



ISSN 2676-9042

Vol 5, No 4, 2023.

2023, V. évf. 4. szám

Safety and Security Sciences Review

international, peer-reviewed, professional and
scientific journal of safety and security sciences

Biztonságtudományi Szemle

a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált,
szakmai és tudományos folyóirata



<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>

On the cover can be seen | A borítón

BORS Györgyi

painter/festőművész

Constellation | **Konstelláció**

painting | című festménye látható

© Bors Györgyi, 2022

The Military Science Committee of the 9th Department of Economics and Law of the Hungarian Academy of Sciences classified our journal as a "C" category.

Folyóiratunkat a Magyar Tudományos Akadémia IX. Gazdaság- és Jogtudományok Osztályának Hadtudományi Bizottsága „C” kategóriás folyóiratnak minősítette.

The Safety and Security Sciences Review is a classified journal by Hungarian Science Bibliography.

A Biztonságtudományi Szemle a Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT) által minősített folyóirat.

Our journal is indexed by the following databases

Folyóiratunkat a következő adatbázisok indexelik

EBSCO



Electronic Periodicals Archive & Database

Elektronikus Periodika Adatbázis

<https://epa.oszk.hu/04100/04186>



Hungarian Periodicals Table of Contents Database

Magyar folyóiratok tartalomjegyzékeinek kereshető adatbázisa

https://matarka.hu/szam_list.php?fsz=2267&nyelv=hun



Digital Archives of Óbuda University

Óbudai Egyetem Digitális Archívum



Országos Széchényi Könyvtár - Digitális Könyvtár

National Széchényi Library Digital Library

OSZK Digitális Könyvtár

<https://oszkdk.oszk.hu/DRJ/39186>



ULRICHSWEB™
GLOBAL SERIALS DIRECTORY

Global Serials Directory | Globális Sorozatok Könyvtára

<http://ulrichsweb.serialssolutions.com/title/1678275514425/863974>

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata
<p style="text-align: center;">COLUMNS</p> <p style="text-align: center;">Material Safety Philosophy and History of the Safety and Security Security Policy Security Systems Security Awareness Domotics Health Security Food Safety Economic Security War Security and Law Enforcement Information Security Industrial and Operational Safety Legal and Social Security Book Review Security of Environment Traffic Safety Facility Security Private Security Artificial Intelligence Safety and Security in General Technical Security Fire Safety and Disaster Management</p>	<p style="text-align: center;">ROVATOK</p> <p style="text-align: center;">Anyagbiztonság Biztonságfilozófia és -történet Biztonságpolitika Biztonságtechnika Biztonságtudatosság Domotika Egészségbiztonság Élelmiszer-biztonság Gazdasági biztonság Hadbiztonság és rendvédelem Információbiztonság Ipar- és üzembiztonság Jog- és társadalombiztonság Könyvismertetés Környezetbiztonság Közlekedésbiztonság Létesítménybiztonság Magánbiztonság Mesterséges intelligencia Munkabiztonság Műszaki biztonság Tűzbiztonság és katasztrófavédelem</p>
<p>The aim of the journal is to publish studies, research reports, book reviews for professionals working in the field of security science or related sciences, or for those interested in the subject of the broadly disciplinary framework of military technical sciences, and for security awareness and developing a safety culture. We know that the cultivation of security sciences includes the study of the history of military and law enforcement security, as well as the knowledge of the historical aspects of our field of science, and its development. We are working towards to present the latest theoretical models and empirical research findings in our journal. We believe that our Journal and our authors can contribute to the creation of a world that enables a (more) secure life for all the inhabitants of the Earth by knowing the historical past and examining the events of the present with precision and accuracy.</p> <p>Published quarterly, typically in Hungarian, occasionally in a foreign language. Special and/or thematic issues related to conferences and topics are occasionally published in Hungarian or in foreign languages.</p> <p>Only those papers will be published which reviewed by two independent reviewers and recommended suitable for publication in the Safety and Security Sciences Review. The submitted manuscripts must meet the requirements both of the form and the content which can be found in the journal's website. Please note: we will not return unapproved manuscripts.</p> <p>The studies of the staff and students of Óbuda University, published in the Journal, are recorded by the staff of the University Library at the Hungarian Scientific Works Library (MTMT).</p>	<p>A folyóirat célja a biztonságstudomány területén, vagy ahhoz kapcsolódó területeken dolgozó szakemberek, vagy a téma iránt érdeklődők számára a katonai műszaki tudományok, s így a biztonságstudomány tágan értelmezett diszciplináris keretébe tartozó tanulmányok, kutatási jelentések, beszámolók, könyvismertetések megjelentetése, s ennek révén a biztonság-tudatosság és a biztonsági kultúra fejlesztése. Tudjuk, hogy a biztonságstudományok művelésébe beletartozik a had-, rendész- és biztonságtörténet vizsgálata, tudományterületünk történeti és történelmi vetületeinek, s így fejlődésének megismerése. Azon dolgozunk, hogy Folyóiratunkban bemutassuk jelenkorunk legújabb teoretikus modelljeit és empirikus kutatási eredményeit. Hiszünk benne, hogy Folyóiratunk és szerzőink a történelmi múlt ismeretével, a jelenkor eseményeinek precíz és akkurátus vizsgálatával hozzá tudunk járulni egy olyan világ megteremtéséhez, amelyik lehetővé teszi a Föld minden lakója számára a biztonságos(abb) életet.</p> <p>Megjelenés negyedévente, jellemzően magyar, eseti jelleggel idegen nyelven. Konferenciákhoz és témákhoz kapcsolódóan különszámok, tematikus számok alkalmi jelleggel magyar, vagy idegen nyelven jelennek meg.</p> <p>A Biztonságtudományi Szemle folyóiratban csak két független lektor által lektorált és megjelentetésre alkalmasnak tartott tanulmányok jelenhetnek meg. A beküldött kéziratoknak formai és tartalmi szempontból egyaránt meg kell felelnie a Folyóirat weboldalán közzétett elvárásoknak. El nem fogadott kéziratokat nem áll módunkban visszaküldeni.</p> <p>Az Óbudai Egyetem munkatársainak és hallgatóinak a Folyóiratban megjelent tanulmányait az Egyetemi Könyvtár munkatársai rögzítik a Magyar Tudományos Művek Tárában (MTMT).</p>

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

ISSN 2676-9042

<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>

Edited by Editorial Board | Szerkeszti a Szerkesztőbizottság

Chairman of the Editorial Board | A Szerkesztőbizottság elnöke

Prof. Dr. RAJNAI Zoltán

rajnai.zoltan@bgk.uni-obuda.hu

Scientific Secretary of the Editorial Board, person responsible for editing | A szerkesztőbizottság tudományos titkára, a szerkesztésért felelős személy

Dr. habil. KOLLÁR Csaba PhD

kollar.csaba@uni-obuda.hu

Members of the Editorial Board | A szerkesztőbizottság tagjai

Prof. Dr. BÁNÁTI Diána banati@mk.u-szeged.hu

BEREK László berek.laszlo@lib.uni-obuda.hu

Prof. Dr. BEREK Tamás PhD berek.tamas@uni-nke.hu

Prof. Dr. BESENYŐ János besenyo.janos@uni-obuda.hu

Prof. Dr. CVETITYANIN Livia cpinter.livia@bgk.uni-obuda.hu

Prof. Dr. Dragan JOVANOVIĆ draganj@uns.ac.rs

Prof. Dr. Jeffrey KAPLAN kaplan@uwosh.edu

Dr. habil. KOVÁCS Tünde PhD kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Dr. Cyprian Aleksander KOZERA PhD c.kozera@akademia.mil.pl

Prof. Dr. Maashutha Samuel TSHEHLA samuel@sun.ac.za

Prof. Dr. Manuela TVARONAVIČIENĖ manuela.tvaronaviciene@vgtu.lt

Dr. habil. NAGY Rudolf PhD nagy.rudolf@bgk.uni-obuda.hu

Staff of the Editorial Board | A szerkesztőbizottság munkatársai

BELÁZ Annamária, SZALÁNCZI-ORBÁN Virág

English language lecturer | Angol nyelvi lektor

Dr. BEKE Éva PhD

Technical editor | Technikai szerkesztő

HARTMANN László

Editorial office | Szerkesztőség

Óbudai Egyetem

Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

Biztonságtudományi Doktori Iskola

1081 Budapest, Népszínház utca 8.

Publisher | Kiadó

Óbudai Egyetem, 1034 Budapest, Bécsi út 96/B.

Responsible for publishing | A kiadásért felel

Prof. Dr. KOVÁCS Levente

Rector of the Óbuda University | az Óbudai Egyetem rektora

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

The Journal's Professional-Scientific Advisory Board	A Folyóirat Szakmai-Tudományos Tanácsadó Testülete
---	---

Chairman of the Advisory Board | A Tanácsadó Testület elnöke

Prof. Dr. GODA Tibor DSc.

Az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola vezetője

Members of the Advisory Board | A Tanácsadó Testület tagjai
in alphabetical order | ABC sorrendben

Prof. Dr. HAIG Zsolt mk. ezredes

A Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola vezető helyettese
A Védelmi elektronika, informatika és kommunikáció kutatási terület vezetője

Prof. Dr. KÓNYA Zoltán DSc.

A Szegedi Tudományegyetem Környezettudományi Doktori Iskola vezetője

Prof. Dr. KORINEK László akadémikus

A Magyar Rendészettudományi Társaság elnöke

LONTAI Márton

A Nemzeti Szakértői és Kutató Központ főigazgatója

Prof. Dr. PADÁNYI József DSc. mk. vezérőrnagy

A Nemzeti Közsolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola vezetője

Prof. Dr. RÉGER Mihály DSc.

Az Óbudai Egyetem Anyagtudományok és Technológiák Doktori Iskola vezetője

TIKOS Anita

WOMEN IN IT SECURITY (WITSEC) Egyesület elnökségi tagja

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Vol 5, No 4, 2023.

2023. V. évf. 4. szám

Authors of this issue

E számunk szerzői

BAKOSNÉ Dr. Diószegi Mónika

dioszegi.monika@bgk.uni-obuda.hu

Mónika BAKOSNÉ Dr. Diószegi is associate professor at the Institute of Natural Sciences and Basic Subjects of the Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering at Óbuda University, deputy director of the Institute. I have almost 20 years of teaching and research career. I obtained my doctoral dissertation in the field of energy science using a technical, mechanical engineering approach. I participated in the implementation of countless projects that required design and development competence.

BAKOSNÉ Dr. Diószegi Mónika, az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar Természettudományi és Alapozó Tantárgyi Intézet docense, az Intézet igazgatóhelyettese. Közel 20 éves oktatói-kutatói pályát tudhatok magaménak. Doktori disszertációmát műszaki, gépészeti megközelítést alkalmazva az energetika tudomány területén szereztem. Számtalan tervezői és fejlesztői kompetenciát igénylő projekt megvalósításában vettem részt.

BEREK Tamás

berek.tamas@uni-nke.hu

Dr. Tamás BEREK, Head of the Department of Operational Support at the Ludovika University of Public Service. Member of the Military Science Committee of the Hungarian Academy of Sciences, member of the Board of the Hungarian Military Science Society - President of the Section of CBRN Defence and Environmental Security, Core Member of the NKE Doctoral School of Military Engineering, Head of the Security Technology Research Area. Member of the editorial board of scientific journals "Military Engineer", "Bánki Report's", and „Safety and Security Science Review”. His research interests include ABV defence support for military operations and the applicability of complex security systems.

Dr. BEREK Tamás, a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Művelési Támogató Tanszék tanszékvezető egyetemi tanára. A Magyar Tudományos Akadémia Hadtudományi Bizottságának tagja, Magyar Hadtudományi Társaság elnökségi tagja - a Vegyivédelmi- és Környezetbiztonsági Szakosztály elnöke, a NKE Katonai Műszaki Doktori Iskola tőrzstagja, a Biztonságtechnika kutatási terület vezetője. A "Hadmérnök", a „Bánki Közlemények”, a Biztonságtudományi Szemle” c. tudományos folyóiratok szerkesztőbizottsági tagja. Kutatási területe a katonai műveletek ABV védelmi támogatása és a komplex biztonságtechnikai rendszerek alkalmazhatóságának vizsgálata.

BODOR Károly

bodor.karoly@eli-alps.hu

Károly BODOR works at the Centre for Energy Research (15 years) and ELI-HU NonProfit Ltd. (10 years). He has been involved in the design and implementation of radiation protection structures at ELI ALPS since 2008. It was immediately clear that in addition to radiation protection knowledge, new procedures, new knowledge and visions, as well as an interdisciplinary approach would be needed. To this end, he participated in the meetings and conferences held during the preparatory phase of ELI, and mastered the FLUKA Monte Carlo code, then unavailable in Hungary. During his career, he supervised several diploma theses with his colleague and one-time supervisor Dr. Péter Zagvyvai. As a radiation protection expert, he

BODOR Károly vagyok, az Energiatudományi Kutatóközpont (15 év) és az ELI-HU Nonprofit Kft. munkatársa (10 év). Az ELI ALPS sugárvédelmi rendszerének tervezésébe és megvalósításába 2008-ban kapcsolódtam be. Rögtön világossá vált, hogy a sugárvédelmi tudás mellett új eljárásokat kell kidolgozni, illetve új ismeretekre és látásmódra, interdiszciplináris megközelítésre lesz szükség. Ennek érdekében részt vettem az ELI előkészítési fázisában megtartott találkozókön, konferenciákön, valamint elsajátítottam az akkor még Magyarországon nem használt ún. FLUKA Monte Carlo kódot. Munkám során több diplomatémát vezettem Dr. Zagvyvai Péter kollégámmal, témavezetőmmel. Sugárvédelmi szakértőként

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

supports the radiation protection organization of ELI-HU Non-Profit Ltd. In order to make the operation of a device emitting ionizing radiation produced by a high-intensity laser as safe as possible in terms of radiation protection, we need to understand the processes taking place during the laser-matter interaction.

támogatom jelenleg is az ELI-HU Nonprofit Kft. sugárvédelmi szervezetét. Ahhoz, hogy sugárvédelmi szempontból a lehető legbiztonságosabb legyen egy nagyintenzitású lézer által keltett ionizáló sugárzást kibocsátó berendezés üzemelése, meg kell értenünk a lézer-anyag kölcsönhatás során zajló folyamatokat.

HANKA László

hanka.laszlo@uni-obuda.hu

Dr. HANKA László Ph.D., is associate professor at Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering of Óbuda University. He has over 30 years' experience in higher education both in Hungarian and English and in research. She was the supervisor of several bachelor and master theses and consulted successfully defended PhD thesis as well. His basic research topics are applied mathematics, application of mathematical statistics and probability theory, risk assessment. He has over 60 scientific papers in Hungarian and English. Author of one book in Hungarian. He is member of an editorial board of university journal (Bánki Reports).

Dr. HANKA László Ph.D., az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Karának főállású egyetemi docense. Több mint 30 éves magyar és angol felsőoktatási és kutatási tapasztalattal rendelkezik. Számos alap- és mesterdolgozat témavezetője volt, valamint konzultált sikeresen megvédett PhD-dolgozatot is. Alapvető kutatási témái az alkalmazott matematika, a matematikai statisztika alkalmazása, kockázatelemzés. Több mint 60 tudományos közleménye van magyar és angol nyelven. Egy magyar nyelvű szakkönyv szerzője. A Bánki Közlemények nevű egyetemi tudományos folyóirat szerkesztőbizottságának tagja.

KÁDÁR Szilvia

szilvia.kadar@equip-test.com

Szilvia KADAR is the leader of IT Department at Equip-Test since 2013. She is the starter of numerous important IT development. Several innovative new softwares has been grown up from her expertise. Next to these before mentioned facts she has been leading the IT department of Equip-Test for several years. Her focus is on implementation of Industrial Softwares into a daily manufacturing environment.

KÁDÁR Szilvia az Equip-Test Kft. informatikai vezetőjeként 2013 óta számos és jelentős informatikai fejlesztés megálmodója. Innovatív, új szoftverek fejlesztője és naprakészen tartása és az üzemeltetési informatikai csapat vezetése is az elért eredményei közé sorolható. Szakterülete az ipari szoftverek hibamentes illesztése termelési környezetbe.

KÁDÁR Zoltán

zoltan.kadar@equip-test.com

Zoltan Kadar is one of the founders of Equip-Test Kft. and currently a managing director as well. He is the engine of innovations. Holds Msc. in Economics from Corvinus University and at the same time the owner and implementer of industrial patents into manufacturing environment. Dominant strategic leader of the corporation. Solid leader where under his leadership Equip-Test Kft. became an important company. His specialty lays in sales and development of international relations next to a successful project management and creation of innovative solutions.

Kádár Zoltán az Equip-Test Kft. alapító tagja és ügyvezetője, egyben az innovációk motorja is. A Corvinus Egyetemen szerezte okleveles közgazdász végzettségét. Számos ipari szabadalom feltalálója és bevezetője. A vállalat meghatározó stratégiai vezetője. Határozott vezetése alatt jelentős vállalattá nőtte ki magát az Equip-Test Kft. Szakterülete az értékesítés és a nemzetközi kapcsolatok építése, az innovatív megoldások kidolgozása és a projektek sikeres menedzselése.

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

KARTALI Gabriella

kartali.gabriella@uni-obuda.hu

Gabriella KARTALI is currently the student of Óbuda University Doctoral School on safety and Security Sciences. She graduated from Budapest Rejtő Jenő Technical College in 2006 and then in 2014 she gained her Business Development degree at the Commercial and Marketing department of Óbuda University. Her main research areas are the market solution aiming to help visually impaired people and connection between safety and altruism.

KARTALI Gabriella, jelenleg az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola doktorandusz hallgatója. 2006-ban diplomát szerzett a Budapesti Műszaki Főiskola Rejtő Sándor Könyűipari mérnöki Karán, valamint 2014-ben végzett az Óbudai Egyetemen Kereskedelem és Marketing BSc szakon, majd 2018-ban Vállalkozásfejlesztés MSc szakon. Főbb kutatási területei a látássérülteket segítő marketing megoldások vizsgálata, az altruista viselkedés, a biztonság és kapcsolata az altruizmussal.

KERTÉSZ József

kerteszf.jozsef@eng.unideb.hu

József KERTÉSZ PhD. student at the Doctoral School on Safety and Security Sciences, University of Óbuda and Assistant Professor at the Department of Vehicles Engineering, University of Debrecen. His research interests include the optimization and improvement of passive safety systems of road vehicles by means of design solutions. The aim of the research is the development of body elements that are able to absorb more energy during a collision, thus reducing the load on the occupants. In addition, this has to be done with a view to weight optimisation, which requires new design ideas and new material applications. Accordingly, dynamic load testing of aluminium foams is part of the research as well. In addition to his PhD studies, he teaches automotive and mechatronic engineering students at the University of Debrecen in English and Hungarian.

KERTÉSZ József okleveles gépészmérnök, az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola PhD. hallgatója és a Debreceni Egyetem Járműmérnöki Tanszék tanársegédje. Kutatási tématerülete a közlekedésbiztonság azon belül is a közúti járművek passzív biztonsági rendszereinek optimalizálása, fejlesztése konstrukciós megoldásokkal. A kutatás célja olyan karosszéria elemek fejlesztése, amelyek az ütközés során nagyobb energiát képesek elnyelni, csökkentve ezzel az utasokat érő terhelést. Ezt ráadásul a tömeg-optimalizáció figyelembevételével kell megtenni, amely új konstrukciós ötleteket, és új anyag alkalmazásokat követel meg. Ennek megfelelően a kutatás részét képezi az alumínium habok dinamikus terheléses vizsgálata. A doktori tanulmányok mellett a Debreceni Egyetemen jármű – és mechatronikai mérnök hallgatókat oktat angol és magyar nyelven.

KOVÁCS Tünde

kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu

Dr. Tünde Anna KOVÁCS is an Associate Professor in the Department of Materials Technology at the Óbuda University, Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Hungary. Member of the editorial board of the Acta Materialia Transylvania, Safety and Security Sciences Review and Security Engineering of Anthropogenic Objects. Her research interests are in the field of materials science and technologies, and unique welding processes (ultrasonic and explosive welding). She is an International Welder Engineer (IWE), Welder robots and collaborative welding robotics. She is a supervisor in the Doctoral School on Materials and Technologies

Dr. KOVÁCS Tünde Anna az Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Karának, Anyagtechnológiai Intézeti Tanszékének egyetemi docense. Tagja az Acta Materialia Transylvania, a Biztonságtudományi Szemle, az Antropogén Objektumok Mérnöki Biztonsága folyóiratok szerkesztő bizottságának. Kutatási területe az anyagtudomány és technológia területén a különleges hegesztési eljárások (ultrahangos és robbantásos hegesztés). Nemzetközi hegesztőmérnökként (IWE), hegesztő robotok és collaborative robothegesztés. Témavezetőként dolgozik az Anyagtudományok és Technológiák valamint a Biztonságtudományi Doktori iskoláknál. Számos tudományos

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

of the Óbuda University, and the Doctoral School on Safety and Security Sciences, Hungary. Author and co-author of numerous scientific publications. Member in a number of research projects and supervisor of doctoral students.

publikáció szerzője és társszerzője. Tagja kutatási projekteknek és doktori témák témavezetője.

LÓRINCZ László

lorincz.laszlo@uni-obuda.hu

László LÓRINCZ is a business economist, financial economist, political expert in public policy, basic and specialised public administration, secret administrator, security expert with information security specification, bank security expert, certified criminalist, ISO 27001 information security auditor, artifact protection specialist. As a special reference, he organized, supervised and managed the complete protection of the Picasso and Modigliani temporary exhibitions, and audited the security concepts and made recommendations for improvement of the security of the Liget Budapest Project objects. He is a member of the International Council of Museums (ICOM) and the Hungarian Museum Association (Pulszky Society). Currently, he is a museum security expert at Városliget Zrt. and a PhD student at the Óbuda University Doctoral School of Security Sciences, his research topic is institutional artifact protection in the context of temporary exhibitions. He is a member of the Security Studies College of the University of Óbuda.

LÓRINCZ László vállalkozásszervező közgazdász, pénzügyi és pénzintézeti szakközgazdász, politikai szakértő közpolitikai szakon, közigazgatási alap és szakvizsga, titkos ügykezelő, információbiztonsági specifikációval bővített biztonsági szakértő, bankbiztonsági szakértő, okleveles kriminalista, ISO 27001 információbiztonsági vezető auditor, műtárgyvédelmi specialista. Kiemelt referenciaként Picasso és Modigliani időszaki kiállítások komplett műtárgyvédelmét szervezte, felügyelte és irányította, valamint a Liget Budapest Projekt objektumainak biztonsági koncepcióit auditálta és tett fejlesztési javaslatokat. Tagja Nemzetközi Múzeumok Tanácsának (ICOM) és a Magyar Múzeumi Egyesületnek (Pulszky Társaság). Jelenleg a Városliget Zrt. múzeumszakmai biztonsági szakértője, valamint az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola doktorandusz hallgatója, kutatási témája: Intézményi műtárgyvédelem időszaki kiállítások vonatkozásában. Tagja az Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Szakkollégiumának.

MOLNÁR Máté

molnar.mate@gkg.uni-obuda.hu

Máté MOLNÁR is a historian-sociologist, teacher of the University of Óbuda, Faculty Keleti Károly. Objects of his researches: course of the globalization, history of the geographic discoveries, the colonization, characteristics of the western civilization, history of the ideas of the European Union, contemporary problems of the EU, and some questions of the life and political theory and activity of Dante Alighieri, and the historical significance of the chivalry.

MOLNÁR Máté történész-szociológus, az Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Karának oktatója. A nemzetközi történelem és a jelenkori nemzetközi, globális világ politikai, társadalmi és gazdasági kérdéseit kutatja. Fő kutatási területei: a globalizáció folyamata, a nagy földrajzi felfedezések és a gyarmatosítás, az európai civilizáció (a Nyugat) fő jellegzetességei, az európai egységtervek és az Európai Unió története és jelenkori problémái, Dante életének, politikai eszméinek és politikai szerepének kérdései, és a lovagi kultúra jellegzetességei.

NAGY Rudolf

nagy.rudolf@uni-obuda.hu

Dr. habil. Rudolf NAGY, retired firefighter Colonel, is currently senior lecturer at Óbuda University. He studied in foreign educational institutions. He served as a CBRN defence officer, and took part in indus-

Dr. habil. NAGY Rudolf nyugalmazott tűzoltó ezredes, jelenleg az Óbudai Egyetem adjunktusa. Külföldi oktatási intézményekben tanult. Vegyivédelmi tisztként szolgált, és részt vett iparbiztonsági felada-

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

trial safety tasks. He gained experience as an operations officer in the NATO SFOR mission. After that he became Deputy Head of the Emergency Management Department of Hungarian National Directorate General for Disaster Management. Summa cum laude earned a PhD degree in field of Critical Infrastructure Protection. Later he was appointed Deputy Head of the Disaster Management Training Centre. He has been teaching subjects of safety and security sciences since 2015, and is responsible for the fire protection engineering specialization. He obtained a habilitated doctorate in the scientific study of self-ignition.

tokban. A NATO SFOR misszióban műveleti tisztként szerzett tapasztalatokat. Ezt követően az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság Veszélyhelyzetkezelési Főosztályának helyettes vezetője lett. Summa cum laude minősítéssel szerzett PhD fokozatot a kritikus infrastruktúrák védelme területén. Később a Katasztrófavédelmi Oktatási Központ vezetőjének helyettesévé nevezték ki. 2015 óta oktatja a biztonságstudományok tantárgyakat, a tűzvédelmi mérnöki specializáció felelőse. Habilitált doktori címet szerzett az öngyulladások tudományos vizsgálatából.

PELLE György Tamás

gyorgy.pelle@equip-test.com

I have been working at Equip-Test co. since 2021. I am currently working on research and development projects. My main tasks of my work is to design and build the self used production and testing machines, and fulfill the special needs of customers. Currently I'm working on a mechanical engineer MSC degree at Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical And Safety Engineering.

2021 óta dolgozom az Equip-Test Kft-nél fejlesztőmérnökként. Jelenleg kutatás-fejlesztési projekteken dolgozom gépészeti oldalról. Fő feladataim közé a saját felhasználásra szánt egyedi gyártó- és tesztberendezések gépészeti tervezése tartozik, valamint a különleges vevői igények megvalósítása. Jelenleg gépészmérnök MSC képzésen tanulok az Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki karán.

SZABÓ Zsolt Sándor

zsolt.szabo@equip-test.com

Zsolt Sándor SZABÓ is a developer electronical engineer of Equip-Test Ltd. since 2017. He is a hardware developer of controller unit of Duo Max 10 Automata Inline Handler. His main job is development, supervision of assembling, first starting and testing of prototype electronic modules. These can be for example controllers, sensors, intervention units. He participates in the development and automation of the company's own individual production units.

SZABÓ Zsolt Sándor, 2017 óta az Equip-Test Kft. fejlesztő villamosmérnöke. A Duo Max 10 Automata Inline Handler elektronikai vezérlésének kifejlesztője, hardware területen. Feladata elsősorban elektronikai áramkörök (vezérlések, érzékelők, beavatkozó egységek..) tervezése, kivitelezésük közben tartása, tesztelésük és beüzemelésük. Részt vesz a cég saját, egyedi gyártóegységeinek kifejlesztésében és automatizálásában.

