és a jövőben is lesznek, egyre nagyobb számban, ezért a társadalmak önvédelmi reflexei kialakultak, azonban egy nem várt és megakadályozhatatlan katasztrófa nagyon sok esetben az érintett lakosság biztonságba helyezését vonja maga után addig, amíg a veszély elhárul, és az emberek visszatérhetnek otthonukba. Az ideiglenes biztonságba helyezés aktora lehet az állam és annak védelmi szervei, valamint lehetnek a civil szervezetek, amelyek sokszor önkéntes és elkötelezett szaktudással és katasztrófavédelmi kríziskészletükkel állnak rendelkezésre (infrastruktúra: sátor, tartós élelem, egészségügyi eszközök, gyógyszer stb.). A civil szervezetek működése általában társadalmiasított formában van jelen, a polgárok biztonság-védelmét szolgálva. Ennek hozadéka, hogy egy katasztrófamenekült-tábor lakóinak bizalmát

<sup>49</sup> ROMHÁNYI et al. 2021.

<sup>50</sup> SOLYMÁRI et al. 2016.

<sup>51</sup> ROMHÁNYI et al. 2021.

<sup>52</sup> SOLYMÁRI 2020.

könnyebben elnyerik, mint sok esetben a rendvédelmi alakulatok. A táborok infrastruktúrájának biztosítása azonban közös feladat.

## Felhasznált irodalom

- ABURAMADAN, Rania – TRILLO, Claudia – MAKORE, Busisiwe Chikomborero Ncube (2020): Designing Refugees' Camps: Temporary Emergency Solutions, or Contemporary Paradigms of Incomplete Urban Citizenship? Insights From Al Za'Atari. *City, Territory and Architecture*, 7(1), 12. Online: <https://doi.org/10.1186/s40410-020-00120-z>
- ADÁNYI László szerk. (2015): *Katasztrófa krízisintervenciós önkéntesek képzése*. Szöveggyűjtemény. Budapest: Magyar Máltai Szeretetszolgálat.
- BESENYŐ János (2010): Saharawi Refugees in Algeria. *AARMS*, 9(1), 67–78. Online: [https://www.academia.edu/12169344/Saharawi\\_refugees\\_in\\_Algeria](https://www.academia.edu/12169344/Saharawi_refugees_in_Algeria)
- BESENYŐ János (2021): *Darfur Peacekeepers. The African Union Peacekeeping Mission in Darfur (AMIS) from the Perspective of a Hungarian Military Advisor*. Paris: L'Harmattan.
- DOBÁK Imre (2006): Természeti és mesterséges katasztrófák–példák a Kárpátok Eurórégió térségéből. *Hadmérnök*, 1(1), 126–136.
- DUBIN, Lisa (2015): *Field Guidelines for Best Practices in Shelter Response: Site Planning, Shelter Design and Construction Management*. [H. n.]: International Rescue Committee. Online: [https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/07/zppd\\_IRC\\_Shelter\\_Manual.pdf](https://www.humanitarianlibrary.org/sites/default/files/2014/07/zppd_IRC_Shelter_Manual.pdf)
- DUDÁS Zoltán (2015): Menekülttáborok kialakításának néhány releváns kérdése Közél-Keleti példák alapján. *Műszaki Katonai Közlöny*, 25(1), 74–87.
- FARAGÓ Tamás (1996): Természeti és emberi eredetű környezeti veszélyek, balesetek, katasztrófák. In *Környezetbiztonság: az ENSZ programjai és a hazai feladatok*. [H. n.]: Környezetvédelmi és Területfejlesztési Minisztérium, 11–16.
- FERGUSON, Niall (2021): *Végzet, a katasztrófák politikája*. [H. n.]: Scolar.
- FRIVALDSZKY János (2020): A menekültek alapvető jogainak védelme és a befogadó társadalom önvédelme a tömeges bevándorlás és az asylum shopping korában. *Máltai Tanulmányok*, (2), 161–181.
- Hagadera Refugee Camp (2020). *WorldsAid*, 2020. december 28. Online: <https://worldsaid.com/node/511>
- JOACHIM, Jauer (2009): *Urbi et Corbi. A Keresztények mint a fordulat úttörői*. [H. n.]: Magyar Máltai Szeretetszolgálat.
- KÖVECSI-OLÁH Péter (2017): Gyorselemzés 2017/20: Az EU-török megállapodásról: mi történik jelenleg Törökországban a menekültek tömegeivel? *Migrációkutató Intézet*, 2017. október 5.
- LÁNYI András (2020): A szegénység ökológiája. *Máltai Tanulmányok*, (2), 1–11.
- MCCLELLAND, Mac (2014): How to Build a Perfect Refugee Camp. *New York Times*, 2014. február 13. Online: <https://www.nytimes.com/2014/02/16/magazine/how-to-build-a-perfect-refugee-camp.html>
- NAGY Rudolf (2009): A kultúranropológia jelentősége a katasztrófák elleni védekezés dimenzióiban. *Hadtudományi Szemle*, 2(2), 70–77.
- NAGY Rudolf (2010): A klímaváltozás hatása a kritikus infrastruktúrák védelmére. *Nemzet és Biztonság. Biztonságpolitikai Szemle*, 3(2), 35–44.
- NATO [é. n.]. *BM Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság*. Online: <https://katasztrofavedelem.hu/159/nato>
- ROMHÁNYI Tamás – SOLYMÁRI Dániel – TIHANYI Gábor (2021): *Szolgáló szeretet. A Magyar Máltai Szeretetszolgálat története*. [H. n.]: Magyar Máltai Szeretetszolgálat.

- SÁFÁR Brigitta (2018): *A humanitárius segítségnyújtás elméleti és gyakorlati kérdései a Vöröskereszt nemzetközi tevékenységének tükrében*. PhD-értekezés. Budapest: Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola.
- SOLYMÁRI Dániel – GYŐRI-DANI Lajos (2016): *Gondoskodó kíséret. A Magyar Máltai Szeretetszolgálat szerepvállalása a migrációs krízis 2015-ös időszakában*. Budapest: Magyar Máltai Szeretetszolgálat.
- SOLYMÁRI Dániel (2020): *A Magyar Máltai Szeretetszolgálat humanitárius és fejlesztő munkája a menekülteket kibocsátó afrikai és közel-keleti országokban. Áttekintő bemutatás. Máltai Tanulmányok, 2.*
- SZILÁGYI, Béla (2021): *Refugee Camp: A Tool for a Dignity and Security. Belügyi Szemle, 69(S14), 3152.* Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.SPEC.2021.4.3>
- TAMPU, Stelian (2020): *A Magyar Máltai Szeretetszolgálat Egyesület szerepe az 1989-es NDK menekültek megsegítésében. Biztonságtudományi Szemle, 2.*
- Tents: A Guide to the Use and Logistics of Family Tents in Humanitarian Relief (2004). *OCHA*, 2004. május 1. Online: <https://www.unocha.org/publications/report/world/tents-guide-use-and-logistics-family-tents-humanitarian-relief>
- The 7 Largest Refugee Camps in the World. *Refugeecouncilusa.org*, 2020. szeptember 3. Online: <https://refugeecouncilusa.org/category/refugee-camps/>
- TÖRÖK József – LEGEZA László (2009): *Máltaiak. Szerzetesrendek a Kárpát-Medencében*. Budapest: Mikes.
- VEKERDI László (2002): *Embertudomány – kultúrák-történelem. A kulturális antropológia kihívásai.* In A. GERGELY András (szerk.): *Kulturális antropológia*. Budapest: Fővárosi Pedagógiai Intézet.

## Jogi forrás

2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1100128.tv>

Gabriella László<sup>1</sup> 

# The Effect of Radiant Heat on Polystyrene Thermal Insulation Materials

*As a result of the increasingly stringent energy requirements of recent years, the issue of façade thermal insulation is gaining more and more prominence. Due to these requirements, layer thickness of insulation increases, or the use of materials with a better coefficient of thermal conductivity is preferred. These requirements are met by polystyrene insulation materials. Therefore, it is extremely important to know as much as possible the behaviour of polystyrene thermal insulation under the influence of fire and radiant heat. Its regulation is not coordinated in Europe, and the effect of radiant heat is not addressed by any country's standard. In this paper, the behaviour of polystyrene thermal insulations, which are densely used in Hungary is examined, under the influence of radiant heat.*

**Keywords:** *façade fire spread, radiant heat, polystyrene thermal insulation, façade thermal insulation, fire safety*

## Introduction

Nowadays, still relatively few people are engaged in fire protection of façades and research on the possible spread of fire. When some major fire happens, fire protection becomes a central theme for a while, and then over time it is again forgotten. Fires inside buildings affects directly or indirectly building structures, installed thermal insulation and other materials during its spread. Thus, the fire safety examination of the behaviour of the applied building materials under the influence of the heat load generated during combustion has become a particularly important and topical issue.<sup>2</sup> In the aspect of human life protection, residential buildings pose the greatest risk, since human habitation is permanent there – statistics show that the rate of burns and suffocating caused by flames cannot be permanently reduced to less than 5% of the number of accidents at home.<sup>3</sup> In addition, the escape capacity of the occupants can

---

<sup>1</sup> Széchenyi István University, e-mail: [gabriella.laszlo30@gmail.com](mailto:gabriella.laszlo30@gmail.com)

<sup>2</sup> BOZSAKY 2019: 107–116.

<sup>3</sup> LÁSZLÓ 2019: 155–164.

be very diverse, and there is usually no built-in fire alarm or fire extinguishing system.<sup>4</sup> Thus, during a fire, the flames can quickly reach the façade and endangering the inhabitants of the other floors. In the case of apartment fires, the second most common form of fire spread – after horizontal spread inside the dwelling – is façade fire spread.<sup>5</sup> In case of residential buildings, the most commonly used insulating materials – due to their more favourable price and good coefficient of thermal conductivity – are various polystyrene ones. Surveys also confirm this fact.<sup>6</sup> Furthermore, the emphasis of polystyrene insulation is increasing by the energy requirements in Europe in recent years.<sup>7</sup> As a result of the regulations, either a thicker insulating layer is applied to new buildings or a thermal insulation material with a better coefficient of thermal conductivity ( $\lambda$ ) must be used. For the time being, these requirements can only be met by combustible insulation materials.

A large-scale examination of a thermal insulation façade system abroad revealed that polystyrene thermal insulation<sup>8</sup> behaves extremely poorly under the influence of fire.<sup>9</sup> Studies and simulations have already been carried out to investigate the spread of fire on the façade depending on placement of doors and windows – placed in the plane of wall, or in the plane of insulation –, the effectiveness of the application of rock wool above or between doors and windows, and the effectiveness of test methods used in Europe.<sup>10</sup> Some literature deals specifically with polystyrene thermal insulation and the evaluation of their test methods.<sup>11</sup> The behaviour of combustible slab insulation in the event of fire has also been investigated.<sup>12</sup> However, few people have addressed and there is no standard for what happens with polystyrene insulation under the influence of radiant heat. It is possible that even if a fire in a neighbouring building or near the building does not spread to it, it can be seriously affected even under the plaster due to the heat load generated by the combustion.

The purpose of this paper is to study the behaviour of various polystyrenes. EPS with graphite additive and XPS polystyrene is investigated under the influence of direct radiant heat. Laboratory testing of the above-mentioned materials is presented.

## Requirements for façade fire spread

The rate of energy efficiency of buildings is regulated and prescribed by the European Union. Energy efficiency can be achieved by reducing energy demand. The first step of it is to create the correct thermal envelope of buildings i.e. proper thermal insulation.<sup>13</sup> Thus, the issue of

---

<sup>4</sup> KUTI-ZÓLYOMI 2023: 67–76.

<sup>5</sup> KUTI et al. 2018: 16–21.

<sup>6</sup> RAGÁCS–ELEK 2018: 56–70.

<sup>7</sup> Directive 2010/31/EU.

<sup>8</sup> BJEKOVIĆ et al. 2016: 357–369.

<sup>9</sup> Wi et al. 2022.

<sup>10</sup> ANDERSON et al. 2021: 598–608; TÓTH–PÁNTYA 2021: 121–133.

<sup>11</sup> HOFMANN et al. 2018; TÓTH–PATAKI 2021.

<sup>12</sup> SUH et al. 2019.

<sup>13</sup> European Commission 2020; TAKÁCS 2013.

façade fire spread has become a controversial topic nowadays. The examinations required to place the building materials used on the market are the same in the EU. However, looking at the regulations on façade fire spread, we can find very different test methods and criteria in different countries.<sup>14</sup> As a first step towards harmonising standards, a study was conducted in 24 European countries, collecting and comparing façade testing methods. In the survey, 14 out of 24 countries make requirements for façade systems and examine features that are not included in the already harmonised EN 13501-1 and 13501-2 standards. The targets of these requirements and tests are shown in Table 1 by the countries they are applied in.

Table 1: Façade fire spread test criteria

Regulated characteristics	SK	HU	CH	SE	AT	DE-DIN	FI	PL	GB, IE	FR	DK, NO
Fire spread – vertical	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Fire spread – horizontal		x	x		x	x			x	x	
Fire spread – internal	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x
Façade + slab connection		x		x						x	
Smouldering						x					
Falling pieces		x	x	x	x	x	x	x	x		x
Smoke				x		x					
Heat (temperature or flux)		x		x	x						x
Details (window opening, fire suppression)		x		x						x	x

Source: compiled by the author based on Anderson et al. 2021

It can be seen that quite a few different factors are being examined by different countries, however, the behaviour to radiant heat is not among them. In the following table (Table 2), the names of each standard, the countries in which they are applied, and the main criteria for the standards are collected. It can be observed that neither the size or process of fire, nor the size or design of the object, nor even the test criteria are the same. Thus, the result obtained in one test cannot be compared with another. Practically in the case of a façade system, it is necessary to carry out a test before being placed on the market in each country.

Table 2: Façade fire spread tests in Europe

Standard	BS 8414-1	LEPIR II	MSZ 14800-6	SP FIRE 105	Önorm B 3800-5	DIN E 4102-20	PN-B-02867	ISO 13785-2	ISO 13785-1
Country	UK, IE	FR	EN	NO, DK, SE	AT, CH	DE, CH	PL	SK	CZ
Fire exposure	wood stack, max. heat 3.5 MW, 4500 MJ	600 kg of wood stack	650 kg of wood stack/ 10 kg of diesel	60 l of heptane	25 kg of wood / 320 kW of propane	25 kg of wood / 320 kW of propane	20 kg of wood stack + air flow blowing towards the wall (2m/s)	calibrated, propane	propane 100 kW
Max heat flux on the surface	70 kW/m <sup>2</sup> , at an altitude of 1m	not determined	not determined	15 or 80 kW/m <sup>2</sup>	not determined	70-95 kW/m <sup>2</sup> at 1m height	not determined	55 kW/m <sup>2</sup> at an altitude of 0,6 m	not determined.

<sup>14</sup> LESTYÁN 2020.

Standard	BS 8414-1	LEPIR II	MSZ 14800-6	SP FIRE 105	Önorm B 3800-5	DIN E 4102-20	PN-B-02867	ISO 13785-2	ISO 13785-1
Country	UK, IE	FR	EN	NO, DK, SE	AT, CH	DE, CH	PL	SK	CZ
Max temperature on the surface	600°C/20 min	average 500°C, peak 800°C	600°C in 0.5 m high / 50 min	450°C / 12 min	not determined	not determined	800°C temperature - maximum	min. 800°C	max 150°C at 0.5 altitude
Test duration	30 min	min. 30 min	45 min	min. 12 min	30 min	21 min gas, 30 min wood	30 min	23-27 min	30 min
Test type	corner, 2.5 x 8.0 + 1.5 x 8.0 m	flat wall 5,0 x 7,4 m	flat wall 6,0 x 7,0 m	flat wall 4,0 x 6,7 m	corner 3x6 + 2x6 m	corner 3 x 5.2 + 2 x 5.2 m	flat wall 2.3 m high	corner 3 x 5.7 + 1.2 x 5.7 m	corner 1.2 x 2.4 + 0.6 x 2.4 m
Base structure	masonry or light frame	not determined	masonry	aerated concrete	aerated concrete	aerated concrete	masonry	not determined	12 mm Ca-Si sheet
Criterion	heat. boundaries	flame on the 2 <sup>nd</sup> floor	temperature rise, spread of fire, falling pieces	flames on 2 <sup>nd</sup> floor, falling pieces	temperature rise, fire spread, falling pieces	temperature rise, fire spread, falling pieces	temperature limits, burning particles	no	no

Source: compiled by the author based on Anderson et al. 2021 & EU Commission 2020

In a word, the energy requirement is becoming more and more stringent in Europe, which means that we have to use ever thicker layer of insulation, however, there is no harmonised standard for façade fire spread testing, so the requirement, test aspects and test process also varies from country to country. Additionally, programs for insulating panel buildings subsequently have also been launched, which in many cases are implemented incorrectly.

## Setting up of a laboratory experiment

### Examined specimens

First, the specimens had to be prepared. They were cut out with laser cutters from thermal insulation material left on construction site. The specimens had a uniform cross section size of 10 × 10 cm and a length corresponding to different thicknesses. During the test, samples of different thicknesses (80, 100, 120, 140, 150, 160) as well as samples of approximately the same thickness, but from different manufacturers (manufacturer A, C, D) were also examined from both types of thermal insulation (graphite expanded polystyrene foam, GPS; extruded polystyrene foam, XPS). The GPS specimens are shown in Figure 1, while in Figure 2 the XPS specimens can be seen after the test. Samples covered with plaster were also tested (Figure 3). These samples were marked with a "V". The plaster was 3 mm thick and consisted of a reinforcing coat laid in a base coat of mortar, finished with silicone colouring plaster. The marking and characteristics of the specimens are shown in the table below (Table 3).



Table 3: Test specimens (GPS – expanded polystyrene foam with graphite, XPS – extruded polystyrene foam, GPS-V – plastered graphite expanded polystyrene foam, XPS-V – plastered extruded polystyrene foam)

Specimen	Width (mm)	Height (mm)	Thickness (mm)	Weight (g)	Manufacturer /Product
GPS1	100	100	160	25,27	C/2
GPS2	100	100	140	21,89	C/2
GPS3	100	100	100	16,23	C/2
GPS4	100	100	140	21,74	C/3
GPS5	100	100	80	12,52	C/3
GPS6	70	100	100	16,86	A/2
XPS1	100	100	140	46,19	C/4
XPS2	100	100	120	37,87	C/5
XPS3	100	100	100	28,14	C/6
XPS4	100	90	100	28,69	D/1
XPS5	100	90	120	32,62	D/1
XPS6	100	90	150	41,87	D/1
GPS-V1	100	100	140	64,65	C/3V
GPS-V2	100	100	140	61,66	C/2V
XPS-V1	100	100	140	92,41	C/4V
XPS-V2	100	100	120	93,31	C/5V
XPS-V3	100	100	150	107,44	C/6V

Source: compiled by the author



Figure 1: GPS specimens after test – from left to right GPS1-GPS6

Source: compiled by the author

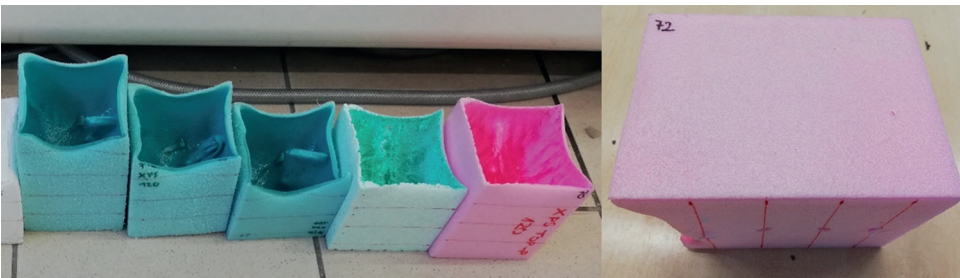


Figure 2: XPS specimens after test – from left to right XPS4-6, XPS3-1

Source: compiled by the author



Figure 3: Plastered specimens after test – from left to right GPS-V1-2, XPS-V1-3  
Source: compiled by the author

## The placement of thermocouples

The measurements were carried out using a heat source with adjustable temperature (500 °C), the thermal sensing thermocouples placed in front of and inside the test specimen and the connected six-channel data logger. The measurement results were recorded by a computer attached to the data logger. Figure 4 and Figure 5 show the used equipment and the measurement sketch.

