



MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY

Kiemelt közlemények

SZALKAY DÁNIEL: *A magyar tűzszerészet NATO-követelményeknek való megfeleltetése a lehetséges digitális technológiai fejlesztések mentén*

ÁDÁM BALÁZS: *Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban – A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek, 2. rész*

EMBER ISTVÁN: *3D nyomtatott kumulatív idomtöltetek tesztrobbantása*

33. évf. (2023)
3. szám

ISSN 2063-4986 (elektronikus)



LUDOVIKA
EGYETEMI KIADÓ

Műszaki Katonai Közlöny

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

ISSN 2063-4986 (elektronikus)

Szerkesztőbizottság elnöke

Padányi József

Szerkesztőbizottság

Árpád Lőrincz

Hanka László

Hornjacsek Júlia

Horváth Tibor

Kovács Tibor

Kovács Zoltán

Kuti Rajmund

Pavel Manas

Nagy Rudolf

Tóth Rudolf

Főszerkesztő

Kovács Zoltán

Szerkesztőség címe

Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar
Műveleti 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

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

Kiadó

Nemzeti Közszerológati Egyetem, Ludovika Egyetemi Kiadó

Kapcsolat: www.ludovika.hu; kiadvanyok@uni-nke.hu

1083 Budapest, Ludovika tér 2.

A kiadásért felel: Deli Gergely rektor

Olvasószerkesztők: Bruckner Nóra, Gergely Zsuzsánna, Resofszki Ágnes

Tördelőszerkesztő: Fehér Angéla



Tartalom

Szalkay Dániel

A magyar tűzserézet NATO-követelményeknek való megfeleltetése a lehetséges digitális technológiai fejlesztések mentén 5

Ádám Balázs

Mesterséges intelligencia a tűzserézfeladatokban – A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek, 2. rész 15

Ember István

3D nyomtatott kumulatív idomtöltetek tesztrobbantása 29

Balla Tibor, Padányi József

Műszaki kiválóságok: Hárosy (Haszala) Teofil vezérőrnagy 41

Gyarmati József

Lánctalpas jármű kormányzása és ennek 3D modellezése 51

Kátai-Urbán Maxim, Mesics Zoltán, Pimper László, Cimer Zsolt

Veszélyes anyagok tárolása a logisztikai raktárakban 63

Péter Tóth

Investigation of the Spatial Changes in Overbank Floodplains and Sedimentations on the Study Site of the Middle Tisza 77

Andóczy-Balogh András Ádám

A vonásrendszer javítási állandóinak aktualizálása a tábori tűzserég tűzvezetési számításaihoz 91

Dávid Béla Vizi

Hydrological Aspects of the Low-water Period of 2022 on the Lowland Section of the Tisza River 103

Barina Balázs József

A fukushimai atomerőműben történt súlyos baleset kezelése 113

Lukács László

Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből 135

Lukács László

Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban az 1800-as évek végétől napjainkig 137

Szalkay Dániel¹ 

A magyar tűzszerészet NATO-követelményeknek való megfeleltetése a lehetséges digitális technológiai fejlesztések mentén

Compliance of the Hungarian Explosive Ordnance Disposal with NATO Requirements Along the Lines of Possible Digital Technological Developments

A Zrínyi 2026 Honvédelmi és Haderőfejlesztési Programnak köszönhetően a Magyar Honvédség (MH) belépett a 21. századba.² Az eddigi beszerzések és fejlesztések – amelyekbe beletartozik számos digitális újítás is – új szintre emelték hazánkat az Észak-atlanti Szerződés Szervezetén³ (NATO) belül. E tekintetben mindenképp érdemes megvizsgálni, hogy a jövőben a magyar tűzszerészet várható digitális technológiai fejlesztése milyen lehetőségeket tartogathat hazánknak, különösképpen a NATO tűzszerészeti követelményeinek való megfelelés terén.

Kulcsszavak: tűzszerészet, digitalizáció, NATO, követelmények

Thanks to the Zrínyi 2026 Defence and Force Development Programme, the Hungarian Defence Forces has entered the 21st century. The acquisitions and developments – which include digital technological innovations – raised our country to a new level in the NATO. In this regard, it is definitely worth examining what advantages the possible digital technological development of Hungarian Explosive Ordnance Disposal⁴ (EOD) could bring to our country in the field of compliance with NATO EOD requirements.

Keywords: EOD, digitalization, NATO, requirements

¹ Hajóparancsnok, Magyar Honvédség 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred Hadihajós Alosztály, e-mail: szalkay.daniel@mil.hu

² PADÁNYI–FÖLDI 2018: 49–62.

³ Angolul: North Atlantic Treaty Organization.

⁴ Magyarul: tűzszerészet.

Bevezetés

Korábban *A magyar tűzszerészet digitális technológiai fejlesztésének lehetősége* című írásomban megvizsgáltam, hogy milyen digitális technológiai fejlesztések segíthetik a magyar tűzszerészetet korunk kihívásaival szemben. E kihívásokhoz sorolhatjuk a terroristák által használt, megszámlálhatatlan formában megjelenő improvizált robbanószerkezeteket⁵ (IED), amelyek házi készítésű robbanóanyaggal szerelt típusai kifejezetten veszélyesek,⁶ és azok atom-, biológiai vagy vegyi komponensekkel „szennyezett” változatait⁷ (CBRN IED) is.⁸ Kutatásom kiindulópontja az az alapvetés volt, miszerint a már így is rendkívül összetett és szerteágazó tűzszerészeti tudásanyagot az új ismeretek oly mértékben felduzzaszthatják, hogy azok maradéktalan elsajátítása már túlzott terhet róna a magyar tűzszerészekre, emellett pedig a tűzszerész-szakkiképzések időtartama is drasztikusan hosszúra nyúlna.

Ez a rengeteg ismeret azért szükséges, mert az alkalmazott robbanótestek sokfélék lehetnek. A romboló hatású légibombák esetében például még rengeteg számításba veendő tényező van, hiszen azok rengeteg altípussal rendelkeznek.⁹ A robbanótesteken túl a megfelelő szintig ismerni kell a bennük rejlő robbanóanyagokat, esetenként azok összetevőit,¹⁰ hogy biztonságosan lehessen elvégezni a hatástalanítást. Ezek a tényezők mind fontos részletek, ha a szakfeladatok során meg kell határozni a szükséges biztonsági távolságokat.¹¹ Ez a kiragadott példa csak a második világháborúból visszamaradt veszélyes eszközökre vonatkozik, amelyek hazánk életére nap mint nap hatással vannak.¹²

A probléma tanulmányozása során arra a következtetésre jutottam, hogy egy modern tűzszerészeti adatbázis létrehozásával az új kihívások negatív hatásai mérsékelhetőek lehetnek. Amennyiben az adatbázis képes lenne statisztikai adatokat szolgáltatni a leggyakrabban előforduló tűzszerészeti esetekkel kapcsolatban, úgy a tűzszerész-szakkiképzés során azokra a hagyományos eszközökre lehetne nagyobb hangsúlyt fektetni, amelyekkel előbb vagy utóbb a legnagyobb valószínűséggel találkozni fognak a tűzszerészek. Ha pedig a tűzszerész-felkészítéseket kihegyezhetjük a leggyakrabban bekövetkező esetekre, időt takaríthatunk meg a rendkívül ritkán felbukkanó eszközökről szóló oktatási anyagok csökkentésével vagy akár elhagyásával. Természetesen az adatbázisban ettől függetlenül minden létező eszközről megtalálható lenne minden rendelkezésre álló információ, a paramétereiktől a metszetrajzaikon át a felderítésükhöz, azonosításukhoz, hatástalanításukhoz és megsemmisítésükhöz szükséges ismeretanyagokig. Ezenfelül ha a tűzszerészjárőrök alapfelszerelésének részét képezné egy olyan táblagép, amely segítségével bárhol bármikor bármilyen körülmények között elérhetik az adatbázist, a feladat-végrehajtás során mindig minden eszközről azonnali, naprakész,

⁵ Angolul: *improvised explosive devices*.

⁶ HORVÁTH–EMBER 2021: 100.

⁷ Angolul: *chemical, biological, radiological, nuclear improvised explosive devices*.

⁸ KOVÁCS 2012: 37–38.

⁹ DARUKA 2014: 68–82.

¹⁰ DARUKA 2016: 26–44.

¹¹ EMBER 2020a: 73–75.

¹² EMBER 2021: 32.

pontos és teljes körű információ állhatna rendelkezésükre. Ez egyértelműen magával hozza a biztonságosabb munkavégzés lehetőségét is, hiszen ha ezt az adatbázist alkalmazzák éles feladat-végrehajtás alatt, az minimalizálhatja az esetleges emberi tévedések okozta balesetek számát.

Az adatbázisnak köszönhetően tehát úgy gazdálkodhatunk az oktatásra szánt idővel, hogy a tüzserész-felkészítések a folyamatosan jelentkező új ismeretek ellenére se tartsanak túlzottan hosszú ideig. Ezt követően további célként deklaráltam, hogy felkutassam azokat az egyéb területeket, amelyekre pozitív hatást fejthet ki a honi tüzserészet digitális technológiai fejlesztése. A magyar tüzserészet NATO-követelményeknek való megfelelése terén akadhatnak hiányosságok, elmaradások, amelyek kiküszöbölésében szintén segítséget jelenthet a digitalizáció. Ahhoz azonban, hogy megértsük, ez milyen úton-módon valósulhat meg, elengedhetetlen, hogy előbb górcső alá vegyünk a NATO tüzserészethez kapcsolódó szabványait, illetve azt, hogy a magyar tüzserészet jelenleg hogyan képes megfelelni azoknak.

A NATO-szabványok szerepe

A NATO szabványosítási és egységesítési tevékenységének átfogó célja, hogy növelje a szövetség hadművelleti hatékonyságát, mégpedig úgy, hogy biztosítja a rendelkezésre álló erőforrások optimális kihasználását.¹³ Ez akkor valósulhat meg, ha a NATO tagállamai a lehető legtöbb területen „egy nyelvet beszélnek”. Ideális esetben ez azt jelentené, hogy minden tagország teljesen ugyanolyan összetételű, felépítésű, technikai és humán hátterű hadsereggel rendelkezik, amelyek egyazon vezetési, szervezési, tervezési elvek mellett minden területen közös szabályzókat és eljárásrendeket alkalmaznak. Ez természetesen lehetetlen, ettől függetlenül azonban minden nemzetnek már a NATO-hoz való csatlakozási szándék bejelentésétől kötelessége törekedni az egységességre.¹⁴ Az egységesség – legyen szó bármelyik előbb felsorolt területről – egy többnemzeti művelet vagy feladat-végrehajtás során fokozhatja az együttműködő képességet, és azzal, hogy csökken a szövetséges felek közötti inkompatibilitásból fakadó negatív tényezők száma, egyenesen arányos módon nőhet a közös cél elérésének az esélye is.

Az egységesség elérése érdekében a NATO úgynevezett szabványosítási egyezményeket,¹⁵ STANAG-eket bocsát ki, amelyek tulajdonképpen egyfajta követelményrendszernek is tekinthetők, alkalmazásukról a tagállamok önállóan dönthetnek. A STANAG-ek tartalma alapján három csoportot különböztetünk meg:¹⁶

- harcászati-hadművelési (eljárási) STANAG-ek;
- anyagi-technikai STANAG-ek;
- adminisztratív STANAG-ek.

¹³ Kovács 2001: 25.

¹⁴ Lásd bővebben PADÁNYI 2006: 9–24.

¹⁵ Angolul: Standardization Agreement, rövidítve: STANAG.

¹⁶ JANCSEK 1996: 235.

A harcászati-hadműveleti (eljárási) STANAG-ek mindazon szabványok, amelyek a jelenlegi és a jövőbeli eljárásrendekre, katonai gyakorlatokra vonatkoznak. Idesorolhatjuk a különböző doktrínákat, a logisztikával, technikai eszközökkel, kiképzési eljárásokkal kapcsolatos szabályzókat, valamint a formanyomtatványokat, jelentési formákat, vázlatokat és térképeket.¹⁷

Az anyagi-technikai STANAG-ek olyan fogyóanyagokkal foglalkoznak, mint a lőszer és az üzemanyag, illetve olyan rendszerben létező elemekkel kapcsolatosak, mint a vezetési, parancsnoki, híradó- és fegyverrendszerek.¹⁸

Az adminisztratív STANAG-ek az előző két csoportba tartozó szabványok terminológiáihoz, valamint a nem kifejezetten katonai vonatkozású, leginkább pénzügyi, gazdasági statisztikákhoz kötődnek.¹⁹

A szabványosítási eljárást a NATO szabványosítási szervezete²⁰ (NSA) fogja össze.



1. ábra: A NATO szabványosítási eljárásának folyamata

Forrás: a szerző szerkesztése JASZTRAB–ISTÓK 2019: 12. alapján

¹⁷ CSABAI 1998: 116.

¹⁸ CSABAI 1998: 116.

¹⁹ CSABAI 1998: 116.

²⁰ Angolul: NATO Standardization Agency.

A NATO tüzserészeti követelményei

Ahogy szinte minden katonai területnek, úgy a tüzserészetnek is megvannak a NATO által megfogalmazott minimális szakmai követelményei. Ezeket a NATO STANAG 2143/AEO-DP-10(B) jelű, *Tüzserészalapelvek és minimális szakmai követelmények*²¹ című szövetségi tüzserészkiadvány tartalmazza. A kiadvány az alábbi tüzserészeti végzettségeket elkülönítve fogalmazza meg az azokra vonatkozó elvárásokat:²²

- felderítő tüzserész;²³
- területmentesítő tüzserész;²⁴
- hagyományos robbanótesteket hatástalanító és megsemmisítő tüzserész;²⁵
- biológiai és vegyi töltetű robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tüzserész;²⁶
- rögtönzött robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tüzserész;²⁷
- víz alatti robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tüzserész;²⁸
- tüzserész törzstiszt.²⁹

A felderítő tüzserészekre vonatkozó követelményekről az AEODP-10(B) kiadvány A jelű melléklete rendelkezik. Kutatásom e terület vizsgálatára nem terjed ki, ugyanis Ember Istvánnak három olyan publikációja is megjelent már, amelyben a felderítő tüzserész-képesség hazai fejlesztésének lehetőségeit vizsgálja. Ennek fényében a képesség alkalmazása hazai keretek között is megalapozott lehet; jogi keretei lényegében tisztázottak, azonban néhány szabályozási részletben pontosításra lenne szükség.³⁰

A további mellékletek hosszasan taglalják a különféle területeket érintő követelményeket, amelyek tartalmának ismertetésére az alábbiakban csak röviden fogok kitérni, legfőképp azokra a területekre fókuszálva, ahol a megfelelés ténye nem egyértelmű vagy esetlegesen kérdéseket vethet fel.

A kiadvány B melléklete részletezi mindazon követelményeket, amelyek a területmentesítő tüzserészekre vonatkoznak. A melléklet szabad kezet ad a tagországoknak abban a tekintetben, hogy nem határoz meg konkrét képzettségi szintet azokra a tüzserészekre vonatkozóan, akik területmentesítő feladatban vesznek részt. Magyarországon a *Magyar Honvédség tüzserész szabályzata I.* (Mű/51) ellenben előírja, hogy minden, területmentesítésben részt vevő katonának rendelkeznie kell érvényes tüzserész osztályos fokozattal, hiszen a területmentesítés tüzserész-szakfeladat. A hazai szabályzat arra is kitér, hogy területmentesítés során

²¹ Angolul: *EOD Principles and Minimum Standards of Proficiency*.

²² HORVÁTH 2016: 45.

²³ Angolul: *explosive ordnance reconnaissance operator*.

²⁴ Angolul: *explosive ordnance clearance operator*.

²⁵ Angolul: *conventional munitions disposal operator*.

²⁶ Angolul: *biological and chemical munitions disposal operator*.

²⁷ Angolul: *improvised explosive device disposal operator*.

²⁸ Angolul: *underwater EOD operator*.

²⁹ Angolul: *explosive ordnance disposal staff officer*.

³⁰ EMBER 2020a: 66–77; 2020b: 99–110; EMBER–PETRUSKA 2020: 117–125.

már II. osztályú tűzserész osztályos fokozattal rendelkező katona is tölthet be parancsnoki beosztást.³¹ Ezeket figyelembe véve tehát kitűnik, hogy nem áll fenn olyan tényező, amely a követelményekkel való összeférhetetlenséget okozna.

A hagyományos robbanótestek hatástalanításával és megsemmisítésével a NATO-kiadvány C melléklete foglalkozik. Az ebben megfogalmazott követelményeknek hazánkban már egy II. osztályú tűzserész is maradéktalanul eleget tesz. Ugyanakkor vannak olyan, a magyar tűzserész osztályos fokozati rendszerből eredő szabályok, amelyek miatt a mellékletben rögzített néhány feladatot, mint például a különböző robbanótestek hatástalanítását és megsemmisítését, Magyarországon csak és kizárólag I. osztályú tűzserész hajthatja végre. Megállapítható azonban, hogy ez nem gátolja az elvárásoknak való megfelelést, hiszen a hazai szabályozásnak köszönhetően az ilyen feladatok teljesítésénél minden esetben jelen van a végrehajtó járőr parancsnoka, aki csak I. osztályú tűzserész lehet, így a megfelelés biztosított.³²

A D mellékletben találhatóak a biológiai és vegyi töltetű robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tűzserészekkel szemben támasztott követelmények. A mellékletben foglaltak szerint sarkalatos kritérium, hogy az ilyen eszközökkel összefüggő szakfeladatot végrehajtó tűzserész I. osztályú tűzserész osztályos fokozattal és magas szintű vegyvédelmi képességgel rendelkezzen. Figyelembe véve, hogy a hazai szabályozás szerint kizárólag I. osztályú tűzserész végezhet bármilyen konkrét hatástalanítást és megsemmisítést, kijelenthető, hogy a megfelelés a követelmények egy részénél megvalósul. Ezzel szemben a tűzserészek felvértezése nagy vegyvédelmi tudással roppant időigényes folyamat, így a vegyvédelmi ismeretek integrálása a jelenlegi tűzserész-felkészítések tananyagába megoldhatatlan anélkül, hogy a képzések időtartama irreálisan hosszúvá nyúljon.³³

A rögtönzött robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tűzserészekkel szemben támasztott követelményekről az E melléklet rendelkezik. Ebben van egy olyan pont, miszerint minden I. osztályú tűzserésznek kell hogy legyen tűzserészrobot-kezelői képzése. Az MH tűzserész-szakkiképzési rendszere úgy épül fel, hogy az osztályos fokozatok megszerzésére irányuló felkészítéseknek nem része a robotkezelői ismeretanyag elsajátítása, ugyanis annak a képzésekbe való beépítése jelentősen megnövelné azok hosszát, csakúgy, ahogy az előbb említett CBRN-kompetenciáké. Ennek következtében a robotkezelői képzést jelenleg csak külön tanfolyamokon lehet megszerezni, így az I. osztályú tűzserészek nagy része nem rendelkezik ilyen ismeretekkel.³⁴

A kiadvány utolsó előtti, F jelű melléklete tartalmazza a víz alatti robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tűzserészekkel szemben támasztott minimális szakmai követelményeket.³⁵ A mellékletben foglaltakat nem kívánom részletezni, ugyanis vizsgálata során megállapítható, hogy az MH maradéktalanul eleget tesz annak, mind tűzserész-, mind pedig bűvárszempontból.

³¹ HORVÁTH 2016: 46.

³² HORVÁTH 2016: 47.

³³ HORVÁTH 2016: 47.

³⁴ HORVÁTH 2016: 48.

³⁵ HORVÁTH 2016: 49.

Végezetül, a G mellékletben a tűzserész törzstisztekhez kapcsolódó elvárásokat ismerteti a NATO. A melléklet tartalma szerint azon tisztnek, akik a tűzserészsakmához köthető törzsben teljesítenek szolgálatot, három fő kritériumnak kell megfelelniük. Egyrészt érvényes tűzserész osztályos fokozatot kell birtokolniuk, másrészt meg kell jelenniük a törzsmunka ellátásához szükséges törzsfelkészítéseken, harmadrészt pedig legalább NATO STANAG 3.3.3.2. szintű angol nyelvismerettel kell rendelkezniük. Konstatálható, hogy a jelenleg törzsbeosztást betöltő tűzserésztisztek az első két kritériumnak megfelelnek, mindazonáltal a nyelvi követelmények teljesítése kihívásokat tartogathat. Hazai környezetben az előírt nyelvismereti szint szükségtelenül magasnak tűnhet, ennek dacára nemzetközi műveletekben vitathatatlanul szükséges lehet.

Potenciális fejlesztési területek

A NATO STANAG AEODP-10(B) jelű kiadvány mellékleteinek tanulmányozásakor szembetűnő, hogy az MH tűzserészete számos tekintetben már megfelel a szövetségi követelményeknek. Mindazonáltal fontos, hogy kiemelkedő figyelmet fordítsunk azokra a területekre, ahol egyáltalán nem vagy csak részben teljesülnek a feltételek, hiszen ahogy már a bevezetésben is említettem, a világ legnagyobb katonai szövetségében minden szempontból törekedni kell az egységességre, ezzel fokozva a más nemzetekkel való együttműködés képességét.

A biológiai és vegyi töltetű robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tűzserészekkel szemben támasztott követelmények közül a magas szintű vegyvédelmi képesítés jelenleg igen keveseknél teljesül. Ennek kiküszöbölésére 2015-ben két fő vegyvédelmi tisztet is beirattak a tűzserész-alapfelkészítésre, akik a képzés végeztével mindketten sikeres osztályos fokozati vizsgát tettek.³⁶ Meglátásom szerint ez az intézkedés csak átmeneti megoldást jelenthet, hiszen semmi sem biztosítja azt, hogy a jövőben lesznek még olyan vegyvédelmi katonák, akik érdeklődnek a tűzserészet iránt. Ezenfelül ha olyan személyeket iskoláznak be egy tűzserész-alapfelkészítésre, akiket nem érdekel a tűzserészsakma, akkor sem a sikeres vizsga, sem a fejlődésre való hajlam nem garantálható, ami pedig a tűzserészek esetében elfogadhatatlan. A jelenlegi állapot szerint egy olyan szituációban, amelyben CBRN IED gyanúja merül fel, felállítanak egy helyszínparancsnokból, egy CBRN-részlegből (részlegvezető, CBRN felderítő erő, CBRN mentesítő erő, CBRN mintavevő erő), egy tűzserészrészlegből (részlegvezető, tűzserészrész, tartalék tűzserészrész), illetve egy támogatórészlegből (biztosítóerő, civil támogatóerő, szállítóerő, katonai rendész erő, egészségügyi személyzet) álló tűzserész-csoportot.³⁷ Egy ilyen csoport minden bizonnyal maximálisan képes lenne ellátni a feladatát, ugyanakkor mind erejét, mind pedig a szükséges technikai eszközök és erőforrások mértékét tekintve túlzónak hat. Továbbá ha figyelembe vesszük, hogy az egyes IED-szituációk során sokszor percek, sőt másodpercek múlnak a katasztrófák, akkor az is megállapítható, hogy egy ilyen tűzserész-csoport felállítására, megszervezésére gyakran nincs elegendő idő. Tény,

³⁶ HORVÁTH 2016: 47.

³⁷ BEREK 2016: 28.

hogyan az efféle szakfeladatok rendkívül ritkán és szinte kizárólag művelési területen fordulnak elő, azonban ahogy a sokat ismételt katonai alapvetésben is elhangzik: „a legrosszabbra kell készülni”.

A rögtönzött robbanószerkezeteket hatástalanító és megsemmisítő tűzserészekkel szemben támasztott követelmények közül a legnagyobb figyelmet az I. osztályú tűzserészek robotkezelői képzésére kell fordítani. Ahogy fentebb említettem, ezt kizárólag egy külön erre irányuló tanfolyamon lehet megszerezni, amely független a tűzserész-felkészítésektől. A robotkezelői tanfolyam egyetlen alapkövetelménye, hogy a résztvevő rendelkezzen III. osztályú tűzserész osztályos fokozattal. Ha szem előtt tartjuk, hogy a tűzserészrobotokat a legtöbb esetben IED-fenyegetettség esetén alkalmazzák,³⁸ az IED-ismeretek elmélyítése viszont csak a II. és I. osztályú felkészítéseken történik meg, akkor megkérdőjelezhető, hogy az a III. osztályú operátor, aki a robotot kezeli, rendelkezik a feladat biztonságos végrehajtásához szükséges tudással. Amennyiben tehát egy éles akció során az I. osztályú tűzserész munkáját egy III. osztályú robotkezelő támogatná, fennállna a tudásszintkülönbség miatti félreértések veszélye, ezért indokolt lehet az I. osztályú tűzserészek felvértezése robotkezelői ismeretekkel.

Javaslat a magyar tűzserészet NATO-követelményeknek való megfeleltetésére

Ahogy már a bevezetésben is ismertettem, a tűzserészet digitalizációjával, egy tűzserész-adatbázis létrehozásával bizonyos mértékben csökkenthető lenne a hagyományos robbanótestekkel kapcsolatos ismeretek oktatására szánt idő. Az adatbázis segítségével felszabadított tanórákat pedig fel lehetne használni annak érdekében, hogy a NATO STANAG-ben megfogalmazott követelményeknek mindinkább eleget tehessen a magyar tűzserészet. Ez azt jelenti, hogy a magas szintű CBRN-képzést és a robotkezelői képzések megszerzéséhez szükséges ismereteket integrálhatnák a tűzserész osztályos fokozati felkészítések oktatási anyagába. Az ezekhez a területekhez kapcsolódó tudásanyagot – csakúgy, mint minden más ismeretet – a három osztályos fokozati felkészítés során a fokozatosság elve mentén lehetne elsajátítani. Az alapokat minden tűzserész megkaphatná a III. osztályú felkészítésen, majd a II., illetve I. osztályú képzésen tovább mélyíthetnék tudásukat.

A magas szintű vegyvédelmi oktatás szempontjából kezdetben megoldást jelenthetne, ha a felkészítésekbe oktatókként bevonnák az MH vegyvédelmi szakembereit. A későbbiekben, amikor már rendelkezésre állnának CBRN-szempontról is kiképzett I. osztályú tűzserészek, ők vehetnék át az ismeretek tanítását, így nem lenne szükség vendégoktatókra.

A tűzserészrobot-kezelői képzés tekintetében a tanárok kérdése jóval egyszerűbb, hiszen az MH-ban egyedülálló módon csak a tűzserészek alkalmaznak tűzserészrobotokat, így az oktatói gárda közvetlenül rendelkezésre áll. Ugyanakkor az eddigi gyakorlattól eltérően már nemcsak egy szűk állományt oktatnának külön tanfolyamokon, hanem egységesen mindenkit, a tűzserész-felkészítések keretén belül.

³⁸ DARUKA 2011.

Összegzés

Nem kérdés, hogy kivétel nélkül minden szervezet sikeres működésének alapfeltétele, hogy különböző elemei képesek legyenek maradéktalanul együttműködni egymással. Esetünkben a szervezet maga a NATO, elemei pedig a tagországai. A NATO-n belüli együttműködés garanciái azok a minden területet lefedő STANAG-ek, amelyek alkalmazásba vételével a tagországok biztosíthatják a szervezet eredményes funkcionálását.

A NATO STANAG-ek között megtalálhatóak azok a tűzserézettel szemben támasztott követelmények is, amelyeket a tagállamoknak igyekezniük kell a lehető legkielégítőbben teljesíteni. A követelmények vizsgálata után megállapítható, hogy Magyarország azok túlnyomó részének eleget tesz, sok esetben pedig túl is szárnyalja a meghatározottakat. Vannak azonban olyan tűzserészeti területek, ahol javasolt fejleszteni és átalakítani a követelményeknek való teljes megfelelés érdekében.

Napjainkban tisztán látszik, hogy a digitális technológiai fejlesztések számos területen korszakalkotó megoldásokat hozhatnak, és nincs ez másképp katonai téren sem. Kutatásom végeztével kijelenthetem, hogy a hazai tűzserézet digitalizációja lehetséges. A korábban ismertetett tűzserészeti adatbázis létrehozása és az ebből származó előnyök a jelenlegi tűzserész-szakkiképzés minimális megreformálásával elősegíthetik a NATO által előírt követelményeknek való maradéktalan megfelelést.

Irodalomjegyzék

- BEREK Tamás (2016): ABV (CBRN) tűzserézcsoport mint a biztonsági kihívásokra adott válaszlépés. *Bolyai Szemle*, 25(4), 22–34. Online: [https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV_\(CBRN\)_tuzsereszcsoport_mint_a_biztonsagi_kihivasokra_adott_valaszleps.pdf?sequence=1](https://nkerepo.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/14564/ABV_(CBRN)_tuzsereszcsoport_mint_a_biztonsagi_kihivasokra_adott_valaszleps.pdf?sequence=1)
- CSABAI György (1998): Az együttműködés alfája a NATO-ban. *Katonai Logisztika*, 6(2), 112–123. Online: http://epa.oszk.hu/02700/02735/00025/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_1998_2_112-123.pdf
- DARUKA Norbert (2011): Robotok a repülőtéri biztonságért. *Repüléstudományi Közlemények*, 23(2). Online: www.repulestudomany.hu/kulonszamok/2011_cikkek/Daruka_Norbert.pdf
- DARUKA Norbert (2014): Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 68–82. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2298/1565>
- DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–43. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2187/1456>
- EMBER István (2020a): A tűzserész-szakkiképzés rendszerének fejlesztése felderítő-tűzserész-felkészítés kialakításával. *Honvédségi Szemle*, 148(1), 66–77. Online: <https://doi.org/10.35926/HSZ.2020.1.5>
- EMBER István (2020b): Lehetőségek a tűzserész-szakkiképzés fejlesztésére. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(1), 99–110. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.1.7>
- EMBER István (2021): 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 – PETRUSKA Ferenc (2020): A felderítő-tűzserézet alkalmazásának jogi szempontjai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 30(2), 117–125. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2020.2.9>

- HORVÁTH Csaba (2016): *A tűzszerész szakkiképzés helyzete, fejlesztésének lehetőségei a Magyar Honvédségben*. Diplomamunka. Nemzeti Közszolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztoképző Kar Összhaderőnemi Műveleti Tanszék.
- HORVÁTH Tibor – EMBER István (2021): Characteristics of Homemade Explosive Materials and the Possibilities of Their Identification. *Revista Academiei Forțelor Terestre/Land Forces Academy Review*, 26(2), 100–107. Online: <https://doi.org/10.2478/raft-2021-0015>
- JANCSEK Tibor (1996): Néhány gondolat a NATO I. Anyagmozgatási Konferenciájáról és a cserefelépítményes mozgatási rendszerről. *Katonai Logisztika*, 4(4), 234–246. Online: http://epa.oszk.hu/02700/02735/00017/pdf/EPA02735_katonai_logisztika_1996_4_234-246.pdf
- JASZTRAB Péter János – ISTÓK Róbert (2019): A világítás katonai vonatkozásai 1. rész: Navigálás a látási és láthatósági követelmények, világítási előírások katonai aspektusai között. *Hadmérnök*, 14(4), 5–34. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2019.4.1>
- KOVÁCS József (2001): A NATO szabványosítási rendszere és a STANAG-szabványok. *Repüléstudományi Közlemények*, 13(1), 25–37. Online: http://epa.uz.ua/02600/02694/00029/pdf/EPA02694_rtk_2001_01_025-037.pdf
- KOVÁCS Zoltán (2012): Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2) 37–52. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2804/2063>
- PADÁNYI József (2006): *A NATO-tagság hatása a Magyar Honvédség szárazföldi csapatai műszaki támogatásának elméletére és gyakorlatára*. DSc-disszertáció. MTA. Online: www.academia.edu/44704691/A_NATO_tagsag_hatasa_a_Magyar_Honvedseg_szazarfoldi_csapatai_mukszaki_tamogatasanak_elmeletere_es_gyakorlatara
- PADÁNYI József – FÖLDI László (2018): Modernisation Within the Hungarian Defence Forces. *Sodobni vojaški izzivi/Contemporary Military Challenges*, 20(3), 49–62. Online: <https://doi.org/10.33179/BSV.99.SVI.11.CMC.20.3.3>

Ádám Balázs¹ 

Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban – A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek, 2. rész

Artificial Intelligence in Explosive Ordnance Disposal Tasks – Opportunities Provided by Artificial Intelligence, Part 2

A Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban című négyrészes cikksorozat fő célja a mesterségesintelligencia-alapú tűzszerész-támogató információs rendszer bemutatása. A cikksorozat második részében ismertetem a mesterséges intelligencia témakörével kapcsolatos alapfogalmakat, továbbá a technológia működésének alapvető elveit is, amelyek megismerése nagyban elősegíti a mesterségesintelligencia-alapú tűzszerész-támogató információs rendszer megértését.

Kulcsszavak: tűzszerész, mesterséges intelligencia, robbanótestek, felismerő rendszer, 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 second part of the series of articles, the basic concepts related to the topic of artificial intelligence are presented, as well as the most basic principles of the operation of the technology, knowledge of which greatly facilitates a more detailed understanding of the EOD Support Information System Based on Artificial Intelligence.

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

¹ Szakaszparancsnok, Magyar Honvédség 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred, e-mail: adam.balazs@mil.hu

Bevezetés

A cikkben bemutatom a mesterséges intelligenciával, vagyis az MI-vel (*artificial intelligence* – AI) kapcsolatos alapfogalmakat, továbbá a kutatási terület, illetve a technológia szerepét és jelentőségét napjainkban. Szó lesz a mesterséges intelligencia alaptípusairól és azok főbb jellemzőiről, amelyek ismerete elengedhetetlen a tűzszerezés-támogató információs rendszer alapjainak megértéséhez.

A mesterséges intelligencia fogalma

Az elmúlt évek egyik leggyorsabban fejlődő ipari, gazdasági és társadalombefolyásoló informatikai alapú megoldása a mesterséges intelligencia, amely már jelen korunkban is az élet számos területén megtalálható elektronikai eszközök funkcióiba integrálva vagy a különböző szoftverek részeként. Az MI fejlődésére és terjedésére napjainkban jellemző tendencia a következő években és évtizedekben nagy valószínűséggel egyre dinamikusabbá válik majd. Ennek és az alkalmazási területek sokszínűségének is köszönhető, hogy a kutatók mindeddig hiába próbálták ezt a technológiát sokféleképpen, de egyetlen fogalommal megmagyarázni, egyetemesen érvényes és elfogadott fogalom meghatározás a mai napig nem ismert.

A mesterséges intelligencia szókapcsolat nyelvtani elemzéséből kiindulva megállapíthatjuk, hogy míg a mesterséges szó egyértelműen valamilyen emberi beavatkozás vagy tevékenység eredményeként létrejött dolgot takar,² az intelligencia szó jelentése már nehezebben behatárolható. A *magyar nyelv értelmező szótára* alapján fejlett értelmi, megértő ítélőképességet jelent,³ Arisztotelész ókorból származó meghatározása szerint pedig:

„Az intelligencia az igazságot megragadó megállapítás, beleértve a következtetést, amely ahhoz a tevékenységhez kapcsolódik, amely jó, vagy rossz egy ember számára. ...és ez megfelelőnek tűnik azután egy intelligens személy számára arra, hogy képes legyen finoman megítélni, mi a jó és előnyös számára; nem néhány korlátozott területre vonatkozóan (pl. ami jó az egészség, vagy az erő számára), hanem amely általában támogatja a jólétet.”⁴

E fogalom fejlődése és átalakulása az idő múlásával jól nyomon követhető. Példa erre Marvin Minsky informatikus 21. századi meghatározása:

² A *magyar nyelv értelmező szótára* mesterséges szócikke: www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-magyar-nyelv-ertelmezo-szotara-1BE8B/m-3C77D/mesterseges-3F751/?list=eyJmaWx0ZXJzJlJogeyj-NVSI6IFsiTkZPX0xWF9MZxhpa29ub2tfMUJFOElIXX0sICJxdWVyeSI6lCJtZXR0ZXRjZHUwMGU5Z2Vln0

³ A *magyar nyelv értelmező szótára* intelligencia szócikke: www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-magyar-nyelv-ertelmezo-szotara-1BE8B/i-i-31843/intelligencia-32449/?list=eyJmaWx0ZXJzJlJogeyj-NVSI6IFsiTkZPX0xWF9MZxhpa29ub2tfMUJFOElIXX0sICJxdWVyeSI6lCJpbmRlbGxpZ2V5Y2lhlIn0

⁴ NÉGYESI 2017: 25.

„Az intelligencia egy gyakran használt fogalom annak a rejtélynek a kifejezésére, hogy néhány önálló elem, vagy elemek felelősek a személy következtetési képességéért. Én jobban szeretem úgy elképzelni ezt, mint amely nemcsak valami különös erőt, vagy tüneményt reprezentál, hanem egyszerűen az összes mentális képességet, amelyet mi minden pillanatban megcsodálhatunk, de még nem értettünk meg.”⁵

Christopher F. Chabris definíciójában pedig már az MI-re is elfogadható meghatározást kapunk: „Mondhatnánk azt: nem tudom megmondani, mi az intelligencia, de megismerem, ha találkozom vele. Az intelligencia olyan fogalom, amely jelentését a kontextusból, alkalmazási környezetéből nyeri, nem pedig egy felállított modelltől vagy kritériumrendszerből.”⁶

A szókapcsolat nyelvtani értelmezését követően térjünk át az MI konkrét fogalom meghatározására, amely rendkívül sok párhuzamot mutat az előzőekben bemutatott intelligenciadefiníciókkal. Cihan H. Dagli így fogalmaz az MI-t illetően: „A gépi intelligencia emulálja, vagy lemásolja az emberi ingerfeldolgozást (érzékel-feldolgozást) és a döntéshozó képességet számítógépekkel. Az intelligens rendszereknek autonóm tanulási képességekkel kell bírniuk és alkalmazkodniuk kell tudni bizonytalan, vagy részlegesen ismert környezetekhez.”⁷ Ennél talán kézzelfoghatóbb és közelebbi a következő meghatározás: „Olyan hardver- és szoftvertechnológiák összessége, amely képes önálló döntések meghozatalára tudományos érvek, vagy akár emberi gondolatok, reakciók, érzelmek figyelembevételével.”⁸

Az MI tehát olyan számítógépeken futó programok összessége, amelyek célja az emberi gondolkodásmód és annak absztrakt, kreatív és deduktív alapokon nyugvó döntéseinek lemodellezése.⁹ Ez kétféleképpen valósulhat meg. Az emberi gondolkodású MI akkor jön létre, amikor az emberi elme működését modellezzük egy rendszeren belül. Ekkor a döntéshozatal az emberi gondolatok és érzelmek lemásolásával zajlik. A racionális gondolkodáson alapuló MI egzaktabb, konkrét adatokra támaszkodik. Ez akkor alakul ki, amikor a cél nem az emberi viselkedés lehető legpontosabb utánozása, hanem a tudományos érvek alapján történő döntéshozatal. Ebben az esetben a döntés az adatok és tudományos érvek mentén, azok igazolásával születik meg.¹⁰

Manapság a különböző tudományágak és MI-t alkalmazó szakterületek általában a racionális gondolkodású változatot alkalmazzák, ugyanis a szoftvereknek elég egy adott szakterületen, egy vagy néhány kérdésben döntést hozniuk. Éppen ezért ez a szektor napjainkban sokkal előbbre is jár a fejlődésben, viszont az igazi, teljes értékű eszme-futtatást és problémamegoldást csak az emberi gondolkodású MI-rendszerek létrehozásával lehet elérni. A jövő MI-kutatásainak középpontjában tehát az emberi elmélkedés lemodellezése áll majd, amelynek megvalósulása viszont gyökeresen fogja megváltoztatni a ma ismert világunkat és technikai eszközeinket.

⁵ NÉGYESI 2017: 25.

⁶ KOVÁCS 2015: 24.

⁷ NÉGYESI 2017: 26.

⁸ NÉMETH-VIRÁGH 2022a: 19.

⁹ RAJCY 2019.

¹⁰ RUSSELL-NORVIG 2010: 1–5.

Napjaink hadiiparának legújabb vívmányai közt csak kevés olyan van, amely valamilyen szinten nem kapcsolódik a mesterséges intelligencia kutatásának legfrissebb eredményeihez, és nem alkalmazza azokat. Ez érthető, hiszen a technológia felhasználásának sokszínűsége lehetőséget biztosít olyan területeken való alkalmazására, mint például a fegyvergyártás, az önvezető légi és szárazföldi járművek, de akár az információs rendszerek és a kibertér is. Ezek a folyamatosan fejlődő szektorok szervesen kapcsolódnak a hadtudomány legfontosabb kutatási kérdésköréhez is, amelyek többek között az országvédelem, a nemzetközi válságkezelés, a migrációs válság, továbbá a haderő fejlesztése.¹¹

Funkcionalitás szerinti csoportosítás

A mesterséges intelligenciák mérhető tulajdonságaik alapján, úgymint a tudatosság és a döntéshozatali képesség, három nagy csoportba sorolhatók:

- gyenge (keskeny) mesterséges intelligencia (*artificial narrow intelligence*);
- erős (általános) mesterséges intelligencia (*artificial general intelligence*);
- szuper (tudatos) mesterséges intelligencia (*artificial super intelligence*).¹²

A gyenge vagy keskeny MI lényege, hogy előre meghatározott cselekvéssorozatok (algoritmusok) segítségével képes egy adott feladat önálló elvégzésére, ugyanakkor nincsen öntudata, fejlődni és saját magát újfajta feladatok végrehajtására képezni még nem tudja. Ezért ez az élet egy-egy speciális területén alkalmazható. Napjainkban a legtöbb, MI-t alkalmazó területen ilyen gyenge szoftvereket működtetnek. Ezek gyakorlati megvalósítására szemléletes példát jelentenek az arc- vagy hangfelismerő, orvosi diagnosztikai, személyiasszisztens-, internetes-keresőmotor-, fordító- és e-mail-fiókok spamszűrését végző programok.¹³ Katonai felhasználás és leginkább a tüzserészfeladatok végrehajtása szempontjából az ilyen típusú mesterséges intelligenciákat lehetne alkalmazni különböző akna- és aknamező-felderítő rendszerekben,¹⁴ továbbá egyes speciális tüzserész-szakfeladat ellátására rendszeresített drónok esetében is.¹⁵

Az erős vagy általános MI-nél a rendszer tudja fejleszteni magát, így az idő előrehaladtával újabb és egymástól független feladatokat végezhet el. Ezek a szoftverek már képesek az emberi értelemben vett intelligencia jellegzetességeit is megvalósító funkciók biztosítására, viszont nem rendelkeznek az emberre jellemző öntudattal, napjainkban az MI-k még nem ilyen fejlettek. A Ray Kurzweil nevéhez fűződő, legkedvezőbb becslés alapján is csak 2029-től lesz elérhető az erős MI, de a kutatók többsége 2060 körülre prognosztizálja a technológia megjelenését, amelynek további fejlődése pedig valószínűleg már csak a kvantumszámítógépek elterjedésével válik elképzelhetővé.¹⁶

¹¹ PADÁNYI 2015: 21–33; FARKAS et al. 2017: 159–177.

¹² JAJAL 2018.

¹³ JAJAL 2018; DAVIDSON 2019.

¹⁴ KOVÁCS–EMBER 2021: 5–20.

¹⁵ EMBER–KOVÁCS 2022: 18–23; EMBER–KOVÁCS 2020: 90–97.

¹⁶ JAJAL 2018; DAVIDSON 2019.

A szuper vagy tudatos MI megalkotásával egy öntudattal rendelkező, gondolkodni, érzelmeket kifejezni és problémákat elemezni, valamint megoldani képes szoftvert kapunk, amelynek kognitív képességei már túlmutatnak az emberi intelligencia hasonló készségein. Az MI ilyen szintre való fejlődése már az emberénél komplexebb gondolkodás létrejöttét eredményezi,¹⁷ amelyet az emberiség saját fennmaradása szempontjából joggal veszélyként értelmezhet. Ezt a fenyegetést érzékelve a tudatos MI is veszélyben érezheti magát, ezzel mintegy a kognitív gondolkodás trónjának elfoglalására törekvő ember és MI közötti hatalmi harc végtelen körforgását megteremtve. A küzdelem reális kimenetele az emberi faj létének gyökeres megváltozása lehet.¹⁸

Gépi tanulás

A gépi tanulás az MI egy olyan részterülete, ahol matematikai adatmodellek (algoritmusok) segítségével történik az adatok elemzése és az erre épülő döntéshozatal. Az MI az ilyen tanulás során algoritmusok által definiál különböző mintázatokat az adathalmazban (a tanulóhalmaz segítségével), amelyekből adatmodelleket generál, és így lesz képes azokból előrejelzéseket (eredményeket) készíteni. Ennek következtében a meglévő adatok és az azokkal kapcsolatos tapasztalatok száma az idő előrehaladtával (a gépi tanulás révén) folyamatosan növekszik, ezáltal sokkal pontosabbá válik az adatmodell és a feladatok végrehajtása is. Ezt leginkább azzal lehet szemléltetni, hogy az ember egy adott tevékenységet gyakorlással idővel sokkal hatékonyabban képes elvégezni. Az adathalmazra épülő mintázatok minél eredményesebb definiálásához megfelelő mennyiségű és minőségű forrásra van szükség az alaphalmazban. Ezzel a folyamattal a gépi tanulás algoritmusai a meghatározott példák elemzésével létrejött modell segítségével ismeretlen adatokat tartalmazó elemek feldolgozására is képessé válik. A gépi tanulási technikák három különböző csoportba sorolhatók:

- felügyelt tanulás;
- nem felügyelt tanulás;
- megerősítéses tanulás.¹⁹

Felügyelt tanulás

Felügyelt tanulás alkalmával (1. ábra) a tanulóhalmazban példapárok találhatók, amelyek adott bemeneti információk és azokhoz rendelt kimeneti változók kapcsolataiból állnak. Ez utóbbiakat címkének nevezik. A szoftver ezeknek a példapároknak a vizsgálatával állítja elő az adatmodelleket, amelyek a későbbi kimeneti változókat határozzák meg az adatfeldolgozás után. Az algoritmus kívánt pontosságú működésének elérésével fejeződik be a gépi tanulás folyamata.²⁰ Eme pontosság vizsgálata két lépcsőben történhet: az első lépcsőben meg kell

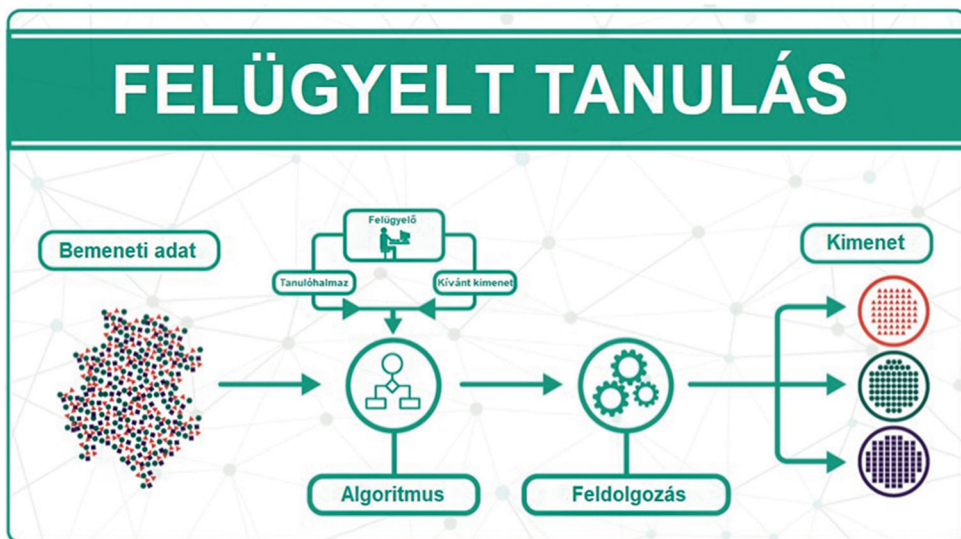
¹⁷ FOURTANÉ 2019.