ZAGYVAI Péter

zagyvai.peter@eli-alps.hu

Péter ZAGYVAI graduated as a chemical engineer from Budapest University of Technology (BME) in 1976. He was engaged in radioanalysis already when working on his diploma thesis, and has remained in this area of expertise ever since. Between 1990 and 2010, he was the head of the Radiation Protection Department of the training reactor of the Institute of Nuclear Techniques at BME. In 2010, he accepted a full-time job at the Centre for Energy Research. He is a senior research associate of the Environmental Physics Laboratory. He retired in 2021, but he still

ZAGYVAI Péter vagyok, vegyészmérnökként végeztem 1976-ban a Budapesti Műszaki Egyetemen (BME). Már a diplomamunkámban is radioanalitikával foglalkoztam, és utána is ezen a tudományterületen maradtam. 1990-től 2010-ig a BME Nukleáris Technikai Intézetéhez tartozó oktatóreaktor sugárvédelmi vezetője voltam, 2010-től fő munkahelyem a jelenlegi Energiatudományi Kutatóközpont. A Környezetfizikai Laboratórium tudományos főmunkatársaként dolgozom, 2021 óta nyugdíjasként. Emel-

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

holds the radiation protection officer position at the campus. As a part-time job, he gives lectures in BSc and MSc subjects at the Faculties of Natural Sciences, Mechanical Engineering and Chemical Technology and Biotechnology. In addition, he supports the work of ELI ALPS Laser Research Institute in Szeged, and occasionally he contributes, as an invited course lecturer or consultant, to the educational work of the International Atomic Energy Agency (IAEA) in emergency management and response, and the decommissioning of facilities.

lett ellátom a telephelyi sugárvédelmi megbízott feladatait. Másodállásban maradtam a BME-n: a Természettudományi Kar, a Gépészmérnöki és Energetikai Kar, valamint a Vegyész- és Biomérnöki Kar BSc és MSc képzésein tartok előadásokat. Ezek mellett sugárvédelmi szakértőként segítem a szegedi ELI ALPS lézerközpont munkáját, és alkalmanként tanfolyami előadóként és konzulensként részt veszek az International Atomic Energy Agency (IAEA) bal-eset-elhárítással és létesítmények leszerelésével foglalkozó oktatási munkacsoportjában.

Creator of the cover image | A borítón látható kép alkotója

BORS Györgyi

borsgyorgyi77@gmail.com

She was born in 1977 in Tapolca, Hungary. The tragic early death of his mother was decisive in her life because she was then raised in state care until she was 18 years old. During her years there, she realized that she found the greatest pleasure in art. She studied graphic art for several years at the Railway School of Music and Fine Arts in Budapest with the painter and sculptor György BENEDEK, and later with Árpád “Pika” NAGY and Zoltán SEBESTYÉN. In 2007 she graduated from the King Zsigmond College with a degree in Cultural Management. From 2017, her master is Kálmán GASZTONYI, from whom she learned the different techniques of oil painting. She is narrative painter. It is important for her to be creative about something, a feeling, an idea, an impression, or even a human quality. She creates using the tools of abstract painting. With her innovative style, she brings experiences, feelings and thoughts with the tools of painting to a universal level that we have all known or experienced in some form. Her work has been successfully featured in various domestic and international competitions and exhibitions (Budapest, London, New Jersey, Hong Kong) and has appeared in several contemporary art albums and art magazines. One of her works can also be found in the public collection of the Hungarian Museum of Circus Art. Her expression is geometric and lyrical abstract, which are side by side yet reinforce her art organically intertwined.

Magyarországon, Tapolcán született 1977-ben. Édesanyja tragikus korai halála meghatározó volt az életében, mert ezt követően 18 éves koráig állami gondozásban nevelkedett. Az ott töltött évek alatt jött rá, hogy a művészetben leli a legnagyobb örömet. Grafikai tanulmányokat folytatott több évig Budapesten a Vasutas Zene- és Képzőművészeti Iskolában BENEDEK György festő és szobrászművésznél, majd később NAGY Árpád „Pika”-nál és SEBESTYÉN Zoltánnál is tanult. 2007-ben diplomázott a Zsigmond Király Főiskola Művelődésszervező szakán. 2017-től Mestere GASZTONYI Kálmán, akitől elsajátította az olajfestés különböző technikáit. Narratív festő. Fontos számára, hogy alkotási szóljanak valamiről, egy érzésről, egy gondolatról, egy benyomásról, vagy akár egy emberi tulajdonságról. Az absztrakt festészet eszközeit felhasználva alkot. Innovatív stílusával olyan tapasztalatokat, érzéseket és gondolatokat emel a festészet eszközeivel egyetemesszintre, melyeket mindnyájan ismerünk vagy megéltünk már valamilyen formában. Munkái sikeresen szerepeltek különféle hazai és nemzetközi versenyeken és kiállításokon. (Budapest, London, New Jersey, Hong Kong) Több kortárs művészeti albumban, art magazinban jelentek meg munkái. Egyik alkotása a Magyar Cirkuszművészeti Múzeum közgyűjteményében is megtalálható. Kifejezésmódja a geometriai- és lírai absztrakt, melyek egymás mellett, de mégis szervesen összefonódva erősítik művészetét.

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságtudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Vol 5, No 4, 2023. | 2023. V. évf. 4. szám

CONTENT | TARTALOM

Philosophy and History of the Safety and Security column | Biztonságfilozófia és -történet rovat

KARTALI Gabriella

Methodology of systematic literature review | A szisztematikus irodalmi áttekintés módszertana
1-11

MOLNÁR Máté

The question of internal stability and security in the Florence of Dante's time (part 2.) | A belső stabilitás és biztonság kérdése a Dante korabeli Firenzében (2. rész)
13-22

Security Awareness column | Biztonságtudatosság rovat

BAKOSNÉ DIÓSZEGI Mónika – KÁDÁR Zoltán – KÁDÁR Szilvia – PELLE György Tamás – SZABÓ Zsolt Sándor

Development of automated PCB production line test equipment from the perspective of production quality assurance | Automatizált PCB gyártósori tesztberendezés fejlesztése a gyártási minőségbiztosítás szemszögéből
23-35

Industrial and Operational Safety column | Ipar- és üzembiztonság rovat

BODOR Károly – ZAGYVAI Péter

Characteristics of the optimalization of local shielding calculation against ionizing radiation generated by high-intensity laser equipment during design | Nagyintenzitású lézerberendezés által keltett ionizáló sugárzás elleni lokális árnyékolás számítás optimalizálásának sajátosságai a tervezés során
37-54

Traffic Safety column | Közlekedésbiztonság rovat

KERTÉSZ József – KOVÁCS Tünde Anna

Passive crashworthiness systems for electric vehicles | Elektromos járművek passzív ütközésbiztonsági rendszerei
55-65

Facility Security column | Létesítménybiztonság rovat

LŐRINCZ László – BEREK Tamás

Institutional artwork protection security camera systems | Intézményi műtárgyvédőlelem biztonsági kamerarendszerek
67-76

Safety and Security Sciences Review	Biztonságtudományi Szemle
international peer-reviewed, professional and scientific journal of safety and security sciences	a biztonságstudomány nemzetközi, lektorált, szakmai és tudományos folyóirata

Safety and Security in General column	Munkabiztonság rovat
--	-----------------------------

HANKA LÁSZLÓ

Analysis of time series and forecasting on the basis of stationary fuzzy-Markov processes	Idősorok analízise és előrejelzések készítése stacionárius fuzzy-Markov folyamatok alapján
---	--

77-94

Fire Safety and Disaster Management column	Tűzbiztonság és katasztrófavédelem rovat
---	---

NAGY Rudolf

The changing environmental and fire safety dimensions of the surface tension phenomenon	A felületi feszültség jelenségének változó környezet- és tűzvédelmi dimenziói
---	---

95-119

METHODODOLOGY OF
SYSTEMATIC LITERATURE REVIEWA SZISZTEMATIKUS IRODALMI
ÁTTEKINTÉS MÓDSZERTANAKARTALI Gabriella¹**Abstract**

Systematic literature review has become an increasingly widespread method and a key tool for scientific research. In this context, the purpose of this methodological article is to comprehensively present the basic steps of systematic literature analysis, as well as guidelines and steps that help researchers write systematic and comprehensive literature reviews. The article emphasizes the basic principles of the methodology and the steps to be followed, starting from the definition of the research questions, the development of the search strategy and the collection of data, and the evaluation and presentation of the results. The study also draws attention to the main differences between systematic and narrative literature reviews, thus helping to understand the methodology of systematic literature analysis. Overall, this methodological article helps researchers with the successful implementation of systematic literature review and its application in their research field.

Keywords

literature, methodology, systematic, literary analysis, research

Absztrakt

A szisztematikus irodalomelemzés egyre elterjedtebbé vált módszer és kulcsfontosságú eszköze lett a tudományos kutatásnak. Ennek keretében ezen módszertani cikk célja, hogy átfogóan bemutassa a szisztematikus irodalomelemzés alapvető lépéseit, valamint olyan irányelveket és lépéseket, amelyek segítenek a kutatóknak a rendszerezett és átfogó irodalmi áttekintések megírásában. A cikk hangsúlyozza a módszertan alapelveit és a követendő lépéseket a kutatási kérdések meghatározásától kezdve a keresési stratégia kialakításán és az adatgyűjtésen át az eredmények értékeléséig és bemutatásáig. A tanulmány továbbá felhívja a figyelmet a szisztematikus és narratív irodalomáttekintés főbb különbségeire is, így segítve megérteni a szisztematikus irodalomelemzés módszertanát. Összességében ezen módszertani cikk segít a kutatóknak a szisztematikus irodalomelemzés sikeres végrehajtásában és a kutatási területükön való alkalmazásában.

Kulcsszavak

szakirodalom, módszertan, szisztematikus, irodalomelemzés, kutatás

¹ kartali.gabriella@uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0000-2957-8269 | PhD student, Óbuda University
Doctoral School on Safety and Security Science | PhD hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

BEVEZETÉS

Napjainkra a szakirodalmak adatbázisa a legtöbb tudományterületen jelentős mértékben megnövekedett, így szinte nem, vagy alig tudunk lépést tartani a legújabb kutatási eredményekkel. Gyakran az is előfordul, hogy túl sok tanulmányt sikerül fellelnünk egy-egy online keresésünk során. Témától függően ez akár több ezer cikk is lehet, melyeket, ha át is tudunk olvasni, sokszor sajnós inkább felületesen, mint tudományos alaposan, a tartalmi rendszerezés többnyire már nehézséget jelent. Jellemzően ellentmondásokkal teli lehet egy ilyen, nem rendszerezett összefoglaló és a gyakorlatban felmerülő kérdések megválaszolása szempontjából így sokszor feleslegesnek, hasznavetetlennek tekinthető. Az áttekintő tanulmányok ugyan nyújthatnak némi segítséget az információ-tömegben való eligazodásban, azonban az általuk levont következtetések megbízhatósága kétséges lehet, annál is inkább mert gyakran előfordul, hogy a szerzők, a saját hipotéziseik igazolása érdekében csak az azt alátámasztó irodalmi anyagokat emelik be tudományos összefoglalójukba, így torzíthatják az eredményt. Ez lényeges, alapvető hiányosságokat okozhat, hiszen a kutatási eredmények elméleti háttér nélkül nem értelmezhetőek. [1] [2] Szinte valamennyi disszertáció alapját az elméleti háttér feltárása képezi, legyen szó akár kvalitatív, akár kvantitatív vizsgálati módszerről, hiszen minden esetben szakirodalmi háttérre támaszkodva végezzük el kutatásainkat. Ez határozza meg optimális esetben annak meghatározását is, hogy milyen fő vizsgálati módszerhez folyamodjunk. A szakirodalmi áttekintés során tárhatjuk fel azon eredményeket, melyekre érdemes építenünk és ennek alapján döntjük el kutatási kérdéseinket, fogalmazzuk meg hipotéziseinket.

A SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS FOGALMI DEFINÍCIÓJA

A szakirodalmi áttekintés egy olyan rendszerezett módszer, amelynek célja, hogy összegyűjtse és értékelje az adott témával kapcsolatos összes releváns kutatási eredményt és ismeretet, valamint segítse azok integrálását a kutatási területen. A szakirodalmi áttekintés az elméleti keretrendszer kidolgozásában, a kutatási kérdések megfogalmazásában és a kutatási tervek kidolgozásában is segítséget nyújt. [3]

A kutatási kérdésekkel és célokkal összhangban áll, a kutatási eredmények elemzésén és összehasonlításán alapul, annak érdekében, hogy megértsük az adott kutatási terület jelenlegi állapotát, és elősegítsük az esetleges további kutatásokat. [4] Továbbá a szakirodalmi áttekintés célja minden esetben az, hogy szilárd alapot biztosítson a tudás fejlesztéséhez, valamint, hogy átfogó képet nyújtson egy adott kutatási területéről. A sikeres szakirodalmi áttekintés segíti a kutatókat az elmélet kialakításában és fejlesztésben, kizárja azon területeket, melyeken már sok kutatás létezik, így a kutató elkerülheti, hogy evidenciákat kutasson, valamint feltárja azokat a területeket, ahol még további kutatásokra van szükség. [5]

A SZISZTEMATIKUS IRODALMI ÁTTEKINTÉS FOGALMI DEFINÍCIÓJA

Körültekintő és megfelelő szisztematikus szakirodalmi áttekintés nélkül nehéz koherens, jól kidolgozott kutatást megvalósítani, bármely szakterületről legyen is szó, ugyanis a szisztematikus szakirodalom áttekintés olyan módszer, melynek révén bármely szakterületre vonatkozó releváns irodalmat egy rendkívül szigorú és szisztematikus folyamat segítségével

tudunk áttekinteni. A szisztematikus szakirodalmi áttekintés folyamata nemcsak a szakirodalomban található tartalomra terjed ki, hanem az irodalom megtalálásához használt módszerekre, keresési stratégiákra, azok módozataira és arra, hogyan és hol érdemes kutatni.

A szisztematikus irodalom áttekintést Fink [2] oly módon definiálja, hogy a szisztematikus irodalmi áttekintés olyan módszer, amely strukturált és dokumentált eljárást alkalmaz az elérhető tudományos irodalom áttekintésére, értékelésére és szintetizálására egy adott kutatási kérdés vagy témakör körül. A szisztematikus áttekintések célja, hogy megbízható és objektív összefoglalást nyújtsanak az adott területen folytatott kutatások állapotáról, az esetleges hiányosságokról és az értékelhető bizonyítékokról. Továbbá a szisztematikus szakirodalmi áttekintések arra töreksznek, hogy egy adott kutatási kérdésben minél több releváns kutatást, szakirodalmat találhassunk, ezáltal a szisztematikus áttekintés ahhoz is hozzájárul, hogy a kutatási eredmények torzulásának esélye csökkenjen. [6] Booth, Papaionannou és Sutton (2016, 19) leglényegesebb indokként ezen módszer alkalmazására az egyértelműséget, érvényességet és auditálhatóságot említi. Egyértelműség alatt azt értjük, hogy meghatározott szerkezettel kell rendelkeznie az áttekintésnek, így ennek alárendelve, dokumentálni kell a módszereket és a keresési folyamatot. Azt is nyilvánvalóvá tesszük így, miért kerültek bele bizonyos kutatási anyagok, míg másokat miért nem emeltünk bele munkánkba. [7]

A módszer célja mindenekelőtt, hogy átfogó képet adjon a kutatott témakörrel, bemutassa, milyen munkát, kutatásokat végeztek korábban a témakörben, és milyen kutatási módszereket és elméleteket használtak. A szakirodalmi áttekintés segít megtalálni a kutatási hiányosságokat és irányt szab a további kutatásnak. [7] Egy jól kidolgozott szakirodalmi áttekintés, ha nem is garancia a kutatás sikerére, de nagyban elősegíti azt, hisz az esetleges korlátokra is felkészít és a zsákutcákba is nehezebben sétálunk be általa.

A szisztematikus irodalmi áttekintés tehát azonosítja, összeállítja és szisztematikus összefoglalja az empirikus adatokat két vagy több primer kutatás alapján. Minimalizálja a torzítások és a hibázás lehetőségét, amely más áttekintési folyamatokban előfordulhat, valamint a metaanalízis révén a megállapításokat minőségileg vagy mennyiségileg képes szintetizálni. [8] Abban az esetben, amikor nem áll rendelkezésre elegendő empirikus kutatás, nem javasolt meta-analitikus áttekintést végezni, helyette a kutatók számára hasznosabb lehet, ha hagyományos szisztematikus irodalom elemzést alkalmaznak a kutatások összegzésére az adott területen. [9] A hagyományos szisztematikus irodalmi elemzések területi alapú áttekintéseket, elméleti alapú áttekintéseket és módszertani alapú áttekintéseket tartalmaznak. [10] A szisztematikus irodalmi áttekintés lépéseit az 1. számú táblázat tartalmazza.

Lépés	Fő jellemző
A probléma megfogalmazása	A kutatási kérdések tisztázása, megfogalmazása – felvételi és kizárási kritériumok explicit módon történő megfogalmazása.
Adatgyűjtés	Irodalomkeresés azon források alapján, amelyek relevánsak lehetnek a kérdéshez, a kiválasztott adatbázisok segítségével. Pl.: Scopus, Web of Science, Google Scholar.
Az adatok kiértékelése	A vizsgálat során kialakított kódolás révén összegyűjtött vizsgálati felvételi/kizárási információkértékelése.

Lépés	Fő jellemző
Az adatok elemzése és értelmezése	Az adatok elemzése és értelmezése, főbb eredmények integrálása, kutatási eredmények kommunikációja.
Az írás utolsó szakaszai	Az ellentmondások feltárása (publikációs torzítás és idekapcsolódó ellentmondások azonosítása); ajánlások.

1. Táblázat: A szisztematikus irodalom elemzés lépései, [8] alapján

A szisztematikus irodalmi áttekintés első lépése a kutatási téma kiválasztása, kutatási kérdés felvetése, megfogalmazása, amelyre az áttekintést szeretnénk elvégezni, mivel a szisztematikus szakirodalmi áttekintésnek egy jól megfogalmazott kutatási kérdéssel kell kezdődnie, amely jól meghatározott problémákat tartalmaz, amelyek segítenek a döntéshozatali folyamatban annak meghatározásában, hogy mely cikkeket vegyük be a szakirodalmi áttekintésbe. A téma kiválasztásához ajánlott az előzetes kutatások, valamint az elméleti és módszertani irodalom áttekintése. [11]

A következő lépés az adatgyűjtés, amelynek az alapja egy hatékony keresési stratégia kidolgozása, a tanulmányok helyének meghatározása a releváns irodalom megtalálásához. Ez a lépés meghatározza az áttekintés módszertanát, a kritériumokat, amelyek alapján az irodalmat és az értékelés módját kiválasztják. [12]

A források keresése és kiválasztása során az áttekintéshez használt forrásokat az előzetesen meghatározott szempontok, keresőszavak vagy kulcsszavak alapján kell kiválasztani. Az áttekintés során a releváns irodalmi források mellett ajánlott a lehető legtöbb forrást felhasználni, amelyek különböző perspektívákat és véleményeket képviselnek. [13] A kiválasztás során speciális kritériumok használata is javasolt lehet a kiválasztott források érvényességének meghatározásához. Ez megkönnyíti azon döntésünket, hogy mely cikkek, tanulmányok kerüljenek be a szakirodalmi áttekintésbe. Az áttekintéshez használt forrásoknak átfogónak és reprezentatívnak kell lenniük a kutatási területre vonatkozóan. [14]

Ezután az áttekintéshez kiválasztott forrásokból a kigyűjtött adatokat ki kell értékelni, kategorizálni, majd ismertetni kell a vizsgálatok módszertani jellemzőit (változók, minta, eredmények és adatelemzés) és megállapításait, amelyek lehetővé teszik a kiválasztott tanulmányok közötti összehasonlítást. [15]

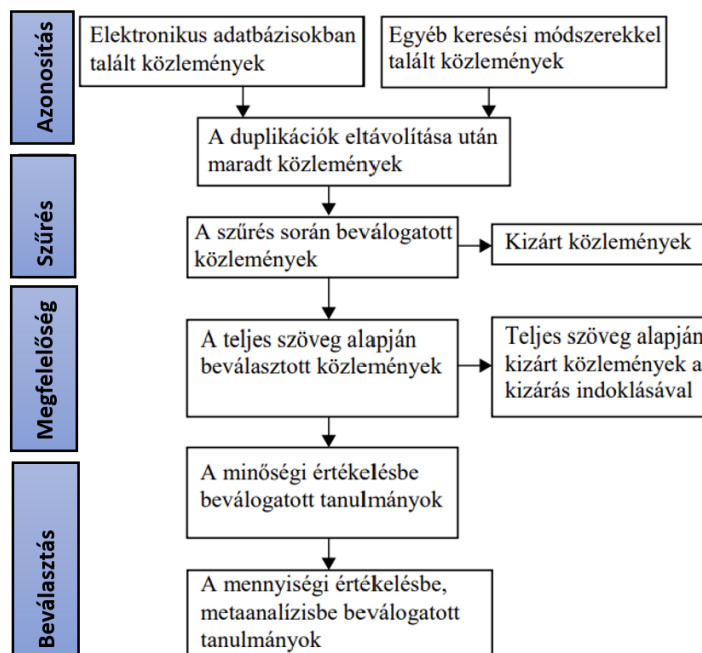
Ezt követően az adatokat a meghatározott szempontok és kritériumok alapján elemzik. Az elemzés során a tanulmányokat módszertani hasonlóságaik alapján csoportosítanunk kell, majd ajánlott a források összehasonlítása, a közös pontok és eltérések, valamint az általános tendenciák és minták azonosítása. [16] Az eredmények statisztikai elemzése a metaanalízis nevet viselő, szisztematikus áttekintések eredményeinek integrálására szolgáló statisztikai módszer révén valósul meg. [17] Az értékelés során az áttekintés eredményeit az előzetesen meghatározott szempontok és kritériumok alapján értékeljük. Az eredmények összegzése során a releváns és megbízható forrásokból származó adatokat használjuk fel, és összegyűjtjük azokat a főbb eredményeket, amelyek választ adnak a kutatási kérdésekre. Az eredmények összegzése során fontos az eredmények szintézise, azaz az összes adat és eredmény összevetése, elemzése és következtetések levonása. Az áttekintés során az eredmények általában diagramok, táblázatok, vagy grafikonok formájában kerülnek prezentálásra. [18]

Az utolsó lépés a szisztematikus irodalmi áttekintés eredményeinek és módszerének dokumentálása egy jelentésben vagy tanulmányban, amely tartalmazza az összes releváns forrás hivatkozását. [19]

A diskusszió, következtetések levonása során az eredményeket a kutatók összefoglalják, és felvázolják a további kutatási irányokat. [15]

Ahogy az a fent leírtakból is látszik, alapos és megbízható szisztematikus irodalmi áttekintés készítése rendkívül nagy gondosságot és alapos kutatómunkát igényel, és az egész folyamat során magas szintű módszertani precizításra és elemzésekre van szükség, mivel csak így garantálható, hogy a végeredmény valóban rendszerezett és megbízható irodalomelemzés lesz. Ennek érdekében, hogy segítsék a rendszerezett szakirodalmi elemzéseket és metaanalíziseket készítő szerzőket 1999-ben létrehozták a QUOROM ajánlást (Quality Of Reporting Of Meta-analysis), amely gyakorlati, módszertani és koncepciósi irányelveket tartalmaz. [20] Ennek továbbfejlesztett és frissített verziója a PRISMA ajánlás (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) amelyet az átláthatóság és minőség elérésének érdekében hoztak létre 2009-ben, a rendszerezett irodalmi áttekintések és metaanalízisek létrehozásához. [21] Az irányelv megjelenése óta folyamatosan frissítésre kerül, a legutóbbi frissített változatot 2020-ban adták ki. Továbbá az irányelv arra ösztönzi a kutatókat, hogy dokumentálják és bemutassák a kutatási folyamat minden szakaszát, így más kutatók is könnyen érthetik és értékelhetik a kutatást. [22]

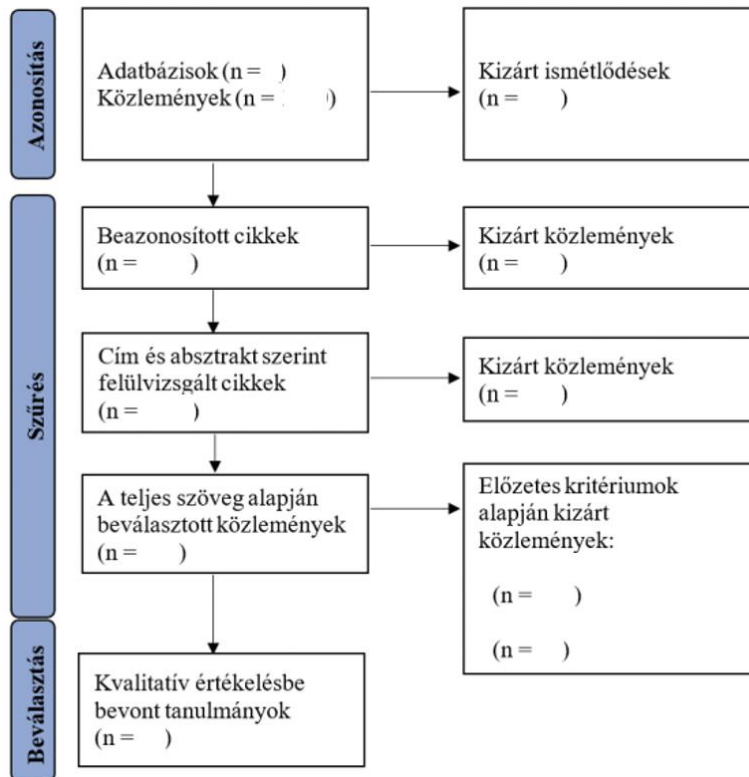
A PRISMA nyilatkozat egy négyfázisú folyamatábrát és egy 27 pontból álló ellenőrzőlistát tartalmaz annak érdekében, hogy segítse a szisztematikus irodalmi áttekintések és metaanalízisek elkészítését. [22] Fontos kiemelni, hogy a PRISMA ábra nem maga a folyamat, hanem a szisztematikus áttekintés kiválasztási fázisainak grafikus ábrázolása. A szisztematikus irodalmi áttekintés 2009-es folyamatábráját az 1. számú ábra mutatja be.



1.Ábra: A szisztematikus irodalmi áttekintés folyamatábrája 2009, [1] alapján

A 2009-es verzióban az ábra négy fázisra volt bontva: (1) az azonosításra, amely megmutatja a rekordok számát, amelyeket az adatbázisokban történő keresés során találtak, (2) a szűrésre, a duplikátum rekordok vagy a szűrési kritériumoknak nem megfelelő rekordok eltávolításához, (3) a megfelelőségre, amely olyan rekordok eltávolítására szolgál, amelyek nem felelnek meg a meghatározott minőségi kritériumoknak és (4) a beválasztásra, ami megmutatja, mely rekordok alkotják a végső korpuszt a minőségi és mennyiségi szintézishez. [23]

Az ábra 2020-as verziója egyesítette a szűrés és a megfelelőség fázist egyetlen szűrési fázissá, így egy három fázisú folyamattá vált. A 2020-as változat sokkal teljesebb, mivel tartalmaz egy olyan részt, ahol az adatbázisokon kívüli források is felvehetőek, és a kiválasztott elsődleges forrásokban szereplő művek is hozzáadhatóak. [24] Ezenkívül megoldja azt a problémát, amit a 2009-es verzióban nem volt könnyű ábrázolni, nevezetesen a rendszerezett áttekintés fejlődését, hogy fokozatosan beépítse az új forrásokat az időablak kiterjesztésével, amelyben az első változatát a rendszerezett áttekintésnek elvégezték. [24] A szisztematikus irodalmi áttekintés 2020-as folyamatábrája a 2. számú ábrán látható.