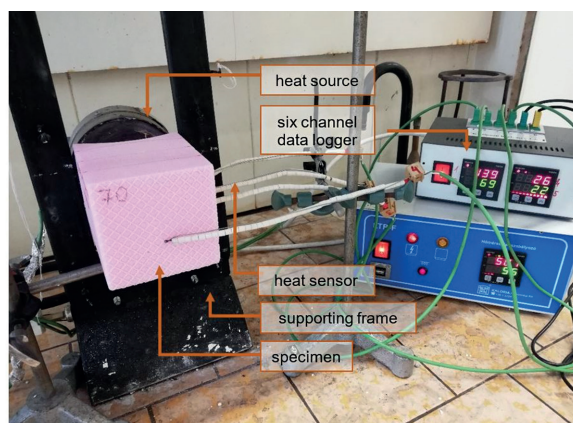


Figure 4: Devices used for the measurement  
Source: compiled by the author

In each sample, the thermocouples were placed at a depth of 5 cm from the side at a distance of 3 cm from each other (Figure 5), and then the sample was fixed on the frame. During the measurements, the temperature of the heat source was set to 500 °C, the sample was fixed 5 cm in front of the heat source. The thermal sensor in front of the specimen (mounted on the frame) was located in line with the specimen at 5 cm from the heat source and was set at 100 °C at the start of the experiment. The samples were exposed to radiant heat at 100 °C for 10 minutes and for 16 minutes for the 20 cm thick sample.

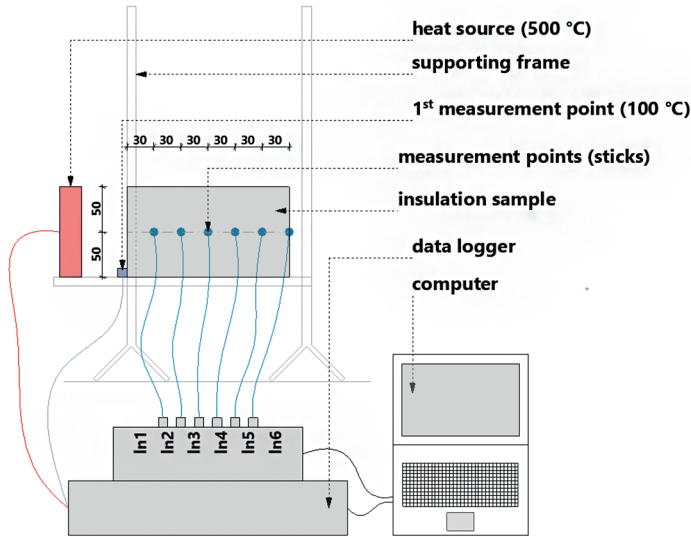


Figure 5: Sketch of the measurement

Source: compiled by the author

## Evaluation of the results of a laboratory experiment

### General facts

During the measurements heat release was experienced in each sample after approximately 4 and 8 minutes depending on the type of insulation. The temperature at the first thermal sensor placed in the sample (In1) increased above 110–140 °C. This suggests that exothermic processes begin after a short period of time in polystyrene samples even under the influence of a heat load of 100 °C. In case of GPS, this occurred 6–8 minutes after the start of the experiment and 4–5 minutes in case of XPS.

As for the plastered specimen, the plaster delays the start of the exothermic process by 4–5 minutes. During the measurements, the highest temperature values were measured at the first measuring point i.e. in line with the surface of the sample. The results are summarised in Figure 6. The highest temperature values were measured for XPS specimens, regardless of size. GPS samples produced nearly identical values, except for one or two outliers. However, the outliers belong to the products of another manufacturer, which suggests that the combustion properties of the same type of thermal insulation may also differ from manufacturer to manufacturer. The plaster-coated GPS and XPS samples all produced higher maximum temperatures than the uncovered ones.

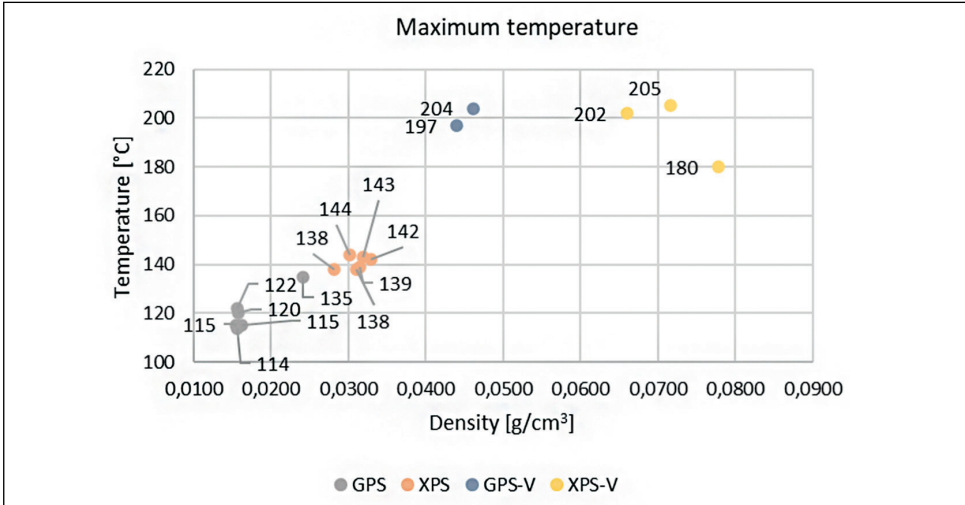


Figure 6: Maximum temperature of specimens  
 Source: compiled by the author based on measured data

Before and after the measurement, the mass of each sample was weighed to determine the loss of mass (Fig. 7.). Results are similar to the maximum temperatures. The loss of mass of GPS specimens is almost the same, between 0.1–0.25 g. In all XPS specimens a greater loss of mass is observed than the GPS, which is 0.3–0.5 g. But the greatest loss of mass was observed in plastered samples. For plastered GPS samples, this means nearly 0.8 g, while for coated XPS samples, values above 1.0 g were measured.

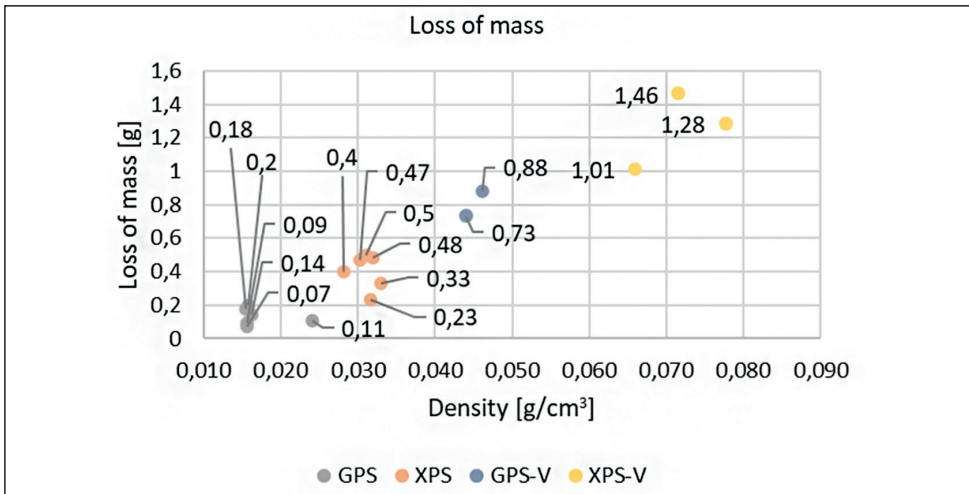


Figure 7: Loss of mass of specimens  
 Source: compiled by the author based on measured data

### Comparison of products from different manufacturers

As it was mentioned before, according to temperature measurements, products from other manufacturers behaved differently during the test. So, the phenomenon for both types of thermal insulation was investigated. In Figures 8 and 9, the temperature-time curves of GPS and XPS façade thermal insulation can be seen measured with sensors located inside the sample at 3 cm (In1) and 6 cm (In2) thickness. The colours and the markers symbolise the different manufacturers.

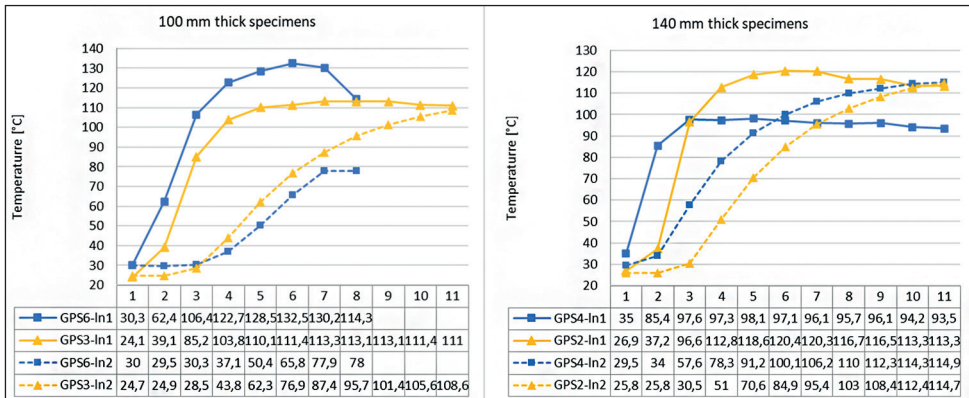


Figure 8: Comparison of the temperature of graphite EPS façade thermal insulation from A/2 (GPS6) and C/2 (GPS3) manufacturers (left) and C/3 (GPS4) and C/2 (GPS2) manufacturers (right) measured with In1 and In2 sensors  
 Source: compiled by the author based on measured data

In the case of GPS (Figure 8), one of the samples was 100 × 100 × 100 mm (GPS3), and the other (GPS6) was 70 × 100 × 100 mm (its cross-section, unfortunately, is different, but its thickness is the same). Although the cross-sectional size of the GPS6 sample was smaller, it apparently caused much greater heat evolution, with a persistent deviation of 20 °C.

Specimens in the right diagram are each 100 × 100 × 140 mm. GPS2 has a manufactured coated surface, designed to slow down the heating of thermal insulation to solar radiation. It also performed this function against radiant heat, as it warmed up more slowly than the uncoated sample. However, beyond one point (probably when the coating has melted off the insulation), it shows a much higher value, differs 20 °C than the uncoated sample, that is stagnant around 98 °C.

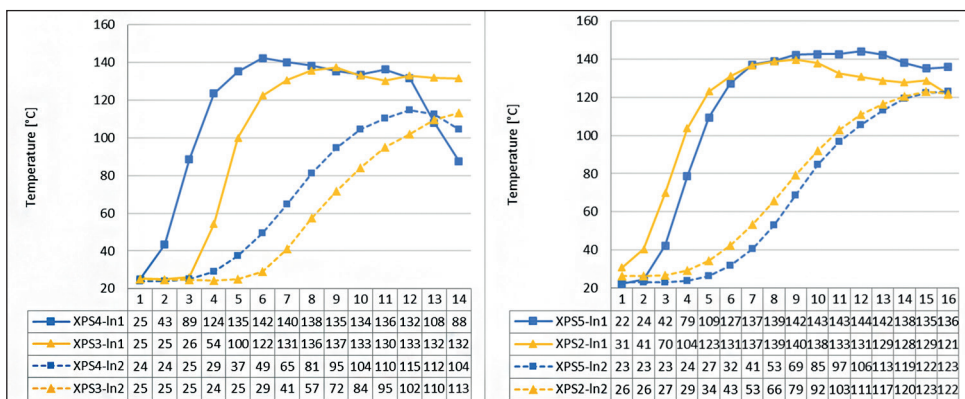


Figure 9: Comparison of the temperature of XPS façade thermal insulation from D/1 (XPS4) and C/6 (XPS3) manufacturers (left) and D/1 (XPS5) and C/5 (XPS2) manufacturers (right) measured with In1 and In2 sensors  
 Source: compiled by the author based on the measured data

A similar phenomenon can be observed in case of XPS (Figure 9), although there are slightly minor differences here. Data from sensors at 3 cm (In1) and 6 cm (In2) were examined here. Specimens in the left diagram have dimensions of 100 × 100 × 100 mm (XPS3) and 100 × 90 × 100 mm (XPS4). In case of the sample with a smaller cross-section (XPS4), faster heat development can be seen, however, the maximum values became almost the same for the two manufacturers. Specimens in the right diagram are 100 × 100 × 120 mm (XPS2) and 100 × 90 × 120 mm (XPS5). Here, interestingly, the smaller cross-section (XPS5) sample warmed up more slowly, but then again achieved similar maximum values with the sample from the other manufacturer. So, in the case of the XPS, the process of warming up and heat development differs rather, the maximum temperature values are about the same.

Considering the experiences of the figures above, it can be clearly stated that the behaviour of thermal insulation under the influence of thermal radiation differ depending on the manufacturer, and consequently so do their combustion properties. This may be one of the reasons why very different values have been reported in literature and publications about the melting point, ignition temperature and heating value of the same type of polystyrene.

## Summary

During the laboratory tests, exothermic processes with thermal development were experienced in polystyrene specimens even under the influence of a relatively low (100 °C) radiant heat source, started after different periods of time depending on the type of thermal insulation. Mass loss and deformation was also experienced in the specimens.

The highest heat release, the highest temperature and the greatest loss of mass were measured in XPS thermal insulations. There was no significant difference among the results of graphite EPS. Plaster-coated specimens usually warmed up more slowly, but then reached

a higher temperature than uncoated samples. An interesting observation was that there was a difference in the combustion properties of the products depending on the manufacturer for the same type and size of sample. Thus, the behaviour of polystyrene under the influence of thermal radiation depends not only on size, but the type and also the manufacturer.

In order to know this phenomenon more accurately, it is necessary to conduct additional studies. The analysis of the phenomenon of façade fire spread and thus the increase of fire safety in residential buildings is promoted with this research.

## References

- ANDERSON, Johan – BOSTRÖM, Lars – CHIVA, Roman – GUILLAUME, Eric – COLWELL, Sarah – HOFMANN, Anja – TÓTH, Péter (2021): European Approach to Assess the Fire Performance of Façades. *Fire and Materials*, 45(5), 598–608. Online: <https://doi.org/10.1002/fam.2878>
- BJEGOVIĆ, Dubravka – PEČUR, Banjad Ivana – MILOVANOVIĆ, Bojan – RUKAVINA, Jelčić Marija – BAGARIĆ, Marina (2016): Comparative Full-Scale Fire Performance Testing of ETICS Systems. *Građevinar*, 68(5), 357–369. Online: <https://doi.org/10.14256/JCE.1347.2015>
- BOZSAKY, Dávid (2019): Recent Studies on Thermodynamic Processes in Nano-Ceramic Thermal Insulation Coatings. *Pollack Periodica*, 14(1), 107–116. Online: <https://doi.org/10.1556/606.2019.14.1.11>
- Directive 2010/31/EU OF THE European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings
- European Commission (2020): COM/2010/0639 Communication from the Commission to the European Parliament, the council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Energy 2020, A strategy for competitive, sustainable and secure energy
- HOFMANN, Anja – KAUDELKA, Sven – HAUSWALDT, Sebastian (2018): Fire Safety of FACADES with Polystyrene Foam Insulation. *Fire and Materials*, 1–9. Online: <https://doi.org/10.1002/fam.2662>
- KUTI, Rajmund – ZÓLYOMI, Géza (2023): A tűzesetek során képződő füst veszélyei [Hazards of Smoke from Fires]. *Védelem Tudomány*, 3(2), 67–76. Online: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelem-tudomany/article/view/13254>
- KUTI, Rajmund – ZÓLYOMI, Géza – KEGYES-BRASSAI, Orsolya K. (2018): Assessing the Impact of Positive Pressure Ventilation on the Building Fire – A Case Study. *International Journal of Geomate*, 15(48), 16–21. Online: <https://doi.org/10.21660/2018.48.18042>
- LÁSZLÓ, Gabriella (2019): Lakófunkciójú épületek általános tűzterhelésének változása Magyarországon [Change in the General Fire Load of Residential Buildings in Hungary]. *Műszaki Katonai Közlöny*, 29(2), 155–164. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.2.13>
- LESTYÁN, Mária (2020): *Homlokzati tűzterjedési gátak, tűzvédelmi célú sávok tervezési elvei az EU-ban és Magyarországon* [Design principles of façade fire barriers and fire protection lanes in the EU and Hungary]. BM OKF Scientific Council and Defence Disaster Management Review Conference, 02.11.2020.
- RAGÁCS, Nikoletta – ELEK, Barbara (2018): Hőszigetelő anyagok kiválasztásának szempontjai lakossági felmérés alapján. *Védelem Tudomány*, 3(1), 56–70. Online: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13231/10671>
- SUH, Heong-Won et al. (2019): Fire Spread of Thermal Insulation Materials in the Ceiling of Piloti-Type Structure: Comparison of Numerical Simulation and Experimental Fire Tests Using Small- and Real-Scale Models. *Sustainability*, 11(12), 3389. Online: <https://doi.org/10.3390/su11123389>
- TAKÁCS, Lajos Gábor (2013): *Alacsony energiaigényű épületek tűzeseti tapasztalatai* [Fire Experience in Low-Energy Buildings]. BME Épületszerkeztani Tanszék. Online: <http://www.vedelem.hu/letoltes/document/9-alacsony-energiaigenyu-epuletek-tuzeseti-tapasztalatai.pdf>

- TÓTH, Péter László – PÁNTYA, Péter (2021): Építészeti tűzvédelem, a nyílászárók és beépítésük hatása homlokzati tűzterjedésre [Architectural Fire Protection, the Effect of Doors and Windows and their Installation on Façade Fire Spread]. *Műszaki Katonai Közlöny*, 31(1), 121–133. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2021.1.9>
- TÓTH-PATAKI, Zs. (2021): *Polisztirol alapú homlokzati rétegek viselkedése sugárzó hővel szemben* [Behaviour of Polystyrene-Based Façade Layers against Radiant Heat]. Budapest: Óbuda University Ybl Miklós Faculty of Architecture and Civil Engineering.
- WI, Seunghwan – YANG, Sungwoong – KIM, Young Uk – KIM, Sumin (2022): Toxicity Characteristics and Fire Retardant Performance of Commercially Manufactured Organic Insulation Materials for Building Applications. *Construction and Building Materials*, 341. Online: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127898>



Szűcs-Vásárhelyi Nóra<sup>1</sup> 

# A talajbiztonság területén alkalmazott katasztrófavédelmi eljárásrend vizsgálata Magyarországon<sup>2</sup>

## Examination of Disaster Management Procedures in the Field of Soil Safety in Hungary

*Talajaink fenntartható használatának záloga a talajdegradációt okozó veszélyforrások elkerülése, illetve a hatások mérséklése mellett a megfelelő jogszabályi háttér kidolgozása és a már szennyezett területek hatékony kármentesítése. Cikkemben a kármentesítés szakaszait és a leggyakrabban előforduló remediációs eljárásokat tekintem át. Továbbá bemutatom a szakemberek kárelhárítási tevékenységének támogatásához szükséges európai és hazai jogi hátteret. A cikk második felében két esettanulmányon keresztül világítok rá a talajszennyezések rövid és hosszú távú környezeti hatásainak veszélyeire, valamint ismertetem a kárelhárítás során alkalmazott intézkedéseket.*

**Kulcsszavak:** talajbiztonság, kármentesítés, Metallochemia, Aznalcóllar, talajszennyezés

*A key to the sustainable use of our soils is to avoid and mitigate the threats that cause soil degradation, to develop an appropriate legislative framework and to effectively remediate already contaminated sites. In this article, I will look at the stages of remediation and the most common remediation techniques. I will also describe the European and national legal framework needed to support remediation activities by professionals. In the second half of the article, I will highlight the risks of short- and long-term environmental impacts of soil contamination through two case studies and describe the measures used in remediation.*

**Keywords:** soil safety, remediation, Metallochemia, Aznalcóllar, soil pollution

<sup>1</sup> Tudományos segédmunkatárs, HUN-REN ATK Talajtani Intézet, e-mail: [szucs-vasarhelyi.nora@atk.hun-ren.hu](mailto:szucs-vasarhelyi.nora@atk.hun-ren.hu)

<sup>2</sup> Jelen publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Nemzetvédelmi Alprogram Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának szakmai támogatásával készült és a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott.