¹⁸ NÉMETH–VIRÁGH 2022c: 2–6.

¹⁹ Mi a gépi tanulás? [é. n.]; What Is Machine Learning? A Definition 2022.

²⁰ JONES 2017.

nézni, hogy adott bemeneti értékre tényleg helyes kimeneti értékeket ad-e az algoritmus, míg a második lépcsőben a példahalmazt kell kicserélni egy másik, új adathalmazra, amelyben az algoritmus használatával kapott kimeneti értékek helyességét kell vizsgálni. Amennyiben mindkét lépcsőben helyes kimeneti változókat határoz meg az algoritmus, azt megfelelő tanítási szinttel rendelkezőnek lehet tekinteni.²¹



1. ábra: A felügyelt tanulás elve
Forrás: NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 3.

A felügyelt tanulás módszerének segítségével kétféle típusú feladatot lehet hatékonyan megoldani. Az egyik az osztályozási feladat, amely során a szoftver az adott értékeket különböző tulajdonságaik alapján definiált osztályokba helyezi, így kialakítva két (kétf csoportos osztályozás) vagy több csoportot (többcsoportos osztályozás). Ezt a folyamatot egyszerűen bemutató példa az e-mail-fiókok spamszűrője is, amely két csoportot képez a levelekből, a fontos (*not spam*) és a minden más (*spam*) kategóriát. A vizsgált tényező valamely osztályhoz tartozásának erőssége az osztályozási pontossággal jellemezhető, amely egy százalékos érték, így 0 és 100 közé eshet. A magasabb százaléérték az erősebb odatarozást jelenti.²² A másik feladattípus a regressziós problémákat képes megoldani, mert itt a bemeneti adatok segítségével előre jósolhatóvá válik a kimenet, vagyis előre következtethető az eredmény. Ezek a kimeneti eredmények általában egy számszerű értékben vagy mértékegységben jelennek meg. Nagyon jó példa erre egy autó piaci értékét meghatározó kalkulátor, amely az autó márkája,

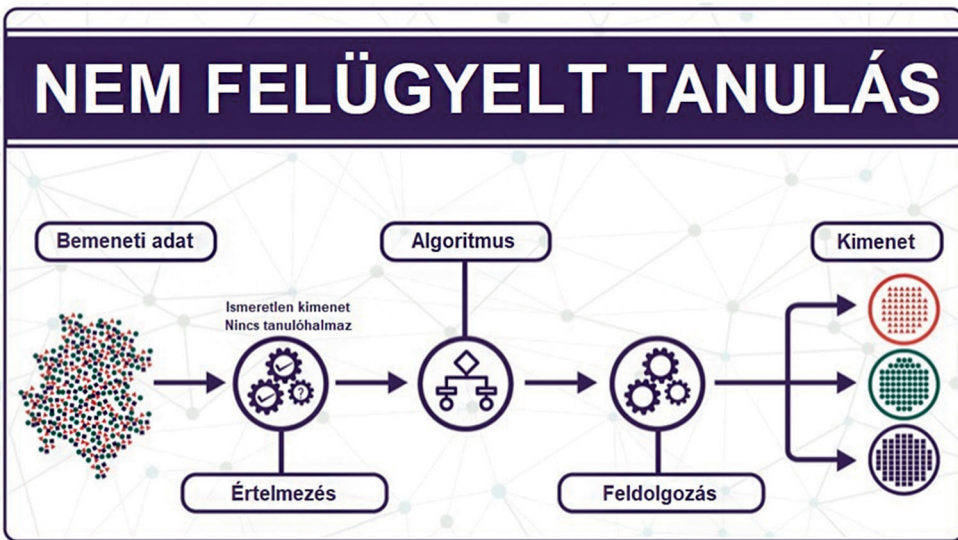
²¹ NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 2–7.

²² NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 2–7; BROWNLEE 2019.

típusa, évjárata, a futott kilométer, a felszereltség, a szervizeltetés rendszeressége és a hasonló kategóriájú gépjárművek alapján képes annak értékét egy konkrét összegben megállapítani.²³

Nem felügyelt tanulás

Nem felügyelt tanulás esetén (2. ábra) a bemeneti változókra nem vonatkozik külsőleg meghatározott csoportosítás (címkézés). Ennek eredményeként az algoritmus a bemeneti változókban keres mintaszerűséget, és ez alapján hoz létre csoportokat, valamint osztályozza a beérkező információkat. A nem felügyelt tanulási folyamatokat ezért legeredményesebben társításos, vagyis asszociációs, illetve klaszterezési feladatok megoldására alkalmazhatjuk. A klaszterezés segítségével nagy adattömböket lehet homogén csoportba sorolni, ezzel csökkentve az adatok mennyiségét.²⁴



2. ábra: A nem felügyelt tanulás elve
 Forrás: NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 4.

Megerősítési tanulás

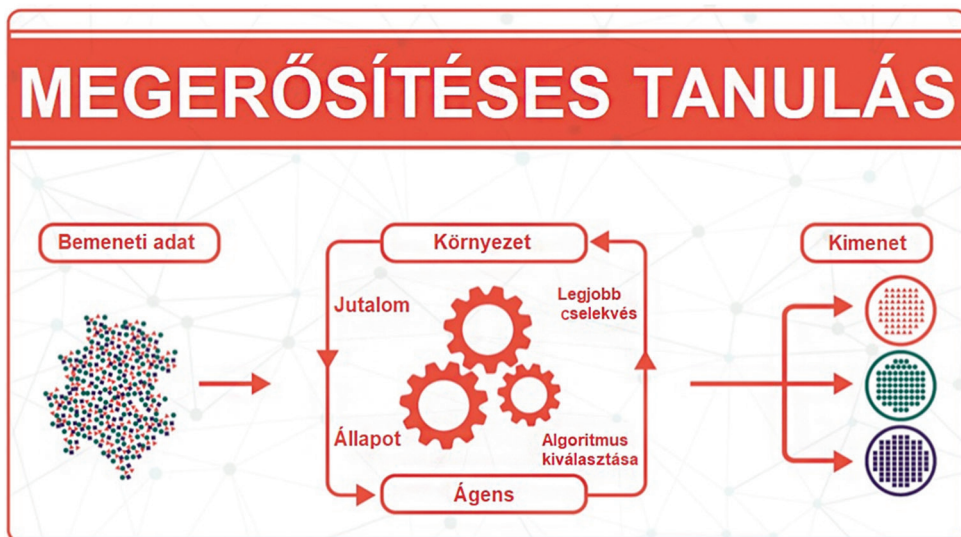
A megerősítési tanulás elvének (3. ábra) megértéséhez először meg kell határozni az ágens fogalmát. Az ágens egy szoftveralapú számítógépes rendszer, amely:

- önálló, tehát képes emberi felügyelet nélkül cselekedni és szabályozni saját reakcióit és állapotát;

²³ BROWNLEE 2019; Artificial Intelligence Demystified 2016.

²⁴ SHARMA 2018.

- személyiséggel bír, tehát hiteles és valós emberszerű személyiségjegyekkel rendelkezik, ami lehetővé teszi az emberekkel történő kommunikációt;
- képes kommunikálni, tehát kapcsolatba tud lépni más ágensekkel vagy emberekkel információszerzés érdekében;
- alkalmazkodóképes, tehát képes igazodni a használója körül vagy a külső környezetben történő változásokhoz, korábbi tapasztalatai alapján;
- mobilitással rendelkezik, tehát képes saját maga átvitelére a számítógépek között, függetlenül a rendszerarchitektúrától.²⁵



3. ábra: A megerősítéses tanulás elve

Forrás: NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 4.

A megerősítéses tanuláshoz a gép számára meg kell határozni különböző paramétereket, amelyek alapján a jövőben végre fogja hajtani tevékenységeit. Definiálni kell azt a fizikai területet, ahol az ágens működik, minden olyan cselekvést, amelyet az ágens megtehet, a situációs környezetet, amelyben az ágens dolgozik, és azt a jutalmat, amelyet az utolsó cselekvés után a környezet visszajelzéseként neki ad. Ezenfelül meg kell határozni az ágens következő lépését adott helyzetben, illetve azt a hosszú távú jutalmat, amelyet konkrét esemény során a helyes cselekvéssor végrehajtásáért kap.²⁶

A tanulás e módja során az algoritmus a lehetséges kimeneteket próbálja végig, amelyekből a jutalmak, vagyis jó döntések és a büntetések, vagyis rossz döntések alapján választja ki az ideális lehetőségeket. Ebben a tanulási folyamatban nincsen szükség tanulóhalmazokra

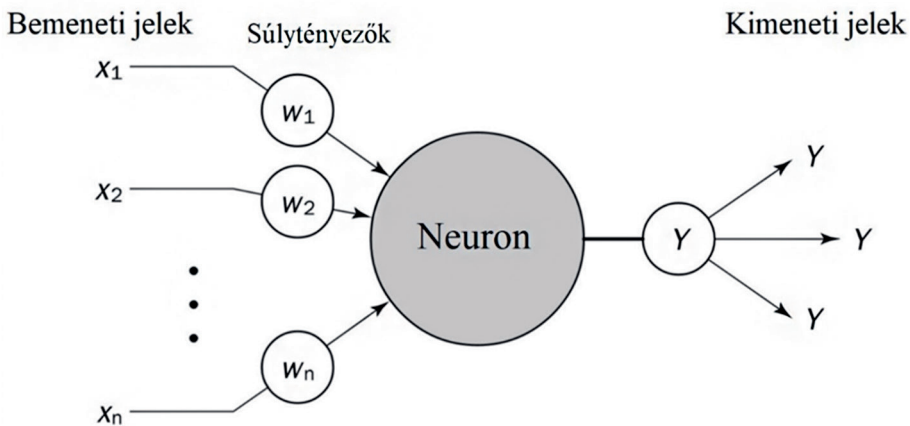
²⁵ MÉSZÁROS [é. n.].

²⁶ NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 2–7.

vagy példapárokra, itt az algoritmus a környezetéből érkező külső ingereket használja fel.²⁷ Ezt úgy is lehet értelmezni, mint egy malomjátékot, amelyben ha az MI veszít, azt büntetésként éli meg, ezért a következő játékra képes lesz fejlődni, tanulva a hibáiból. Ezzel a módszerrel idővel egy legyőzhetetlen malmozó MI fejleszhető.

Mesterséges neurális hálózat

A mesterséges neurális hálózat képes lemodellezni az emberi agy és az idegsejtek szerves kapcsolódásainak komplex biológiai hálózatát. Az emberi agy egy neuronja több idegpályával is csatlakozhat a többi neuronhoz, így kialakítva a neuronok több tíz milliárdos hálózatát, amelyben több millió is áthaladhat egy-egy adat, mire az agy információfeldolgozó részéhez érkezik. A mesterséges neurális hálózatok ezt a neuronhalmazt és a hozzá kapcsolódó idegpálya-útvonalakat hivatottak leképezni. Ezek a mesterséges neuronok (4. ábra) az agy szerkezetét modellezzik le. A beérkező adatokat összegezik, és előállítanak belőlük egy kimenetet, amelyet aztán továbbítani tudnak a többi neuronnak. A mesterséges neuron tehát egy olyan nemlineáris, paraméterekhez kapcsolt összegző függvény, amelynek változóit és értékeit a neuron bemeneteinek és kimeneteinek nevezik.²⁸



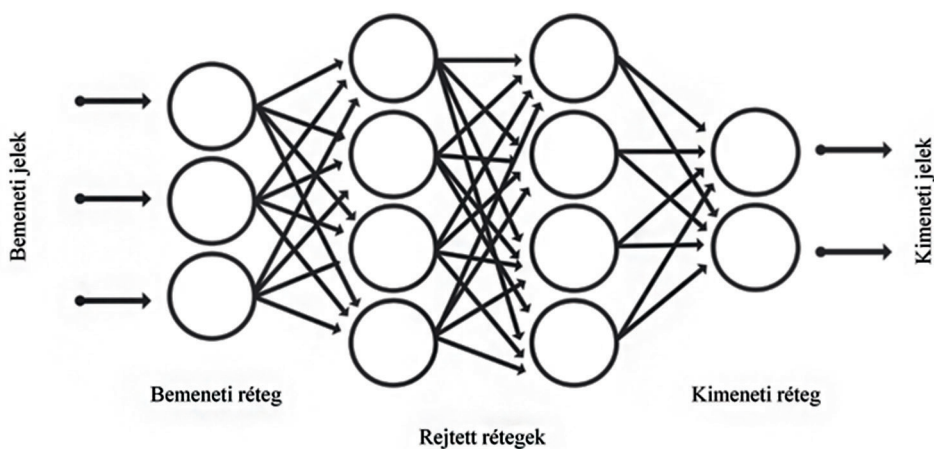
4. ábra: A mesterséges neuron felépítése
 Forrás: NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 5.

Egy-egy neuron több másik neuronhoz csatlakozik, amely kapcsolódási vonalakon az információ csak egy irányban halad. Ezek a neuronok különböző rétegekben helyezkednek el (5. ábra) az információ terjedése szempontjából, így megkülönböztethető bemeneti, kimeneti és rejtett réteg. A bemeneti rétegben elhelyezkedő bemeneti neuronok feladata a jel továbbítása a hálózat felé. A rejtett rétegben található rejtett neuronok a bemeneti rétegen keresztül kapják

²⁷ NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 2–7.

²⁸ NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 2–7.

meg a jelet, amelyen a tényleges adatfeldolgozást végzik. Innen jut tovább a jel (információ) a kimeneti réteg kimeneti neuronjaihoz, amelyek azt a külvilág felé közvetítik. A rejtett neuronok a beérkezett jeleket súlyozzák, vagyis súlytényezővel látják el, összegezik, és nemlineáris függvényekkel egészítik ki, így jönnek létre a transzferfüggvények. Gyakran használt transzferfüggvények a lépcső-, a logisztikus és a tangens hiperbolikus függvények. Ennek a folyamatnak a végére a neuron létrehozza a saját információját, amelyet aztán továbbíthat a vele kapcsolódó neuronoknak, azok pedig ugyanezt végzik el rajta. Az információ így egyfolytában rétegről rétegre halad, ahol az egyes neuronok teljesítik a saját matematikai transzformációs feladataikat. Végül a kimeneti neuronokhoz ér a kész információ. Gyakori, hogy egy-egy rejtett réteg neuronjainak kimenetei összekötötésben vannak az összes következő réteg neuronjainak bemeneteivel, ezért ezt a folyamatot mátrixok segítségével lehet a legkönnyebben leírni.²⁹



5. ábra: A mesterséges neuron felépítése

Forrás: a szerző szerkesztése *What Is Deep Learning? 3 Things You Need to Know* [é. n.] alapján

A mélytanulás (*deep learning*) jelenségét is fontos megismerni mint a mesterséges neurális hálózatok (más néven mély neurális hálózatok) egyik jelentős ágát. A mélytanulással képzett neurális hálózat főbb tulajdonsága, hogy két vagy több rejtett rétege van. Ezzel a tanulási folyamat végére létrejövő neurális háló rétegei és így az adatok elemzése sokkal mélyebbek lesznek. A mesterséges neurális hálózatok kutatásának nagy eredménye volt a mélytanulás kifejlesztése, ugyanis ezzel sokszorosára növelték a mesterséges intelligenciák pontosságát, hatásosságát és teljesítményét.³⁰

A neurális hálóknak több fajtája ismert, ezek közül a kutatás tárgya szempontjából a konvolúciós neurális hálózatokról (*convolutional neural network* – CNN) érdemes több szót ejteni.

²⁹ What Are Neural Networks? [é. n.]; NÉMETH–VIRÁGH 2022b: 2–7.

³⁰ What Is Deep Learning? 3 Things You Need to Know [é. n.].

Konvolúciós neurális hálózat

A mély neurális hálózatok egyik leggyakrabban használt típusa a konvolúciós neurális hálózat, amely elsősorban kép, másodsorban videó vagy hang feldolgozására szolgál. Kép kapcsán történő alkalmazás során annak adatait (pixeleit) veti össze a meglévő mintákkal. A konvolúciós hálózatok szükségtelemé teszik a képek egyedi jellemzői közötti különbségek ember általi meghatározását, így a készítőnek nem kell azonosítania a képek osztályozásához használt eltérő jellemzőket. A háló a működése során közvetlenül a képek pixeleinek csoportjából vonja ki az információkat, ezáltal nincs szükség az előképzésére, megtanulja és kialakítja a saját vizsgálati szempontrendszerét, miközben a betáplált képi adatbázison fejlődik. Ez az automatizált, kezelőtől független szempontmeghatározás teszi a mélytanulási modelleket rendkívül pontosná és így alkalmassá a gépi látási feladatokra, mint például az objektumok és tárgyak felismerésére.³¹ A képelemzés elvi működésének bemutatására a cikksorozat következő részében kerül sor.

Összegzés

Az MI-kutatások eredményeivel napjainkban már nem csak az ismeretterjesztő tv-műsorokban vagy tudományos magazinok oldalain ismerkedhetünk meg, hiszen mindennapi életünkben számos helyen találkozunk velük, még akkor is, ha ez nekünk fel sem tűnik. Az MI felhasználási sokszínűségének köszönhetően jelen van az orvostudományban, a gazdasági folyamatokban, a telefonos alkalmazásokban, az iparban és az önvezető autókban egyaránt. A technológia alkalmazási lehetőségei napról napra bővülnek, ezért egyre nagyobb a különféle módon tanított MI-k felhasználási opcióinak köre is. A szoftvereket igénybe vevők között a piaci szereplők mellett megjelentek az állami és katonai szereplők is, ezért a hadiipar is első számú preferáltként használja fel ezeket legújabb fejlesztéseiben. Fontos, hogy minden fegyvernem és haderőnem megtalálja azokat a kulcsfontosságú területeket, ahol az MI-alapú alkalmazások segítségével pénzt, időt és energiát lehet megspórolni vagy éppen a munkakörülményeket lehet biztonságosabbá tenni. A tűzserész-szakfeladatokat illetően ez a terület valószínűleg leginkább a feltételezett robbanótestek előszűrését, azonosítását és a felderítési információk begyűjtését jelentheti.

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.

³¹ What Is Deep Learning? 3 Things You Need to Know [é. n.]; DERTAT 2017.

Irodalomjegyzék

- Artificial Intelligence Demystified (2016). *Analytics Vidhya*, 2016. december 23. Online: www.analyticsvidhya.com/blog/2016/12/artificial-intelligence-demystified/
- BROWNLEE, Jason (2019): Difference Between Classification and Regression in Machine Learning. *Machine Learning Mastery*, 2019. május 22. Online: <https://machinelearningmastery.com/classification-versus-regression-in-machine-learning/>
- DAVIDSON, Leah (2019): Narrow vs. General AI: What's Next for Artificial Intelligence? *Springboard*, 2019. augusztus 12. Online: www.springboard.com/blog/narrow-vs-general-ai
- DETTAT, Arden (2017): Applied Deep Learning – Part 4: Convolutional Neural Networks. *Towards Data Science*, 2017. november 8. Online: <https://towardsdatascience.com/applied-deep-learning-part-4-convolutional-neural-networks-584bc134c1e2>
- EMBER István – KOVÁCS Zoltán (2020): Drones Above EOD Operators During Their Public Duty. In BEŇOVSKÝ, Marián (szerk.): *Zborník prednášok trhacia technika 2020*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce, 90–97. Online: <http://download.sstvp.sk/Zbornik2020.pdf>
- EMBER István – KOVÁCS Zoltán (2022): Mini drónok lehetséges alkalmazása tűzserész műveletekben. *Haditechnika*, 56(2), 18–23. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.2.04>
- FARKAS Ádám et al. (2017): A Magyar Honvédség feladatai, szerepének és helyzetének jogi aspektusai a tömeges migráció kapcsán. In TÁLAS Péter (szerk.): *Magyarország és a 2015-ös európai migrációs válság*. Budapest: Dialóg Campus, 159–177. Online: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/4949/Magyarország_és_a_2015-ös_európai_migrációs_válság.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- FOURTANÉ, Susan (2019): The Three Types of Artificial Intelligence: Understanding AI. *Interesting Engineering*, 2019. augusztus 25. Online: <https://interestingengineering.com/the-three-types-of-artificial-intelligence-understanding-ai>
- JAJAL, Tannya D. (2018): Distinguishing Between Narrow AI, General AI and Super AI. *Medium*, 2018. május 21. Online: <https://medium.com/@tjajal/distinguishing-between-narrow-ai-general-ai-and-super-ai-a4bc44172e22>
- JONES, M. Tim (2017): Models for Machine Learning. *IBM Developer*, 2017. december 4. Online: <https://developer.ibm.com/articles/cc-models-machine-learning/>
- KOVÁCS György (2015): *Gyártásautomatizálás és robotika*. Pécs: Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar. Online: <https://docplayer.hu/23389675-Gyartasautomatizalas-es-robotika.html>
- 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>
- MÉSZÁROS Tamás [é. n.]: *Ágensek*. Online: [http://home.mit.bme.hu/~meszaros/edu/onallo/it/guth.97/Mi_a_gépi_tanulás_\[é.n.\]](http://home.mit.bme.hu/~meszaros/edu/onallo/it/guth.97/Mi_a_gépi_tanulás_[é.n.]) Online: <https://azure.microsoft.com/hu-hu/overview/what-is-machine-learning-platform/#benefits>
- NÉGYESI Imre (2017): A mesterséges intelligencia és a hadsereg I. *Hadtudományi Szemle*, 10(2), 23–34. Online: http://epa.oszk.hu/02400/02463/00035/pdf/EPA02463_hadtudomanyi_szemle_2017_2_023-034.pdf
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2022a): Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia fejlődéstörténete I. rész. *Haditechnika*, 56(1), 17–22. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.1.03>
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2022b): Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia területei III. rész. *Haditechnika*, 56(3), 2–7. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.3.01>
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2022c): Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia területei IV. rész. *Haditechnika*, 56(4), 2–6. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.4.01>
- PADÁNYI József (2015): Műszaki zár a határon. *Műszaki Katonai Közlöny*, 25(3), 21–33. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2468/1740>

- RAJCY István (2019): *Mesterséges intelligencia*. Online: www.parlament.hu/documents/10181/1789217/Infojegyzet_2019_11_mesterseges_intelligencia.pdf/6ec90247-a26c-30ed-be63-c4e3f052b835
- RUSSELL, Stuart – NORVIG, Peter (2010): *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Upper Saddle River: Prentice Hall.
- SHARMA, Vinod (2018): Machine Learning – Introduction to Unsupervised Learning. *Vinod Sharma's Blog*, 2018. november 1. Online: <https://vinodsblog.com/2018/11/01/machine-learning-introduction-to-unsupervised-learning/>
- What Are Neural Networks?* [é. n.]. Online: www.ibm.com/topics/neural-networks
- What Is Deep Learning? 3 Things You Need to Know* [é. n.]. Online: www.mathworks.com/discovery/deep-learning.html
- What Is Machine Learning? A Definition. (2022). *Expert.ai*, 2022. március 14. Online: <https://expert-system.com/machine-learning-definition/>

Ember István¹ 

3D nyomtatott kumulatív idomtöltetek tesztrobbantása

Test Blasting of 3D Printed Profile Shaped Charges

Manapság nem lehet elkerülni a modern, jelentős ütemben fejlődő technológiák katonai alkalmazásának elemző vizsgálatát. Az additív gyártás is ilyen, kifejezetten gyorsan bővülő terület, amely már széles körben elérhető. Ez a megoldás az alkatrészek elkészítésének gyors, pontos és magas minőségű alternatívája, bár sok esetben még nem nevezhető olcsónak. A drága fém vagy kompozitanyagok nyomtatásával ellentétben azonban a polimerek nyomtatása már sok háztartásban is megjelent. Ilyen módszerrel készült kumulatív idomtöltetek hatékonyságát vizsgálom meg, acél céltárgyak felrobbantásával. Az eredmény előre jelzi, hogy vannak még fejlesztési irányok, de egyértelműen látható, hogy létezik hatékony kombináció.

Kulcsszavak: hatásvizsgálat, 3D nyomtatás, vágótöltet, robbantás, additív

Nowadays, it is impossible to avoid the analytical examination of the military application of modern, rapidly developing technologies. Additive manufacturing is one of these quickly expanding fields, which is now widely available. It is a fast, accurate and high quality alternative for the production of parts, although in many cases it is not yet cheap. However, in addition to printing on expensive metal or composite materials, printing on polymers is now also being used in many households. I will investigate the effectiveness of cumulative moulded fillings made by this method by exploding steel targets. The results predict that there are still directions for improvement, but it is clear that there are effective combinations.

Keywords: efficiency trial, 3D printing, cutting charge, blasting, additive

¹ Doktori hallgató, Nemzeti Közszerológáti Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Hadtudományi Doktori Iskola, e-mail: Ember.Istvan@uni-nke.hu

Bevezetés

Napjaink két legnagyobb hozamot ígérő kutatási területe – sok más érdekes irány mellett – a mesterséges intelligencia (MI) és a 3D nyomtatás. Mindkettő esetében folynak vizsgálatok a katonai alkalmazás fejlesztésével kapcsolatban. Az MI sok tekintetben hasznosnak bizonyulhat a hadviselésben,² de az olcsó, gyors és hatékony additív gyártás³ is helyzeti előnyöket tartogat a katonák⁴ és a katonai felsőoktatás számára.⁵

A fentiek alapján egyértelmű, hogy a 3D nyomtatás mint lehetséges és szükséges katonai eljárás szorosan kapcsolódik a hadtudományok tekintetében kijelölt fő kutatási irányokhoz.⁶ A robbantástechnika több érintett területnek a része, és írásomban az additív gyártás és a kumulatív idomtöltetek fúzióját fogom hatékonysági vizsgálat alá venni.

Az említett idomtöltetek valamilyen brizáns⁷ és/vagy bináris⁸ robbanóanyaggal vannak megtöltve, és a robbanás energiáját képesek összpontosítani, kumulálni,⁹ mindezt egy kívánt cél megsemmisítése érdekében. A helyszínen tölthető verzióknál pedig a plasztikus vagy folyékony fő töltet lehet alternatíva.

A kutatásom érdekessége, hogy kizárólag alacsony sűrűségű anyagokat használok fel a töltetekhez, ideértve a béléstestet is. A fémek lyukasztásra és vágásra való alkalmazása kumulatív töltetekben már nagy múltra tekint vissza, annak legtöbb fizikai és fémipari¹⁰ körülményét már ismerjük. A polimerek sem ismeretlen anyagok ezen a területen, azonban jóval kevesebb kutatás foglalkozott velük. A legfrissebb eredmények kínai kutatók munkásságához kötődnek, akik ezeknek az anyagoknak a megnyúlását tanulmányozták a jet mint az átütési képesség egyik meghatározó elemének formálódása közben.¹¹ Egy másik előremutató vizsgálatot pedig szimulációs környezetben végeztek el a szakemberek.¹²

Kutatásom során kizárólag 3D nyomtatással készült tölteteket robbantottam fel, mégpedig négy változatban, amelyek kétféle céltárgyhoz lettek egyedileg kialakítva, megtervezve. Mindkét céltárgy szabványos U szelvény, de méretük jelentősen eltér: 50, illetve 100 mm. A feltételezésem szerint az idomtöltetek legalább a kisebb szelvények vágásában hatékonyak lesznek. A problémát a céltárgyak sarkai fogják okozni, ahol jelentős az anyagvastagság az egyenes felületeihez képest. Ezeken a részeken várható, hogy részlegesen megmarad az anyagfolytonosság. A vizsgálat sikerét nem kizárólag a teljes vágás igazolja, hiszen szerkezeti elemek robbantásakor az alapfunkció megszüntetése, a teherviselés és különböző erőhatások felvételének lehetetlenné tétele legendő eredmény.

² NÉMETH–VIRÁGH 2022: 21; FAZEKAS 2022: 51–52; TÓTH–VÉG 2022: 114.

³ GÁL–NÉMETH 2019: 233.

⁴ VÉGVÁRI–HEGEDŰS–ZENTAY 2022: 58–62.

⁵ GYARMATI–HEGEDŰS–GÁVAY 2022: 125–126.

⁶ BODA et al. 2016: 1–23.

⁷ LUKÁCS 2017: 26.

⁸ KUGYELA 2020: 58–75.

⁹ LUKÁCS 2010: 175–185.

¹⁰ DOIG 1998: 1–3.

¹¹ YI et al. 2019: 744.

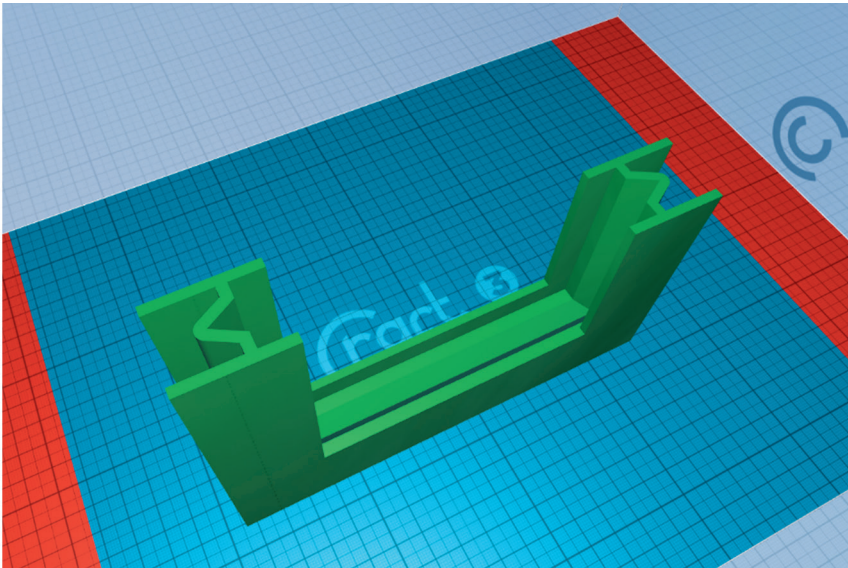
¹² CHANG et al. 2015: 426–437.

A vizsgált töltetek

A polimerek nagy családjából a 3D nyomtatás legelterjedtebb alapanyagát, a politejsavat (PLA¹³) választottam ki mint megfelelő anyagot a töltetek elkészítéséhez. Ez azért is szerencsés választás, mert a nyomtatásával kapcsolatban nagy tapasztalati anyag áll rendelkezésre a világhálón, valamint viszonylag olcsó és könnyen beszerezhető. Mivel már személyes élményeim is vannak az alkalmazását illetően,¹⁴ szinte adta magát, hogy ezen a vonalon haladjak tovább.

Minden egyes töltetet egyedileg a céltárgyra méretezve alakítottam ki. Falvastagságuk a teljes test esetében egyaránt 3 mm, amely adatot a korábbi tesztek eredményeire alapozva határoztam meg.¹⁵ A lent hivatkozott kutatás, amely egy disszertációban jelent meg az Egyesült Királyságban, azt mutatja, hogy ennél vékonyabb kumulatív béléstest akár hatékonyabb is lehet,¹⁶ azonban az általam elvégzett gyakorlati vizsgálatok ezt eddig nem igazolták.

Annak érdekében, hogy a robbanóanyagban kialakulhasson az anyagára jellemző detonációs sebesség, ennek eredményeként pedig fellépjen a hatékony vágó hatás, terveztem egy fedlapot, amely a gyutacs központi elhelyezését segíti. Ezt a gondolatot természetesen ki kell egészíteni a pontosan mért behelyezési mélységgel, mert a két tényező együttesen hat a fenti folyamatra.



1. ábra: 60°-os kumulatív idomtöltet terve, 100 mm-es U szelvényhez kialakítva

Forrás: a szerző felvétele

¹³ Angolul: *polylactic acid*.

¹⁴ ÁDÁM–EMBER 2022: 101–111; EMBER–ÁDÁM 2022: 35–44.

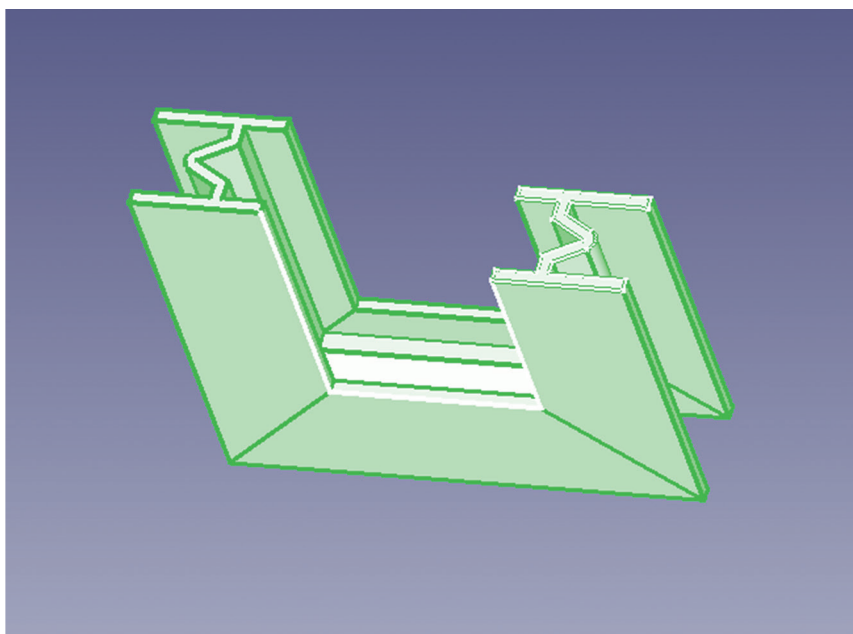
¹⁵ EMBER 2022a: 13–23; 2022b: 15–20; 2022c: 63–73.

¹⁶ AGU 2019.

A béléstest nem külön alkatrész, minden esetben egy test a töltetházzal, amely két hajlásszögben készült el. A 60°-os és 90°-os verzióval az eredmények szembeállításra volt a kitűzött cél, másrészt a további fejlesztési irányokra is befolyással lehetnek a kinyert adatok. A vágóélek minden változatnál 10 mm-re voltak nyitva.

Az 1. ábrán egy 60°-os változatot mutatok be, amely 100 mm-es U szelvényhez készült, és éppen a 3D nyomtatás előkészítése közben látható.

A 3D modelleket számítógéppel támogatott tervezéssel (CAD¹⁷) készítettem, amely eljárás a tárgyak egyedi kialakítása miatt elengedhetetlen volt. A felépített modelleket (2. ábra) FreeCAD 0.19 szoftverrel hoztam létre. Az alkalmazott „dual extruder”¹⁸ CraftBot 3 nyomtatót 0,8 mm-es fűvókával szereltem fel, hogy a produktivitást a lehető legmagasabbra emeljem. A gyártáshoz ugyanazon gyártó nem azonos színű, de azonos paraméterekkel rendelkező termékeit, filamentjeit¹⁹ használtam fel alapanyagként.



2. ábra: Egy 60°-os kumulatív idomtöltet modellje a tervezőszoftver felületén
Forrás: a szerző felvétele

Jelentős figyelmet fordítottam a gyártás optimalizálására, ami már a tervezésnél is kihívásokat jelentett. Számításba kellett venni a szálhúzásos vagy szálolvastásos (FDM²⁰) rendszerű gyártás előnyeit és hátrányait, mindezt az alkalmazott nyomtató képességeinek a mátrixában. Ez főként a támaszok miatt volt fajsúlyos kérdés, mert azok jelentős anyagfelhasználás mellett

¹⁷ Angolul: *computer-aided design*.

¹⁸ Két nyomtatófej egyidejű vagy váltott alkalmazására képes.

¹⁹ Tekercselt alapanyagszál, amelyet a nyomtató megoldasztt.

²⁰ Angolul: *fused deposition modeling*.

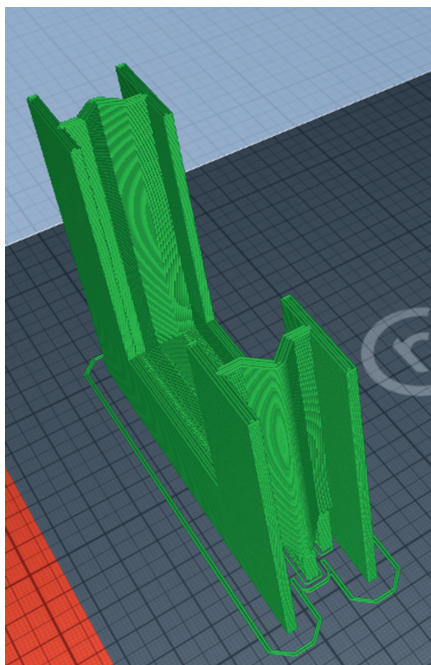
készülhetnek el, és eltávolításuk egyenetlen felületet eredményezhet, vagy akár a termék sérülését is okozhatja. Ezek a támaszok egy bizonyos építési szög felett szükségesek, és a tárgy „szeletelésekor”²¹ alkalmazott szoftver felületén kell elrendezni őket. Amennyiben az építési felülettel párhuzamosan kell „lebegő” részeket megépíteni, nem elkerülhető az alkalmazásuk.

1. táblázat: A nyomtatások idő- és anyagszükséglete

Fsz.	Típus	Filamenthossz (m)	Nyomatási idő (min)
1.	10-60-U50	32,9	221
2.	10-90-U50	28,4	188
3.	10-60-U100	41,4	227
4.	10-90-U100	38,3	256

Forrás: a szerző szerkesztése

A gyártás időszükséglete az 1. táblázatban látható, amelyet kiegészítenék annyival, hogy ezek az adatok a szoftver által becsült értékek és a valóságban kismértékben növekedtek. A felhasznált filament hosszát tekintve szintén csak becsült értékekkel rendelkezem a CraftWare szoftver jóvoltából, amellyel a GCode előállítását végeztem.



3. ábra: Egy 60°-os kumulatív idomtöltet a GCode előállításakor

Forrás: a szerző felvétele

²¹ A modell rétegekre bontása a nyomtató számára.

A vizsgálat körülményei

Az empirikus eredmények Táborfalván, a Magyar Honvédség (MH) robbantási területén születtek meg. A tesztrobbantásokat az MH 1. Tűzszerész és Folyamőr Ezred (MH 1. TFE) kijelölt állományával hajtottam végre, klasszikusnak nevezhető villamos gyújtással. A villamos gyutacsokat soros kapcsolásba rendeztem, robbanóanyagként pedig a Semtex-H-t használtam, mert az tulajdonságai révén alkalmas a legyártott töltetek helyszíni töltésére és a kumulatív hatás hatékony kialakítására.²² Minden idomtöltethez készítettem egy fedlapot, amelyre egy, a gyutacs behelyezésére és pozicionálására szolgáló nyílást terveztem. A központi helyzetben a gyutacsok pontosan 10 mm-re lettek behelyezve a robbanóanyagba. A töltet indított oldali hosszát ehhez mérten 30 mm-t növeltem a céltárgy méretéhez képest, hogy az ideális vágáshoz szükséges detonációs sebesség ki tudjon alakulni a vágandó felületig.



4. ábra: Egy 90°-os kumulatív idomtöltet 50 mm-es U szelvény céltárggyal
Forrás: a szerző felvétele

A robbantás során egy 150 cm mély árokban helyeztem el a céltárgyakat a rájuk rögzített töltetekkel. Az árok aljában további 30 x 30 x 30 cm-es ágyat alakítottam ki, hogy a detonáció ne lehessen hatással a többi töltetre. A robbantás tapasztalatai azt mutatták, hogy a biztonság mint legfontosabb tényező²³ nem sérült. Repeszkişóródást nem tapasztaltam.

²² DARUKA 2016: 39; DARUKA–CSURGÓ 2017: 44–55.

²³ PADÁNYI 1994: 63.



5. ábra: Egy 60°-os kumulatív idomtöltet 100 mm-es U szelvény céltárggyal
Forrás: a szerző felvétele

A töltetek tömegét, feltöltöttségét méréssel ellenőriztem, és az így kapott adatokat a 2. táblázatban mutatom be, amelyből az is látható, hogy típusonként három-három robbantással hajtottam végre a vizsgálatot. Két céltárgyváltozaton (4. és 5. ábra) tanulmányoztam a hatékonyságot, amelyek melegen hengerelt, szabványos U szelvények voltak. A kisebb, 50 mm-es szelvény 150 mm-es hossza, míg a nagyobb, 100 mm-es típus 110 mm-es darabokra lett vágva. Összesítve tehát 12 idomtöltetet sikerült a vizsgálat alatt felrobbantani. Minden töltet rövidítésekből álló elnevezést kapott, amely a vágóél belső szélességéből (minden esetben 10 mm), a vágóél hajlási szögéből (60° vagy 90°) és a céltárgy típusából tevődik össze.

2. táblázat: A felrobbantott töltetek paramétereit

Fsz.	Típus	Töltetház tömege (g)	Robbanóanyag tömege (g)	Szerelt tömege (g)
1.	10-60-U50	84	110	194
2.	10-60-U50	85	111	196
3.	10-60-U50	85	111	196
4.	10-90-U50	73	91	164
5.	10-90-U50	73	91	164
6.	10-90-U50	73	91	164
7.	10-60-U100	109	138	247
8.	10-60-U100	109	138	247
9.	10-60-U100	108	137	245
10.	10-90-U100	92	116	208
11.	10-90-U100	92	115	207
12.	10-90-U100	92	116	208

Forrás: a szerző szerkesztése

A töltetházak tömegének adatai típusonként egységes és meggyőző képet festenek a feltöltés és a gyártás sikerességéről, ugyanis mindkettőnél csupán 1 g-os hiba jelentkezett. A robbanóanyagnál ez nagyon fontos szempont, és ez a kismértékű eltérés véleményem szerint nem lehetett befolyással az eredményekre.

Az idomtöltetek kialakításuk miatt illeszkedtek a szelvényekhez, indított oldalukon 30 mm-rel, a másik végükön 10 mm-rel nyúltak túl az U szelvény külső felületén. A rögzítést hagyományos, kiskereskedelembe beszerezhető szigetelőszalaggal oldottam meg.

A robbantás előkészítésének a folyamata az alábbi lépésekből állt:

- a gyutacs illesztésére szolgáló fedlapok rögzítése;
- a töltetházak tömegének ellenőrzése üres állapotban;
- a töltetek feltöltése plasztikus robbanóanyaggal;
- a töltetek tömegének ellenőrzése digitális mérleggel;
- a töltetek rögzítése a céltárgyakhoz ragasztószalaggal;
- a céltárgyak és a töltetek behelyezése a robbantásra kialakított gödrökbe;
- a villamos gyutacsok behelyezése a töltetekbe.

A vizsgálati eredmények

Az 1. töltettípus 10 mm-es vágóélnylással és 60°-os hajlásszöggel készült 50 mm-es szabvány U szelvényből alkotott céltárgyhoz, eredményei a 6. ábrán láthatók. Az első töltet teljes vágást eredményezett, amelyben helyenként szakadásos képlet látható, és a vágásnál jelentősen torzult, összenyomódott az acél.

A második töltet esetében is jelentős az anyagtorzulás a robbantott keresztmetszetben. Az indított oldalon határozott vágás látható, a hosszú oldalon 25 x 17 mm-es lyuk alakult ki, 8 mm-en pedig valamelyest megmaradt az anyagfolytonosság. Az utolsó oldalon szintén azonosítható a vágás, de 15 mm-en nem vált szét teljesen az anyag.

A harmadik céltárgy a másodikhoz hasonlóan nyomódott össze: az indított fele elvált, a hosszú oldalon 20 x 17 mm-es lyukasztás tapasztalható, és 6 mm-en nem történt teljes vágás. Az utolsó oldal a második céltárggyal megegyező módon 15 mm-es szakaszon részlegesen egyben maradt.



6. ábra: Az 1. töltettípus vágási eredményei

Forrás: a szerző felvétele

A 2. töltettípus 10 mm-es vágóélnyílással és 90°-os hajlásszöggel készült 50 mm-es szabvány U szelvényből alkotott céltárgyhoz. A robbantási eredményeket a 7. ábra szemlélteti – valamennyinél azonosítható, hogy a robbantott keresztmetszetben jelentős volt a torzulás. Az indított oldalak mindegyike határozott vágásképletet mutat, míg a hosszú oldalakon minden esetben ovális lyuk alakult ki, eltérő mértékben: a legnagyobb változata 25 x 15 mm, a legkisebb pedig 20 x 13 mm. Ezeken az oldalakon 6 mm-es szakaszon nem sikerült teljes vágást elérni. Az utolsó oldalak esetében 15–18 mm-en maradt valamelyest egyben a felület.



7. ábra: A 2. töltettípus vágási eredményei

Forrás: a szerző felvétele

A 3. töltettípus 10 mm-es vágóélnyílással és 60°-os hajlásszöggel készült 100 mm-es szabvány U szelvényből alkotott céltárgyhoz. A felrobbantott céltárgyakat a 8. ábrán mutatom be. Itt is mindegyik céltárgynál fellépett torzulás a robbantott keresztmetszetben, de ez nem volt olyan jelentős, mint az eddig bemutatott esetekben. Az indított oldalak mindegyikénél markáns vágás látható. A hosszú oldalakon itt is minden esetben ovális lyuk alakult ki, amely eltérő nagyságú, hossza 40–45 mm. Ezeken az oldalakon hozzávetőleg 16–22 mm-es szakaszokon nem sikerült teljes vágást elérni. Az utolsó oldalak esetében 27–29 mm-en maradt egyben a felület, de az első töltetnél alig volt érzékelhető a robbantás hatása.



8. ábra: A 3. töltettípus vágási eredményei

Forrás: a szerző felvétele

A 4. töltettípus 10 mm-es vágóélnylással és 90°-os hajlásszöggel készült 100 mm-es szabvány U szelvényből készített céltárgyhoz. A felrobbantott céltárgyak egymás mellett a 9. ábrán láthatók. A robbantott keresztmetszetben fellépő összenyomódás itt is mindegyik céltárgynál megjelent. Valamennyi indított oldalon rendezett vágás látható, amely nem annyira markáns, mint az előző típusoknál, és 8–12 mm hosszán csak repedezettség azonosítható. A hosszú oldalakon kialakult ovális lyukak itt már nagyobbak, hosszuk 45–50 mm közötti. A lyukak két szélén, a sarkoknál nem sikerült vágást elérni. Az utolsó oldalak esetében 15–20 mm-en maradt egyben a felület.