2.Ábra: A szisztematikus irodalmi áttekintés folyamatábrája 2020. [25] alapján

Jelenleg a PRISMA 2020 nyilatkozatot kell használni az új és a frissített szisztematikus irodalmi áttekintések készítésének esetében, az immár elavult 2009-es nyilatkozat helyett. Továbbá a szerzőknek ragaszkodniuk kell a 27 tételt tartalmazó ellenőrző lista betartásához és a módosított PRISMA folyamatábra használatához, amely online könnyen elérhető. Számos technológiai eszközt is létrehozott annak érdekében, hogy ezen előírásokat könnyebb

legyen betartani, ideértve egy felhasználóbarát webes alkalmazást is, amely exportálható Word vagy PDF formátumba is, így könnyebben elkészíthető például a folyamatábra. [26] Emellett ajánlott, hogy a megfelelő minőség érdekében az írók, ne csak ezen dokumentumokra támaszkodjanak, tanulmányozzanak számos más útmutatót, illetve magyarázatokat és kifejtéseket tartalmazó dokumentumokat [27], amelyek elérhetőek különböző elektronikus platformokon. [1]

A SZISZTEMATIKUS ÉS A NARRATÍV IRODALMI ÁTTEKINTÉS FŐBB KÜLÖNBSÉGEI

A szakirodalmi összefoglalók tehát olyan módszertani tanulmányok, amelyek adatbázisban történő keresést használnak a kutatási eredmények lekérésére, és céljuk egy téma vagy részterület objektív és elméleti megvitatása.

Az áttekintő tanulmányoknak két fő típusát különböztethetjük meg a tudományos irodalomban, amelyek a szakirodalom szisztematikus és narratív áttekintése. Ennek a kétféle áttekintő irányzatnak eltérő jellemzői és céljai vannak. A narratív szakirodalmi áttekintés célja az irodalmi adatok általános összefoglalása, áttekintése és értelmezése egy adott téma vagy kutatási kérdés kapcsán. [18]

Egy adott résztéma vagy teljes területtel kapcsolatos aktuális tudományos álláspontokat vázolja és tárgyalja elméleti, illetve kontextuális szempontból. Az ilyen típusú áttekintők nem sorolják fel az áttekintés lefolytatásához használt adatbázisok típusait és módszertani megközelítéseit, sem pedig a visszakeresett cikkek adatbázis-keresés során történő felvételének értékelési kritériumait. Jellemzően kritikai elemzéséből, valamint elektronikus vagy papíralapú folyóiratcikkekből állnak. [14] Továbbá az adatforrások tekintetében nem követi szigorúan az előre meghatározott protokollokat, nem jegyzi fel az összes felhasznált forrást, azokat általában szubjektívebb módon válogatja össze, a kutató saját döntése szerint. [18]

Ez a fajta áttekintés naprakész ismereteket ad egy adott terület kapcsán, azonban nem írja le azt a módszertani megközelítést, amely lehetővé tenné az adatok reprodukálását, és nem ad választ konkrét kvantitatív kutatási kérdésekre. Általában kvalitatív megközelítést alkalmaznak a bevezetés, fejlesztés, felvetődő kérdések és felhasznált irodalmak címsorokat használva. [14]

Ezzel szemben a szisztematikus szakirodalom áttekintést úgy jellemezhetjük, mint jól megtervezett áttekintést, amely konkrét kutatási kérdések megválaszolására szolgál, szisztematikus és explicit módszertant használva az irodalmi áttekintésben szereplő tanulmányok eredményeinek azonosítására, kiválasztására és kritikai értékelésére. [14] Célja az összes rendelkezésre álló irodalmi adat átfogó és objektív elemzése egy adott kutatási kérdés megválaszolására érdekében. [19]

Adatgyűjtés tekintetében rendszeres és strukturált keresést végez az adatbázisokban és más irodalmi forrásokban az összes releváns kutatási eredmény és publikáció felkutatása céljából, valamint rendszeresen és szisztematikusán rögzíti az összes felhasznált adatot, és az adatokat szigorúbb elemzési módszerekkel dolgozza fel, mint a narratív áttekintés. [19]

A szisztematikus és narratív irodalomelemzés főbb különbségeit a 2. számú táblázat foglalja össze.

Kategória	Szisztematikus irodalmi áttekintés	Narratív irodalmi áttekintés
Cél	Konkrét kutatási kérdések megválaszolása szisztematikus módszertan használatával.	Irodalmi adatok általános összefoglalása és értelmezése egy adott témában, de nem kínál konkrét válaszokat a kutatási kérdésekre.
Adatforrások	Rendszeres és strukturált keresés az adatbázisokban, irodalmi forrásokban, előre meghatározott kritériumok alapján kiválogatott tudományos cikkek, tanulmányok.	Kritikai elemzés, elektronikus vagy papíralapú folyóiratcikkek, szövegek, események, vagy narratívok, amelyek az adott témával kapcsolatosak.
Adatgyűjtés	Adatbázisok és szisztematikus keresések használata, az összes releváns kutatási eredmény és publikáció rögzítése és strukturált elemzése.	Szubjektív adatválogatás, kevésbé strukturált módszerek, könyvek, cikkek és egyéb irodalmi források kézi kiválasztása.
Elemzési módszerek	Szigorúbb elemzési módszerek alkalmazása, például metaanalízis, tartalom vagy összehasonlító elemzés.	Kvalitatív megközelítés, kritikai, tematikus vagy narratív elemzés.
Kvantitatív/Kvalitatív	Általában kvantitatív adatelemzés (számok, statisztikák).	Általában kvalitatív adatelemzés (szöveges elemzés, értelmezés).
Reprodukálhatóság	Lehetővé teszi az adatok reprodukálását.	Nem tesz lehetővé olyan módszertani megközelítést, ami a reprodukálást szolgálja.

2. Táblázat: A szisztematikus és a narratív irodalmi áttekintés főbb különbségei, [28] alapján saját szerkesztés

A fentiek alapján látható, hogy két típus közötti különbségek a célok, adatgyűjtés, elemzési módszerek, és eredmények reprodukálhatósága terén mutatkoznak, miszerint a szisztematikus elemzés a konkrét válaszok megadására összpontosít, míg a narratív elemzés általános értelmezést nyújt egy adott témakörben.

ÖSSZEZÉS

A modern szakirodalmi adatbázisok gyors növekedése miatt az új kutatási eredményekkel szinte lehetetlen lépést tartani. Gyakran túl sok tanulmány érhető el online keresések során, és azokat áttanulmányozni és rendszerezni nehézséget okoz. Valamint ezek az információtömegek gyakran ellentmondásosak és hiányosak lehetnek, ami megnehezíti a szakirodalmi összefoglalás elkészítését és a konkrét kérdések megválaszolását.

A szakirodalmi áttekintés célja, hogy rendszerezett módon gyűjtse és értékelje az összes releváns kutatási eredményt és ismeretet egy adott témában, továbbá segíti az elméleti

keretrendszer kidolgozását, a kutatási kérdések megfogalmazását és a kutatási tervek kialakítását. Az áttekintés átfogó képet nyújt a kutatási területről, és segíti a kutatókat a kutatási hiányosságok azonosításában és a további kutatási irányok kijelölésében.

Jelen cikk a narratív szakirodalmi áttekintés és a szisztematikusan irodalmi áttekintés, mint két jelentős kutatási módszertan közötti alapvető különbségeket vizsgálja, hiszen mindkét megközelítés kulcsfontosságú az irodalmi adatok elemzésében és az új ismeretek létrehozásában, azonban az alkalmazott módszerek és célok alapján alapvető különbségek mutatkoznak, miszerint a narratív szakirodalmi áttekintés egy általánosabb és interpretatív megközelítést jelent egy adott kutatási témával kapcsolatban. Ahogyan azt a cikk megemlíti, ez a módszer gyakran nem határozza meg előre a keresési stratégiát, és nem rögzíti a kiválasztott forrásokat. Ezt a módszertant gyakran alkalmazzák azok a kutatók, akik átfogó képet szeretnének kapni egy témáról vagy összefoglalni különböző forrásokat a témában. A szisztematikusan irodalmi áttekintés viszont sokkal strukturáltabb és célirányosabb, ebben a módszertanban a kutatók szigorú keresési stratégiát alkalmaznak, és minden lépést dokumentálnak. Továbbá a cikk rámutat arra, hogy a szisztematikusan áttekintés azonosított kutatási kérdésekre és hipotézisekre épül, és törekszik válaszokat találni ezekre a kérdésekre.

Továbbá a jelen módszertani cikk arra törekszik, hogy teljes körűen ismertesse a szisztematikusan irodalomelemzés lépéseit és útmutatást adjunk a kutatóknak a strukturált és alapos irodalmi áttekintések írásához. A cikk kiemeli a módszertani alapelveket és a szükséges teendőket, kezdve a kutatási kérdések megfogalmazásától, a keresési stratégia kidolgozásán és az adatgyűjtésen át az eredmények kiértékeléséig és prezentálásáig. Hiszen a szisztematikusan irodalomelemzés egyre növekvő népszerűségnek örvend és alapvető eszközként szolgál a tudományos kutatásban.

Azonban az is megállapítható, hogy a két megközelítés közötti különbségek nem teszik az egyiket jobbnak vagy rosszabbnak a másikinál, hanem azt mutatják, hogy milyen módszertani megközelítésre van szükség a kutatási célkitűzések és a vizsgált témakör függvényében.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] V. Kamarási, G. Mogyorósy, "Szisztematikusan irodalmi áttekintések módszertana és jelentősége – Segítség a diagnosztikus és terápiás döntésekhez," *Orvosi Hetilap*, 156(38): 1523–1531, 2015. Elérhető: <http://real.mtak.hu/38510/1/650.2015.30255.pdf>. Letöltve: 2023.03.03.
- [2] A. Fink, "Conducting research literature reviews: From the internet to paper (Fourth ed.)," Thousand Oaks, California: SAGE, 2014.
- [3] M. Petticrew, H. Roberts, "Systematic Reviews in the Social Sciences: A Practical Guide," Oxford: Blackwell Publishing, 2006.
- [4] M. J. Grant, A. Booth, "A typology of reviews: an analysis of 14 review types and associated methodologies," *Health Information and Libraries Journal*, 26(2): 91-108, 2009. Elérhető: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1471-1842.2009.00848.x>. Letöltve: 2023. 03.05.
- [5] J. Webster, R. T. Watson, "Analyzing the past to prepare for the future: Writing a literature review," *MIS quarterly*, 26(2): xiii-xxiii, 2002. Elérhető: https://www.academia.edu/37761918/Analyzing_the_Past_to_Prepare_for_the_Future_Writing_a_Literature_Review. Letöltve: 2023.03.01.

- [6] "What is a systematic review?" EPPI-Centre, Elérhető: <https://eppi.ioe.ac.uk/cms/Default.aspx?tabid=67>. Letöltve: 2023.03.01.
- [7] A. Booth, D. Papaioannou, A. Sutton, "Systematic approaches to a successful literature review," Thousand Oaks, California, Los Angeles: Sage, 2016. Elérhető: https://www.researchgate.net/profile/Andrew-Booth-2/publication/235930866_Systematic_Approaches_to_a_Successful_Literature_Review/links/5da06c7f45851553ff8705fa/Systematic-Approaches-to-a-Successful-Literature-Review.pdf. Letöltve: 2023.03.01.
- [8] "Deepen Project," Marino Institute of Education, 2018. Elérhető: https://www.mie.ie/en/research/research_projects/completed_projects/deepen/deepen_resources/what_is_a_systematic_literature_review.pdf. Letöltve: 2023.03.02.
- [9] M. Borenstein, L.V. Hedges, J.P. Higgins, H.R. Rothstein, „Introduction to meta-analysis,” John Wiley & Sons. 2021.
- [10] J. Paul, M. Barari, „Meta-analysis and traditional systematic literature reviews—What, why, when, where, and how? Psychology and Marketing,” 39(6): 1099–1115, 2022. Elérhető: <https://doi.org/10.1002/mar.21657> Letöltve: 2023.10.21.
- [11] L. A. Machi, B. T. McEvoy, "The literature review: Six steps to success," London: Corwin Press, 2016.
- [12] A. Fink, "Conducting research literature reviews: From the internet to paper," Sage publications, 2019.
- [13] H. M. Cooper, "Research synthesis and meta-analysis: A step-by-step approach (Vol. 2)," Sage publications, 2016.
- [14] C. Hart, "Doing a literature review: Releasing the social science research imagination," Sage publications, 2018.
- [15] E. T. Rother, "Systematic literature review X narrative review," Acta Paulista de Enfermagem, 20(2), 2007. Elérhető: <https://www.scielo.br/j/ape/a/z7zZ4Z4GwYV6FR7S9FHTByr/?lang=en>. Letöltve: 2023.03.01.
- [16] J. Thomas, A. Harden, A. Oakley, "Integrating qualitative research with trials in systematic reviews," BMJ, 337, a2290, 2008.
- [17] D. Ridley, "The literature review: A step-by-step guide for students," Sage publications, 2012.
- [18] A. Booth, "Searching for qualitative research for inclusion in systematic reviews: a structured methodological review," Systematic reviews, 5(1): 1-11, 2016. Elérhető: <https://systematicreviewsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13643-016-0249-x>. Letöltve: 2023.04.11.
- [19] B. N. Green, C. D. Johnson, A. Adams, "Writing narrative literature reviews for peer-reviewed journals: secrets of the trade," Journal of Chiropractic Medicine, 5(3): 101-117, 2006. Elérhető: [https://doi.org/10.1016/S0899-3467\(07\)60142-6](https://doi.org/10.1016/S0899-3467(07)60142-6). Letöltve: 2023.10.09.
- [20] D. Moher, A. Liberati, J. Tetzlaff, D. G. Altman, "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement," PLoS Med, 6(7): e1000097, 2009. Elérhető: <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>. Letöltve: 2023.03.01.

- [21] D. Moher, D. J. Cook, S. Eastwood, et al., "Improving the quality of reports of meta-analyses of randomised controlled trials: The QUOROM statement. Quality of reporting of meta-analyses," *Lancet*, 354(9193): 1896–1900, 1999.
- [22] A. Liberati, D. G. Altman, J. Tetzlaff, et al., "The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration," *BMJ*, 339, b2700, 2009.
- [23] F. J. García-Peñalvo, "Developing robust state-of-the-art reports: Systematic Literature Reviews", 2022. Elérhető: <https://repositorio.grial.eu/bitstream/grial/2849/1/08-en.pdf> Letöltve: 2023.10.21.
- [24] M.J. Page, D. Moher, P.M. Bossuyt, I. Boutron, T.C. Hoffmann, C.D. Mulrow, et al. "PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews," *BMJ*, 372, n160, 2021. Elérhető: <https://doi.org/10.1136/bmj.n160> Letöltve: 2023.10.11.
- [25] G. Bak, S. Kiss, "A biztonságtudatosság szisztematikus szakirodalmi áttekintése" **HADMÉRNÖK: KATONAI MŰSZAKI TUDOMÁNYOK ONLINE FOLYÓIRATA**, 16(4): 85-99, 2021.
- [26] L. McGuinness, „PRISMA-Checklist: Initial Release for Manuscript Submission (Version v1.0.0), Zenodo, 2020.
- [27] M.J. Page, D. Moher, P.M. Bossuyt, I. Boutron, T.C. Hoffmann, C.D. Mulrow, et al. „PRISMA 2020 explanation and elaboration: updated guidance and exemplars for reporting systematic reviews” *BMJ*, 372:160, 2021.
- [28] R. Ferrari, „Writing narrative style literature reviews,” *Medical Writing*, 24(4): 230-235, 2015. Elérhető: <https://doi.org/10.1179/2047480615z.000000000329> Letöltve: 2023.10.30.

Köszönetnyilvánítás



A tanulmány az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-23-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

**THE QUESTION OF INTERNAL STABILITY
AND SECURITY IN THE FLORENCE OF
DANTE'S TIME (PART 2.)****A BELSŐ STABILITÁS ÉS BIZTONSÁG
KÉRDÉSE A DANTE KORABELI
FIRENZÉBEN (2. RÉSZ)**MOLNÁR Máté¹**Abstract**

Corso Donati was the member of a famous and great family in Florence in the 13. and 14. century, the leader of the Parte Guelfa, and the Blacks, and the relativ of Dante Alighieri, who was in the faction white of the party. This study treat the short history of the family Donati, the life and career of Corso, who was an important protagonist of the last decades of 13. and the first years of the 14. century in Florence. Relate the events significant in the war between the Guelfs and Ghibellines, and the struggle for power in Florence between the nobility (Magnati) and bourgeoisie (Popolani), and the Clans Donati and Cerchi. Present the civil war at the end of 13. century and at the beginning of 14. century in Florence. Describe and analyse the character of Corso Donati, and his role in the history of Florence and Italy, and in the expulsion of the Whites (and Dante), and his ambition for the overlordship (signoria) of his city.

Keywords

Ghibellines, Guelfs, „Blacks”, „Whites”, Chivalry, Clans

Absztrakt

Corso Donati az egyik leghíresebb és legnagyobb firenzei család tagja volt és vezetője a Guelf Pártnak, valamint azon belül a Feketéknek, és rokona Danténak, aki a párt fehér frakciójához tartozott. A jelen tanulmány röviden ismerteti a Donatiak történetét és Corso életútját, aki főszereplője volt a firenzei politikának a 13. század utolsó évtizedeiben, és a 14. század első éveiben. Szót ejt a pápapárti guelfek és a császárpárti ghibellinek közötti harcokról, valamint a nemesség (Magnati) és a nagypolgárság (Popolani), illetve a Donati és a Cerchi klánok közötti hatalmi harcokról, a polgárháborús helyzetről, amely a 13-14. század fordulóját jellemezte Firenzében. Jellemzi Corso személyiségét, és bemutatja szerepét Dante és a fehérek száműzetésében, valamint elemzi hatalmi ambícióit a város feletti uralom (signoria) megszerzésére.

Kulcsszavak

ghibellinek, guelfek, „feketék”, „fehérek”, lovagság, klánok

¹molnar.mate@kgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0006-5943-0277 | assistant professor, University of Óbuda Department of Marketing and Business Sciences | adjunktus, Óbudai Egyetem Óbudai Egyetem Keleti Károly Gazdasági Kar Marketing és Üzleti Tudományok Intézete

KLÁNOK HÁBORÚJA

A klánszervezet (nagy családi vagy nemzetségi, tehát kiterjedt rokonsági szervezet) nemcsak rokonsági, hanem politikai, gazdasági és társadalmi egységként is működött a középkori Európában. A fő politikai törésvonalak Firenzében is a klánok közötti ellentéteket tükrözték, de jelentős érdekellentétek alakultak ki a nagyobb klánokon belül az oldalági rokonság között is, lényegében a gazdasági, üzleti, birtok öröklési és a földbirtokok földrajzi elhelyezkedése, valamint más klánokkal való házassági kapcsolatok mentén. A korabeli Firenzében (és persze más nagy európai városokban) az üzleti-kereskedő-bankár burzsoázia klánjai egyre erősebb érdekcsoportot hoztak létre (Popolani néven, de ennek nem sok köze volt az egyszerű kétkezi dolgozókhöz!), közülük kerültek ki a nagy céhek elöljárói is (előbb 7, majd 12 céh rendelkezett politikai jogokkal, és szólhatott bele a városállam irányításába). E csoport Oerter szerint az 1289-1293 közötti években kb. paritásos alapon töltötte be a tisztségeket és hozta meg a döntéseket Firenzében a Magnati-val, a születési arisztokrácia nemzetségeinek érdekcsoportjával, így a tanácsokban általában kis többséggel születtek meg a határozatok. A magnati (vagy grandi) klánok legfontosabb központja Firenzében a már említett Porta San Piero kerületben volt, a Donati, Visdomini, della Bella, Cerchi, Albizi, Aldobrandini, Falconieri, Portinari, Alighieri, Adimari, Abbati, Pazzi és Tedaldini családok révén, de már e kerületben is jellemző volt, hogy a legfontosabb városi vezető tisztségbe, a priorok testületébe kb. egyenlő arányban delegáltak a popolani táborából is.

A klánok a középkori európai városokban territoriális alapon is elkülönültek más lakosoktól, így a közvetlen szomszédság a klán tagjaiból, klienseiből, hűbéreseiből, véenceikből és szolgálókból állt. Jellemzően egy-egy utcát, háztömböt, lakónegyedet egy-egy klán foglalt el (de így volt ez például egyes ázsiai városokban, mint Mekkában is, ahol a város egy részét a Koreis nemzetség uralta - ebbe tartozott Mohamed is-, míg a Kába körüli rész az Omajjád területe volt!), annak mintájára, ahogyan a vidéken is egyes várak, erődök, tornyok, udvarházak körül szerveződött a nemzetség és a tőle függő, ill. általuk védett lakosság. Rómában például a Caetani és a Colonna klánok uralták a legnagyobb városrészeket, Genovában a Grimaldiak. A nemesi klánok az általuk uralt városrészekben sok épületet bérbe is adtak a városba beköltözőknek (ebből is komoly bevételük volt), és hatalmukat az is erősítette, hogy a városok terjeszkedése során a közeli vidéki nemesi tornyok egy része a falakon belülré került. A klán által dominált városrészbe többnyire csak annak engedélyével lehetett másoknak beköltözni, és a nemzetségi alapú szomszédsági rendszer komoly politikai egységként, érdekszövetségként funkcionált a városon belül (olaszul ezeket a consorteria vagy a federazi-*oni di case e torri* elnevezésekkel jelölték).

A városokban a nemesi klánok befolyása, hatalma részben indirekt, közvetett, olykor titkos, kézzel foghatatlan machinációk révén érvényesült, amit a kliensi hálózat, a személyi kapcsolatok szilárdsága tett lehetővé. Heers szerint a nemesség inkább a kerületek uralására törekedett, és ezen a szinten próbálta meg befolyásolni a tanácsok és más városi vezető testületek összetételét, a nemesek jelöltjeinek pozíciókba kerülését. Gyakori volt a különféle titkos szövetségek (Max Weber kifejezésével: a *conjuratiók*, azaz eskü-testvériségek) létrehozása konkrét célok megvalósítására, de az is a nemesek szerepét növelte, hogy a városházák megépítése előtti időszakban, Firenzében például a XIII. század végéig, a vezető testületek tanácskozásait egyes nemesek rezidenciáján tartották. Olyan is előfordult azonban, hogy bizonyos nemesi klánok szinte teljesen monopolizálták, vagy legalábbis jelentősen dominálták a legfontosabb városi tisztségeket. Stahl adatai szerint például Firenzében 1280-1298 között

a városi tanácsokban a következő nemesi klánok szerepeltek: Adimari 36, Cavalcanti 28, Tosinghi (della Tosa) 21, Donati 17, Buondelmonti és Tornaquinci 15-15, Abbati és Visdomini 10-10 betöltött tisztséggel. Ezek mind guelf családok voltak, hiszen a ghibellineket (például az Uberti, Ubertini, Fifanti, Amidei klánok tagjainak nagy részét) az 1266-os beneventói guelf győzelem után száműzték a városból, de például a ghibellin Lamberti család is betöltött 7 tisztséget (akik kevésbé exponálták magukat politikai kérdésekben, és a városban maradhattak). A vállalkozói, üzleti vezető klánok előre törését mutatja azonban az, hogy 1267 után ők is egyre nagyobb arányban töltöttek be vezető tisztségeket, mint például a következők: Bardi 18, Falconieri 13, Frescobaldi és Bostichi 10-10, Spini és Acciaiuoli 9-9, Cerchi 8, Mozzi 7 alkalommal. Az utóbbiak az ún. Calimala-családok, amelyek elsősorban a textilipari vállalkozások révén kezdtek meggazdagodni, és tudták vállalkozói tőkájüket növelni.

Az 1295-1300 közötti időszakban a firenzei belpolitikai hatalmi harcok két nagy klán, a Donatiak és a Cerchiek közötti ellentétek körül összpontosultak. Kicsit leegyszerűsítve azt is mondhatjuk, hogy a két család közötti konfliktus egyúttal a régi születési-katonai nemesiség, és az új, a vagyonos vállalkozói burzsoáziából a hatalmi elitbe emelkedett vezető rétegek közötti ellentéteket is kifejezte. A Cerchiek az 1280-as évek elején kerültek a magnatiakhoz tartozó nemesek előkelő negyedébe, a Porta San Piero Maggiore területére, miután megvették a Guidi grófok egyik palotáját a Donati és a Pazzi családok szomszédságában (a Donatiak szemében már ez is betolakodásnak tűnhetett a nemesek territóriumába!), de a hatalmi elit nyitottsága miatt végül úgy alakult, hogy Corso első felesége egy Donati-lány lett (eszünkbe juthat erről a Noszty fiú esete Tóth Marival), de annak korai és váratlan halála miatt ellenséges viszony alakult ki a két klán között, amit az is tetézt, hogy Corso második felesége hozományának kifizetését is meg akarták akadályozni a Cerchiek (akik rokonságban álltak az új feleség családjával is). Súlyosította az ellentéteket a Donatiak és a Cerchiek között azon tény is, hogy Vieri dei Cerchi, a klán vezére, 1295-ben nem támogatta a Giano della Bella popolani vezető elleni magnati összeesküvést, és kezdett eltávolodni a Corso és szövetségesei által képviselt politikai irányzattól. Jóval liberálisabb, toleránsabb felfogása és segítőkész magatartása miatt Vieri sok szimpatizánst, támogatót szerzett magának a ghibellinek és az egyszerű nép körében is, amit a főurak egy része árulásként értelmezett.

A következő években a Donati és a Cerchi klánok, valamint ezek szövetségesei között az utcai összecsapások, verekedések rendszeressé váltak, ami két táborra osztotta Firenze lakosságát. Valószínűleg 1298-ban történt, hogy egy gyászszertartáson, amely a Frescobaldiházban zajlott, majdnem egymásnak estek a két család ott lévő tagjai, majd az esemény után a Cerchi-hívek megtámadták a Donati-házat is. A Comune mindkét félre pénzbüntetéseket szabott ki, de ez nem akadályozta meg a további összetűzéseket. Ugyanebben az évben egy verekedés történt a Cerchi és a Pazzi családok (a Donatiak szövetségesei) fiataljai között, és mivel a bírságot egyik fél sem fizette ki, mindannyian ugyanabba a börtönbe kerültek, ahol egy ételmérgezés következtében hatan közülük meghaltak. A mérgezésre való felbujtással sokan Corsót vádolták meg, pedig a halottak kétharmada nem a Cerchi-klán hívei közé tartozott, így a vádnak nemigen lehetett valós alapja. A következő évben a kiéleződő harcok közepette a Comune jó ürügyet talált Corso eltávolítására a városból: a vád szerint megvesztegette a podestát (Monfiorito da Codertát), hogy egy családi ügyben folyó per során számára kedvező ítéletet hozzon. Corso azonban nem akarta (vagy nem tudta) kifizetni a bírságot, így száműzték őt a városból, de ahelyett, hogy a kijelölt helyre vonult volna, Rómába ment se-

gítséget kérni a pápától. VIII. Bonifác először Orvieto podestájává, majd Massa Trabaria kormányzójává nevezte ki Corsót (1299 vége-1300), és megígérte neki, hogy megpróbálja összebékíteni őt Vieri dei Cerchivel, és békét teremt a két ellenséges család között.