## Bevezetés

Környezetünk megóvása, a káros anyagok kibocsájtásának minimalizálása és a szennyezők mennyiségének csökkentése a fejlett országokban és hazánkban is egyre inkább előtérbe kerül. Ennek szerves része a talajvédelem is. A talajoknak termékenységükön túl számos más funkciója is van. Várallyay nyolc főbb talajfunkciót különített el:<sup>3</sup>

- A természeti erőforrások (légkör, napsugárzás, felszíni és felszín alatti vizek, biológiai erőforrások stb.) hatásait integrálja mintegy reaktorként, transzformátorként működve.
- A bioszféra elsődleges táplálékforrásaként a tápláléklánc alapja. A biomassza termelési közege.
- A víz, a hő és a növényi tápanyagok, illetve a hulladékok természetes tárolóközege.
- Pufferközeg, amely bizonyos határok között képes csökkenteni a káros hatások következményeit.
- Természetes szűrő- és méregtelenítő rendszerként a talaj megakadályozhatja, hogy a felszínre került szennyezés a mélyebb rétegekbe vagy a felszín alatti vizekbe kerüljön.
- Jelentős génraktárként fontos szerepet tölt be a biodiverzitásban is.
- Természeti és emberi örökségünk őrzője.
- Az építkezések alapja.

A talajt érő abiotikus és antropogén stresszhatások a talaj degradációját okozzák, amely a talaj minőségének fizikai, kémiai és biológiai csökkenése. Ez lehet szervesanyag-vesztés, a talaj termékenységének és szerkezeti állapotának csökkenése, erózió,<sup>4</sup> a sótartalom növekedése, a talaj pH-jának kedvezőtlen változása, valamint a mérgező vegyszerek, a szennyező anyagok vagy a túlzott áradások hatásai.<sup>5</sup> Jelenleg a világ talajainak körülbelül 33%-a mérsékelten vagy erősen leromlott állapotú.<sup>6</sup> Az Egyesült Nemzetek Élelmezésügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO) a talajromlást a talaj egészségi állapotában bekövetkezett változásként definiálja,<sup>7</sup> amely az ökoszisztéma azon képességének csökkenését okozza, hogy az haszonélvezői számára árukat és szolgáltatásokat nyújtson.<sup>8</sup>

Mivel a talaj feltételesen megújuló erőforrás, ezért a fenntarthatóság szempontjából az észszerű földhasználat és a terület igényeinek megfelelő talajgazdálkodás kialakítása a környezet védelme érdekében, de nemzetgazdasági és vidékfejlesztési szempontokat figyelembe véve is prioritást kell hogy élvezzen.<sup>9</sup>

Jelen írásban a talajromlást okozó veszélyforrások közül a szennyezések hatásainak elemzésével foglalkozom.

<sup>3</sup> VÁRALLYAY 2015.

<sup>4</sup> LÉVAI – SZŰCS-VÁSÁRHELYI 2023.

<sup>5</sup> NSW Department of Planning, Industry and Environment 2019.

<sup>6</sup> FAO–ITPS 2015.

<sup>7</sup> FAO 2023.

<sup>8</sup> FAO 2020.

<sup>9</sup> STEFANOVIĆ et al. 1999.

Az utóbbi évtizedek ugrásszerű technológiai fejlődése magával hozta a talajok drasztikus elszennyezését, ami a környezet részben természetes, részben antropogén eredetű (meg)változásával végső soron talajaink leromlásához vezetett.<sup>10</sup> A talajszennyezés legfőbb antropogén forrásai többek között az ipari tevékenység során felhasznált anyagok és azok melléktermékei,<sup>11</sup> a bányászatból származó potenciálisan toxikus elemek,<sup>12</sup> a háztartási vagy települési hulladékok, a mezőgazdasági munkáknál alkalmazott egyes trágyaszerek bizonyos komponensei, a peszticidek, a rovarirtók, a gombaölő szerek,<sup>13</sup> illetve az egészségügyből származó hulladékok és az atomerőművekből származó sugárzó anyagok lehetnek.<sup>14</sup>

Számos szennyező anyag kerül a talajba a rendvédelmi és honvédelmi tevékenységből is például potenciálisan toxikus anyagok,<sup>15</sup> robbanóanyagok, úgymint a hexahidro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazin (RDX), az oktahidro-1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetrazocin (HMX), fel nem robbant lövedékek (UXO), szénhidrogén (TPH) stb.<sup>16</sup> A modern, katonai eredetű talajszennyezések ráadásul sok esetben több típusú szennyező anyag parallel kibocsátásával járnak együtt (például szerves és szervetlen), így ezeken a területeken komplex szennyezések alakulhatnak ki,<sup>17</sup> amelyek a kijutás után akár évszázadokig is a talajban maradhatnak. Ezeknek az anyagoknak a jelenléte negatívan befolyásolja a talaj funkcióit és a talajban olyan változásokat okoz, illetve hosszú távú hatásokkal bír,<sup>18</sup> ami végső soron fenyegetést jelent az élelmiszer-biztonságra,<sup>19</sup> az ökológiai egyensúly fenntartására,<sup>20</sup> az emberi és a környezet egészségére és a biológiai sokféleség megőrzésére egyaránt.<sup>21</sup>

A talajszennyezés kezelésének problémaköre nagyon összetett és az egész világot érintő feladat, amelyet átfogó szemléletmóddal lehet csak megközelíteni. A probléma kezeléséhez a hatékony eljárások alkalmazásán túl szükséges a megfelelő jogszabályi háttér megalkotása, a döntéstámogató rendszerek fejlesztése és az edukáció, ismeretterjesztés is.

## A talajszennyezés esetén alkalmazható (katasztrófavédelmi) eljárások áttekintése

Egy szennyezett terület kármentesítésének (remediációjának) a tervezésekor több szempontot figyelembe véve kell kiválasztani a megfelelő eljárást. A szennyezés típusával, mértékével, a kockázati szinttel, de a kármentesítésre fordítandó idő- és pénzbeli korlátokkal is kalkulálni

<sup>10</sup> SZŰCS-VÁSÁRHELYI 2019.

<sup>11</sup> CHO et al. 2019.

<sup>12</sup> RODRÍGUEZ-EUGENIO et al. 2018.

<sup>13</sup> ELBANA et al. 2018.

<sup>14</sup> ÍSEL et al. 2023.

<sup>15</sup> RODRÍGUEZ-SEIJO et al. 2016.

<sup>16</sup> PICHEL 2012.

<sup>17</sup> ENDRÉDY 2013.

<sup>18</sup> MANDAL et al. 2020.

<sup>19</sup> KHANNA-GUPTA 2018.

<sup>20</sup> SINGH et al. 2020.

<sup>21</sup> BUNDSCHUH et al. 2012.

kell a megfelelő technológia megválasztásakor. Egy szennyezett terület kármentesítése kapcsán három nagyobb szakasz különíthető el, a tényfeltárás, a műszaki beavatkozás és a *monitoring*.

## Tényfeltárás

A tényfeltárás a vizsgálat céljától függően felderítő vagy részletes tényfeltárás lehet. A felderítő vizsgálatok célja, hogy havária esetén a döntéshozást elősegítő információkat szolgáltatson. A vizsgálattal először igazolni kell a szennyezés tényét, majd pontosítható a szennyezők típusa, illetve meghatározható a szennyezés forrása. A felderítő vizsgálatot az alábbi esetekben javasolt elvégezni:

- többféle szennyező anyag esetén;
- kiterjedt szennyezés esetén;
- ha a szennyező források elhelyezkedése vagy száma azt indokolja;
- ha nagy fokú veszélyeztetettség áll fenn például egy vízbázis közelsége miatt;
- ha azt az érintett terület vízföldtani vagy földtani helyzete indokolja stb.

A részletes tényfeltárás során a kármentesítés kapcsán érintett terület szennyezőinek koncentrációit kell meghatározni a földtani közegben, illetve a felszín alatti vízben. A vizsgálatokkal a szennyezett terület térbeli lehatárolása, az intézkedési határérték feletti földterület és a felszín alatti víz mennyiségének becslése, a forrás helyének pontos meghatározása, a szennyezés kiterjedésének és a szennyezők típusának további pontosítása a cél.<sup>22</sup>

Mindkét típusú tényfeltárás megtervezéséhez az érintett területet jellemző alapinformációk (a területre és a szennyezésre vonatkozó archív adatok, légi felvételek, kapcsolódó hatósági határozatok és jogszabályok, az előzetes terepbejárás során gyűjtött adatok) begyűjtése és feldolgozása az első lépés. Az elkészült tényfeltárási tervnek a terület jellemzőit, vízföldtani és földtani viszonyait, a feltárások és egyéb vizsgálatok általános tervét, a munka biztonságtechnikai és logisztikai feladatait, időtervet és a tényfeltárás várható környezeti hatásait kell tartalmaznia. A jól összeállított tényfeltárási terv tartalmazza továbbá az alkalmazott kutatási módszereket, meghatározva az alkalmazás sorrendjét, valamint az elvégzendő kémiai vizsgálatokat. A feltárások és egyéb vizsgálatok általános tervében a javasolt vizsgálatokat az archív adatok alapján indokolni szükséges. Emellett a tervben le kell határolni magát a vizsgált területet (mélységi és vízszintes lehatárolás).<sup>23</sup>

A tényfeltárási tervet a konkrét munkálatok megkezdése előtt engedélyeztetni kell a területileg illetékes hatósággal. A felügyelőség a kiadott engedélyben előírja a szükséges mintavételek (talaj és talajvíz) módját, a mintavételi pontok kialakítását és számát. A tényfeltárást végző köteles bejelenteni a felügyelőségnek a munkák megkezdésének időpontját és minden egyéb, nem várt körülményt.<sup>24</sup>

<sup>22</sup> NÉMETH 2003b.

<sup>23</sup> NÉMETH 2003a.

<sup>24</sup> 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet.

A szükséges engedélyek megszerzése után megkezdhető a tényfeltárás. Az egyes munkafázisok során gyűjtött mintákat akkreditált laboratóriumban kell analizáltatni. A kapott eredmények és adatok feldolgozása után már elvégezhető a szennyező anyagok mennyiségének becslése, modellezhető a szennyezés terjedése, illetve kockázatfelmérés végezhető és a veszélyeztetettség mértéke is megállapítható.<sup>17</sup>

A tényfeltárás végén elkészített záródokumentációt az illetékes környezetvédelmi hatósághoz kell benyújtani. A dokumentum részét képezi a kockázatfelmérés eredménye (D) határértékre tett javaslattal kiegészítve. A dokumentum alapján a tényleges (D) kármentesítési szennyezettségi határértéket a felügyelőség állapítja meg.<sup>25</sup>

## Beavatkozás

A beavatkozás során alkalmazni kívánt technológia kiválasztása a kockázati szint, a szennyezés mértéke, valamint a kármentesítési feladat időbeli és pénzügyi korlátai figyelembevételével történik. A remediációs technológiák csoportosíthatók a kezelés helyétől függően. Amennyiben a szennyezéscsökkentés a kárhelyen történik, *in situ* kármentesítésről beszélünk. *Ex situ* eljárások esetén a szennyezett talajt elszállítják, és a szennyezés helyétől távol reaktorokban vagy tartályokban kezelik. Az eljárás típusa szerint megkülönböztetünk fizikai-kémiai, biológiai és termikus eljárásokat.<sup>26</sup>

A fizikai-kémiai eljárásokkal olyan változásokat idéznek elő,<sup>27</sup> hogy a szennyező anyag ne juthasson el a felszín alatti vízbe, a növényekhez vagy a talajlakó állatokhoz.<sup>28</sup> A biológiai eljárásokban élő szervezetek lebontó- és megkötőképességét felhasználva lehet a talajban lévő szennyezők mennyiségét csökkenteni. Ezek szerves szennyezők esetén főként a talajban természetesen előforduló mikroorganizmusok, amelyek jó hatékonysággal bonthatják az ilyen anyagokat, de a szennyező anyag típusától függően egyes növényfajok is alkalmasak lehetnek a szerves szennyező anyagok bontására.<sup>29</sup> A termikus eljárások során hőkezelést alkalmazva elpárologtatják, illetve oxidálják a szennyező anyagot.<sup>30</sup>

---

<sup>25</sup> NÉMETH 2001.

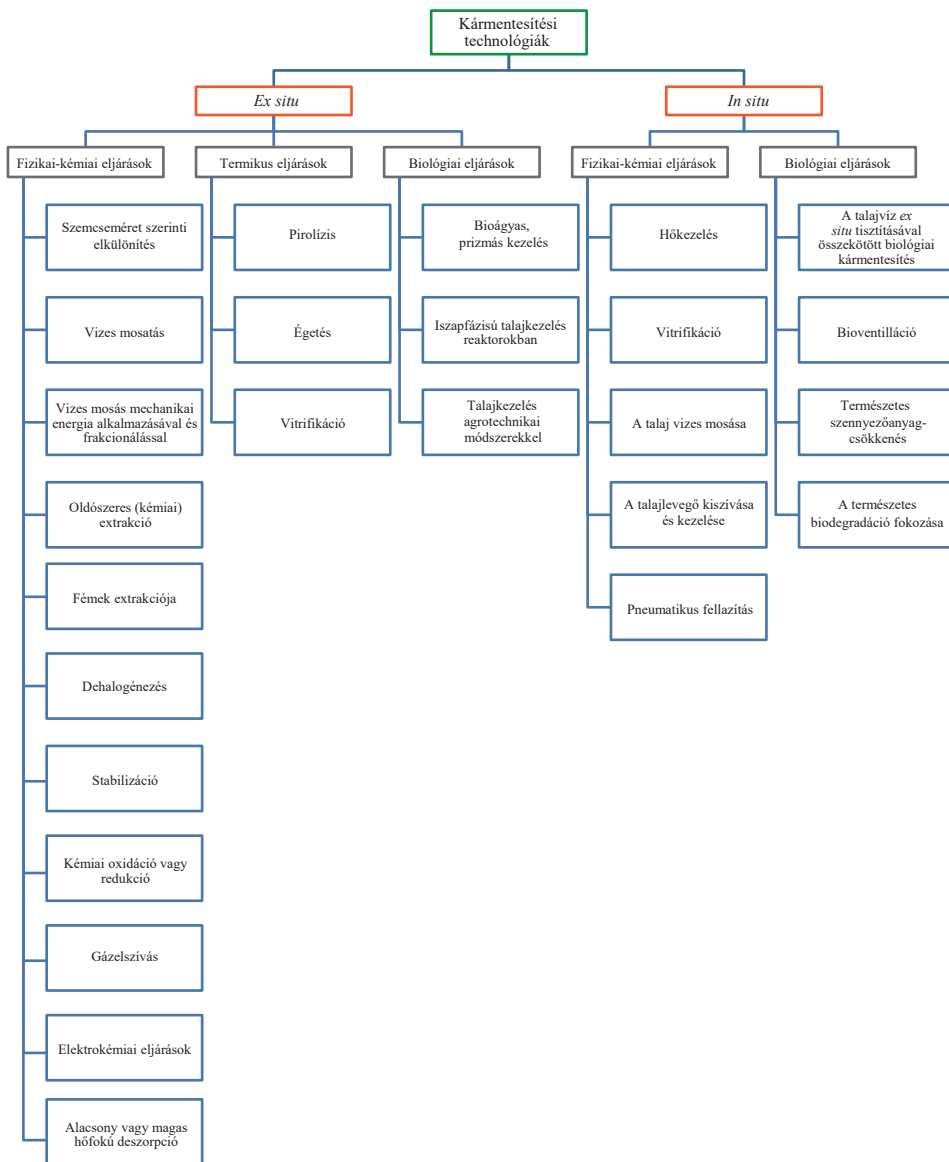
<sup>26</sup> MIRSAL 2008.

<sup>27</sup> BRADL–XENIDIS 2005.

<sup>28</sup> LIU et al. 2018.

<sup>29</sup> SHI et al. 2023.

<sup>30</sup> LIANG et al 2023.



1. ábra: A kármentesítés során alkalmazható talajtisztítási technológiai eljárások

Forrás: MIRSAL 2008 alapján a szerző szerkesztése

## Monitoring

A kármentesítés során szükség van *monitoringtevékenységre* is, amennyiben fennáll vagy valószínűsíthető a felszín alatti vizek, a földtani közeg és/vagy a termőföld talajának a szennyezettsége. A *monitoring* szükségességét a környezetvédelmi hatóság állapítja meg.

A 219/2004. (VII. 21.) Korm. rendelet a felszín alatti vizek védelméről 29. § (1) bekezdése alapján a kötelezettnek kármentesítési *monitoring* keretében folyamatosan ellenőriznie kell a kármentesítés bármelyik szakaszában folytatott tevékenység környezetre gyakorolt hatását, eredményességét, a károsodás csökkenését vagy megszűnését. A környezet állapotának változását az egyes szakaszok közötti időszakban is monitorozni kell.<sup>22</sup>

A tényfeltáráskor végzett vizsgálatok és a beavatkozási terv sem választható el a *monitoringtól*. A tényfeltárási záródokumentáció része kell hogy legyen a *monitoringtervnek*, ahogy a beavatkozási tervnek is tartalmaznia kell a beavatkozás ideje alatt és után üzemeltetett *monitoringrendszer* kiviteli tervét az üzemeltetési utasításokkal együtt. A *monitoringvizsgálatok* tárgya ugyanúgy lehet a földtani közeg, a talaj, a felszíni és felszín alatti vizek, de a környezeti levegő és az élő környezet is. A *monitoringtevékenység* célja a beavatkozási szakaszban ellenőrizni a kármentesítési technológia hatékonyságát, a szennyezés csökkenésének mértékét, illetve a szennyezés terjedésének nyomon követése a terület határai mentén. A kármentesítés utáni időszakban, a szennyezett terület határának ellenőrzésén túl, a *monitoring* célja a csökkentett szennyezés tartós fennmaradásának bizonyítása. Speciális esetben a hatóság tartós környezetkárosodást állapít meg. A hatóság felszín alatti víz és/vagy földtani közeg kockázatos anyag általi károsodására vonatkozóan megállapíthatja a tartós környezeti károsodást. Ilyen esetekben a *monitoringot* a károsodás megszűnéséig folytatni kell.<sup>24</sup>

## Jogszabályi háttér

### Jogi szabályozás az Európai Unióban

Az Európai Bizottság környezet- és agrárpolitikájának általános célja,<sup>31</sup> hogy a természeti értékek megőrzésével összeegyeztetve elősegítse a gazdasági növekedést,<sup>32</sup> ezért közvetett vagy közvetlen szabályozással ugyan,<sup>33</sup> de figyelembe vesz talajvédelmi szempontokat.<sup>34</sup> Az Európai Unió környezetpolitikájának szerves részét képezik továbbá azok a környezetvédelmi akcióprogramok, amelyek jellemzően hatéves ciklusokban határozzák meg az EU főbb prioritásait.

A Tanács 2022-ben elfogadta a nyolcadik környezetvédelmi cselekvési programot,<sup>35</sup> amely a 2030-ig tartó időszakra határozza meg a kiemelt célkitűzéseket. A határozat célul

<sup>31</sup> A Tanács 93/626/EGK határozata (1993. október 25.).

<sup>32</sup> A Tanács 92/43/EGK irányelve (1992. május 21.).

<sup>33</sup> Az Európai Parlament és a Tanács 2004/35/EK irányelve (2004. április 21.).

<sup>34</sup> TÓTH 2017.