9. ábra: A 4. töltettípus vágási eredményei

Forrás: a szerző felvétele

Összegzés

A robbantások megmutatták, hogy a néhány kevésbé sikeres vágás ellenére van értelme a terület további kutatásának. A kisebb, 50 mm-es U szelvény céltárgyak esetében egy alkalommal teljes volt a vágás, és az összes többi esetben kijelenthető, hogy ha valódi szerkezeti elemeket robbantottam volna fel, tartószerkezeti funkciójuk megszűnt volna. Ebben a méretben a 60°-os változat számomra meggyőzőbb teljesítményt nyújtott, de a másik eredmény sem jelentőség nélküli. Itt további vizsgálatok szükségesek még, hogy hiteles kép alakuljon ki a megfelelő hajlásszögről.

A nagyobb céltárgyak esetében egyértelmű, hogy nagyobb töltetekre lesz szükség a számottevő eredmények eléréséhez. Itt a töltetre nézve kifejezetten az jelentette a nagy kihívást, hogy a sarkokon a teljesítményéhez képest jelentős volt az ívelt anyagvastagság. Ez a maximálisan 15 mm-nek számítható acél már meghaladta a becsült vágási képességeket, amit az eredmények jól alátámasztottak. Mindenképpen fontos eredmény, hogy a 30 mm bevezető szakasz elegendőnek bizonyult az optimális vágás kialakulásához, és a 10 mm-es kilépő szakasz is megfelelt az elvárásoknak.

Kijelenthető, hogy ezek az idomtöltetek alkalmasak lehetnek egyes tartószerkezetek elemeinek rombolására, sőt speciális helyzetben akár improvizált robbanótestek²⁴ vagy nagy méretű katonai eredetű robbanótestek²⁵ hatástalanításában is szerepet kaphatnak, mert tervezésük ívelten is lehetséges. A műszaki támogatás rendszerén²⁶ belül tehát megvan a helye ezeknek a kumulatív idomtölteteknek, de szükség van még további eredményekre, hogy a hétköznapokban is alkalmazható típusokat lehessen kialakítani.

Irodalomjegyzék

- ÁDÁM Balázs – EMBER István (2022): Béléstestek készítésének technikai lehetőségei alacsony sűrűségű anyagból. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 101–111. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.6>
- AGU, Henry Obediah (2019): *The Effect of 3D Printed Material Properties on Shaped Charge Liner Performance*. PhD-disszertáció. Cranfield University. Online: <https://dspace.lib.cranfield.ac.uk/handle/1826/15285>
- BODA József et al. (2016): A hadtudományi kutatási irányok, prioritások és témakörök. *Államtudományi Műhelytanulmányok*, 1(16), 1–23. Online: www.med.u-szeged.hu/download.php?docID=90702
- CHANG et al. (2015): Numerical Simulation of Modified Low-Density Jet Penetrating Shell Charge. *International Journal of Simulation Modelling*, 14(3), 426–437. Online: [http://doi.org/10.2507/IJSIMM14\(3\)5.295](http://doi.org/10.2507/IJSIMM14(3)5.295)
- DARUKA Norbert (2014): Robbanótestek I. – Amit a bombákról tudni érdemes. *Műszaki Katonai Közlöny*, 24(4), 68–82. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2298/1565>
- DARUKA Norbert (2016): Robbanóanyag-ipari alapanyagok és termékek osztályozásának lehetőségei. *Műszaki Katonai Közlöny*, 26(1), 26–43. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2187/1456>
- DARUKA Norbert – CSURGÓ Attila (2017): Military Explosive Ordnance – The Bomb. In BEŇOVSKÝ, Marián (szerk.): *Trhacia technika 2017*. Banská Bystrica: Slovenská spoločnosť pre trhacie a vrtacie práce, 44–55.
- DARUKA Norbert – KOVÁCS Zoltán (2013): IEDD: Improvised Explosive Device Disposal. In KRIVANEK, Vaclav – STEFEK, Aleksandr (szerk.): *International Conference on Military Technologies: ICMT 2013*. Brno: University of Defence, 383–390.
- DOIG, Alistair (1998): Some Metallurgical Aspects of Shaped Charge Liners. *Journal of Battlefield Technology*, 1(1), 1–3. Online: https://cdn.preterhuman.net/texts/terrorism_and_pyrotechnics/explosives/Shaped_Charges_Penetrators/Some_metalurgical_aspects_of_shaped_charge_liners.pdf
- EMBER István (2022a): Hatásvizsgálati robbantás kumulatív töltetekkel. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(3), 13–23. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.3.2>
- EMBER István (2022b): Modern kumulatív töltetek hatékonyságának vizsgálata. *Haditechnika*, 56(6), 15–20. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.03>
- EMBER István (2022c): 3D nyomtatott lyukasztó töltetek hatásvizsgálata. *Hadmérnök*, 17(4), 63–73. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.4.5>
- EMBER István – ÁDÁM Balázs (2022): Kumulatív töltetházak 3D nyomtatása. *Hadmérnök*, 17(3), 35–44. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.3.2>

²⁴ KOVÁCS 2012a: 37–52; 2012b: 35–44; DARUKA–KOVÁCS 2013: 384–389.

²⁵ DARUKA 2014: 70–78.

²⁶ KOVÁCS 2002: 30–35.

- FAZEKAS Ferenc (2022): Application of Artificial Intelligence in Military Operations Planning. *AARMS – Academic and Applied Research in Military and Public Management Science*, 21(2), 41–54. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2022.2.3>
- GÁL Bence – NÉMETH András (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>
- 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>
- KOVÁCS Zoltán (2002): Gondolatok a műszaki támogatás és a műszaki zárás alapjairól. *Nemzetvédelmi Egyetemi Közlemények*, 6(1), 30–46.
- KOVÁCS Zoltán (2012a): Az improvizált robbanóeszközök főbb típusai. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(2), 37–52. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2804/2063>
- KOVÁCS Zoltán (2012b): Fontos létesítmények IED elleni védelme. *Műszaki Katonai Közlöny*, 22(ksz.), 35–44. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2584/1851>
- KUGYELA Lóránd (2020): A többkomponensű robbanóanyagok múltja, jelene és jövője. *Katonai Logisztika*, 28(4), 58–75. Online: <https://doi.org/10.30583/2020.4.058>
- LUKÁCS László (2010): A kumulatív töltetek és gyakorlati alkalmazásuk. *Műszaki Katonai Közlöny*, 20(1–4), 175–196. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/2866/2122>
- LUKÁCS László (2017): *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből. Különös tekintettel a továbbfejlesztés várható irányaira és a kor új kihívásaira*. Budapest: Dialóg Campus. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/6916>
- NÉMETH András – VIRÁGH Krisztián (2022): Mesterséges intelligencia és haderő – A mesterséges intelligencia fejlődéstörténete I. rész. *Haditechnika*, 56(1), 17–22. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.1.03>
- PADÁNYI József (1994): *A Magyar Honvédség műszaki csapatainak lehetőségei és feladatai békeidőben a természeti és civilizációs katasztrófák megelőzésében és a következmények felszámolásában*. Kandidátusi disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem.
- TÓTH József Lukács – VÉG Róbert László (2022): Az autonóm terepjáró eszközök. *Műszaki Katonai Közlöny*, 32(2), 107–116. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2022.2.8>
- VÉGVÁRI Zsolt – HEGEDŰS Ernő – ZENTAY Péter (2022): A 3D-s nyomtatás és katonai alkalmazásának lehetőségei I. rész. *Haditechnika*, 56(6), 58–62. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.09>
- Yi, Jianya et al. (2019): Simulation Study on Expansive Jet Formation Characteristics of Polymer Liner. *Materials*, 12(5), 744. Online: <https://doi.org/10.3390/ma12050744>

Balla Tibor,¹  Padányi József² 

Műszaki kiválóságok: Hárosy (Haszala) Teofil vezérőrnagy

Engineer Geniuses: Teofil Hárosy

A műszaki katonák felkészültsége, elkötelezettsége és nyitottsága az új iránt koroktól és rendszerektől függetlenül ismert és elismert. A harctéren és a békében mutatott teljesítményüket a magyar hadtörténelem dicső fejezeteiben lejegyezték, így az az érdeklődők számára elérhető. Ezzel együtt úgy ítéltük meg, hogy ezt a szellemiséget érdemes egy-egy kiváló műszaki katona életén keresztül is bemutatni, felvillantva a feladatokat, a kihívásokat és az azokra adott szakmai és emberi válaszokat. Nem célunk új hősöket kreálni, igyekszünk objektív és szakmailag is izgalmas személyiségeket prezentálni. Meggyőződésünk, hogy Hárosy Teofil ilyen személyiség.

Kulcsszavak: műszaki, parancsnok, kiválóság, hadtörténelem

Engineer soldiers' preparedness, alignment and openness towards innovation are well known and acknowledged irrespectively of ages and regimes. Persons showing an interest in their achievement displayed on the battlefield and peacetime are shown in the chapters of the Hungarian military history. We think, that it is worth demonstrating this intellectuality through distinguished engineer soldiers, highlighting the tasks, challenges and their professional and humane answers. It is not our goal to create new heroes; we just try to introduce objective and exciting personalities.

Keywords: engineer, commander, excellence, military history

¹ Kutatóprofesszor, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: balla.tibor@uni-nke.hu

² Egyetemi tanár, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, e-mail: padanyi.jozsef@uni-nke.hu

Bevezetés

Haszala Teofil 1893. december 8-án született az akkori Pozsony vármegyében található Cajla településen,³ Haszala Alajos községi jegyző (1922-ben hunyt el Bazinban) és Dobesch Anna (1942-ben halt meg Pozsonyban) gyermekeként. Egyetlen lánytestvére, Haszala Ilona 1896-ban érkezett meg a római katolikus vallású családba. Teofil 1919. szeptember 27-én vette feleségül Kopriva Hedviget (1892–1981). 1920-ban megszületett Hedvig nevű lányuk, aki a tanítói pályát választotta élethivatásként. A kiváló katona eredeti családnevét 1934-ben magyarosította Hárosyra, mivel ez akkoriban egyfajta elvárás volt a Magyar Királyi Honvédségben szolgáló törzstisztekkel szemben.⁴



1. ábra: Hárosy Teofil ezredes az 1950-es évek elején

Forrás: HL AKVI 1893/601

Katonai pályafutása

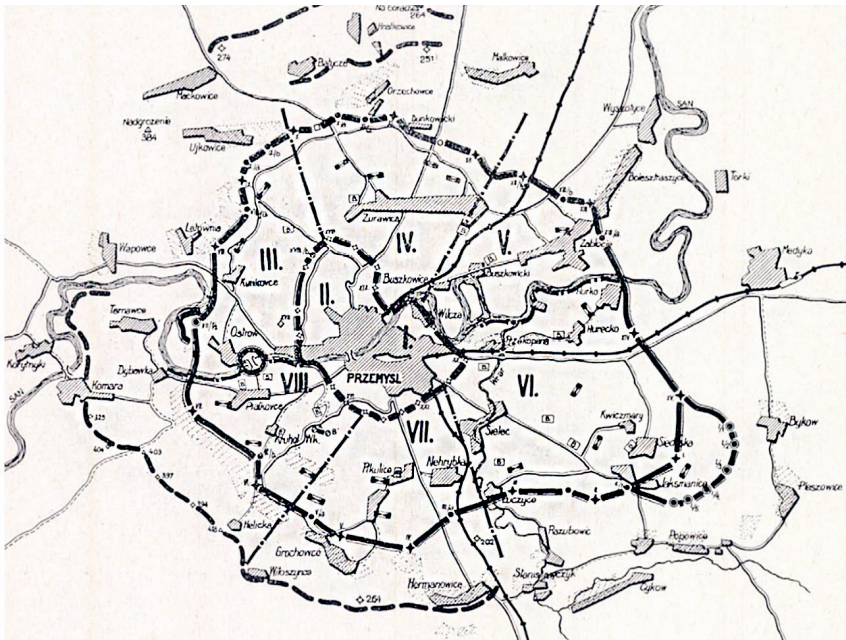
Haszala Teofil 1902–1908 között öt gimnáziumi osztályt járt ki Nagyszombatban,⁵ majd 1908–1911 között a soproni Magyar Királyi Honvéd Főreáliskolát, 1911–1914 között pedig Mödlingben a Császári és Királyi Katonai Műszaki Akadémiát végezte el jó összeredménnyel. Az iskolapadból rögtön az éppen akkor kitört első világháború orosz hadszínterére került. 1914. augusztus 1-jén frissen felavatott hadnagyként a komáromi kiegészítésű császári és királyi 5. árkászszázalaj kötelékébe osztották be, ahol az 1/5. árkászszázad szakaszparancsnoka lett,

³ 1947-ben Bazin településhez csatolták, ma annak városrésze. Lásd: www.c3.hu/~magyarnyelv/06-4/kissl.pdf

⁴ Névmagyarosítások 1934: 22.

⁵ Érdekességként megemlíjtjük, hogy a későbbi kiváló hadmérnök a gimnáziumban nem jeleskedett sem a matematika (mennyiségtan), sem a rajzoló geometria területén. Osztályzatai azt mutatják, hogy nem tartozott a gimnázium legjobb tanulói közé.

és az Osztrák–Magyar Monarchia legjelentősebb erődrendszerében, Przemyslben hasznosíthatta korábban megszerzett szakmai tudását. Az erődrendszerben 1914 októberétől két orosz ostromot is átélte, és részt vett a különféle erődítési munkálatokban.



2. ábra: Przemysl védelmi rendszere

Forrás: JACOBI 1938: 247

Hárosy egyik írásában részletekbe menően mutatja be a védelmi rendszer lényegét adó műszaki erődítési munkákat. Kiemeli az aktív védelem, az egymást kiegészítő műszaki akadályok rendszerének és azok folyamatos tűz alatt tartásának fontosságát. A kegyetlen ostrom részletei mellett azt is megtudjuk, hogy a katonáival sorsközösséget vállaló fiatal hadnagy a tiszti étkezde helyett az utászok menázsiját választotta, de arra is volt példa, hogy saját fizetésével csendesítette le a helyi parasztokat, akik panaszkodtak az élelmiszer-tartalékok elvétele miatt.⁶ Katonáival olyan feladatokban vett részt, mint robbantás, aknatelepítés, erdőirtás, drótkadályok telepítése, hídépítés, erődrezsűk gyeptéglázása és álcázás.

A körülzárt várat a védők (az élelmiszerkészletek elfogyása és az utolsó sikertelen kitörési kísérlet után) végül 1915. március 22-én adták át az ostromló orosz csapatoknak. A 120 ezer fős védősereg többi tisztjével és katonájával együtt Haszala hadnagy is orosz hadifogságba esett, majd Turkesztánban sínylődött egészen 1918. március 25-ig, amikor a központi hatalmak és Szovjet-Oroszország között Breszt-Litovszkban megkötött békeszerződés eredményeként hazatérhetett Magyarországra. Időközben, 1915. május 1-jén főhadnaggyá nevezték ki.⁷

⁶ JACOBI 1938: 252.

⁷ HL AKVI 1893/601.

A világegés utolsó évében, 1918. június 15-től október 17-ig az olasz hadszíntéren harcolt a császári és királyi 3/39. árkászszázad szakaszparancsnokaként a Hétközség-fennsíkon és a Brenta völgyében.

1918. október 19-től, a Károlyi Mihály nevével fémjelzett köztársaság időszakában a komáromi árkáspótkeretnél szolgált tovább, 1919. május 1-jétől augusztus 1-jéig pedig a Tanácsköztársaság Vörös Hadseregében teljesített szolgálatot. Megszervezte a komáromi 8. árkászszázadot, majd annak parancsnokaként harcolt a cseh és a román csapatok ellen. Részt vett a felvidéki harcokban Érsekújvár környékén, valamint a Tokajnál végrehajtott Tisza-átkelésben. 1919 augusztusában és szeptemberében a komáromi árkáspótkeretnél tevékenykedett, aztán október 21-től a Nemzeti Hadsereg kaposvári árkásszázalójában szolgált zászlóaljsegédtisztként. 1921 márciusa és júniusa között a hajmáskéri alantós tiszt tanfolyamot végezte, júniustól pedig a felsőgallai kőfúró tanfolyam parancsnoka volt.

Az első világháború után

1921. szeptember 1-jén léptették elő századossá. Ekkortól 1923 szeptemberéig a Budapesti Műszaki Egyetemre járt, ahol általános mérnöki diplomát szerzett. 1923. szeptember 1-jétől 11 éven át a Ludovika Akadémia mennyiségtan- és felsőbbmennyiségtan-, majd épületszerkezettan-tanáráként vett részt a jövő honvédtisztjeinek oktatásában és nevelésében. Tanári munkája mellett 1928–29-ben még segédtisztként is dolgozott a műszaki csoportparancsnokságnál.⁸ Alkotóenergiáját mutatja, hogy a Ludovika szabályzatainak (mennyiségtan, mechanika, fizika, kémia, kémiai technológia, tüzérlövésstan, honvédségi közigazgatási szolgálat, jogismeretek, valamint katonai egészségügyi ismeretek) megalkotására kiírt pályázaton is elindult, benyújtott pályaművét pedig elfogadták és díjazták. Ahogy az eredményhirdetésen fogalmaztak: „Az elfogadott mű tiszteletdíjának 20 százalékában részesitem Haszala Teofil m. kir. főelőadónak, a bizottság által kiválónak minősített 365. számú pályaművét.”⁹

1929-es előjárói jellemzésében az alábbiak olvashatók:

„Csendes alaptermészetű, de víg kedélyű. Nagyon szerény, nyugodt vérmérséklettel. Igen jó szellemi képességgel és gyors felfogással. Nagy általános tudás mellett, mint tanár igen nagy munkakedvet tanúsít, szakmájában ismereteit állandóan bővíti. Tanítványai állandóan igen szép eredményeket mutatnak fel. A harcszabályzatokat és harcászati elveket jól ismeri, azokat helyesen alkalmazza. Elhatározásai a helyzetnek megfelelőek. Mint előjáró következetes, alárendeltjeit jóindulattal párosult szigorral kezeli, róluk gondoskodik. Mint alárendelt, kötelességtudó, szolgálatkész, fegyelmezett. Igen jó modorú, kedvelt bajtárs, ki jó társaságban forog. Mint tanár kiválóan megfelelt. Mint segédtiszt megfelelő. Katonai értéke: igen jó.”¹⁰

⁸ HL AKVI 1893/601.

⁹ M. kir. honvédelmi miniszter 1932: 6.

¹⁰ HL AKVI 1893/601.

1934-ben honvéd törzstiszti tanfolyamot végzett a budapesti Albert laktanyában, igen jó eredménnyel. Az év szeptemberétől a budapesti Magyar Királyi Honvéd Haditechnikai Intézet utász szakelőadójaként kamatoztatta addig megszerzett tudását, és műszaki zárással, majd erődítéssel foglalkozott, miközben őrnaggyá nevezték ki. 1936-ban hadiműszaki törzskari tanfolyamot végzett a budapesti Haditechnikai Intézetben, kiváló eredménnyel.¹¹

1937. november 1-jén hadiműszaki törzskari alezredessé nevezték ki beosztásában. 1939. november 1-jétől az újonnan létrehozott Erődítési Parancsnokság tervezési osztályának vezetőjeként tevékenykedett. 1937 és 1940 között öt alkalommal látogatott Németországba erődítések tanulmányozása céljából. 1941. október 27-én a Budapesti Mérnöki Kamara tagjai közé fogadta.¹²



3. ábra: Hárosy Teofil alezredes 1938-ban

Forrás: JACOBI 1938: 544

A második világháborúban

1941. november 1-jén hadiműszaki törzskari ezredessé, egyúttal az Erődítési Parancsnokság parancsnokává nevezték ki. A második világháború idején frontszolgálatot csak 1943 őszétől és csupán akkor teljesített, amikor az általa vezetett parancsnokság éppen hadműveleti területen működött. Példának okáért az Árpád-vonal építésének egyik irányítója volt a Keleti-Kárpátokban. A védelmi rendszer létrehozását a német vezérkar szorgalmazta, a Honvéd Vezérkar pedig a tárgyalások után szinte azonnal hozzáfogott a védelmi feladatok megszervezéséhez. Ahhoz, hogy minél alaposabb munkát végezhesenek, egy katonai szemlebizottság 1940 őszén a helyszínen tanulmányozta a németek által elfoglalt Maginot-vonalat és a belga erődrendszert. Itt szembesültek azzal, hogy – noha a bevehetetlennek tartott Maginot-vonalat a németek gyorsan áttörték – a betonerődök közötti kisebb térközállások hosszabb

¹¹ HL AKVI 1893/601.

¹² *Budapesti Közlöny* 1941: 11.

ideig ellenálltak a túlerőnek. Erre a felismerésre alapozva alakították ki aztán az Árpád-vonal völgyzárjaiban a körkörös védelemre alkalmas rajállásokat.¹³

Hárosy tisztában volt azzal, hogy csak védekezéssel, bármilyen jól kiépített védelemmel rendelkezzenek is, nem lehet győzni. Egy írásában így fogalmazott:

„Vitán felül áll, hogy a védelem a döntést legfeljebb csak elodázza. Győzelmet – vagyis akaratunknak az ellenségre való rákényszerítését – csakis támadással lehet kicsikarni. Ősi tapasztalat mégis, hogy a védő majd minden esetben erődít. De nem azért lesz vesztes, mert erődít, hanem azért véd, mert gyengének érzi magát. Ha a védő nem erődít, a támadónak csak annál könnyebb dolga van vele. Eldöntött küzdelem után már csak a győztesnek hallani a szavát, és ilyenkor elsikkad annak a fészegetése, hogy a győzelem minő erőfeszítésbe került.”¹⁴



4. ábra: Az Árpád-vonal erődítése
 Forrás: SZABÓ 2019: 79

A második világhétség idején Budapesten, a XI. kerületi Zámori út 17. alatt lakott. 1944 októberétől az Erődítési Parancsnokság előadójaként folytatta katonatiszti szolgálatát, egészen 1945. május 4-ig, amikor amerikai hadifogságba esett a bajorországi Ant településen. 1944. november 1-jén kivételesen és kegyelemből vezérőrnaggyá nevezték ki.¹⁵

¹³ KACSÓ 2003: 111.
¹⁴ HÁROSY 1943: 282.
¹⁵ SZAKÁLY 2001: 127.

A második világháború után

1946. március végén tért haza a hadifogságból, és március 28-án a 13. honvéd kiegészítő parancsnokság vette nyilvántartásba. 1946. szeptember 24-én a Honvédelmi Minisztérium igazoló bizottsága megfosztotta vezérőrnagyi rendfokozatától, majd november 14-én elbocsátották a tényleges szolgálatból. 1947. április 28-án az 1946-os népbírósági határozat alapján elrendelték nyugállományba helyezését.

1946 és 1948 között Kaposváron dolgozott önálló mérnökként. 1946. június 7-től 1948. október 28-ig hivatalosan Százhalombattán, azt követően pedig a budapesti Zámori út 11/B alatt lakott.

1948. május 1-jén ezredesi rendfokozatban visszahelyezték aktív állományba, és egyúttal a budapesti Honvédelmi Minisztérium Haditechnikai Intézet műszaki szakelőadójává nevezték ki. 1949. október 1-jétől a Haditechnikai Intézet IV. szakosztályához osztották be, tudományos előadói helyre. Akkoriban tagja volt a Magyar Fizikusok Egyesületének. 1950. június 27-én megbízták a Budapesti Műszaki Egyetem Utásztechnikai Tagozatának vezetői teendőivel. 1951. október 20-tól az egyetem Hadmérnöki Karának tanszékvezetőjeként folytatta pályafutását, november 7-től pedig a Hadmérnöki Kar Műszaki Tagozatának parancsnoka volt.

Az 1950-es évek elején róla készült előljárói és politikai tisztii jellemzésekben többször is kiemelték, hogy kiváló tanár, hatalmas és rendkívül mély elméleti tudása van, azonban túlzott szerénysége, a szervezőkészség hiánya és idősebb kora miatt parancsnoki feladatokra és általában vezetésre alkalmatlannak tartották.

A Műszaki Tagozatot 1954 végén megszüntették, és mivel létszámfelettivé vált volna, idős korára és egészségi állapotára tekintettel már október 20-án kérték Hárosy nyugállományba helyezését. Ezt 1954. november 15-én foganatosították Budapesten, nyugdíjának összege akkor 1776 forintot tett ki.¹⁶

1955-ben megvédte kandidátusi értekezését, amelynek címe *Alagutak méretezése. Alagutak mért feszültségeinek kiértékelése* volt.¹⁷ Anyanyelvén kívül németül, oroszul és szlovákul beszélt és írt. A szlovákot felvidéki származása miatt, valószínűleg még gyermekkorában, a németet a katonaiskolákban folytatott tanulmányai során, az orosz nyelvet pedig az első világháború hadifogsága idején sajátította el.

Elismerései

Szakmai érdemeit több kitüntetéssel is méltatták, így 1918-ban megkapta a Károly-csapatkeresztet, 1927-ben a kormányzói elismerés látható jeleként a Magyar Koronás Bronzérmet (tanári munkájáért), 1937-ben a Magyar Érdemrend lovagkeresztjét (egy aknátalálmányáért), 1942. december 3-án pedig a Magyar Érdemrend tisztikeresztjét (az ország erősítési munkálatainak továbbfejlesztése terén elért sikereiért).

¹⁶ HL AKVI 1893/601.

¹⁷ CSAPODI–GERGELY 1962: 122.

Kiemelkedő szakmai tevékenységét később is elismerték: a Hadmérnöki Kar parancsnokától 1951. december 21-én kiváló oktatómunkájáért személyre szóló emléktárgyat, majd 1953. november 7-én kiváló pedagógiai munkájáért 2200 Ft pénzjutalmat kapott.¹⁸

1966. június 27-én hunyt el Budapesten. A Farkasréti temető 15. parcellájának első sorában, a 42. sírhelyen nyugszik.



5. ábra: Hárosy Teofil sírja a Farkasréti temetőben

Forrás: a szerzők felvétele

Tudományos munkássága

Elmélyült műszaki és matematikai ismereteit számos publikációban is megosztotta a szakmai és az érdeklődő olvasóközönséggel. Főbb művei az alábbiak:

- 1926: Többszámú tartók úszó aljzatokon I. *Műszaki Szemle*, 2(9), 515–525;
- 1926: Többszámú tartók úszó aljzatokon II. *Műszaki Szemle*, 2(10), 582–587;
- 1926: Többszámú tartók úszó aljzatokon III. *Műszaki Szemle*, 2(11), 515–525;
- 1926: Többszámú tartók úszó aljzatokon IV. *Műszaki Szemle*, 2(12), 680–690;
- 1931: *Fejezetek a függvénytanból*. Budapest: Ludovika Akadémia, 120;
- 1937: Tüzérségi lövedékek és repülőbombák lökő és törőhatása. *Magyar Katonai Szemle*, 7(8), 140–146;
- 1937: A behatolás számításának klasszikus elméletei. *Magyar Katonai Szemle*, 7(10), 160–167;
- 1937: A behatolás és a robbantóhatás számításának újabb elméletei. *Magyar Katonai Szemle*, 7(12), 151–159;
- 1938: Üreges védőfalak ellenállóképessége lövedékhatással szemben. *Magyar Katonai Szemle*, 8(10), 172–177;

¹⁸ HL AKVI 1893/601.

- 1938: Magyar árkászok Przemyszlben. In JACOBI Ágost (szerk.): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest: Közlekedési Nyomda, 246–255;
- 1939: Az állandó erődítések jelentősége. *Magyar Katonai Szemle*, 9(4), 164–169;
- 1940: Korszerű erődítések műszaki méltatása és szerepük a korszerű harcban. *Magyar Katonai Szemle*, 10(5), 441–454;
- 1943: Állandó erődítés a jelen háborúban. *Magyar Katonai Szemle*, 13(4), 281–289;
- 1950: *Erődítéstan*. Budapest: Haditechnikai Intézet;
- 1958: Betonlagutak tervezése. *Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei*, (23), 39–62;
- 1961: Hézagokra ható és azokban kialakuló földnyomás. *Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei*, (28), 13–33;
- 1962: Kamrás aknák. *Az MTA Műszaki Tudományok Osztályának Közleményei*, (31), 331–348.

Összegzés

Hárosy soha nem felejtette el azt, amit a világháborúban tapasztalt és megtanult, az erődítésekről írott cikkeiben mindig visszautalt ezekre az évekre. Mérnöként és katonaként egész életében azon dolgozott, hogy minél hatékonyabb építmények tervezésével, méretezésével segítse óvni hazájának függetlenségét, a rábizott katonák életét. Az erődítés szerepéről így ír egy díjnyertes dolgozatában:

„A korszerű állandó erődítések említett előnyei és hátrányai szabják meg a támadó harc-eljárását. Hogy ez konkrét esetben miként alakul, annak részletezése nem e tanulmányba való, nagy vonásokban pedig esetenként változik. Mindenképpen bizonyos, hogy az állandó erődítmények egymagukban nem mentik meg egy állam létét, de az is, hogy a támadónak a leggondosabb tervszerűséggel, nagy anyagtöbblettel és a legmerészebb elszántsággal kell eljárnia. Az ehhez szükséges erkölcsi, szellemi és anyagi túlsúlyt még nagyhatalmak is csak a legnagyobb erőfeszítések árán és csak egyes, aránylag igen szűk támadási sávokban érhetik el. A geográfiai hosszúságú országhatárok többi részén a támadónak biztosítania kell magát, adott esetben tehát itt és ott is védekeznie kell. A kölcsönös védelemben annak lesz kezdeti előnye, akinek védelmi rendszere tökéletesebb és egy esetleges támadásnál a már meglévő térelőnyét, legalább is egykönnyen, nem kell feladnia. Az állandó erődítés mit sem változtat azon a régi igazságon, amely régi Harcászati Szabályzatunkban így hangzik: »Csak a támadás törí meg az ellenség erkölcsi és anyagi erejét. Csak a támadás hozza meg a döntést.« Az állandó erődítésnek mégis nagy a jelentősége, mert birtokosa támadó hadműveleteit biztosabb és gazdaságosabb alapokra építheti fel. Ezért áldoztak súlyos milliárdokat Maginot és Siegfried vonalakra.”¹⁹

¹⁹ HÁROSY 1939: 169.

A kiváló műszaki katona sokat írt az állandó erődítés fontosságáról és szerepéről a korszerű harcban. Amikor a második nagy világháború már kézzelfogható közelségbe került, újra fellángolt a vita az erődítés szükségességével kapcsolatban. Másokhoz hasonlóan Hárosy is Henri Philippe Pétain francia marsall nézetét osztotta, aki a „minél nagyobb védelem, minél több kényelem” elvét vallotta, a pénzt illetően pedig azt, hogy „a békében kiadott milliók, háborúban milliárdokat takarítanak meg”.²⁰

Hárosy Teofil életében az elmélet és a gyakorlat egyensúlya végig jelen volt. Magas színvonalú tudományos munkássága és az Árpád-vonal építésében betöltött szerepe az alkotó mérnök portréját rajzolja elénk.

Irodalomjegyzék

- Budapesti Közlöny*, 1941. október 31. 11. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/BudapestiKozlony_1941_10/?pg=278&layout=s
- CSAPODI Csaba – GERGELY Pál (1962): *Kandidátusi és doktori disszertációk katalógusa 1952–1961*. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Könyvtára. Online: http://real-eod.mtak.hu/62/1/KANDI_1952-1961.pdf
- Hadtörténelmi Levéltár Budapest, Tiszti anyakönyvi lapok 1893/601.
- HÁROSY Teofil (1939): Az állandó erődítések jelentősége. *Magyar Katonai Szemle*, 9(4), 164–169.
- HÁROSY Teofil (1940): Korszerű erődítések műszaki méltatása és szerepük a korszerű harcban. *Magyar Katonai Szemle*, 10(5), 441–454.
- HÁROSY Teofil (1943): Állandó erődítés a jelen háborúban. *Magyar Katonai Szemle*, 13(4), 281–289.
- JACOBI Ágost szerk. (1938): *Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban*. Budapest: Közlekedési Nyomda. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/MEVH_AlakulatTort_111/?pg=0&layout=s
- KACSÓ Lajos (2003): Az Árpád-vonal titkai. *Honvédségi Szemle*, 131(1), 109–113.
- M. kir. honvédelmi miniszter (1932): Eredményhirdetés a honvédelmi miniszter tankönyvpályázat négy tárgykörére vonatkozólag. *Pécsi Napló*, 1932. december 15. 6. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/PecsiNaplo_1932_12/?pg=91&layout=s
- Névmagyarosítások. *Pesti Hírlap*, 1934. december 8. 22. Online: https://adt.arcanum.com/hu/view/PestiHirlap_1934_12/?pg=163&layout=s
- SZABÓ János (2019): Erőd a Kárpátokban. Az Árpád-vonal. *Rubicon*, 30(1), 78–82. Online: https://epa.oszk.hu/03100/03122/00032/pdf/EPA03122_rubicon_2019_01_078-082.pdf
- SZAKÁLY Sándor (2001): *A magyar katonai felső vezetés 1938–1945*. Budapest: Ister.

²⁰ HÁROSY 1940: 443. A tanulmány első díjat és így 400 pengőt nyert a *Magyar Katonai Szemle* 1931. évi irodalmi pályázatán.

Gyarmati József¹ 

Lánctalpas jármű kormányzása és ennek 3D modellezése²

Tracked Vehicle Steering and its 3D Modeling

A cikk a lánctalpas járművek kormányzásának lehetséges módozatait mutatja be. Ismerteti, mi az eltérés a kerekes járművekhez képest, és ebből kiindulva azt is, hogy milyen lehetséges szerkezeti megoldásokkal lehetséges a kormányzás. A kormányműveket két csoportra bontva (szimmetrikus, aszimmetrikus) írja le, és felvázolja a mindkét csoportra jellemző kialakítások előnyeit és hátrányait. Rajzokon keresztül ismerteti működésüket, valamint közli a különböző kormányzási eljárások matematikai feltételeit. A működés célszerű bemutatásához 3D modellt használ.

Kulcsszavak: lánctalpas harcjármű, kormányzás, 3D modellezés

The article presents the possible ways of steering tracked vehicles. It describes the difference compared to wheeled vehicles and, based on this, presents the possible structural solutions for steering. It describes steering systems divided into two groups (symmetrical, asymmetric). It presents the advantages and disadvantages of designs found in both groups. Through drawings, it describes their operation and communicates the mathematical conditions of the various governance procedures. A 3D model was used for the expedient presentation of the operation.

Keywords: tracked vehicle, steering, 3D modelling

¹ Egyetemi docens, Nemzeti Közsolgálati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Haditechnikai Tanszék, e-mail: gyarmati.jozsef@uni-nke.hu

² A TKP2021-NVA-16 számú projekt az Innovációs és Technológiai Minisztérium Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból nyújtott támogatásával, a Tématerületi Kiválósági Program 2021 TKP2021-NVA pályázati program finanszírozásában valósult meg.

Bevezetés

A lánctalpas járművek kormányzására többféle műszaki megoldást fejlesztettek ki, amelyeket Hegedűs Ernővel közösen írt cikkemben részletesen ismertetek.³ Összefoglalva az ott leírtakat, a lánctalp megjelenésekor nem volt teljesen egyértelmű, hogy a kormányzást milyen módon valósítsák meg. Egyes szerkezeti kialakítások nagyban hasonlítottak a kerekes járművek irányításához, ugyanis ezeknél a kormánymű a hajtáslánctól függetlenül a láncot fordította el. Kisméretű lánctalpas járműveknél még napjainkban is találkozhatunk ezzel a megoldással. Erre szolgál példaképpen a kerekek helyére szerelhető, viszonylag kisméretű lánctalp, amelyet quadoknál használnak. Ez lényegében Ackermann-kormányzás, hiszen magának a járműnek a kormánykialakítása is ilyen. Kormányzáskor viszont jelentős nagyságú oldalirányú erők lépnek fel, ezért csak kisméretű járműveknél használható. Történtek próbálkozások magának a láncnak az elhajlítására is, ám ezek jelentősen megnövelték a lánctagok koptató igénybevételét, és csak nagyon nagy ívű kanyar kivitelezésére voltak alkalmasak. A lánctagokkal szerelt quadokon kívül lényegében egyetlen megoldás maradt a lánctalpas járművek kormányzására: a láncok oldalanként eltérő sebességgel való meghajtása. Napjainkban ez terjedt el. Katonai szempontból különösen nagy előnye az, hogy nagy tömegű (> 70 tonna) járműveken is alkalmazható.

A lánctalpas járművek kormányzása ennek megfelelően lényegesen összetettebb, hiszen kanyarodáskor nagy oldalirányú erők lépnek fel. A másik jelentős különbség, hogy a kormány szerkezetet össze kell építeni az erőátvitellel. Kerekes jármű esetében a meghajtott kereket kell elfordítani, úgy, hogy kanyarodáskor a keréktárcsákra húzott merőlegesek egy pontban metszik egymást. Ezzel a megoldással a kerekes jármű úgy tud kanyarodni, hogy a közös forgáspont miatt valamennyi kerék oldalirányú csúszás nélkül gördül. Meg kell jegyezni, hogy ez pontosan csak két tengely esetében valósítható meg. Már három tengely esetében is, ha csak egy tengely van kormányozva, a hátsó ikertengelyeken lévő kerekeken lesz oldalirányú megcsúszás. Ennek megfelelően fellépnek oldalirányú erők, amelyek viszont a tengelyek közelsége miatt nem jelentősek.

Lánctalp esetén, ha a kormányzás a lánctalpak egymáshoz viszonyított sebességének a megváltoztatásával van megoldva, jelentős lesz az oldalirányú erő, amely mindkét láncon, vagyis a belső és a külső íven futó láncon is fellép. Ennek katonai szempontból vitathatatlan előnye, hogy jelentős tömegű járműveknél alkalmas a járószerkezet kialakítására. A láncok felfekvési felülete ugyanis lényegesen nagyobb, mint a kerekes járművéké, a talajnyomás 60–100 kPa között van, ezért rendkívül jó terepjáró képességet biztosít a nagy tömegű harcjárművek számára. Ahogy azt már említettem, a kormánymű lényegében a hajtáslánc részét képezi. A motor meghajtja a sebességváltóművet, amelynek már nem egy, hanem a lánctalpak számának megfelelően két hajtott tengelye van. A kihajtást kell úgy megvalósítani, hogy ezt a két tengelyt eltérő fordulatszámmal lehessen meghajtani. Egyes megoldásoknál két sebességváltóművet alkalmaznak, amelyeket egy haránthajtóművön keresztül a motor közvetlenül hajt meg. A láncok sebességének változtatását pedig az oldalanként elhelyezett sebességváltóművek eltérő kapcsolásával lehet megoldani.

³ GYARMATI–HEGEDŰS 2023: 117–132.

A kormányműnek fontos ismertetőjegye még, hogy milyen hatásokkal képes működni. A hatások itt úgy értendő, hogy a kisebb kerületi sebességű, vagyis a kanyaríven belül lévő láncok teljesítményvesztését hogyan képesek visszaforgatni a külső íven nagyobb kerületi sebességgel forgó lánc irányában. Azokat a megoldásokat, amelyek képesek erre, regeneratív kormányzásnak nevezik. Ilyen tulajdonságú kormányművel rendelkezik például a Leopard 2 valamennyi változata, illetve az orosz harckocsik közül a legújabb típus, a T-14.

A kormányzás egy másik nagyon fontos ismérve a folytonosság. Kerekes járművek esetében ez a fogalom ismeretlen, hiszen a kerekeket bármely szögben el lehet fordítani, vagyis a kerék a minimális és a maximális kormányzási szög között bármilyen szögértéket felvehet. Lánctalpas járműveknél azonban más a helyzet, ugyanis egyes típusaik csak diszkrét kanyarodási szögekkel rendelkeznek. A kanyarodás ezeknél a járműveknél kizárólag úgy valósítható meg, ha a lánctalpsebességek csak meghatározott arányban különböznek egymástól. Ilyen megoldás a korábbi orosz típusoknál előszeretettel alkalmazott oldaltengely-kapcsolós változat. Korszerűbb eljárásoknál a kanyarodás szöge a kerekes járművekhez hasonlóan bármely értéket felvehet. Ezekkel a harckocsikkal lényegesen finomabb manővereket lehet végrehajtani, aminek főleg kis sebességnél van jelentősége, például egy vasúti kocsira vagy trélerre történő felálláskor vagy a szűk helyeken, városi környezetben, illetve erősen átszegdelt terepszakaszokon való manőverezésnél.

Fontos tulajdonsága a járműnek a legkisebb kanyarodási ív, amely szintén kormányműfüggő. A legkisebb ív az, amikor a harckocsi helyben képes megfordulni, vagyis az egyik lánctalp előre, a másik pedig ugyanolyan sebességgel hátrafelé forog. Más, kevésbé korszerű típusoknál a legkisebb ívet úgy kell elképzelni, hogy az egyik lánctalp teljesen be van fékezve, és az álló lánctalp középpontja körül forgatja a járművet a másik meghajtott lánc.

Összefoglalva a lánctalpas járművek jellegzetességeit és a kerekes járművektől való eltéréseit, a kormányzásukról és a különböző kialakítású kormányművekről a következőket lehet megállapítani:

- A lánctalpas járművek kormányzását alapvetően az eltérő sebességgel meghajtott (vagy fékezett) láncmeghajtó kerékkel és ebből adódóan az eltérő kerületi sebességű láncokkal valósítják meg.
- A lánctalpas jármű kormányzásakor jelentős oldalirányú erők lépnek fel, amelyek növelik a veszteségeket. Ezek nagyságát és a kormányzás minőségét jelentős mértékben befolyásolja a kormánymű szerkezeti kialakítása. Kanyarodáskor a jármű sebessége csökkenhet, még úgy is, ha a motor teljesítménye változatlan marad.
- A kormánymű szerkezeti kialakítása hatással van a legkisebb kanyarodási kör sugarára. Egyes kormánysszerkezetek lehetővé teszik a helyben való megfordulást, míg mások csak a „sarkon” fordulást tudják biztosítani.
- A lánctalpas járművek kormánysszerkezete a kerekes járművekéhez eltérően az erőátviteli lánc részét képezi. Egyes típusoknál ez azt is jelenti, hogy a szerkezet a sebességváltóművel egy közös blokkba van építve.

Kormányművek csoportosítása

A lánctalpas járművek kormány szerkezeteit két csoportra lehet osztani: szimmetrikus és aszimmetrikus kormány műre. A Hegedűssel közösen írt cikkemből, valamint Wolfgang Merhof és Ernst-Michael Hackbarth könyvéből⁴ tudjuk, hogy az i_L kormányzási viszony kifejezhető a belső és a külső íven futó lánctalpak kerületi sebességéből és a láncmehajtó kerék fordulatszámából:

$$i_L = \frac{v_a + v_i}{v_a - v_i} = \frac{n_a + n_i}{n_a - n_i}$$

A haladási sebesség a külső és a belső íven futó láncok kerületi sebességeinek számtani átlagából határozható meg:

$$v_m = \frac{v_a - v_i}{2},$$

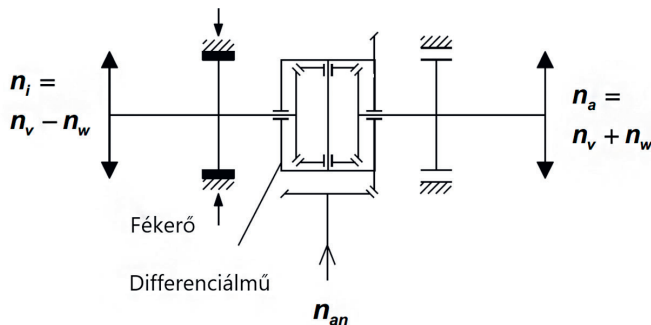
ahol v_a a külső, v_i pedig a belső íven futó lánc kerületi sebessége.

Ahhoz, hogy a lánctalpas jármű kanyarodjon, a külső íven futó kerületi sebességet, illetve a láncmehajtókerék (n_a) fordulatszámát növelni, míg a belső íven futótét (n_i) csökkenteni kell, vagyis:

$$\begin{aligned} n_a &= n_v + n_{wa} ; n_i = n_v - n_{wi}, \\ v_a &= v_m + v_{wa} ; v_i = v_m - v_{wi}. \end{aligned}$$

Abban az esetben, ha $n_{wa} = n_{wi}$, szimmetrikus kormányzásról beszélünk. Ekkor a külső íven futó lánc kerületi sebessége olyan mértékben növekszik, mint amennyire a belső íven futó lánc fordulatszáma csökken. Ha az $n_{wa} \neq n_{wi}$, akkor aszimmetrikus kormányzásról van szó. A szimmetrikus kormányzás egy egyszerű megvalósítását mutatja az 1. ábra. A kormány mű két féltengelyt hajt meg, amelyek külön-külön fékezhetők. A szimmetria feltételének a teljesítéséről a differenciálmű gondoskodik. A kiegyenlítőkerék ugyanis elfordul a saját tengelye körül az egyik féltengely féke működtetésének a hatására, és a két rózsakereket ugyanolyan mértékben gyorsítja, illetve lassítja.

Szimmetrikus kormány művek



1. ábra: Lánctalpas jármű differenciálműves kormány műve, szimmetrikus kormányzás

Forrás: a szerző szerkesztése

⁴ GYARMATI–HEGEDŰS 2023: 117–132; MERHOF–HACKBARTH 2015: 138.