Ezekben az években a két klán híveit megkülönböztetésként kezdték „feketék” (Neri) és „fehérek” (Bianchi) néven emlegetni Firenzében, az előbbit a Donati, az utóbbit a Cerchi klánok vezette csoportosulásra értve. Az elnevezések eredete nem teljesen világos, de valószínűleg a közeli Pistoia városából kerültek át Firenzébe, ahol egy családon belüli viszály (Cancellieri-klán) érintett felei között terjedt el megkülönböztetésként, majd a két felet támogató firenzeiekre is átragadt. Corso távozásával azonban nem szűntek meg az összecsapások a két csoport között: a dolgok odáig fajultak, hogy 1300 május elsejének tavaszünnepén (Calendimaggio) egy utcai csetepatéban levágták Ricoverino dei Cerchi orrát, június 23-án pedig, a céhek ünnepén a háttérbe szorításukat nehezményező grandik belekötöttek a felvonuló céhes előljárókba és mesterekbe, és a szemükre vetették, hogy a háborúban, így a campaldinói csatában is, ők védték meg a várost és győzték le az ellenséget, a Comune pedig kisemmizte őket a vezető tisztségekből. A városi vezetőség végül 1300 nyarán úgy döntött, hogy megpróbál véget vetni az állandó háborúskodásnak, és száműzte a két párt főkolomposait, az összetűzések felelőseit és résztvevőit, körülbelül fele-fele arányban.

Annak ellenére, hogy Corso nem is tartózkodott a városban (másfél-két évig volt száműzetésben), 1300. május 10-én vagyoneklobzásra és halálra ítélték őt Firenzében. Ez év tavaszán ugyanis hívei a Santa Trinità templomban egy gyűlést tartottak, ahol elhatározták, hogy a fekete guelfek átveszik a város irányítását, és megdöntik a Corso távollétében megerősödött fehér guelfek (lényegében véve: a popolaniakhoz húzók) uralmát. Az összeesküvés azonban nemsokára kitudódott (megtalálták Simone dei Bardi, Beatrice Portinari férje leveleit, amelyek egy a városba hívandó zsoldosereg élelmezéséről intézkedtek!), és a vizsgálat során a Comune arra a következtetésre jutott, hogy ennek háttérben szervezőként, felbujtóként a híveivel szoros összeköttetésben maradó Corsót kell tekinteni. Ennek megfelelően Firenzében a San Piero Maggiore közelében levő házát, tornyát, épületeit lerombolták, ingóságai nagy részét megsemmisítették (maga Corso később 10 500 libra értékűre becsülte az őt ért károkat). Időközben VIII. Bonifác pápa magához hívatta Vieri dei Cerchit és felszólította őt a Corsóval való megbékélésre, hogy ennek révén megszüntesse a guelf párton belüli szakadást a feketék és a fehérek között, de Vieri egyszerűen letagadta, hogy neki ellentétei lennének a Donatiakkal, és nem volt hajlandó lépéseket tenni ez ügyben. Ezzel Vieri dei Cerchi súlyos hibát követett el, amit még a fehér guelfekhez tartozó történetíró, Giovanni Villani is nehezményezett: Villani szerint Vieri általában nagyon okosan döntött a különféle ügyekben, de ez úttal nagyon ostobán viselkedett, és maga és tábora ellen hangolta a pápát, aki ezek után nyíltan a feketék mellé állt.

A szakirodalomban régebben elterjedt nézet volt (jelentős részben a fehér guelf kortársak, mint Dante, Dino Compagni és Giovanni Villani révén), hogy a fekete és a fehér guelfek közötti különbség abból fakadt, hogy az előbbieket erőteljesebben támogatták a pápa firenzei és toszkánai politikáját, a fehérek viszont kevésbé, mert Firenze kormányzatának autonómiájára veszélyt láttak a pápai politikában. Oerter azonban rámutat arra, hogy bár Vieri dei Cerchi római látogatása után VIII. Bonifác pápa valóban át akarta játszani a hatalmat a feketéknek, ezzel azonban nem akarta csorbítani a városállam autonómiáját, csak a saját hívei megosztottságának akart véget vetni. Hasonló állásponton van e kérdésben Sestan is, aki szerint a fehér guelfek ideológiája, mi szerint ők Firenze autonómiáját védik – a nem létező

pápai fenyegetéssel szemben – egyszerűen egy hamis, utólagos öngazolás volt! A feketék első sorban üzleti, pénzügyi-gazdasági okok miatt támogatták a pápát (akinek révén jelentős előnyökhöz, kedvezményekhez juthattak Itáliában és Franciaországban), nem pedig azért, hogy a Comune önkormányzati jogai sérüljenek. Sestan bizonyítékként említi, hogy miután 1301-ben a feketék hatalomra kerültek, a pápa 1303-ban bekövetkezett haláláig, tehát két év időtartam alatt, a város tisztségeinek rendjében nem történt semmiféle lényegi változás!

VIII. Bonifác pápa először d'Aquasparta bíborost küldte Firenzébe azzal a megbízással, hogy próbáljon a fekete és a fehér guelfek között közvetíteni, lehetőleg úgy, hogy a feketék kerüljenek fölénybe. A fehérek, köztük a kortárs történétíró Dino Compagni, világosan látták e szándékot, ezért közülik valaki egy alkalommal ijgal rálőtt a bíborosra amint szállásának ablakánál állt, és a nyílveendő az ablak fájába fúródott. A priorok hiába próbálták őt pénzzel kárpótolni, d'Aquasparta nem fogadta el a neki szánt ajándékot, és nemsokára sikertelenül távozott a városból. Mindezek után a pápa úgy döntött, hogy egy más típusú „békéltető” küld Firenzébe, így esett a választása Valois Károlyra, Szép Fülöp francia király testvérére, akit a későbbiekben III. Aragóniai Frigyes szicíliai király ellen akart hadjáratba küldeni, az Anjou-ház trónigényének támogatására. Előtte azonban arra kérte őt, hogy juttassa hatalomra Firenzében a fekete guelfeket és Corso Donatit. Károly 1301 őszén Sienába érkezett, itt találkozott vele Corso és a fekete guelfek nevében átadott neki 60 000 forintot a kísérete költségeire. Károly a környékről összesereglett guelf fegyveresekkel megerősítve 1301. november másodikán vonult be a városba (előzőleg esküt tett Firenze szokásainak és törvényeinek a megtartására!), majd négy nap múlva, november 5-6. éjszakáján a halálra ítélt Corso is visszatért Firenzébe. A városi hatóságok és a fehér guelfek nem merték őt bántani (elvileg a halálos ítéletet végre kellett volna hajtani!), a feketék pedig az előre elkészített proskripciók alapján kegyetlen bosszút álltak a fehéreken (ennek áldozata lett Dante is, valamint Francesco Petrarca apja). A feketék és zsoldosaik, valamint a hozzájuk csatlakozott egyéb fegyveresek hat napon át fosztogatták a várost, sőt Corso a visszatérésekor még a börtönök kapuit is kinyitatta az elítéltek előtt, és rászabadította őket a politikai ellenfeleire. Az elfogott fehér vezetőktől és híveiktől súlyos váltságdíjakat szedtek.

A fekete guelfek hatalomra kerülése Firenzében nem vetett véget a politikai harcoknak és a fegyveres összecsapásoknak, ugyanis a száműzött és a városból elmenekült fehérek és a ghibellinek más közeli városállamokban domináns szerepet játszottak, és a külső segítségre támaszkodva a fehérek nem adták fel a revans reményét. A feketék még távozása előtt rábeszéltek Valois Károlyt, hogy foglalja el Pistoia városát, amely az ellenségeik uralma alatt állt, de a város sikeresen ellenállt az ostromnak (rendkívül kegyetlen harcok után végül 1306-ban kapitulált a város, amikor már csak egy napi élelme maradt a védőknek), csak Serravalét és Montalét tudták elfoglalni, sőt a feketéknek szembe kellett nézniük egy szélesebb koalícióval, amelyet Bologna szervezett ellenük, Forli, Faenza, Pisa és Pistoia részvételével (Federico da Montefeltrót, a kor kitűnő hadvezérét is megnyerték maguknak). Mivel az ellenségeskedések nem csillapodtak a feketék és a fehérek között, 1304-ben az előző évben elhunyt VIII. Bonifác pápa utóda, XI. Benedek elküldte Firenzébe béketeremtés céljából Prato kardinálist, akit – Dante hozzá írt levelének tanúsága szerint – a fehér guelfek és a ghibellinek támogató hozzáállásukról biztosítottak.

A békéltetési folyamat kezdetben sikeresnek tűnt, Prato bíboros kibékítette a feketék egyik fő vezetőjét, Rosso della Tosát a firenzei püspökkel (aki rokona volt), Corso Donatit kinevezte guelf kapitánnyá, majd a száműzöttek két küldötte is a városba érkezett (köztük

Petrarca apja), és április 26-án a Santa Maria Novella téren nagy kibékülési szertartást, ünnepet tartottak. Rosso della Tosa azonban, aki a legfőbb vetélytársává vált Corsónak, és a lombardiai városok mintájára magának akarta Firenzében a főhatalmat (signoria), csak színlelte a békét, és híveivel együtt aknamunkát végzett a bíboros ellen. Prato május 9-én Pistoiaá ment (vele tartott Geri Spini is, aki ott szeretett volna egyeduralomra kerülni), hogy az ottani fehéreket és ghibellineket megnyerje a megbékélés ügyének, de kudarcot vallott, sőt Rosso della Tosa még a saját szülővárosát, Pratót is fellázította ellene! A bíboros utolsó békéltetési kísérlete a június 8-ára összehívott megbeszélés volt, amelyre a városba érkeztek a száműzöttek küldöttei (14-en, köztük a Gangalandi, Uberti, Adimari, Cerchi és Gherardini családok képviselői), a firenzei feketéket pedig legjelentősebb vezetőik, Corso, Rosso della Tosa, Pazzino dei Pazzi, Geri Spini és Betto Brunelleschi képviselték. Megegyezés azonban nem született a város feletti hatalom megosztásáról, így a következő napon Prato bíboros eltávozott Firenzéből. Alig tette ki a lábát a pápai békéltető a városból, máris kiújultak a harcok a feketék és a fehérek között. Július 10-én a feketék gyűjtőkeverékeket készítettek és elkezdték felgyújtani ellenségeik házait és raktárait (e műveleteket Neri Abbati kezdte el a saját rokonai ingatlanával szemben!), és Dino Compagni szerint 1900 házat gyújtottak fel így (a pusztítások mértékét az erős szél is fokozta), a Cavalcantiakéi közül például az összeset. Corso mind ebben valószínűleg nem vett részt személyesen (köszvénye ekkorra már erősen elhatalmasodott rajta), Sinibaldo nevű fia azonban lelkesen helyettesítette őt.

A következő hónapban a száműzött fehérek és a ghibellinek kísérletet tettek a Firenzébe való visszajutásra és a hatalom visszavételére. Erre az adott alkalmat nekik, hogy a kudarcot vallott Prato bíboros javaslatára a pápa magához hívta a fekete guelfek 12 vezetőjét (köztük Corsót is), hogy magyarázatot adjanak az újabb atrocitásokra és a tűzvészre, és a megbékélést akadályozó magatartásukra. A fehérek és a ghibellinek erői a Firenzétől csak két kilométerre levő Lastra közelében gyülekeztek, Villani szerint összesen 1 600 lovas és 9 000 gyalogos, ami azonban mindenképpen túlzottan magas számnak tűnik. A visszatérési kísérlet súlyos kudarccal végződött, amelynek felelőse a fehérek egyik alvezére, Baschiera della Tosa volt (a klánon belül Rosso halálos ellensége), aki egyedül magának akarta a hadi dicsőséget, és két nappal a kitűzött határidő (július 20.) előtt indította el a támadást. Így azonban a támadók hadereje gyengének bizonyult, ráadásul több városbeli szövetségesük is elárulta őket. A visszavonuló, legyőzött fehérek hiába találkoztak össze a támogatásukra érkező, Tolosato degli Uberti vezette pistoiai sereggel, már nem voltak hajlandóak újabb támadásban részt venni. E kudarc természetesen Dante visszatérési reményeit is hosszú időre szerte foszlatta.

CORSO DONATI TÜNDÖKLÉSE ÉS BUKÁSA

Az 1301-ben Firenzében a pápa és Valois Károly segítségével hatalomra került fekete guelfek a következő években nemcsak a fehérek és a ghibellinek ellen harcoltak tovább, hanem egymással is konfliktusokba keveredtek, részben a tisztségek betöltése kérdésében, részben a győzelem anyagi kiaknázásában támadt érdekellentétek miatt. A kortárs Dino Compagni szerint a viszályokat nem a város polgárai okozták, hanem az egymással viaskodó fekete guelf vezérek. 1302-1303 folyamán világossá vált, hogy az egyeduralomra törő Corsóval szemben a fekete vezetők között kikovácsolódott egy Rosso della Tosa körüli csoport, amelynek Geri Spini (Corso régi barátja), Pazzino dei Pazzi, és Betto Brunelleschi voltak a tagjai, de őket támogatták például a Bardiak is, valamint a „zsíros polgárok” (popolo grasso),

vagyis a vagyonos polgárság nagy része. Corso a grandikra és lényegében egyfajta „populista” politikát folytatva, a köznépre igyekezett támaszkodni velük szemben. A guelf vezetők azzal is igyekeztek a polgárok kedvében járni, hogy 1303. augusztus elsejétől visszaengedték azon száműzötteket, akik elismerték a feketék uralmát. A Corso és Rosso közötti vetélkedés azonban egyre durvább formát öltött, mert bár mindketten a nemesség vezető szerepét akarták erősíteni Firenzében, ezt mindkettő a saját irányításával képzelte el. 1304-ben már fegyveres összetűzésekre került sor a csapataik között a priorok palotájánál, ezért a Comune 16 luccai békéltetőt hívott a városba, akiket rendkívüli hatalommal (balía) bízta meg. Machiavelli meglátása szerint Corso populista demagógiája, a köznépek a vezetők elleni uszítása egyértelműen fokozta a feszültségeket a városban, és így is sok ellensége maradt, bár mindenki nagyon respektálta őt és tartott tőle.

Úgy tűnik, hogy Corso személyes hatalma és befolyása 1301 és 1304 között érte el a maximumát Firenzében, ez után azonban már külső erőkre akart támaszkodni az egyeduralkodó megszerzése céljából. A változás oka részben abban keresendő, hogy 1303-ban elhunyt fő támogatója, VIII. Bonifác pápa, a következő évtől kezdve pedig köszvénye gyakorlatilag „invalidussá” tette őt, márpedig a lovagi-katonai tekintélyét ez végleg aláásta. Ezek után egyre több volt híve, szövetségese fordult ellene, és állt át Rosso della Tosa oldalára. Corsót 1305-ben a pistoiai fekete guelf száműzöttek kapitány-podestává választották, és a Báró megerősítette a pratói és a luccai ismerőseivel való kapcsolatait (nem hiába volt olyan sok alkalommal meghívott vezető tisztségekben ezekben és más városokban!). Corso ezen kívül házasságot kötött egy híres ghibellin kapitány, Uguccione della Faggiola lányával, valamint szövetséget kötött a Guidi grófokkal, a Mediciekkel, az arezzóiakkal, sőt kapcsolatot keresett a száműzött fehérek felé! Mindezek után már a teljes városi vezetés és a köznép nagy része is ellene fordult!

Corso és a firenzeiek többsége között az ellentétek 1308-ban jutottak el a végső összecsapásig. Corso továbbra is elégedetlenkedett a fekete guelf vezetőkkel szemben, hogy nem ismerik el a város feletti hatalom visszaszerzésében való érdemeit sem tisztségekkel, sem pénzzel. Az ellentétek odáig fajultak, hogy Pazzino dei Pazzi börtönbe záratta Corsót, mert az nem fizetett meg neki egy tartozást a határidőre. Ez után Corso bosszúból pártot szervezett maga köré, de a híres grandi családok közül csak a Mediciek és a Bordoniak tartottak ki mellette, a többiek nagy részt Rosso della Tosát és híveit támogatták. Amikor 1308 októberében elterjedt a hír, hogy Corso fegyvereseket toboroz más városokból és a contadóból, valamint Faggiolával szövetséget kötött és a segítségére számít, a Comune gyorsan cselekedett. A priorok és a podestà a köznép teljes támogatása mellett elítélték Corsót a város elleni összeesküvés, árulás és puccskísérlés vádjában, valamint jelentős haderőt küldtek a ghibellin kapitány ellen, amely megakadályozta a ghibellin vezér haderejének Firenzébe érkezését. A gonfaloniere összehívta az ilyenkor szokásos 1 000 fős milíciát és október 6-án késő délután Corso házának ostromára indultak, hogy elfogják és felelősségre vonják őt. A Bordoniak Corso segítségére siettek, de az általa várt erősítés nem érkezett meg, emberei pedig túl kevesen voltak az eredményes ellenálláshoz, és ő maga természetesen már nem tudott a harcban részt venni. Miután az ostromlók a kerti falat áttörték és benyomultak a Donati-házba, Corsónak menekülnie kellett. Corso a San Salvi kolostor felé vette az irányt (amelyet valamikor ősei patronáltak), amely kb. egy mérföldre (másfél-két kilométerre) volt Firenzétől, nem messze előtte azonban Rovezzanónál az őt üldöző katalán zsoldosok (akiket néhány éve a Pistoia elleni háborúban hívtak Firenzébe, és egy ideig Corso volt a parancsnokuk!) utolérték és elfogták. A zsoldosok – bár parancsuk volt a megölésére, talán a régi kapitányuk és Corso

lovagi hírneve és kvalitásai iránti tiszteletből – Firenze felé vitték, miközben ő szép szavakkal és sok pénz ígéretével arra kérte őket, hogy engedjék el.

Corso halálának bekövetkezését nehéz pontosan rekonstruálni, mert a történetírók leírásai különböznek, de a lényegi mozzanatok azonosak. Úgy tűnik, hogy a kissé tanácstalan katalánok elküldték egy emberüket Firenzébe, jelenteni Corso elfogását, és további utasítást kérni. Közben azonban az elfogott Donatival együtt elindultak a város felé, de a súlyos betegségével bajlódó guelf vezér nem akart az ellenségei kezébe kerülni és a Comune bírának ítéletét meghallgatni, ezért levetette magát a lováról, de olyan szerencsétlenül járt, hogy az egyik lába beleakadt a kengyelbe, és a megvadult ló vonszolni kezdte őt a város felé. Ekkor érkezett vissza a küldött, akinek Rosso della Tosa, Pazzino dei Pazzi és Betto Brunelleschi adtak parancsot Corso megölésére, amit egy Diego de la Rat nevű zsoldos (a katalánok vezérének a sógora) hajtott végre. Corso még élt, amikor este a San Salvi kolostor barátai megtalálták, és eltemették őt a kolostor udvarán (néhány évvel később a rokonai illő körülmények között is megtartották a temetési szertartást). A kortárs történetírók elbeszéléseinek ihletése vezérelhette Dante költői leírását Corso haláláról az Isteni Színjátékban, ahol a Purgatóriumban tett látogatása során Forese Donati költő, Corso testvére mondja el bátyja sorsának utolsó eseményét.

A korabeli Itáliában, de Európa más országaiban is (például Észak-Franciaországban és Flandriában különösen) jellemző szokás, sőt morális kötelezettség volt a klán tagjait ért súlyos sérelmek (főleg gyilkosság vagy súlyos sebesülés) esetén a vérbosszú (vendetta). Ezek időnként szinte végeláthatatlan magánháborúkhöz vezettek a nemzetségek között, sokszor szabályszerű ütközeteket vívtak egy-egy város utcáin, akár éveken keresztül. Mivel bűnelkövetés esetén az egész klán felelt a bűnért, előfordult, hogy a klán más tagjain álltak bosszút a sértettért, sőt volt, hogy bérgyilkost fogadtak fel. Firenzében egy alkalommal 28(!) év után állt bosszút a Vellati klán a Mamellieken, amit talán az is magyaráz, hogy a bűnelkövetőt a saját nemzetsége céltudatosan védte a vendettával szemben. Corso gyilkosai azonban nem sokkáig élvezhették győzelmük diadalát, először Rosso della Tosa halt meg, bár ezt nem tekinthetjük vérbosszúnak, ugyanis Rosso egy a lábai között átszaladó kutya áldozata lett: egyszerűen elbotlott benne, és eltörte a térdét. Mivel már 75 év körül járt, az orvosok segítsége ellenére sem tudta kiheverni a balesetet, és néhány napon belül elhunyt. Betto Brunelleschivel viszont már valódi vérbosszú végzett 1311-ben, amikor otthonában sakkozás közben két Donati fiatal megtámadta és több sebet ejtett rajta, amelyek következtében pár napon belül meghalt. Pazzino dei Pazzit pedig a következő évben a Cavalcantiak (akiknek egy rokonát Pazzino lefejeztette, és akik egyébként a Donatiak ellenfelei voltak) kilesték egy vadászat közben az Arno egyik völgyében, és először átszúrták a derekát, majd amikor a vízbe esett, akkor elvágták az ereit. A Corso halálát okozó ellenfelei közül egyedül Geri Spinit kerülte el a bosszú, de ennek valószínűleg az volt az oka, hogy ő nem követelte régi barátja halálát, sőt talán az utolsó nap harcaiban sem vett részt (Dino Compagni szerint azonban élete utolsó éveiben igen óvatosan és körültekintően járkált Firenze utcáin, miután a száműzött Donatiakat és Bordoniakat visszaengedték a városba!).

A kortárs történetíró, Giovanni Villani leírása szerint Corso Donati nagyon okos, bátor, sőt vakmerő, jó szónoki tehetséggel megáldott, szép külsejű, daliás termetű lovag volt, de ugyanakkor nagyravágyó is, aki mindenáron az egyeduralomra (signoria) tört. Hasonlóan jellemzi őt egy másik kortárs történetíró és közzsereplő, Dino Compagni is, aki egyenesen a római összeesküvőhöz, Catilinához hasonlítja Corsót. A Firenze történetéről szóló művében

Machiavelli a város történetének legnagyobb emberei közé sorolta Corsót, de ő is kiemelte, hogy a lovag nyugtalan természete, szenvedélyessége és hatalomvágya sok megpróbáltatást okozott szülővárosának, és persze neki magának is, és végül ez okozta a vesztét. Egy dolog azonban Corso jellembeli tulajdonságainak leírása, és az abból következő egyéni sorsa (Habent sua fata libelli), másik és fontosabb kérdés ennél, hogy az általa képviselt politikai koncepció mennyire volt megalapozott és indokolt a korabeli Itáliában és Firenzében!

Corso Donati azon törekvése, hogy Firenzében a hatalmat a születési-katonai nemesiség tartsa kézben, és ennek formájaként az egyeduralmat vezessék be (amelyet persze ő maga gyakorolna), teljesen megalapozott volt, és megfelelt a korszak (sőt a következő évszázadok!) itáliai és európai tendenciáinak. Már korábban többször utaltunk rá, hogy a középkori városokat alapjában véve a nemesi nemzetségek, klánok uralták és osztották fel részben területiális alapon (kerületek, utcák, terek, stb.), részben a betöltött tisztségek szerint. Hatalmuk elsősorban a földbirtokon alapult, de kereskedelmi kiváltságokat is szereztek, életvitelüket a lovagi normákhoz igazították. De ez az elit többnyire nyitott volt arra, hogy befogadja a nagypolgári, vagyonos vállalkozói csoport tagjait is (popolo grasso), és vegyes házasságokat kössenek. Max Weber Velence példáját hozza fel arra, hogyan osztották fel a várost és annak pénzszerzési lehetőségeit a nagybirtokos (és nagykereskedő!) nemesi klánok, akik éppen az általunk tárgyalt időszakban (1297-1315 között) állították össze az „Aranykönyvet”, amely a városi hatalmat gyakorló családokat regisztrálta, és a klérus mellett a nemesi-nagykereskedő klánok voltak a dózse (herceg, fejedelem) megválasztásának fő meghatározói! A grandi és a popolo grasso között jelentős személyi és családi összefonódások voltak Firenzében is, de ezen eliten belül hatalmi harcok is voltak, amelyek során a magnati csoportja sokszor a köznéppel (popolo minuto) szövetekezett a nagypolgárság ellen (Corso „populizmusa” is ennek példája volt!). Egy nemesi klán azonban sokszor a nélkül is kézben tudta tartani a város vezetését, hogy annak feje akár csak egyetlen tisztséget is betöltött volna! Firenzében ennek klaszrikus korszaka a XV. században érkezik majd el, Cosimo de Medici fellépésével.

A XIII. századi itáliai signoriát Weber az ókori görög poliszok türanniszával azonosítja, tehát a „zsarnokság” középkori megjelenésének tekinti, amely e század közepén kezdett elterjedni főleg Észak-Itáliában, Piacenza, Párma, Lodi, Milánó, Verona és Mantua városokban. A milánói Visconti és a mantuai Este családok voltak e hatalomra jutott klánok közül a legismertebbek, s hatalmuk egy időre örökletessé is vált. Az egyeduradalom kialakulásának persze sokféle módja volt, így például a klánok és a különféle érdekcsoportok harcaiba belefáradó, békét akaró polgárok rábízhatták a hatalmat egy podestára, egy népkapitányra, egy császári kormányzóra, egy nemesre vagy egy gazdag kereskedőre. Mivel a signoriának nem volt vallási, dinasztikus vagy tradicionális legitimációja, előbb-utóbb a császártól vagy a pápától kellett a hatalom birtokosának megerősítést, felhatalmazást szereznie. Így volt ez később is, például a XV. században Milánóban a Viscontiak után fegyveres erővel hatalomra kerülő Francesco Sforza esetében is. Joggal feltételezhető, hogy Corso Donati, a fekete guelfek vezére, aki sokszor töltött be tisztségeket éppen a közép- és észak-itáliai városállamokban, VIII. Bonifác pápa támogatásában bízhatott a saját törekvése megvalósításában. Persze felmerül a kérdés, hogy miért nem sikerült a terve, és mi vezetett az egyéni tragédiájához és halálához? Kétségtelen, hogy magatartásában rendkívüli gátlástalanság jellemezte őt, de nem ez volt a döntő tényező! Corso egyszerűen nem tudta (vagy nem akarta) megérteni, hogy ami

Észak-Itália sok városában megvalósult és tipikus jelenség volt, azt a XIII-XIV. századi Firenze erőviszonyai következtében nem lehet realizálni, ehhez túl nagy volt a városi polgárság ereje, és persze a vetélytárs nemesek ellenállása is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Cronica fiorentina compilata nel secolo XIII, in *Testi fiorentini del Dugento e dei primi del Trecento*, A Schiaffini, Ed. Firenze, Sansoni, 1954, pp. 82-150.

Dante Alighieri Összes Művei (DAÖM), T. Kardos, Ed. Budapest, Helikon, 1965.

Dino Compagni Krónikája korának eseményeiről, A. Kiss, Ed. and Transl. Bucuresti, Kriterion, 1989.

Giovanni Villani, *Istorie Fiorentine Fino all'anno 1348, Vol. I-VII*, Milano, Soc. Tip. de Classici Italiani, 1802-1803. Vols. III-IV. 1802.

Giovanni Villani, *Cronica. Con le continuazioni di Matteo e Filippo*, G. Aquilecchia, Ed. Torino, Einaudi, 1979.

[1] P. Antonetti, *La vita quotidiana a Firenze ai tempi di Dante*, Milano, Rizzoli, 1992.

[2] W. Bowsky, *Henry VII in Italy*, Lincoln, Nebraska, University of Nebraska Press, 1960.

[3] R. Davidsohn, *Geschichte von Florenz, Zweiter Band: Guelfen und Ghibellinen. Zweiter Theil: Die Guelfenherrschaft und der Sieg des Volkes, Vol. II/2*. Berlin, Mittler und Sohn, 1901.