<sup>35</sup> Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/591 határozata (2022. április 6.).

tűzte ki a talaj termőképességének védelmét, az erózió visszaszorítását, a szerves anyagok mennyiségének növelését, a szennyezett területek azonosítását, a leromlott állapotú talajok helyreállítását, illetve annak a meghatározását, hogy egy talaj mely esetben tekinthető jó ökológiai állapotúnak. A fenti célok elérése érdekében teljesítendő előfeltételek közül az egyik, a talaj védelmének és fenntartható használatának érdekében, egy, a talajegészségre vonatkozó jogalkotási javaslat kidolgozása. Megoldást kell találni továbbá a veszélyes anyagok helyettesítésére, valamint a vegyi anyagok kombinált hatásainak való kitettség kezelésére, az egészségre és a környezetre gyakorolt hatásának értékelése mellett.

A közösség nagy hangsúlyt fektet a vízvédelemre, aminek eredményeként az Európai Parlament és Tanács 2000-ben elfogadta a Víz Keretirányelvet. A keretirányelv célja, hogy keretet adjon az uniós vizek mennyiségi és minőségi védelmének, megakadályozza a vízi ökoszisztémák és a vízi ökoszisztémáktól közvetlenül függő szárazföldi ökoszisztémák és vizes területek további romlását, védje és javítsa azok állapotát. A szabályozás közvetett módon fontos szerepet játszik a talajszennyezések megakadályozásában, amit például egy agrárterületről származó diffúz szennyezés vagy egy illegálisan fúrt kút okozhat.<sup>36</sup> Az agrártevékenységekből származó szennyezések egységesen érintik a talajt és a vizeket. A nitrátirányelv célja az emberi egészség és a vízi ökoszisztémák megóvása a nitrátszennyezésekkel szemben.<sup>37</sup>

Az ipari kibocsátások jogi szabályozását ebben a cikkben nem mutatom be részletesen, egyrészt mert már számos másik publikáció tárgyalta korábban,<sup>38</sup> másrészt mert az iparbiztonsághoz tartozó igen széles körű jogi szabályozás eltér a cikk témájától. Két irányelvet mégis fontosnak tartok megemlíteni. Az egyik az IPPC-irányelv,<sup>39</sup> amelynek célja a levegőbe, a vízbe vagy a talajba történő ipari kibocsátások egymástól független csökkentésére tett intézkedések helyett egy integrált megközelítés kialakítása volt, amelynek keretében a nagy szennyezőanyag-kibocsátású ipari létesítményeknek egyetlen, az összes környezeti elemre vonatkozó terhelést szabályozó engedélyt adnak ki. A környezeti kibocsátások mellett az irányelv szabályozza a létesítmények hulladékgazdálkodását, a balesetbiztonsági kérdéseket és az energiahatékonyságot is. A másik irányelv az iparbiztonsági jogi szabályozás hatálya alá tartozó 96/82/EK irányelv (Seveso II. irányelv), amely a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek elleni védekezéssel és a balesetek veszélyeinek ellenőrzésével foglalkozik.<sup>40</sup> Az irányelv a hatálya alá tartozó üzemek működésének feltételeit szabályozza.<sup>41</sup> Ugyan az irányelv jelentős szerepet játszott a balesetek valószínűségének és következményeinek csökkentésében, a súlyos balesetek aránya nem változott. Az irányelv átdolgozásának a súlyos balesetek megelőzése, valamint a korábbi irányelv tartalmának további pontosítása és az anyagok és keverékek uniós osztályozási rendszeréhez való hozzáigazítása volt a célja.<sup>42</sup>

<sup>36</sup> Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.).

<sup>37</sup> A Tanács 1991. december 12-i irányelve a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről (91/676/EGK).

<sup>38</sup> DOBOR et al. 2021.

<sup>39</sup> Az Európai Parlament és a Tanács 2010/75/EU irányelve (2010. november 24.).

<sup>40</sup> A Tanács 96/82/EK irányelve (1996. december 9.).

<sup>41</sup> CIMER et al. 2015.

<sup>42</sup> Az Európai Parlament és a Tanács 2012/18/EU irányelve (2012. július 4.).



Az Európai Unió tagállamainak többsége a talajvédelmet a környezetvédelmi és a mezőgazdasági szabályozás részeként kezeli, speciális talajvédelmi szabályozása csak néhány tagállamnak van (például Ausztria, Franciaország, Egyesült Királyság). Az országhatáron átnyúló szennyezésekre azonban ez nem jelent megoldást.<sup>43</sup> A fenti problémákra reagálva a 2030-ig tartó Európai Biodiverzitási Stratégia a talajt önálló élőhelynek fogadja el, és jobb talajvédelem kidolgozására szólítja fel a tagállamokat.<sup>44</sup> Hasonló üzenete van a COM/2020/381 startégiának is,<sup>45</sup> amely fenntartható, biztonságos, de emellett robusztus és ellenálló élelmezési rendszer kidolgozását sürgeti.<sup>46</sup> Ezzel párhuzamosan a levegő-, víz- és talajszennyezés-mentes cselekvési terv megvalósítása is elindult.<sup>47</sup> A cselekvési terv célja, hogy kezelje a szennyező anyagok talajállapotra gyakorolt hatásával kapcsolatos aggályokat. Emellett az EU talán legfontosabb kezdeményezése a 2030-ig tartó talajstratégia megalkotása volt.<sup>48</sup> A stratégia az utóbbi évtizedekben egyértelművé vált hiányt igyekszik pótolni, miszerint a talaj jogállását a levegő és a víz jogállásával egy szintre hozza.<sup>49</sup>

## Jogi szabályozás Magyarországon

Az első talajvédelmet is érintő hazai környezetvédelmi szabályozás az 1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól. A törvény célja a fenntartható fejlődés biztosítása, a környezet egészének, valamint elemeinek és folyamatainak összehangolt védelme, illetve az ember és a környezet közötti harmonikus kapcsolat kialakítása. A törvény kereteket teremt az egészséges környezethez való alkotmányos jogok érvényesítésére és elősegíti a környezet igénybevételének, terhelésének és szennyezésének csökkentését, károsodásának megelőzését, a károsodott környezet javítását, helyreállítását. A törvény kimondja a környezeti elemek egységes védelmének szükségességét. A törvény külön kitér a talaj-termőképesség, -szerkezet, a víz- és levegőháztartás, valamint az élővilág védelmének a fontosságára. Emiatt a föld felszínén vagy a földben csak olyan tevékenységek folytathatók, illetve csak olyan anyagok helyezhetők el, amelyek a föld mennyiségét, minőségét és folyamatait, a környezeti elemeket nem szennyezik vagy károsítják.<sup>50</sup> A törvény rendelkezik a környezeti kár felelősségi kérdéseiről és a Kormány kármentesítéssel összefüggő feladatairól is.<sup>51</sup>

<sup>43</sup> TÓTH 2018.

<sup>44</sup> A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának Az EU biodiverzitási stratégiája 2030-ig A természet visszahozása életünkbe, COM/2020/380 végleges.

<sup>45</sup> A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának A gazdaságtól asztalig stratégia egy igazságos, egészséges és környezetbarát élelmiszerrendszerért, COM/2020/381 végleges.

<sup>46</sup> MONTANARELLA–PANAGOS 2021.

<sup>47</sup> European Commission, Zero Pollution Action Plan, 2021.

<sup>48</sup> A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának Az EU talajstratégiája 2030-ig Az egészséges talaj előnyeinek kihasználása az emberek, az élelmiszerek, a természet és az éghajlat szempontjából, COM/2021/699 végleges.

<sup>49</sup> KÖNINGER et al. 2022.

<sup>50</sup> A környezetvédelmi kármentesítésről [é. n.].

<sup>51</sup> 1995. évi LIII. törvény.

A talaj mint földtani közeg védelmére vonatkozóan a 219/2004. (VII. 21.) Kormányrendelet rendelkezései az irányadóak. A rendelet célja a felszín alatti vizek jó állapotának biztosításával és annak fenntartásával, szennyezésének fokozatos csökkentésével és megelőzésével, hasznosítható készleteinek hosszú távú védelmére alapozott fenntartható vízhasználat, a földtani közeg kármentesítésével összefüggő feladatok, jogok és kötelezettségek megállapítása. A rendelet hatálya a felszín alatti vízre, a földtani közegekre és a szennyező anyagra, a felszín alatti vizek és a földtani közeg állapotát érintő tevékenységekre terjed ki. A rendelet kimondja, hogy a felszín alatti vizek és a földtani közeg állapotát érintő tevékenységek csak az elérhető legjobb technika vagy a leghatékonyabb megoldás alkalmazásával, ellenőrzött körülmények között történhet. A rendelet intézkedik a felszín alatti vizet és a földtani közeget érintő kármentesítési előírásokról, valamint az Országos Környezeti Kármentesítési Program (OKKP) feladatairól is. A kármentesítés során biztosítani kell, hogy a szennyezés (B) szennyezettségi határértéket meghaladóan ne kerüljön át más környezeti elemre, a felszín alatti víz, a földtani közeg nem szennyezett részeire, illetve hogy az a lehető legkisebb környezeti terheléssel járjon, és ne okozzon környezeti veszélyeztetést, szennyezést, környezetkárosodást. A rendelet mellékletét képezi a szennyező anyagok jegyzéke.<sup>52</sup> Az egyes szennyező anyagokra vonatkozó határértékeket és a mintavételek, illetve vizsgálati módszerek szabályait a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet rögzíti.<sup>53</sup> A kármentesítési tényfeltárás szűrővizsgálatával kapcsolatos szabályokat a 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelet tartalmazza.<sup>54</sup> A szennyezett területekről és a kármentesítési feladatokról történő adatgyűjtés és nyilvántartás rendjéről a felszín alatti víz és a földtani közeg környezetvédelmi nyilvántartási rendszere (FAVI) adat-szolgáltatásáról szóló 18/2007. (V. 10.) KvVM rendelet rögzítette a szabályokat.<sup>54</sup>

## Talajszennyezéssel járó káresemények hazánkban és külföldön

### Esettanulmány 1: Metallochemia (Budapest, Magyarország)

A Metallochemia Budapest délnyugati részén, Nagytétényben színesfémkohászati vállalként működött 1908–1990 között. A nehézfémkohászat mellett festékek és vegyszerek gyártásával és akkumulátorok újrafeldolgozásával foglalkozott a cég. A vállalat nem fordított elegendő figyelmet a károsanyag-kibocsátások megelőzésére, az alkalmazott technológiák nem feleltek meg a környezetvédelmi előírásoknak. A gyárkérmények nem megfelelő szűrőrendszere súlyos légszennyezést okozott a környező területeken. A levegőbe került por jelentős mennyiségű nehézfémeket tartalmazott, amely (például Pb, As, Cu, Cd, Zn, Cr, Ni) később kiülepedéssel a talajba került.<sup>55</sup> A talaj szennyezését az emittált porszemcsék mellett a lerakott hulladékok okozták. A működés során keletkezett salakanyagok mindenfajta védelmi intézkedés (például kiporzás elleni, a talaj és a vizek védelmét szolgáló műtárgyak, szigetelések vagy

<sup>52</sup> 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet.

<sup>53</sup> 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelet.

<sup>54</sup> 18/2007. (V. 10.) KvVM rendelet.

<sup>55</sup> HORVÁTH et al. 1980.

egyéb építmények, berendezések) vagy technológiai korlátozás nélkül, a szabadban lettek elhelyezve.<sup>56</sup> A gyár közel 80 éves működése alatt 980 000 tonna kohósalak (410 000 m<sup>3</sup>) keletkezett a területen. 1977-ben mutatták ki először a gyár okozta szennyezést, aminek hatására leállították az ólomkohászatot.<sup>57</sup> Az emisszióbejelentés és az üzemórak adatai alapján abban az évben 197 tonna ólomtartalmú por jutott a légkörbe. A talajba került károsanyagok (nehézfémek és ezek sói) a csapadékkal egyre mélyebb rétegekbe, illetve a talajvízbe kerültek.<sup>58</sup> 1971–1972-ben az iparterület környezetében lévő kertek, mezőgazdasági területek növényei és a közelben tartott haszonállatok elpusztultak a légszennyezés és az ólommérgezés miatt. 1977-re a lakosság körében is kimutatták a szennyezés káros hatását. A területen végzett levegőminőségi vizsgálatok alapján megállapították, hogy a területen termesztett növények ólomtartalma 60-szorosa volt a megengedettnek. A lakosság körében növekedett a vetélések száma és a csecsemőhalandóság, valamint a daganatos, légúti megbetegedések gyakorisága és a vérszegénység.<sup>59</sup> A veszélyes anyagok környezet-egészségügyi kockázatának megszüntetése céljából az illetékes hatóság (KÖJÁL) 1990-ben felfüggesztette a gyár működését. A terület kármentesítésének jogi keretet az Észak-Magyarországi Környezetvédelmi Felügyelőség 8932-94/1999. sz. határozata adott. A határozat a salakmeddő mozgatás nélküli helybenhagyással történő szarkofágszerű lefedését írja elő. A környező lakótelekeken a talajszennyezést talajcserével szüntették meg, míg az iparterület egy részén az M6-os autópálya halad át, amelynek a földmunkáihoz felhasználták a szennyezett talaj egy részét.<sup>60</sup>

## Esettanulmány 2: Aznalcóllar (Sevilla, Spanyolország)

A káresemény 1998. április 25-én következett be, amikor átszakadt a svéd Boliden vállalat Los Frailes piritbányájának egyik zagytározó gátja. A bánya Sevilla tartomány Aznalcóllar településén, a Doñana Nemzeti Parktól 50 km-re északra fekszik. A gát fala 50 m hosszú szakaszon nyílt meg, amelyen körülbelül 2 millió m<sup>3</sup> nehézfém- és arzéntartalmú bányászati iszap és 4 millió m<sup>3</sup> savas víz ömlött ki, elszennyezve az Agrio és a Guadiamar folyó medrét, illetve a környező 40 km-es partszakaszt.<sup>61</sup> A szennyezés következtében károsodott a vízi és a szárazföldi ökoszisztéma, mezőgazdasági területek és a Doñana Nemzeti Park egy része is. A savas víz és az iszapszennyezés okozta kár 4500 hektárt érintett összesen. A bánya környezetében 1,7 m vastag, míg a szennyezés terjedési határánál néhány centiméter vastag iszapréteg rakódott le. Az iszap felületén a felszíni rétegekben végbement oxidáció következtében vas-szulfát keletkezett, amelyből vas-hidroxid-kiválások alakultak ki. Az ezt követő csapadékos időszak alatt az oldható anyagok kimosódtak, és adszorbeálódtak a talajban.<sup>62</sup> A savas víz bekerülve a kutakba és a talajvízbe megváltoztatta azok pH-ját. A szennyezés következtében a környező

<sup>56</sup> 1970-ig a veszélyes tevékenységekkel foglalkozó vagy veszélyes hulladékot termelő ipari tevékenységekre vonatkozóan nem volt megfelelő jogszabályi háttér Magyarországon.

<sup>57</sup> BATA-ANDÓ 2005.

<sup>58</sup> HORVÁTH et al. 1994.

<sup>59</sup> VARI 1996.

<sup>60</sup> LEPEL 2006.

<sup>61</sup> BOSCH 1999.

<sup>62</sup> VIDAL et al. 1999.

elővilág is súlyosan károsodott. A folyóparti növényzet kipusztult, 37 tonna hal és több ezer kétlábú, madár, emlős pusztult el. A szennyezés bekerült a táplálékláncba, ami hosszú távon teratogén és karcinogén hatásokkal járt.<sup>63</sup> A baleset után az andalúziai regionális kormány koordinációs bizottságot hozott létre, és cselekvési tervet dolgozott ki a környezeti és gazdasági hatások mérséklése, illetve az egészségügyi hatások megelőzése céljából. A szennyezett víz nemzeti parkba jutásának megakadályozása céljából a folyók oldalpartját megerősítették, az Entremuros-csatornán pedig támfalakat építettek. A kármentesítés részeként nehézsúlyú gépekkel eltávolították a szennyezett talajt, illetve kalcium-karbonátot és vas-oxi-hidroxidot adagoltak a fémek további oldódásának, illetve adszorpciójának a megakadályozására. Ellenőrizték a víz és az élelmiszer minőségét, illetve mintákat vettek a szennyezettség mértékének megállapítása és a szennyezők jellemzése céljából. A további kiömlések megakadályozása érdekében a zagyarázó köré védőgátat emeltek.<sup>64</sup>

## Összefoglalás

A talaj mint feltételesen megújuló erőforrás védelme prioritás kell hogy legyen Magyarország számára. A természetes és antropogén stressz a talaj degradációját okozza, ami csökkentti annak ökoszisztéma-szolgáltató képességét, és károsan hat a talajfunkciókra. Jelenleg a világ talajainak több mint 30%-a mérsékeltten vagy erősen leromlott állapotú. Cikkemben a degradációt okozó veszélyforrások közül a talajszennyezésekkel foglalkoztam.

A fenntartható, hosszú távú talajhasználatához többek között a szennyezett területek felmérésére és a szennyezések hatékony kezelésére lenne szükség. Egy korábbi szennyezés kezelésekor a szennyezett terület kármentesítéséhez először részletes tényfeltárára van szükség. A részletes tényfeltárást során a szennyezők koncentrációit kell meghatározni a földtani közegben, illetve a felszín alatti vízben. Többek közt az intézkedési határérték feletti földterület térbeli lehatárolása és a felszín alatti víz mennyiségének becslése a cél. A munka során tényfeltárási terv, illetve záródokumentáció készül az illetékes hatóságok felé. A szennyezések kezelése a megfelelő technológia megválasztásával folytatódik. A műszaki beavatkozás során a szennyezés csökkentésére alkalmazni kívánt technológia kiválasztása a cél, amely a kockázati szint, a szennyezés mértéke, valamint a kármentesítési feladat időbeli és pénzügyi korlátainak figyelembevételével történik. Az eljárás típusa szerint megkülönböztetünk fizikai-kémiai, biológiai és termikus eljárásokat. A munkafolyamatról beavatkozási terv készül. A *monitoring* szükségességét a környezetvédelmi hatóság állapítja meg. A tényfeltárási és a műszaki beavatkozási dokumentációk részei a *monitoringtervnek*. A *monitoringtevékenység* célja a beavatkozási szakaszban ellenőrizni a kármentesítési technológia hatékonyságát, a szennyezés csökkenésének mértékét, illetve a szennyezés terjedésének nyomon követése a terület határai mentén. A kármentesítés utáni időszakban, a szennyezett terület határának ellenőrzésén túl,

<sup>63</sup> Barcelona Field Studies Centre 2022.

<sup>64</sup> GRIMALT et al. 1999.

a *monitoring* célja a csökkentett szennyezés tartós fennmaradásának bizonyítása vagy speciális esetben a tartós talajkárosodás megállapítása.

A talajvédelem jogszabályi háttere egészen napjainkig nem lett egységes keretekbe foglalva, ami megnehezíti a szakmai szervezetek munkáját. Az egyre gyakrabban és egyre nagyobb területeket érintő talajromlás ellenére az EU-ban csak néhány tagállam rendelkezik kimondottan talajvédelmi stratégiával. A tagállamok többsége csak közvetett módon rendelkezik a talaj védelmét szolgáló szabályozásokkal. Ezek egy, az országhatáron átnyúló szennyezés esetén nem minden esetben jelentenek megoldást. Az EU nagyon fontos és időszerű kezdeményezése ez ügyben a 2030-ig tartó talajstratégia, amely a talaj önálló jogállását igyekszik megteremteni. Magyarországon az első talajvédelmet is érintő hazai környezetvédelmi szabályozás az 1995. évi LIII. törvény, míg a talaj mint földtani közeg védelmére vonatkozóan a 219/2004. (VII. 21.) Kormányrendelet rendelkezései az irányadóak. Az egyes szennyező anyagokra vonatkozó határértékeket és a mintavételek, illetve vizsgálati módszerek szabályait a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet rögzíti. A kármentesítési tényfeltárás szűrővizsgálatával kapcsolatos szabályokat a 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelet tartalmazza.