Az 1. ábrán látható megoldás csak elvi vázlatnak tekinthető. A kialakítása miatt a kormányzás és a fékezés elég nagy nehézségeket okozna, ezért jelenleg nem használt konstrukciónak minősül, esetleg kis tömegű lánctalpas jármű kormányzására alkalmas. A differenciálműves kormánymű egyenesben haladásának a feltétele a bal és a jobb oldali lánctalpak tapadása alapján határozható meg. A bal és a jobb oldali féltengelyek M_i és M_a nyomatéka a láncon F_{ki} és F_{ka} erőket hoz létre. Az adhéziós tényezőt az ismert módon határozzuk meg:

$$\mu = \frac{F_{kmax}}{mg}.$$

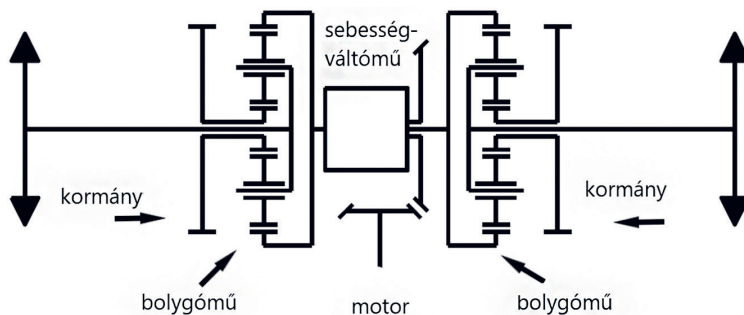
A csúszásmentes gördülés feltétele $\mu mg \leq F_k$. Az összefüggés a két lánctalpra:

$$\begin{aligned} \mu_i \frac{mg}{2} &\geq F_{ki} = \frac{M_i}{r'_i}, \\ \mu_a \frac{mg}{2} &\geq F_{ka} = \frac{M_a}{r'_a}. \end{aligned}$$

Az adhéziós feltételnek tehát mind a bal, mind pedig a jobb oldalon teljesülnie kell. A lánctalpas jármű két lánctalpa eltérő adhéziós tényezővel rendelkező talajon fut. Példaképpen lehet említeni, ha a lánctalpas járműnek oldalról kell felállnia egy vasúti kocsira – ilyenkor a tapadás az egyik oldalon olyan mértékben lecsökkenhet, hogy a lánctalp kipörög. Hasonló a helyzet, amikor egy gépjármű egyik hajtott kereke olaj- vagy jégfolton áll. Kanyarodáskor viszont ugyanezen elv mentén a differenciálműves kormány szerkezet jól használható. A belső íven futó féltengelyt kell fékezni, ekkor a differenciálmű kiegyenlítő kereke a kisebb ellenállású oldal, vagyis a külső íven futó és nem fékezett féltengelyéhez tartozó rózsakereket fogja gyorsítani. A differenciálmű kialakítása miatt a belső íven futó láncmehajtó kerék fordulatszáma olyan mértékben csökken, mint amilyen mértékben a külső íven futó láncmehajtó kerék fordulatszáma nő, vagyis a szimmetrikus kormányzás feltétele az alábbi összefüggés szerint teljesül:

$$n_{wa} = n_{wi} = n_w = \frac{n_a - n_i}{2}.$$

Az 1. ábrán látható megoldás menet közben instabillá válhat. A láncok különböző beállításai, feszsége, valamint az oldalanként eltérő talaj a lánctalpak között jelentős ellenállás-különbséget okozhatnak. Ebben az esetben a jármű menet közben a nagyobb ellenállású oldal irányába fog elfordulni, ezért ezt a kormányzási megoldást mindenképpen valamilyen stabilizálóval kell megtámogatni. Ez a tulajdonság különösen súlyos következményekkel járhat fékezéskor, ha a kormánykart egyenletesen meghúzza kell fékezni. Ez a folyamat megfelelő vezetési gyakorlatot követel meg a kezelőtől az oldalirányú kifordulás elkerülése érdekében, mivel még egy fékkar esetén is a két féltengelyre jutó fékerő a fékbetétek vagy -szalagok eltérő állapota miatt jelentősen különbözhet, így a jármű fékezés közben elfordulhat.



2. ábra: Lánctalpas jármű bolygómuves kormányműve, szimmetrikus kormányzás

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2. ábrán egy korszerű szimmetrikus kormánymű kihajtásának kinematikai vázlata látható. Ilyen kihajtással rendelkezik többek között a Leopard 2 típusú harckocsi. A motor a sebességváltóművet hajtja meg, amelynek két hajtott tengelye van. Ezek a tengelyek hajtják meg a bal és a jobb oldalon található, ún. összegző bolygómuvek gyűrűkerékét. Egyes menetekben a bolygómuvek egy egyszerű bolygómuinek felelnek meg, ahol a fékezett a napkerék, a hajtó a gyűrűkerék és a hajtott a napkerék. Az áttétel ebben az esetben az

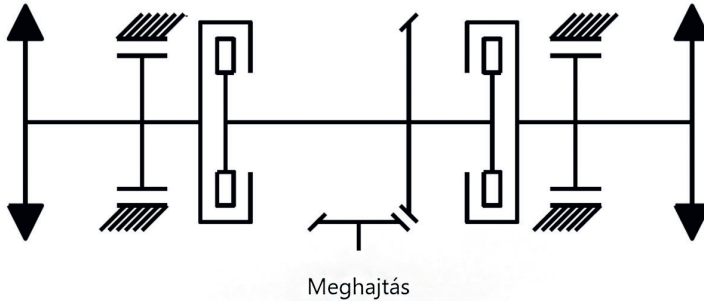
$$i = \frac{Z_n + Z_{gy}}{Z_{gy}}$$

összefüggés szerint számítható.⁵ A kormányzást megvalósító napkerekeket a kormánymű fékezi. Kanyarodáskor a két napkereket azonos fordulatszámmal, de ellentétes irányban hajtja meg a kormánymű. A bolygómu ebben az esetben kettős behajtású rendszerré válik. Az ilyen rendszereknél, ahol a hajtó a napkerék és a gyűrűkerék, a hajtott kerületi sebességét a két hajtó számtani átlaga segítségével lehet kiszámolni. A kormányzás szerkezeti kialakítása miatt az egyenes haladás nulla fordulatszámu napkerékéhez képest kormányzáskor ezek a napkerekek azonos fordulatszámúban, de ellentétes irányban fordulnak el. Ennek eredményeképpen a külső oldalon futó láncmeghajtókerékhez tartozó bolygókerék kerületi sebessége pontosan olyan mértékben fog nőni az egyenes menetben tapasztalhatóhoz képest, mint amilyen mértékben a belső íven fordulóé csökken. Az 1. ábrán látható szimmetria és az ahhoz tartozó elvek így teljesülnek. A napkerekeket a kormánymű meghajthatja mechanikus és hidromechanikus úton, a hidraulikus meghajtás pedig történhet hidrosztatikus, illetve hidrosztatikus és hidrodinamikus módon. Ezt a megoldást alkalmazták a Leopard 2 harckocsi esetében.

A 2. ábrán látható megoldásnál kiküszöbölték az 1. ábra differenciálműves megoldásának hátrányait. A fékezett napkerekek miatt a lánctalpas járműnek egyenes menetben megvan a menetstabilitása, nem befolyásolja őt a lánctalpak eltérő ellenállása. A kanyar ívét folytonosan tudja változtatni, fékezés közben nem áll fel a hirtelen elfordulás veszélye. Kanyarodáskor a kanyar ívét stabilan tartja, és mellette megtartotta a differenciálműves kialakítás előnyeit, vagyis a szimmetrikus kormányzást, illetve a helyben megfordulás lehetőségét.

⁵ GYARMATI 2012: 45.

Aszimmetrikus kormányművek



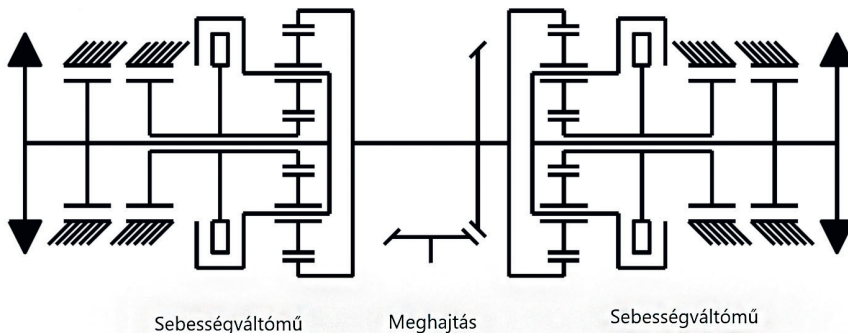
3. ábra: Lánctalpas jármű oldaltengely-kapcsolós kormányműve, aszimmetrikus kormányzás
Forrás: a szerző szerkesztése

Az aszimmetrikus kormányzásnál az $n_{wa} = n_{wi}$ feltétel nem áll fenn. A kormányzás a belső íven forduló láncmeghajtókerék fordulatszámának a csökkentésével érhető el:

$$n_{wa} = n_v ; n_{wi} = n_v - n_{wi}$$

Az egyenlet szerint a külső íven forduló lánc kerületi sebessége változatlan marad, míg a belső íven fordulóé csökken. A 3. ábrán látható oldaltengely-kapcsolós megoldás az aszimmetrikus kormányzás egyik legegyszerűbb formája. A felépítése oldalanként egy-egy tengelykapcsoló és a kormányzáshoz szükséges fékek. A kanyarodáskor e fékeket kell meghúzni.

A sebességváltómű főtengeleje haránthajtás segítségével hajt meg egy tengelyt, amelynek tengelyvégei általában bordás tengelyagy kialakítással kapcsolódnak a tengelykapcsoló-tárcsákhoz. A teljesítményt a tengelykapcsolók zárt állásában továbbítja a láncmeghajtó kerekek felé. Kanyarodáskor a kanyar irányában lévő féket kell meghúzni, ezzel csökkentve a belső ív láncmeghajtó kerekének a fordulatszámát. A belső ívet meghajtó tengely fordulatszáma ezáltal csökken, amit az ugyanezen az oldalon lévő tengelykapcsoló megcsúsúzása tesz lehetővé. A megoldás előnye az egyszerűség, előszeretettel alkalmazták a haditechnikában kis és akár közepes tömegű harckocsik kormány szerkezetének a kialakításához is.



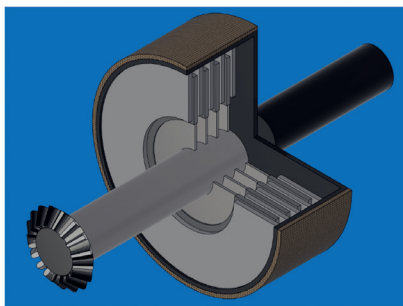
4. ábra: Oldalváltóműves kormány szerkezet, aszimmetrikus kormányzás
Forrás: a szerző szerkesztése

Az aszimmetrikus kormányzás egy összetettebb megoldását mutatja a 4. ábra. A kormánymű itt úgy lett kialakítva, hogy oldalanként egy-egy bolygóműves sebességváltóművet építettek be. A bolygóművek segítségével oldalanként két sebességi fokozat állítható elő, valamint lehetőség van mindkét láncmehajtó kerék fékezésére. A harckocsi tehát alkalmas a sarkon fordulásra. A motor egy sebességváltóművön keresztül hajtja meg a haránthajtóművet (kúpkerékpár). A rajzon látható bolygóműves sebességváltóművek már a kormánymű részeként foghatók fel. A főtengely a bolygóművek gyűrűkerekeit hajtja meg. A fokozatok kapcsolásához két-két fék, illetve egy-egy tengelykapcsoló áll rendelkezésre, a tengelykapcsoló a bolygókeréktartóhoz van kötve. A belül elhelyezkedő fék segítségével a napkerék, a külső fékkel pedig közvetlenül a láncmehajtókerék tengelye fékezhető.

A fékek és a tengelykapcsolók behúzatlan állapotában a sebességváltóművek üres állásban vannak, ekkor a bolygómű szabadságfoka kettő. Ahhoz, hogy teljesítménytovábbításra alkalmassá váljon, a szabadságfokok számát csökkenteni kell. Ezt kétféleképpen lehet megtenni. Ha a hajtó a gyűrűkerék, a hajtott pedig a bolygókeréktartó, amennyiben a napkereket fékezzük, a bolygókeréktartó továbbítja a teljesítményt a láncmehajtó kerék felé. A napkerék a belül elhelyezkedő fék segítségével rögzíthető. Az áttétel ebben az esetben lassító, ez lesz az első sebességi fokozat. A szabadságfok az egyszerű bolygómű esetében még az úgynevezett „rövidzár” segítségével csökkenthető. Ekkor a bolygómű merev testként viselkedik, vagyis az áttétele egy lesz. A rövidzár a fékek oldott állapota mellett a tengelykapcsoló bekapcsolásával érhető el. A tengelykapcsoló ugyanis összeköti a napkereket a bolygókeréktartóval, ez lesz a második fokozat. A lánc teljes fékezése a kívül elhelyezkedő fékek segítségével történik. A jármű lassítása, illetve megállítása pedig mindkét kívül elhelyezkedő fék működtetése révén érhető el.

A kormány szerkezet 3D modellezése

Az 5. ábrán egy oldaltengely-kapcsolós kormánykialakítás látható. A hajtóoldal az ábra bal oldalán látható kúpkerék, amelynek tengelyéhez általában egy bordás tengelyagyon keresztül kapcsolódnak a tengelykapcsoló-tárcsák. A hajtott tengely a tengelykapcsolóházhoz kapcsolódó tengely. A ház külső palástján helyezkedik el a fékdob, amelyet a legkorábbi változatoknál egyszerű fékszalaggal fékeztek. Az 5. ábra is ilyen megoldást mutat, de itt is alkalmazható egy lemezes tengelykapcsoló. A korszerű automata sebességváltóművek esetében is ilyen eljárásokat választanak, vagyis egyes szerkezeti elemek fékezésére a leggyakoribb megoldás a lemezes tengelykapcsoló, olajban futó acéltárcsákkal. A dob belső palástja szintén bordás kialakítású, ide kapcsolódnak a külső bordázatú tengelykapcsoló-tárcsák. A tengelykapcsoló a tárcsák tengelyirányú elmozdításával zár. Ez történhet mechanikus vagy hidraulikus módon, de az említett esetekben főleg a mechanikus megoldást alkalmazzák, annak egyszerű kivitele miatt.



5. ábra: Oldaltengely-kapcsolós (aszimmetrikus) kormánymű egybeépített lemezes tengelykapcsolója és fékezhető dobja
 Forrás: a szerző szerkesztése

Bár az 5. ábra egy egyszerű szerkezetet mutat be, jól látható, hogy a 3D modellezés segítségével milyen módon lehet ábrázolni az egyes szerkezetek valós kialakítási formáját. A cikk nem tér ki a géptervezés folyamatára, bár annyi megjegyezhető, hogy az elmúlt 30 évben a vektorgrafikus eljárások, ezen belül pedig a szilárdtest-modellezés a géptervezés meghatározó eszközévé vált. Jelen cikk a lánctalpas eszközök kormányzási módjainak bemutatása mellett csak egy példát kívánt szolgáltatni, amely megmutatja, hogy az egyszerű kinematikai vázlatos prezentáláshoz képest milyen sokat nyújt a 3D grafika. Az 5. ábra az oldaltengely-kapcsolós megoldás kinematikai vázlatát mutatja, de csak a szükséges fődarabok alkatrészeinek kinematikai vázlata ez. Információt ad a szerkezet működéséről, viszont annak lehetséges szerkezeti kialakításáról nem. A szerkezetet akár síkmetszetben is be lehetne mutatni, egy megfelelő gyakorlattal rendelkező szakember ezt is értelmezni tudja. A 3D grafika viszont a megfelelő axonometriával a valóshoz közeli képet képes festeni a kérdéses szerkezetről. Nem esik szó a cikkben arról, hogy hány szilárd test modellezésére alkalmas szoftver érhető el, de már csak az ingyenesen hozzáférhető verziók száma is magas. Az egyes forgalmazók általában külön kezelik az oktatási verziókat, amelyek sok esetben ingyenesek, bár bizonyos modulok – például végelelem-analízis – nem működnek bennük.

Összefoglalás

A cikk tömör összefoglalást ad a lánctalpas járművek, ezen belül a harcjárművek kormányzásának lehetőségeiről és a meghatározó szerkezeti kialakításokról. A téma olyan szerkezetek és a szerkezeti kialakítások olyan sokfélék lehetnek, hogy ebben a terjedelemben csak rövid összegzésre volt lehetőség. Bemutattam a kormány szerkezet kialakításának két fő csoportját, az aszimmetrikus és a szimmetrikus kormányműveket. A leírás és a szerkezeti kialakítás alapján jól láthatóvá váltak a két lehetséges elv közötti hasonlóságok és különbségek. A szerkezeti analízis, valamint a Hegedűssel közös cikkem alapján ismerttettem a lánctalpas kormányzás alapösszefüggéseit.⁶ A témával számos más irodalom is foglalkozik, de sajnos köztük csak

⁶ GYARMATI–HEGEDŰS 2023: 117–132.

nagyon kevés a magyar nyelvű. De nagyon fontos a nemzetközi kitekintés, amelyhez Merhof és Hackbarth, Peter, valamint Backstein művét használtam fel cikkem megírásakor.⁷ A magyar nyelvű szakirodalom jelentős részben nem katonai alkalmazását tárgyalja például Váradi János és Varga Frigyes, valamint jómagam is.⁸ Ez nagyrészt betudható annak is, hogy a Magyar Honvédség hosszú időn keresztül csak nagyon kevés lánctalpas eszközt használt, ugyanis a nemzetközi irányvonalaknak megfelelően az 1990-es évek közepétől a fókusz a kerekes harcjárművekre helyeződött át. Így a lánctalpas járművek szerkezeti kialakításáról kevés hazai forrás áll rendelkezésre, és azok is inkább az eszközre vonatkozó általános leírások, amelyek nem tárgyalják például az új, korszerű harcjárművek szerkezeti kialakításának sajátosságait.

A Magyar Honvédség által korábban használt orosz gyártású lánctalpas eszközök szerkezeti jelentős mértékben eltérnek a nyugati technológiáktól, ugyanis a legújabb orosz haditechnika harkocsijaitól, például a T-14-es és T-15-ös járművektől. De ezen eszközökről pontos leírások, illetve üzemeltetési adatok még nem állnak rendelkezésre. Annyit lehet látni, hogy egyes források, például a Zentay Péterrel közösen jegyzett cikkem szerint az új orosz harcjárművek nem a korábbi (T-72, T-80, T-90) harckocsik korszerűsített változatai, hanem egy teljesen új generációt képviselő eszközök, ami a szerkezeti kialakítás teljes megváltoztatásában is megnyilvánul.⁹ Nagyon jó példa erre a kormányzás. A cikkben részletesen ismertettem a szimmetrikus és az aszimmetrikus kormány szerkezet közötti eltéréseket. Az aszimmetrikus egy rendkívül egyszerű formáját jelentheti például az oldaltengely-kapcsolós változata, amelynek továbbfejlesztett változata az oldalváltós. A fejlesztés ellenére még ez is megtartotta az asszimmetrikus kormányzás alapvető hátrányait, vagyis kanyarodás során a nagy teljesítményvesztést, valamint a kormányzás diszkrét jellegét. Esetében ugyanis a kanyarodási ív csak meghatározott értékeket vehet fel, ami rontja a harckocsi manőverező-képességét, főleg kis sebesség és szűk hely esetén. A kezelés nehézségének ellensúlyozására az egyszerűbb szerkezeti kialakítás és az ebből adódó alacsonyabb beszerzési költség szolgál. A fenntartási költségekről ezt már nem lehet egyértelműen kijelenteni, mert az több tényező, például a karbantartási rendszer függvénye is.

Láthatóvá vált, hogy a szimmetrikus kormányzás lényegében egy technológiai ugrás. Ezt a nyugati harckocsigyártás már mintegy 50 éve megtette, tehát a mostani harckocsikban, például a Leopard 2 különböző változataiban használt Renk HSWL 354 hajtómű egy jól kiforrott konstrukciónak tekinthető.¹⁰ A hajtómű magában foglalja a hidromechanikus sebességváltóművet, amely egy négyfokozatú bolygóműves sebességváltóból és egy hidrodinamikus nyomatékváltóból áll, valamint a haránthajtást, mivel a motor főtengelye merőleges a sebességváltómű tengelyére. A haránthajtás két, egymással szemben szerelt kúpkerékkel rendelkezik, ami lehetővé teszi a hátramenetet. A hajtóműhöz tartoznak továbbá az oldalként szerelt összegző bolygóművek, amelyek már a láncmeghajtókerekeket hajtják. Az összegző bolygóművek kettős behajtású rendszerek, amelyek gyűrűkerekét a sebességváltómű, napkerekét pedig a kormánytengely hajtja meg (nulltengely). A kormánytengely hajtása hidraulikus. Elsőként

⁷ MERHOF–HACKBARTH 2015; PETER 2003; BACKSTEIN 1982.

⁸ VÁRADI–VARGA 1972; GYARMATI 2012.

⁹ ZENTAY–GYARMATI 2019: 28.

¹⁰ KURCZ–VÉG–HEGEDŰS 2020: 2.

egy hidromotor, amely ha nagyobb teljesítményre van szükség, két hidrodinamikus tengelykapcsolójával fokozott teljesítményt nyújt. A hajtómű szerkezeti elemeinek a felsorolásából már jól látszik, hogy a szimmetrikus hajtás egy jóval összetettebb szerkezet, ebből adódóan sokkal nagyobb bekerülési költséggel is jár. A magasabb fenntartási költség viszont még nem vonatkozik automatikusan csak erre az elemre annak összetettsége miatt.

Irodalomjegyzék

- BACKSTEIN, G. et al. (1982): *Handbook on Weaponry*. Düsseldorf: Rheinmetall. Online: <https://djuvonline/file/rQq0pm7zLLs8>
- GYARMATI József (2012): *Járművek szerkezete*. Budapest: Nemzeti Közszerológiai Egyetem.
- GYARMATI József – HEGEDŰS Ernő (2023): Lánctalpas harcjárművek kormányzása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 33(1), 117–132. Online: <https://doi.org/10.32562/mkk.2023.1.9>
- KURCZ KRISTÓF – VÉG RÓBERT – HEGEDŰS ERNŐ (2020): A Leopard 2 harckocsisalád és a Magyar Honvédség 2A4 és 2A7+ típusváltozatai I. rész. *Haditechnika*, 54(5), 2–7. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.01>
- MERHOF, Wolfgang – HACKBARTH, Ernst-Michael (2015): *Fahrmechanik der Kettenfahrzeuge*. München: Universität der Bundeswehr. Online: <https://athene-forschung.unibw.de/doc/111331/111331.pdf>
- PETER, H. (2003): *Armament Engineering*. Victoria: Trafford.
- VÁRADI János – VARGA Frigyes (1972): *Traktorok, autók*. Budapest: Mezőgazdasági.
- ZENTAY Péter – GYARMATI József (2019): „Vitézek” a Vörös téren – Harckocsik és harckocsi támogatók II. rész. *Haditechnika*, 53(4), 27–31. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.53.4.05>

Kátai-Urbán Maxim,¹ Mesics Zoltán,² Pimper László,³ Cimer Zsolt⁴

Veszélyes anyagok tárolása a logisztikai raktárakban

Storage of Dangerous Substances in Logistics Warehouses

A veszélyes anyagok tárolására szolgáló logisztikai létesítmények biztonságának megteremtéséhez a telephely üzemeltetőjének számos katasztrófavédelmi, környezetvédelmi és kémiai biztonsági szabályt kell figyelembe vennie. A létesítményekben esetlegesen bekövetkező balesetek vagy események az ott tárolt veszélyes anyagok kiszabadulása révén súlyosan veszélyeztethetik a környezetet és a környezetben élőkét. Jelen tanulmányban a szerzők a logisztikai raktárakban tárolt veszélyes anyagok fogalmi értelmezését követően vizsgálják a súlyos baleseti esemény során kibocsátott veszélyes anyagok környezetre gyakorolt hatásait, különös tekintettel a környezetre veszélyes mérgező égéstermékekre, illetve a baleset-elhárításkor alkalmazott oltóhabokra. A cikk másik részében a szerzők áttekintik a súlyos balesetkor keletkező szennyezett oltóvíz mennyiségének számítására használt, nemzetközileg elfogadott eljárásokat.

Kulcsszavak: ipari balesetek, környezeti károk, veszélyes üzemek, oltóvízszennyezés megelőzése, Magyarország

For the safety of logistics facilities for the storage of dangerous substances, the operator of the site must take into account a number of disaster prevention, environmental protection and chemical safety rules. Serious accidents or events related to hazardous substances that may occur in the facilities can seriously endanger the environment and the people living in the environment after the release of the hazardous substances stored there. In the present study, the authors examine the environmental effects of hazardous substances released in the event of a serious accident,

¹ Osztályvezető, Semmelweis Egyetem Biztonságtechnikai Igazgatóság Biztonság szervezési Osztály, e-mail: katai.urban.maxim@semmelweis.hu

² Oktató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: zoltan.mesics@katved.gov.hu

³ Oktató, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola, e-mail: lapimper@gmail.com

⁴ Oktatási dékánhelyettes, Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Kar, e-mail: cimer.zsolt@uni-nke.hu

following a conceptual interpretation of the hazardous substances stored in logistics warehouses, with particular regard to toxic combustion products that are dangerous to the environment, and the extinguishing foams used in the prevention of accidents. In the second part of the study, the authors review the internationally accepted procedures used to calculate the amount of contaminated extinguishing water produced in the event of a serious accident.

Keywords: industrial accidents, environmental impact, dangerous establishment, firewater pollution prevention, Hungary

Bevezetés

A logisztikai raktárakban tárolt veszélyes anyagok jelenlétében bekövetkezett események gyakran súlyos következményekkel járnak a baleset helyszínére és környezetére nézve, és a hatás az országhatárokon túlra is kiterjedhet. A jelen cikkben elvégzendő elemzés során a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény (Kat.) IV. fejezetének tárgyi hatálya alá tartozó veszélyes tevékenységekben jelen lévő veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek (súlyos baleset) környezetre gyakorolt hatásaival foglalkozunk. A logisztikai raktárbázisok védelmi képességeinek kialakítása, a környezet- és iparbiztonsági feltételek megteremtése – a szerzők véleménye szerint – jól tervezhető, és már a következmények felszámolására szolgáló felkészülési időszakban megvalósítható. Ehhez alapvetően ismerni kell a logisztikai raktárakban tárolt veszélyes anyagok és áruk tulajdonságait.⁵ A veszélyes tevékenységekben jelen lévő veszélyes anyagok kémiai és fizikai tulajdonságait a kémiai biztonsági szabályozás előírásai alapján készülő biztonsági adatlapok tartalmazzák.⁶ A hazai jogrendben a veszélyes anyagokkal kapcsolatos – az anyagok és keverékek osztályozásáról, címkézéséről és csomagolásáról szóló európai uniós szabályozásból átemelt – rendelkezéseket a kémiai biztonságról szóló 2000. évi XXV. törvény (Kbtv.) tartalmazza részletesen.

A szerzők jelen tanulmányukban a logisztikai raktárakban a külföldi és a hazai szakirodalom és jogi szabályozás áttekintő értékelése alapján vizsgálják a veszélyes anyagok környezeti elemekre gyakorolt hatásait. A legfontosabb kérdések között említhetjük a környezetre veszélyes mérgező égéstermékek hatásait. Hasonlóan aktuális tudományos problémát jelent a veszélyes anyagok jelenlétében végzett beavatkozások alkalmával felhasznált oltóhabok környezetszennyező hatása. Ugyancsak idetartozik a baleset-elhárítási tevékenységhez tervezett oltóvízszennyezés kérdése is, amelynek kiemelt tudományos eleme a súlyos balesetkor keletkező szennyezett oltóvíz mennyiségének számítása.

⁵ KÁTAI-URBÁN 2022.

⁶ NAGY 2023.

A logisztikai raktárakban tárolt veszélyes anyagok minőségi értékelése

A következőkben a szerzők a veszélyes anyag logisztikai raktárakban tárolt veszélyes anyagok környezeti jellemzőit és hatásait elemzik.

A veszélyes anyagok fogalmának értékelése

A logisztikai raktárakban tárolt veszélyes anyagok körét Magyarországon a Kbtv. tárgyi hatálya alá tartozó anyagok és keverékek alkotják. A környezeti veszélyek csoportjába a veszélyes anyag vagy keverék biztonsági adatlapjában megadott adatok szerint a „veszélyes a vízi környezetre” megnevezésű veszélyességi osztályba tartozó anyagokat sorolhatjuk azok akut vagy krónikus toxicitása alapján. A logisztikai raktárakban elsősorban a Kat. IV. fejezetének hatálya és az ENSZ Európai Gazdasági Bizottság által kidolgozott közúti veszélyesáru-szállítási szabályozás, az ADR hatálya alá tartozó veszélyes anyagokat és keverékeket találhatjuk meg. A Kat. IV. fejezetének hatálya alá eső veszélyes anyaggal foglalkozó üzemnek minősülő telephelyeken elsősorban a tűzveszélyes tulajdonságú veszélyes anyagok fordulnak elő jelentős mennyiségben.⁷

Meg kell állapítani, hogy a Kbtv. hatálya alá tartozó veszélyes anyagoknak és keverékeknek csak egy részére vonatkozik a veszélyes anyagok Kat. IV. fejezetében rögzített meghatározása. A Kat. 3. § 26. pontja szerinti definíció így szól: „veszélyes anyag: e törvény végrehajtását szolgáló kormányrendeletben meghatározott ismérveknek megfelelő anyag, keverék vagy készítmény, akár nyersanyag, termék, melléktermék, maradék, köztes termék, vagy hulladék formájában.” Számos, a Kbtv. hatálya alá tartozó veszélyes anyag, mint például a maró hatású savak és lúgok nem tartoznak a Kat. veszélyes anyag fogalmának alkalmazási körébe.

Ugyanez a megállapítás vonatkozik a veszélyesáru-szállítási alágazatok veszélyesáru-kategóriái közé sorolt veszélyes anyagokra is. A veszélyes áruk olyan anyagok és tárgyak, amelyek szállítását az ADR tiltja vagy a szabályzatban megadott biztonsági szabályokhoz köti.

A környezetre veszélyes mérgező égéstermékek hatásainak vizsgálata

A veszélyes anyagok nem csak a vízi környezetre jelenthetnek veszélyt. Kiemelt környezeti veszélyeztetettséget okozhat a veszélyes árun és a kereskedelmi célú raktárbázisok létesítményeiben jelen lévő veszélyes anyagokon kívül a tárolt veszélyes anyagnak nem minősülő termékek tüzeiből felszabaduló mérgező anyagok kérdésköre, amelyet a raktártüzek egyik fő, súlyos baleseti eseménysorozatnak kell kezelni.⁸ A szennyezett oltóvíz felfogásával foglalkozó német műszaki útmutató⁹ felhasználásával készült 1. táblázat bemutatja, hogy egyes szintetikus anyagokból milyen mérgező vagy környezetre veszélyes égéstermékek képződhetnek.

⁷ ÉRCES–VASS 2018.

⁸ KÁTAI–URBÁN 2023.

⁹ VdS 2557 2013.

1. táblázat: Szintetikus anyagokból keletkező mérgező és környezetre veszélyes anyagok

Szintetikus anyag (rövidítés)	CO, CO ₂ (mérgező/éghető)	HCl, HF (maró/mérgező)	HCN (mérgező/éghető)	PAH (mérgező/éghető)	PHDD/ PHDF (mérgező)	Nagyon kormozó
Polietilén	#					
Polipropilén	#					
Polisztirol	#			(#)		#
Polivinil-klorid	#	##		(#)	(#)	
Poliuretán	#		##	(#)		
Poliamid	#		##			
Polikarbonát	#					
Poli(tetrafluoretilén)	#	##				
Poli(oximetilén)	#					
Akrilnitril- butadién-sztirol	#		##			#
Polietilén- tereftalát	#			(#)		
Poli(metil-metakrilát)	#					
Fenol-formaldehid	#					
Telítetlen poliésztergyanta	#					
Szilikon	#					
Műgumi	#			(#)		#
Klórkaucsuk	#	##			(#)	

Forrás: Kátai-Urbán Maxim szerkesztése

Az 1. táblázatban a következő rövidítéseket alkalmaztuk:

- CO = szén-monoxid; CO₂ = szén-dioxid; HCl = sósav, hidrogén-klorid; HF = hidrogén-fluorid; HCN = cián-hidrogénsav, hidrogén-cianid; PAH = policiklusos aromás szénhidrogének; PCDD = poliklórozott dibenzodioxinok; PCDF = poliklórozott dibenzofuránok;
- (#) = kis mennyiségű veszélyes anyag képződése lehetséges;
- # = igencsak valószínű veszélyes anyagok képződése;
- ## = nagy mennyiségű veszélyes anyag képződése várható.

A táblázat adatainak elemzését követően megállapíthatjuk, hogy a természeti környezetre az egyik legnagyobb terhelést a műanyagok égése jelenti. Az égés során a veszélyes anyag összetételétől függően a vizsgált anyagokban jelen lévő arzén-, kén-, nitrogén-, klór-, fluor- és brómatomokból mérgező termékek keletkeznek. Ilyen anyag lehet például az arzén-oxid, a kén-dioxid, a nitrogén-dioxid, a sósav, a hidrogén-fluorid, a bróm és a hidrogén-bromid.

A szennyezett oltóvíz felfogásával foglalkozó német útmutató a mellékletében rögzíti, hogy a veszélyes anyagnak nem minősülő termelési és építőanyagokból milyen vízi környezetre veszélyes anyagok keletkezhetnek. Így például halogéneket, nitrogént, ként vagy más aromás összetevőket tartalmazó műanyagokból (például a PVC-ből, azaz polivinil-kloridból, poliamidból, polisztirolból) sósav, cián-hidrogénsav, hidrogén-szulfid, esetleg dioxin/furán szabadul fel.

A veszélyes anyagok környezetre gyakorolt hatásainak áttekintése

A logisztikai raktárakban tárolt veszélyes anyagok a környezetre akkor gyakorolhatnak hatást, ha üzemszabart követően a szabadba kerülnek. A veszélyes anyagok kibocsátásakor különböző veszélyes anyaggal kapcsolatos súlyos baleseti eseménysorok bekövetkezése prognosztizálható, amelyek a tüzek, a robbanások, a mérgező anyagok terjedésével vagy mérgező égéstermék kibocsátásával járhatnak.¹⁰

Az 1. ábra sematikusan bemutatja a veszélyesanyag-raktározás során a környezetbe jutó veszélyes anyagok jelenlétében bekövetkezett súlyos balesetek folyamatát. A veszélyes anyag a környezetbe kerülve végső soron levegő-, talaj és vízszennyezéshez vezethet. A megelőzési műszaki, irányítási és vezetési intézkedések segítségével e hatások kiküszöbölhetők és csökkenthetők. A logisztikai raktárban esetlegesen keletkező tűz következtében a veszélyes anyagok vagy veszélyes áru csomagolási egységei sérülhetnek, aminek következtében azok a szabadba kerülhetnek.

A tűz oltása során használt oltóvíz a szabadba kerülő veszélyes anyagokkal vagy veszélyes áruval keveredik.¹¹ Veszélyes anyaggal szennyezett oltóvíznek (a továbbiakban: szennyezett oltóvíz) tekintek minden olyan keletkező oltóvizet, amely a környezetbe jutva jelentős környezeti állapotromlást és anyagi kárt okoz. A szennyezett oltóvíz tulajdonságai alapján elsődlegesen egészségi, valamint környezeti veszélyeket hordozhat magában. Nem tekintem szennyezett oltóvíznek az olyan oltóvizet, amely bár tartalmaz veszélyes anyagot vagy veszélyes árut, azok mennyisége az oltóvíz mennyiségéhez képest elhanyagolhatónak mondható. Ebben az esetben a veszélyes anyag vagy veszélyes áru koncentrációja nagyon alacsony, ezért a természeti és mesterséges környezetben jelentős környezeti állapotromlást vagy kárt nem okoz.

Az oltóvíz mennyiségére vonatkozóan az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet (OTSZ), valamint a *Beépített tűzoltó berendezések tervezése, telepítése* című tűzvédelmi műszaki irányelv¹² tartalmaz előírásokat és ajánlásokat. Az oltóvíz mennyisége nagymértékben befolyásolja a szennyezett oltóvíz hatásait. Elméleti szempontból két tényezőre van kihatással: egyrészt a szennyezett oltóvízben a veszélyes anyag vagy veszélyes áru koncentrációjára, másrészt pedig a szabadba – védelmi záron kívüli – kibocsátás esetén a terjedési távolságra. Az elméletileg optimális mennyiségű oltóvíz használata akkor valósulhatna meg, ha a tüzet eloltják, a veszélyes anyag vagy veszélyes áru koncentrációja alacsony, valamint a keletkező szennyezett oltóvíz mennyisége minimális. Az oltóvízmennyiség tervezése alapvetően az oltáshoz szükséges idő, azaz a beépített tűzoltó berendezések üzemeltetési idejének figyelembevételével történik.

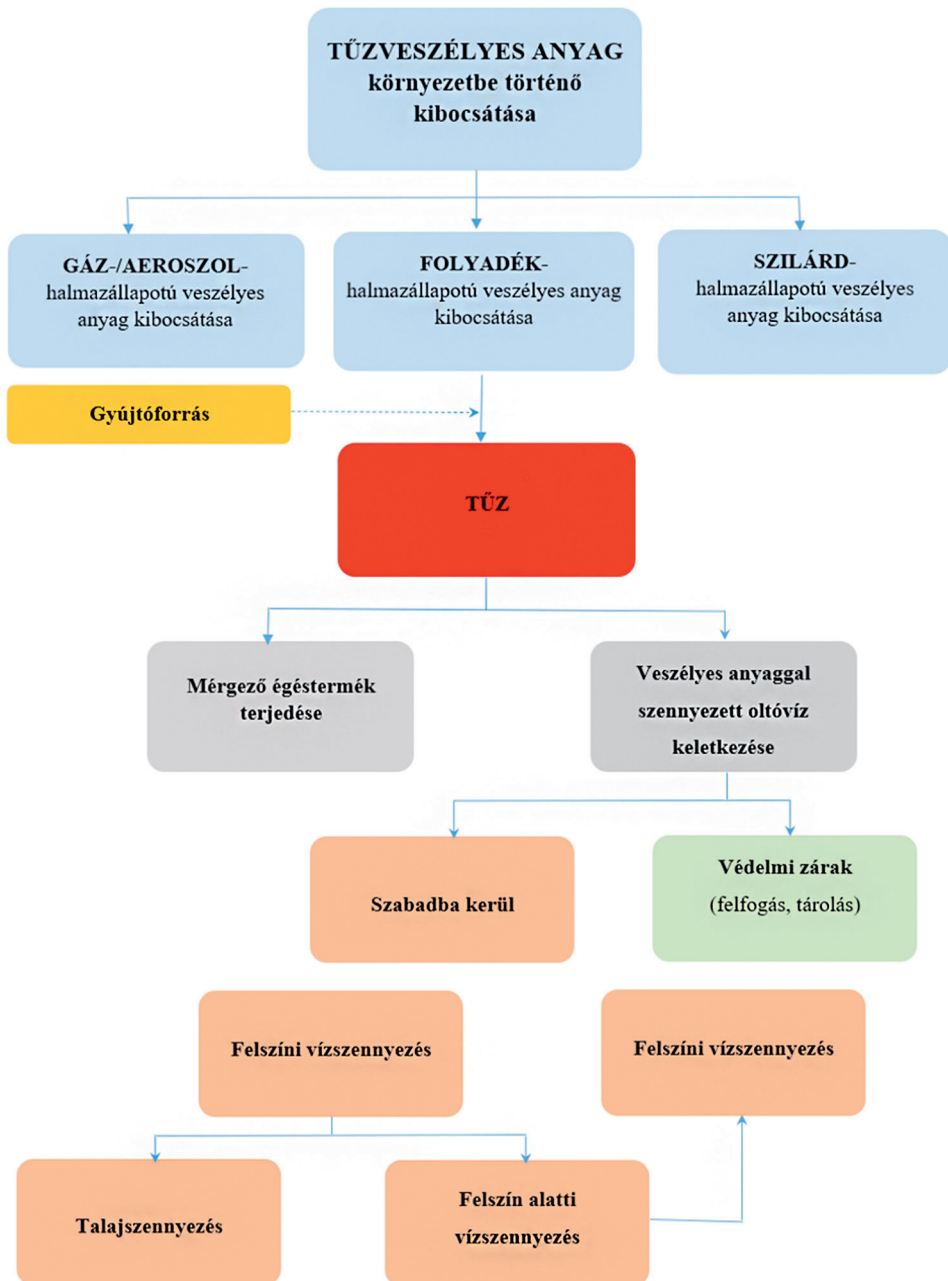
Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy a *Beépített tűzoltó berendezések tervezése, telepítése* című tűzvédelmi műszaki irányelv már tartalmaz az oltóvízfelfogásra vonatkozó előírásokat. Ilyen a 4.8.1.3.6 sorszámú rendelkezés, amely szerint „[m]eg kell fontolni az oltóvíz és az esetlegesen azzal keveredő, oldódó, vegyülő egyéb anyagok elvezetését, időleges

¹⁰ Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment 1997.

¹¹ UN ECE 2019.

¹² Tűzvédelmi Műszaki Irányelv 2020.

tárolását és kezelését”. A gyakorlati tapasztalatok szerint ugyanakkor a tervezésnél nagyobb mennyiségű oltóvizet szoktak felhasználni.



1. ábra: A környezetbe kikerülő veszélyes anyagok környezetszennyező hatásai

Forrás: Kátai-Urbán Maxim szerkesztése

Az oltóhab környezetkárosító hatásának bemutatása

A szerzők véleménye szerint a jelentős tüzesetek során keletkező szennyezett oltóvíz fel-fogása és kezelése mellett ki kell emelni a habképző anyagok környezetterhelő hatásait is. Nemzetközi¹³ és hazai¹⁴ tanulmányokból megismerhető, hogy a tűzveszélyes anyagok, különösen a szénhidrogének oltása – a PFOS- és PFAS-összetevőket tartalmazó habképző anyagok környezetszennyező volta miatt – összetett és megoldandó tudományos problémát jelent. A vizsgált témában keletkezett nemzetközi szakirodalom viszonylag széles körben elemzi a tudományos probléma megoldási lehetőségeit. Szakmai információt találhatunk a *PFAS Central* nevű honlapon,¹⁵ ahol a kapcsolódó európai uniós szabályozás kidolgozásával kapcsolatos ütemtervet¹⁶ is megtalálhatjuk. A 2020/784 európai bizottsági rendelet többek között a folyékony tüzelőanyagok tüzeinek az oltására 2025. július 4-ig engedélyezi az érintett vegyületek tűzoltási célra való felhasználását.¹⁷

A PFOS- és PFAS-összetevőket tartalmazó habképző anyag önmagában – a veszélyes anyag vagy áru nélkül – veszélyes a környezetre, mivel a toxikológiai vizsgálatok alapján rákkeltő hatása. A per- és polifluorozott alkil vegyületek határértékére az Európai Unió 2008-ban módosított szabályozása a 2006/60/EK Vízketirányelv a felszíni vizekre 0,00065 µg/l koncentrációt határoz meg. Az ivóvízre vonatkozó határérték kidolgozása folyamatban van, a szakmai javaslat szerint az összes PFA-vegyületre 0,50 µg/l, illetve a PFA-vegyületek összegére 0,10 µg/l koncentrációérték alkalmazandó. Tekintettel arra, hogy az oltóhab használata raktártűz esetén megelőző jellegű, külön az oltóhabok környezetre gyakorolt hatásaival nem foglalkozom, mivel nem tekintem veszélyes anyaggal szennyezett oltóvíznek. Ugyanakkor a veszélyes anyaggal szennyezett oltóvíz kezelésére adott megoldási javaslataink általános jelleggel alkalmazhatók az oltóhabok esetében is.

A habképző anyagok környezetszennyező hatása a jelen tanulmányban általunk vizsgált „veszélyes anyagok és áruk tárolásának” részterülete mellett valamennyi veszélyes anyaggal foglalkozó létesítményt vagy szállítási tevékenységet érinthet. A habképző anyagok PFOS-tartalma esetenként jelentősebb és hosszabb időtartamra kiterjedő környezeti kárt okozhat a felszíni és a felszín alatti vízkészletben, ilyenek például a mérgező égéstermékek környezeti hatásai. Ez egyúttal azt is jelenti, hogy az ilyen környezetkárosítások megelőzése más prevenciós és védekezési stratégiát, eljárásokat és módszereket igényel, mint más súlyos baleseti környezeti károk elkerülése. Meglátásom szerint a veszélyes anyag jelenlétében történő tűzoltásban a habképző anyagok „*minőségi zöldítése*”, a környezettudatos habanyag kiválasztása, továbbá a minimalizált és felügyelt felhasználás az egyik leghatásosabb környezetterhelés-csökkentő módszer lehet.

¹³ ALLCORN et al. 2018.

¹⁴ PIMPER 2016.

¹⁵ Lásd: <https://pfascentral.org/about/>

¹⁶ European Commission 2022.

¹⁷ SINKÓ 2020.

A környezetszennyező hatású oltóanyagkészletek felszámolásának, a fluormentes habanyagok bevezetésének kérdésköre szintén fontos határidőkhöz kötött jogi szabályozás kidolgozását is érintő nemzetközi törekvéseken nyugvó kutatásokat eredményezhet.

Összefoglalva megállapítható, hogy a habképző anyagokkal kapcsolatos környezetvédelmi hatások szakirodalmi viszonylag széles körű, azonban jelen kutatás témáját ez a jelentősnek mondható környezetbiztonsági probléma meghaladja, és önálló kutatási feladatot ad a szakterület kutatóinak.

Az oltóvízmennyiség számításához használt nemzetközi eljárások vizsgálata

A következőkben a szerzők az oltóvízmennyiség megállapítására nemzetközileg alkalmazott eljárásokat vizsgálják meg.

Az üzemeltetői gyakorlati tapasztalatokra épülő eljárások

A nemzetközi gyakorlatban elfogadott Sandos and Ciba (S&C) eljárás a tárolt veszélyes anyag tonnánkénti mennyiségéhez 3–5 m³ oltóvizet rendel a tűzveszélyes anyag mennyiségétől, veszélyességi osztályától és a tűz időtartamától függően.¹⁸

Az ún. Buncefield eljárást szintén külföldi üzemeltetői környezetben, az üzemanyag-bázis-telepek esetében alkalmazzák, amikor 1 tonna tárolt anyaghoz 1–3 m³ oltóvízzel számolnak.¹⁹ A számítási módszer elnevezését a 2005-ben az Egyesült Királyságban a buncefieldi üzemanyag-bázistelepen bekövetkezett jelentős környezeti katasztrófa adta.

Az Imperial Chemical Industries (ICI) eljárást az adott gazdálkodó szervezet belső használatára dolgozták ki a vegyi üzemből keletkező tüzek jellemzésére. Ez különböző veszélyeztetettségű létesítmények tüzeihez eltérő oltóvízmennyiséget rendel a következő táblázatban²⁰ megadott módon.

2. táblázat: Oltóvízszükséglet az ipari létesítmény veszélyeztetése alapján

Sz.	Az ipari létesítmény által okozott veszélyeztetés mértéke	Oltóvízszükséglet köbméterben 4 órára számolva
1.	Nagyon súlyos	1620–3240
2.	Közepesen súlyos	1080–1620
3.	Alacsony	540–1080

Forrás: Kátai-Urbán Maxim szerkesztése

¹⁸ International Organization for Standardization 2012.

¹⁹ Energy Institute 2023.

²⁰ IChemE 1998.

Azok az ipari telephelyek tartoznak a nagyon súlyosan veszélyeztetett csoportba, ahol 500 tonnánál több tűzveszélyes anyagot tárolnak lobbanáspont felett, vagy 50 tonnánál több PB-gázt tárolnak forráspont és 50 bar felett, vagy 100 tonnánál több szilárd öngyulladó anyagot tárolnak. Az alacsony veszélyeztetettségi érték esetében a fenti mennyiségek sorrendben 5 tonna, 100 kg és 1 bar, 5 tonna. A két érték között helyezkedik el a közepes kategória.