[4] R. Davidsohn, *Geschichte von Florenz. Die letzten Kämpfe gegen die Reichsgewalt, Dritter Band, Vol. III*, Osnabrück, Biblio Verlag, 1969.

[5] I. Del Lungo, Ed., *Dino Compagni e la sua Cronica*, Firenze, Successori Le Monnier, Vols. I-III, 1879-1887. Vol. I/2. 1880., Vol. II. 1879.

[6] *Dizionario Biografico degli Italiani, Vol. 41*. 1992, pp. 18-24. /S. Raveggi, Donati, Corso/

[7] *Enciclopedia dantesca, Vol. II*. 1970, pp. 558-560. /E. Sestan, Donati, Corso/

[8] J. Favier, *Philippe le Bel*, Paris, Fayard, 1998. /édition revue, 1978/

[9] J. Heers, *Le Clan familial au Moyen Âge*, Paris, P.U.F., 1993(1974).

[10] G. Holmes „Dante and the Popes” in *The World of Dante*, C. Grayson, Ed. Oxford, Clarendon, 1980, pp. 18-43.

[11] *Niccolò Machiavelli Művei, Vols. I-II.*, Budapest, Európa, 1978. Vol. II./Firenze története, ford. Iványi Norbert, pp. 5-410/

[12] H. L. Oerter, *The Florence of Corso Donati*, University of Colorado, Ph. D., 1965. /University Microfilms, Inc., Ann Arbor, Michigan/

[13] H. L. Oerter, „Campaldino, 1289”, *Speculum*, vol. 43. 1968. n. 3. pp. 429-450.

[14] M. Scardigli, *Le battaglie dei cavalieri. L'arte della guerra nell'Italia medievale*, Milano, Mondadori, 2012.

[15] E. Sestan, *Italia medievale*, Napoli, 1968.

[16] B. Stahl, *Adel und Volk im Florentiner Dugento*, Köln-Graz, Böhlau Verlag, 1965.

[17] M. Weber, *Állam, politika, tudomány*, Budapest, KJK, 1970.

**DEVELOPMENT OF AUTOMATED PCB
PRODUCTION LINE TEST EQUIPMENT
FROM THE PERSPECTIVE OF
PRODUCTION QUALITY ASSURANCE****AUTOMATIZÁLT PCB GYÁRTÓSORI
TESZTBERENDEZÉS FEJLESZTÉSE
A GYÁRTÁSI MINŐSÉGBIZTOSÍTÁS
SZEMSZÖGÉBŐL**

BAKOSNÉ DIÓSZEGI Mónika¹ – KÁDÁR Zoltán² – KÁDÁR Szilvia³ –
PELLE György Tamás⁴ – SZABÓ Zsolt Sándor⁵

Abstract

In addition to increasing production capacity, the market demand for printed circuit boards also entailed the development of testing processes that guarantee production safety and quality assurance. The goal is to automate the equipment performing individual testing operations, to make it compatible with the workpieces, to increase the quality of the operation, and to reduce its duration. The following announcement reports on the mechanical innovations in the development of the production line test equipment, as well as the functional results of the designed and manufactured machine.

Keywords

production safety, testing safety, quality assurance, automated production line test equipment

Absztrakt

A nyomtatott áramköri lapok iránti piaci igény a gyártási kapacitás növelése mellett a gyártás biztonságát és a minőség biztosítását szavatoló tesztelési folyamatok fejlesztését is maga után vonta. Célként fogalmazódik meg az egyes tesztelési műveleteket végző berendezések automatizálása, a munkadarabokhoz illeszkedő kompatibilitása, a művelet minőségének emelése, valamint időtartamának csökkentése. Az alábbi közlemény beszámol a gyártósori tesztberendezés fejlesztésének mechanikai újításairól, valamint a tervezett és legyártott gép funkcionális eredményeiről.

Kulcsszavak

gyártás biztonsága, tesztelés biztonsága, minőségbiztosítás, automatizált gyártósori tesztberendezés

¹ dioszegi.monika@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0000-3783-5691 | university associate professor, Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering | egyetemi docens, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai mérnöki Kar

² zoltan.kadar@equip-test.com | ORCID azonosító: 0009-0006-4778-983X | Manager, Equip-Test Kft. | Ügyvezető, Equip-Test Kft

³ szilvia.kadar@equip-test.com | ORCID azonosító: 0009-0009-8290-3273 | software engineer, Equip-Test Kft. | Informatikus mérnök, Equip-Test Kft.,

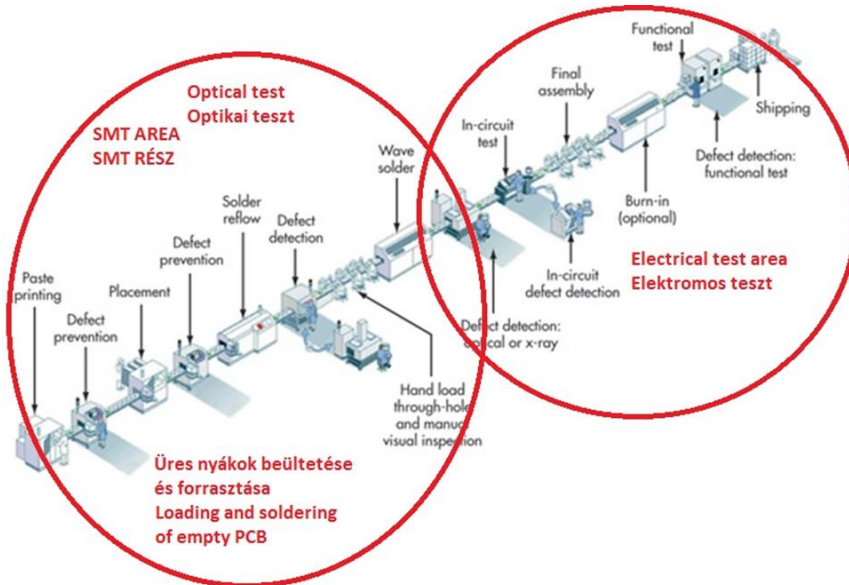
⁴ gyorgy.pelle@equip-test.com | ORCID azonosító: 0009-0004-8987-6611 | Research and development mechanical engineer, Equip-Test Kft. | Kutató, fejlesztő mérnök Equip-Test Kft.,

⁵ szolt.szabo@equip-test.com | ORCID azonosító: 0009-0008-5573-522X | electric engineer, Equip-Test Kft. | Villamosmérnök, Equip-Test Kft.

BEVEZETŐ

A nyomtatott áramkör (Nyomtatott Áramköri Kártya, angolul Printed Circuit Board, PCB) nem más, mint egy szigetelőlemez felületére vagy felületeire felvitt fémfóliából kialakított forrasztási pontok, és az ezeket összekötő vezető sávok hálózata. [1]

A PCB sorozatban vagy egyedileg előállított elektronikai alkatrész, melynek feladata a rajta kialakított elektromos áramkör alkatrészeinek mechanikai hordozása és közöttük a villamos kötések biztosítása. Elkészítése komoly tervezői munkát igényel, a gyártásához szükséges kezdeti beruházási költsége jelentős. Mindez megtérülhet a sorozatgyártását követően, mert az egy darabra jutó gyártási költség ezáltal nagy mértékben redukálható. (1. ábra)



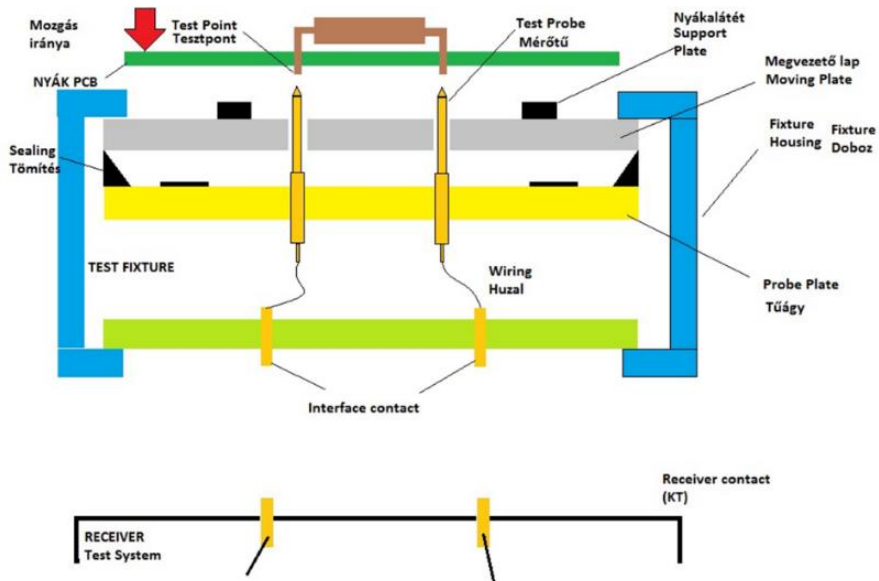
1. ábra Nyomtatott áramköri gyártás

Egy termék élete során a gyártás minden szintjén – így a PCB esetében is - a gazdasági szempontoktól a kész termék raklapra kerüléséig hangsúlyos szerepet kap a tesztelés. A gyártási folyamat nem létezhet megfelelő minőségbiztosítás, illetve ellenőrzés nélkül. Ennek segítségével lehet elviselhető szinten tartani a selejt mértékét. A tesztelés során fennakadó termékek darabszámából fakadó költségek befolyásolják a vállalat nyereséges működését. A nyomtatott áramköri kártyát gyártó sor számottevő részét emiatt a PCB tesztelése teszi ki. A tesztelési folyamat része lehet például az Automatikus Optikai Vizsgálatok (AOI), Automatikus Röntgen Vizsgálat (AXI), Túágyas tesztelés (ICT), Flying Probe Funkcionális teszt, (FCT) Peremfigyelés (JTAG), Környezeti Stressz Teszt (ESS) HALT teszt.

A felsorolás alapján a gépesített minőségellenőrzésben a tesztelési műveletek sorozata között helyezkedik el a strukturális minőséget vizsgáló úgynevezett In-Circuit Testing (ICT) és a funkcionális teszt (FCT), mellyel bővebben foglalkozunk a fejlesztendő berendezés kapcsán.

Az ICT során a még minden esetben tokozatlan NYÁK lemez (áramköri elemekkel beépítve vagy anélkül) meghatározott pontjai közötti villamos tulajdonságokat mérik meg,

mint például szakadások, rövidzárak, beépítetlen vagy nem megfelelően beépített alkatrészek. A tűágyas tesztelés (ICT) tesztállomásainak alapját a berendezésben található relékártyák és a tesztelendő áramkörhöz elkészített specifikus tűágy képezi. A rendszer működtetését egy vezérlő PC-n futó szoftver irányítja. A rendszer legfontosabb része a fémkerettel megerősített Fixture (Befogó), ami a tesztelendő PCB rögzítésére és befogására szolgál. (2. ábra) Ez biztosítja a kontaktust az áramkör tesztpontjai és a rendszer között. A tűágy mátrix alakban, epoxigyantában kerül elhelyezésre. Az ICT előnyei, hogy lerövidíti a sok bemenetű és a sok belső tároló elemet tartalmazó áramkörök teljes vizsgálatát, minden tesztelési pont egyidejű elérésével növeli a termelékenységet. A hiba egyszerűen, gyorsan kimutatható. A tesztelési eljárás hátránya, hogy a tűágy pontosan megfelel az alkatrészek elhelyezésének és a NYÁK rajznak, tehát minden gyártott paneltípushoz külön tűágyat kell készíteni. [2]



2.ábra A fixture

Ezt követi a funkcionális teszt (FCT). Itt történik meg annak vizsgálata, hogy tudja-e teljesíteni a munkadarab, amit a vevői követelményekben elvárnak tőle. Ide tartozik a terhelhetőség, a működés és annak tartományai, valamint a termék megbízhatósága. [3] Végrehajtásához szükséges egy tűágyas teszt fixture egy, ezt a tűágyat magába foglaló speciális tesztelő berendezés. [4] Egy meghatározott jelsorozattal mérik le az összes bemenetet. A jelsorozat szimulálja a leendő valós jeleket a használat során.

A piacon e funkciót ellátó PCB gyártásban elhelyezett tesztberendezések számtalan változatban fellelhetők. Ugyanakkor megjelentek olyan, a gyártósori tesztberendezéssel szembeni egyedi követelmények, mint például a teljes automatizálás, a termék minőségbiztonságának és gyártási folyamat biztonságának további növelése, vagy a tesztelési időtartam csökkentése. A növekvő egyedi igények kielégítése komoly mérnöki szaktudást igénylő fejlesztőmunkával oldható meg.

CÉLKITŰZÉS, ALAPVETŐ ELVÁRÁSOK A TERVEZENDŐ GYÁRTÓSORI TESZTBERENDEZÉSEL SZEMBEN

A gyártósoron futó PCB termékek különböző mérete, eltérő kialakítása és típusa teljesen változó és egymástól különböző tesztelési paramétereket kíván. A gyártósor egyes PCB lemezről a másikra történő átállása leállást eredményezhet a tesztüzem gyártósorában. Ennek oka, hogy a berendezés átállítása, majd újra beindítása a gépkezelő személyzet segítségével történik. Kisebb gyártósori egységek működtetésénél egyik PCB termékről a másik PCB termékre történő átállásra akár hetente vagy naponta többször is igény lehet. A kezelő okozta beállítási pontatlanság és a művelet sor ember általi munkavégzésénél felmerülő több órás művelet termelési kiesést jelent. A tesztelő berendezés teljes automatizálása kiküszöböli a kezelő okozta hibás beállításokat és minimalizálja a leállás időtartamát.

A fentiek miatt a PCB gyártósori tesztberendezéssel szemben napjainkban megjelenő alapvető igény egy automatikus tűágy cserét végrehajtani képes, elektronikai gyártósorba beépíthető „inline” teszter (ICT, FCT) egység. Célként tűztük ki emiatt egy olyan teszter kialakítás tervezését és megvalósítását, aminek segítségével a gyártmányváltás megtörténhet közvetlen emberi beavatkozás nélkül. Biztosítva ezzel, hogy időt takarítva elkülönülhet egymástól a gyártmányváltás és az új gyártmányhoz szükséges tűágy készlet betöltése a tesztelő egységbe. Átállás esetén pedig ne legyen szükség kézi beállításra, ezt a műveletet a berendezés automatikusan végezze.

A fejlesztendő gép nyomtatott áramkör (PCB) kontakt módon történő (ICT, FCT) mérésére alkalmas célgép, mely közvetlen gyártósori termelésbe helyezhető. Elvárás, hogy a gyártósoron érkező munkadarabok között a specifikációban meghatározott tartományon belül automata típusátállást tudjon megvalósítani, ezáltal csökkentve a gyártósor átállási idejét és emberi-erőforrás szükségletét.

Ipari igényként jelenik meg továbbá, hogy a gyártás során a különböző beérkező munkadarabok (PCB) méréséhez, teszteléséhez munkadarab specifikus tűágyakra van szükség.

Így fontos szempont tervezésnél a különböző gyártói tűágyainak használhatósága. Célként megjelölt befogadható tűágyak típusa:

- TRI 5001 S1
- TRI 5001 S2
- TRI 5001 S2 Pogo Pin
- IPTE/SPEA 3030
- 6tl Inline kit.

Ugyan ez az igény jelenik meg a mérőfej típusok különböző gyártók általi alkalmazhatósága szempontjából is. Célként megjelölt befogadható tűágyak típusa:

- TRI
- Teradyne,
- Keysight,
- SPEA.

Szintén fontos törekvés a tesztelhető munkadarabok (PCB) méretének minél szélesebb tartománya. A vizsgálandó nyák méretei és főbb paraméterei is meghatározzák a berendezés befoglaló méretét. Ezen méretek meghatározása a piaci igényeknek megfelelően került általunk megállapításra. Így a tesztberendezésen vizsgálandó munkadarab

- befoglaló mérete minimálisan: 70 mm x 70 mm
- befoglaló mérete maximálisan:
450 (menetirányra merőleges irányban) mm x 300 mm
- vastagsága: 0,4 mm - 4 mm
- tömeg: max. 4 kg.

Lehetőség legyen akár kettő db egymást követő PCB tesztelésére is a berendezés ellenőrző műveletsort végrehajtó részében, ha biztosított hozzá kompatibilis tűágy.

További célként fogalmazódott meg, hogy a teszter rendszerbe történő PCB munkadarabok beérkezésének iránya opcionális legyen a kész berendezés gyártósorba történő illesztésének rugalmassága szempontjából. Ez alapján a munkadarab érkezhessen jobbról és balról is. A munkadarabon található típusazonosító kód (QR, vonalkód) alul-felül is leolvasható legyen, a munkadarab bármely pontján.

Felhasználói igény, hogy minimum 1 db cseretűágy tárolását képes legyen a berendezés biztosítani, valamint ezt egy egyszerű utasítással automatán ki tudja cserélni a mérőterben található tűággal.

A fejlesztés során meghatározott főbb célok és elvárások	
1.	Befogadható munkadarab méretei igazodjanak a piacon megtalálható PCB méretekhez.
2.	A mérőterben egyidejűleg kettő darab egymást követő PCB is ellenőrizhető legyen (amennyiben a tűágy ilyen kialakítású).
3.	A munkadarab gépegységbe érkezésének iránya opcionális legyen.
4.	Több gyártó által forgalmazott tűágy befogása legyen biztosított.
5.	Több gyártó által forgalmazott mérőfej befogása legyen biztosított.
6.	A tárrész automatizált cseréjének lehetősége a gépegységen belül legyen biztosított. A cserélhető tűágy tárolása is a berendezésen belül legyen biztosítva.

1. Táblázat Előírások, alapvető célok

A fenti táblázatban került összefoglalásra a korábbiakban taglalt igények célként és elvárásként megjelenő főbb pontjai.

A FEJLESZTETT GYÁRTÓSORI TESZTBERENDEZÉS

Az 1. táblázatban összefoglalt kitűzött célok és elvárások mentén történt a tesztelő berendezés fejlesztése. A tervezést komoly irodalomkutatás előzte meg, ami alapján a kialakult tesztelő gép létr jött. [5]

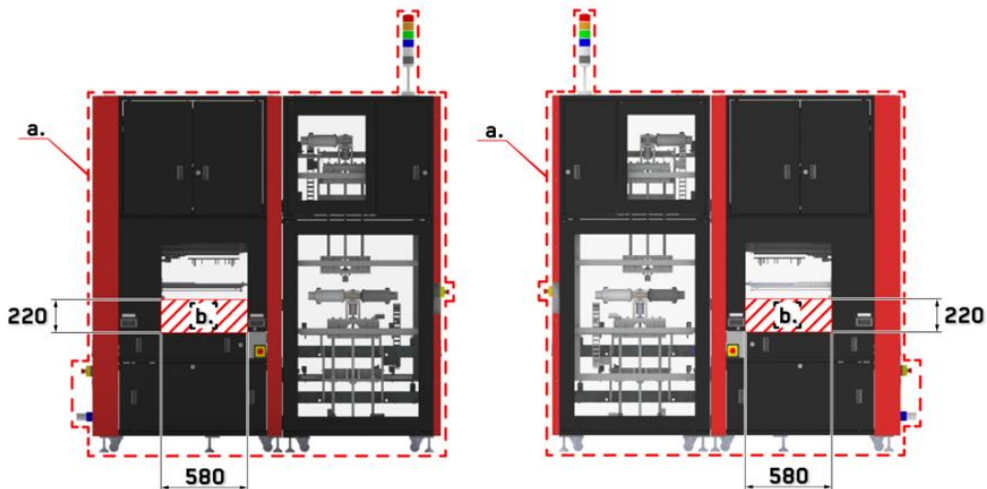
A berendezés általános kialakítása

A fejlesztett gép két részegységből áll: egy alapegység, ahol a mérőtér és a mérőteret a gyártósorral összekötő munkadarab továbbító egység található, illetve a tűágy tár, ahol az adapterekben rögzített tűágyak találhatóak. A tár a jelenlegi kialakításában, a mérőtérben található tűágyon felül plusz 1 db tűágy tárolására alkalmas, így a gép összesen két típus között tud automatikusan átállni. A további típusok kezeléséhez a tárban manuálisan cserélni lehet az éppen szabad tűágyat, miközben a másik tűágy a gyártósorban zavartalanul dolgozik.

A gép, részben kész gépnek tekintendő, határait a 3. ábra „a” - val jelölt szaggatott vonala mutatja. A gyártósoron érkező munkadarab (PCB) a gépbe a burkolaton található beemeneti nyíláson érkezik be, majd hagyja el a gépet (3. ábra „b”). Ez a két nyílás üzemszerű működésnél, gyártósori beépítéskor, a nyílás teljes felületét leburkoló szállítószalaggal kapcsolódhat a gyártósorhoz, mely meggátolja a munkatérbe benyúlást (3. ábra „b”).



a., A berendezés látványképe



b., A berendezés oldal irányú képe

3. ábra A gép felépítése

A berendezése térbeli határai:

- Szélesség: 1470 mm
- Magasság: 2975 mm (Leszerelt toronylámpával: 2430 mm)
- Hosszúság: 2510 mm
- A gép tömege: 1800 kg

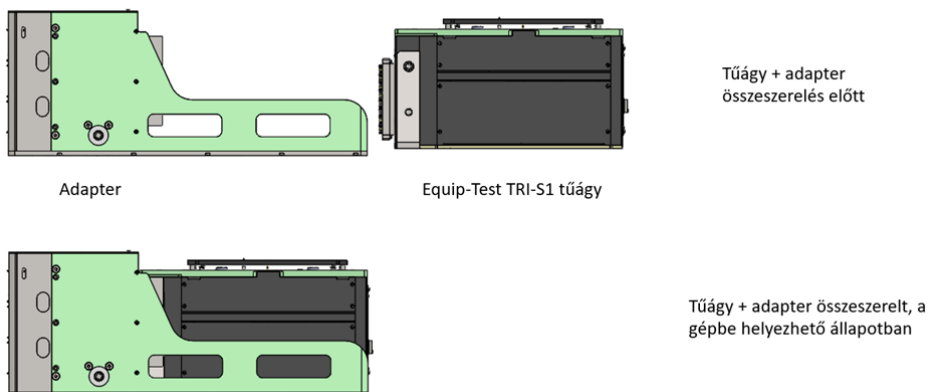
A gép a kialakításának köszönhetően alkalmazható tárral és tár nélkül is, a homlokzati burkolat teljesen megegyezik mindkét esetben. A gép váza nagy merevségű hegesztett acélszerkezet, melyen a csatlakozási pontok precizitása érdekében síkramart párnalemezek kerültek a konstrukcióba. A könnyű karbantartást és a működés jó átláthatóságát a nagy méretű plexi ablakok és a gép mindegyik oldalán nyitható ajtók biztosítják. A burkolat a gép minden mozgó részét leburkolja, ügyelve ezzel a munkavédelemre és annak biztosítására. Az egyes ajtók továbbá biztonsági érzékelőkkel vannak felszerelve, meggátolva ezzel a nyitott ajtós üzem lehetőségét.

Automatizálás

Megvalósult tesztgép biztosítja két különböző gyártmányhoz szükséges tűágy állomány tárolását és képes a kellő időpontban váltani ezek között. Ekkor nemcsak a fizikai környezet, hanem a teszteléshez szükséges összes feltétel, paraméter az új gyártmányhoz fog igazodni. Úgy, mint a fizikai paraméterek figyelése, a vonalkódok olvasása, az elektronikus tesztelés programja, mint a tűágy készlet váltása, vagy akár a teszt eredményének feldolgozása - tárolása is. Ezen folyamatok vezérlését, irányítását, a motorok/szelepek mozgatását, stb.. szintén saját fejlesztésű és gyártású, egyedi vezérlő elektronika és működtető szoftver(ek) biztosítja.

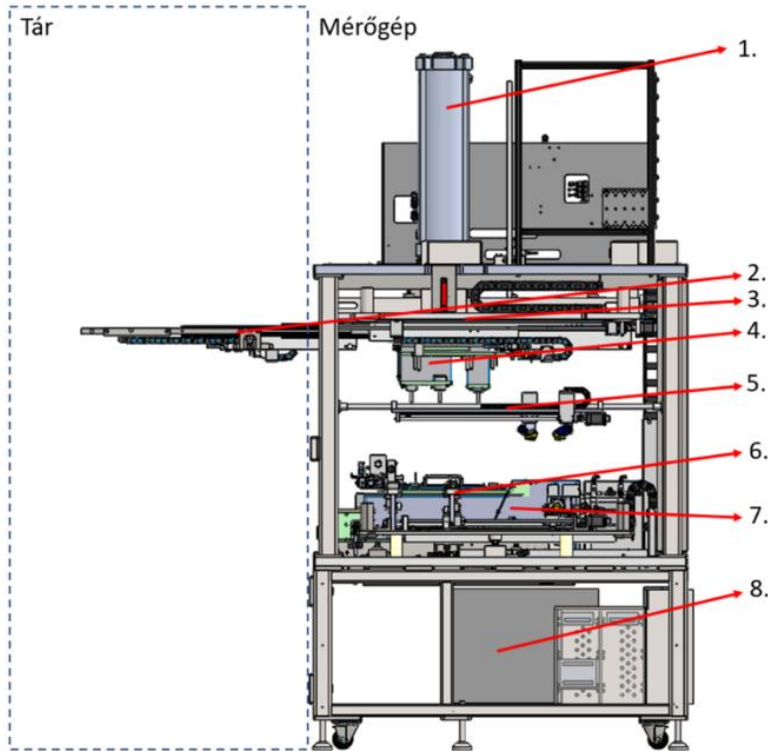
Az automatizált tűágy csere

A gép több, különböző gyártótól származó tűágy fogadására képes az ezekhez illesztett típus-specifikus adapter segítségével. Az adapter funkciója a gyártónként eltérő tűágy (más néven fixture) csatlakozó felületek (interface) közös csatlakozó felületté alakítása. Az adapter kialakításától függően a specifikációnak megfelelő méret- és funkció-tartományon belül a fogadóképesség további tűágy típusokra is lehetőséget ad. A berendezésbe épített adapter egy típusa látható a 4. ábra ábrán.



4. ábra Tűágy és adapter

A cseretűágy alsó- és felső része az adapterrel kiegészítve a táregységben helyezkedik el. A tűágyak felső részét egy passzív sínes tárolókeret, az alsó részét görgősoros fiókok tárolják. A tár elhelyezkedése a berendezésben az 5. ábrán látható. A tűágytárak függőleges irányú mozgatását menetes orsós hajtások végzik, melyek páronként szinkronizálva vannak. A pozícióértékek folyamatos követését enkóderek biztosítják, a kétoldali orsók összehangolását a vezérlés végzi.