A talajszennyezés antropogén forrása a legtöbb esetben valamilyen ipari tevékenység. A Metallochemia Budapest délnyugati részén, Nagytétényben színesfémkohászati vállalatként működött 1908–1990 között. A nehézfémkohászat mellett festékek, vegyszerek gyártásával és akkumulátorok újrafeldolgozásával foglalkozott a cég. A gyár közel 80 éves működése alatt minimális környezetvédelmi beruházást végeztek. A gyár területén 980 000 tonna kohósalak (410 000 m<sup>3</sup>) keletkezett, amely a helytelen tárolás miatt elszennyezte a környezetet. A gyár-kéményekből nagy mennyiségű ólomtartalmú por jutott a légkörbe, amely a csapadékkal egyre mélyebb talajrétegekbe, illetve a talajvízbe került. 1977-ben mutatták ki először a gyár okozta szennyezést, aminek hatására leállították az ólomkohászatot. A talajok szennyezése nem csak hosszú távú hatások eredményeként alakulhat ki, hanem katasztrófa vagy káresemény következtében is. Jó példa erre az 1998. április 25-én Aznalcóllarban (Sevilla, Spanyolország) bekövetkezett káresemény, amikor átszakadt a svéd Boliden vállalat Los Frailes piritbányájának egyik zagytározó gátja. Körülbelül 2 millió m<sup>3</sup> nehézfém- és arzéntartalmú bányászati iszap és 4 millió m<sup>3</sup> savas víz ömlött ki, elszennyezve az Agrío és a Guadamar folyó medrét, illetve a környező 40 km-es partszakaszt, súlyos rövid és hosszú távú káros hatásokat okozva az érintett területen.

A talajszennyezések komplex volta miatt átfogó megközelítésre van szükség a probléma kezeléséhez. Az egységes keretbe foglalt hazai talajvédelmi jogszabályokkal kiegészítve a korszerű, hatékony kármentesítési eljárások elősegíthetik a fenntartható talajhasználatot.

## Felhasznált irodalom

- A környezetvédelmi kármentesítésről [é. n.]. *Környezetvédelem*. Online: <https://xn--kornyeztvedelem-jkb3r.hu/kornyezeti-karmentesitesrol>
- Barcelona Field Studies Centre (2022): *Damage to Fragile Environments: Doñana National Park Pollution*. Online: <https://geographyfieldwork.com/DonanaCauses.htm>

- BATA Gábor – ANDÓ József (2005): Nehézfémekkel szennyezett talajszelvény környezeti minősítő vizsgálata a Metallochemia-telephely (Budapest XXII. kerület) környezetében. *Földtani Közlöny*, 135(1), 91–111.
- BOSCH, Xavier (1999): Doñana Clean-up 'Left Half the Soil Still Contaminated'. *Nature*, 398, 178. Online: <https://doi.org/10.1038/18257>
- BRADL, H. – XENIDIS, A. (2005): Chapter 3 Remediation Techniques. *Interface Science and Technology*, 6, 165–261. Online: [https://doi.org/10.1016/S1573-4285\(05\)80022-5](https://doi.org/10.1016/S1573-4285(05)80022-5)
- BUNDSCHUH, Jochen et al. (2012): One Century of Arsenic Exposure in Latin America: A Review Of History and Occurrence From 14 Countries. *Science of the Total Environment*, 429, 2–35. Online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2011.06.024>
- CHO, IN-GYU et al. (2019): Characteristics of Metal Contamination in Paddy Soils from Three Industrial Cities in South Korea. *Environmental Geochemistry and Health*, 41, 1895–1907. Online: <https://doi.org/10.1007/s10653-019-00246-1>
- CIMER Zsolt – KÁTAI-URBÁN Lajos – VASS Gyula (2015): Veszélyes üzemekkel kapcsolatos üzemasztási szabályozás értékelése – Európai szabályozás. *Hadmérnök*, 10(3), 78–91.
- DOBOR József et al. (2021): Environmental Pollution Resulting From Hazardous Plant Pollution, Its Characterization From a Disaster Management Point of View, and a Summary of the Lessons Learned From the Case. *Védelem Tudomány a Katasztrófavédelem online szakmai, tudományos folyóirata*, 6(3), 409–431.
- ELBANA, Tamer – GABER, Hesham M. – KISHK, Fawzy M. (2018): Soil Chemical Pollution and Sustainable Agriculture. In EL-RAMADY, H. et al. (szerk.): *The Soils of Egypt*. H. n.: Springer International Publishing. Online: [https://doi.org/10.1007/978-3-319-95516-2\\_11](https://doi.org/10.1007/978-3-319-95516-2_11)
- ENDRÉDY István (2013): *A szovjet csapatok kivonása Magyarországról és a környezeti károk felszámolásának története*. Budapest–Balatonúzfő: Palásthy Bt.
- GRIMALT, Joan O. – FERRER, Miguel – MACPHERSON, Enrique (1999): The Mine Tailing Accident in Aznalcollar. *Science of The Total Environment*, 242(1–3), 3–11. Online: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00372-1](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00372-1)
- HORVÁTH A. et al. (1980): A talaj nehézfém-szennyezettségének vizsgálata ólomkohó környezetében. *Magyar Kémikusok Lapja*, 35, 135–140.
- HORVÁTH Zs. – JANSEN, G. P. – DE RUIJTER, T. F. (1994): Talaj- és talajvízszennyezés vizsgálat a nagytényi Metallochemia gyár területén és környezetében. *Hidrológiai Közlöny*, 74(2), 81–83.
- İSEL, Pinar et al. (2023): Natural and Artificial Radioactive Pollution in Sediment and Soil Samples of The Bosphorus, Istanbul. *Environmental Science and Pollution Ressearch*, 30, 70937–70949. Online: <https://doi.org/10.1007/s11356-023-27455-7>
- KHANNA, Richa – GUPTA, Shilpi (2018): Agrochemicals as a Potential Cause of Ground Water Pollution: A review. *International Journal of Chemical Studies*, 6(3), 985–990.
- KÖNINGER, J. et al. (2022): In Defence of Soil Biodiversity: Towards an Inclusive Protection in the European Union. *Biological Conservation*, 268, 109475. Online: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109475>
- LEPEL Adrienn (2006): A budapesti barnamezős területek újrahasznosítása. *Építés – Építéstudomány*, 34(1–2), 121–148. Online: <https://doi.org/10.1556/EpTud.34.2006.1-2.5>
- LÉVAI, Zsolt – SZÜCS-VÁSÁRHELYI, Nóra (2023): A természeti hatások által okozott közlekedési problémák vizsgálata a Dunakanyarban. In GÖCZE, István – PADÁNYI, József (szerk.): *Húsz év a katonai műszaki tudományok szolgálatában: A katonai műszaki tudományok tudományág időszerű kérdései, aktuális tudományos kutatási eredményei – Hallgatói kötet*. Budapest: Ludovika. 295, 145–166.
- LIANG, Tian (2023): Life Cycle Assessment-Based Decision-Making for Thermal Remediation of Contaminated Soil in a Regional Perspective. *Journal of Cleaner Production*, 392, 136260. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136260>
- LIU, Lianwen et al. (2018): Remediation Techniques for Heavy Metal-Contaminated Soils: Principles And Applicability. *Science of The Total Environment*, 633, 206–219. Online: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.03.161>

- MANDAL, Asit et al. (2020): Chapter 7 – Impact of Agrochemicals on Soil Health. *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation*, 161–187. Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00007-6>
- MIRSAL, Ibrahim A. (2008): *Soil Pollution, Origin, Monitoring & Remediation*. 2nd edition. Berlin–Heidelberg: Springer-Verlag.
- MONTANARELLA, Luca – PANAGOS, Panos (2021): The Relevance of Sustainable Soil Management within the European Green Deal. *Land Use Policy*, 100, 104950. Online: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2020.104950>
- NÉMETH Tamás szerk. (2001): *Kármentesítési Kézikönyv 4. Kármentesítési technológiák*. Budapest: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- NÉMETH Tamás szerk. (2003a): *Kármentesítési Útmutató 5. Kármentesítési beruházások műszaki ellenőrzése*. Budapest: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- NÉMETH Tamás szerk. (2003b): *Kármentesítési Útmutató 6. Tényfeltárás és monitoring. A szennyezett területek tényfeltárása és a kármentesítési monitoring rendszerek*. Budapest: Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium.
- PICHTEL, John (2012): Distribution and Fate of Military Explosives and Propellants in Soil: A Review. *Applied and Environmental Soil Science*, 33. Online: <https://doi.org/10.1155/2012/617236>
- RODRÍGUEZ-EUGENIO, Natalia – MCLAUGHLIN, Michael – PENNOCK, Daniel (2018): *Soil Pollution: a Hidden Reality*. Róma: FAO, 142.
- RODRIGUEZ-SEIJO, Andres et al. (2016): Copper, Chromium, Nickel, Lead and Zinc Levels and Pollution Degree in Firing Range Soils. *Land Degradation & Development*, 27(7), 1721–1730. Online: <https://doi.org/10.1002/ldr.2497>
- SHI, Liang et al. (2023): Modeling Phytoremediation of Heavy Metal Contaminated Soils Through Machine Learning. *Journal of Hazardous Materials*, 441, 129904. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2022.129904>
- SINGH, Divya et al. (2020): Impacts of Agrochemicals on Soil Microbiology and Food Quality. *Agrochemicals Detection, Treatment and Remediation*, 101–116. Online: <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-103017-2.00004-0>
- Soil Degradation (2019). *NSW Environment and Heritage*. Online: <https://www.environment.nsw.gov.au/topics/land-and-soil/soil-degradation>
- STEFANOVITS Pál – FILEP György – FÜLEKY György (1999): *Talajtan*. Budapest: Mezőgazda.
- SZŰCS-VÁSÁRHELYI Nóra (2019): A talajszennyezésről általában, különös tekintettel a szervesen szennyező anyagokra. *Hadmérnök*, 14 (4), 127–146. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.4.8>
- TÓTH Zsolt (2017): Soil Protection in the EU: The Most Important Soil-Related EU Policies and Legal Sources = Talajvédelem az Európai Unióban: a talajt érintő legfontosabb uniós politikák és jogforrások. *Agrár- és Környezetjog*, 12(22), 202–246. Online: <https://doi.org/10.21029/JAEL.2017.22.202>
- TÓTH Zsolt (2018): Próbálkozások egy egységes és átfogó uniós talajvédelmi politika megteremtésére. *Iustum Aequum Salutare*, 3, 219–236.
- VÁRALLYAY György (2015): Soil, as a Multifunctional Natural Resource. *Columella–Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 2, 9–19. Online: <https://doi.org/10.18380/SZIE.COLUM.2015.1.9>
- VÁRI, Anna (1996): Uncertainties about the Health Effects of Heavy Metal Contamination: The Case of Metallochemia. In SUBLET, Virginia H. – COVELLO, Vincent T. – TINKER, Tim L. (szerk.): *Scientific Uncertainty and Its Influence on the Public Communication Process*. Dordrecht: Springer. Online: [https://doi.org/10.1007/978-94-015-8619-1\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-015-8619-1_8)
- VIDAL, Miquel et al. (1999): Prediction of the Impact of the Aznalcóllar Toxic Spill on the Trace Element Contamination of Agricultural Soils. *Science of The Total Environment*, 242(1–3), 131–148. Online: [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(99\)00380-0](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(99)00380-0)

## Jogi források

- 14/2005. (VI. 28.) KvVM rendelet a kármentesítési tényfeltárás szűrővizsgálatával kapcsolatos szabályokról
- 18/2007. (V. 10.) KvVM rendelet a felszín alatti víz és a földtani közeg környezetvédelmi nyilvántartási rendszer (FAVI) adatszolgáltatásáról
1995. évi LIII. törvény a környezet védelmének általános szabályairól
- 219/2004. (VII. 21.) Kormány rendelet a felszín alatti vizek védelméről
- 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről.
- A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának A gazdaságtól asztalig stratégia egy igazságos, egészséges és környezetbarát élelmiszerrendszerért, COM/2020/381 végleges
- A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának Az EU biodiverzitási stratégiája 2030-ig A természet visszahozása életünkbe, COM/2020/380 végleges
- A Bizottság közleménye az Európai Parlamentnek, a Tanácsnak, az Európai Gazdasági és Szociális Bizottságnak és a Régiók Bizottságának Az EU talajstratégiája 2030-ig Az egészséges talaj előnyeinek kihasználása az emberek, az élelmiszerek, a természet és az éghajlat szempontjából, COM/2021/699 végleges
- A Tanács 93/626/EGK határozata (1993. október 25.) a biológiai sokféleségről szóló egyezmény megkötéséről
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2022/591 határozata (2022. április 6.) a 2030-ig tartó időszakra szóló általános uniós környezetvédelmi cselekvési programról
- Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról
- Az Európai Parlament és a Tanács 2004/35/EK irányelve (2004. április 21.) a környezeti károk megelőzése és felszámolása tekintetében a környezeti felelősségről
- Az Európai Parlament és a Tanács 2012/18/EU irányelve (2012. július 4.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről. EGT-vonatkozású szöveg
- Egységes szerkezetbe foglalt szöveg: A Tanács 1991. december 12-i irányelve a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről (91/676/EGK)
- Egységes szerkezetbe foglalt szöveg: A Tanács 92/43/EGK irányelve (1992. május 21.) a természetes élőhelyek, valamint a vadon élő állat- és növényvilág védelméről
- Egységes szerkezetbe foglalt szöveg: Az Európai Parlament és a Tanács 2010/75/EU irányelve (2010. november 24.) az ipari kibocsátásokról (a környezetszennyezés integrált megelőzése és csökkentése) (átdolgozás)
- European Commission (2021): *Zero Pollution Action Plan*. Online: [https://ec.europa.eu/environment/strategy/zero-pollution-action-plan\\_en](https://ec.europa.eu/environment/strategy/zero-pollution-action-plan_en)
- FAO–ITPS (2015): *Status of the World's Soil Resources (SWSR) – Main Report*. Food and Agriculture Organization of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel on Soils. Rome, Italy. Online: <https://www.fao.org/3/i5126e/i5126e.pdf>
- Key definitions [é. n.]. *FAO SOILS PORTAL*. Online: [www.fao.org/soils-portal/about/all-definitions/en](http://www.fao.org/soils-portal/about/all-definitions/en)>FAO
- Soil Degradation [é. n.]. *FAO SOILS PORTAL*. Online: <https://www.fao.org/soils-portal/soil-degradation-restoration/en/>



Szalkai László<sup>1</sup> 

# A műszaki felszámolók támogatóképeségei a terrorelhárításban

## The Supporting Capabilities of Technical Liquidators in Counter-Terrorism

*Tudatában kell lennünk, hogy az eltűnt idők elhivatott „harcosai” áldozatos munkájukkal, miként támogatták a terrorelhárítás műveleti állományának tevékenységét, a műszaki specialisták feladatát. Ezt a nehéz feladatkört csak néhányak képesek betölteni egy műveleti egységen belül. Szerteágazó tevékenységi körükkel, képességükkel arra hivatottak, hogy a műveleti csoportokat a nyílászárók megfelelő módon történő megnyitásával a lehető legrövidebb időn belül a műveleti területre juttassák, ha kell, robbanóanyag használatával is. Alapképzésük 6–7 hetes folyamat, amely során elsajátítják az erőszakos behatolási eszközök, a műveleti alpinechnikai tevékenységek, az operatív felderítési tevékenységek területén szükséges ismereteket, és azok birtokában támogatják saját műveleti egységüket a kiképzésük után.*

**Kulcsszavak:** műszaki specialisták, műveleti csoportok, robbanóanyag, kiképzés

*We need to be aware of the dedicated “warriors” of the missing times, with their sacrificial work, how they supported the activities of the anti-terrorist operations and the task of technical specialists. Only some can fill this difficult task within an operation unit. With their diverse activities and ability, they are intended to bring operations groups to the operation area as soon as possible by opening the doors and windows in the shortest possible time. Their basic training is a 6–7-week process to acquire the necessary knowledge in the field of violent penetration tools, operational sub-technology activities, and operational reconnaissance activities and, with them, support their own operation unit after their training.*

**Keywords:** technical specialists, operations groups, explosive material, training

<sup>1</sup> Okleveles nemzetbiztonsági szakértő, e-mail: [szalkai.lszlo81@gmail.com](mailto:szalkai.lszlo81@gmail.com)

## Bevezetés

A 70-es években az erősödő nemzetközi terrorizmus hatására Európa-szerte terrorelhárító egységeket hoztak létre. Ennek fő kiváltó oka az 1972-es müncheni olimpián történt terrortámadás volt. Akkori beszámolókat szerint 1972. szeptember 5-én hajnali fél ötkor nyolc személy jutott be az olimpiai faluba, akik – utóbb kiderült – a Fekete Szeptember palesztin terrororganizáció felfegyverkezett tagjai voltak. A támadók célpontjai az izraeli küldöttség szálláshelyén tartózkodók voltak, ahol két személyt érkezésükkor a helyszínen megöltek, valamint kilenc túszt ejtettek.<sup>2</sup> A szörnyű esemény jelentősége abban rejlett, hogy korábban az újkori olimpiai játékok történelmében ehhez fogható esemény nem történt. A terroristák olyan követelésekkel álltak elő, amelyeket a német hatóságoknak nem volt módjuk teljesíteni. Mivel az ilyen típusú eseményekre akkoriban még nem volt példa – illetve tapasztalat híján voltak a rendvédelmi szervek –, ezért a német biztonsági szakértők javaslatára túszmentő akcióba kezdtek. A szervezetlenség és a tapasztalat hiánya mindkét oldalon súlyos embervesztéseket követelt. Az akció végére valamennyi túszt, közel fél tucat terrorista és egy rendőr életét veszítette, három támadót sebesülten fogtak el.

Ez az esemény ébresztette rá a környező országok kormányát, hogy az ilyen esetek felszámolására új rendvédelmi bevetési egységeket hozzanak létre. Ezt követően alakultak meg a ma is létező, közismert terrorelhárító egységek, mint például a német Grenzschutzgruppe-9 (GSG-9),<sup>3</sup> a francia Groupe d'intervention de la Gendarmerie nationale (GIGN)<sup>4</sup> vagy az osztrák Einsatzkommando Cobra (COBRA).<sup>5</sup>

Felértékelődött az improvizált robbanószerkezetek szakszerű kezelésének kérdésköre<sup>6</sup> is, hiszen a nemzetközi terrorelhárító egységek „médiafelületeken” megjelent közleményei alapján számtalan esetben találkoztak ilyen eszközökkel.<sup>7</sup>

## A kezdetek

Winston Churchill szavait felelevenítve: „Minél távolabbra tekintünk hátra, annál messzebbre látunk előre.”<sup>8</sup> A 70-es évek elején Magyarországon is jelentkezett a mind ez idáig ismeretlen

<sup>2</sup> RÉMAI 2019: 8–9.

<sup>3</sup> GSG-9: A német szövetségi rendőrség súlyos és erőszakos bűncselekmények és terrorizmus elleni küzdelemre szakosodott egysége, amelynek székhelye Sankt Augustin – Hangelar és Berlinben található.

<sup>4</sup> GIGN: A francia nemzeti csendőrség elit egysége, amely válságkezelésre és olyan veszélyes küldetésekre szakosodott, mint a terrorizmus elleni küzdelem, a túszmentési műveletek, a bűnözés elleni küzdelem.

<sup>5</sup> EKO Cobra: Ausztria legfontosabb rendőri különleges egysége. A Különleges Egységek Igazgatóságának része, amely közvetlenül a Szövetségi Belügyminisztérium Közbiztonsági Főigazgatósága alá tartozik. A különleges egység központja és kiképzőlétesítményei Wiener Neustadtban találhatóak.

<sup>6</sup> IEDD – Improvised Explosive Device Disposal.

<sup>7</sup> KOVÁCS–DARUKA 2013: 387.

<sup>8</sup> Winston Churchill brit politikus, miniszterelnök, Nobel-díjas író. Az eredeti szöveg a következő: „The farther backward you can look, the farther forward you are likely to see.” Bővebben lásd: <https://www.citatum.hu/idezet/25497>

kifejezés, a terrorcselekmény – gondoljunk csak a hírhedt balassagyarmati tűzhelyzetre!<sup>9</sup> Ekkor nem volt még rendelkezésre álló elit bevetési egység, amelyet a hasonló bűncselekmények felszámolására alkalmaztak volna. Rögtönözve összeállított behatoló- és mesterlövészcsoporthoz látták el a mindaddig ismeretlen feladatot.