A hőterhelés számítására épülő eljárás

A hőterhelésre épülő eljárás esetében először az összes hőterhelést számítják ki, amely a mobil (termékek, tárolt anyagok, berendezések) Q_m hőterhelésnek és a nem mobil (épület, burkolat stb.) hőterhelésnek Q_{im} az összege.²¹

$$Q_{total} [GJ] = Q_m [GJ] + Q_{im} [GJ] \quad (1)$$

Az oltóvíz szükséges mennyiségének megállapításához a hőterhelés összegét Q_{total} el kell osztani $2,6 \text{ GJ/m}^3$ értékkel, amely a víz hűtőtéljesítménye. A publikációban megadott tudományos vizsgálatok szerint az oltóvíznek csak a fele jut el az égett anyaghoz párolgás miatt. Ezért a szükséges számított mennyiségű oltóvíz kétszeresére van szükség. A modell egyenletét az alábbiakban részletezem.

$$R [m^3] = Q_{total} [GJ] / 2,6 [GJ/m^3] \quad (2)$$

Nemzetközileg alkalmazott útmutatókban előírt eljárások

A Német Szövetségi Köztársaság Hessen tartományában használt eljárást 312 tüzeset empirikus adatai alapján dolgozták ki. Ott a következő egyenletek szerint számolnak:

600 m^2 -t el nem érő tűzfelület esetében:

$$R [m^3] = \text{tűz felülete} (m^2) \times 0,135 \quad (3)$$

600 m^2 -t elérő tűzfelület esetében:

$$R [m^3] = \text{tűz felülete} (m^2) \times 0,18 \quad (4)$$

A svájci oltóvízszámítási útmutatót²² a 23 svájci önkormányzat hatóságai alkalmazzák. Az oltóvíz mennyisége a védelmi intézkedésektől, a tárolórendszerrel, a veszélyes anyagok tűzkockázatától és a tűzszakasz méretétől függ. Az alábbi egyenlet szerint számítják az oltóvíz mennyiségét:

$$R [m^3] = \text{elméleti térfogat} [m^3] \times \text{tárolási tényező}, \quad (5)$$

ahol az elméleti térfogatot empirikus adatok alapján, táblázatból lehet megkapni, míg a tárolási tényező függ a veszélyes anyag tömegének és a tárolóterület hányadosától, amely lehet 0,5; 0,8; 1,0 vagy 1,2.

²¹ IChemE 2012.

²² Kanton St. Gallen Amt für Umwelt 2017.

A VdS 2557 számú német útmutató eljárása alapján kidolgozott komplex formula több, főként empirikus úton, ipari tapasztalatok és tudományos megfigyelések útján meghatározott tényezőt vesz figyelembe. Az eljárás alapjául szolgálnak a következő jellemzők: a tűzveszélyes anyag mennyiségi és minőségi adatai, a jelzőrendszer rendelkezésre állása, a legnagyobb tűzszakasz mérete, a létesítményi tűzoltóság típusa és a tűzvédelmi infrastruktúra.

A tanulmány korábbi részében már említett ENSZ EGB-útmutató az oltóvíz mennyiségének számításához a következő képletet javasolja használni:

$$V = \{(A * SWL * BAF * BBF) + M\} / BSF \quad (6)$$

$V [m^3]$: az oltóvízhez számított felfogott mennyisége,

$A [m^2]$: tényleges tűzszakasz terület,

$SWL [m^3 / m^2]$: fajlagos vízkidás,

BAF : tűzszakaszterületi tényező (mértékegység nélkül),

BBF : tűzterhelési tényező (mértékegység nélkül),

$M [m^3]$: az összes gyártási, üzemelési és tárolt folyadék mennyisége WKG-besorolással vagy anélkül az érintett tűzszakaszban,

BSF : tűzvédelmi tényező (mértékegység nélkül).

A képletben szereplő tényezők értékeit az útmutató táblázataiban található adatok alapján lehet kiválasztani. Az interneten hozzáférhető számító tábla segítséget nyújt a felhasználóknak.

Az ENSZ Európai Gazdasági Bizottságának ajánlása

A tanulmány korábbi részében már említett ENSZ EGB-útmutató szintén foglalkozik az oltóvíz mennyiségének megállapításával. Az ENSZ EGB szakértői munkacsoportja (Joint Expert Group, JEG) által kidolgozott úgynevezett JEG-eljárás alapján a védett terület legnagyobb tűzszakaszának minden négyzetméterére egy köbméter felfogó medence térfogatának megállapításához szükséges oltóvízmennyiséget számol.

$$R [m^3] = A_f [m^2] \quad (7),$$

ahol: A_f – a legnagyobb tűzszakasz területe $[m^2]$.

A számított oltóvízmennyiség a fenti mennyiség 10%-ára csökkenthető, amennyiben a létesítmény területén beépített automatikus tűzoltó berendezést alkalmaznak. Ezt nevezzük csökkentett JEG számítási eljárásnak.

$$R [m^3] = 0,1 \times A_f [m^2] \quad (8),$$

ahol: A_f – a legnagyobb tűzszakasz területe $[m^2]$.

Befejezés

A kutatásunk alapján az alábbi fontosabb következtetések vonhatóak le:

1. A veszélyes anyaggal foglalkozó gazdálkodó szervezetek telephelyein (raktáraiban) a tárolási tevékenység a jelen lévő veszélyes anyag mennyiségi és minőségi tulajdonságai, illetve a tevékenység jellege alapján vizsgálható.

2. Külön iparbiztonsági és környezetbiztonsági kutatási problémát jelent a környezetre veszélyes fluortartalmú összetevőket is tartalmazó habképző anyagok kiváltása úgynevezett „zöld habképző anyagokkal”, amelyek vonatkozásában számos tűzoltási, gazdaságossági és műszaki kérdést lehet meghatározni.
3. A szennyezett oltóvíz mennyiségének számítási műszaki eljárása tekintetében megállapítható, hogy az ENSZ EGB-útmutatóban részletezett módszertanok közül a német és a svájci útmutatókban használtak egyértelműen felhasználásra javasoltak a pontos számítások elkészítésére. Az eljárások közül a svájci útmutatóban szereplő módszer ajánlható hazai adaptálásra, annak kevésbé szofisztikált eljárása miatt. Véleményünk szerint az ENSZ EGB JEG-modellje – annak egyszerűsége miatt – alkalmas lehet a már üzemelő logisztikai raktárak esetében való felhasználásra.
4. A veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek megelőzése a védelemben részt vevő nagyszámú szervezet együttműködését igényli, hiszen „ehhez folyamatos és időszzerű információcsere, valamint a feladatok időbeni és térbeli szinkronizálása szükséges, hogy elkerülhető legyen a partnerek párhuzamos (és ezáltal felesleges) munkája”.²³
5. A hazai iparbiztonsági felsőoktatásban, valamint a hagyományos iparbiztonsági tevékenységi területeken képzést kell biztosítani az ipari környezetszennyezés megelőzése érdekében.²⁴ Eredményeimet ajánlom továbbá oktatási segédletként való felhasználásra a katasztrófavédelmi felsőoktatásban.

Irodalomjegyzék

- ALLCORN, M. et al. (2018): *Fluorine-free Firefighting Foams (3F). Viable Alternatives to Fluorinated Aqueous Film-Forming Foams (AFFF)* Online: https://ipen.org/sites/default/files/documents/IPEN_F3_Position_Paper_POPRC-14_12September2018d.pdf
- BEREK Tamás – FÖLDI László – PADÁNYI József (2020): The Structure and Main Elements of Disaster Management System of the Hungarian Defence Forces, with Special Regard to the Development of International Cooperation. *AARMS*, 19(1), 17–26. Online: <https://doi.org/10.32565/aarms.2020.1.2>
- CIMER Zsolt – SZAKÁL Béla (2015): Control of Major-Accidents Involving Dangerous Substances Relating to Combined Terminals. *Science for Population Protection*, 7(1), 1–11. Online: www.population-protection.eu/prilohy/casopis/eng/21/98.pdf
- Energy Institute (2023): *Model Code of Safe Practice Part 19: Fire Precautions at Petroleum Refineries and Bulk Storage Installations*. Online: <https://publishing.energyinst.org/topics/process-safety/risk-assessment/model-code-of-safe-practice-part-19-fire-precautions-at-petroleum-refineries-and-bulk-storage-installations>
- ÉRCES Gergő – VASS Gyula (2018): Veszélyes ipari üzemek tűzvédelme, ipari üzemek fenntartható tűzbiztonságának fejlesztési lehetőségei a komplex tűzvédelem tekintetében. *Műszaki Katonai Közlöny*, 28(4), 2–22. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/1489/808>
- European Commission (2022): *Commission Staff Working Document Restrictions Roadmap Under the Chemicals Strategy for Sustainability*. Online: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/49734>

²³ BEREC–FÖLDI–PADÁNYI 2020.

²⁴ VASS 2017.

- ICHEMÉ. (1998): *A Methodology for Assessing and Minimising the Risks Associated With Firewater Run-off on Older Manufacturing Plants*. In *Advancing Chemical Engineering Worldwide*, IChemE, Symposium Series No. 144. Dublin. Online: <https://icheme.myshopify.com/products/hazards-xiv-cost-effective-safety-symposium-series-144>
- ICHEMÉ. (2012): *Fire Water Retention – Latest Guidance for Appropriate Design* Online: www.pmgroupp-global.com/news/un-firewater-retention-gu/Paper-37.pdf
- International Organization for Standardization (2012). *Environmental Damage Limitation From Fire-Fighting Water Run-off*. ISO/TR 26368. Online: www.iso.org/standard/43530.html
- Kanton St. Gallen Amt für Umwelt (2017): *Beurteilungshilfe zur Löschwasser-Rückhaltung*. Online: www.zh.ch/content/dam/zhweb/bilder-dokumente/themen/umwelt-tiere/umweltschutz/betrieblicher-umweltschutz/fachbereiche/leitfaden_loeschwasserrueckhaltung
- KÁTAI-URBÁN Maxim (2022): Examination of the Firewater Pollution Prevention Regulation in Hungary. *Hadmérnök*, 17(1), 57–66. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2022.1.4>
- KÁTAI-URBÁN Maxim (2023): Veszélyes anyagok és áruk tárolásának biztonsága, különös tekintettel a baleseti vízszennyezésre. *Hadmérnök*, 18(1), 29–41. Online: <https://doi.org/10.32567/hm.2023.1.3>
- Ministry for Housing, Spatial Planning and the Environment (1997): *Guidelines for Quantitative Risk Assessment – CPR 18E*. The Hague: VROM, PGS. Online: <https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS3/PGS3-1999-v0.1-quantitative-risk-assessment.pdf>
- NAGY Rudolf (2023): A munkahelyi kémiai ártalmak és az iparbiztonság. *Polgári Védelmi Szemle*, 15(19), 261–279.
- PIMPER László (2016): *A mobil tartálytűzoltás taktikáinak és alkalmazott technikai eszközeinek fejlesztése*. Budapest: NKE. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/12364>
- SÁROSI György (2006): *Veszélyes áru raktárlogisztika – korszerű követelmények*. Budapest: Complex.
- SINKÓ László (2020): Zöld tűzoltó habképző anyagok – új előírások a PFOS-t és PFOA-t tartalmazó tűzoltó habképző anyagokról. *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 27(6), 19–20.
- SZAKÁL Béla – CIMER Zsolt (2014): Major Disaster Recovery Plans. *The Science for Population Protection*, 6(1), 1–7. Online: <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=7bb-da78dfdeea7e4b0d8c419c22053bc2ac90bfe>
- UN Economic Commission for Europe (2019): *Safety Guidelines and Good Practices for the Management and Retention of Firefighting Water*. Geneva: United Nations. Online: www.unece.org/fileadmin/DAM/env/documents/2019/TEIA/Publication/1914406E_web_high_res.pdf
- VASS Gyula (2017): Industrial Safety Training in Disaster Management Higher Education in Hungary. *Pozhary i Chrezvychnyie Situacii: Predotvrashenie Likvidacia*, 8(2), 80–84. Online: <https://doi.org/10.25257/FE.2017.2.80-84>
- VdS 2557. *Planning and Installation of Facilities for Retention of Extinguishing Water* (2013). Online: <https://shop.vds.de/publikation/vds-2557en>

Jogi források

2000. évi XXV. törvény a kémiai biztonságról
2011. évi CXXVIII. törvény a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
- 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról
- A Bizottság (EE) 2020/784 Felhatalmazáson Alapuló Rendelete (2020. április 8.) az (EU) 2019/1021 európai parlamenti és tanácsi rendelet I. mellékletének a perfluor-oktánsav (PFOA), a PFOA sói és a PFOA-rokon vegyületek felvétele tekintetében történő módosításáról
- Agreement concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road ADR

Az Európai Parlament és a Tanács 2000/60/EK irányelve (2000. október 23.) a vízpolitika terén a közösségi fellépés kereteinek meghatározásáról

UN Economic Commission for Europe. Convention on Transboundary Effects of Industrial Accidents, done at Helsinki, on 17 March 1992

Péter Tóth¹ 

Investigation of the Spatial Changes in Overbank Floodplains and Sedimentations on the Study Site of the Middle Tisza

River systems and their floodplains can be studied and evaluated according to different aspects. The natural processes of the Tisza were mostly influenced by the river training and levee construction works named after Vásárhelyi, as well as the main channel regulation works. After the construction of the embankments, the fluvial formation of the natural floodplains ceased, as these processes limited it to areas of the floodplain along the main channel. Another consequence of the river regulations is that the river is forced to deposit the sediment transported during the floods in this narrow floodplain causing increased filling up, so the role of floodplains in flood conveyance has increasingly been reduced. In this study, the author aimed to investigate the bed changes that occurred as a result of the river regulation works, as well as the sediment accumulation in the flood plain, focusing on a typical section of the Middle Tisza.

Keywords: Tisza, geomorphology, sedimentation, digital elevation model, floodplain

Introduction

At the turn of the millennium, the Tisza River repeatedly showed that significant changes had occurred in the flow conditions. The previous record water levels in the most important water gauge sections of the river have fallen successively, which drew the attention of the country's leadership to the flood protection problems of the Tisza Valley. Looking for the causes, the process can be partly explained by changes in land use in the catchment area, or by the effects of climate change. The floods, which start from heavy, suddenly heavy rains, arrive at the domestic river section with a high concentration of sediment, where compared to the slope conditions of the foreign river bed, the speed of the flow slows down, so the transported sediment² builds up the bed and narrowed floodplains due to the surrounding,

¹ PhD student, University of Public Service, Doctoral School of Military Engineering, e-mail: toth.peter@kotivizig.hu

² STELCZER 1973.

anthropogenic effects. Regarding the floodplains, the situation was further worsened by the fact that they were not adequately managed and maintained from a water point of view, so impenetrable "living walls" were created in places, decreasing their water conveyance capacity. Consequently, the flood of the river is sometimes forced to flow down a section of a floodplain with extremely poor hydraulic conditions, so it overcomes the loss of kinetic energy by increasing its potential energy, which results in a further increase in peak water levels.

Literature review

The rate and tendency of the Tisza river bed changes have been examined more seriously since the major river regulation works, since the middle of the 19th century in most published literature, since the bed development in the cut sections of the river bed was the most intensive in this period due to the increased slope conditions. According to Jenő Kvassay's³ study, as a result of the regulation works that took place in the middle of the 19th century, there were significant changes in the levels and duration of high and low waters. In case of large waters, an increase of 147 cm was observed in Szolnok between the years 1830 and 1895, while in case of low flow conditions, the water levels dropped by 100 cm, which was attributed to the higher energy of the river.

Additionally, he numerically confirmed that due to the increased slope of the main channel, the durability of the flood waves significantly decreased on the section between Vásárosnamény and Szeged, the period for the flood wave decreased from 52 days to 6–10.

Fekete⁴ analysed the cross-sections of the main channel based on three bed surveys taken at different times. According to his findings, the average depth of the bed in the Polgár–Szolnok river section increased by about 0.8 m during this period, while the section area expanded by an average of 140 m².

Károlyi⁵ was one of the first to give a numerical estimate of the filling up of the floodplains along the Tisza, but according to him, this has no significant effect on the rise of floods. Since that time, research by other authors has proven that the effect of reducing the wetted cross-section (A_w)⁶ of sediment deposition has a significant effect on flood levels.⁷

In Hungary, sediment accumulation came to the forefront of research within the water sector after the record floods of the turn of the millennium, 1998–2000. The research was aimed at discovering the deposition processes that took place during a flood or during the period since the regulation works, using various measurement methods. In the early phase of the research, the level of filling up was determined by comparing the height data of the

³ KVASSAY 1902: 8–27.

⁴ FEKETE 1911: 141–152.

⁵ KÁROLYI 1960.

⁶ Aw: Wetted Area – author's note.

⁷ GROSS 2003: 115–121.

VO⁸ profiles, and later with more serious sedimentological and chemical analysis as well as pollen analytical tests.

In his study, Dombrádi⁹ analysed the water level and water flow data series of the Szolnok section and also pointed to the phenomenon of changes in the riverbed, which can be detected mainly in the high water regime. In recent decades, the large-scale development of geo-informatics systems has made it possible to estimate the level of accumulations by comparing digital terrain models.¹⁰

Short description of the study area

A typical section of the Middle Tisza (Szolnok and its surroundings) was delineated as the study area of the following research. Based on the results of several previous studies and publications, it can be stated that the geomorphological and accumulation processes in this section of the Tisza have a significant (typically negative) influence on the discharge of the floods. A part of the Middle Tisza between 345 and 325 fluvial kilometres was selected as the study area. The section considered is problematic as it affects the city of Szolnok and its surroundings, where it has been proven that serious problems are caused by the filling up of floodplains and the accumulation of sediment. In their study, Nagy¹¹ and his colleagues pointed out that the conveyance capacity of the river and its floodplain had significantly deteriorated, which was derived from the analysis of the loops of rating curves compiled from the series discharge measurements during floods.

We can divide the river section into a narrowing and widening section and there are three oxbow lakes in the examined section. These are the Holt-Tisza of Alcsi, the Holt-Tisza of Feketeváros and the Holt-Tisza of Szajol (see Figure 1 below). These oxbow lakes were created as a result of the regulation works of the Tisza through the cut offs carried out between the 1840s and 1850s.

The section is characterised by a relatively small water surface slope (2–3 cm/km). There is a gauging station at Szolnok (334.6 fluvial km) and water flow measurements are also regular here. In the section, the velocity of water 0.2–0.4 m/s at low water conditions, 0.5–0.8 m/s at mean flow conditions, and around 1.4–1.5 m/s may occur in the event of a flood. The hydrological regime around 13.0 meters (LKV:¹² –291cm; LNV:¹³ 1041cm). The minimum discharge detected so far is 68 m³/s, while the maximum reached 2,640 m³/s, i.e. the difference between the discharges is almost 40x.

⁸ Reference section designated by the Hydrographic Department – author's note.

⁹ DOMBRÁDI 2004: 57–62.

¹⁰ GÁBRIS et al. 2008: 65–71.

¹¹ NAGY et al. 2001: 539–564.

¹² LKV: lowest water level detected so far.

¹³ LNV: highest water level detected so far.

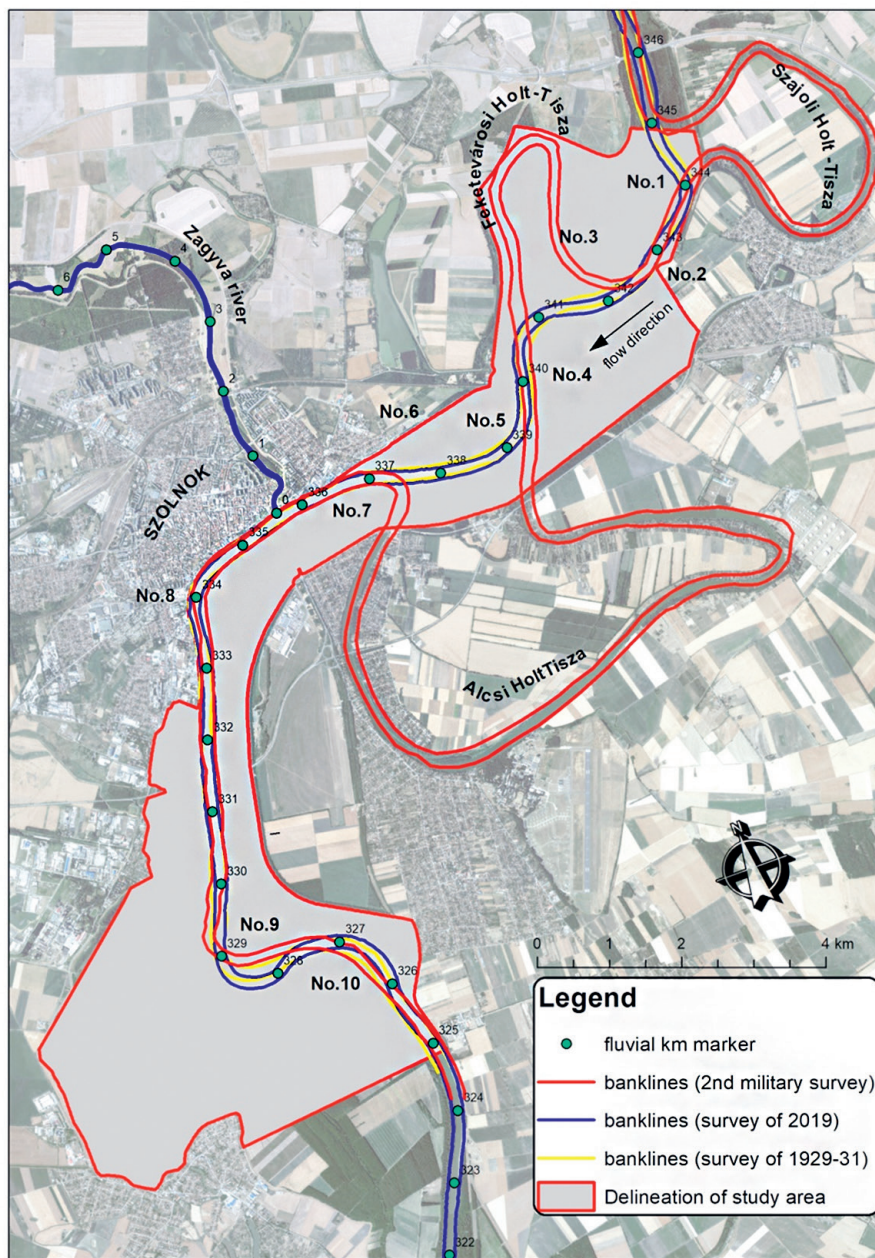


Figure 1: Presentation of the examined study area (between 345.0 and 325.0 fluvial km)

Source: Compiled by the author.

Material and methods

For the investigation, I have used the hydrological surveys of the Tisza, which are based on field measurements and were made according to uniform principles, so the parameters of the bed and floodplain could be determined more precisely. Since the regulations of the 19th century, such maps have been produced 6 times, for the current work the basic information for the calculation was based on the 1929–1931 survey and the recent aerial photographs and terrain models of 2019. This nearly 100-year period is long enough for the investigation of main channel migration and morphological processes¹⁴ taking place in the section. The banklines, centrelines and inflexions have been digitised in GIS environment for the whole section under study.

With the help of the completed digital files, the following bend parameters (Figure 2) were determined for the section:

- section length: the total length of the centre line
- main channel width: the distance between the banks
- arc length (L): distance between two inflexion points measured along the centre line
- chord length (H): the distance between two adjacent inflexions
- amplitude (A): the greatest perpendicular distance between the chord and the arc
- the radius of curvature (R): the radius of the largest circle that can fit into the curve
- sinuosity index: parameter based on the coefficient between the length of the riverbed and the shortest distance between its beginning and end of studied river reach¹⁵

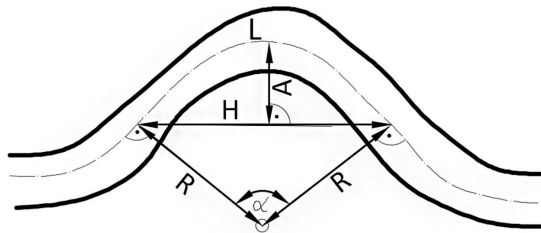


Figure 2: Interpretation of parameters of bends

Source: Compiled by the author based on ZORKÓCZY–KÁROLYI 1985.

In the section, I distinguished between curves and meanders with free development and those influenced/regulated by anthropogenic effects/activity. The total length of the section today is 18,221 m, of which the length of the sections stabilised by stone scattering (on one of the banks) is a total of 8,617 m, which represents a ratio of about 47%. These embankments and stone works were built in the period from 1930 to 1960 to stabilise the bends.

¹⁴ FIALA–KISS 2006.

¹⁵ HORACIO 2014.

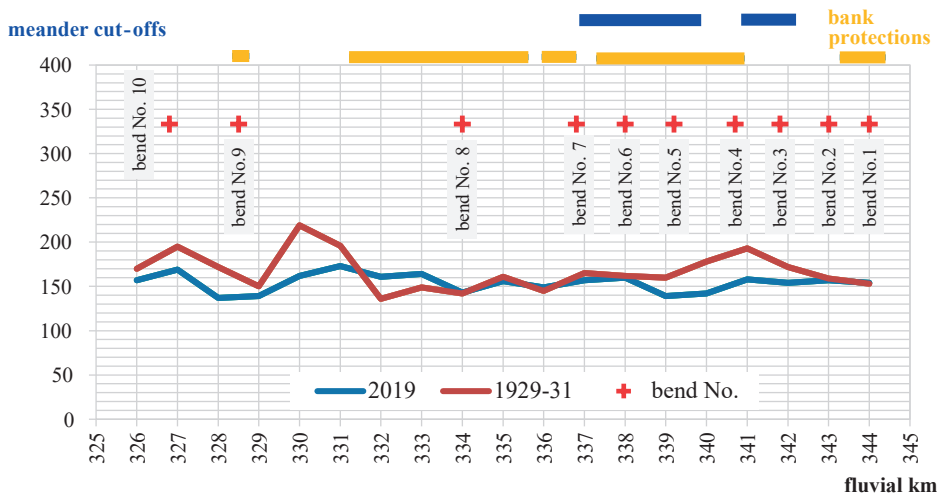


Figure 3: Development of the latitudinal conditions of the examined river section

Source: Compiled by the author.

Between the two examined periods (1929–1931 and 2019), the width of the main channel decreased by an average of 7–8% (0.14 cm/year), the more detailed time course of this can be determined by analysing the additional recordings related to the test phase (Figure 3) (by evaluating additional mapping and surveys). The decrease in width is related to the fact that, as a result of the bank protections built between the two surveys, the point bar shifted towards the centre line. A good example of this is the case of bend No. 4 (which is located north of Szolnok), where the outer bank of the bend was stabilised with a stone surfacing, but the inner bank was able to develop further. Furthermore, this bend started to develop after the crossing of the Holt-Tisza in Feketeváros, before that there were no bends on the river here.

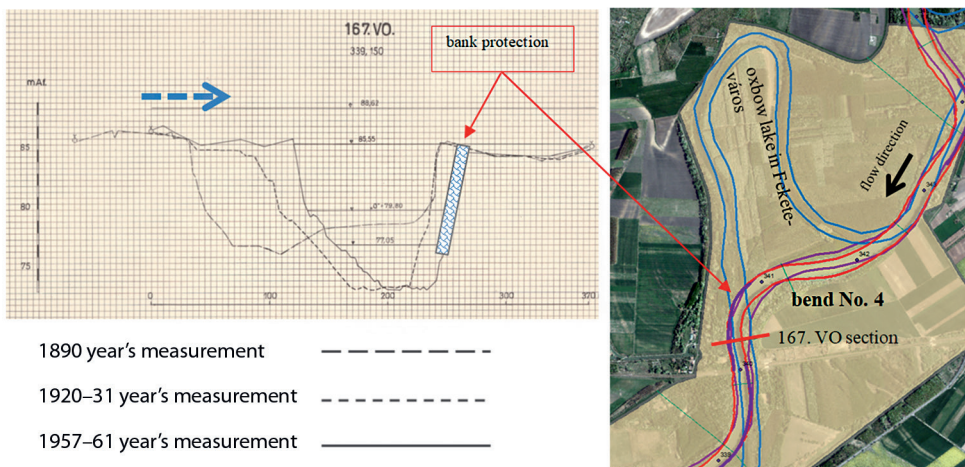
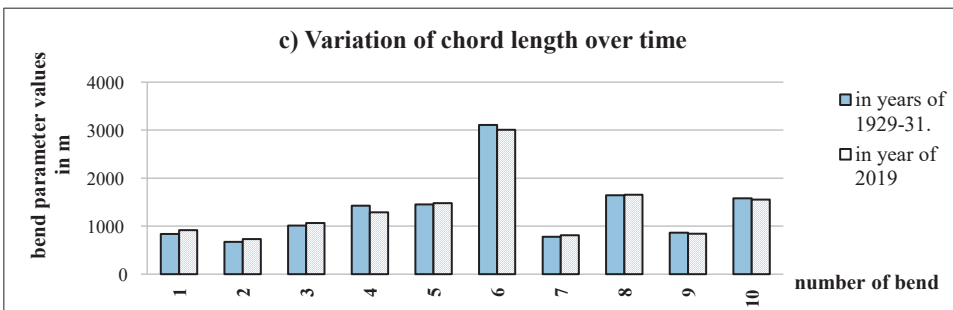
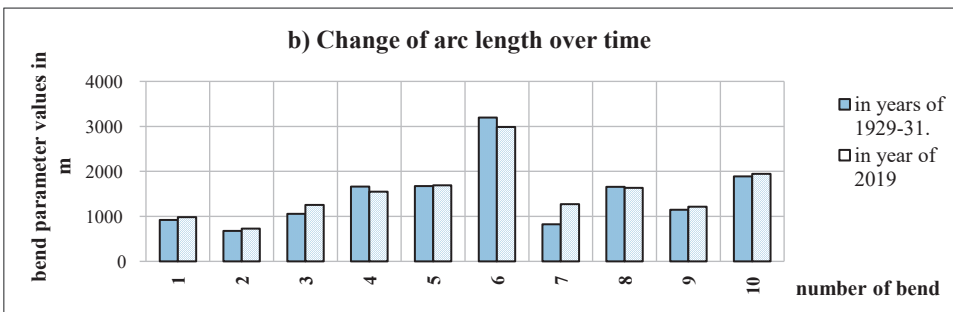
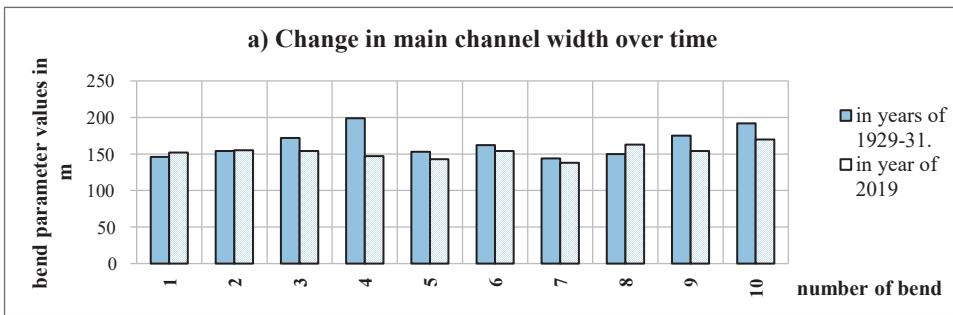


Figure 4: Horizontal development of the meander concerned by the bank protection (comparison of previous surveys)

Source: Compiled by the author based on STELCZER 1973.

In Figure 4, I have depicted the development of the above-mentioned bend No. 4, on which the changes between 1890 and the periods 1929–1931 and 1957–1961 can be traced. The bend was created by connecting the Feketevárosi Holt-Tisza, apparently between the surveys of 1890 and 1929 it developed significantly as a result of the new bend created, the left bank shifted almost 80–90 m towards the right bank (nearly 2.0 m/year rate). The position of the right bank did not change significantly, as the river deepened its bed and in the following period the bank on the right began to be demolished as well. After that, the necessary bank protection works were carried out, as a result of which the rate of river bed development slowed down significantly, the left bank migrated 30–40 metres, while the right bank moved 10–20 metres until the 1957–1961 survey.

I have presented the changes that occurred between the test periods of the individual curves in the series (a–e) of Figure 5.



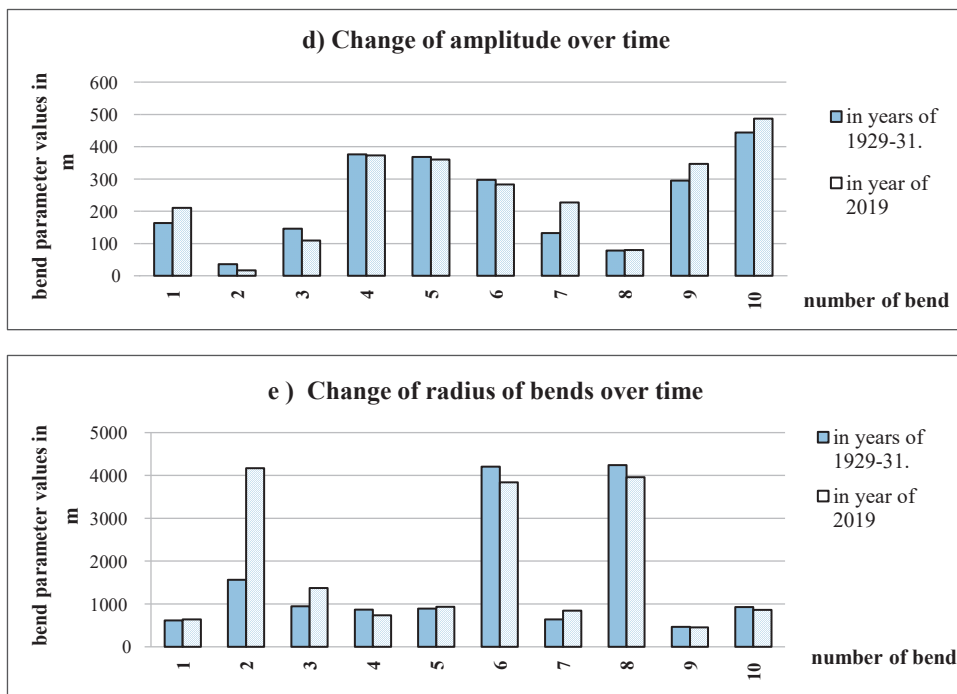


Figure 5: Evolution of cornering parameters between the two test periods
 Source: Compiled by the author.

Regarding the length of the river section, the length of the centre line increased by 1.3% in proportion to the development of the bends, the average value of the amplitude and the radius of the bend (2.76 m/year) and the development of the bend also showed an increase of nearly 10–15% during this period. The summary diagram of the horizontal turning parameters is shown in Figure 6. The numerical data shown here are to be interpreted as the average value of the given parameter per bend, of course more marked changes than these values can be detected at certain bends.

As an excellent example of this, I have analysed the changes to the last bend number 10, which was not equipped with bank protection, so it can continue to develop without anthropogenic influence. Figure 7 shows the parameters of the No. 10 freely developing bend. The development of the bend is clearly shown by the data presented below, and the retreating of the bank reached 70–80 metres over nearly 100 years.

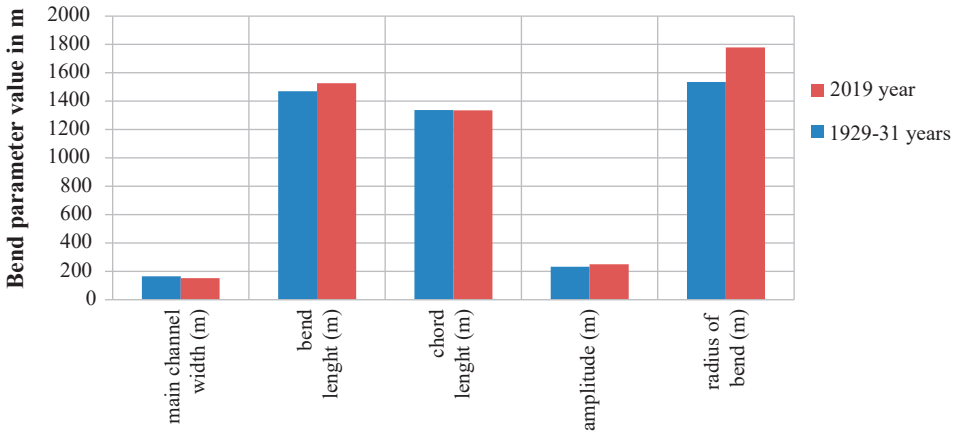


Figure 6: Average change of the bend parameters during the examined periods
Source: Compiled by the author.

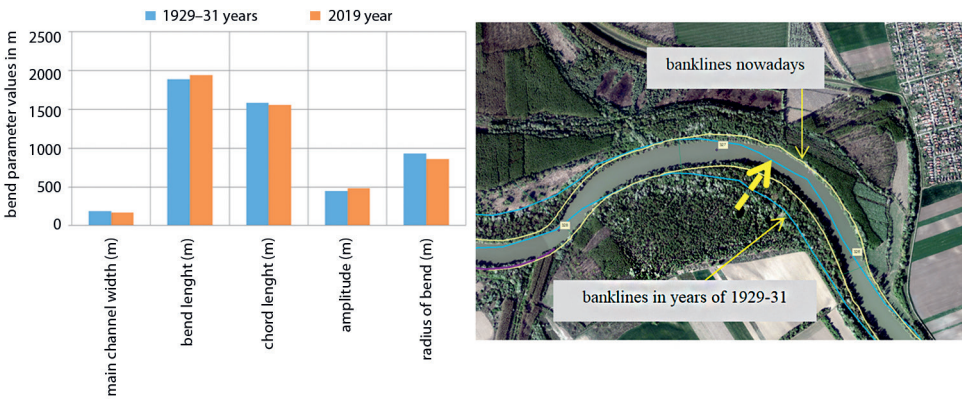


Figure 7: Change of the parameters of the bend No. 10
Source: Compiled by the author.

Estimation of floodplain accumulation based on digital terrain models

To quantify sediment deposits in the sample area presented above, I used the digital terrain models created by EUROSENSE in 2001 and the LiDAR¹⁶ surveys in 2014 as basic data. Several people have already investigated the filling up of the floodplains in this section.

¹⁶ Light Detection and Ranging – author’s note.

After the big floods of 2000, the floodplain deposits were indirectly deduced from the investigation of the flood loop curves, with the conclusion that the increase in the difference between the rising and falling limb of floods is attributable to the increasingly poor water conveyance capacity of the floodplain. In addition, they were able to estimate the amount and thickness of suspended sediment deposited during each big flood based on the research carried out in the Szolnok floodplain. The developing of natural levees was also investigated, based on this the estimated accumulation could be reached 10–45 cm per flood.

The width of the floodplains in the area is quite variable, in general, it can be said that it is a narrowing and then widening section, where the average width of the floodplain is around 2.0 km. The narrowest part of the study area is located in the downtown section of Szolnok, which is about 160 m wide. It can reach 5.0 km in the widest parts, which is important because I have assumed that there will be less sediment deposition in narrower floodplains, while larger, thicker sediment deposition will be experienced in wide, spreading slow water flow floodplain areas.

The spatial resolution of the digital floodplain models used differs in magnitude due to the technical development of the time between the two surveys. The 2001 stock has a resolution of 5×5 m, while the laser-based digital map of 2014 has a spatial resolution of 0.5×0.5 , which means that it is capable of mapping the surface in more detail, which is well illustrated in Figure 8.

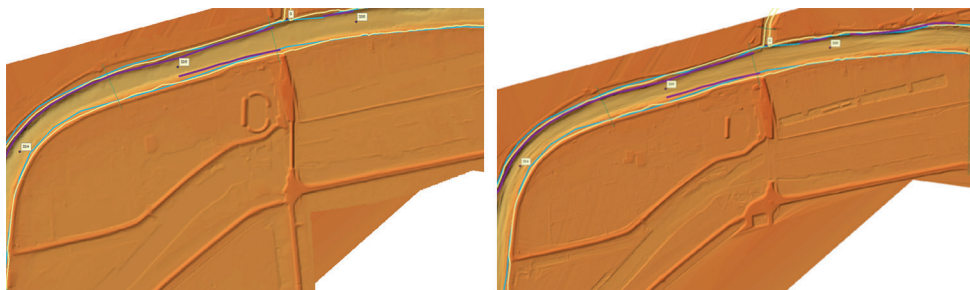


Figure 8: Digital model of the given area made using two different methods (on the left: from 2001, on the right from 2014)

Source: Compiled by the author.

With the tools of GIS software, it is possible to extract these terrain models from each other, thus it will be possible to determine the amount of sediment deposited on the floodplain in the period between the two recordings and to quantify its thickness. I presented the thickness of the sediment deposited on the floodplains in two characteristic cross-sections, one narrowing above Szolnok and one expanding below Szolnok. The examination of the cross-sections reveals the extent to which the test cross-sections have been modified.

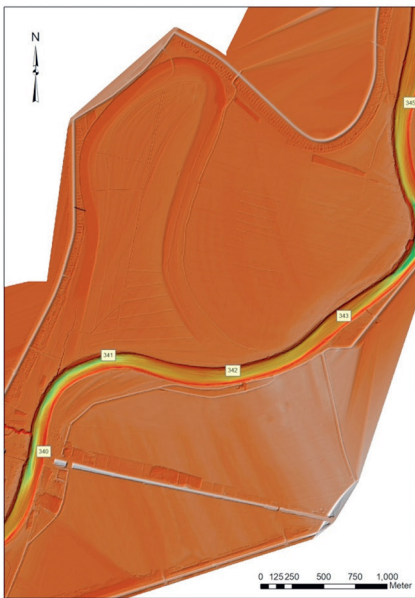
The sections clearly show that e.g. intensive accumulation occurs near the bank due to the effect of summer dykes and natural levees (see Figure 9). Regarding both profiles, a level increase of up to 1.0–2.0 metres can be observed near the banks, while in the rest of the floodplain, moving away from the main channel the amount of deposited material decreases markedly. The average accumulation per section can be estimated at around 0.2 m during 13 years.

Regarding the entire section, I examined the left and right bank floodplains separately. Similar to the previous ones, I used the difference between the two terrain models as a basis. By dividing the floodplains into sections, the average filling up level can be determined for both the left and right bank floodplains. The results are summarised in a table (Table 1).

Table 1: Data on the rate of filling up of the floodplain on the examined section

	Left bank floodplain	Right bank floodplain
Average value of accumulation [m]	0.25	0.21
Total area (km ²)	11.8	21.5
Estimated amount of alluvial deposits (1,000 m ³)	2,950	4,515
Average accumulation rate (cm/year)	1.9	1.6

Source: Compiled by the author.



A-A section above Szolnok



B-B section under Szolnok

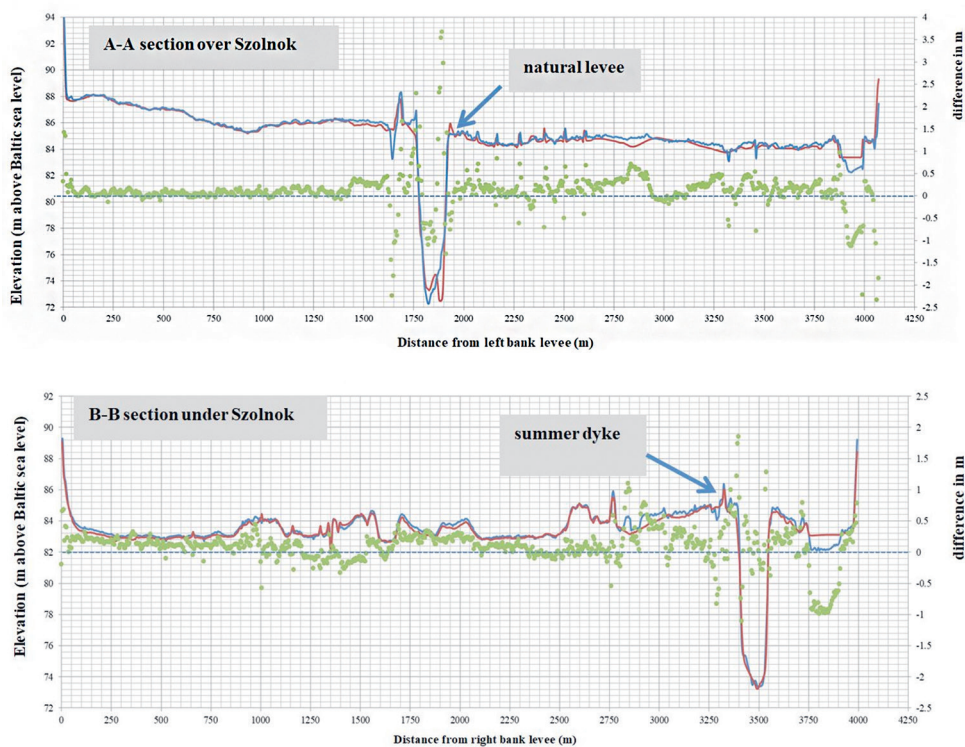


Figure 9: Investigation of floodplain sediment accumulation in two typical sections

Note: Blue line – DTM 2014; red line – DTM 2001; the points represent the difference between the two terrain models (DTM 2014 – DTM 2001) at that point.

Source: Compiled by the author.

Summary

The major regulation works of the Tisza began more than 150 years ago, but their impact is still felt in some cases to this day. By cutting the overdeveloped bends, our predecessors increased the slope of the river, reducing its length by 400 km. The river, which once roamed the entire Great Hungarian Plain, was squeezed between embankments, as a result of which serious changes occurred in its hydrological regime. The levels of the low flows were almost 1.0 m lower in Szolnok. A 1.5 m rise in flood peaks was experienced until the end of the 19th century. New bends developed in place of the intersected bends, and the old ones continued to develop due to increased erosion. Starting from the 1930s, bends were stabilised with bank protection, which in many cases only meant securing the outer curve of the bend. In the study, I have presented the effect of river regulation works (significant anthropogenic effects), based on the surveys between 1929–1931 and the 2019 recordings. It can be concluded that, overall, the river regulation works achieved their goal, the river is almost in a state of equilibrium, although the free developing bends continue to show further progress.

Another main result of the study is that it provides a numerical estimate of the floodplain siltation that occurred in the study area in the period since the turn of the millennium. After the big floods that took place between 1998–2000, the water sector realised that greater emphasis should be placed on the correct management and maintenance of the river's floodplains. Several studies have been conducted to estimate the amount of deposited sediment. The accumulation can be estimated well based on the digital elevation models available in the examined section. The digital model created by EUROSENSE in 2001 and by the ÁKK project¹⁷ in 2014 with laser-based remote sensing provided the basis for the tests. After analysing the base data, it can be concluded that the degree of accumulation is the most intense near the main channel of the river, which can reach 1.0–2.0 metres in some places. The negative effect of summer dams can also be demonstrated. Based on the 13 years that have passed between the two digital models, they can be characterised by an accumulation rate of 1.9 cm/year in the left bank floodplains and 1.6 cm/year in the right bank floodplains. The tests carried out in the Lower Tisza showed a slower rate of accumulation (0.8 cm/year), but it should be noted that those tests were intended to show changes over 100 years.¹⁸

Based on the above data, if this pace continues, a further increase in flood levels is expected. In order to ensure satisfactory flood safety and to keep flood risks at a tolerable level, comprehensive, complex flood protection strategies are necessary, and it is essential to develop systemic water management at the sectoral level. In addition, the measurement of the suspended sediment and bedload carried by the river needs to be concentrated in space and time, using the appropriate instrumentation and methodology of the time.