5. ábra Mérőgép felépítése

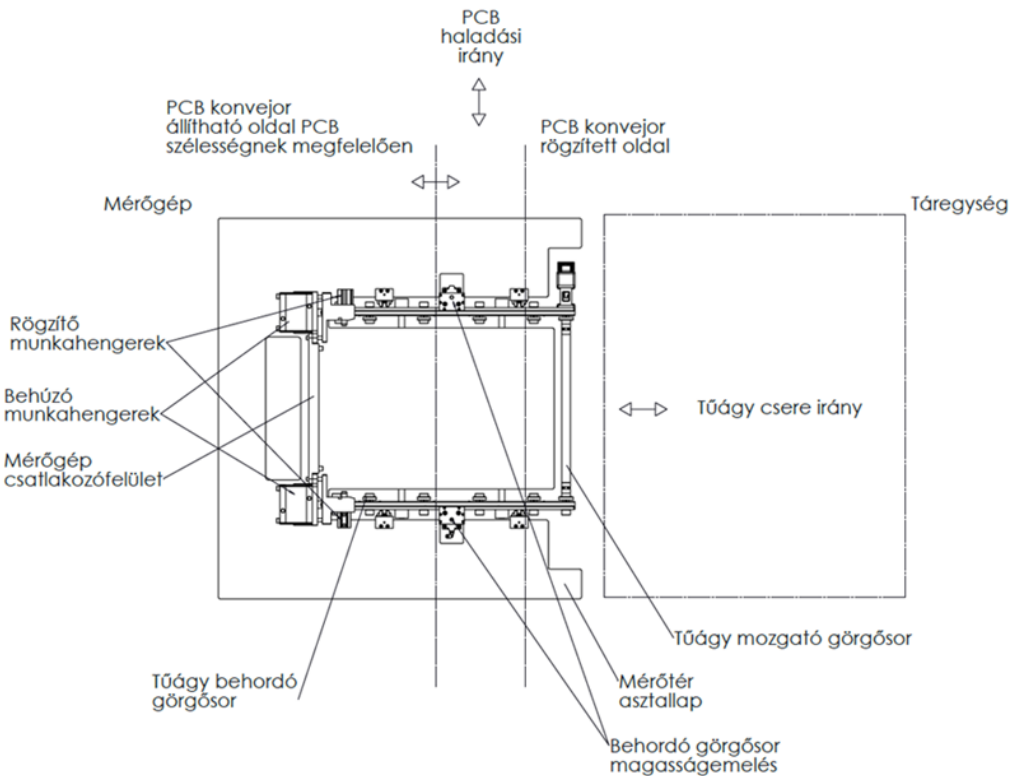
A mérőgép felépítése és működési jellemzői

A PCB-k összehúzását a felső részen elhelyezkedő pneumatikus munkahenger (1) biztosítja. A munkahenger ereje 6 bar üzemi táplevegő nyomás esetén 12000 N, mely 3000 tesztpontra 4 N üzemi erővel bíró kontakt tűk használatát teszi lehetővé. A munkahenger pozícióját a vezérlőelektronika egy útmérő rendszer segítségével 0.1 mm-es felbontással tudja szabályozni.

Az 5. ábrán bemutatott berendezésen látható, hogy a felső tűágyat (4) a tárból két, párhuzamosan mozgó teleszkópos kar (2) húzza át a mérőtérben, a préslap (3) alján kialakított helyére. A teleszkópos sínek mozgatását menetes orsós hajtás biztosítja, melyet enkóderrel felszerelt léptetőmotorok hajtanak, így a kar pozíciója szoftveresen szabályozható. A tűágy elektromos csatlakozását a géphez pneumatikus munkahengerekkel felszerelt csatlakozófelület - interface biztosítja. A munkadarab konvejon (6) érkező PCB-k felső oldaláról a konvektor felett, a vázhoz rögzített kódolvasók (5) olvassák le a munkadarab típusazonosító kódját. A kódolvasó kamerák a munkadarab haladási irányára merőlegesen – a munkaterületen

belül – tetszőleges pozícióba állíthatók, így biztosítva, hogy a munkadarab teljes felső felületén bárhol elhelyezkedő kódot le tudja olvasni a gép. Az alsó kódolvasás hasonló módon történik, a munkadarab konvejer alapjára helyezett kódolvasókkal.

Az alsó tűágyat (7) a tár görgős fiókjához hasonlóan egy emelhető/süllyeszthető görgősor mozgatja be a mérőterbe. A csatlakozófelületek összeszorítását a felső tűágyhoz hasonlóan itt is pneumatikus munkahengerek végzik.

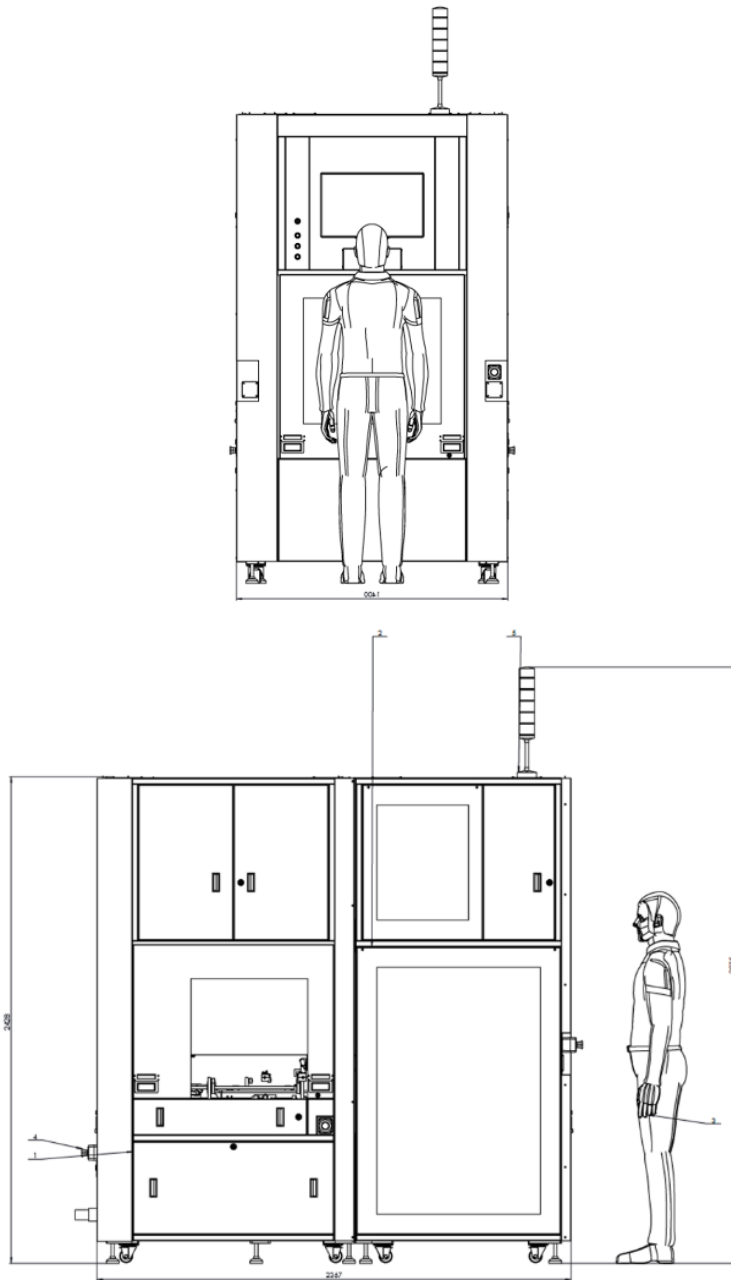


6. ábra Munkadarab konvejer

A munkadarabot szállító konvejer egység a 6. ábrán látható. A munkadarab konvejer szélessége a specifikációban előírt maximális 450 mm-ig nyitható. A szélesség-állítást párhuzamos megvezetésű, menetes orsós hajtások biztosítják enkóderes léptetőmotorok segítségével. A két PCB fogadását és pozícióját a két, egyénileg mozgatott stopperegység biztosítja. Ezek a tűágy mérőterének menetirány szerinti irányában tetszőleges pozícióban állíthatók meg. A munkadarab a szalagon mindkét irányból érkezik, a stopperkarok mindkét oldalán található munkadarab beérkezést érzékelő szenzorok.

Működtetés biztonsága

Automatán üzemelő In-Line Handler berendezés képes PCB ICT és FCT tesztelést is végezni. Üzemszerűen operátor nem dolgozik a gépen. Szükség esetén a használati utasítás, a karbantartási dokumentáció, illetve az üzemi gyakorlatnak megfelelően használhatja a gépet.



7.ábra Tesztberendezés főbb méretei

Esetleges hibaelhárítás esetén szakképzett hibaelhárító személy biztosított a gyártó oldaláról, aki a gyártó által megfelelő tanúsítással rendelkező, megfelelően oktatott személy, aki teljes mértékben tisztában van a gép működésével és biztonsággal tudja a részegységek hibaelhárítását elvégezni. Ebben az esetben a gép használatához szükséges védőeszközök: hallásvédelmi fül dugó, ESD munkavédelmi cipő, munkavédelmi szemüveg.

A FEJLESZTETT BERENDEZÉS FŐBB FUNKCIONÁLIS JELLEMZŐINEK ELEMZÉSE

Az automatán üzemelő tesztelő gyártósori berendezés az „In-Line DuoMaxx Test Handler” nevet kapta. A berendezés tervezését és gyártását követően, tökéletesen látja el a PCB ICT és FCT tesztelést is. Teljesen automata üzemmódban működik, operátor nem dolgozik a gépen. Termékátálláskor automatikusan cseréli és tárolja a gépben található fixture kit-eket. A kitek cseréje egy betanított munkás által, segédeszközzel történik. A gép önállóan, üzemszerűen nem üzemelhet, gyártósori üzemeléskor a burkolt és karbantartáshoz eltávolítható szállítószalagokkal kapcsolódik.

Az alábbi 2. táblázatban összehasonlításra kerül más hasonló funkciót ellátó berendezésekkel a fejlesztett gyártósori „In-Line Handler” berendezés. A kiválasztott paraméterek és jellemzők meghatározzák a berendezés alapvető mechanikai működését, hatékonyságát, megbízhatóságát, funkcionalitását és a vizsgálandó munkadarab típus csere esetén az átállás megvalósítását (kézi vagy automatizált), illetve annak időtartamát.

Megnevezés	In-Line DuoMaxx Test Handler [8]	Piacvezető, hasonló funkciót betöltő berendezések [6], [7]
Mérőtű darab száma	8000 db	1500 - 3500 db
Túágy által kifejtett erő	13000 N	3000 - 7500 N
Működtetési energia	pneumatikus útmérős	szervo vezérelt vagy pneumatikus
Tesztelendő PCB mérete	300 mm x 450 mm	380 mm x 388 mm vagy 400 mm x 400 mm
Fixture méret	510 mm x 540 mm	500 mm x 580 mm vagy 400 mm x 4000 mm
Fixture csere időtartam	1,5 perc	kevesebb, mint 2 perc
Eltérő típusú PCB teszteléséhez szükséges teljes átállás időtartam	3,5 perc	több óra
Túágy csere	automatizált	manuális
Átállás kivitelezése	automatikus	manuális
Átállási hiba lehetőség	nincs	lehetséges
Mérőfej csere	igen	nem lehetséges
Párhuzamos munkamenet a tárban és a teszt részben	igen	nem lehetséges

2. Táblázat Egyes célberendezések összehasonlító táblázata

	A fejlesztés során meghatározott főbb célok és elvárások	Teljesítés
1.	Befogadható munkadarab méretei igazodjanak a piacon megtalálható PCB méretekhez.	IGEN
2.	A mérőtérben egyidejűleg kettő darab egymást követő PCB is ellenőrizhető legyen (amennyiben a tűágy ilyen kialakítású).	IGEN
3.	A munkadarab gépegységbe érkezésének iránya opcionális legyen.	IGEN
4.	Több gyártó által forgalmazott tűágy befogása legyen biztosított.	IGEN
5.	Több gyártó által forgalmazott mérőfej befogása legyen biztosított.	IGEN
6.	A tárrész automatizált cseréjének lehetősége a gépegységen belül legyen biztosított. A cserélhető tűágy tárolása is a berendezésen belül legyen biztosítva.	IGEN

3. Táblázat Fejlesztési célkitűzések megvalósításának értékelése

A tesztelt PCB típusváltásához szükséges gépbeállítási idő jelentősen redukálódott az automatizált berendezés segítségével, hiszen az eddig emberi munkát igénylő beállításokat – stopper, kódolvasó, tűágy, mérőfejcsere- több óráról 3,5 percre sikerült csökkenteni.

Az összefoglaló táblázat tartalma alapján megállapíthatjuk, hogy a fejlesztés elején megfogalmazott követelményeket sikerült teljesítenie a tervezett berendezésnek. (3. táblázat) Visszajelzések alapján a tovább fejlesztés irányvonala lehet a további gyártók tűágyainak kompatibilitása. Felmerült egy más irányú, kisebb kompaktabb tesztberendezés igénye is, melynek sorbakötési lehetősége még tovább növelheti a termelési kapacitást.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az Equip-Test Kft. automatán üzemelő „In-Line DuoMaxx Test Handler” berendezése technológiai szempontból a legmagasabb műszaki követelményeknek felel meg, melyek: a működési sebesség, találati pontosság, mechanikus precizitás. A gyártósori berendezés mechanikai felépítése a folyamatos üzemmódra lett tervezve és szükség esetén automatikusan végrehajtja a termékek közötti cseréhez szükséges verzióváltás mechanikai állítását, mely hozzájárul, biztosítja és támogatja a folyamatos üzemmódot, akár éjszaka is. A projekt során az egyes részfeladatokban kitűzött célok megvalósításával számos olyan eredményt értünk el, melyek az iparág számára a nemzetközi piacon megoldást tudnak nyújtani arra, hogy az elektronikai termékeket gyártó cégek az általuk gyártott nyomtatott áramköröket nem pusztán tesztelni tudják, hanem egy esetleges, a gyártósoron történő, más típusú nyomtatott áramkörre való átállást automatikusan el lehessen végezni (akár egy gombnyomásra), köszönhetően a géphez integrált tárrendszernek, melyben helyet kapnak a betölthető tesztadapterek. Ez olyan technológiai előnyt jelent a cégeknek, amellyel értékes időt és energiát tudnak megtakarítani, hiszen az „In-line Handler” berendezések jelenlegi alkalmazásánál jelentős elvesztett idővel szükséges számolni a termékcsereknél vagy az adott termék eltérő verzióinak cserjénél.

A fejlesztés hozzájárul az Ipar 4.0 digitalizálódó célkitűzéseinek megvalósításához, hiszen lehetővé teszi az állóidő csökkenését, valamint elősegíti az automatizálódást. Hosszú-távon csökkenthető az élőmunka szüksége és a kevesebb darabszámú berendezés nagyobb egységnyi volumen leadására képes ezáltal.

A berendezés fejlesztése az NKFI Alap-ból megvalósuló, KFI_16-1-2016-0050 azonosító számú „Automatán üzemelő In-Line Handler berendezés fejlesztése” című innovációs projekt segítségével valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] IV. Nyomtatott áramköri kártya (NYÁK) tervezése és kivitelezése, Debreceni Egyetem, jegyzet pp 10. https://shrek.unideb.hu/~misak/Files/nyak_labor.pdf
- [2] Ondrésik Tamás: Hardware minőségellenőrzése az elektronikai gyártási folyamat során <https://docplayer.hu/18168525-Hardware-minosegellenorzese-az-elektronikai-gyartasi-folyamat-soran-ondresik-tamas-o0qu3.html>
- [3] Kovács János: Tesztelés gyártásban fejlesztésben, Budapest, 2018., A kiadvány megjelenését a thyssenkrupp Components Technology Hungary Kft. támogatta http://mti.kvk.uni-obuda.hu/adat/tananyag/teszteles/KovacsJanos_TesztelésGyartas-banFejlesztésben.pdfFytili
- [4] Equip-Test Group, Fixture training, Budapest, 2020, Oktatási anyag, pp.30.
- [5] Equip test, In-line test handler használati útmutató – Gyöngy András, 2019
- [6] AssemCorp Inc., 2023. 10. 08. <https://www.assemcorp.com/tr/>
- [7] I.M.T., 2023. 10. 08., <https://www.imtts.cz/en/?s=PCB>
- [8] Equip test 2023.10.10., <https://equip-test.com/inline-test-handler-duomaxx>

CHARACTERISTICS OF THE OPTIMIZATION OF LOCAL SHIELDING CALCULATION AGAINST IONIZING RADIATION GENERATED BY HIGH-INTENSITY LASER EQUIPMENT DURING DESIGN**NAGYINTENZITÁSÚ LÉZERBERENDEZÉS ÁLTAL KELTETT IONIZÁLÓ SUGÁRZÁS ELLENI LOKÁLIS ÁRNYÉKOLÁS SZÁMÍTÁS OPTIMALIZÁLÁSÁNAK SAJÁTÓSÁGAI A TERVEZÉS SZORÁN**BODOR Károly¹ – ZAGYVAI Péter²**Abstract**

The design of shielding against ionizing radiation produced by high-intensity laser light is a special task, as both the unique properties of ionizing radiation resulting from laser-material interaction and the specific operating methods of the laser equipment differ from those used in classical accelerators. Shielding design must take into account the possible effects of changes in individual parameters in terms of radiation protection. Knowing these effects, the radiation protection adequacy of an already tested shielding arrangement must be checked when individual parameters are changed. This paper presents the planning process, possible methods and the possible effects of changes in individual parameters. Test simulations with the FLUKA Monte Carlo simulation code are also described.

Keywords

Radiation protection, High power laser facility, Parameter optimization, Radiation shielding, FLUKA

Absztrakt

A nagyintenzitású lézerfény által keltett ionizáló sugárzás elleni árnyékolás tervezése különleges feladat. A lézer-anyag kölcsönhatásból keletkező ionizáló sugárzás speciális tulajdonságai, valamint a lézeres berendezések sajátos üzemeltetési módjai eltérnek a klasszikus gyorsítók esetében alkalmazottakétól. Az árnyékolás tervezése során figyelembe kell venni az egyes paraméterek változásainak lehetséges hatásait sugárvédelmi szempontból. Ezek ismeretében az egyes paraméterek változásokor ellenőrizendő egy már tesztelt árnyékolás sugárvédelmi megfelelősége. A cikk bemutatja a tervezés menetét, lehetséges módszereit és az egyes paraméterek változásainak lehetséges hatását. A FLUKA Monte Carlo szimulációs kód felhasználásával elvégzett tesztszimulációk eredményeit is ismertetjük.

Kulcsszavak

Sugárvédelem, nagy teljesítményű lézerberendezés, paraméter-optimalás, sugárvédelmi árnyékolás, FLUKA

¹bodor.karoly@eli-alps.hu | <https://orcid.org/0000-0002-1612-8207> | Radiation protection expert, ELI ALPS | Sugárvédelmi szakértő, ELI ALPS

²zagyvai.peter@eli-alps.hu | <https://orcid.org/0000-0002-8121-8452> | Radiation protection advisor, ELI ALPS | Sugárvédelmi tanácsadó, ELI ALPS

BEVEZETŐ

A lézerberendezések fejlődésének köszönhetően a lézerfény intenzitása nagymértékben növekedett az elmúlt években. Korábban $\sim 10^{15}$ W/cm² maximális lézerfény intenzitás volt elérhető (pl. SLAC [1]), de a legújabb generációs nagy teljesítményű lézerek elérhetik a 10^{21-23} W/cm² intenzitást is (pl. az ELI [Extreme Light Infrastructure] létesítményeiben [2]).

A lézerfény (primer sugárzás) és egy adott céltárgy anyagának kölcsönhatása során (szekunder) nagy energiájú, kis divergenciájú ionizáló részecskenyalábok állíthatók elő, illetve jöhetnek létre (elektron, proton). Ezek a nyalábok az árnyékoló anyagokkal (nyalábcspadával és szükség esetén kiegészítő árnyékolással, valamint a terem falával) való kölcsönhatás során elektromágneses és hadron kaskádokat keltenek, továbbá óriás rezonancia neutronok megjelenése is lehetséges, ezért az itt keltett tercier sugárzások igen összetettek. A lézer-anyag kölcsönhatás során keletkező ultrarövid (\sim fs) lézerimpulzusok ([3], [4], [5]) többféle ionizáló sugárzást kelthetnek. Ezek az úgynevezett szekunder és tercier prompt sugárzások a lézerberendezés működése során keletkeznek, és azt követően azonnal meg is szűnnek. Az ionizáló sugárzás egyes összetevői, elsősorban a neutronok, bizonyos körülmények között felaktiválhatják a besugárzó teremben található berendezéseket, a levegő részecskéit, illetve az egyéb környező tárgyakat. Ezért az esetlegesen keletkező hosszabb felezési idejű radionuklidok okozta reziduális dózissal is számolni kell a sugárvédelmi árnyékolás tervezése során. A felaktiválódás arányos a keltett neutronhozammal, amely jelentősen növekszik a nagy rendszámú anyagok esetén. A felaktiválódás során számos, eltérő felezési idejű radionuklid keletkezhet. A hosszabb felezési idejű, felaktiválódott radioaktív anyagok feldúsulhatnak, ezért tervezéskor a felaktiválódásból származó reziduális sugárzás okozta dózistöbbletet is figyelembe kell venni.

Mindezen egyedi tényezőket, ezek együttes hatását figyelembe véve kell a sugárvédelmi árnyékolásokat megtervezni.

A LOKÁLIS SUGÁRVÉDELMI ÁRNYÉKOLÁS TERVEZÉSI METODIKÁJA

A tervezés fő lépései

A munkahelyek sugárveszélyes besorolású területeit körülhatároló falak és födém-szerkezetek mellett, azok kiegészítéseként szükség lehet lokális árnyékolásokra is a lézerfény-anyag kölcsönhatás során keltett ionizáló sugárzás kibocsátására képes berendezések közelében. Ezek tervezéséhez ismerni kell a lézerfény-anyag kölcsönhatás során fellépő fő fizikai folyamatok alapvető jellemzőit (részecske-típus, energiaeloszlás, folytonos energiaeloszláshoz vagy a diszkrét részecske-energiákhoz tartozó keltett részecskeszámok, a nyaláb iránya, a besugárzó kamra térbeli elhelyezkedése).

Az árnyékolás tervezéséhez a berendezések várható üzemviteli paramétereit is meg kell határozni: napi, éves üzemidő, a lézerberendezés ismétlési frekvenciája, valamint az adott kísérletsorozathoz tartozó foglalkozási és lakossági dózismegszorítás. Ezen adatokból meghatározható a fajlagos (egy adott típusú, keltett részecskére vonatkozó) dózislímit, amelynél nagyobb fajlagos dózis nem megengedett az árnyékolás utáni, hozzáférhető térrészekben.

A keltett részecskenyaláb paramétereit és a besugárzó kamra geometriáját a FLUKA ([6], [7], [8], [9], [10]) kódba kell betáplálni. A szimulációs programban a koncepcionális árnyékolás adatait (árnyékolás anyaga, összetétele, mérete, elhelyezkedése) is meg kell adni.

Miután minden bemenő adat rendelkezésre áll, próbaszimulációval érdemes ellenőrizni, hogy minden adatot helyesen adtuk-e meg. Ezt követően a szimulációt le kell futtatni a szimuláció sajátosságaihoz igazodó, kellően nagy indított részecskeszámmal a szimulációs eredmények megbízhatóságának és pontosságának növelése érdekében.

A tervezés kezdeti szakasza

A fent felsorolt lépések egy ideális esetet mutatnak be, amikor minden paraméter ismert, és az értékek már állandónak tekinthetők. A tervezés korai fázisában a legtöbb paraméter még ismeretlen, vagy nagyon bizonytalan. Ekkor még csak koncepcionális tervezésről beszélhetünk. Ebben a fázisban több lehetséges elrendezést, üzemviteli paramétert, forrástágot kell megvizsgálni, és meg kell határozni az adott esetekhez tartozó várható sugárvédelmi árnyékolás jellemzőit.

A lézertény-anyag kölcsönhatás során keletkező szekunder nyaláb jellemzőit extrapolációval, közelítéssel érdemes meghatározni a szakirodalom alapján [11]. A későbbiekben a pontosabb értékek meghatározhatók a lézertény-anyag kölcsönhatást számító kód segítségével [10].

Az üzemviteli paramétereknél – amennyiben még nem ismertek – szintén már meglévő lézeres nagyberendezések üzemeltetésének sajátosságait érdemes figyelembe venni; a későbbiekben a kutatók az adatszolgáltatás során módosíthatják az értékeket.

Ezen adatok alapján a fajlagos dózislímiték megbecsülhetők, de a fent felsorolt paraméterek bizonytalanságait figyelembe véve az összesített bizonytalanság akár több nagyságrendnyi is lehet. A koncepcionális tervezésnél tehát érdemes a berendezés maximális kihasználtságához tartozó adatokkal számolni, mivel így a későbbiekben csökkenthető, konzervatív lokális árnyékolási méretek adhatók meg. Így az árnyékolás megvalósításához szükséges hely- és költségigények már bizonyos paraméterek ismerete nélkül is megbecsülhetők.

A fajlagos dózislímiték meghatározásához szükséges számítás egyenlete

A lefutott FLUKA szimuláció eredménye a fajlagos dóziseloszlás, illetve fajlagos dózistérkép. A kód a kialakuló dózistér fajlagos értékét jeleníti meg, azaz egyetlen adott kezdő energiájú részecske hozzájárulását a kialakuló dóziseloszláshoz. Ezt az értéket kell felszorozni a fenti egyenlet működési paramétereivel, így a dózistérkép dózisteljesítményként is megjeleníthető. Ezt a szakirodalom prompt dózissnak (dózisteljesítménynek) nevezi, megkülönböztetve azt az esetleges aktiválódás miatt előálló maradék (reziduális) dózisteljesítménytől.

Az általunk használt és definiált fő sugárvédelmi tervezési egyenletből [10] meghatározható a fajlagos dózislímit értéke:

$$\Sigma(D_{fajlagos\ limit} \cdot N)_{prompt\ dózis} \cdot F \cdot T \cdot G \cdot \eta < DC \quad (1)$$

ahol:

- $D_{fajlagos\ limit}$: A fajlagos dózis megengedett legmagasabb értéke (származtatott dózismegszorítás) a besugárzó termen kívül egy adott energiájú részecskére normalva [pSv/részecske, vagy mSv/részecske]. Az összegzésnek az adott kísérletben várható összes részecskefajta tartalmaznia kell.

- N : Az egy lézerimpulzus által keltett, adott energiájú részecskék elméleti, lézerfény-anyag kölcsönhatást leíró számítások által meghatározott száma [db részecske /lövés].
- F : A lézerimpulzus (lövés) ismétlési frekvenciája [Hz; lövés/s].
- T : A napi üzemelési idő [s/nap].
- G : Éves üzemidő [nap/év].
- η : Az ionizáló sugárzás keltésének hatásfoka [%]; értéke megadja, hogy 1 db lézerlövés hatására az elméleti számítással kapott, várt (maximális) számhoz képest mennyi részecske keletkezik.
- DC: A vonatkozó éves foglalkozási és/vagy lakossági dózismegszorítás [mSv/év].

A szimulációknál vagy a keltett részecskék folytonos energiaeloszlásához, vagy a diszkrét részecske energiaeloszlásához tartozó keltett részecskeszámmal számolhatunk. Az utóbbi esetben az energiatarományokra külön szimulációkat futtatunk. Az adott energiával rendelkező részecskék számával és az üzemviteli paraméterekkel meghatározhatók a fajlagos dózislímiték adott energiákra, lásd (1) egyenlet. A vizsgált dózispontban a mért fajlagos dózisz mindenkor kisebbnek kell lennie a vonatkozó fajlagos dózislímitnél. Emellett a dóziszok összegének is teljesítenie kell az (1) egyenlet szerinti feltételeket.

PARAMÉTERVÁLTOZÁS HATÁSAINAK VIZSGÁLATA

A tervezési folyamat során az egyes paraméterek változhatnak, ahogy egyre több információ érhető el a tervezendő berendezésről, illetve kísérletről. Egy, már megtervezett és üzemelő berendezés továbbfejlesztése esetén is valószínűsíthetők a sugárvédelmet érintő paraméterváltozások. Ezért fontos tisztában lenni azzal, hogy az egyes paraméterek milyen mértékben befolyásolják a már meglévő árnyékolás megfelelőségét, illetve egy esetleges változás milyen áttervezést, módosítást igényel.