Ezt követően 1973. június 1-jén speciális rendvédelmi tevékenységet végző terrorelhárító egységet hoztak létre – a Különleges Szolgálatok Parancsnokságát<sup>10</sup> –, amelynek székhelye a Forradalmi Rendőri Ezred lett. Akkor még zászlóaljakon belül, annak részeként működtek ezek az akciószakaszok, amelyek egyenként 12–13 fő rohamcsoporthoz, 4–4 fő mesterlövészből, 4 fő műszaki felszámolóból<sup>11</sup> álltak.<sup>12</sup> Ekkoriban a műszaki alapképzés személyi állománya háromféle indíttatású személyekből tevődött össze: akik kifejezetten műszaki beállítottságuk miatt jelentkeztek, azokból, akik a fizetéseltérítés (anyagi) motiváltsága miatt, illetve azokból, akik a vezetők érdekvényesítő hatására kerültek erre a területre.

Eszközeik nem feltétlenül a különleges rendvédelmi feladatokhoz kialakított eszközrendszerek voltak. Például a bejárati ajtók befeszítésére olyan bányaipari eszközt alkalmaztak, amely alapvetően bányaementési munkálatokban alkalmazott hidraulikus feszítőberendezés volt. Vascsőrendszerek összeillesztését követően egy fúrógép működtetésével a nyomásszabályzó egység közvetítette a hidraulikus nyomóerőt az ajtó irányába. Az egység taktikai tevékenységével ez nehezen volt összeilleszthető. Mivel ezt az egységet bányaipari célokra fejlesztették ki, mozgatása, szállítása meglehetősen nehéznek bizonyult. A csőrendszer hossza elérte az 5 méteres távolságot, ami alkalmassá tette a nagyobb távolságra történő vízszintes felhelyezését. Ez a módszer csak a befelé nyíló nyílászárók megnyitására volt hivatott. Legtöbbször az eltorlaszolt ajtók megnyitásának végső eszköze volt.

Később új eszközt szereztek be, amely izraeli gyártmányú hidropneumatikus eszköz volt. Egy levegő- és olajtartállyal felszerelt háti egység, a munkahengerrel ellátott kézi feszítőberendezés alkotta, amely mindössze kettő-három alkalommal tette lehetővé a behatolást. Alkalmazásakor a munkahengert be kellett helyezni az ajtó nyílásába, majd a sűrített levegő rendszerbe juttatását követően a hidraulikaolaj továbbhaladása működtette a feszítőegységet. Ezeket az eszközöket az úgynevezett műszaki szállítójárművekben helyezték el.

A speciális részfeladatok ellátását – a pirotechnikai termékekkel kapcsolatos tevékenységeket – az egységben az a személy végezte, aki a civil életben elektrotechnikai műszerész szakmát tanult korábban, vagy csak egyszerűen jártas volt ebben. A korabeli pirotechnikai indítógépeket, áramköröket, eszközöket a szervezet műszaki műhelyében készítették el. Gyakran megesett, hogy a műszaki specialista a szolgálat végén nem lőpor, hanem inkább hegesztésifüst- és hidraulikaolaj-szagot árasztott.

Ekkor még nem forgalmaztak erre a speciális területre kifejlesztett eszközöket, ezért a sikeres feladat-végrehajtás elérése érdekében szükség volt a rendkívüli kreativitásra és a kimagasló

<sup>9</sup> Nógrád megyei levéltár 2015.

<sup>10</sup> TARJÁN 2015: 30.

<sup>11</sup> Műszaki felszámoló: Az általános rohamcsoporthoz alapképzésen túl speciális tevékenységek alkalmazására felkészített rendőrök, akik képesek alpintechnikai, pirotechnikai, robbanóanyag-technikai, speciális technikai és gépkezelői tevékenységek végrehajtására.

<sup>12</sup> HEGEDŰS 2010: 54.

műszaki érzékre. Az ajtótoró kost, a feszítő-, kézi eszközöket gyakran az „ügyes kezű műszaki szakállomány” készítette el a műhelyben.<sup>13</sup>

A 70-es évek végére a tevékenységük jobb koordinálása miatt már akcióalosztályként látták el feladatukat. Ebben az időszakban jelent meg a légi képesség, amely a rohamcsoportok gyors szállítását volt hivatott megoldani, illetve megjelent a szervezetben az alpinttechnikai tevékenységek köre is (például a föld felett lebegő helikopterből kötélén történő leereszkedés folyamata).

Új szervezeti átalakítást követően az eddigi akciószakaszokat kiemelték a zászlóaljok alól, és centralizált szervezatként, külön egységben megalakult a Komondor Terrorelhárító Szolgálat (KTSZ),<sup>14</sup> amelynek bázisa továbbra is a Rendőri Ezreden belül volt. Ebbe az egységbe integrálódott az akkori tűzserésszolgálat is. Ezt a szervezetet gyakran keverik össze a Magyar Honvédség (MH) keretein belül működő tűzserész-tevékenységgel, annak ellenére, hogy a vonatkozó jogszabályok teljes mértékben elkülönítik a honvédség, illetve a rendőrség által végzett tevékenységek hatáskörét.<sup>15</sup>

A KTSZ megalakításának kezdetén annak lehetőségei elég szegényesek voltak (például kiképzési anyagok, felszerelések hiányossága), de szakma iránti elkötelezettsége, agilitása alapozta meg a jövő generációinak gyorsabb fejlődési lehetőségét. Ennek a korszaknak jeles képviselői még nem rendelkeztek olyan nemzetközi kapcsolatokkal, mint jelenleg – a 80-as évekről beszélünk –, ezért jó és rossz tapasztalataik alakították a kiképzések, eszközök, felszerelések alakulását.

A rendszerváltozást követően hazánkban sorra jelentek meg a különböző típusú terrorcselekmények. 1991-ben a török nagykövet ellen kíséreltek meg támadást végrehajtani, a célpontokat szállító autóbusz elleni terrortámadást sikerrel hajtották végre a ferihegyi úton. A 90-es évek végén jelentek meg a „maffiaháborúk”,<sup>16</sup> amelyeknek a legismertebb eseménye az Aranykéz utcai robbantás volt, ahol civilek is életüket veszítették.

A terrorcselekmények hatására és az új kihívásoknak történő megfelelés céljából újabb átszervezésre került sor. Nemcsak a külső hatások, hanem a szervezeten belüli sajnálatos események is a változás azonnali végrehajtását követelték meg.<sup>17</sup> Az ezt követő megállapítások után a terrorelhárítási tevékenység további centralizálása céljából létrehozták a Rendőrség Különleges Szolgálatát (RKSZ). Ez a szervezet az első önállóan működő, országos hatáskörű szervezet volt. Ez „állandó készséget adó szervezet, melynek feladata terrorcselekmény és légi jármű hatalomba kerítése bűncselekmény előkészületének és elkövetésének megszakítása”.<sup>18</sup>

A RKSZ műveleti és bevetéstámogató osztályból állt, amelyen belül négy-öt darab, tíz-tizenkét fős alosztályba szerveződtek. A műveleti osztály állományába a közvetlen be-

<sup>13</sup> Orosz Attila r. őrnaggyal (2002-től a TESZ műszaki technikai és felderítő alosztályának tagja) 2023. február 14-én készített interjú alapján. Az interjút készítette a szerző.

<sup>14</sup> A Komondor Terrorelhárító Szolgálat időszakában ekkor még akcióosztályokról beszélhettünk, olyan közismert személyek alkották az egységet, mint Hajdú János r. altábornagy és Szilágyi József r. ezredes, akik jelenleg is szerves részét képezik az egységnek.

<sup>15</sup> VÖRÖS–DARUKA 2012: 29.

<sup>16</sup> Bővebben lásd LUGOSI 2016.

<sup>17</sup> Pusztaszabolcson a Komondor Szolgálat bevetése során két terrorelhárító sérülést szenvedett.

<sup>18</sup> SZABÓ 1995: 1159.

avatkozást végző rohamcsoporthoz tartozott, míg a támogató osztályét a felderítő, a műszaki, a robbantási, a rombolópuskás-mesterlövész és a kutyavezető egység alkotta. Ahogy a riportalány is megerősítette, „nagyon jó meglátás volt speciális feladatkörrel ellátott személyek külön kiképzése, mert egyes feladatok ellátására speciális képességek kellenek”.<sup>19</sup> Akkoriban sem volt az, és most sem elvárható senkitől, hogy képzés nélkül önmagára és környezetére biztonságosan kezeljen egy robbanómotoros gyorsdarabolót.<sup>20</sup>

Már ekkor is szükség mutatkozott a speciális tevékenységek végrehajtásának ellátására, saját képzési tevékenység kidolgozására, hiszen a műveleti tevékenységeket – légi mozgékony-sághoz kötődő kötéltechnikát és más speciális ismereteket nem oktattak rendőri intézményekben. 1998-ban az RKSZ-t mint önálló rendőri szervezet megszüntették, és Terrorelhárító Szolgálat (TESZ) néven a Készenléti Rendőrség (KR) szervezetébe integrálták.

## Az ezredforduló időszakának műszaki eszközei

A 2000-es évek elején néhány új eszközt szereztek be. Az egyik – amelyet kifejezetten rendvédelmi célok ellátására szakosodott francia manufaktúra készített – a Libervit Door Raider hidraulikus ajtónyitó volt, amelynek már különböző adapterei felhasználásával jelentősen bővült az alkalmazhatósági köre. Ez az eszköz kifejezetten jó választásnak bizonyult, mert fizikai paraméterei miatt jól illeszkedett az akkori taktikai tevékenységekhez. Ezek az eszközök jelenleg is alkalmazásban vannak, habár főként a kiképzési feladatokban oktatási célra használják.

A képátvitelről az Ikegami ipari kamerák gondoskodtak, amelyek állványra voltak felszerelve, és koaxiális kábelekkel telepítették azokat a különböző helyszínekre (a maximális hatótávolság 50 méter volt). Áramellátásukhoz szünetmentes akkumulátorokat alkalmaztak, így a kamera élő képet tudott közvetíteni a helyszínen biztosított képcsöves televízión keresztül (amelyet alkalmanként a lakosság biztosított). A technológia fejlődésével és a 2,4 GHz képátvitel elterjedésével kitolódott az alkalmazhatóság távolsága, de a nyílt zavarásmentes kapcsolat szükséges volt a jó képminőség eléréséhez.

Ebben az időszakban történt meg az első Global Positioning System (GPS) -alapú navigációs eszközök beszerzése, amelyek használatára külön képzést kellett szervezni a használóknak. Ezek az eszközök nagyban hozzájárultak a menetidő csökkentéséhez.

Az alpintechnikai tevékenységek végzéséhez szükséges felszerelések lényegi részét a későbbiekben említendő ipari alpintechnikai képzést követően rendszeresítették, a területen már jártasabb kollégák javaslatára. Ezek a már akkor is neves francia Petzl manufaktúra professzionális eszközei voltak.

<sup>19</sup> Orosz Attila r. őrnaggyal (2002-től a TESZ műszaki technikai és felderítő alosztály tagja) 2023. február 14-én készített interjú alapján. Az interjút készítette a szerző.

<sup>20</sup> Ipari képességű vágóeszköz, amely feltöltött állapotában 10,9 kg, 81 cm<sup>3</sup>, 6,1 LE, 355–400 mm átmérőjű korrugált szerelhető fel, amely 145 mm mély vágást ejt. Felhasználható főként: folyosót elválasztó biztonsági rács, illetve biztonsági ráccsal ellátott ablakok megnyitására.

## A kiképzési tevékenység

A műszaki képzés alapját a megelőző generációk kiképzési anyaga és az abba integrált műveleti feladatellátás jó és rossz tapasztalatai alkották.

Ahhoz, hogy valaki a TESZ tagjává váljon, a meghatározott személyi feltételeken túl el kellett végeznie egy 4–6 hónapos alaptanfolyamot (napi rendszerességgel 5–10 km futás, elméleti, taktikai, lövészeti, erő- és állóképesség-fejlesztési gyakorlatok). Ha a jelentkezőnek sikerült elvégeznie az alapképzést, akkor rohamcsoporthoz (ROCS) vált. Az ezt követő képzéseket külön hajtották végre. Így válhattak a jelentkezők a mesterlövész-, a kutyavezető-, műszaki terület jeles képviselőivé.

A műszaki alapképzést úgynevezett *Műszaki segédlet* oktatóanyag elsajátításával végezték körülbelül 100–110 órás időtartamban. Abban meghatározott tematika alapján haladtak előre a kiképzésben.

## A kiképzés részterületei

Az erőszakos nyitások gyakorlására – amelynek egy masszív betonfalba épített vasajtó adta az alapanyagot – a bázison került sor. Ez az ajtó úgynevezett facsapos állítási lehetőséggel volt ellátva, amelynek nehézségi fokát a furatokba helyezett tiplifákkal lehetett emelni. Minél több került bele, annál nehezebb volt kinyitni. Nyitását ajtótoró kossal, feszítőeszközökkel, sőt még lábbal történő berúgással is igyekeztek gyakorolni.

Természetesen azóta a képzési rendszer is sokat változott. Ahogyan az új fegyverek, eszközök, kiképzési anyagok jelentős változásokon mentek keresztül, úgy a kiképzési feladatok is. A korábban alkalmazott technikák és az új nyitóeszközök megjelenésével új eljárásmodokat vettek át, alakítottak ki. Ahogyan a puszta fizikai erő kifejtése is indokolatlan, sérülések elkerülése érdekében javallott az eszközhasználat. A jól irányzott tolórugás helyett a hidraulikus nyitóeszközök 5–7 tonnás nyomóerejét alkalmazzák, amellyel ritkán kell újból próbálkozni.

A 2000-es évek közepéig az alpintechnikai tevékenységek, illetve kiképzések centralizált irányítása nem létezett. Ettől az időszaktól került be a műszaki technikai és felderítő alegység feladatkörébe. Nem véletlenül, hiszen ez a terület is külön szakmai irányítást igényel. Az alpintechnikai oktatás alapjainak kezdeti kialakítását olyan önálló személyi kezdeményezésnek köszönhetjük, amely során szakmai elhivatottságból kifolyólag magánúton ipari alpintechnikai oklevelet szereztek a biztonságosabb feladat-végrehajtások, kiképzések érdekében.<sup>21</sup> Meg kívánom jegyezni, hogy a jelenlegi műszaki tevékenység szerves része a taktikai alpintechnika, amelynek jelenlegi kimagasló szintjét ezen kezdeti törekvések alapozták meg. Ennek kapcsán kerültek új alpintechnikai eszközök a szervezethez (I'D, Rig, tehercsigák húzórendszerekhez stb.). Az egyik ismert eset a 2007. március 1-jei budapesti lánchídi Greenpeace-tüntetés, amely alkalmával önkéntesek engedély nélkül ereszkedtek le kötélben a hídról, és 120 négyzetméteres,

<sup>21</sup> Hevesi András r. t.zls.-sal (2006-tól a TESZ műszaki technikai és felderítő alosztály tagja) 2023. február 17-én készített interjú alapján. Az interjút készítette a szerző.

tiltakozásra felszólító molinót feszítettek ki a Duna felett.<sup>22</sup> Ennek megszakítására csak alpin-technikai tudással rendelkező egység volt hivatott (TESZ). Az alpin-technikai tevékenységek körébe tartozott a helikopteres (Mi-2 típusal) lecsúszó köteles ereszkedés is. Akkoriban feladat körükből kifolyólag a pirotechnikai tevékenység elsajátítását és gyakorlását előirányozták számukra, amelynek oktatását az ezen a területen legjártasabb szakemberek végezték el.

A napjainkban műszaki robbantási specialista tevékenységként emlegetett feladatok előképzésének alapjait – a szlovák Lynx kommandóval kötött együttműködés<sup>23</sup> keretében – ebben az időszakban fektették le. A vezetés úgy gondolta, hogy ezt a képességet is el kell sajátítania az egység arra hivatott tagjainak, így a műszaki képzés részévé vált.

Az általuk nyújtott nyílászáró-robbantási képzés szerint egy előre összeállított keretre robbantózsínort rögzítettek, és ezt a keretet az ajtó lapjára támasztották. A robbanás hatására a kerettel megegyező méretű lyuk keletkezett az ajtón, amelyen keresztül a felszámoló beléphetek a helységbe. Az eljárás csak faszerkezetű ajtón alkalmazható, az ajtónyitás iránya irreleváns.

A másik módszert magas biztonsági fokozatú nyílászárók ellen alkalmazták, amelynek lényege, hogy egy előre elkészített, vízzel feltöltött műanyag konténerbe robbantózsínort helyeztek, és a víz összenyomhatatlanságát kihasználva nyitották meg a fém-, illetve biztonsági ajtókat.



1. ábra: Robbantási gyakorlat a „szlovák rendszerrel”  
Forrás: Lynx kommandó 2007



2. ábra: Robbantási gyakorlat „vizes konténer” rendszerrel  
Forrás: Lynx kommandó 2007

A műszaki felderítési tevékenység fontos részeleme volt a kiképzésnek. A résztvevők itt ismerkedtek meg olyan rejtett technikai eszközökkel, amelyek a művelet sikeres végrehajtása

<sup>22</sup> Bővebben lásd A Greenpeace akciója miatt le kellett zárni a Lánchídat 2007.

<sup>23</sup> A szlovák speciális rendvédelmi egység kiképzést tartott nyílászárók robbanóanyaggal történő megnyitásából.

érékében a felszámolóegységet támogatták. A felderítési gyakorlaton megtanult szempontok alapján állapították meg a műszaki szakemberek az ingatlanba történő elsődleges és másodlagos behatolási pontokat, illetve azok eszközigényét. Műszaki felderítési tevékenység gyakorlására ajtón, illetve falon keresztüli akusztikus hallgatóeszközök álltak rendelkezésre. Ezeknek az eszközöknek az üzemeltetésére is megkapták a képzést.

Jelenleg ez a tevékenység más területhez tartozik, így sajnos az újonnan érkező jelentkezők már ezt a képességet nem tudják elsajátítani. Előnye egyrésztől, hogy a behatolás előtt pontosabb információkat kaphat általa a műveleti csoport, úgy, hogy a felderítést végző személy a csoport szerves része, és az információk azonnali késedelem nélküli továbbítása megoldott. Hátránya, hogy a nyitáshoz szükséges eszközök kellőképpen lefoglalják a műszaki specialista fizikai képességeit, így további eszközök viselése, alkalmazása jelentősen hátráltatná a feladat pontos végrehajtásában. Az új képzési tematika szerint a műszaki felszámoló képzése területén egyes feladat-végrehajtások kikerültek a feladatköréből, azonban vannak olyan területek, amelyeket szükséges lenne beépíteni abba. Tudományos kutatásom során javaslatot teszek a képzési tervet illetően új területek bevonására a későbbiekben.

## Az új időszak

2001. szeptember 11. – a Világkereskedelmi Központ támadása – óta a nemzetközi terrorizmus és az azzal szembeni harc intenzitása egyaránt növekszik. Habár az Észak-atlanti Szerződés Szervezete (NATO) és az Amerikai Egyesült Államok (USA) terrorizmus elleni harcában tevékenyen részt vevő hazánkat idáig elkerülte a nemzetközi terrorizmus, ennek veszélye folyamatosan nő, ami jelentős követelményeket támaszt a magyar terrorelhárító erőkkel szemben.

A Terrorelhárítási Központ (TEK) 2010. évi létrehozásával új dimenziók nyíltak meg a műszaki támogató tevékenység tekintetében. A kibővült műveleti személyi állomány új lehetőségeket nyitott a műszaki tevékenységet végző személyek tekintetében. A budapesti és vidéki osztályokon szükségszerűen alkalmazott műszaki specialisták számát szükséges volt növelni, ami új kihívásokat támasztott a kiképzési állomány számára. Az új biztonsági és technikai kihívásokra tekintettel új elhárítóeszközöket szereztek be.

Természetesen, mint minden rendszeren, ezen a metodikán is lehet javítani, tudományos kutatásaim során azt is vizsgálom, hogy milyen módszerekkel, milyen kritériumkövetelményekkel és milyen felkészítési eljárásrenddel lehet a rendszert jobbá és alkalmazhatóbbá tenni.