References

- DOMBRÁDI, Endre (2004): Vízhozam- és vízállás-idősorok analízise a folyómeder állapotváltozásainak kimutatására [Analysis of Time Series of Discharge and Stage Measurements, Determination of Changes in the Riverbed Condition]. *Hidrológiai Közlöny*, 84(4), 57–62. Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/HidrologiaiKozlony_2004/?pg=278&layout=s
- FEKETE, Zsigmond (1911): A Tisza folyó medrének közép-keresztmetszelvényei [Central Cross-Sections of the Tisza River Bed]. *Vízügyi Közlemények*, 1(2), 141–152. Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKozlomenyek_1911/?pg=584&layout=s
- FIALA, Károly – KISS, Tímea (2006): Szabályozások hatására megváltozott mederparaméterek vizsgálata az Alsó-Tiszán [Morphological Alterations Due to River Regulation Works on the Lower Sections of the Tisza]. In KERTÉSZ, Ádám – DÖVÉNYI, Zoltán – KOC SIS, Károly – MADARÁSZ, Balázs – KOVÁCS, Alexandra (eds.): *III. Magyar Földrajzi Konferencia*. Budapest: MTA Földrajztudományi Kutatóintézet. Online: http://geography.hu/mfk2004/mfk2004/cikkek/fiala_karoly.pdf
- GÁBRIS, Gyula – TELBISZ, Tamás – NAGY, Balázs (2008): A tiszai hullámtér feltöltődésének vizsgálata DDM segítségével [Investigating the Accumulation of the Tisza Floodplain Using DDM]. In KISS, Tímea – MEZŐSI, Gábor (eds.): *Recens geomorfológiai folyamatok sebessége Magyarországon* [Rate of Recent Geomorphological Processes in Hungary]. Szeged: Szegedi Egyetemi Kiadó. 65–71. Online: https://acta.bibl.u-szeged.hu/43761/1/ft_002_065-071.pdf

¹⁷ Flood Risk Management – author's note.

¹⁸ NAGY et al. 2017: 44–59.

- GROSS, Miklós (2003): *A Tisza hullámterének új digitális felmérése és három dimenziós modellezése* [New Digital Survey and Three-dimensional Modelling of the Tisza Floodplain]. Szemelvények a Vásárhelyi Terv továbbfejlesztésének megalapozó tanulmányaiból. Szolnok: KÖTIVIZIG. 115–121. Online: <https://docplayer.hu/108520274-A-szolnoki-muhely-szemelvények-a-vasarhelyi-terv-tovabbfejlesztésének-megalapozó-tanulmányaiból-a-vasarhelyi-terv-tovabbfejlesztése-szolnok-2003.html>
- HORACIO, Jesús (2014): *River Sinuosity Index: Geomorphological Characterisation*. Technical note 2. CIREF and Wetlands International.
- KÁROLYI, Zoltán (1960): *A Tisza mederváltozásai – különös tekintettel az árvízvédelemre*. Budapest: VITUKI.
- KVASSAY, Jenő (1902): A szabályozások hatása a folyók vízjárására Magyarországon [The Impact of Regulations on the Hydrological Regime of Rivers in Hungary]. *Vízügyi Közlemények*, 15, 8–27. Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKozlemenyek_1902_15/?pg=7&layout=s
- NAGY, István – SWEITZER, Ferenc – ALFÖLDI, László (2001): A hullámtéri hordalék lerakódás (övezet) [Sediment Deposition on the Flood Plain]. *Vízügyi Közlemények*, 83(4), 539–564. Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKozlemenyek_2001/?pg=552&layout=s
- NAGY, Judit – FIALA, Károly – BLANKA, Viktória – SIPOS, György – KISS, Tímea (2017): Hullámtéri fel-töltődés mértéke és árvizek közötti kapcsolat az Alsó-Tiszán [Connection between Floodplain Aggradation and Floods on the Lower Tisza]. *Földrajzi Közlemények*, 141(1), 44–59. Online: http://epa.oszk.hu/03000/03022/00011/pdf/EPA03022_foldrajzi_kozlemenyek_2017_1_044-059.pdf
- STELCZER, Károly (1973): *Vízrajzi Atlasz sorozat 7/I. kötet*. Budapest: Vízgazdálkodási Tudományos Kutató Intézet.
- ZORKÓCZY, Zoltán – KÁROLYI, Zoltán (1985): *Folyó- és tószabályozás*. Budapest: Tankönyvkiadó. Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKonyvek_257/?pg=0&layout=s

Andóczy-Balogh András Ádám¹ 

A vonásrendszer javítási állandóinak aktualizálása a táborig tüzérség tüzvezetési számításaihoz

The Actualization of the Mils System Corrections Constant for Field Artillery Fire Direction Calculations

A Magyar Honvédség tüzérsége a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretén belül új tüzérségi eszközöket szerez és szerzett be, amelyek a 6400 vonásos rendszert alkalmazzák. A tüzérség számára a tüzvezetés során a vonásrendszerek pontossága nem megfelelő, így javítási állandókat használnak a mért szög vagy méterben megadott értékek (távolság, magasság, szélesség) számítási pontosságának növelésére. Ezeket elsősorban a tüzvezetés során kell alkalmazni, főként célok méreteinek és magasságkülönbségeinek pontosítására, illetve olyan tüzfeladatok során, amelyeknél az alkalmazott adatok pontossága kihat a további tüzfeladatok pontosságára. Az új, beszerzett és jövőben beszerzendő tüzérségi eszközök kivétel nélkül a 6400 vonásos rendszert alkalmazzák. Ezért a tüzérség tüzvezetési eljárásait, alkalmazott képleteit frissíteni kell ehhez a rendszerhez. Ennek egyik első lépése, hogy új, ehhez a rendszerhez kiszámított, megfelelő pontosságú javítási állandókat mutassak be, amelyekkel nem kell új számításokat, eljárásokat bevezetni, hanem elég az eddigieket aktualizálni. Ezáltal egyszerűsödik a 6400 vonásos rendszerre való átállás a tüzvezetési számítások során.

Kulcsszavak: vonás, tüzérség, tüzvezetés

The artillery of the Hungarian Defence Forces is acquiring new artillery equipment within the program of the Defence and Military Development Programme, which uses the 6400 mils system. For the artillery, the accuracy of the mils systems during fire control is not sufficient, so correction constants are used to increase the accuracy of the calculation of the measured angle or metre

¹ Egyetemi tanársegéd, Nemzeti Közszerológati Egyetem Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar Műveleti Támogató Tanszék, e-mail: andoczi.balogh.andras.adam@uni-nke.hu

values (distance, height, width). These are mainly used in fire direction control, especially to correct for differences in target dimensions and elevation, and for fire missions where the accuracy of the data used will affect the accuracy of subsequent fire missions. All new artillery equipment, both purchased and to be purchased in the future, uses the 6400 mils system. Therefore, artillery fire direction control procedures and formulas used must be updated to the 6400 system. One of the first steps is to present new correction constants calculated for the 6400 line system with sufficient accuracy, which do not require the introduction of new calculations and procedures, but only the updating of the existing ones. This will simplify the transition to the 6400 mils system in fire direction calculations.

Keywords: mils, field artillery, fire direction

Bevezetés

A vonás főként és elsősorban a katonák által használt szögérték, amely a kört 6000 vagy 6400 részre osztja. A magyar nyelv nem különbözteti meg a 6000 vagy 6400 vonásos rendszereket. A 6000 vonásos rendszerben lévő vonásokat az angol PAR-nak, többes számban PARS-nak nevezi, míg a 6400 vonásos rendszerben lévőket MIL-nek, többes számban MILS-nek nevezi, így különböztetve meg a két rendszer közötti különbséget. Voltaképpen a milliradián (SI-szimbóluma mrad) az SI-mértékegységből származtatott szögmérési egység, amelyet a radián ezredrészeként (0,001 radián) határoznak meg. A milliradián kifejezést rövidítve MIL kifejezést is használtak, amely a vonás angol neve lett, jelenleg is ezt alkalmazzák. A katonai terminológia mindkét rendszer esetén 60–00, 64–00 (ejtsd 'hatvan nulla nulla' és 'hatvannégy nulla nulla') írásmódot ír elő. A továbbiakban abban az esetben, ha az alkalmazott rendszerre hivatkozom, akkor egybeírva (6000 vagy 6400), amikor a szögértékre, akkor a katonai terminológia szerint kötőjellel elválasztva (például 01–20, azaz százhusz vonás) fogom alkalmazni ezeket.²

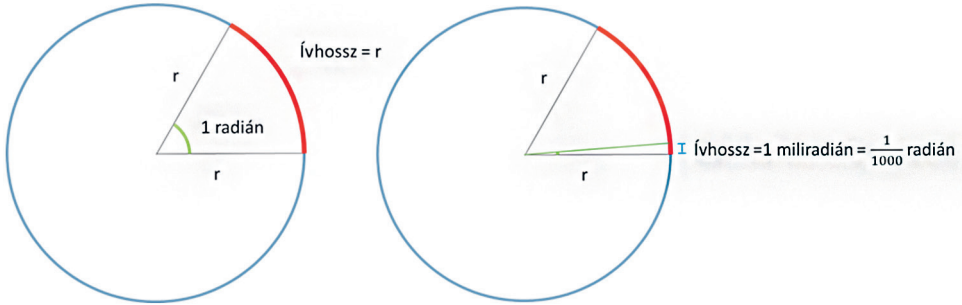
Történelmi háttér

A milliradiánt (1. ábra) (megközelítőleg 6283,185 egység egy körön belül) először a 19. század közepén Charles-Marc Dapples (1837–1920) svájci mérnök, a Lausanne Egyetem professzora használta irányméréshez. Az első világháború kezdetén Franciaország az addig alkalmazott decigrádok³ (4000 egység egy körben) helyett egy pontosabb iránymérést kezdett használni, a *millièmes*, azaz ezred, más néven *angular mil*, azaz „szög mil” (6400 egység egy körben) használatával a tüzérségi irányzóberendezéseknél. A decigrádbeosztás az első világháború alatt is használatban maradt, azonban Franciaország végül teljesen áttért a 6400 vonásos

² KRAJNC főszerk. 2019: 1177.

³ A grádokat (400 egység egy körben) ma is alkalmazzák a földmérés során. „Gon”-nak, azaz újfoknak is nevezik, nem SI-mértékegység.

rendszerre. Az Egyesült Államok sok francia tüzérségi eljárást átvett, többek között a „szög mil”-t, amelyet később már a NATO-tagországok is alkalmaznak szabványként.



1. ábra: Radián és milliradián értéke

Forrás: a szerző szerkesztése

A Szovjetunió, valamint a volt Varsói Szerződés tagországai a 6000 vonásos rendszert alkalmazták. Ez az érték a teljes milliradián körértékéhez közelítő másik olyan egész érték, amelyet úgy lehet osztani, hogy a kör negyede is százás helyi értékű, kerek szám. Kína, Vietnám és az arab országok egy része is a 6000 vonásos rendszert használta, használja. Ezt a beosztási rendszert elsőként Émile Remailho francia tüzértiszt alkalmazta a 155 CTR (*court à tir rapide* – rövid csövű, gyorsan lövő) nevű, 1904-ben kifejlesztett löveghez, amelynek a fejlesztésében ő is részt vett.⁴ Néhol a 6000 vonásos rendszert *millième Remailhónak* (Remailho ezrednek) is nevezték. 2007 előtt a Svéd Védelmi Erők a *streck*et (6300 részre osztott körértéket, a *streck* vonalakat vagy jeleket jelent) használták, de mára áttértek a 6400 vonásos (*mil*) rendszerre.⁵

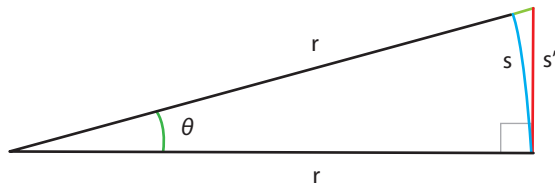
A vonás matematikai háttere

A milliradián használata azért praktikus, mert kis értékű hegyesszögekre vonatkoztatva a szöghöz tartozó ívhossz és szög szárai által bezárt egyenes (derékszögű háromszögben) megközelítőleg egyenlő.⁶ Ez az alacsony értékű hegyesszögek kerekítési pontossága, amely lehetővé teszi az alkalmazó számára, hogy a trigonometriai számításokat mellőzve egy egyszerű képletet használjon a méret megfelelő pontosságú meghatározásához. Matematikailag ugyanis egy milliradián megközelítőleg egyméteres távolságot jelent, mind köríven, mind az adott pontban lévő érintőn ezer méteres távolságban.

⁴ Francia tüzértiszt és mérnök. Született Párizsban 1864-ben, meghalt 1954-ben Pont-Ermbourg-ban, Calvados megyében.

⁵ Lásd: <https://compassmuseum.com/divertext/divisions.htm#MILS>

⁶ Kis szögek közelítési szabálya, matematikai szabály, ahol $\sin \vartheta \approx \vartheta$, $\tan \vartheta \approx \vartheta$, $ha \vartheta \approx 0$.



2. ábra: Adott szöghöz tartozó körvhossz és érintőhossz

Forrás: a szerző szerkesztése

Mindazonáltal a szög (θ) radián értéke, azaz a körív hossza (s) és a szöghöz tartozó érintő hossza (s') közötti hiba értéke a szög emelkedésével növekszik, amit az 1. táblázatban mutatok be. A hiba mértékének változását a valós számok közelítési hibarendszerének számításával határoztam meg.⁷

1. táblázat: A körvhossz és érintőtávolság hibaaránya

Hibaszámítás	Feltétel	Hibaarány százalékban
$\left \frac{\tan^{-1}\left(\frac{1}{1000}\right) \times 1000 - 1}{\tan^{-1}\left(\frac{1}{1000}\right) \times 1000} \right \times 100$	Egy vonás hibája ezerméteres távolságon, ha azt feltételezzük, hogy 1 mrad 1 méteres távnak felel meg 1000 méteren	0,00003333332
$\left \frac{\tan^{-1}\left(\frac{50}{1000}\right) \times 1000 - 50}{\tan^{-1}\left(\frac{50}{1000}\right) \times 1000} \right $	Ötven vonás hibája ezerméteres távolságon, ha azt feltételezzük, hogy 50 mrad ezer méteren 50 méteres távnak felel meg	0,083277850
$\left \frac{\tan^{-1}\left(\frac{500}{1000}\right) \times 1000 - 500}{\tan^{-1}\left(\frac{500}{1000}\right) \times 1000} \right $	Ötszáz vonás hibája ezerméteres távolságon, ha azt feltételezzük, hogy 500 mrad ezer méteren 500 méteres távnak felel meg	7,840521614580

Forrás: a szerző szerkesztése

A javítási állandók megállapítása

A vonás definíciója a következő: egy kilométerre lévő egy méter magas vagy széles tárgy látószöge egy vonás. Az általános számításokhoz figyelés-távbecslés során a vonásképlet teljesen megfelelő mértékű pontosságot biztosít, a tűzéség számára azonban már nem elegendő a pontossága a lövészet során alkalmazott tűzvezetési számítások esetében. Emiatt a tűzéség egy javítási állandót használ, amikor vonásról méterre vagy méterről vonásra számol át értékeket. Ezt a javítási állandót a tűzéség magassági, szélességi méretek, vonásértékek

⁷ Egy adatérték közelítési hibája a pontos érték és annak valamilyen kerekítése közötti eltérés. Ez a hiba kifejezhető abszolút hibaként (az eltérés számszerű összege) vagy relatív hibaként (az abszolút hiba osztva az adatértékkel), ahol az abszolút hiba és a relatív hiba százalékos aránya az eredmény.

pontosításához vagy eltérések meghatározásához veszi igénybe, elsősorban a tűzvezetési eljárások során. Bemérés, koordinátameghatározások, geodéziai számítások során trigonometriai szögfüggvényekkel kell a feladatokat megoldani.

Javítási állandók

A kis szögek közelítő értékének hasonlósága miatt a trigonometriai számítások kihagyhatók. Ha azonban a vonásképlet segítségével egy mért vonásértékkel állapítjuk meg például egy épület magasságát, akkor eltérést kapunk a valódi értéktől (3. ábra). A vonásképlet az alábbi egyenlet:

$$\text{Vonás (V)} = (\text{Méter (M)} \times 1000) / \text{Távolság (T)},$$

$$(V = M \times 1000 / T)$$



Példa: 1 km -re lévő épület látószöge 1–20 vonás, ekkor a körívhossz 125,66 m, az épület magassága 126,329 m, vonásképlettel mért magasság 120 m, a javítási állandóval 126 m az épület magassága

3. ábra: A körívhossz, a vonásképlet és a javított vonásképlet, valamint a valódi magasság különbségei
 Forrás: a szerző szerkesztése

A tűzéréség a legtöbb esetben a vonásképletet átrendezve, az alábbi formában alkalmazza:

$$V = M / 0,001 \times T.$$

Ennek a változtatásnak az előnye, hogy kisebb helyi értékű számokkal kell dolgozni, mivel a tűzfeladatok során több kilométeres távolsággal kell számolni. Ezáltal a számítási feladatok legtöbbször mind papíron, mind fejben egyszerűbben és gyorsabban megoldhatók. Abban az esetben, amikor méterben kell megállapítani egy értéket a vonásérték alapján, akkor a képlet a következőképpen alakul át:

$$M = 0,001 \times T \times V.$$

A vonás definícióját alkalmazva az egy kilométerre lévő egy méter széles tárgy látószöge 1 vonás, tehát 6000 db egy méter széles tárggyal a kör kerületét le lehetne fedni. A kör kerülete azonban pontosan kiszámolva egy 1000 méteres sugarú körben a következő:

$$2r\pi = 2 \times 1000 \times 3,141592 \approx 6283,18 \text{ m.}$$

A fenti eredmény értéke megfelel egy teljes kör milliradián értékének. Mivel 60–00 vonást alkalmazunk egy teljes körben, látható, hogy csak megközelítő a pontosság. A tűzérési számítások során, amelyek megkövetelik a nagyobb pontosságot, használni kell a javítási állandókat. A javítási állandó, amelyet a tűzérés alkalmaz, a teljes körív kerületének és a vonásrendszer teljes körértékének a hányadosa, attól függően, hogy méterről vonásra vagy vonásról méterre kell az eredményt átszámítani. A számítás alapján az 1000 méteres sugarú kör kerülete 6283,18 m, míg a teljes kör csak 60–00 vonásból áll, tehát a valódi kör kerületét el kell osztani a vonásérték teljes körértékével:

$$6283,18/60-00 = 1,04719.$$

Ez a hányados azt mutatja, hogy egy vonásértékhez voltaképpen 1,04719 méter érték tartozik a köríven. A számítások gyorsítása és egyszerűsítése érdekében ezt az értéket 1,05-re kerekítve kell alkalmazni a tűzérési számítások során.⁸ Ellenkező esetben az előző számításban az értékeket megcserélve kapjuk meg azt az állandót, amelyet a méterről vonásra való számítás során kell használni.

$$60-00/6283,18 = 0,95493$$

Ez a hányados pedig azt mutatja, hogy egy méter a köríven 0,95493 vonás szögérték. A számítások egyszerűsítése és gyorsítása érdekében ezt a hányadost is 0,95-re kerekítve kell alkalmazni.⁹ A javítási állandókkal a képletek az alábbiak:

$$V = M/0,001T \times 0,95, \text{ illetve} \\ M = V \times 0,001 \times T \times 1,05.$$

A 6400-s rendszer javítási állandói

A 6400-s vonásrendszer definíciója ugyanaz, mint a 6000 vonásos rendszeré. Az USA haderejének tűzérési is ugyanúgy alkalmaz javítási állandót a vonásképlettel számított méter vagy szögérték pontosságának javítása érdekében.¹⁰ A 6400 rendszer esetében is egy 1000 méteres sugarú kör kerülete, valamint a 6400 vonásérték hányadosából van meghatározva. A vonásképlettel elsősorban méterben megadott értéket határoznak meg, azonban a tűzvezetésük során a kapott méter értékek vonásra való átváltásához használják az 1,0186-s javítási együtthatót, amelyet „Smart Guy Factor”-nak („Okos Srác Szorzó”) is neveznek.¹¹

⁸ Tü/1 1995: 53 (150).

⁹ Tü/1 1995: 45 (123).

¹⁰ Az USA haderejének tűzérésébe jelen értelmezésben az army (hadsereg), a marine corps (tengerészgyalogság) és a National Guard (Nemzeti Gárda) tűzérési is beletartozik.

¹¹ TC 3-09.81 2016.

Az alkalmazása ugyanolyan elveket követ, mint a Magyar Honvédség tüzérségénél. Azonban a kör kerületének és a vonásrendszer értékének különbsége miatt a javítási állandó értéke a következő, mikor vonásról méterre kell eredményt meghatározni:

$$6283,18/64-00 = 0,981746$$

Ellenkező esetben, mikor méterről vonásra, akkor pedig:

$$64-00/6283,18 = 1,01859$$

Az USA haderejének tüzérsége négy tizedesjegyig kerekítve alkalmazza az utóbbi állandót, ellentétben a mi eljárásrendünkkel, amely két tizedesjegyű kerekítést ír elő. Véleményem szerint, hasonlóan az általunk használt, két tizedesjegyig kerekített értékhez, az előbbi két értéket 1,02-re és 0,98-re kerekítve is megfelelő pontosságot érhetünk el. Ezáltal a számítási feladatok is egyszerűsödnek.

Mivel a Magyar Honvédség tüzérsége a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretén belül új tüzérségi eszközöket szerez és szerzett be, amelyek a 6400-s rendszert alkalmazzák, fontosnak tartom, hogy a 6400 vonásrendszer javítási állandóit is alkalmazza a Magyar Honvédség tüzérsége. Mivel a vonás definíciója mindkét vonásrendszer esetén ugyanaz, a különböző javítási értékek pontosságának, valamint a kerekített állandóknak az összehasonlítása is egyszerűsödik.¹²

Elsőként a 6000 vonásos rendszer hibaarányait mutatom be. Ezzel a számítással azt tudjuk meg, hogy a számított és valódi méretek távolságtól függetlenül milyen százalékos arányban vannak egymással. Értelemszerűen a távolság növekedésével az abszolút hiba mértéke nagyobb lesz. A következő képlettel határoztam meg a százalékos eltérést a valódi méret és a javítási állandóval számított érték között:¹³

$$\left| 100 - \frac{V \times T \times 1.05}{\tan(V \times 0,06) \times T} \times 100 \right|$$

A látószög által meghatározott valódi méter érték (2. ábra) és a vonásképlet által meghatározott méter érték javítási állandóval módosított eredményének százalékos eltérése csak a szög emelkedésével változik. A 2. táblázatban 6 km-es távolsági értékkel határoztam meg az értékeket a 6000 vonásos rendszerben, hogy alacsonyabb szögérték esetén is látható legyen a különbség.

¹² TC 3-09.81 2016: 6-1, (6-2).

¹³ A képlet a relatív hiba százalékos eltérését mutatja meg.

2. táblázat: 6000 vonásos rendszerben az adott látószöghöz tartozó valódi távolság és a javítási állandóval módosított távolság százalékos eltérése

Vonásérték	Valódi méter érték (m)	Vonásképlet javított (1,05) értéke (m)	Relatív hiba százalékos aránya
0-01	6,283188	6,3	0,267577496
0-60	377,488	378	0,135632516
01-20	757,976	756	0,260729887
05-00	3464,102	3150	9,067332603

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2. táblázatban jól látható, hogy a szög emelkedésével exponenciálisan növekszik a hiba százaléka. A következő táblázatban ugyanazon értékekkel, de 6400 vonásos rendszerben számítottam ki a százalékos eltérést a valódi és a javított vonásképlet által meghatározott méretek között, az alábbi képlettel:

$$\left| 100 - \frac{V \times T \times 0,98}{\tan(V \times 0,05625) \times T} \times 100. \right|$$

3. táblázat: 6400 vonásos rendszerben az adott látószöghöz tartozó valódi távolság és a javítási állandóval módosított távolság százalékos eltérése

Vonásérték	Valódi méter érték (m)	Vonásképlet javított (0,98) értéke (m)	Relatív hiba százalékos aránya
0-01	5,890488	5,88	0,178052
0-64	377,488	376,32	0,309415
01-28	757,9763	752,64	0,704016
05-33,34	3464,101	3136	9,471715

Forrás: a szerző szerkesztése

A 3. táblázatban a vonásértékek fokértéke, tehát a szög nagysága megegyezik a 2. táblázat vonásértékeivel. A számszaki különbség a vonásrendszerek eltérése miatt adódik, viszont a mért és számított értékek összehasonlítása így pontos.

4. táblázat: 6400 vonásos rendszerben az adott látószöghöz tartozó valódi távolság és a nem kerekített javítási állandóval, valamint a kerekített javítási állandóval módosított távolság százalékos eltérése

Vonásérték	Valódi méter érték (m)	Vonásképlet javított (nem kerekített, 0,981746) értéke (m)	Vonásképlet javított (kerekített, 0,98) értéke (m)	Relatív hiba százalékos aránya (b. és c. oszlopok)	Relatív hiba százalékos aránya (b. és d. oszlopok)
a.	b.	c.	d.	e.	f.
0-01	5,890488	5,890476	5,88	0,0002057	0,178052
0-64	377,488	376,990464	376,32	0,1318027	0,309415
01-28	757,9763	753,980928	752,64	0,5271066	0,704016
05-33,34	3464,101	3141,62647	3136,0392	9,3104264	9,471715

Forrás: a szerző szerkesztése

A 4. táblázatban látható, hogy a kerekített, valamint a 6 tizedesjegyű javítási állandó közötti különbség bár százalékos arányban a kisebb szögértékek esetén jelentős, a számítások eredményei között a látószög emelkedésével ez nem változik oly mértékben, hogy jelentősen befolyásolja a tűzvezetési számítások eredményét.

A táblázatból az is kitűnik, hogy a méter értékek, a kerekített és a hat tizedesjegyű javítási állandó között 01–28 vonásos látószög és 6 km-es távolság esetén 1,34 méteres különbség van, amely analóg irányzóberendezéseken nem állítható, hiszen ez 0–00,2233 vonás ezen a távolságon. A PzH2000 (PanzerHaubitze 2000) önjáró löveg fegyverirányzó rendszere egy tizedes pontossággal mutatja a cső emelkedési és oldalhelyzetét. Ennél a fegyverrendszer-nél lehet egy tizedes pontossággal kézi módszerrel is irányozni, azonban a gyorsaság miatt az irányzási pontosság megfelelő, ha $\pm 0-01$ vonáson belül van a beállított emelkedési szög és oldalirány a kiszámított értékhez képest.

Összegés

Az 5. táblázatban az is jól látható, hogy a jelenleg a 6000 vonásos rendszerre alkalmazott kerekített javítási állandók hibája nagyobb, mint a 6400-as rendszerhez javasolt kerekített javítási állandók hibája. A kerekített és nem kerekített javítási állandók között a 0,95-ös állandó rendelkezik a legnagyobb relatív hibával. Matematikailag a 6400-as vonásrendszerhez tartozó 1,02-s javítási állandó, amely hasonlóan a méterről vonásra való átváltás pontosítására szolgál, majdnem negyedakkora relatív hibaszázalékkal rendelkezik.

5. táblázat: A kerekített, valamint a nem kerekített javítási állandók relatív hibája százalékban

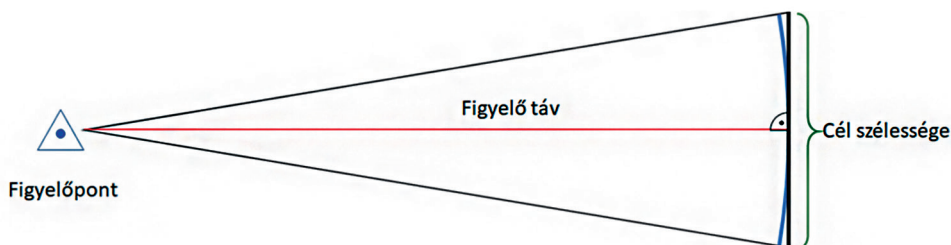
6000 vonásos rendszer	Nem kerekített javítási állandó	Kerekített javítási állandó	Relatív hiba százalékban
Vonásról méterre való számítás	1,047198	1,05	0,267614148
Méterről vonásra való számítás	0,95493	0,95	0,516232636
6400 vonásos rendszer	Nem kerekített javítási állandó	Kerekített javítási állandó	Relatív hiba százalékban
Vonásról méterre való számítás	0,981746	0,98	0,178019693
Méterről vonásra való számítás	1,018592	1,02	0,138265833

Forrás: a szerző szerkesztése

A 2., 3. és 4. táblázatban kifejtettem és bemutattam, hogy a valódi és a javítási állandókkal számított értékek között milyen százalékos eltérés jelentkezik a 3. ábrát alapul véve. A táblázatban szereplő értékek jól láthatóan 30°-os szögérték esetén érik el, hogy 10% körüli hibával tudjuk meghatározni a látószög szárai által bezárt távolságot a vonásképlet segítségével.¹⁴ Gyakorlati esetekben ilyen helyzet csak a magassági eltérések megállapításánál jelentkezik. A célok szélességének megállapítása során (4. ábra) a cél távolságát annak közepétől kell mérni, s ezáltal a látószög által bezárt távolság és a körív hossz mérete közötti eltérés kisebb lesz. A 3. ábra alapján ha egy figyelő 6400 vonásos rendszerben 03–00 vonás magassági eltérést mér ezer méterre, a cél valódi magassága és a javítási állandóval (0,98) számított magassága között $\approx 3\%$ -os eltérés van, amely ezen a távolságon körülbelül 9 méter. A 4. ábrán azonban látható, hogy a célok szélességének megállapításánál nem egy, hanem kettő derékszögű há-

¹⁴ 6000 vonásos rendszer esetén a 30° az 05–00 vonás, 6400 vonásos rendszerben pedig 05–33,34 vonás.

romszög jelentkezik. Emiatt ebben az esetben, egy 03–00 vonás látószögű cél szélességének megállapításakor, nem a 03–00 vonáshoz tartozó hibaérték jelenik meg, hanem a 01–50 vonáshoz tartozó, de ez kétszer. A 01–50 vonáshoz tartozó relatív hiba $\approx 0,9\%$, tehát a számítás relatív hibája $\approx 1,8\%$ lesz, amely ezerméteres távolságon $\approx 5,4$ méter. A jelenlegi tűzvezetési szabályok szerint egy hat löveggel rendelkező üteg egy időben legfeljebb egy darab, 300 méter szélességű célt pusztíthat.¹⁵



4. ábra: Célok szélességének megállapítása

Forrás: a szerző szerkesztése

Gyakorlati szempontból a tűzvezetés során üteg vagy annál kisebb tűzalegységek számára (tűzszakasz, löveg) kell a tűzfeladathoz szükséges adatokat megállapítani. Osztályszintű tűzfeladatok során az osztály csak azokat a célokat vagy pontokat határozza meg, ahová vagy amire az adott ütegeknek a számításokat végre kell hajtaniuk.

Analog tűzvezetési eljárások során, a számítások elvégzésekor a több tizedesjegyű értékekkel való munka több hibalehetőséget is magával hoz. Elütés esetén a számítás újratekintését, rosszabb esetben a hibás eredmény meghatározását okozza. A számítások kellő mértékű egyszerűsítése, ezáltal a számításban elkövetett hibák esélyének csökkentése éppoly fontos, mint a megfelelő pontosságú eredmények meghatározása.

Véleményem szerint az új javítási állandók bevezetése az új eszközökkel párhuzamosan elengedhetetlen. Jelenlegi tűzvezetési szabályaink nemcsak megengedik, hanem megkövetelik az 1,05-s és a 0,95-s javítási állandók alkalmazását a 6000 vonásos rendszerben, ez a fent kifejtettek miatt nem lesz máshogy a 6400 vonásos rendszerre való átállást követően sem. Emellett – ahogyan azt az 5. táblázatban bemutattam – a 6400 vonásos rendszerhez a javasolt, kerekített értékű javítási állandók kisebb relatív hibaszázalékkal rendelkeznek, mint a 6000 vonásos rendszerhez alkalmazottak. Ezért a 6400 vonásos rendszerben végrehajtott számításokhoz a tűzvezetési rendszer pontossági követelményeinek jobban megfelelnek, amellett, hogy a tűzvezetési számítások gyorsasága és egyszerűsége megmarad, továbbá nem szükséges új képletek bevezetése, csupán az eddig alkalmazott képleteket kell aktualizálni az új javítási állandókkal.

¹⁵ 152 és 155 mm lövegek esetében, amelyek jelenleg a legnagyobb űrméretű tüzesszükszók a Magyar Honvédségben. Ennél kisebb űrméretű tüzesszükszók esetén az az érték csökken. A Magyar Honvédség hadrendjében jelenleg 6 löveges üteg van.

Irodalomjegyzék

KRAJNC Zoltán főszerk. (2019): *Hadtudományi lexikon* Budapest: Dialóg Campus.

TC 3-09.81 *Field Artillery Manual Cannon Gunnery* (2016). Washington, D.C.: Department of the Army.

Online: https://armypubs.army.mil/epubs/DR_pubs/DR_a/pdf/web/tc3_09x81.pdf

Tű/1 Magyar Honvédség Lő és tűzvezetési szabályzata (1995). H. n.: Magyar Honvédség.

Dávid Béla Vizi¹ 

Hydrological Aspects of the Low-water Period of 2022 on the Lowland Section of the Tisza River

Climate change poses more and more challenges to the water management. Future predictions show that the possibility of extreme drought events are increasing, especially the rolling drought phenomena have become critical when consecutive years of drought multiply the adverse effects of previous years. These new extreme hydrological situations need to be properly handled in water management, thus an additional task of the water management can be the fulfilment of the increasing water demands. The article provides a comprehensive picture of factors influencing the formation of water scarcity period. The water supply of the Hungarian Great Plain is ensured by the water supply systems established in the last century. Coordinated water management is important in similar situations. The author describes the hydrological characteristics of last year's water shortage period and how its harmful effects could be reduced.

Keywords: water scarcity, drought, water management, water supply, irrigation

Introduction

The watershed of the Tisza River can be regarded as special with European standards. Under certain hydrometeorological conditions, there is a high risk of flood waves. It was especially true to the River Tisza (on its Hungarian course), at the beginning of the year 2000, when flood waves came one after another, reaching record water levels.² At the same time, last decades' water shortages also bring more and more challenges for those who work in the water sector. Dry spells are especially common at the flatlands of the Tisza watershed. These extreme hydrometeorological phenomena can also be caused by climate change.³

¹ PhD student, University of Public Service, Doctoral School of Military Engineering, e-mail: vizi.david.bela@kotivizig.hu

² SZLÁVIK 2006.

³ LEHNER et al. 2006: 273–299.

If we examine droughts in time and location, we can say that here in Europe, all severe droughts affected our country in previous times. About 90% of Hungary's territory is expected to be affected by droughts, especially in the area of lowlands.⁴ Damaging impacts of droughts can be moderated by efficient water management and irrigation methods. It is very important to develop these methods, because in the forthcoming years, the frequency of occurrence of dry spells show prolonged periods.⁵ In a period of 10 years, 3–4 years can be considered droughty. The effect of droughts can be amplified if the previous years were also droughty.⁶ For instance, 2022 was very droughty, despite the fact that the previous years also had a lack of precipitation. The average annual water shortage according to the water-balance is about 200–250 mm. Because of these water deficits, there will be higher demand for irrigation.⁷ Water Directorates are responsible for providing water at the place and time required. To be protected from extreme hydrometeorological phenomena here in Hungary, the National Water Strategy orders short-, and long-term measures.⁸ To reach this aim, and to be able to provide enough water on the flatlands, even in years like 2022, there is a need for preparedness. Providing water for the plains in Hungary, the so-called Tisza-Körös Valley Cooperative Water Management System (TIKEVIR) gives the basis for engineering grounds.⁹ The main purpose of the foundation of TIKEVIR was to ensure water resources, provide controlled water governance and prevent the Great Hungarian Plain from hydrometeorological extremities. Last year's droughty period brought highlighted attention for the appropriate operation of this water supply system. This publication gives a comprehensive explanation of processes from the perspective of environment security and flood damage protection that had been taken in the low water period of 2022. We can declare that water management regarding resources on the surface – especially during the summer period – sets new challenges for stakeholders, so it was necessary to introduce new measures and methods.

Hydrometeorological progresses causing water shortages

Professionals of the Middle Tisza district Water Directorate (KÖTIVIZIG) calculated the quantity of precipitation in Hungary and the bigger river watersheds, regarding the last 7 months. The conclusion said that, in the first 7 months of 2022, there was about 45% less precipitation, which was almost half of the average amount. The smallest amount of precipitation – regarding the 7 months period – was localised in Szolnok-Szandaszőlős, in total of 98 mm. The regional average precipitation for Hungary was 188 mm, which was 154 mm less, than it should have been in the same period. According to the data of the Hungarian Meteorological Service, that 7 months period was the driest since 1901 in Hungary.

⁴ TAMÁS 2016: 13–20.

⁵ SZALAI 2009: 501–504.

⁶ PÁLFAI 1992: 33–40.

⁷ SOMLYÓDY 2011.

⁸ OVF 2017.

⁹ KÖTIVIZIG 2022.

Reviewing the period, starting from the beginning of January and lasting to the end of July, we can say that the watershed of the River Danube and Tisza got far less precipitation. The watershed of the Danube – comparing it to the climate average – got 25% less, while the watershed of the River Tisza got 31% less precipitation. In both cases, March was the driest period, lacking 79–89% of precipitation. From the perspective of watersheds, last year was drier than the average ones, but that year's first 7 months just brought an even bigger deficit. This exceptionally dry period was also preceded by years long period of dry weather. According to the Water Directorate's data, the last time when the years long regional average exceeded 525.6 mm was in 2020. 15 months in the following 2 years – especially under the vegetative period – had a lack of precipitation (comparing it to the long-term average). In case of 10 months, the difference could be even more than 20 mm (Figure 1). In total, to the operational area of KÖTIVIZIG, the deficit was 241.6 mm regarding 2021 and 2022.

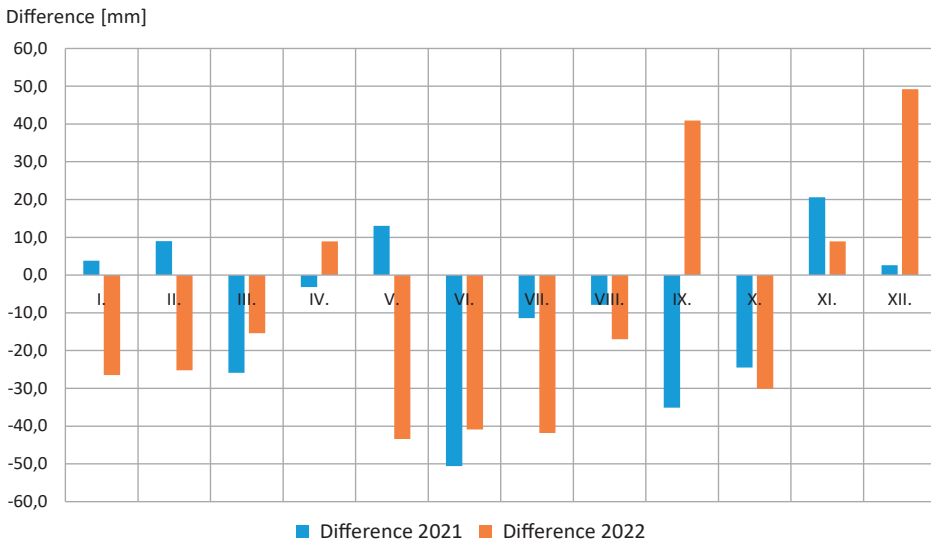


Figure 1: The deviation from the long-term average monthly precipitation during the years 2021–2022 based on KÖTIVIZIG measurement data

Source: Compiled by the author.

Only March – observing the normal annual average temperature – was exactly the same as the average, which is 5.7°C. Except March, in 2022 every month exceeded the normal annual average temperature. The difference was about 1.2–4.0°C. During the summer months, when the air temperature was higher than the average, evaporation was also bigger, than as it should have been. Hydrometeorological phenomena like the above-mentioned ones, cause less water in the open surface waters. Maintaining the efficient storage capacity is becoming harder in such a state. New challenges are made by these phenomena for those who work in the water sector.

The effect of bed level degradation to low-water level

The river's life and processes were highly affected by meander cut-offs. Some parts of the river got shorter, causing river bed deepening and growing inclination. The impact of these measures substantiated significant changes, both in our life and in our environment. In the last 127 years, the River Tisza's section between Szolnok and Kisköre (which is about 63.5 km long) has been measured and documented 6 times (between 1890 and 2017). Certain cross-sections of the river have been designated for monitoring the river bed and the floodplain. Thanks to these measured reference (VO) cross-sections, we can monitor changes in the river bed. Observing mean average water level (according to Figure 2), we can say that in most cases the river deepened its river bed. The most significant change can be seen on reference cross-section No. 144. The deepening of the river bed between 1929 and 2017 was 4.2 m.

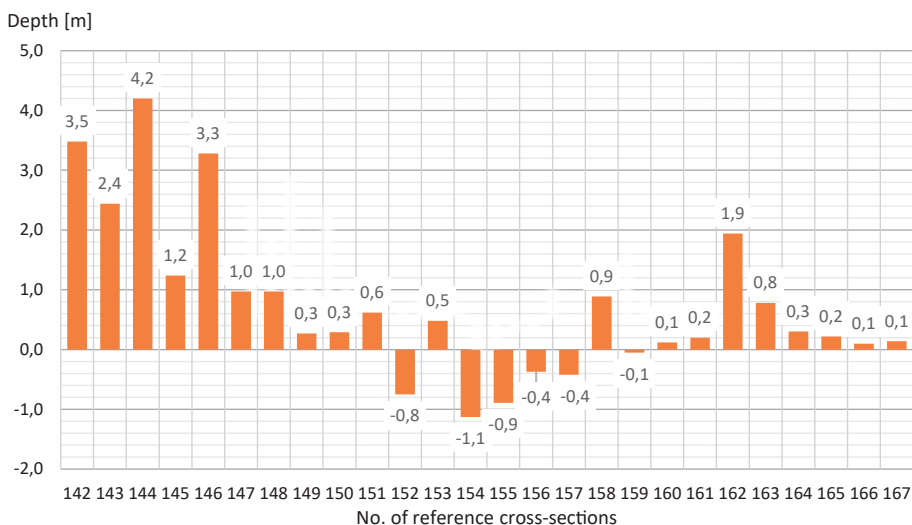


Figure 2: Change in the water depth between 1929 and 2017

Source: Compiled by the author.

The alignment of the river and development of the curves are constantly changing to reach a dynamic balance. River regulations cause river bed deepening, especially in river bed slopes and bank protection areas. Due to river regulation interventions, the speed of the river got higher. The river bank's energy of degradation moved to the lower parts of the river. At the cross-section of the river, we can show that in most cases the convex side of the river bank is constantly building up, so we can face channel contraction. I illustrated the survey data of reference cross-section No. 178 (Figure 3). There is a significant decrease in area in the middle water range, while it remains almost unchanged in the small water range.

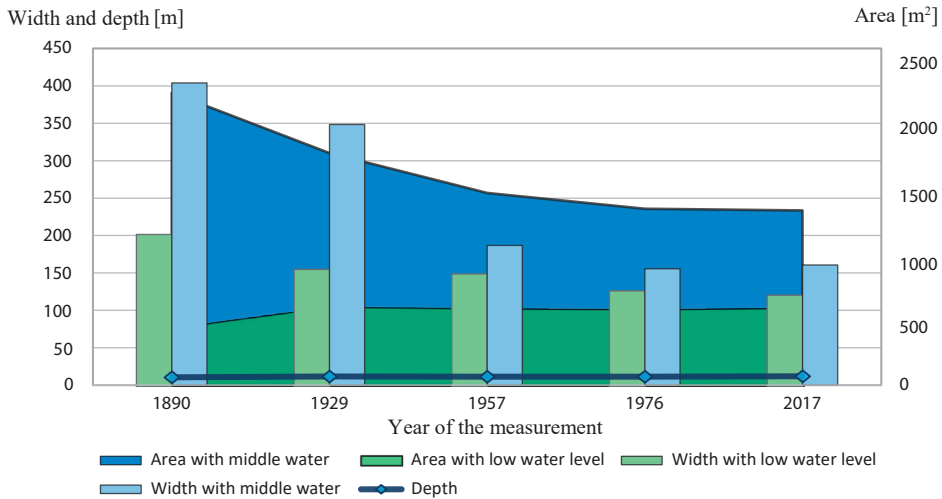


Figure 3: Change in the width, depth and area at reference cross-section No. 178
 Source: Compiled by the author.

Navigation is also affected, so shipping low-water levels should be revised. Currently, this revision is ongoing here in the Hungarian part of the River Tisza. Taking weather extremes into consideration, for instance dry spells, maintaining the intake of water is getting harder and harder mainly in low-water periods too.

Water shortage, the biggest challenge for the water sector

During the summer months in 2022, Lake Tisza's water budget turned to constant negative, so it means that the streamflow coming from the upper stream is less than the outlet of the reservoir. The replacement of the water quantity in Lake Tisza is supported by Eger and Laskó creeks, but local precipitation also contributes to it. There are loads of diversion canals coming from the Lake Tisza and these are irrigation canals (Nagykunsági, Jászsági, Tiszafüredi irrigation canals), during the summer months the transported water can exceed 40 m³/s streamflow. The barrage in Kisköre also requires the minimum of 60 m³/s streamflow, to maintain the tailwater level. On summer days, evaporation can reach 10–15 m³/s. All in all, we can say that if we want to maintain a stable water budget in the region, at least 100 m³/s streamflow is required. This amount of water got less than 100 m³/s in 2022, so it was necessary to introduce extraordinary measures. As part of these measures, water governing rules have been altered at the barrage in Kisköre. Under conditions like that, water governance is driven by the idea of providing enough water to the tailwater's minimally needed water levels. This procedure requisites 60 m³/s streamflow. Measures that have been undertaken, caused even lower water levels than the lowest low water levels (LLW) on the tailwater's staff gauges. According to water restriction plans, the quantity of water, which went to the TIKEVIR system, was lowered

in different steps.¹⁰ Due to unfavourable hydrometeorological conditions, at the end of June, extremely low water levels occurred on the downstream of Tisza at Kisköre. At the end of June, the average water level in Kisköre-alsó was -230 cm, which was 300 cm lower than the annual mean average (130 cm). In Szolnok the average water level was -188 cm, meanwhile the annual mean average is 150 cm, so the difference was 338 cm. Maximum streamflow in Kisköre was 298 m³/s (recorded on 3 June), in Szolnok it was 250 m³/s (recorded on 5 June). The average streamflow in Kisköre-alsó was 135 m³/s, while in Szolnok it was 153 m³/s. The smallest streamflow in Kisköre was 73.6 m³/s (recorded on 30 June), meanwhile in Szolnok it was 81.6 m³/s (recorded on 28 June). Long-term average precipitation in the watershed of the River Tisza remained the same like in previous months, so in July only the long-term average precipitation's 46–82% fell, resulting low water levels. In Kisköre-alsó it was needed to maintain the River Tisza's tailwater level on -320 cm (this method is called "string" mode). These actions provided the possibility to be able to intake drinking water in Szolnok. Sustaining the intake, requires a minimum of 60 m³/s streamflow. In August, the maximum streamflow was 64.8 m³/s in Kisköre, while in Szolnok this number was 70.9 m³/s. Average streamflow in Kisköre-alsó was 64.0 m³/s, whilst in Szolnok it was 67.0 m³/s. In Kisköre the smallest streamflow was 62.4 m³/s, in Szolnok it was 65.6 m³/s. During low-water period in Kisköre, the barrage's tailwater level was ordered to be maintained, in order to be able to sustain minimum streamflow. These measures caused the reduction of the remaining water resources' surplus. It would be important to revise the minimum tailwater level, because in case of an early low-water period, it would be possible to keep more water in reservoirs, for further use (Figure 4).