Az üzemviteli paraméterek változásának hatása

Az (1) egyenlet alapján látható, hogy a keltett dózis a fenti paraméterek értékének növelésével lineárisan nő, illetve ennek megfelelően a fajlagos dózislímit értékek szigorodnak.

A tervezőnek figyelembe kell venni tehát, hogy amennyiben az üzemviteli paraméterek közül több is jelentősen megnő, akkor jelentős áttervezésre, az árnyékolás kiegészítésére is szükség lehet. A tervezés optimalása során meghatározhatók azok a maximális üzemviteli paraméterértékek, amelyek mellett a meglévő árnyékoló rendszer még megfelelően árnyékol.

A keltett részecskeszám (N) változásának esetei és hatása

A lézerfény-anyag kölcsönhatása során keletkező szekunder ionizáló részecskék száma függ a lézerparaméterektől (pl. energia, impulzushossz), a céltárgy anyagi minőségétől, vastagságától, a besugárzás szögétől, valamint a céltárgy sűrűségétől és halmazállapotától [2], [3], [11] is. Ezen főbb paraméterek határozzák meg, hogy a kölcsönhatás során milyen részecskegyorsítási mechanizmus fog dominálni.

A nagy teljesítményű lézerek használatával keltett részecskék számát a meglévő berendezések mért adatainak extrapolálásával közelíthetjük.

A keletkező szekunder sugárzás sugárvédelmi paramétereit a lézerfény-anyag kölcsönhatást ún. Particle-in-Cell (PIC) módszerrel szimuláló programok alkalmazásával lehet pontosabbá tenni [16]. A lézerfény-anyag kölcsönhatás kollimált gyorsított részecskenyalábot hoz létre. A lézerfény a céltárgyra van fókuszálva. A besugárzás pillanatában kialakuló nagy elektromágneses erőter kiszakítja, majd gyorsítja az anyagból az elektronokat és – hidrogéntartalmú céltárgynál – a protonokat.

A lézerfény-anyag kölcsönhatás érzékeny a lézer-céltárgy beállítás körülményeire. A beállítás során a fókusztávolságot kell minél pontosabban beállítani, valamint meg kell győződni arról, hogy a céltárgy mozgatása során a fókusztávolság már nem változik. Ezért figyelembe kell venni a céltárgy vastagságának egyenletlenségeit, illetve a lézerfény beesési szögének is állandónak kell lennie. A céltárgy pozícióját mikrométeres pontossággal kell beállítani. Ez időigényes folyamat, ami a napi üzemvitel tekintetében korlátozza a napi kísérletek számát. Amennyiben a beállítás pontatlan és a céltárgy nem esik teljesen a lézerfény fókuszpontjába, a lézerfény-anyag kölcsönhatás során az elméleti számításokban megadott értékhez képest szignifikánsan kevesebb részecske keletkezhet, azaz a lézerfény-anyag kölcsönhatás részecskekeletkezési hatásfoka (η) csökken [12]. A tervezés során a számításoknál mindig ideális kísérleti körülményeket tételezünk fel, ugyanakkor a gyakorlatban ezek nem tudnak teljesülni, mivel a többszörös besugárzás során keletkező hó hatására a céltárgy anyaga deformálódhat, és a lézer optikai lencséinek geometriája is változhat. Az ideális körülményektől való eltérés a számításokkal megadott, szekunder és terciér sugárzásokra vonatkozó értékektől csak csökkent értékeket eredményezhet.

A keletkező részecskenyaláb energia- és szögeloszlása függ a domináló fizikai folyamatoktól. Az (1) egyenlet alapján látható, hogy a keltett részecskeszám a többi operációs paraméterhez hasonlóan fordítottan arányos a fajlagos dózislimmittel.

Dózismegszorítás

A dózismegszorítás értékének növelésében nincs túl nagy mozgástér, ugyanakkor a lakossági (nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállalókra vonatkozó) megszorítás értéke és a sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállalókra vonatkozó értékek között általában egy-két nagyságrendnyi különbség lehet, a sugárvédelmi szabályozásnak megfelelően.

Előfordulhat, hogy a szimulációk alapján a besugárzási termen kívüli térrészekben a fajlagos dózis legfeljebb két nagyságrenddel lépi túl a nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállalókhoz tartozó fajlagos dózislimitet. Ebben az esetben sugárvédelmi szempontból elfogadható, hogy csak sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállalók dolgozhatnak a területen az ionizáló sugárzás fennállásának idején.

Az árnyékolás elrendezésének és anyagának tervezése

A tervezési folyamat elején az egyes üzemviteli paraméterek értékei akár nagyságrendi bizonytalanságúak is lehetnek, így az üzemviteli paraméterek (N, F, T, G) értékeinek teljes bizonytalansága akár 2-4 nagyságrend is lehet. Ez a bizonytalanság csökken, konkretizálódik, ahogy egyre pontosabb adatok állnak rendelkezésre. Így a fajlagos dózislimit is egyre pontosabban meghatározható. A kezdeti tervezési szakaszban a még bizonytalan üzemviteli paraméterek feltételezhető maximumával számolva lesz konzervatív a közelítés. Ebben az esetben a fajlagos dózislimit értékek alacsonyok, azaz szigorúak lesznek, amelyek betartásához jellemzően kiterjedt, vastag árnyékolást kell tervezni.

A bizonytalanság csökkenésével a későbbiekben már pontosabb, a kiindulásnál alacsonyabb értékek fognak rendelkezésre állni. Emiatt a fajlagos dózislímiték megnőnek, ezért a kezdeti árnyékolás kiterjedtsége, vastagsága jelentősen csökkenthető.

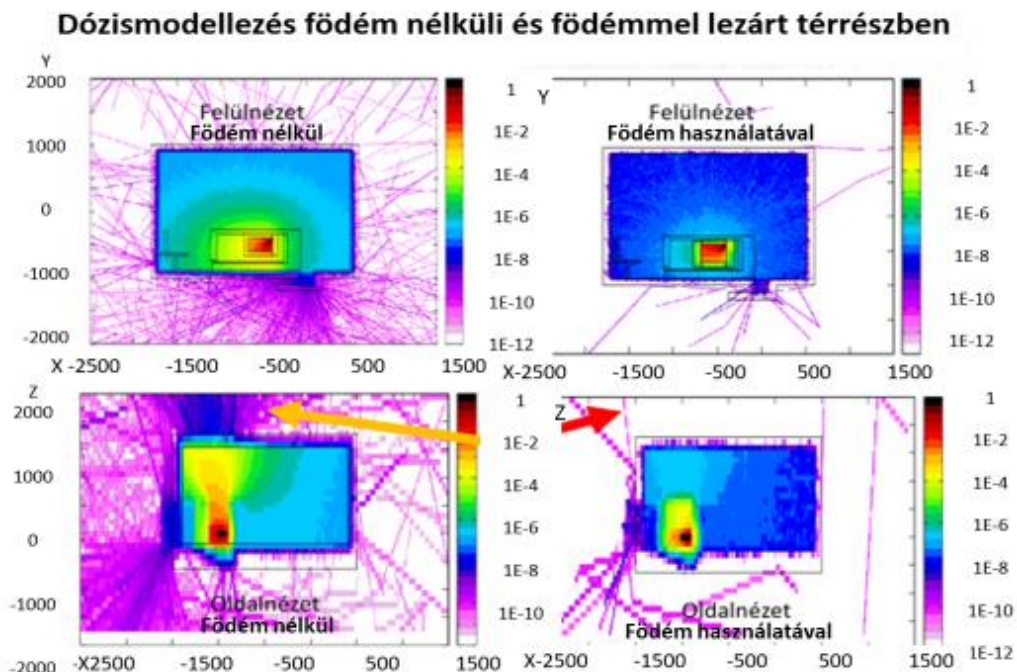
A sugárvédelem egyik alaptézise szerint a sugárzást a keletkezése helyén (besugárzó kamra) kell árnyékolni. Problémát jelenthet azonban az árnyékoló anyag térigénye, mivel a lézertény-anyag kölcsönhatást vizsgáló diagnosztikai berendezések és a detektorok is helyet foglalnak a berendezés közvetlen környezetében. A lézernyaláb bemenetének is szabadnak kell maradnia, valamint a kutatók munkavégzéséhez is megfelelő helyet kell biztosítani. Így az árnyékolás nem minden esetben helyezhető a forrás (besugárzó kamra) közvetlen közelébe. A megnövelt távolság miatt viszont nagyobb térrészben terjed az ionizáló sugárzás a keltett részecskenyaláb térszöge miatt, és ez csökkenti az árnyékolás hatékonyságát. Emiatt egy nagyobb méretű, a besugárzó kamrát körülvevő falrendszerre van szükség.

A geometria, valamint az árnyékolás pozicionálásának hatásait demonstrációs szimulációk elvégzésével vizsgáltuk meg. A demonstrációs szimulációknál a Szegeden megépült ELI Attoszekundumos Fényimpulzus Forrás (ELI ALPS) egyik besugárzó termét vettem alapul, és figyelembe vettem a releváns strukturális elemeket (falátörések, bejárati labirintus, besugárzó terem falának és födémének anyaga, vastagsága, besugárzó terem mérete, valamint a besugárzó kamra elhelyezkedése).

A lokális árnyékolás lefedésének hatása a dózistérre

A besugárzó kamra és a tőle csak távolabb elhelyezhető lokális árnyékolás közötti térben a részecskék szóródhatnak a besugárzó terem födémje irányában, illetve a teremfal falátörései felé, bár ezek tervezésénél eleve figyelembe vették az árnyékolás igényét. Ott egy részük ki is léphet a besugárzó termen túli területekre. Az ELI ALPS tervezési fázisában a lehetséges kiszóródást figyelembe vették. A falátörések nyílásai 15°-ban vannak döntve, így növelik a fal effektív vastagságát. A lokális árnyékolás súlya és a besugárzó kamra födém irányú nyílása miatt nem minden esetben egészíthető ki a lokális árnyékolás födémmel, ha a kamrától távolabb elhelyezkedő falrendszer miatt igen nagy kiterjedésű és nehéz kiegészítő födémre lenne szükség. Ugyanakkor egy demonstrációs szimuláció során (lásd 1. ábra) a FLUKA kóddal megvizsgáltuk, hogy sugárvédelmi szempontból milyen előnyös hatása lenne a födém alkalmazásának. A demonstrációs szimulációnál a besugárzó kamrát minden irányból körülvevő falrendszert alkalmaztunk, így a szekunder elektronsugárzás a födém irányába szóródik.

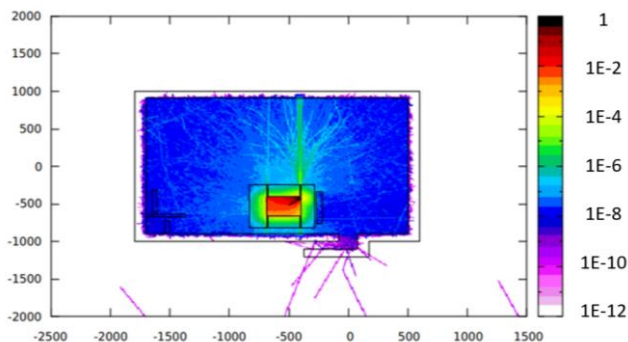
Az 1. ábra bal oldalán a nyalábot körülvevő falrendszer felett nincs kiegészítő födém (sárga nyíl), így a részecskesugárzás kijut a besugárzó teremből a terem falának felső részén elhelyezett falátöréseken. Jobb oldalon a lokális árnyékolás magasságában egy erre elhelyezett kiegészítő födémet alkalmaztunk (piros nyíl), ekkor a besugárzó teremből minimális a kiszóródó sugárzás. Mivel a valóságban ez a besugárzó állomás megközelíthetlensége miatt nem kivitelezhető, fontos megvizsgálni a födém felett fellépő sugárzási viszonyokat. A pontos paraméterek birtokában eldönthető, hogy a födém tetején (a besugárzó terem fölötti szinten) tartózkodhatnak-e személyek a besugárzások ideje alatt.



1. ábra: 10 MeV-es elektronsugárzás fajlagos dóziseloszlása. A besugárzó kamra felülnézete, földem nélkül (bal felső ábra), a besugárzó kamra felülnézete földem használatával (jobb felső ábra) és oldalnézete földem nélkül (bal alsó ábra), valamint oldalnézete földem használatával (jobb alsó ábra). Az esetleges földmárnyékolás hatása a fajlagos dóziseloszlásra, x, y, z [cm], színekód: [pSv/elektron], [saját szerkesztés]

Az árnyékolásillesztési rések hatása a dózistérre

A 2. ábrán egy másik demonstrációs szimulációval a lokális árnyékolófal elemeinek illeszkedési pontatlanságát modelleztem. Ebben az esetben nincs teljes átfedés az árnyékolósok találkozásánál, ezért a sűrű részecsketérből a szórt sugárzás (elektron, foton, fékezési röntgensugárzás) egy része „jet” formájában kilövell, ami a felülnézetben jól látható. A 2. ábrán a nyálábvonal árnyékolása látható illesztési hézaggal, valamint a geometriai hézag hatása a fajlagos dózistérre.



2. ábra: Árnyékoló, besugárzott céltárgy körül kialakuló dózistér szimulációja – felülnézeti kép, x, y [cm], színekód: [pSv/elektron], [saját szerkesztés]

A foton sugárzás elleni védelemben gyakran használt árnyékoló anyag az ólom, mivel hatékonyan gyengíti a foton sugárzást. A korábban említett óriás rezonancia neutronok keletkezése esetén azonban köztudottan a nagy hidrogéntartalmú anyagok jelentenek hatékony sugárvédelmet. A nagy energiájú másodlagos nyalábokhoz (elektron, proton) nem célszerű nagy rendszámú anyagokat alkalmazni, mivel a nagy rendszámú anyagok (pl. ólom, szegényített urán) a másodlagos sugárzás nagy részét visszaverik és csak kisebb részét nyelik el. Ugyanakkor az elnyelt részecskék sok óriás rezonancia neutron generálnak, és ezek a neutronok felaktiválódást okozhatnak [10], [13], [15]. A generált neutronrészecskék elleni védelmet (kis rendszámú, /hidrogénben gazdag/ anyagok) követően érdemes csak alkalmazni közepes vagy nagy rendszámú anyagokat a másodlagos sugárzás elnyelésékor képződő fékezési röntgensugárzás árnyékolására. Egyes nagy rendszámú anyagokban (pl. ólom, szegényített urán) ezáltal jelentős valószínűséggel keletkezhetnek radionuklidok, amelyek következtében magasabb lesz a reziduális dózisteljesítmény. A kis rendszámú anyagokban ennek csekély ugyan a valószínűsége, azonban ezekből vastagabb árnyékolást kellene készíteni a fotonok elnyelésére. Ideálisnak a közepes rendszámú anyagok használata bizonyult. Ezek közé tartozik a beton, a vas és a rozsdamentes acél.

A TERVEZÉSHEZ HASZNÁLT FLUKA KÓD EREDMÉNYEINEK VIZSGÁLATA AZ INDÍTOTT RÉSZECSKÉK SZÁMÁNAK FÜGGVÉNYÉBEN

A kezdeti tervezési szakaszban lehetőleg minél több koncepcionális árnyékolás-elrendezést és várható üzemviteli állapotot kell megvizsgálni viszonylag rövid idő alatt, hogy látható legyen, milyen irányban haladjon a nyalábvonal további tervezése. Mivel ebben a szakaszban a paraméterek igen bizonytalanok, itt még nem a végleges árnyékoláshoz tartozó nagy pontosságú eredmények bemutatása a fő cél, hanem olyan koncepcionális tervek tesztelése, amelyek nagyságrendileg megfelelhetnek a sugárvédelmi elvárásoknak.

A szimulációs kód aktuális változatának lefuttatásához szükséges idő többek között függ a részecske típusától, energiájától, a vizsgált terület nagyságától, a benne elhelyezett anyagoktól, az indított részecskeszámától, a FLUKA által használt fizikai folyamatok modelljétől, valamint a számítógép teljesítményétől. Minél nagyobb az indított részecskeszám és a vizsgált terület, annál hosszabb időt vesz igénybe a szimuláció. A szimulációs idő csökkenthető nagy teljesítményű számítógép alkalmazásával, valamint a FLUKA által felkínált szimuláció beállítási lehetőségeivel. Ilyen például a felhasználó által definiált energiaküszöbnél alacsonyabb energiájú részecskék figyelmen kívül hagyásának lehetősége.

Az indított részecskeszám növelésével a kaszkádeffektusok során keletkező terciér sugárzás részecskéinek száma is drasztikusan emelkedik, ami jelentősen növeli a szimuláció futtatási igényét. A FLUKA itt bemutatott tesztelésével az volt a célunk, hogy megvizsgáljuk, milyen sugárvédelmi következtetések vonhatók le a gyors futású próbaszimulációk eredményeiből. A tesztelés során megvizsgáltuk, hogy támpontul szolgálhatnak-e az alacsony indított részecskeszámú szimulációk által szolgáltatott dózisértékek.

Az alábbi ábrákon demonstrációs, azaz teszt-szimulációk láthatók. A tesztek során 100 MeV energiájú elektronnyalábot használtunk, az ábrákon ennek fajlagos dózistere (elektron, foton, fékezési röntgensugárzás), valamint ezen részecskék összesített (szimulált) fajlagos dózisértékeinek pontossága látható, ami az indított részecskeszám négyzetgyökével fordítottan arányos [17]. Az ábrákon a pontosság százalékban van megjelenítve, a 100% a teljes pontatlanságnak felel meg, a FLUKA-ban alkalmazott tárgyalásmódnak megfelelően. Minél

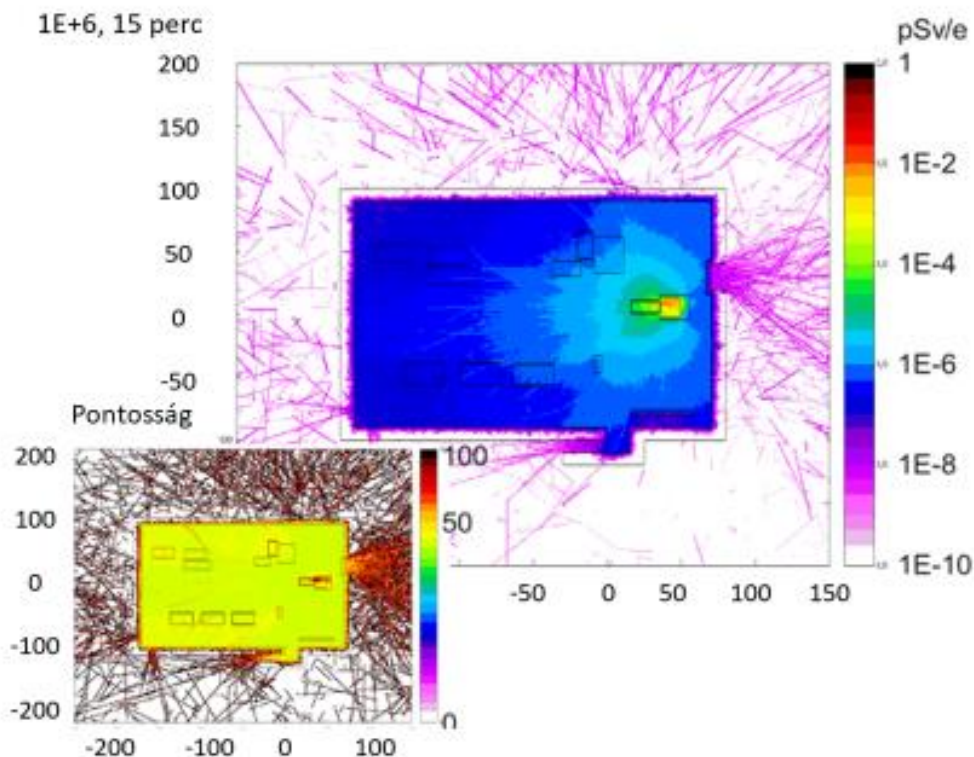
kiseb a szimuláció pontatlansága, annál megbízhatóbb a szimulált eredmény. Megjegyzendő, hogy a fehér színel jelölt térrészeken nem értelmezhető a pontosság mértéke, mivel ott nem áll rendelkezésre elegendő szimulált adat.

$$\sigma \sim 1/\sqrt{N} \quad (2)$$

ahol:

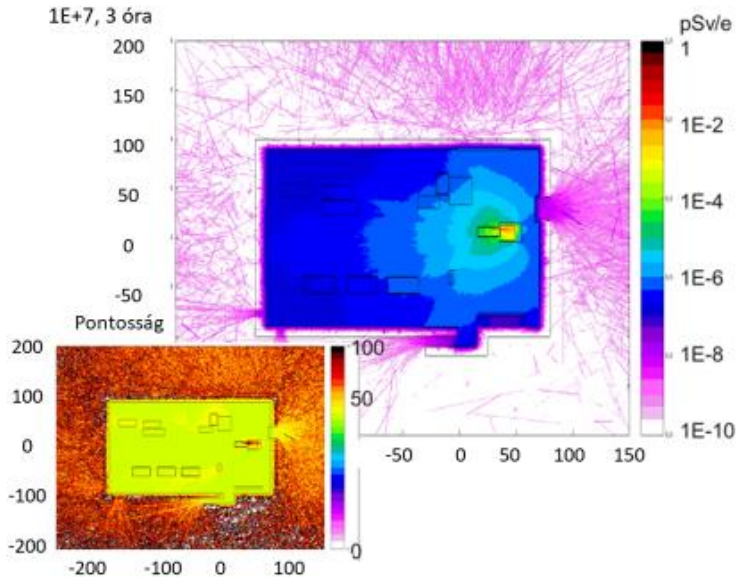
- σ : pontosság [%]
- N : indított részecskeszám [db]

A szimulációk során növeltük az indított részecskék számát (3-6. ábra). A 3. ábrán az indított részecskeszám 1 millió, a futtatási idő 15 perc, valamint az alsó ábrán a fajlagos dózisértékek pontossága [%] látható.



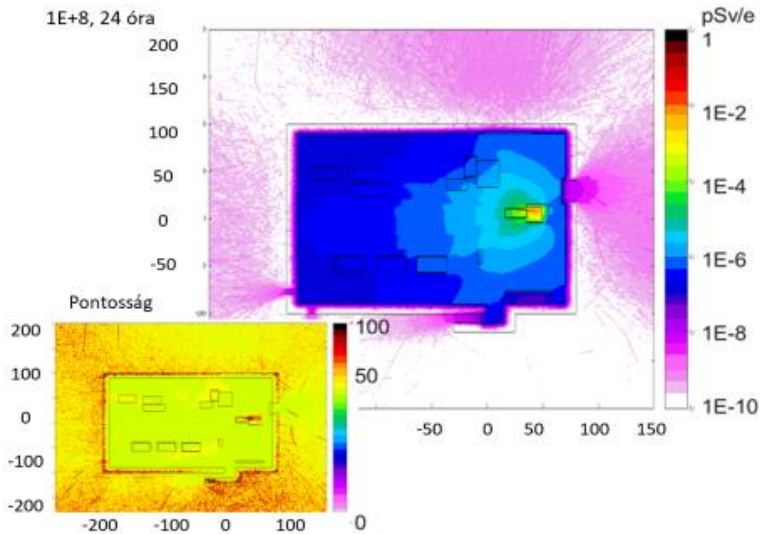
3. ábra: Lézerrel keltett 100 MeV-os elektronokkal besugárzott céltárgy körül kialakuló dóziszter szimulációja – felülnézet, x, y [cm], szinkód: [pSv/elektron], [saját szerkesztés]

A 4. ábrán az indított részecskeszám 10 millió, a futtatási idő 3 óra; az alsó ábrán a fajlagos dózisértékek pontossága [%] van feltüntetve.



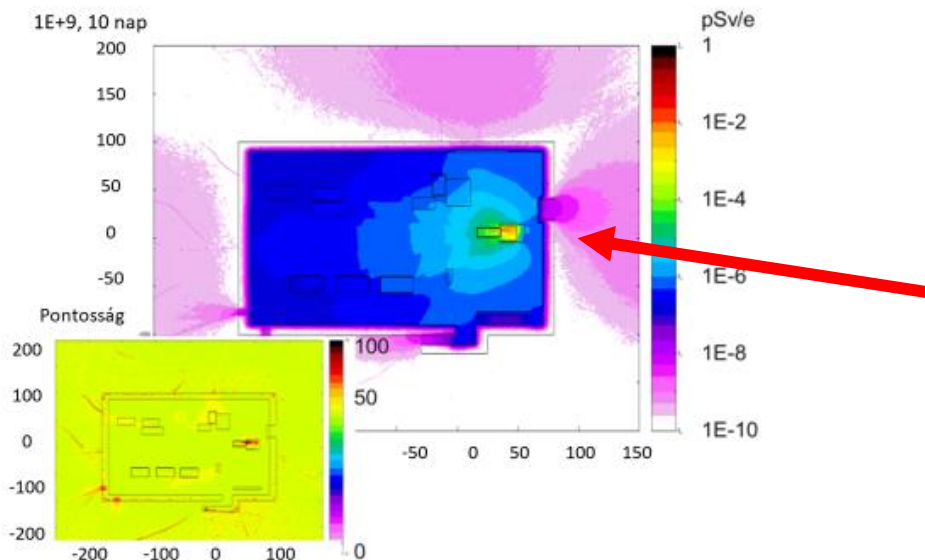
4. ábra: Lézerrel keltett 100 MeV-os elektronokkal besugárzott céltárgy körül kialakuló dózistér szimulációja – felülnézet, x, y [cm], szinkód: [pSv/elektron], [saját szerkesztés]

Az 5. ábrán az indított részecskeszám 100 millió, a futtatási idő 24 óra; az alsó ábrán a fajlagos dózisértékek pontossága [%] van feltüntetve.



5. ábra: Lézerrel keltett 100 MeV-os elektronokkal besugárzott céltárgy körül kialakuló dózistér szimulációja – felülnézet, x, y [cm], szinkód: [pSv/elektron], [saját szerkesztés]

A 6. ábrán az indított részecskeszám 1000 millió, a futtatási idő 10 nap; az alsó ábrán a fajlagos dózisértékek pontossága [%] van feltüntetve.



6. ábra: Lézerrel keltett 100 MeV-os elektronokkal besugározott céltárgy körül kialakuló dózistér szimulációja – felülnézet, x, y [cm], szinkód: [pSv/elektron], [saját szerkesztés]

A 3-6. ábrák szépen mutatják, hogy az indított részecskeszám növelésével az adatok pontossága csökken, a dózistérképek felbontása, részletessége javul. A besugárzó teremnél a falárnyékolás külső felületén megjelenő dózis értéke nagyságrendileg nem változik az indított részecskeszám növelése ellenére (lásd 6. ábra, piros nyíl). Az 1 és 1000 millió indított részecskeszámmal elvégzett szimulációk időigénye 15 perc, illetve 10 nap, tehát a teljes futtatási idő 0,1%-a alatt lefuttatott szimuláció is hordoz a sugárvédelmi tervezés szempontjából használható információt.

A FLUKA tesztelés eredményei alapján megállapítható, hogy a rövid futásidejű próbaszimuláció fajlagos dózisértékei már a tervezés korai fázisában [10] is támpontot adhatnak a tervezőnek. Így számos koncepcióterv előzetes szimulációs eredménye alapján választhatók ki az ígéretes, továbbfejlesztendő változatok. Természetesen a végleges terv jóváhagyásakor szükséges a nagy indított részecskeszámmal elvégzett szimuláció nagy teljesítményű számítógép alkalmazásával.