## Rendszerezített eszközök, felszerelések

A teljesség igénye nélkül a részterületekre korlátozva említeném meg az erőszakos nyitásra alkalmazott felszereléseket. Beszereztek és rendszerezítettek új szikramentes burkolattal rendelkező könnyű ajtótoró felszereléseket (Blackhawk Dynamic Entry), a korábban említett hidraulikus feszítőeszközt, a Libervit Door Raidert, amely már nem csak a magas biztonsági fokozatú ajtók – az eszköz függőleges felhelyezésével, befelé történő – nyitását volt hivatott



végrehajtani. A francia cég folyamatos mérnöki fejlesztésekkel igyekszik felvenni a harcot speciálisan rendvédelmi területre kialakított eszközcsaládjával. A jelenleg rendszeresített Libervit-„toldalékok” alkalmassá teszik a TEK-egységeket befelé nyíló magas biztonsági fokozatú nyílászárók befelé történő megnyitására akár vízszintes felhelyezéssel is. Illetve ugyanilyen szerkezetű kifelé nyíló ajtók nyitása is megoldódott. Egyéb kiték csatlakoztatásával jelentős vágó- és egyéb jellegű feszítőfunkciók váltak elérhetővé, amelyekkel akár műszaki mentési feladatok ellátásában is közreműködhetünk.

Az alpintechnikai eszközparkot a folyamatosan bővülő feladatellátásokra tekintettel modernizálták. Az új kihívásokra tekintettel új típusú eszközök rendszeresítését – az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatósággal (OKF) közös együttműködés – a mentési feladatokba való bekapcsolódás indokolta, amely a kezdetektől fogva alkalmazott Petzl alpintechnikai manufaktúra eszközeivel valósult meg.

A pirotechnikai felszerelések körében is jelentős előrelépések történtek. Minden, ezen a területen alkalmazott eszköz szabványosított, megfelel a területre vonatkozó munkavédelmi és munkabiztonsági feltételeknek.

## Kiképzési tevékenység 2010 után

A megnövekedett személyi állomány új kihívások elé állította a kiképzőket. A műszaki specialista alapképzésre jelentkezők korábban alacsony száma több tíz főre duzzadt. A kiképzési célra rendszeresített eszközpark – a régi TESZ-es eszközök – már-már elégtelennek bizonyultak, így annak a tevékenység mértékéhez szükséges felfejlesztését irányozták elő.

Az erőszakos nyitásokra alkalmazott felszerelések köre jelentősen gyarapodott, ami új eszközök üzemben tartásának és használatának oktatását irányozza elő a kiképzők számára. A szükséges elméleti és gyakorlati ismeretek átadása a jövőben valószínűleg befolyásolni fogja az alapképzés időtartamát.

Fontosnak tartom megemlíteni, hogy az erőszakos behatolások szakszerű és minden szempontból biztonságos kivitelezéséhez nélkülözhetetlen a robbanóanyagok, illetve az adott feladat esetében alkalmazható robbanásképes anyagok teljes körű ismerete.<sup>24</sup> Jelen publikációnak nem célja a robbanóanyagok bemutatása és a kezelésükkel kapcsolatos ismeretek feldolgozása, viszont a nemzetközi tapasztalatok és a szakterületen szerzett tapasztalatok alapján mindig feltételezni kell, hogy egy-egy nyílászáró erőszakos nyitását követően a másik oldalon valamilyen robbanásképes anyag is jelen lehet. Tovább bonyolítja a helyzetet, ha a feladat-végrehajtásban részt vevők nem tudják egyértelműen azonosítani az adott anyagot vagy a robbanóanyag előállításához szükséges alapanyagokat.<sup>25</sup>

Új feladatként jelent meg a nyílászárók robbanóanyaggal történő megnyitása, amely kiterjed a fa-, műanyag és fémszerkezetű ajtókra és ablakokra. Az erre történő felkészítést a TEK Műveleti Igazgatóság Tűzszerezés Főosztálya végzi, amely a feladatkörében felmerülő tűzsze-

<sup>24</sup> DARUKA 2016.

<sup>25</sup> DARUKA–KUGYELA 2018: 159–163.

részeti feladatokat látja el. A tevékenység gyakorlásának alapfeltétele, hogy a műszakispecialista-feladatkört ellátó személy robbantómesteri szakképesítést szerezzen,<sup>26</sup> majd a kiképzés során elsajátítsa azt a tudásanyagot, amely a biztonságos műveleti feladatellátáshoz szükséges.

Feladatainak ellátása érdekében számos egyéb feladat mellett<sup>27</sup> törvényi felhatalmazás alapján a műveleti egységek felszámolásának támogatására behatolási pontok robbanóanyag-gal történő megnyitását vagy a behatolást akadályozó tárgyak robbantással való eltávolítását végezheti. Ez a tevékenység korábban nem volt a magyar rendvédelemben.

„A jogszabályi felhatalmazás értelmében a Terrorelhárítási Központ Műveleti Igazgatóság Tűzserész Főosztálya megkezdhetette a Műveleti Osztályokon állományban lévő műszaki robbantási specialisták elméleti és gyakorlati kiképzését a műveleti képesség és hatékonyság növelése érdekében. Az eredményes vizsgát követően jogosultságot kapnak egyes speciális esetekben – a műveleti tevékenység biztosítása érdekében – a behatolási pontok robbantással való megnyitására.”<sup>28</sup>

Az alpintechnikai tevékenységek képzésének területén is jelentős változások történtek. A megnövekedett igényű feladatellátás új kihívások elé állította a képzési állományt. Közel tucatnyi személy szerzett iparialpinista-szakképesítést a mentési munkairányítási feladatok jogszabályi előírása kapcsán, valamint régióként egy fő egyéni eszköz- és védőfelszerelés-vizsgálói oklevelet. Ez a képzés az időszakosan előírt alpintechnikai eszközök felülvizsgálata miatt vált szükségsszerűvé.

Operatív technikai felderítési tevékenység körében sajátítják el a műszaki alaptanfolyamra jelentkezők, hogy melyek azok a releváns információk, amelyek a taktikai egységek műveleti területre történő bejutását segítik. Az alapképzési folyamat szerves része, hogy a helyszínen összegyűjtött információk alapján az esetleges nyílászárók nyitását milyen sorrendben és eszközökkel lehet kivitelezni. A rosszul végrehajtott terepszemle a művelet kudarcát jelentheti.

A napjainkban megjelenő új kihívásokkal folyamatos, mind technikai, mind kiképzési területen naprakész tudásanyaggal vehető fel a küzdelem. Fontos megemlíteni, hogy a speciális feladatkört ellátó személyek nem csupán hozzátesznek egy főt az egységhez, hanem képességük emeli az egység hatékonyságát. A műszaki specialisták feladatköre folyamatosan bővül, időszakos utánképzésük szükséges, hogy a jövőben egyre hatékonyabb részévé váljanak az egységeknek.

Ilyen fent említett további feladatuk lehet például egyes feladatokhoz egyedi alkatrészek alkalmazása. Konkrét esetben ez akár kumulatív összpontosított, lineáris vagy idomvágótölteket is jelenthet, amelyeket valamilyen 3D-nyomtatási technológiával készítettek. Kis ismeretbővítés és a megfelelő digitális raktár megléte esetén akár ezek elkészítése is képezhetné

<sup>26</sup> OKJ-s tanfolyam sikeres elvégzését követően robbantómesteri bizonyítványt állít ki a Magyar Bányászati és Földtani Szolgálat.

<sup>27</sup> 295/2010. (XII. 22.) Korm. rendelet 3. § (1.) k, c) pontja értelmében intézkedések megtételét akadályozó tárgyak eltávolítását, a behatolási pontok robbanó- vagy pirotechnikai eszközzel történő nyitását végezheti.

<sup>28</sup> SZALKAI 2022: 59–60.

a műszaki specialista feladatkörét, anélkül, hogy a méretezési számvetésekkel<sup>29</sup> komolyabban kellene foglalkoznia. Ilyen eljárással készült robbantástechnikai alkatrészeket már jelenleg is vizsgálnak, és alkalmazásuk meglepően hatékony lehet egyes speciális feladatoknál.<sup>30</sup>

## Összefoglalás

A folyamatosan változó biztonsági környezet egyre újabb és újabb kihívásokat állít elé, a honvédelmi és rendvédelmi területen feladatot ellátók elé. A 2001-es USA-t ért terror-támadások óta már más szemmel nézünk az új kihívásokra, fenyegetésekre. Az arab tavaszt követő népmozgások az Európai Uniót és ezáltal hazánkat újabb fenyegetésként kezelhető eseményként érték, majd az ukrán háborús események rángatták meg a vézscsengőt a fejekben. Mostanság egyre gyakrabban számolnak be a médiában, hogy a feleslegessé vált hadieszközöket (gránátokat, géppuskákat, egyéb fegyvereket) útnak indították a „feketepiacon”. Úgy gondolom, hogy egyre több ezekkel az eszközökkel összeköthető bűncselekmény fog megjelenni a közeljövőben.

Az általam a fentiekben ismertetett nyílászáró-robbantással történő behatolások aktualizálódni fognak, hiszen nem lesz más lehetőség az ilyen súlyú bűnözők, bűncselekmények ellen. Gondoljunk bele, hogy az AK-47 automata gépfegyver elméleti tűzgyorsasága 600 lövés/perc. Ha egy ilyen támogatással rendelkező elkövető uralma alá kerít egy pénztárcát vagy iskolát, nem lesz lehetőség „hosszú” másodpercekig a nyílászárónyitásra.

Ahhoz azonban, hogy igazán profi szakemberek „születhessenek”, ahhoz igazán sokat kell gyakorolni. Olyan kiképzési metodikát kell kialakítani, amely lehetővé teszi a szakma iránt elkötelezett műszaki felszámolók (robbantási specialisták) kiképzését.

Elgondolkodtatók lehetnek a „nyugati” terrorelhárító egységek „full time breacher”-ként emlegetett szakemberei, akik szorososan a műszaki specialista feladatait gyakorolják, ezzel leszűkítve általános feladataikat úgy, hogy azzal foglalkozhassanak a legtöbbet, ami az eleve rendeltetett feladatuk. Hiszen az ajtón be kell lépni, onnan kezdődik minden!

## Felhasznált irodalom

- A Greenpeace akciója miatt le kellett zárni a Lánchídat (2007). *Index*, 2007. március 1. Online: <https://index.hu/belfold/greenpc7855/>
- Balassagyarmati túsdráma – Magyarország első terrorista akciója (1973) [é. n.]. *Magyar Nemzeti Levéltár Nógrád megyei Levéltára*. Online: [https://web.archive.org/web/20150518082342/http://www.nogradarchiv.hu/index.php?action=gallery&category\\_id=320](https://web.archive.org/web/20150518082342/http://www.nogradarchiv.hu/index.php?action=gallery&category_id=320)
- DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–44. Online: [http://www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF\\_2016\\_1sz/MKK\\_2016\\_1sz\\_ossz.pdf](http://www.hhk.uni-nke.hu/downloads/kiadvanyok/mkk.uni-nke.hu/PDF_2016_1sz/MKK_2016_1sz_ossz.pdf)

<sup>29</sup> LUKÁCS 1992: 25–41; LUKÁCS 2017: 71–79.

<sup>30</sup> EMBER 2022a: 16–20; EMBER 2022b: 14–28.

- DARUKA Norbert – KUGYELA Lóránd (2018): Ipari robbanóanyagok megjelenésének lehetőségei az improvizált robbanószerkezetek kialakításának tekintetében. In *Fúrás- robbantástechnika 2018*. XIV. Nemzetközi Konferencia Velence, 2018. szeptember 19–21., 155–174.
- EMBER István (2022a): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- EMBER István (2022b): Célfeladatra készített kumulatív töltetek kialakításának vizsgálata. In SZELEI Ildikó (szerk.): *A hadtudomány aktuális kérdései 2022*. Budapest: Ludovika, 13–28.
- HEGEDŰS Ernő (2010): Terrorelhárító erők szervezése a rendvédelmi szervezeteknél és a légideszant csapatoknál. *Rendvédelmi Történeli Füzetek*, 19(22), 53–59. Online: <https://doi.org/10.31627/RTF.XIX.2010.22N.53-59P>
- KOVÁCS Zoltán – DARUKA Norbert (2013): *IEDD – Improvised Explosive Device Disposal*. International Conference on Military Technologies – ICMT 2013, Brno 22–24. May 2013., 383–390.
- LUGOSI Péter (2016): Matuska és a többiek: modern terrorizmus Magyarországon. *24.hu*, 2016. március 28. Online: <https://24.hu/belfold/2016/03/28/matuska-es-a-tobbiek-modern-terrorizmus-magyarorszagon/>
- LUKÁCS László (1992): *A kumulatív hatás és a kumulatív töltetek méretezése*. Jegyzet a Szárazföldi Haderőnemi Fakultás műszaki hallgatói számára. Budapest: Magyar Honvédség – Zrínyi Miklós Katonai Akadémia Műszaki Tanszék.
- LUKÁCS László (2017): *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből. Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest: Dialóg Campus.
- RÉMAI Dániel (2019): Az izraeli nemzetbiztonsági rendszer fejlődésének története. *Nemzetbiztonsági Szemle*, 7(4), 3–19. Online: <https://doi.org/10.32561/nsz.2019.4.1>
- SZABÓ József (1995): *Hadtudományi lexikon M–Zs II*. Budapest: Magyar Hadtudományi Társaság.
- SZALKAI László (2022): A magyar rendvédelmi tűzszerészet rövid története 1945-től a Terrorelhárítási Központ megalakulásáig. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(2), 55–65. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.2.4>
- A szlovák Lynx kommandó nyílászárórobbantás-képzési, -oktatási anyaga (2007). MS PowerPoint-file, a szerző birtokában.
- TARJÁN G. Gábor (2015): Karhatalom a huszadik században Magyarországon. *Belügyi Szemle*, 63(6), 29–47. Online: <https://doi.org/10.38146/BSZ.2015.6.2>
- VÖRÖS Mihály – DARUKA Norbert (2012): Tűzszerészek a közszolgálati feladatok ellátásában. *Sereg Szemle*, 10(2), 22–34.

Sebők István<sup>1</sup> 

# A kiképzési célú fegyverzeti eszközök és anyagok 3D-nyomtatásának lehetőségei

## Possibilities of 3D Printing Weapons and Materials for Training Purposes

*A 3D-nyomtatás mint iparág már nemcsak otthoni vagy polgári felhasználásra készít termékeket, hanem egyre inkább helyet követel magának olyan speciális területeken is, mint a hadiipar. Bizonyos speciális esetekben a kiképzési anyagokkal történő ellátás piaci szereplők által és piaci körülmények között nem biztosítható. Ezért a Magyar Honvédségen belül saját ellátás biztosítása válik szükségessé.*

**Kulcsszavak:** 3D-nyomtatás, kiképzési eszköz, lőszer, fegyver

*3D printing as an industry no longer only makes products for home or civilian use, but is increasingly claiming its place in special areas such as the military industry. In certain special cases, the training materials cannot be insured under insurance market participants and market conditions. Therefore, it becomes necessary to provide own supplies within the Hungarian Defence Forces.*

**Keywords:** 3D printing, training tool, ammunition, weapon

### Bevezetés

A kiképzési célú fegyverzeti eszközöknek és anyagoknak a legfontosabb feladata a katonák magas szintű és megfelelő mélységű fegyverismeretének oktatása, a magabiztos fegyverkezelés elsajátíttatása, a magas szintű lökésség elérésének segítése, valamint az éles fegyverrel

<sup>1</sup> Tanársegéd, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék, e-mail: [Sebok.Istvan@uni-nke.hu](mailto:Sebok.Istvan@uni-nke.hu)

és lőszerrel történő löfeladatok biztonságos és balesetmentes végrehajtásához szükséges fegyverfogások begyakorlása.

A kiképzéshez használt eszközöket és anyagokat három csoportba sorolhatjuk. Az első csoportba a kiképzéshez használt fegyvereket, az úgynevezett gyakorlófegyvereket sorolhatjuk. A másodikba a gyakorlólőszereket. A harmadikba az előző kettőt támogató tartalékalkatrészeket, -szerszámokat és -tartozékokat (TASZT) soroljuk, és azokat a berendezéseket, amelyek a kiképzést támogatják.

A 3D-nyomatás olyan szakmai lehetőséget, támogatást adhat a fegyveres oktatásnak és a lökiképzésnek, amilyen eddig nem létezett, és olyan speciális alkatrészek elkészítését teszi lehetővé, amelyek növelik az oktatás színvonalát. A 3D-nyomatásnak sok egyéb haditechnikai felhasználási lehetősége is van.<sup>2</sup> Mind a lőszer, mind a fegyverek tekintetében ezeket a képzési célokat a fegyverzeti anyagokat biztosító vállalatok a kis darabszám vagy a speciális igények figyelembevételével közvetlenül biztosítani nem tudják. Ezen feladatok támogatásának a lehetőségeit mutatom be.

## Kiképzési célú töltények, lőszer

Az első egyesített töltények megjelenésével együtt megjelentek az első olyan lőszer, amelyek a fegyverek működésének ellenőrzését és a katonák kiképzését támogatták. A gyártás megkönnyítése, valamint a kiképzés valóság-hű biztosítása érdekében a kiképzési és az oktatólőszer ugyanolyan lőszerelemekből állt, mint az éles lőszer, a löport és a gyúelegyet leszámítva.

A lőszeralkatrészek (lőszerelemek) a következők:<sup>3</sup>

- lőpor;
- töltényhüvely, amely lehet gyúelegyes vagy csappantyús;
- csappantyú;
- lövedék.

A kezdeti időkben az éles lőszerket is két csoportba osztották, hadi és kiképzési lőszerre. Alapvetően csak a hadi lőszer készültek gyári körülmények között, a kiképzési lőszerket éles alkatrész felhasználásával a kiképző tiszthelyettesek töltötték, és költségcsökkentés céljából a lövedékmag keményfából készült. Innen ered a fadugós lőszer kifejezés.

E lőszer alkatrészének a felhasználásával készültek az úgynevezett oktatólőszer. Ezeknek az oktatólőszernek már a kezdeti időben is a következőkben határozták meg a rendeltetését, valamint használatának a célját. Az oktató- (gyakorló-járatkémlelő) töltény rendeltetése a töltés fogásainak és a lövés végrehajtásának begyakorlása.

Ezeknek a különböző fajtájú és felhasználású lőszernek a megkülönböztetésére kezdetektől fogva nagy hangsúlyt fektettek, különösen az éles és az oktatólőszer tekintetében.

<sup>2</sup> GYARMATI–HEGEDŰS 2023 és GYARMATI 2023.

<sup>3</sup> 2004. évi XXIV. törvény.

Ez első ilyen jelentős megkülönböztetés volt, hogy a hüvely testére furatokat fúrtak, s valamint bizonyos esetekben a hüvely belsejében lőportöltet helyett dugót helyeztek el.

A gyakorlólőszernek minél inkább élesre történő hasonlításának célja folyamatosan jelentős problémákat okozott, erre két példát mutatok be.