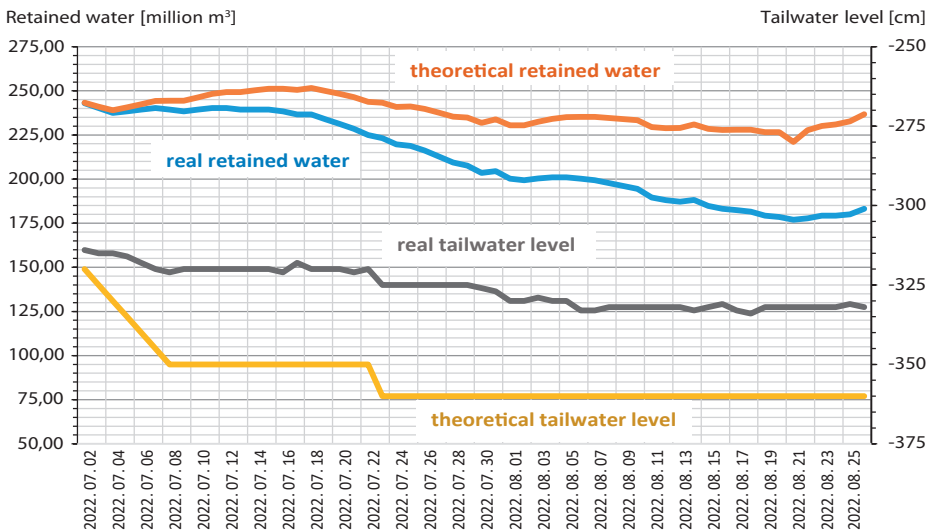


Figure 4: The possible impact of the extraordinary operation of the Kisköre barrage on the stored water resources
Source: Compiled by the author.

¹⁰ VIZI et al. 2019: 55–64.

From this perspective, I studied how much more water could have been retained, if the barrage had used lower minimum tailwater level. I compared the water levels and water volumes that actually developed with a theoretical operating schedule. The possible water flow could be calculated from the theoretical tailwater level using a water flow curve. From this, it can be estimated how the retained water would have changed in such an operating order.

If in previous phases the water level had been kept –350 cm and –360 cm on the downstream side – while still providing the minimally required streamflow – than the upstream water level in Kisköre would have been 50 cm higher (holding 54 million m³ more water back).

Because of extreme hydrometeorological conditions, discharges were measured at multiple occasions. These measures were taken at the same time, but in different places along the river stretch (between Kisköre and Tiszaug) (Figure 5).¹¹ The sections of the water inlets and outlets were also marked. Generally, we can say that the measured data were within the ±5% margin of error. These results were produced by ADCP instruments.

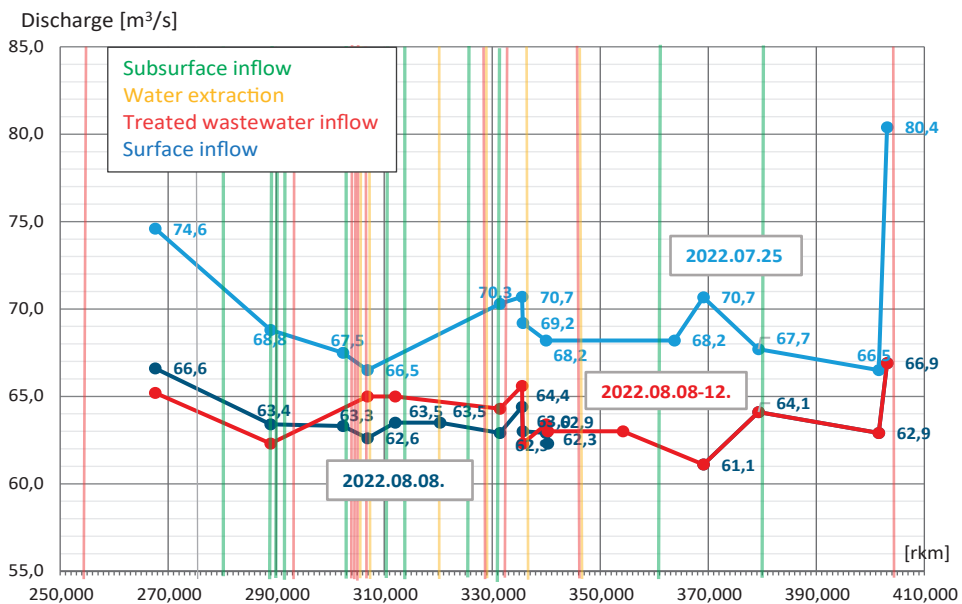


Figure 5: Discharge longitudinal section between 267 + 600 and 403 + 100 river km
Source: Compiled by the author.

From the results, we can say that the discharge of the river is constantly growing towards the endpoint. Only a few results were different from the above-mentioned tendency. This difference may come from local cross-section changes along the river. Measurements are also subject to uncertainty for example at 60 m³/s 6% error takes 3.6 m³/s. Therefore, the longitudinal profile fluctuation can also be a fact of uncertainty. It is very important to point

¹¹ RÓZSA 2023.

out that there were no further inflows along the Middle Tisza. Measured water inflows and outputs (in August) resulted no significant changes in the quantity of the streamflow. In all cases, measured data showed that in the town centre of Szolnok, the streamflow quantity was higher than on the upstream part of the river. Underground water inflows could have resulted this phenomenon. Between Martfű and Tiszaug streamflow increment was experienced. Former surveys show that underground water inflows may have resulted water quantity growth on this river stretch.

The results of the streamflow surveys show that the quantity of the water intake is within the instrument's margin of error, so it would be necessary to do these surveys again, under the same conditions by using multiple instruments at the same time. By doing this, it would be possible to minimise the number of false measures in the results.

Control of the water shortage damage

Last decades' hydrometeorological trends prove that the Water Sector must be able to control damages caused by excess water or even water shortage. Ecological water supply and irrigation are both very important in our country. Maintaining the TIKEVIR system in the lowlands is inevitable from a water supply point of view.

Meteorological data show that the natural summer water resource of the Körös Valley is very exiguous, so in order to be able to maintain the river's ecosystem and irrigation needs, it is necessary to supply it with water from the River Tisza. Thanks to the TIKEVIR system – in cases like this – the River Tisza's water flow in the river bed of Hármas-Körös.

The operation area of the system covers 15 thousand square kilometres, stretching on four counties: Szabolcs-Szatmár-Bereg, Hajdú-Bihar, Jász-Nagykun-Szolnok, Békés. The River Tisza and Lake Tisza provide water from their water resources, to the two main artificial canals Keleti and Nagykunsági main canals, but also for Hortobágy-Berettyó. During the summer months, it can also happen that insufficient amount of water comes from abroad to the Körös Valley, so it is necessary to supply it from multiple points via the TIKEVIR system.

Supply comes from the barrage in Tiszalök through the Keleti main canal and Berettyó to the Hármas-Körös with a streamflow of 10.5 m³/s, and also from the reservoir of Kisköre through the Nagykunsági main canal to the Hármas-Körös with a streamflow of 16.0 m³/s. The River Hármas-Körös's morning streamflow (27 July 2022), was 10.7 m³/s at Gyoma, and 25.5 m³/s at Kunszentmárton. Without water supply through TIKEVIR, these values would have been between 0 and 5 m³/s.

Due to persistently dry weather conditions and unfavourable hydrometeorological forecasts, KÖTIVIZIG reacts to the unfavourable hydrological situation with series of measures to alleviate water shortage damage. The last time it happened in the Summer of 2013. It was necessary to limit the ecological water replenishment of the Körös Valley, when instead of the prescribed 16 m³/s only 11 m³/s flowed from the Tisza – through the eastern branch of the Nagykunsági main canal – into the Hármas-Körös.

Water retaining is one of the best measures that can be taken to grow water resources, keep the groundwater on a higher level (in case of backwater) and prevent situations like the above-mentioned ones.

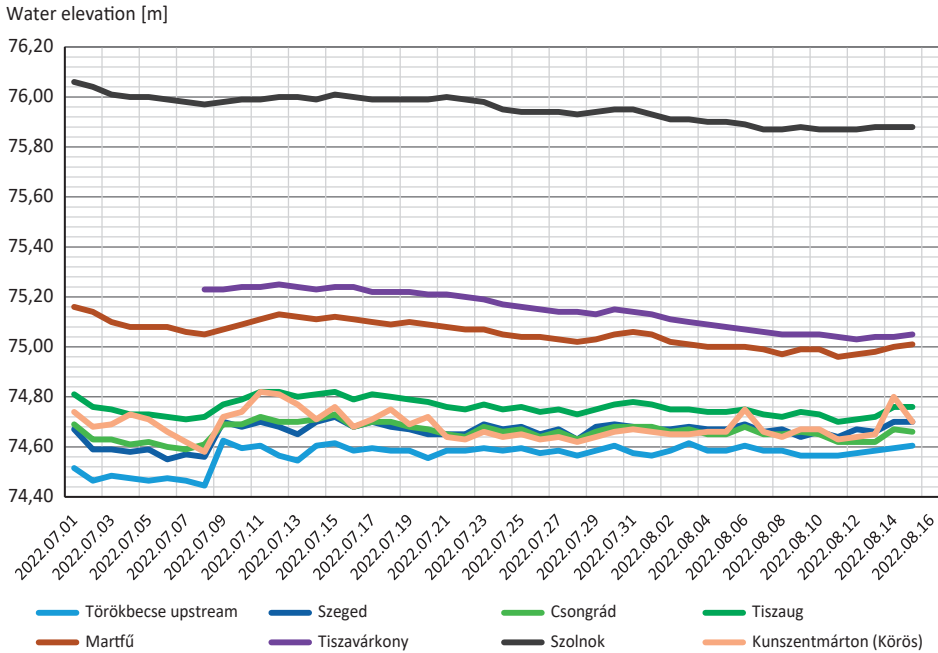


Figure 6: Water elevation between Törökbecse (blue) and Szolnok (grey)

Source: Compiled by the author.

During low water period, the extent of impoundage can be felt along a 257 km river stretch (Figure 6), raising the water level about 0.1–2.5 m comparing to the lowest low (LLW), which was registered on the summer of 2022.

Besides the excessive surface water resources, it would be recommended to examine the impact of backwater between the river stretch of Kisköre and Csongrád. After the examination, we would be able to see the changes to the quantity of ground water resources.

Consequences

In Hungary, the past decades' low water periods show that not only excessive water damages are going to challenge the water sector, but also water shortages, too. Generally, the most important thing is to use integrated water management methods, based on cooperation. Nowadays, we can choose from a wide range of systems working along those principles (for instance TIKEVIR). Growing the capacity of reservoirs can be just one solution from the

opportunities, but the mentioned one is a highly accepted technical solution. Keeping back the melted snow and excessive precipitation via coordinated plant management can solve issues like water shortages, and it can also result in growth of underground water level (for further use, during the rest of the year).

The subsidence of the Tisza riverbed further increases the probability of extreme periods of low water. During the last century, the deepening in certain sections exceeded 4 meters.

Because of the dam in Tiszabecs, the extent of impoundage can be felt even in Tiszavárkony, during dry periods. It would be very important to examine the extent of impoundage (regarding the water resources of the Middle Tisza), if a dam were to be built at Csongrád. In Szolnok, and around its area, from the perspective of drinking water security, it would be very important to realise some sort of technical solution like that.

References

- KÖTIVIZIG (2022): *Vízkorlátozási terv*. Szolnok: Közép-Tisza-vidéki Vízügyi Igazgatóság.
- LEHNER, Bernard – DÖLL, Petra – ALCAMO, Joseph – HENRICH, Thomas – KASPAR, Frank (2006): Estimating the Impact of Global Change on Flood and Drought Risks in Europe: A Continental, Integrated Analysis. *Climatic Change*, 75, 273–299. Online: <https://doi.org/10.1007/s10584-006-6338-4>
- OVF (2017): *Nemzeti Vízstratégia*. Budapest: Országos Vízügyi Főigazgatóság. Online: www.kormany.hu/download/6/55/01000/Nemzeti%20V%C3%ADzstrat%C3%A9gia.pdf
- PÁLFAI, Imre (1992): Aszályok a Tisza-völgyben. In FEJÉR, László – KAJÁN, Imre (eds.): *Mérlegen a Tisza-szabályozás*. Budapest: MHT-OVF. 33–40.
- RÓZSA, Helga (2023): *A Tisza folyó talajvíz-megcsapoló képességének vizsgálata a vezsenyi kanyarban numerikus modellezéssel*. MA thesis. Baja: NKE.
- SOMLYÓDY, László (2011): *Magyarország vízgazdálkodása: helyzetkép és stratégiai feladatok*. Budapest: MTA. Online: http://old.mta.hu/data/Strategiai_konyvek/viz/viz_net.pdf
- SZALAI, Sándor (2009): Drought Tendencies in Hungary and Its Impacts on the Agricultural Production. *Cereal Research Communications*, 37, 501–504.
- SZLÁVIK, Lajos (2006): *A Duna és a Tisza szorításában*. Budapest: Közdok. Online: https://library.hungaricana.hu/hu/view/VizugyiKonyvek_217a/?pg=0&layout=s
- TAMÁS, János (2016): Kihívások az aszálykutatás területén. *Hidrológiai Közöny*, 96(2), 13–20.
- VIZI, Dávid Béla – FEHÉR, János – LOVAS, Attila – KOVÁCS, Sándor (2019): Modelling of Extreme Hydrological Events on a Tisza River Basin Pilot Area, Hungary. *Journal of Environmental Geography*, 11(3–4), 55–64. Online: <https://doi.org/10.2478/jengeo-2018-0013>

Barina Balázs József¹ 

A fukushimai atomerőműben történt súlyos baleset kezelése

Serious Accident Management Following the Fukushima Disaster

A fukushimai rendkívül súlyos és összetett természeti és civilizációs katasztrófát (nukleáris balesetet) követően a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség kiemelten foglalkozott nukleáris területen a súlyos balesetek megelőzésének, elhárításának lehetőségeivel. A meglévő biztonsági célú eljárások felülvizsgálását elvégezték, és további intézkedések és beavatkozási módok kidolgozását mozdították elő. Hazánkban így kapta meg feladatának a Paksi Atomerőmű Létesítményi Tűzoltósága a pótvízbetáplálás és pótlólagos energiabetáplálás súlyosbaleset-kezelési feladatait, amelyeket a tűzoltóság állománya éves szinten gyakorol az esetleges éles helyzetek gyors és szakszerű elhárítása érdekében. Az elvégzett gyakorlatokon szerzett tapasztalatokat innovatív módon alkalmazzuk a feladatvégrehajtás során. Az elmúlt évtized fejlesztései és a nukleáris területen végzett kárelhárítás vizsgálata olyan fejlesztési lehetőségeket vetítettek előre, amelyek alkalmazását, felhasználását és beépítését a súlyosbaleset-kezelés folyamatába meg kell fontolnunk.

Kulcsszavak: Fukushima, nukleáris baleset, radioaktív szennyezés, súlyosbaleset-kezelés, létesítményi tűzoltóság

After the extremely serious and complex disaster (nuclear accident) in Fukushima, the International Atomic Energy Agency focused on the possibilities of preventing and eliminating serious accidents in the nuclear field. A review of existing security procedures was carried out and the development of additional measures and intervention methods was promoted. In our country, the Facility Fire Department of the Paks Nuclear Power Plant was given the task of handling serious accidents. The fire departments personal practises this procedures on an annual basis in order to quickly and professionally deal with potential emergency situations. We apply the experience gained from the completed exercises in an innovative way during task execution. The innovations

¹ Tűzoltó szerparancsnok, e-mail: bbjkajak@gmail.com

of fire-fighting tools and methods in the last decade and the examination of damage prevention in the nuclear field have projected such development opportunities, which we must consider the apply–use–integrate in the process of serious accident management.

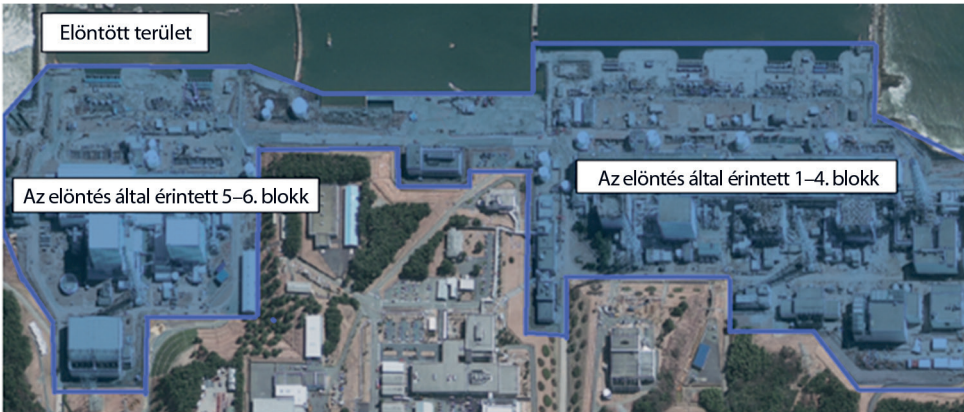
Keywords: Fukushima, nuclear accident, radioactive contamination, severe accident management, facility fire department

Bevezetés

A napjainkban kibontakozó energetikai válság megoldásának egyik módja a hazai energiatermelés növelése akár a fotovoltaiikus, akár a nukleáris kapacitás bővítésével. Mindkét energiatermelési mód rengeteg előnnyel rendelkezik, ugyanakkor számos korlátozó tényezőt is figyelembe kell vennünk alkalmazásukkor. Hazánk villamosenergia-termelése nukleáris alapokon nyugszik, amit jól mutatnak a Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zrt. 2022-es első hathavi adatai. Ezek alapján Magyarországon a nukleárisenergia-termelés részaránya a hazai termelésben 47,51% volt. A jelenleg megvalósítás alatt álló Paks II atomerőművi nagyberuházással az atomenergia részaránya a hazai termelésben tovább nőne. Az atomerőművekkel kapcsolatban a folyamatos energiaellátás biztosításán túl a biztonság a legfontosabb célkitűzés. Egy nukleáris létesítmény életciklusa során a lakosság és a munkavállalók sugárterhelése mindenkor az előírt határértékek alatti és az észszerűen elérhető legalacsonyabb legyen. Ezt biztosítanunk kell a tervezési alaphoz tartozó üzemzavarok és amennyire csak lehetséges a tervezésen túli üzemzavarok és a balesetek következtében fellépő sugárterhelések esetén is. Ahhoz, hogy az atomenergia alkalmazása során az elvárható legmagasabb szintű biztonságot érintő követelményeknek megfelelhessünk, elemeznünk kell a nukleárisenergia-termelés több mint 70 éves történetének meghatározó eseményeit, amelyek tanulságait alkalmaznunk kell mind az üzemeltetéskor, mind a megelőzéskor és a súlyos balesetek kezelésekor. A súlyosbaleset-kezelésre valós példát az Ines 7-es besorolású fukushimai atomerőművi baleset nyújt, amely megalapozta a nemzetközi programokat és a hazai súlyosbaleset-kezelési eljárásokat.

Fukushima előzményei

Mint tudjuk, a fukushimai atomerőművi balesetet a tohokui Richter-skála szerinti 9-es erősségű földrengés, majd az ennek következtében kialakuló, az erőmű területén a partokat elérő, közel 15 méteres szökőár okozta. A földrengés következtében a Daichii atomerőmű addig üzemelő reaktorai az automatikus védelem működésbe lépésének hatására leálltak, az erőmű blokkjai nem termeltek villamos energiát, a rendkívüli erősségű rengés megsemmisítette az országos villamos hálózat távvezetékrendszerét. A földrengést követően a villamos betáplálás kiesése miatt azonnal beindultak a zóna vészhűtését és a megfelelő áramellátást biztosító dízelgenerátorok.



1. ábra: Elöntés

Forrás: a szerző szerkesztése SEKIMURA 2011 alapján

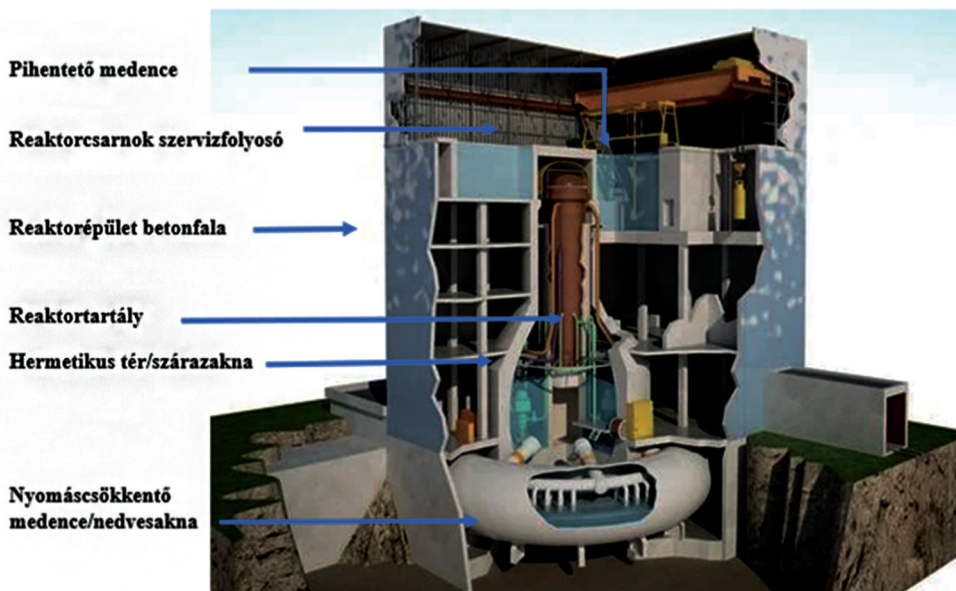
A generátorok indulása után hozzávetőlegesen 15 perccel érkező cunami átlépve az erőmű védelmére emelt gátrendszeren, elöntötte az alacsonyabban fekvő dízelgenerátor épületeit. Az 1. ábra az erőmű elöntött területeit mutatja. A bezúduló nagy mennyiségű sós víz a villamos biztonsági rendszer jelentős részét használhatatlanná tette. Korábban áttelepítettek egy nagy teljesítményű dízelgenerátort, amely meglévő üzemanyaga elfogyásáig képes volt megfelelő villamos „betáp” biztosítására a reaktorok hűtésének fenntartásához. Az összetett természeti katasztrófa következtében azonban sem külső villamos betáplálást, sem a dízelgenerátor működéséhez szükséges üzemanyagot nem sikerült a katasztrófa helyszínén biztosítani. Így sodródott a fukushimai 1–2–3-as blokk a lassan elkerülhetetlenné váló „nagyon súlyos reaktorbaleset” felé, a reaktorok aktív üzemzavari hűtőrendszerei villamos energia hiányában üzemképtelenné váltak.² A reaktorokban található üzemanyag hőmérséklete növekedésnek indult, ami zónaolvadáshoz vezetett, az olvadt üzemanyagmassza pedig kilyukasztotta a reaktortartályok alját. Az izzó fémek és az átforrósodott beton az elforralt hűtővizet hidrogénre és nagy valószínűséggel szén-monoxidra bontotta. A hidrogénrobbanások által érintett blokkok szerkezete jelentősen károsodott. A reaktorblokkokon kívül a káresemény a kiégett fűtőelemeket tároló medencéket is érintette, ahol a hűtés megszűnése és a medencefalak sérülése miatt a kiégett fűtőelemek egy része károsodott, és radioaktív anyagok kerültek a vízbe és a levegőbe.

A nukleáris baleset

A három reaktorban fejlődő hő forralni kezdte a reaktortartályban a hűtővizet, ezért folyamatos nyomásemelkedés következett be, és a vízszint csökkenni kezdett. A fejlődő gőzt a reaktortartály alatt körbefutó, kondenzációs kamrában lévő vízen átbuborékolatva igyekeztek

² World Nuclear Association 2023.

kondenzálni. Ezzel időszakosan megakadályozták nyomás további növekedését, és sikerült az aktív zónát hűteni, de a reaktortartályból így elvont hő a reaktor közvetlen környezetében maradt. A hőmérséklet-különbség kiegyenlítődsét követően a „passzív” hűtés is megszűnt, ezért az aktív zóna hőmérséklete és nyomása újra emelkedni kezdett. Az üzemzavari dízelgenerátorok működésből való kiesése miatt csak az akkumulátortelepről üzemeltetett berendezések maradtak működőképese. Az akkumulátorok kimerülésével, órákkal később ezek is leálltak.³



2. ábra: A reaktorpépület metszete

Forrás: a szerző szerkesztése DOBOR–KOSSA–PÁTZAY 2017 alapján

A reaktorok aktív hűtését a baleset követően a helyszínrre érkező mobil szivattyúk és aggregátorok segítségével kísérelték meg kilenc órával később. A nem megfelelő hűtés miatt a reaktorok vízszintje vésszen lecsökkent, az aktív zóna hőmérséklete jelentősen megemelkedett, a reaktorok nyomása kritikus szintre ért.⁴ Becslések szerint az 1. reaktor aktív zónájának hőmérséklete 6 órával a földrengést követően a 2800 °C-ot is elérhette, „teljes zónaolvadás következett be”, a zónaolvadék átégte a reaktortartályt. Azért, hogy megakadályozzák a hermetikus tér falának átlukadását, a tűzoltó technika segítségével vizet szivattyúztak be. Sajnos a beavatkozás nem járt sikerrel, a konténment fala megnyílt, és nagy mennyiségű légnemű radioaktív szennyezés, valamint a több tonna beszivattyúzott hűtővíz nagy része jutott a szabadba. A Japán Atomenergia Ügynökség információi alapján az 1. reaktor üzemyaga

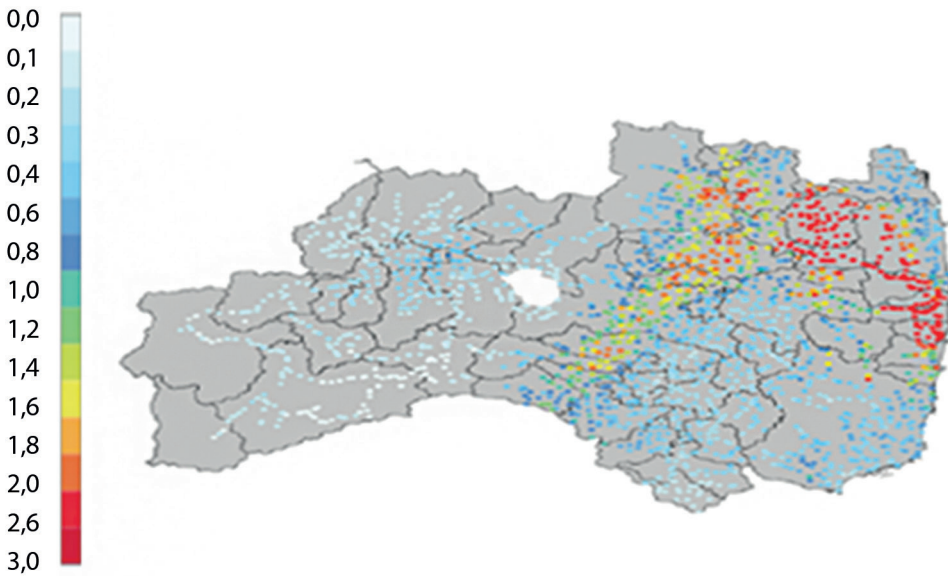
³ International Atomic Energy Agency 2015.

⁴ DOBOR–KOSSA–PÁTZAY 2017: 84–98.

a hűtés leállítását követő ötödik órában teljes mértékben megolvadt, a kettős reaktorban 77, a hármasban pedig 44 órával a hűtés megszűnését követően zajlott le ugyanez a folyamat.⁵

Következmények

A balesetet követően jelentős mennyiségű radioaktív izotóp jutott a környezetbe. A radio-nuklidok legjelentősebb mértékben a levegőbe kerültek ki, a kibocsátás fő forrása a 2. blokki hidrogénrobbanás volt március 15-én. A rövid felezési idejű nuklidok közül a jód-131 (8 napos felezési idő) került ki legnagyobb mennyiségben, míg a viszonylag hosszú felezési idejűek közül a cézium-137 volt a legmeghatározóbb (felezési ideje 30 év).



3. ábra: Sugárzási szintek Fukushima prefektúrában, 2011. április

Forrás: World Nuclear Association 2023

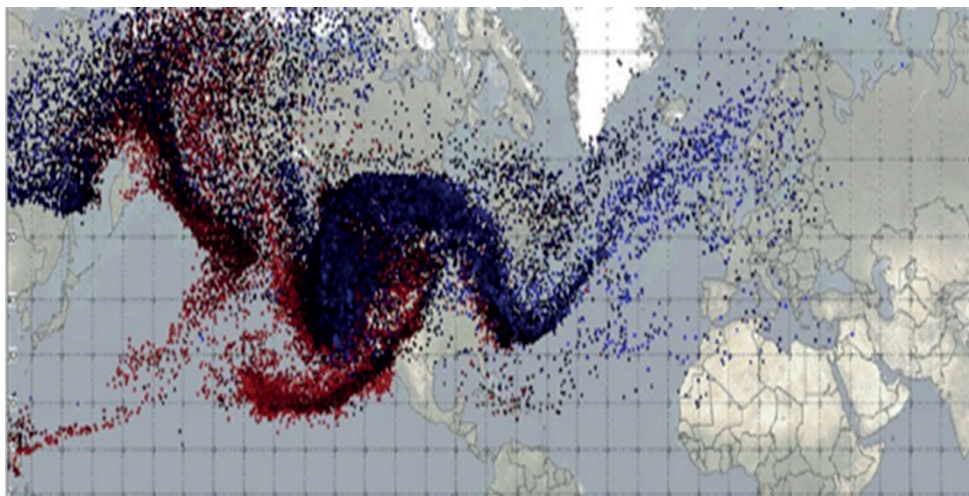
A radioaktív jód a pajzsmirigyben koncentrálódva jelentős helyi sugárterhelést okoz, a cézium-137 bomlásában erős gammasugárzás-kibocsátó, az emberi szervezetbe kerülve nem koncentrálódik meghatározott szervben, biológiai felezési ideje kb. 70 nap. A 3. ábra a 2011 áprilisában a talajsztint felett 1 méter magasságban mért sugárzási szintet mutatja Fukushima prefektúrában. A radioaktív kontamináció közvetetten és közvetlenül is sújtotta Japán lakosságát. A radioaktív anyagok az ökoszisztémába kerülve a táplálékláncban is megjelentek. Elszennyezték a környező vizeket, a termőföldeket és az ott termelt növényeket. A Japánban megtermelt élelmiszerek jelentős hányadában mértek szennyeződést Fukushimától 200 kilo-

⁵ DOBOR–KOSSA–PÁTZAY 2017: 84–98.

méteres távolságban is. Az innen származó élelmiszerek eladását és fogyasztását megtiltották. A baleset az óceánt is jelentős mértékben érintette. A kifogott halak több mint felén sugár-szennyezést mértek, ezért a halászatot is megtiltották Fukushima partjai mentén.

Radiológiai légszennyezés

A balesetet követően hozzávetőleg 200 mérőhelyen mutatták ki a fukushimai atomerőműből származó radioaktivitást. A kiszóródott anyagok a nyugati szelekkel a Csendes-óceán felé sodródtak, aztán pedig Kalifornián és az USA északi részén áthaladva elérték az Atlanti-óceánt, majd Skandináviát. Európában a felhő nagyon lassan keveredett a déli légrétegekkel, ahogy a 4. ábra mutatja.⁶



4. ábra: Radioaktív izotópok terjedése a levegőben

Forrás: LUJANIENÉ et al. 2012

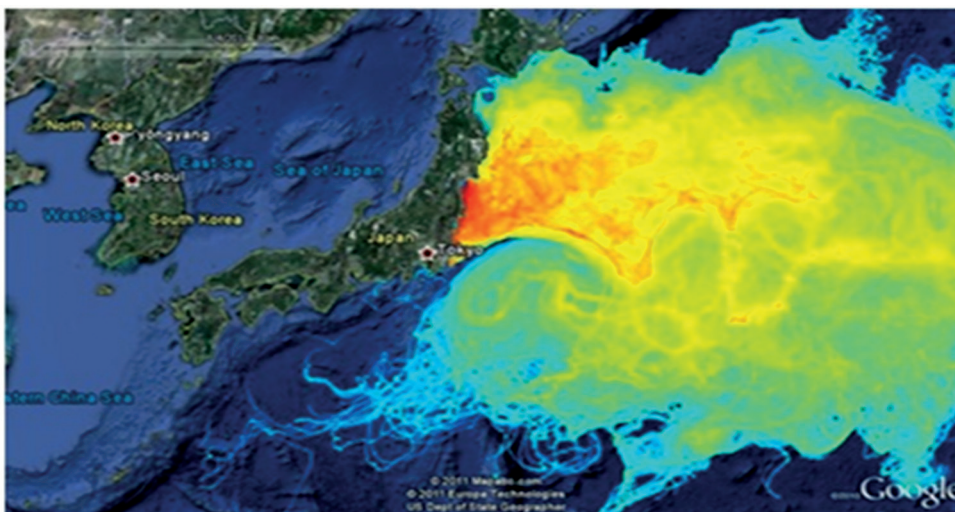
Japántól nyugatra közvetlenül nem jutott jelentős mennyiségű szennyező anyag, a szomszédos Kínát és Koreát pedig csak 3–4 hét múlva, a bolygót megkerülve érte el a fukushimai szennyezés. A Föld déli féltekére a forró égővi erős feláramlásnak köszönhetően szinte nem is jutott szennyezés, ugyanis ez a feláramlás kvázi kettévágja a légkört. A szelek nagyon ritkán fújnak keresztül a hőmérsékleti egyenlítőn, ezért míg a szennyeződés néhány hónap alatt az északi félgömbön egyenletesen terült, a déli félgömbre csak csekély mennyiségben jutott. Hazánkban a lakosság által Fukushima miatt elszennyezett többletdózis az egészségügyi határérték mindösszesen 0,03 százaléka volt.⁷

⁶ LUJANIENÉ et al. 2012: 71–80.

⁷ MÉSZÁROS–LEELŐSSY–KOVÁCS 2016.

Élővizek elszennyezése

A balesetet követően nagy mennyiségű radioaktív anyag került a tengervízbe, amely az áramlatokkal a Csendes-óceán szinte minden pontjára eljutott. Ezt szemlélteti az 5. ábra. A Nemzetközi Atomenergia Ügynökség szakemberei arra számítottak, hogy a tengerfenéken még évtizedekig kimutatható lesz a szennyeződés, de napjainkra kiderült, hogy az üledékképződés következtében a radioaktív lerakódás egyre mélyebbre kerül. A reaktorból származó, erősen radioaktív cézium-137-et vizsgáló amerikai és japán kutatók mérései nem közvetlenül az óceánban, hanem a tengerpart mentén kialakuló sós víz és szárazföldi talajvíz keverékéből kialakuló brakkvízben mutatták ki a legmagasabb értékeket.



5. ábra: A szennyezés terjedése a Csendes-óceánon, 2012. március 2.

Forrás: Woods Hole Oceanographic Institution 2022

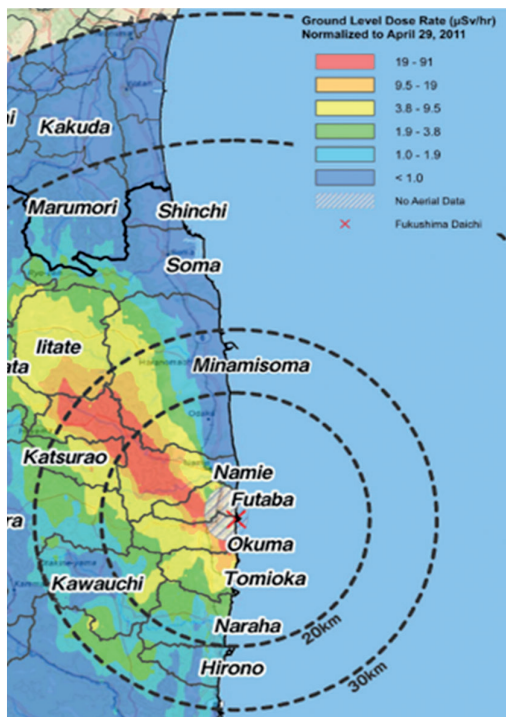
Itt a baleset helyszínétől száz kilométerre magasabb a sugárzó anyag szintje, mint közvetlenül az atomerőmű melletti kikötőben. A kutatók szerint a 2011-es katasztrófa után heteken, hónapokon keresztül az óceáni hullámok a tengerpartra mosták a szennyező anyagot, ahol az a homokon elterülve végül a brakkvíz szintjéig szivárgott le, és lassan szennyezni kezdte mind a talaj, mind az óceán vizét.⁸

Talajszennyezés

Az erőmű balesetét követően a 20 kilométeres biztonsági zóna kitelepítését rendelte el a japán kormány, a 30 kilométeres biztonsági övezetben pedig utasítást adtak ki a lakosság elzárkóztatására. Ezen utasításait a pillanatnyi sugárzási viszonyok ismeretében hozták meg,

⁸ Woods Hole Oceanographic Institution 2022.

amelyeket a 6. ábra szemléltet. A kitelepített övezetben a talaj radioaktív szennyeződését nem csupán a Daiichi erőmű három reaktorának robbanása okozta, bár azok következtében közvetlenül is kerülhettek radioaktív részecskék az erőműtől több kilométeres távolságra is, hanem a szennyeződés ilyen távolságokra jutásához hozzájárultak a robbanások következtében kialakuló tüzek, amelyek füstjének segítségével nagyobb aktivitású részecskék is eljuthattak a helyszíntől jelentősebb távolságra is. A légnemű kibocsátás okozhatta véleményem szerint a legnagyobb távolságokban a szárazföldi szennyeződést, amikor eső formájában elérte a több tíz kilométernyi távolságban lévő lakott területeket, és ott a talajba szivároghva elszennyezte azt.⁹



6. ábra: A kiszóródás iránya és a dózisteljesítmény a 2011-es balesetet követően
 Forrás: *The Situation in Japan 2013*

A tűzoltói beavatkozás

A Fukushima Daiichi atomerőmű balesetét követő tűzoltói beavatkozások közül a 3. blokk pihentető medencéjének óceánvízzel való betáplálását mutatom be, mivel a súlyosbaleset-kezelés és pótvízbetáplálás kérdésköréhez szervesen kapcsolódik, valamint fontos, további

⁹ NOBUMASA et al. 2012.

elemzésekre érdemes kérdéseket és hasznosítható tapasztalatokat nyújt számunkra. Az 1., 2. és 3. reaktorban bekövetkezett robbanást követően az üzemi személyzet képtelenné vált a kialakult helyzet stabilizálására, a már lefektetett tömlővezetékek és üzembe helyezett tűzvízszivattyúk használhatatlanná váltak. A 3. blokki pihentető medence vízszintje nagymértékben lecsökkent, az ott tárolt üzemanyag felszínre került. A reaktor hűtésére és a pihentető medence vízszintjének növelésére bevetett helikopteres vízpótlás hatástalannak bizonyult. Ebben a helyzetben a japán miniszterelnök március 18-án 0 óra 50 perckor elrendelte a tokiói hivatásos tűzoltó egységek bevetését a katasztrófa helyszínén. A beavatkozók kiválasztását és felkészítésüket az utasítás kiadását megelőző napon már megkezdték. A források nagyságrendileg megegyeznek az alkalmazott erő és eszköz méretében, hozzávetőleg 35 tűzoltószér, köztük egy, az 1. ábrán is látható 22 méteres gémszerkezetes vízágyúval szerelt különleges szer, valamint 140 fős állomány vett részt a beavatkozásban.



7. ábra: Tűzoltói beavatkozás

Forrás: <https://photo.tepco.co.jp/en/date/2011/201103-e.html>

Az egységek március 18-án Japán idő szerint hajnali 3 óra körül indultak az úthálózaton 250 kilométerre lévő Daiichi atomerőműhöz. Feladatuk a 3. blokki pihentető medence megtáplálása volt tűzoltótechnikai eszközökkel, sós víz felhasználásával. A feladat végrehajtásához a vízszerség helyén szivattyúkat kellett telepíteni, és több mint 800 méternyi tömlőrendszert lefektetni a földrengés, a szökőár és a robbanások által is érintett területen, valamint a nagy teljesítményű vízágyút szállító különleges szer felállítását is el kellett végezni. A beavatkozás helyszínén, az üzemi területen a körülmények igen mostohák voltak, a természeti csapások és a reaktorrobbanások jelentős mértékben károsították az erőmű területét. A beavatkozók nyilatkozatai alapján a kárhelyszín az előzetesen vártnál is rosszabb állapotban volt. Az úthálózat a földmozgás és a szökőár miatt szinte járhatatlanná vált, ezt tetézte a robbanások következtében fellépő radioaktivitás, amelynek jellemző értéke a beavatkozók mérései alapján 0,4 mSv/óra és 100 mSv/óra között változott. A kikerkező egységek a felderítést és a kárhelyszín felmérését követően a gépjárművel való tömlőfektetést elvetették, a manuális

beavatkozás mellett döntöttek, és kijelölték a tömlőfektetés nyomvonalát. A helyszínen lévő üzemi személyzettől korlátozottan információkat szereztek a sugárzási viszonyokról, amelyek nagy változatosságot mutattak, de a háttérsugárzás mértéke a pihentető medence szabadon lévő kiegészítő fűtőelemei miatt folyamatosan nőtt. A használt védőfelszerelések megegyeztek a rendszeresített védőruházattal, amelyhez feladattól függően teljes légzésvédelmet (légzőkészüléket – légző álarc) vagy szűrő típusú teljes álarcot használtak. A helyszínen személyi dozimétereket és ugyancsak a feladattól függően az üzemi személyzet által is használt Tyvek® védőruhákat kaptak bevetési ruhájuk fölé. Dozimetrikusok segítségével 30 percen határozták meg a maximális bevetési időt, ezért a beavatkozó állományt szakaszokra osztották.

Négy szakasz külön feladatot teljesített, amelyek a következők voltak:

- szivattyúk telepítéséért felelős szakasz;
- tűzoltó technika kezeléséért felelős szakasz;
- tömlők fektetéséért felelős szakasz;
- a beavatkozók biztonságáért felelős szakasz.

A beavatkozást a megfelelő tervezés, nyomvonal-kijelölés, a 8. ábrán látható telepítési helyek, védőruházat, személyi védőeszközök, sugárzási viszonyok meghatározása miatt március 18-án sötétedést követően tudták csak megkezdeni, ezért a munkakörülmények még embert próbálóbbak voltak. A nagy méretű, ezért rendkívül nehéz szivattyúk telepítését, amit normál üzemi körülmények között daru segítségével végeznek, ebben a helyzetben a daru összeomlása miatt kézzel kellett végrehajtaniuk.



8. ábra: Kijelölt telepítési és vízszervezési helyek

Forrás: a szerző szerkesztése <https://photo.tepco.co.jp/en/date/2011/201103-e.html> alapján

Az A jelű, 110 mm átmérőjű nyomótömlők fektetése súlyuk miatt (20 méterenként storz kapocssal 19 kg) igen nehézkes és embert próbáló. Sötétedés után a termégyvilágítást a fecskendő fényárbócaival és fejlámpáikkal oldották meg a beavatkozók, az üzemi terület a tűzoltó fényforrások hatókörén kívül teljes sötétségbe borult. Az eltérő, változó sugárzási viszonyok miatt a tömlőfektetést végzők folyamatos mozgásban voltak, az adott munkafolya-

matban éppen részt nem vevőket irányítóik a tűzoltó gépjárműveikbe küldték. A tömlőfektetéssel 18-án 23 óra után végzett az erre kijelölt szakasz. Ezt követően kezdte meg működését a 3800 l/perc teljesítményű vízágyú.¹⁰

A 30 perces váltásokban történő beavatkozást követően a résztvevők teljes ruházatát dekontaminálták. A rendszer kiépítéséért és üzembe helyezéséért felelős állományt március 19-én több mint 13 órás munkavégzés után váltották le. A Tokyo Electric Power Company mérései alapján a tűzoltói beavatkozás sikeres volt, a 3. blokki pihentető medence vízszintjének növelését követően a kárhelyszínen a háttérsugárzás mértéke csökkenni kezdett. Az érintett állomány sugárterhelésének meghatározását dozimetriai mérésekkel és egésztest-számlálással is ellenőrizték, sugársérülést egy beavatkozó sem szenvedett el. A jól kivitelezett beavatkozással sikerült meggátolni a háttérsugárzás nemkívánatos növekedését, valamint a bevált technikai megoldásokat továbbgondolva a többi blokkon a hűtővíz külső pótlását már nem speciális tűzoltó eszközökkel, hanem betonszivattyúk használatával oldották meg. A blokkok megközelítéséhez a roncsolt épületrészek eltávolítására, valamint a közlekedési utak járhatóvá tételére volt szükség.¹¹

A beavatkozás irányításánál a rendőrség, a japán önvédelmi erők (SDF) és a hivatásos tűzoltóság között komoly hatásköri problémák léptek fel, amelyeket csak március 19-én sikerült megoldani, amikor az SDF kapta meg a kárterületen az irányítói szerepet. Fontos kiemelni, hogy a külső vízbetáplálással egy időben a beavatkozás minden résztvevőjének szerteágazó feladatokat kellett ellátni, mivel a káreset nem „csupán” egy atomerőművi súlyos baleset volt, hanem egy összetett természeti katasztrófa is, amelyben több mint 18 ezer fő tűnt el vagy vesztette életét. Úgy gondolom, hogy a kollégák a tőlük elvárható legmagasabb szintű szakmaisággal, példamutatóan teljesítették feladatukat, életük és egészségük kockázatásával.