A *Honvédségi Szemle* katonai folyóirat egyik számában esettanulmányként jelent meg ez a megtörtént eset, amelyből kiderül, hogy egy alakulat lögyakorlat végrehajtása céljából kitelepült a lőtérre. A lőtéren az alakulat parancsnokának előzetes utasítása értelmében a lövészet megkezdése előtt gyakorlótöltényekkel gyakorolni kellett a töltést és az ürítést, illetve töltények nélkül a célra tartást. A célra tartási feladat végrehajtása érdekében több katonát kiküldtek a lövő állomány elé különböző távolságra céltáblákkal együtt, amely céltáblakra kellett a célra tartást végrehajtani. Annak ellenére, hogy a gyakorlótöltényekkel csupán a töltés és az ürítés volt elrendelve, a célra tartást pedig töltetlen fegyverrel és az elsütőbillentyű elhúzása nélkül kellett végrehajtani, öt gyakorlótöltényt az egyik lövő a tárba helyezett, majd a fegyvert csőre töltve az egyik céltábla felé tartotta, és az elsütőbillentyűt meghúzta. A gyakorlótöltények közé azonban utólag már meg nem állapítható módon egy éles töltény is keveredett, és a fegyver csővébe ez a töltény került.<sup>4</sup> A billentyű elhúzása alkalmával a hadi használható állapotban levő töltény természetesen elsült, és a kirepülő lövedék a céltáblát a földön ülve tartó katonát találta el, akinek ez azonnali halálát okozta.<sup>5</sup>

A másik ilyen eset az volt, amikor kiképzési feladatként a katonák a lövés zajához történő szoktatása történt. A lőszer-anyagismeret és a kiképzés során már megismert lőszernek a betárazása során tudná a katona, hogy a fegyverbe éles vagy gyakorló-/oktatólőszer kerül. Így ezt a feladatot a kiképző hajtja végre, táraz be, hogy lövés közben tudja figyelni a katona billentyűelhúzás közbeni reakcióját. Ilyen kiképzési foglalkozásnál a lőszerket ugyanúgy szét kell válogatni, és a mai kiképzési elvek figyelembevételével már nem is engedélyezett.<sup>6</sup> A hanghatáshoz való hozzászoktatás és a lökiképzés gyakorlófázisa ma már elsősorban vaklőszerrel történik. De nincs minden ürmérezetű jelenleg vaklőszer rendszeresítve, ezért az oktatólőszer iránti igény továbbra is igen magas.



<sup>4</sup> ODLER 1963.

<sup>5</sup> SÜVEG 1962.

<sup>6</sup> BALCEROWICZ 1976.

1. ábra: A 9 mm Skorpion EVO 3 géppisztoly átlátszó tárába betárazott különböző technológiával készült gyakorlólőszer, mellettük a 3D nyomtatott és a Magyar Honvédségben rendszeresített gyakorlólőszer

Forrás: a szerző felvétele

## Kiképzési célú fegyverek

Kiképzési célú, úgynevezett gyakorlófegyverek nagyon sokáig a Magyar Honvédségben nem voltak. Minden egyes fegyverfogást, oktatást, szét- és összeszerelést, a karbantartás oktatását éles hadi fegyvereken hajtották végre a katonák. Ez rendkívül nagy fegyelmet követelt meg, valamint jelentős mértékben igénybe vette a kiképzésre használt fegyvereket. Az első kiképzési célú, kifejezetten oktatásra szánt fegyverek a hadseregben az 1950-es években jelentek meg az alábbi forrásokból:

- a fegyvergyár által felajánlott „0” sorozat vagy próbagyártásból adódó vagy katonai átvételen nem megfelelt fegyversorozat;
- a hadsereg központi fegyverjavító üremeiben készített sérülés következtében gazdaságosan nem javítható fegyverekből összerakott, néhol eltérő gyári számokat is tartalmazó fegyverek;
- valamint azokból a fegyverekből is készítettek, és jelenleg is készítenek oktató-/gyakorlófegyvereket, amelyeknek a szórásképe már nem megfelelő.

A kiképzési célú fegyvert az éles fegyverrel ellentétben éles lőszer kilövésére alkalmatlanná tették. Az átalakításnak voltak különböző szintjei, ezt általában az határozta meg, hogy a fegyverek mikor készültek.

Általánosságban elmondható, hogy ennek érdekében az alábbi módosításokat minden egyes fegyveren elvégezték:

- az ütőszeg végét levágták, hogy ne érjen ki a zárfalból;
- valamint a töltényúrt megfúrták.

Ezzel a fajta átalakítással gyakorlatilag minden egyes oktatási feladat elvégezhető volt, ezekkel a fegyverekkel gyakorlatilag minden egyes kiképzési foglalkozás végrehajtható volt, és csak az éles lövészetet hajtották végre a katonák „saját” hadi fegyvereikkel.

Ezekhez a fegyverekhez gond nélkül használhatók voltak az éles lőszerrel külsőleg teljesen megegyező gyakorlótöltények. Ekkor is fordultak elő olyan balesetek, amelyek során az oda nem figyelésből véletlenül vagy esetlegesen szándékosan éles fegyverből kerültek a gyakorlófegyverbe olyan fegyveralkatrészek, mint például éles ütőszeg vagy a már említett esetben éles lőszer.

Emiatt olyan gondolkodásváltás történt, amelynek következtében a gyakorlófegyverek egyes alkatrészeit olyan mértékben roncsolták, hogy semmilyen lőszer befogadására ne legyenek alkalmasak, valamint ha gyakorlótöltényt tettek is beléjük, az az első működtetésnél elakadt.



A gyakorlófegyverek egyidőben a kiképzésben jelentős szerepet tölthettek be. Éles lövészetre való felkészítő foglalkozáson a kiképzők adott esetekben a gyakorlófegyvereken szándékosan hibát okoztak, illetve működési rendellenességet szimuláltak.

Ilyen hibák a fegyverek tekintetében:

- adogatási;
- töltési;
- elsütési;
- kivonási;
- kivetési hiba.

Ezen hibák bármelyikének az előfordulása meglepheti a katonát, aki az akadályelhárítási folyamat közben nem megfelelő rutin vagy kapkodás következtében veszélybe sodorhatja saját magát vagy akár a társát.

Az első lövések leadásánál egyes katonák fegyvereinél akadály áll elő. „Tűz!” – vezényli ismét a foglalkozásvezető. Tételezzük fel, hogy a katonák egy része gyorsan meg tudja találni az akadályok okát, és ki is tudja küszöbölni ezeket, viszont mások ezt nem tudják megcsinálni egyedül. Elsősorban utóbbiaknak kell segíteni megtalálni az akadályok okait, és kiküszöbölni ezeket, és csak később, amennyiben szükséges, lehet közölni, mi volt az akadály oka.

A lövészetre való felkészülés során a hibák modellezése jelentős kihívásokkal járt. Bizonyos alkatrészekkel kizárólag a fegyverjavító műhely rendelkezett és bizonyos javításokat kizárólag a fegyvermester cserélhetett.

Abban az esetben, ha a katona fegyverénél akadály áll elő a fegyver betöltése vagy elsütése idején, figyelemmel kell kísérni, hogy az adott katona milyen gyorsan küszöböli ki az akadályt, majd utána a katonának el kell tudnia mondani, mi volt az oka az akadálynak.

A fegyvereknél a hiba megjelenése és annak elhárításának a folyamata mögött jelentős üzemeltetési tapasztalat áll.

Az, hogy a fegyver koszos, és elakad a töltésnél vagy az ürítésnél, jelentős szakmai kihívást nem okoz, de egy hüvelykivonási vagy -kivetési hibának a szimulálása már jelentős kihívás.

Ezt a begyakorlást lehet végezni gyakorlólőszerrel vagy lőszer nélkül. A polgári sportlövők ezt hívják „szárazolásnak”, és az oktatási protokollok szerint végezhetők akár egy szobában, a mi esetünkben tanteremben. Ha nem rendelkezünk megfelelő mennyiségű gyakorlófegyverrel, akkor minden egyes hiba szimulálása jelentős szakmai és technikai erőforrást igényel, aminek nem minden egyes lőtér felel meg.

A 3D-nyomatás hadi alkalmazási lehetőségei sokszínűek. A katonai robbantástechnika tölteteinek alkatrészeinél már több esetben sikeresnek bizonyult a technológia,<sup>7</sup> és a kiképzés támogatásra rendkívül hasznos lehet.<sup>8</sup> Bizonyos esetekben nincs rossz alkatrész, hanem ha az a helyére beépíthető, akkor ebben az esetben kiképzési célra rendkívül hasznosan használható. A 3D-nyomatás mint az alkatrészellátás egy módszere jelenleg rendkívül megosztja

<sup>7</sup> EMBER 2022 és EMBER 2023.

<sup>8</sup> KOVÁCS 2023.

a szakmát. A 3D-nyomtatáshoz felhasználható<sup>9</sup> az összehasonlító matematikai modellek rendszere. Bizonyos alkatrészek, mint például a rugók, nem is nyomtathatók. Tehát a rugók öregedését ezzel a technológiával szimulálni nem tudjuk, de a meghibásodási hármásra minden esetben van megoldás.

Meghibásodási esetek, úgymint a

- törés;
- kopás;
- felverődés.

A törés, úgymint anyagfáradás, vagy a nem megfelelő mechanikai igénybevétel következtében sérülnek az alkatrészek. Ez bizonyos esetekben nem hallható és nem látható, csak a fegyver nem megfelelően működik. Itt letörhet az alkatrésznek egy kis része, vagy a teljes alkatrész eltörhet. Nagyobb a kihívás olyan hibák modellezésénél, mint a kopás vagy a felverődés. Ebben az esetben olyan összetett meghibásodások is modellezhetők, amelyeket bizonyos esetekben kizárólag a tankönyvek és a fegyverszabályzatok tartalmaznak.

Ebben az esetben nemcsak a kezelő (operátor), hanem a technikus (javító-) állomány esetében is jól használható ez a technológia. Az „életet” szimulálni nem lehet. De a szabályzatokban, leírásokban található kopások és felverődések jelentős része bemutatatható.

Az új elvárások figyelembevételével új kihívás jelent meg a hadsereg rendszerében: a rengeteg nyílt nap és polgári bemutató megtartása, azokon való részvétel. Az új beszerzésű és új típusú fegyverekből gyakorlóváltozat nem létezik, ezért ezeknek a fegyvereknek a nyilvános polgári bemutatókon történő megjelenítése plusz biztonsági kockázatot rejt minden szinten.

Az irányelv, amelyet követni kell a maximális biztonság figyelembevételével, hogy nem lehet tudni, kinek mi lapul a zsebében. A nyilvános bemutatókon is elengedhetetlen a fegyverek bemutatása, de minimálisra kell csökkenteni az esetleges „balesetek” kockázatát. Erre lett kitalálva az a „vakcső”, amelyet nem fűrtak ki, és sem töltényűrt, sem átmeneti kúpot és huzagolt részt nem tartalmaz. A jelenlegi törvényi előírások<sup>10</sup> szerint nem fegyveralkatrész, mivel nem rendelkezik azokkal a tulajdonságokkal, amelyek alapján a hadiipari termék kategóriába lenne sorolható.<sup>11</sup>



2. ábra: CZ P09 pisztolyhoz készített tömör műanyagból nyomtatott „vakcső”

Forrás: a szerző felvétele

<sup>9</sup> GYARMATI 2006 és GYARMATI 2007.

<sup>10</sup> 2005. évi CIX. törvény.

<sup>11</sup> 156/2017. (VI. 16.) Korm. rendelet.

Amint látszik, a fegyveralkatrész és a kiképzési szakanyag között jól elkülöníthető a határvonal és a különbség. A fegyvergyárak minden egyes feladatra gyártanak külön típusú, kategóriájú fegyvereket, ezeket feladat és használhatóság szempontjából az alábbiak szerint különböztethetjük meg:

- metszett;
- súlymakett;
- gyakorló;
- működő gyakorló;
- valamint éles.

A metszett fegyver eseti megrendelésre gyártott, a gyár termékpalettájában szereplő, egyes gyártók elmondása alapján éles fegyverből átalakított oktatási segédeszköz. Célja a fegyver működésének valós, kézzelfogható megismerése, az alkatrészek egymáshoz kapcsolódásának megértése. Ezt más célra használni nem szabad, mert a fegyver tömegének körülbelül 25%-a hiányzik, és a szét- és összeszerelés gyakorlása is problémás a kialakítása végett.

A modern súlymakettfegyverek már nem átalakított éles fegyverek, hanem egybeöntött és általában nem fém, hanem valamilyen műanyag- vagy gumialapúak. Ezeket a tömegük megnövelése szempontjából valamilyen „fémag” köré fröccsentik, ezért nagyságra (hossza, szélessége, tömege) egyeznek az éles fegyverrel.

Itt lép be az a már emlegetett kategória, a gyakorló, illetve működő gyakorló, amelyben a 3D-nyomatásnak jelentős szerepe lehet a jövőben. Minden egyes kiképzési foglalkozáshoz, valamint feladathoz megfelelő anyagból (műanyag, esetleg fém) feladatspecifikus fegyver állítható elő, alakítható ki. Ebbe a feladatba bevonhatók azok az éles fegyverek is, amelyek ideiglenesen átalakíthatók működő gyakorlófegyverekké, amelyek a kiképzési feladat végzetével újra éles (hadi használható) fegyverekké visszaalakíthatók.

Ezzel megvan a katonának az az érzése, hogy nem műanyag „játékfegyvereken” történik a kiképzése. Minden egyes kiképzési foglalkozást azzal a fegyverrel hajt végre, amely a sajátja, és teljes mélységben megismerheti azokat a problémákat, amelyekkel éles helyzetben is szembesülhet.

## Kiképzést biztosító és támogató speciális anyagok, szerszámok és tartozékok

A kiképzést támogató speciális anyagok közül egy olyan jelentős alkatrészt emelnék ki, amelyik eddig nem volt a hadseregben, és kiképzési eszközként történő megjelenése is új. Ez a 84 mm Carl Gustav M4 hátrasiklás nélküli fegyverrendszerhez tartozó lökeshullám-szimuláló patron. Ez az alkatrész a fegyverrendszerhez tartozó betétcső fontos eleme. Ennek segítségével szimulálja a betétcsőves rendszer a lőtéri és az éles gránát indulásának a kezelőre és a környezetre gyakorolt hatását. A betétcső használata sok gyakorlást és rutint igényel. Ehhez kapcsolódó kiképzési foglalkozások során az eszköz nagy segítséget ad, mivel:

- veszélyes anyagot nem tartalmaz;

- egy darabban előállítható;
- nem tartozik a haditechnikai termékek kategóriájába.

A másik jelentős terület a kiképzést támogató anyagok közül azoké a speciális szerszámoké, amelyek a fegyverek karbantartásához szükségesek.

Ezek a szerszámok alapvetően csomagban szerezhetők be, és esetleges pótlólagos beszerzésük rendkívül bonyolult.



3. ábra: A 84 mm Carl Gustav M4 hátrasiklás nélküli fegyverhez készített „Venturi csőtoldal” leszerelő kulcsa (műanyagból és fémből nyomtatva)

Forrás: a szerző felvétele

Ezeknek a szerszámoknak az alapvető előnyei az alábbiakban foglalhatók össze:

- kialakításuk illeszthető a rendelkezésre álló speciális szerszámkészletekhez;
- ezek a szerszámok a szerszámkészlet változtatása után rugalmasan alakíthatók;
- valamint a legfontosabb, hogy esetleges elvesztésük után rugalmasan pótolhatók.

A legfontosabb javítási és ellátási irányelvnek megfelelnek, azaz attól még, hogy a katona az elveszett szerszámot kifizette, a káreljárási jegyzőkönyvvel nem lehet a hibát elhárítani, a csavart ki-, illetve becsavarni.

## Összefoglalás

A fegyverek anyagismerete oktatásának és a lökiképzésnek a biztonsága alapvető elvárás. Ez nem mehet semminek a rovására. Ennek jelentős részét képezi a kiképzéshez felhasznált anyagok mindenoldalú biztosítása, valamint az ellátási biztonság garantálása.

A 3D-nyomatás olyan lehetőséget biztosít az oktatást és kiképzést nyújtó katonai szervezeteknek és tanintézményeknek, amelyet a fegyvergyártó cégek nem tudnak közvetlenül lekövetni és támogatni. Bizonyos esetekben támaszkodni kell a helyben előállítható, illetve alakulatszinten vagy az utalt javítóbazison, alakulatnál előállított alkatrészekre és szerszámokra.

Azt, hogy ezek a felmerülő igények mennyire fedik le lehetőségeket, még előre nem lehet megmondani. Itt figyelembe kell venni, hogy az alkatrészeket műanyagból vagy fémből nyomtassák. Ezek mennyire legyenek a fegyvertől eltérő vagy azonos színűek, az alkatrészek utólagos megmunkálása szükséges-e, vagy nem? Az utólagos hidegbarnítással és 3D-nyomatás segítségével akár az eredeti alkatrészekkel teljesen megegyező alkatrészek is nyomtathatók.

*A cikk a TKP2021-NVA-16 számú project az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatással, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.*

## Felhasznált irodalom

- BALCEROWICZ, Boleslaw (1976): Lövészeti gyakorlatok. *Honvédségi Szemle*, (4) 97.
- GYARMATI József (2006): A nehézpuskát jellemző szempontok fontosságát kifejező súlyszámok számítása és statisztikai vizsgálata. *Haditechnika*, 40(2), 11–16.
- GYARMATI József (2007): Döntési modell kialakítása közbeszerzési eljárás során. *Hadmérnök*, (2–3), 36–52.
- GYARMATI József (2023): Láncfalpas jármű kormányzása és ennek 3D-modellezése. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(3), 51–61. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.3.5>
- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő (2023): Láncfalpas harcjárművek kormányzása: (Kanyarodási elv szerinti csoportosítás, ívmenet során adódó sebességviszonyok és a meghajtó kerekekre ható erők). *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(1), 117–132. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.9>
- EMBER István (2022): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- EMBER István (2023): Polimer kumulatív kúpok additív gyártásának kihívásai. In DARUKA Norbert et al. (szerk.): *II. Fúrás-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2023*. Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 85–93.
- KOVÁCS Zoltán (2023): 3D-nyomatás és felhasználása a katonai robbantástechnika oktatásában. In DARUKA Norbert et al. (szerk.): *II. Fúrás-Robbantástechnika Nemzetközi Szimpózium Különkiadás 2023*. Budapest: Magyar Robbantástechnikai Egyesület, 94–103.
- ODLER János (1963): Az egyes katonai bűntettek indítékairól. *Honvédségi Szemle*, (11), 134.
- SÜVEG Ignác (1962): Fegyverbalesetek megelőzése – lőtérfigyelem. *Honvédségi Szemle*, (8), 76–78.

## Jogi források

2004. évi XXIV. törvény a lőfegyverekről és lőszerkekről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0400024.tv>
2005. évi CIX. törvény a haditechnikai termékek gyártásának és a haditechnikai szolgáltatások nyújtásának engedélyezéséről. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a0500109.tv>
- 156/2017. (VI. 16.) Korm. rendelet a haditechnikai tevékenység engedélyezésének és a vállalkozások tanúsításának részletes szabályairól. Online: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1700156.kor>

# Tartalom

DARUKA NORBERT, DÉNES KÁLMÁN, EMBER ISTVÁN, KOVÁCS ZOLTÁN, VÉG RÓBERT: <i>A 3D-nyomtatási technológia oktatásának lehetőségei és feltételei a műszakitiszt-képzésben</i>	5
BALLA TIBOR, PADÁNYI JÓZSEF: <i>Műszaki kiválóságok: Szederjei Elemér altábornagy</i>	19
ÁDÁM BALÁZS: <i>Mesterséges intelligencia a tűzserész- feladatokban – a Tűzserész Támogató Információs Rendszer működése és fejlesztési lehetőségei IV. rész</i>	31
DARUKA NORBERT: <i>Érzéketlen robbanóanyagok II. Vizsgálati módszerek és alkalmazási lehetőségek</i>	47
KALUZSA ANIKÓ: <i>A kútvizek minőségi paramétereinek vizsgálata Békés vármegyében</i>	67
ANDÓCZI-BALOGH ANDRÁS ÁDÁM: <i>A hárompontos hátrametszés analóg megoldása a tűzér bemérő alegységek számára</i>	87
TAMPU STELIAN: <i>A katasztrófamenekültek ideiglenes elhelyezéséhez szükséges infrastrukturális követelmények és egy nem kormányzati szervezet szerepe</i>	101
GABRIELLA LÁSZLÓ: <i>The Effect of Radiant Heat on Polystyrene Thermal Insulation Materials</i>	117
SZŰCS-VÁSÁRHELYI NÓRA: <i>A talajbiztonság területén alkalmazott katasztrófavédelmi eljárásrend vizsgálata Magyarországon</i>	129
SZALKAI LÁSZLÓ: <i>A műszaki felszámolókat támogató- képességei a terrorelhárításban</i>	145
SEBŐK ISTVÁN: <i>A kiképzési célú fegyverzeti eszközök és anyagok 3D-nyomtatásának lehetőségei</i>	157