A 1. táblázatban igyekeztem összegezni az általánostól eltérő beavatkozást nehezítő körülményeket és a megoldásuk érdekében tett intézkedéseket, hogy a későbbiekben üzemvitel-segítő tevékenységekkor, gyakorlatok vagy beavatkozások alkalmával felhasználhassuk őket.

1. táblázat: Beavatkozást hátráltató tényezők és megoldási intézkedések a beavatkozók nyilatkozatai alapján

Beavatkozást hátráltató tényező	Megoldási intézkedés
Bevetési ruházat felületi szennyeződése	Tyvek ruha használata
Magas felületi szennyezettség	Beavatkozás közbeni és azt követő dekontaminálás
Hosszan tartó intenzív fizikai igénybevétel	Szűrő típusú légzésvédelem alkalmazása
Eltérő dózisteljesítményű terek váltakozása	Folyamatos dozimetriai felügyelet
Magas dózisteljesítmény	Bevetési idő csökkentése, járművek árnyékoló hatásának kihasználása
	Útvonal megválasztása mérésekre alapozva
Üzemi részről szakemberhiány	A beavatkozó állomány teljesítse dozimetriai feladatait megfelelő eszközlátottság esetén
Gépjárművel járhatatlan utak	Manuális beavatkozás megfelelő beavatkozó létszám esetén

Forrás: a szerző szerkesztése

¹⁰ SATO 2011.

¹¹ Nuclear and Radiation Studies Board 2014.

A súlyos baleset után tett intézkedések

A fukushimai 2011-es összetett természeti katasztrófát és nagyon súlyos atomerőművi balesetet követően az Európai Bizottság stresszteszt végrehajtását írta elő az atomerőművekkel rendelkező tagállamoknak, ezért Magyarországon az Országos Atomenergia Hivatal (OAH) összeállította nemzeti jelentését. Az OAH vizsgálatai alapján sem a földrengés, sem a külső elárasztás, a Duna alacsony vízszintje vagy szélsőséges időjárás nem vezethet nukleáris veszélyhelyzet kialakulásához. Nem azonosítottak olyan rendszert vagy rendszerelmet, amely a zónasérülés kockázatához a jelenleg is alkalmazott biztonsági és felügyeleti rendszerek mellett kiemelkedően hozzájárulna.

Az atomerőmű telephelyének létesítésekor nem tervezték földrengés és szélsőséges időjárási körülmények közötti igénybevételekre, ezért az erőmű szeizmikus ellenálló képességének minősítése sem történt meg. Ennek kivizsgálását csak jóval később, a '90-es években végezték el. A vizsgálat arra jutott, hogy a primerkörü fővezetékek a szimulált (feltételezett) földrengés során nem sérülnének, ugyanakkor a külső villamos energia és sóatlan víz betáplálási lehetősége legalább 72 órán át nem állna rendelkezésre. A vizsgálat eredményeinek hatására építették ki a technológiai viszkózus rezgéscsillapítókat, erősítették meg az üzemzavari zónahűtőket és a hermetikus tér nyomáscsökkentő rendszereit. Azonban a villamos betáplálás szempontjából kiemelkedően fontos dízelgenerátorok és hármas biztonságvédelmi rendszereik kiesése nem volt része az erőmű tervezési alapjának. A villamos betáplálás végső tápforrásai az akkumulátortelepek voltak, amelyek kapacitása révén a legnagyobb terhelés mellett is fenntartható ugyan a biztonsági fogyasztók működőképessége, de ennek időtartama legfeljebb hozzávetőleg 3,5 óra.¹²

Súlyosbaleset-kezelés (SBK) folyamata a Paksi Atomerőműben

A célzott biztonsági felülvizsgálat eredményeképpen a villamos betáplálás teljes kiesésének elkerülését az SBK-dízelgenerátorok biztosítják, amelyek tárolására egy földrengésbiztos épületet alakítottak ki. A generátorok működésének célja a súlyosbaleset-kezelés során a szükséges mérőrendszerek, valamint a térfogat-kompenzátor, a lokalizációs torony ürítő és a hermetikus tér leeresztő szelepeinek működtetése. A BESZ külön a generátorok szállítására rendszeresített egy vontató gépjárművet, amelynek segítségével a tűzoltóság az előre kiépített külső villamos betáplálási pontokhoz vontatja őket. Az atomerőmű biztonsági hőelnyelő funkciókat ellátó és fenntartó rendszerei hivatottak felügyelni és megelőzni a hőelvezetés megszűnését.

¹² Országos Atomenergia Hivatal 2011.



9. ábra: SBK-dízelgenerátor vontatása

Forrás: a szerző felvétele

Külső hűtőközeg betáplálásakor olyan alternatív vízforrásokat használunk fel, amelyekből mobil eszközökkel biztosítani lehet a megfelelő hűtővízmennyiséget a kiépítésenként kiépített csatlakozási pontokon keresztül a gőzfejlesztőkbe. A modellezett rendkívüli esemény feltételezése az, hogy az erőmű biztonsági hőelnyelő funkcióit fenntartó rendszerei, (a biztonsági hűtővízrendszer, a sóatlanvíz-rendszer, az üzemzavari tápvízrendszer, a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer és a pihentető medence hűtőrendszere) nem képesek biztosítani a megfelelő hőelvezetést, ezért kiváltásukra egyéb külső betáplálás szükséges. A hosszú távú hőelvitel a gőzfejlesztőkön keresztül a kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer betápláló vezetékének csatlakozási pontjain keresztül valósul meg. A konténment pótvízzel való megtáplálására a gőzfejlesztőkön kialakított lefúvató szerelvényeken keresztül van lehetőség. A felhasznált tűzoltó technikai eszközöket egy 7,5 tonnás emelőhátfalas tehergépjárművön, amely a 10. ábrán látható, és egy utánfutón helyezték el.¹³



10. ábra: SBK-tehergépjármű és máházott eszközei

Forrás: a szerző felvétele

¹³ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2016.

Az Atomerőmű Tűzoltóság szerepe a súlyosbaleset-kezelésben

Az Atomerőmű Tűzoltóság elsődleges tűzoltási és műszaki mentési tevékenységén túl a paksi atomerőműben ellátja a nukleáris baleset elhárításáért felelős elsődleges beavatkozó szerepét is. A tűzoltóság egyes szolgálati csoportjai (A, B, C) éves szinten vesznek részt súlyosbaleset-kezelési gyakorlaton, amelynek célja a gőzfejlesztők, valamint szükséges esetben a hermetikus tér és a lokalizációs rendszer alternatív víznyerő helyről való, külső hűtőközeg betáplálásának biztosítása tűzoltótechnikai eszközökkel. A gyakorlat során a Baleset-elhárítási Szervezet (BESZ) rendkívüli esemény következtében kialakult állapotot szimulál, amelynek következtében a normál és biztonsági hűtővízrendszer egyaránt alkalmatlanná válik a megfelelő mennyiségű hűtővíz biztosítására. Ezért az Atomerőmű Tűzoltóság állománya a BESZ részeként mobil eszközökkel közvetlenül a Duna folyóból, a kiépítésenként meglévő sótalan víztartályokból vagy az erőmű déli oldalán található halastavakból hűtővizet szállít a kiépítésekben speciálisan erre a célra kialakított kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer csatlakozási pontjaihoz. A gyakorlatot egymást követő három napon hajtják végre, ilyenkor a tűzoltóság mindhárom szolgálati csoportja, a BESZ által beriasztott ügyeletes tűzoltói állomány, valamint a paksi hivatásos tűzoltóság tagjai teszik meg a szükséges lépéseket a potenciális nukleáris veszélyhelyzet kezelésére. A gyakorlat lebonyolítása évente más napszakban és időjárási körülmények között történik.¹⁴ A külső hűtőközeg-betáplálás eszközei és azok tulajdonságai a 2., 3. és 4. táblázatban láthatók.

2. táblázat: Rosenbauer Fox III kismotorfecskendő műszaki paraméterei

Rosenbauer FOX III kismotorfecskendő 4 db	Tulajdonságai
szivattyú	egylépcsős, manuálisan kapcsolható
méretei	923 x 642 x 845 mm
tömege üzemkészen	166 kg
térfogatáram 3 m szívómélységgel	1 000 l/perc 15 bar 1 650 l/perc 10 bar 2 100 l/perc 4 bar
térfogatáram 7,5 m-es szívómélységgel	1 000 l/perc 8 bar 900 l/perc 10 bar

Forrás: a szerző szerkesztése

3. táblázat GXV390 PH-C2/1500 úszószivattyú műszaki paraméterei

GXV390 PH-C2/1500 úszószivattyú 2 db	Tulajdonságai
szivattyú	egylépcsős
méretei	1030 x 730 x 500 mm
tömege üzemkészen	53 kg
térfogatáram ráfolyással	1 540 l/perc 2,5 bar

Forrás: a szerző szerkesztése

¹⁴ Atomerőmű Tűzoltóság 2018.

4. táblázat: Egyéb málházott tűzoltó-szakfelszerelések

Felszerelés megnevezése	Málházott mennyiség (db)
AWG A-110 lábszelepes szűrőkosár	4
AWG A-110 szívótömlő 2 m-es	16
„A” nyomótömlő 20 m-es	100
„B” nyomótömlő 20 m-es	100
AWG kapocspárkulcs	8
AWG föld feletti tűzcsapkulcs	4
A-B áttétkapocs	6
A-2B gyújtó	4

Forrás: a szerző szerkesztése

A külsőhűtőközeg-betáplálás kivitelezéséhez a megtáplálni szükséges csatlakozási pont ismeretén túl meg kell határozni az elsődleges vízszervezési helyet, hiszen ennek függvényében kell kiépíteni a tömlőrendszert és üzemeltetni az eszközöket. A mérlegelés meghatározó szempontjai a távolság, vízmennyiség, megközelíthetőség, és a vízminőség. A tűzoltóság átlományának, valamint a baleset-elhárítás szakembereinek rövid időn belül rendelkezniük kell a szükséges információkkal, hogy meghatározhassák a tömlőfektetés nyomvonalát és a mobil rendszer kiépítését. A szivattyúk és tömlőrendszer megtelepítése időbe telik, és éles radiológiai veszélyhelyzetben annak áttelepítése jelentős idővesztéssel járna. A külsőhűtőközeg-betáplálás elrendelésekor meg kell határozni a víznyerési helyet, annak függvényében, hogy melyik kiépítésre kell telepíteni a hűtőközeg biztosítására szolgáló eszközöket.¹⁵

A kiválasztás elsődleges szempontjai többek között:

- vízminőség;
- vízmennyiség;
- távolság;
- megközelíthetőség;
- súlyos baleset esetében a szempontokat bővítik:
 - szennyezés iránya és kiterjedése;
 - dózisteljesítmény.

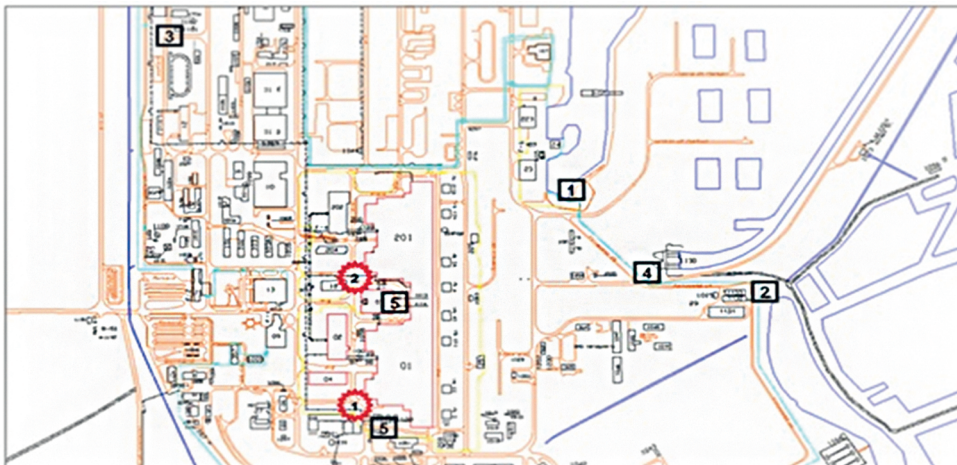
5. táblázat: A Paksi Atomerőmű alternatívhűtőközeg-betáplálásának víznyerő helyei

Vízszervezési hely	Vízutánpótlás
1000 m ³ sótanvíz-tartályok I–II kiépítés	korlátozott vízmennyiség betáplálás függő
600 m ³ tűzvíztároló	korlátozott vízmennyiség betáplálás függő
hideg vizes csatorna	gyakorlatilag korlátlan
meleg vizes csatorna	erőmű működése közben gyakorlatilag korlátlan
halastavak	gyakorlatilag korlátlan

Forrás: a szerző szerkesztése

¹⁵ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019; ANTAL 2020: 5–15.

Az atomerőműben a technológiai és épületszerkezeti sajátosságokhoz és a kivitelezési lehetőségekhez igazodva két helyen helyezték el a pótvízbetáplálás csatlakozási pontjait: az I. kiépítés 1-es és a II. kiépítés 3-as blokki lokalizációs tornyának déli falánál találhatóak. A 11. ábrán a víznyerési helyeket és a betáplálási pontokat tüntették fel.



Vízkivételi helyek: 1. Vízkivételi mű 2. Halastó (Kondor tó) 3. Tűzvíztároló (600 m³) 4. Meleg vizes csatorna 5. 01-02WP30.30.34B001

Csatlakozási pontok: 1. I. kiépítés 1. blokk lokalizációs torony déli oldalfal akna lejáró
2. II. kiépítés 3. blokk lokalizációs torony déli oldalfal akna lejáró

11. ábra: Víznyerési helyek és külső vízbetáplálási pontok

Forrás: ANTAL 2020

A tűzoltógyakorlat végrehajtása

A gyakorlat célja az I-es és a II-es kiépítés alternatív hűtőközeg-betáplálási nyomvonalának kiépítése és a munkafolyamat begyakorlása, a szükséges feladatok végrehajtását, annak normáidejét a BESZ ellenőrzi. A rendszer folyamatos üzemeltetése, felügyelete és az üzemanyag biztosítása a beavatkozó állomány részére összetett feladat. Az eszközök telepítését a szolgálatban lévő erőműves, a paksi hivatásos tűzoltóság és a beérkező ügyeletes tűzoltóállomány hajtja végre, a telepítési normaidő az elrendeléstől számítva 120 perc.¹⁶

Először a kiválasztott víznyerő helyre vonulás történik meg, majd a kiválasztott vízforrásra kismotorfecskendő telepítése zajlik. Nyílt vízforrásról való felszíváskor úszómotoros szivattyú elhelyezésére is lehetőség van. A szivattyú telepítése alatt nyomótömlők fektetésére kerül sor. A nyomvonalon nyomásfokozás céljából újabb kismotorfecskendőt építünk a rendszerbe, hogy a megfelelő vízmennyiség és a szükséges nyomás a csatlakozási pontokon rendelkezésre álljon. A szükséges nyomás és vízmennyiség ellenőrzése még a végpontok előtt megtörténik. A szituációs gyakorlat befejezését követően értékelik és dokumentálják azt. A végrehajtás során

¹⁶ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019; ANTAL 2020: 5–15.

szerzett tapasztalatokat, mérési adatokat a továbbiakban a biztonság fokozására és a hatékonyság növelésére használjuk fel.

A vízforrás várható kimerülését 3 órával megelőzően ki kell választani a megfelelő alternatív vízforrást, hogy megfelelően alkalmazkodni lehessen a körülményekhez.

A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer és külsőhűtőközeg-betáplálás kapcsolata

A technológia megfelelő működéséhez üzemelő blokkoknál a tápvízrendszer folyamatos hűtőközeg-betáplálást lát el. A normál üzemi tápvízrendszer meghibásodása esetén szerepét az üzemzavari tápvízrendszer veszi át, amely minden blokkon rendelkezésre áll (két darab üzemzavari tápszivattyú). Áramellátásuk a dízelgenerátorok által az üzemi betáplálás elvesztése esetén is biztosított. A tápvízszivattyú 65 m³/óra maximális vízszállítással működik, 60 baros üzemi nyomáson. A remanens hő elvezetéséhez szükséges tápvízigény hozzávetőleg 60 m³/óra, ebből látható, hogy egy tápvízszivattyú is képes a szükséges vízmennyiséget biztosítani. Az atomerőműben alkalmazott többszintű védelmi tervezésnek köszönhetően az üzemi és üzemzavari tápvízrendszer meghibásodása esetén is rendelkezésre áll az üzemzavari tápvízrendszer, amely a gőzfejlesztők elégséges tápvízellátását biztosítja. A kiegészítő üzemzavari tápvízrendszer független útvonalon juttat vizet a gőzfejlesztőkbe, ehhez három sótalan víztartály és blokkonként két kiegészítő üzemzavari tápvízszivattyú áll rendelkezésre. A sótalan víztartályok 1000 m³-esek, minimális vízszintjük szigorúan szabályozott, közös ponton csatlakoznak az adott kiépítés mindkét KÜTR rendszerére. A külső hűtőközeg-betáplálás, az utolsó pótvízbetáplálási lehetőség akkor szükséges, ha az üzemi, üzemzavari és a kiegészítő üzemzavari tápvíz szivattyúi valamilyen okból képtelenek a gőzfejlesztők megfelelő vízbetáplálására.¹⁷

A súlyosbaleset-kezelési eljárás során alkalmazott külső hűtőközeg-betápláláskor legalább egy üzemzavari, vagy kiegészítő üzemzavari tápvízszivattyú teljesítményét kell kiváltanunk.

6. táblázat: Mérési eredmények, 2019. február 20.

Vízszerezési hely	Szállított folyadék mennyisége és nyomás
Kondor halastó-1. blokk hosszabb ág	1250 liter/perc ~13 bar
Kondor halastó-3. blokk rövidebb ág	1480 liter/perc ~7 bar
Meleg vizes csatorna-1. blokk hosszabb ág	1100 liter/perc ~10 bar
Meleg vizes csatorna-3. blokk rövidebb ág	1570 liter/perc ~10 bar

Forrás: a szerző szerkesztése

A mérési eredményekből kiszámítható, hogy a kismotorfecskendők által szállított vízmennyiség óránként meghaladja a tápszivattyúk által szállított 65 m³/órát, ezért alkalmasak tápszivattyúk időszakos kiváltására, a szükséges hűtővízmennyiség biztosítására.

¹⁷ MVM Paksi Atomerőmű Zrt. 2019; ANTAL 2020: 5–15.

A gyakorlatok végrehajtása során tapasztalt nehézségek

A fejezetben igyekeztem a munkatársaim segítségével összeszedni azokat a gyakorlatok végrehajtása szempontjából hátráltató tényezőket, amelyek fontos tapasztalatokkal szolgálhatnak egy tényleges beavatkozás sikeres kivitelezéséhez.

7. táblázat: Beavatkozást hátráltató tényezők és megoldási intézkedések

Gyakorlat végrehajtását hátráltató tényező	Megoldási intézkedések	Tapasztalatok, javaslatok
Feladat végrehajtása korlátozott látási viszonyok között (éjszaka)	Térmegvilágítás, fejlámpák alkalmazása	További mobil térmegvilágító eszközök beszerzése javasolt
Szivattyúk telepítése meredek rézsűn	Vízszintes telepítési pont kialakítása kézi eszközökkel	Állandó, lépcsőzetes telepítési helyek kialakítása javasolt
Duna alacsony vízállása	Szivattyúknak az előzetesen kijelölnél mélyebbre telepítése	A szivattyúk megfelelő elhelyezésére pontonok telepítése javasolt
Alacsony vízszint miatti megnövekedett szívómagasság és teljesítménycsökkenés, szűrőkosár íszapba merülése, üzemanyag-fogyasztás jelentős növekedése	Szivattyúknak az előzetesen kijelölnél mélyebbre telepítése, magasabb fordulaton való üzemeltetése	A szivattyúk megfelelő elhelyezésére pontonok telepítése javasolt
Szivattyúk áthelyezése, mélyebbre telepítése	Tűzoltói létszám átcsoportosítása	Szivattyúk megfelelő, szakszerű telepítéséhez nagyobb létszám biztosítása
Megnövekedett szívómagasság, megnövekedett fogyasztás az első szivattyúnál	Üzemanyag-utánpótlás biztosítása	Szivattyú kiváltásának biztosítása
Tűzvízfelszívó vezeték tömítetlensége	Tömítőgyűrű alkalmazása	Nagy méretű tömítőpalást, tömítőgyűrűk málházása

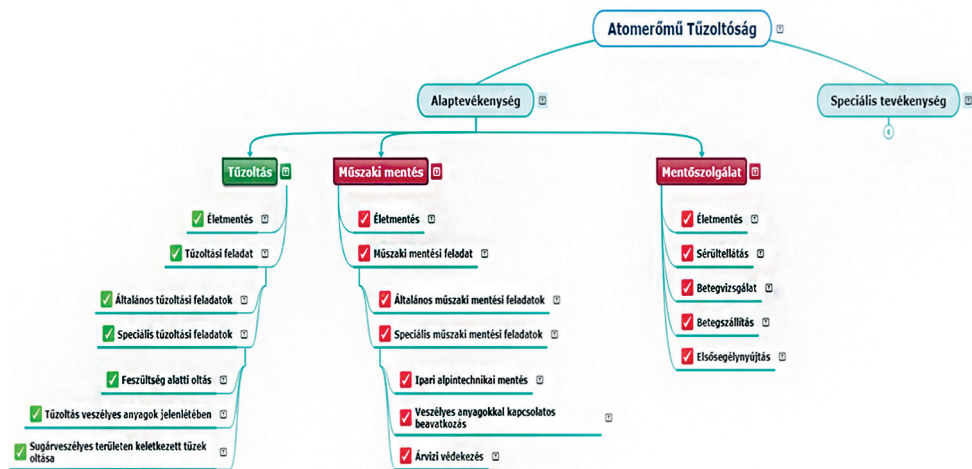
Forrás: a szerző szerkesztése

Súlyosbaleset-kezelés és az elsőbeavatkozás kapcsolata

A súlyosbaleset-kezelés keretében megvalósítandó pótlólagos energiabetáplálás és pótvízbetáplálás az utolsó védelmi vonalat jelenti, mivel alkalmazásukat követően jelenleg nem áll rendelkezésünkre olyan beavatkozási mód, amely a technológiai leállás biztonságát szavatolná. Mire e beavatkozásokra sor kerül, addig az összes technológiai védelmi lehetőséget kimerítettük, mind a létfontosságú fogyasztók folyamatos energiaellátása, mind a biztonsági hűtővízrendszer hőelvonó képességének megőrzése terén.¹⁸ Az SBK-generátorok mozgatása méretüknél fogva csak jó terepjáró képességű speciális vontatójárművel valósítható meg. A pótvízbetáplálás rendszerét manuálisan kiépítették. Nagy előnye, hogy a végrehajtáshoz nem feltétlenül szükséges hordozójármű, megfelelő tűzoltói létszám esetén kézi erővel is kivitelezhető. Tűzoltói beavatkozások tervezésekor azonban figyelembe kell vennünk, hogy elsődleges feladatunk az élet védelme, mind a sérült, bajba jutott személyek, mind a népesség, mind a saját állomány esetében. A tűzoltóság által végzett feladat nagyon komplex

¹⁸ International Atomic Energy Agency 2019.

alaptevékenység, amely esetünkben különleges feladatellátással, speciális tevékenységekkel is kiegészül, ezt a 12–13. ábra szemlélteti.



12. ábra: Az Atomerőmű Tűzoltóság alapfeladatai

Forrás: a szerző szerkesztése



13. ábra: Az Atomerőmű Tűzoltóság speciális tevékenysége

Forrás: a szerző szerkesztése

Mivel a szolgálati létszám az év minden napján azonos, egy súlyos baleset bekövetkezésének megelőzésekor is számos alapfeladat ellátását kell elsődlegesen elvégeznünk, ami a napi szolgálat lehetőségeit jelentősen meghaladhatja. Ilyen lehet a tömeges életmentés, a nagy létszámú sérült személyek felkutatása, mentése, a több helyszínen keletkezett tüzek feszültség alatti oltása, a műszaki mentés. Ekkor tűzoltásvezetőként lehetőségünk van az ügyeletes létszám és a hivatásos tűzoltóegységek riasztására, akik rövid időn, maximum egy órán belül az erőmű területére érnek. Amennyiben szükséges, az atomerőmű teljes tűzoltói állománya beriasztható

öt órán belüli beérkezési idővel. A létszám nyújtotta lehetőségek teljes kiaknázása biztosítja az életmentési, a lakosságvédelmi és az összetett beavatkozási feladatok ellátását, amelyekkel egyidejűleg vagy azt követően felkészülhetünk a súlyosbaleset-kezelési feladatok ellátására. Mint az az elmúlt évtizedek atomerőművi baleseteinek tapasztalataiból leszűrhető, a sikeres kárfelszámoláshoz, a katasztrófák következményének csökkentéséhez már a beavatkozás kezdeti szakaszában elengedhetetlen a megfelelő erő- és eszközellátottság.

A pótvízbetáplálás fejlesztésének lehetőségei

Mint az előző fejezetekből látható, a pótvízbetáplálás egy jórészt manuálisan, kézi tömlőfektetéssel, majd -felszedéssel, normál tűzoltó tekercestömlők és tűzoltó szakfelszerelések használatával végrehajtott beavatkozás, amelyet az atomerőmű tűzoltóság állománya az évi rendszerességgel végrehajtott gyakorlatok alkalmával sokszorosán kivitelezett. Megfelelő létszám bevonásával minden évszakban és időjárási viszonyok között végrehajtható. Azonban számolnunk kell olyan időjárási és egyéb extrémításba hajló körülményekkel, amelyek gyakorlatok alkalmával nem szimulálhatók, hiszen bekövetkezésük valószínűsége évtizedes távlatokban is igen csekély. Ilyen lehet a földrengés, robbanás következményeként lezajló épületösszeomlás, -romosodás, törmelékhalmozódás kialakulása, ami menekülési és felvonulási útvonalakat tehet járhatatlanná, vagy tömlőfektetés céljára használhatatlanná, vagy a hazánkban is ritkán, de előforduló extrém hideg, amely a tűzoltó tekercestömlőket igen érzékennyé teszi a nyomáslökések károsító hatásaira. A hidegben kiömlő és megfagyó víz a tömlők kiváltását nehézkessé és nehezen kivitelezhetővé teszi. Erőművi súlyos baleset következtében pedig kialakulhatnak olyan komoly sugárzási viszonyok, amelyek a beavatkozók létszámának és a beavatkozás idejének minimalizálását követelik meg. E körülményekre való felkészülés különleges eszközöket és felszereléseket kíván, azonban ezek a szakfelszerelések már megtalálhatóak a világpiacon egyéb tűzoltói feladatellátáshoz.

A rendszer egyik alappillére a vízkivétel és megfelelő nyomásértékeket biztosító Rosenbauer kismotorfecskendő, amely a jelenlegi legmagasabb szakmai követelményeknek is eleget tesz. A kismotorfecskendők vízfelvételét a gyakorlati szívómélység határán nagyban megkönnyítheti és az üzembiztonságot is javítaná a megfelelő teljesítményű búvárszivattyúk alkalmazása, ami lehetővé tenné a szivattyúk alacsonyabb fordulaton való tartós üzemeltetését.

A pótvízbetáplálás második alappillére a több mint egy kilométeres hosszban kifektetett A és B jelű tekercestömlőkből álló rendszer, amelyet érdemes lenne nagyobb költségű, de magasabb mechanikai ellenálló képességű, előre szerelt, vegyszerálló tömlőkre cserélni, mivel így a storz kapcsolatoknál nem kellene a fellépő veszteséggel számolni, valamint a homogén tömlőrendszerben csökkenne a súrlódási veszteség is.

A manuális tömlőfektetés kiváltására automatikus tömlőfektető rendszer beszerzésére lenne lehetőség, amely megfelelő terepjáróképességű hordozójárműre telepítve néhány percre rövidítené a tömlőfektetés idejét. A nemzetközi forgalomban megtalálható eszközök egyidejűleg több, akár három sor tömlő kihelyezését teszik lehetővé 50 km/órás sebességgel, maximum 5000 méteres hosszban, a tömlők használatával. A kárfelszámolás végén a kifekte-

tett tömlőmennyiség visszaszedését és mosását is a hordozó járműre szerelt berendezés végzi, amely többrajnyi tűzoltó munkáját képes kiváltani. Az eszköz a 14. ábrán látható gépjárműre és utánfutóra telepítve.



14. ábra: Tömlőfektető rendszer

Forrás: www.fladt-gmbh.de/schlauchverlegesysteme/

Összegzés

Egy atomerőműben csak olyan eseménysorok egymásra hatásának következtében történhet Ines 7-es besorolású esemény, amelyekkel alacsony bekövetkezési valószínűségük miatt sem a tervezési fázisban, sem a biztonságfejlesztési törekvések során nem számoltak, hiszen a biztonságot mindig mértékadó tervezési szintekhez, tervezési eseménysorokhoz kötjük. Fukushima nagyon fontos tanulságokkal szolgált az atomerőművek biztonságának javításához és a súlyos balesetek megelőzésének kidolgozásához, megmutatta, hogy egy rendkívül erős földrengés és az annak következtében kialakuló mértékadó tervezési szinteket jelentősen meghaladó szökőár milyen károkat képes okozni, és az erre adható azonnali válasz milyen korlátozott lehetőségeket vonultat fel, amikor eleve egy nagyon kiterjedt és súlyos kár-eseménnyel kell szembenéznünk. Napjainkban a világ atomerőműveiben olyan technológiai fejlesztések történnek, amelyek jelentősen csökkentik a súlyos balesetek bekövetkezésének valószínűségét. A súlyos balesetek kezelését és megelőzését Fukushimát követően dolgozta ki a Nemzetközi Atomenergia Ügynökség és ültette át a gyakorlatba a Paksi Atomerőmű balesetelhárítási szervezete. Az Atomerőmű Tűzoltóság speciális tevékenységeként a súlyos-baleset-kezelési módszereket a gyakorlatok tapasztalatainak felhasználásával és az eszközöket a közelmúlt nemzetközi fejlesztéseinek beépítésével úgy kell fejlesztenünk, hogy egy súlyos baleset bekövetkezését tovább csökkenthessük, mert Manga, Kátai-Urbán, Vass és Csurgai szerint: „A katasztrófák megelőzésében, azok elleni védekezésben és a bekövetkezésüket követő kárfelszámolásban egyre nagyobb szerepet kapnak a technikai eszközök.”¹⁹

¹⁹ MANGA et al. 2017: 63.

Irodalomjegyzék

- AKIYAMA, Nobumasa et al. (2012): *The Fukushima Nuclear Accident and Crisis Management*. The Sasaki Peace Foundation. Online: www.spf.org/en/global-data/book_fukushima.pdf
- ANTAL Zoltán (2020): A Paksi Atomerőmű súlyos baleset kezelési eljárása keretében alkalmazott külső hűtőközeg betáplálás. In „Iparbiztonsági és Hatósági Szakmai Nap” Tudományos Konferencia. Paks: Tolna Megyei Katasztrófavédelmi Igazgatóság, 5–15. Online: <https://tolna.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2020-04/70644.pdf>
- Atomerőmű Tűzoltóság (2018): Tűzoltási és Kárelhárítási Szakágazat, Üzemzavar elhárításban, Súlyos Baleset-kezelésben, Nukleáris Baleset-elhárításban közreműködés belső szabályzata, ATOMIX BSz-03-AT.
- DOBOR József – KOSSA György – PÁTZAY György (2017): Atomerőművi balesetek és üzemzavarok tanulságai 2. *Hadmérnök*, 12(4), 84–98. Online: www.hadmernok.hu/174_09_dobor.pdf
- International Atomic Energy Agency (2015): *The Fukushima Daiichi Accident*. Technical Volume 3. IAEA. Online: www.iaea.org/publications/10962/the-fukushima-daiichi-accident
- International Atomic Energy Agency (2019): *Accident Management Programmes for Nuclear Power Plants*. Online: www.iaea.org/publications/12378/accident-management-programmes-for-nuclear-power-plants
- LUJANIENĖ, G. et al. (2012): Radionuclides From the Fukushima Accident in the Air Over Lithuania Measurement and Modelling Approaches. *Journal of Environmental Radioactivity*, 114, 71–80. Online: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2011.12.004>
- MANGA László et al. (2017): Pilóta nélküli repülőek a sugárfelderítésben. *Védelem Tudomány*, 2(2), 63–75. Online: www.vedelemtudomany.hu/articles/05-manga-katai-vass-csurgai.pdf
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2016): Átfogó Veszélyhelyzet-kezelési és Intézkedési Terv Végrehajtási Utasítás, ÁVIT-VU 9-v03, 2016.10.05.
- MVM Paksi Atomerőmű Zrt. (2019): Biztonsági Igazgatóság, VFO–Baleset-elhárítás: A gőzfejlesztők súlyos baleseti tápvíz betáplálás biztosításának begyakorlítására végrehajtott módszertani gyakorlat értékelése, 3141-028/2019
- Nuclear and Radiation Studies Board (2014): *Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving Safety of U.S. Nuclear Plants*. National Academies Press. Online: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18294/lessons-learned-from-the-fukushima-nuclear-accident-for-improving-safety-of-us-nuclear-plants>
- Országos Atomenergia Hivatal (2011): *Nemzeti Jelentés – A Paksi Atomerőmű célzott biztonsági felülvizsgálatáról*. Budapest, 2011. 12. 29. Online: www.haea.gov.hu/web/v3/oahportal.nsf/web?OpenAgent&article=news&uid=C1257BDB00510532C125797900356FB3
- MÉSZÁROS Róbert et al. (2016): *Predictability of the Dispersion of Fukushima-Derived Radionuclides and Their Homogenization in the Atmosphere*. Scientific Reports 6. Online: <https://doi.org/10.1038/srep19915>
- SATO, Yasuo (2011): *The Saviors Safely Returned Home From Fukushima Mission*. TEDxSeeds conference, Yokohama. Online: <http://en.tedxseeds.org/Speaker/yasuo-sato-2/>
- SEKIMURA, Naoto (2011): *Overview of the Accident in Fukushima Daiichi Nuclear Power Plants*. Joint ICTP-IAEA School of Nuclear Energy Management, University of Tokyo, Japan. Online: <https://indico.ictp.it/event/a10161/session/11/contribution/9/material/0/0.pdf>
- The Situation in Japan* (2013). Online: www.energy.gov/situation-japan-updated-12513
- Woods Hole Oceanographic Institution (2022): *Fukushima Radiation in the Ocean*. Online: www.whoi.edu/know-your-ocean/ocean-topics/ocean-human-lives/pollution/radiation/fukushima-radiation/
- World Nuclear Association (2023): *Fukushima Daiichi Accident*. Online: <https://world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/safety-of-plants/fukushima-daiichi-accident.aspx>

Lukács László

Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből

Az ipari robbantástechnika aktuális kérdéseit összefoglaló, a köznapi forgalomban beszerezhető művek – bár nem nagy számban, de – koronként megjelentek a hazai szakkönyvkiadásban. A honi katonai robbantástechnika múltjának feldolgozásával, rendszerező áttekintésével és a továbbfejlesztés javasolt irányvaival is foglalkozó könyvet viszont Magyarországon még nem írtak. Ez változott meg 2017-ben, amikor a Nemzeti Közszolgálati Egyetem kiadta a szerző *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéről* című könyvét,¹ amelyben fejlődésük vizsgálatán keresztül feldolgozta a magyar honvédségnél² alkalmazott katonai robbantástechnikai módszerek és eljárások legfontosabb kérdéseit.

Ennek a műnek mintegy folytatásaként készült el a jelen kiadvány, amelynek első részében az előző könyvből kimaradt robbantási területeket dolgozta fel: a mozgásakadályozás robbantással végrehajtható feladatait. Ezen belül az alkalmazott hazai katonai robbantóanyagok és a robbantási alapfeladatok tervezésének koronkénti összefoglalását követően bemutatja az utak és műtárgyaik, a vasutak, a repülőterek és a hidrotechnikai létesítmények robbantási szabályainak fejlődését az 1800-as évektől napjainkig. Az első részt az építmények harcászati célú robbantási szabályai zárják. A szerző a szakterület e kérdéseinek fejlődéstörténeti vizsgálata alapján is bizonyítja az előző könyvben megfogalmazott állítását, amely szerint az eddig alkalmazott robbantási elveket nem kell „elfelejteni”, mert azok szervesen illeszkednek a robbantástechnika általános vonulatába, ami az idők folyamán, empirikus úton szerzett ismeretekből kiindulva, a tudományos vizsgálatok eredményein nyugvó eljárásokká fejlődött.

A könyv második részében egy olyan robbantási területet vizsgál, amelyet ilyen formában még szintén nem dolgoztak fel Magyarországon: a föld alatti aknaharcot. Ez volt történelmünk leghosszabb időn át alkalmazott eljárása az ellenség megerősített helyeinek elfoglalására, és ennek ellentettjeként a védők hasonló válasza, az ellenaknák alkalmazása. Az ókortól a középkoron át, az újkori csatákig egyaránt találkozunk vele. Csúcspontját az első világháború

¹ Letölthető a Közszolgálati Tudásportálról: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/6916>

² A könyvben, a „magyar honvédség” alatt azt a mindenkori, központilag szervezett fegyveres erőt érti a szerző (függetlenül annak éppen aktuális megnevezésétől), amelynek feladata az ország védelme volt.

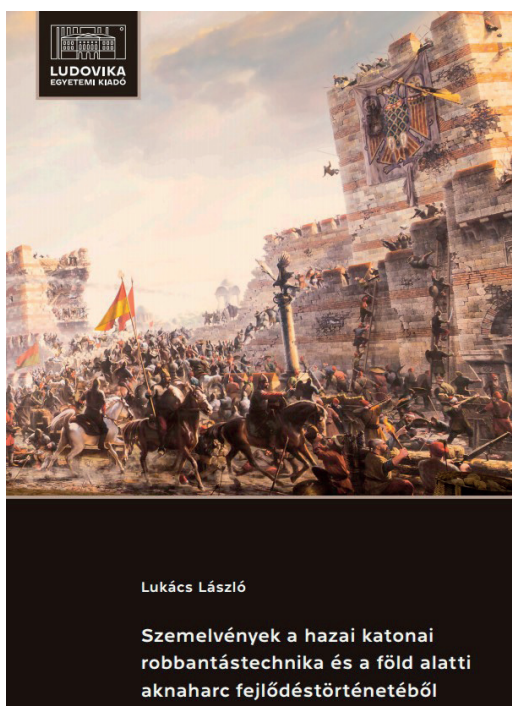
tömeges aknaharcai jelentették, az ellenség állásai alá ásott/fúrt aknák és a védők által ennek hatástalanítására készített ellenaknák révén. Mégis viszonylag keveset tudunk róla. A föld alatti aknaharc történetéről, fejlődéséről szóló fejezet korról korra bemutatja a támadók és a védők által alkalmazott technikákat és technológiákat az adott időszak aknaharccal foglalkozó hadtudományi értekezéseiből, műveiből vett idézetekkel és megtörtént csatákról szóló beszámolókkal.

A könyv egyben emléket kíván állítani a magyar honvédségnél a robbantástechnika kutatásával, fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó műszaki katonáknak, szakembereknek.

A monográfia a Ludovika Egyetemi Kiadó gondozásában jelent meg, 576 oldal terjedelemben. ISBN: 978963531695-3

E-könyvként beszerezhető: <https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomany/szemelvenyek-a-hazai-katonai-robbantastechnika-es-a-fold-alatti-aknaharc-fejlodestortenetebol/>

Nyomtatot formában is hamarosan várható a könyv megjelenése.



Lukács László

Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban az 1800-as évek végétől napjainkig

„A mai műszaki katonai nemzedék, amely a jövőben a vezetésre hivatott, csak a múltból tanulhat. Aki pedig nem becsüli múltját, annak nincs jövője.” Jacobi Ágost utász ezredesnek az első világháborúban harcoló magyar műszaki katonáknak emléket állító, 1938-ban megjelent könyvében¹ olvasható mondatai voltak azok, amelyek ennek és azt ezt megelőző két monográfiának a megírására ösztönözték a szerzőt.

Az előző két könyvében a hazai katonai robbantástechnika fejlődéstörténetét dolgozta fel, az éppen érvényes (szabályzatokban, utasításokban foglalt) előírások alakulásán keresztül.² A hazai katonai robbantástechnika múltjának összefoglaló bemutatásából már csak egy adóssága maradt: a katonai szakfolyóiratokban megjelent korabeli cikkek, tanulmányok feldolgozása. A legújabb kutatások és gyakorlati tapasztalatok eredményeivel mindig ezekben találkozhattak/találkozhatnak először a szakemberek. A legjelentősebb szakmai kérdések aztán – jó esetben – bekerültek az újabb szabályzatokba is, de talán ennél is nagyobb jelentőségű a kiadványoknál az olvasóik hivatalos előírásokon túlmutató szakmai ismereteinek elmélyítése a legújabb információk, tapasztalatok, kipróbált és bevált új módszerek bemutatásával.

A könyvben a szerző egy nagy történelmi kirándulásra invitálja az olvasót a hazai katonai szakfolyóiratokban megjelent, a robbantástechnikával foglalkozó cikkek világába, az 1800-as évek végétől napjainkig. A magyar katonai szaknyelv hiánya jelentette a hazai szakfolyóiratok megjelenésének első akadályát. Az első fejezetben – többek között – erről is olvashatunk.

A további fejezetekben három részre bontva mutatja be az adott témához kapcsolódó anyagokat, amelyekben az 1945-ig, az 1945–1990 között és az 1990-től napjainkig megjelent cikkek között szemlézett a szerző. Három különböző társadalmi rendszer három hadseregének robbantástechnikai történelme elevenedik meg ezekben a fejezetekben, az általa felállított szakmai rendszerezés szerint. Így olvashatunk a robbantóanyagokról, a robbanás irányító hatásáról, a szerkezeti elemek és építmények, továbbá a föld és sziklás kőzetek robbantásáról

¹ JACOBI Ágost (1938): *A Magyar műszaki parancsnokságok, csapatok és alakulatok a világháborúban 1914–1918*. Budapest: Közlekedési Nyomda K.F.T., 13.

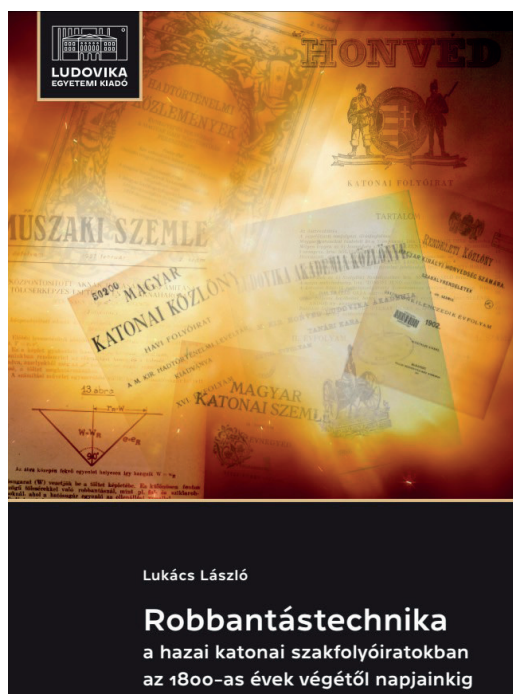
² *Szemelvények a magyar robbantástechnika fejlődéstörténetéből* (Dialog Campus, 2017); *Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a földalatti aknaharc fejlődéstörténetéből* (Ludovika Egyetemi Könyvkiadó, 2023).

szóló anyagokat. A könyv utolsó fejezete egy szakmailag látszólag „idegen” kérdéssel foglalkozik: a robbanás egészségügyi hatásait taglaló cikkek bemutatásával. Az író azon véleménye tükröződik ebben, hogy a robbantástechnikával foglalkozó szakembereknek ismerniük kell úgy a robbanás során keletkező gázok mérgező hatását, mint a robbanóanyagok gyártása, kezelése, a velük való munkavégzés során betartandó munkaegészségügyi kérdéseket. Ugyanígy fontos a robbanás emberi szervezetre gyakorolt hatásainak, a robbanás során keletkező sérüléseknek a megismerése, természetesen nem a sebész, hanem a parancsnok, a katonáiért felelős vezető szemszögéből.

A könyv a robbantástechnika kutatásával és fejlesztésével, a robbantás oktatásával, a kiképzéssel és a gyakorlati munkák kivitelezésével foglalkozó azon magyar műszaki katonáknak, szakembereknek kíván emléket állítani, akik értékes gondolataikat, eredményeiket a bemutatott szakfolyóiratokban osztották meg kortársaikkal.

A monográfia a Ludovika Egyetemi Kiadó gondozásában jelent meg, 432 oldal terjedelemben. ISBN 978-963-531-696-0 (elektronikus PDF) | ISBN 978-963-531-697-7 (ePub).

E-könyvként beszerezhető: <https://webshop.ludovika.hu/termek/konyvek/hadtudomány/robbantastechnika-a-hazai-katonai-szakfolyoiratokban-az-1800-asevek-vegetol-napjainkig/>



Tartalom

SZALKAY DÁNIEL: A magyar tűzszerészet NATO-követelményeknek való megfeleltetése a lehetséges digitális technológiai fejlesztések mentén	5
ÁDÁM BALÁZS: Mesterséges intelligencia a tűzszerészfeladatokban – A mesterséges intelligencia által nyújtott lehetőségek, 2. rész	15
EMBER ISTVÁN: 3D nyomtatott kumulatív idomtöltetek tesztrobbantása	29
BALLA TIBOR, PADÁNYI JÓZSEF: Műszaki kiválóságok: Hárosy (Haszala) Teofil vezérőrnagy	41
GYARMATI JÓZSEF: Lánctalpas jármű kormányzása és ennek 3D modellezése	51
KÁTAI-URBÁN MAXIM, MESICS ZOLTÁN, PIMPER LÁSZLÓ, CIMER ZSOLT: Veszélyes anyagok tárolása a logisztikai raktárakban	63
PÉTER TÓTH: Investigation of the Spatial Changes in Overbank Floodplains and Sedimentations on the Study Site of the Middle Tisza	77
ANDÓCZI-BALOGH ANDRÁS ÁDÁM: A vonásrendszer javítási állandóinak aktualizálása a tábori tűzéség tűzvezetési számításaihoz	91
DÁVID BÉLA VIZI: Hydrological Aspects of the Low-water Period of 2022 on the Lowland Section of the Tisza River	103
BARINA BALÁZS JÓZSEF: A fukushimai atomerőműben történt súlyos baleset kezelése	113
LUKÁCS LÁSZLÓ: Szemelvények a hazai katonai robbantástechnika és a föld alatti aknaharc fejlődéstörténetéből	135
LUKÁCS LÁSZLÓ: Robbantástechnika a hazai katonai szakfolyóiratokban az 1800-as évek végétől napjainkig	137