NYALÁBVONAL ÁRNYÉKOLÁS KONCEPCIONÁLIS TERVEZÉSE

Ebben a fejezetben egy nyalábvonal (LEIA berendezés) koncepcionális tervezését mutatjuk be a korábban ismertetett módszerek felhasználásával. A példában a keltett elektronok diszkrét energiaeioszlását, illetve a keltett részecskék számát (N) az 1. táblázat tartalmazza. Feltételezzük, hogy minden nyalábvonal komponens a lézerfény irányában halad tovább. A koncepcionális tervezéshez használt éves lézerimpulzus lövésszáma $F \cdot T \cdot G = 108\,000$ [lövés/év], $F = 10$ Hz. A keltési hatásfok valószínűleg a rendszer beüzemeléskor a legkisebb. A

beállítások precizitásának javulásával (cél tárgy - lézertény fókuszálás stabilitásának növekedése), a hatásfok és ezáltal a ténylegesen keltett részecskék száma is növekedni fog. Az okozható maximális dózis meghatározása kedvéért a lézertény-anyag kölcsönhatás hatásfokát (η) konzervatíván 1-nek vesszük.

Maximális elektron energia [MeV]	N [db]	N·F·T·G [db részecske/év]
0,5	8,70E+09	9,40E+14
1	8,00E+09	8,64E+14
2	1,00E+09	1,08E+14
5	1,80E+09	1,94E+14
7	8,70E+08	9,40E+13

1. táblázat: Üzemviteli paraméterek elektronokra, [saját szerkesztés]

A 2. táblázat a sugárveszélyes és nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállalók dózismegszorításait tartalmazza.

DC ₁ (RP)	1	[mSv/év sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállaló]
DC ₂ (NRP)	0,05	[mSv/év nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállaló]

2. táblázat: DC: Dózismegszorítások, [saját szerkesztés]

Az (1) egyenletet és az 1-2. táblázat adatait felhasználva meghatározhatók a példában szereplő LEIA nyálábvonalra az egyes energiaszintekhez tartozó fajlagos és prompt dózislímit (3. táblázat). A prompt dózislímitet mSv/s mértékegységben adtuk meg, azaz:

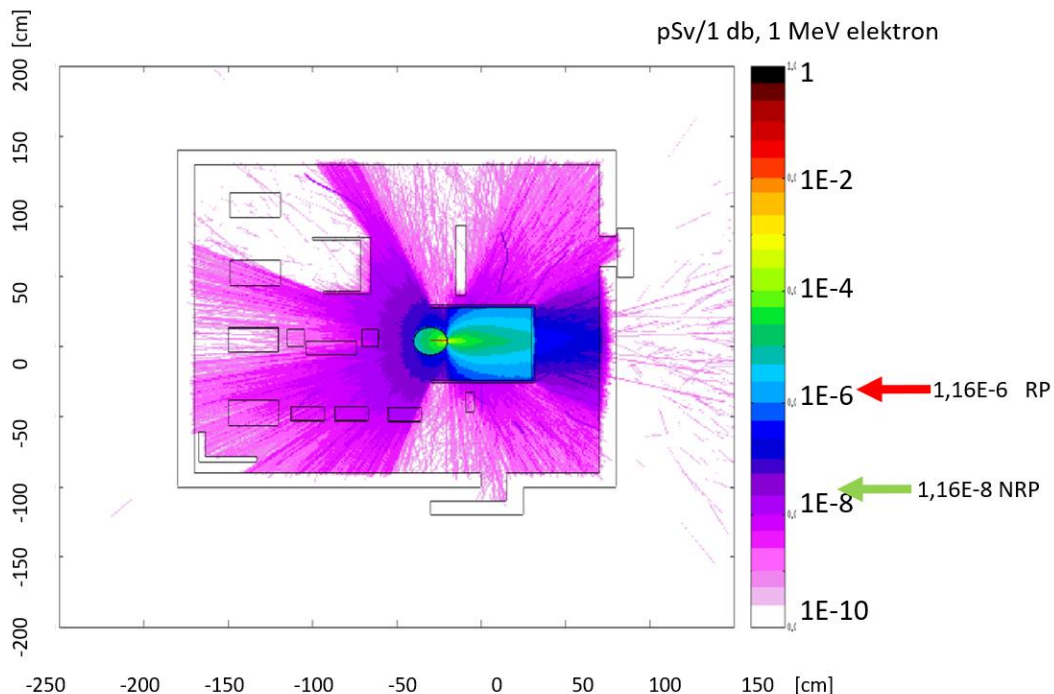
$$D_{\text{prompt limit}} [\text{mSv/s}] = D_{\text{fajlagos limit}} [\text{pSv/elektron}] \cdot N \cdot F \cdot 1E-9 \quad (2)$$

Maximális elektron energia [MeV]	Fajlagos dózislímit sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállaló részére [pSv/elektron]	Fajlagos dózislímit nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállaló részére [pSv/elektron]	Prompt dózislímit sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállaló részére [mSv/s]	Prompt dózislímit nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállaló részére [mSv/s]
0,5	1,06 E-6	1,06 E-08	9,26 E-5	9,26 E-7
1	1,16 E-6	1,16 E-08	9,26 E-5	9,26 E-7
2	9,26 E-06	9,26 E-08	9,26 E-5	9,26 E-7
5	5,14 E-06	5,14 E-08	9,26 E-5	9,26 E-7
7	1,06 E-05	1,06 E-07	9,26 E-5	9,26 E-7

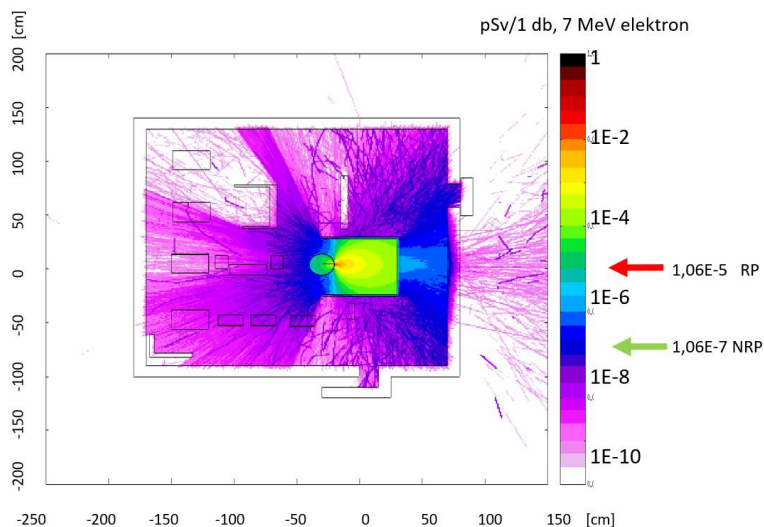
3. táblázat: Számolt fajlagos és prompt dózislímiték [pSv/elektron], illetve [mSv/s] értékben, [saját szerkesztés]

A táblázat és az energiaspektrum alapján látható, hogy tervezésnél az alacsonyabb energiájú részecskéket is figyelembe kell venni. A szimulációkat az összes energiára le kell futtatni, és a vizsgált pontokban az összes esetenél teljesülnie kell a fajlagos dózislímit kritériumoknak, amennyiben nem folytonos, hanem diszkrét energiaspektrummal dolgozunk. Folytonos energiaspektrum esetén a FLUKA figyelembe veszi a megadott energiaeloszlást és a hozzá tartozó részecskeszámokat.

A vizsgálati paraméterek növelése érdekében ebben a példában lokális, 20 cm vastag nehézbeton árnyékolást alkalmaztunk a besugárzó nyalábkamra körül. A 7. ábrán a kisenergiájú 1 MeV elektron-, míg a 8. ábrán a 7 MeV-es elektronkomponens dózisterének szimulációja látható. A piros nyíl (RP) a sugárveszélyes munkaköri besorolású, míg a zöld nyíl (NRP) a nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállaló fajlagos dózislímitjét jelzi. A szimulációk eredményei azt mutatják, hogy a berendezés működése közben a besugárzó teremben a fellépő sugárzás miatt csak a 7-8. ábrán látható lila színnel jelölt területeken lehet tartózkodni. A 3. táblázatban megadott fajlagos dózislímiték mellett a nem sugárveszélyes munkaköri besorolású munkavállalók csak limitált térrészben (rózsaszín, fehér) tartózkodhatnak a kísérletek alatt a teremben.

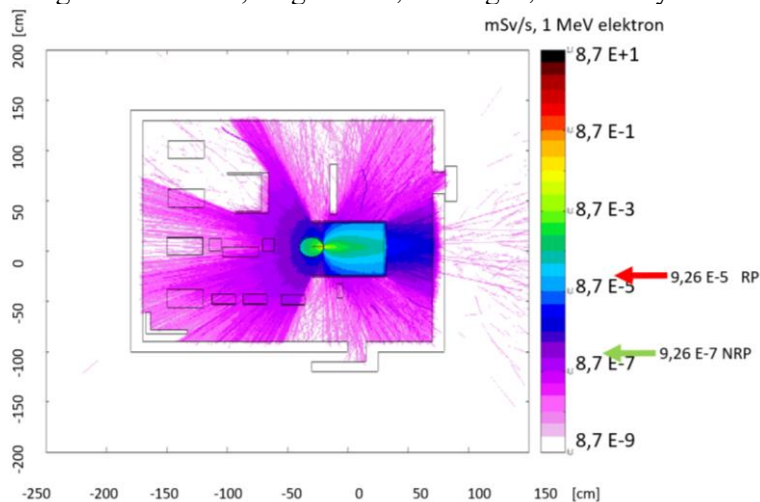


7. ábra: A berendezés 1 MeV energiájú elektronsugárzásához tartozó fajlagos dózister felülnézeti térképe, jelezve a „sugárveszélyes munkaköri besorolású” (RP) és „nem sugárveszélyes munkaköri besorolású” (NRP) munkavállalói fajlagos dózislímiteket, x, y [cm], színekód: [pSv/1 MeV elektron], [saját szerkesztés]



8. ábra: A berendezés 7 MeV-es elektronsugárzásához tartozó fajlagos dózistér felülnézeti térképe a „sugárveszélyes munkaköri besorolású” és „nem sugárveszélyes munkaköri besorolású” munkavállalói fajlagos dózislímitiek jelölésével, x, y [cm], színekód: [pSv/7 MeV elektron], [saját szerkesztés]

A 9. ábrán 1 MeV energiájú szekunder részecskére normált prompt dózistér értékét jelenítettük meg mSv/másodperc mértékegységben, a korábban is értékelt berendezés közelében. Az (1) egyenletben a fajlagos dózist $N \cdot F$ -fel megszorozva az egy másodpercre jutó dózist kapjuk. A prompt dózistérkép azonban arányaiban nem változik, ha összevetjük a 9. és a 7. ábrát. A tervezés során a fajlagos értékekkel érdemes számolni, mert ha bármelyik üzemviteli paraméter (F, T, G) vagy a részecskeszám (N) változik, akkor a fajlagos dózislímit is változik és a már elvégzett szimulációt megvizsgálva azonnal látható, hogy az adott meglévő árnyékolást szükséges-e áttervezni, kiegészíteni, és ha igen, akkor milyen mértékben.



9. ábra: A berendezés 1 MeV elektronsugárzásához tartozó prompt dózistér felülnézeti térképe, 20 cm vastag nehéz-beton nyalábárnyékolással, x, y [cm], színekód: [mSv/s 1 MeV elektron] [saját szerkesztés]

Tételezzük fel, hogy az üzemviteli paraméterek összességében két nagyságrenddel kisebbek. Ekkor a dózislímiték két nagyságrenddel nőnek, így pl. a 7. és a 8. ábra alapján a sugaras és nem sugaras munkavállalók a lokális árnyékoláson belüli teret kivéve bárhol tartózkodhatnak a besugárzó teremben.

Amennyiben a koncepcionális tervhez képest megnövelik a berendezés üzemviteli paramétereit (pl. három nagyságrenddel), akkor a dózislímiték három nagyságrendet szigorodnak (csökkennek). Így a 7. és a 8. ábrán látható, hogy a besugárzó teremben senki, a termen kívüli térrészekben pedig csak sugaras munkavállalók tartózkodhatnak.

Ekkor három lehetőség van:

- A paraméterek növelése (F, T, G, N) nem engedélyezhető.
- A besugárzó terem körüli területek sugárveszélyes munkaterületté minősíthetők át.
- Ki kell egészíteni az addig alkalmazott lokális árnyékolást.

A sugárvédelmi szakembereknek e lehetőségeket megvizsgálva, mérlegelve kell döntést hozniuk.

KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

- A sugárvédelmi tervezés kezdeti fázisában az új kísérleti berendezések esetén a számítások bemeneti paraméterei (N, F, T, G, geometria, keltett ionizáló sugárzás iránya, szögeloszlása) még nem teljesen ismertek vagy nagy bizonytalansággal terheltek.
- A keltett részecskék száma elsődlegesen extrapolációval határozható meg a már üzemelő létesítmények tapasztalatai alapján, viszont az extrapoláció közel hat nagyságrendet ível át a lézerintenzitás függvényében, így ezen értékek is bizonytalanok.
- A dózisbecslés bizonytalansága 2-4 nagyságrend is lehet.
- A FLUKA kód tesztelése alapján látható, hogy már az alacsonyabb indított részecskeszámmal végzett szimulációk is elegendően pontosak ahhoz, hogy támpontot adjanak a tervezőnek [10].
- A fenti tulajdonság felhasználható a nyalábvonal továbbtervezéséhez, pl. paraméternöveléshez vagy új berendezés alpméreteinek előzetes meghatározásához (azaz kb. mekkora kiterjedésű, illetve vastagságú lokális árnyékolásra lehet szükség), illetve a balesetelhárítás tervezése során több scenárió is megvizsgálható, és rövid idő alatt adhatók nagyságrendi becslések.
- Az eleve nagy bemeneti paraméter bizonytalansághoz és a szimulációk nagy pontatlanságához képest a szimulált értékek bizonyos feltételek mellett felhasználhatók. Így a kezdeti fázisban a koncepcionális tervezésnél e feltételek figyelembevételével alkalmazhatók az iniciális eredmények az ígértes koncepciók kiválasztásában, azok további tervezéséhez. Konzervatív becslést kaphatunk az árnyékolás helyigényére és annak várható költségére.
- A lézerfény-anyag kölcsönhatás hatásfokát érdemes 1-nek választani, mivel a precízebb beállításoknak köszönhetően a hatásfok várhatóan növekedni fog. Így egyszerűbb a dózislímiték számolása, és a szimulációk konzervatívak maradnak.
- A nagy energiájú elektronok elleni árnyékolás anyagának megválasztásánál kerülni kell a nagy rendszámú anyagokat. Alacsony rendszámú anyagokat főként a szórt kis

energiás részecskék árnyékolásához kell használni. Fő abszorbensnek érdemes közepes rendszámú anyagokat választani. A részletes tervezéshez ismerni kell a keltett foton sugárzás energiaeoszlását.

- Lehetőleg törekedni kell az árnyékolás–forrás távolság minimalizálására, hogy a szórt sugárzás miatt ne legyen szükség kiterjedt árnyékolás alkalmazására.
- A részecskesugárzás egy része elnyelődik a lokális árnyékolásban, másik része áthatol rajta, valamint visszaszóródik. A visszaszórt részecskék jelentős része a lokális árnyékolás nélküli részekben kiszóródhat, pl. illesztési hézag esetén „jet” formájában. Ezért nagyon fontos a végleges árnyékolás tervezésénél és telepítésénél a megfelelő átfedések biztosítása. A szórt sugárzás a besugárzó terem födéme felé is eljut, így meg kell vizsgálni, hogy besugárzás alatt lehet-e a födémen tartózkodni, illetve az ott tartózkodást lehet-e limitálni, megtiltani.
- A szimulációknál érdemes a FLUKA által szolgáltatott fajlagos értékekben megjeleníteni az adatokat, mivel paraméterváltozás esetén gyorsan eldönthető, hogy a meglévő árnyékolás megfelel-e az új limiteknek, illetve mekkora áttervezést igényel a rendszer. Ideiglenes paraméternövelés esetén a dózismegszorítás is változtatható, például a területek ideiglenes átminősítésével összekapcsolva. Ezen opciókat a sugárvédelmi szakembereknek kell mérlegelni.
- A diszkrét energiaeoszlási tervezési módszer alkalmazásánál minden energiára le kell futtatni a szimulációkat, és minden esetben teljesülniük kell a dózislimeknek. A diszkrét módszerrel látható, hogy a részecskeenergia mely tartományára a legérzékenyebb a rendszer.
- A végleges terv készítésekor nagy indított részecskeszámmal is el kell végezni a szimulációt.

ÖSSZEFOGLALÓ

A nagy teljesítményű lézerberendezések sugárvédelmi tervezése időigényes, összetett folyamat, és a tervezés fázisaiba több szakág (sugárvédelem, munkavédelem, lézervédelem, épületgépészet, épüleüzemeltetés) bevonása szükséges. A cikk a tervezés menetét mutatta be. Megvizsgáltuk, hogy az egyes üzemi paraméterek változásai hogyan és milyen mértékben befolyásolják a koncepcionális tervek sugárvédelmi megfelelőségét.

A tervezést a FLUKA kóddal végeztünk. A kód tesztelése során látható volt, hogy a kis részecskeszámmal végzett próbaszimulációk is hordoznak sugárvédelmi szempontból használható eredményeket, amelyek támpontot adhatnak a tervezőnek arra, hogy a koncepcionális terv nagyságrendileg megfelelhet-e az elvárásoknak.

Egy koncepcionális tervezési példával bemutattuk, hogy a tervezési egyenlet alapján hogyan határozhatók meg a dózislimek, és szimulációk segítségével mutattuk be a koncepcionális lokális árnyékolás megfelelőségét. Továbbá megvizsgáltuk, hogyan hat a meglévő árnyékolás sugárvédelmi megfelelőségére az üzemviteli paraméterek csökkenése vagy növelése.

A javaslatok, következtetések felhasználhatók a már meglévő berendezések lokális árnyékolásának továbbtervezésénél, valamint új kísérleti elrendezés tervezésénél, méretezésénél is.

Az ELI-ALPS projekt (GINOP-2.3.6-15-2015-00001) az Európai Unió támogatásával, az Európai Regionális Fejlesztési Alap társfinanszírozásával valósul meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] J. Bauer, J. C. Liu, A. A. Prinz, S. Rokni, H. Tran, M. Woods, and Z. Xia, *Measurements of Ionizing Radiation Doses Induced by High Irradiance Laser on Targets in LCLS MEC Instrument*. SLAC National Accelerator Laboratory, USA, 2013. Elérhető: <https://www.slac.stanford.edu/cgi-bin/getdoc/slac-pub-15889.pdf>
- [2] G. Mourou, G. Korn, W. Sandner, J. L. Collier, *ELI WHITEBOOK*, M C, France: ELI PP Publications, 2011, pp. 71-77. Elérhető: https://www.eli-alps.hu/files/Documents/file_eng/ELI-Book_low_res_version_1.pdf
- [3] A. Cimmino, D. Horváth, V. Olšovcová, V. Stránský, R. Truneček, A. Tsinganisa and R. Versacia, *Radiation Protection at ELI Beamlines: A Unique Laser Driven Accelerator Facility*, Prague, Czech Republic, Proceedings of Science, 2020. Elérhető: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/2104/2104.05479.pdf>
- [4] T. Liang, J. Bauer, M. Cimeno, A. Ferrari, E. Galtier, E. Granados, H. J. Lee, J. Liu, B. Nagler, A. Prinz, S. Rokni, H. Tran and M. Woods, *Radiation dose measurements for high-intensity laser interactions with solid targets at SLAC, US.*, Oxford University Press 2015. Elérhető: <https://academic.oup.com/rpd/article/172/4/346/2527702?login=false>
- [5] F. S. Englbrecht, A. Döpp, J. Hartmann, F. H. Lindner, M. L. Groß, H.-F. Wirth, P. G. Thirolf, S. Karsch, J. Schreiber, K. Parodi and G. Dedes, *Radiation protection modelling for 2.5 Petawatt-laser production of ultrashort x-ray, proton and ion bunches: Monte Carlo model of the Munich CALA facility*, UK, Journal of Radiological Protection, IOP Publishing, 2020. Elérhető: https://pure.mpg.de/rest/items/item_3261745_1/component/file_3263093/content
- [6] Website: <https://fluka.cern>, C. Ahdida, D. Bozzato, D. Calzolari, F. Cerutti, N. Charitonidis, A. Cimmino, A. Coronetti, G. L. D'Alessandro, A. Donadon Servelle, L. S. Esposito, R. Froeschl, R. García Alía, A. Gerbershagen, S. Gilardoni, D. Horváth, G. Hugo, A. Infantino, V. Kouskoura, A. Lechner, B. Lefebvre, G. Lerner, M. Magistris, A. Manousos, G. Moryc, F. Ogallar Ruiz, F. Pozzi, D. Prelicpean, S. Roesler, R. Rossi, M. Sabaté Gilarte, F. Salvat Pujol, P. Schoofs, V. Stránský, C. Theis, A. Tsinganis, R. Versaci, V. Vlachoudis, A. Waets, M. Witorski, "New Capabilities of the FLUKA Multi-Purpose Code", *Frontiers in Physics* 9, 788253, 2022. Elérhető: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphy.2021.788253/full>
- [7] G. Battistoni, T. Boehlen, F. Cerutti, P. W. Chin, L. S. Esposito, A. Fassó, A. Ferrari, A. Lechner, A. Empl, A. Mairani, A. Mereghetti, P. Garcia Ortega, J. Ranft, S. Roesler, P. R. Sala, V. Vlachoudis, G. Smirnov, „Overview of the FLUKA code”, *Annals of Nuclear Energy* 82, 10-18, 2015. Elérhető: <https://inspirehep.net/literature/1421238>
- [8] T.T. Böhlen, F. Cerutti, M.P.W. Chin, A. Fassó, A. Ferrari, P.G. Ortega, A. Mairani, P.R. Sala, G. Smirnov and V. Vlachoudis: *The FLUKA Code: Developments and Challenges for High Energy and Medical Applications*, *Nuclear Data Sheets* 120, 211-214, 2014. Elérhető: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0090375214005018>
- [9] A. Ferrari, P.R. Sala, A. Fassó, and J. Ranft: *FLUKA: a multi-particle transport code*, CERN-2005-10, INFN/TC_05/11, SLAC-R-773, 2005.

- Elérhető: <https://www.slac.stanford.edu/pubs/slacreports/reports16/slac-r-773.pdf>
- [10] K. Bodor, *Principle design elements of the radiation protection systems of the ELI - ALPS*, 2nd FLUKA Advanced Course and Workshop, Vancouver, Canada, 2012. Elérhető: https://www.fluka.org/free_download/course/triumf2012/Workshop/Bodor.pdf
- [11] J. Fuchs, P. Audebert, M. Borghesi, H. Pépin, O. Willi, *Laser acceleration of low emittance high energy ions and applications*, ELSEVIER, C. R. Physique, 2009. Elérhető: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1631070509000450>
- [12] D. Gustas, D. Guénot, A. Vernier, F. Böhle, R. Lopez-Martens, A. Lifschitz, and J. Faure, *Recent Progress on kHz Laser-Plasma Acceleration Driven by Single Cycle Laser Pulses*, OSA Technical Digest (online) (Optica Publishing Group, 2018).
Elérhető: <https://opg.optica.org/abstract.cfm?uri=HILAS-2018-HM3A.3>
- [13] A. Ferrari, T. Cowan, D. Margarone, J. Prokupek and B. Rus, *Shielding assessment for the ELI high intensity laser beamline facility in Czech Republic*, SATIF-10, CERN, 2010. Elérhető: <https://docplayer.net/221310833-Shielding-assessment-for-the-eli-high-intensity-laser-facility-in-czech-republic.html>
- [14] A. Esposito, *Radiation Protection around laser-based accelerators*, ELI WP6 meeting, Salamanca, Spain, 2010. Elérhető: https://indico.ihep.ac.cn/event/10011/attachments/106/162/RP_laserbasedaccelerators.pdf
- [15] M. Brugger, A. Ferrari, S. Roesler, L. Ulrici: *Validation of the FLUKA Monte Carlo code for predicting induced radioactivity at high-energy accelerators*, ELSEVIER, CERN, Geneva, Switzerland, 2006. Elérhető: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168900206003020>
- [16] M.E. Dieckmann, *The particle-in-cell simulation method: Concept and limitations*, 2007 Summer College on Plasma Physics, Italy 2007. <https://indico.ictp.it/event/a06211/session/63/contribution/43/material/0/0.pdf> (Letöltés ideje: 2023.01.08.)
- [17] Fluka scoring, Advanced Fluka course előadás, tananyag, https://indico.cern.ch/event/489973/contributions/2000424/attachments/1269290/1880139/03_AdvancedScoring2016.pdf (Letöltés ideje: 2013.08.10.)

Passive crashworthiness systems for electric vehicles**Elektromos járművek passzív ütközésbiztonsági rendszerei**KERTÉSZ József¹ – KOVÁCS Tünde Anna²**Abstract**

In addition to daily usability, it offers sufficient travel range, fast battery charging time, comprehensive service infrastructure, reliability and high performance. These are important requirements that play a key role in consumer acceptance of electric vehicles. However, electric energy storage and high-voltage systems also pose a major challenge in terms of crash safety, and their additional weight can be compensated by reducing the body weight. Electric vehicles also achieve outstanding results in crash tests, thanks to more efficient crumple zones, but this requires new design solutions and new material combinations. Honeycomb structural designs, metal foam integration and the use of battery platforms as body panels are solutions to these design challenges. The aim of this study is to present these technical solutions, which are also used in today's modern vehicles, and to identify further development options.

Keywords

passive safety, metal foam, crashworthiness, electric vehicle, mass optimisation

Absztrakt

A napi használatra való alkalmasság mellett az elegendő utazási hatótávolság, a gyors akkumulátor töltési idő, átfogó szervizinfrastruktúra, megbízhatóság és nagy teljesítmény. Ezek azok a fontos követelmények, amelyek kulcsszerepet játszanak az elektromos járművek fogyasztói elfogadottságában. Azonban az elektromos energiatárolók és a magas feszültségű rendszerek is nagy kihívást jelentenek az ütközésbiztonság szempontjából, ráadásul ezek okozta többlettömeget a karosszéria önsúlyának csökkentésével kompenzálhatók. A méhsejt szerkezetes kialakítások, a fémhab integráció és az akkumulátor platformok karosszériaelemként való alkalmazása megoldást jelentenek ezekre a konstrukciós nehézségekre. A tanulmány célja ezeknek a technikai – a mai korszerű járművekben is alkalmazott – megoldásoknak a bemutatása és a további fejlesztési lehetőségek megfogalmazása.

Kulcsszavak

passzív biztonság, fémhab, ütközésbiztonság, elektromos jármű, tömegoptimalizáció

¹ kerteszk.jozsef@eng.unideb.hu | ORCID: 0000-0001-9544-3135 | PhD student, Óbuda University Doctoral School on Safety and Security Science | PhD hallgató, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola | assistant lecturer, University of Debrecen Faculty of Engineering Air- and road Vehicle Department | tanársegéd, Debreceni Egyetem Műszaki Kar Légi- és közúti Járművek Tanszék

² kovacs.tunde@bgk.uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0002-5867-5882 | associate professor, Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering | egyetemi docens, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

BEVEZETÉS

Jelenleg a szigorú környezetvédelmi korlátozások miatt a járműipar a tiszta technológiákra összpontosít a lokális emissziómentes közlekedés érdekében [1]. És talán nem csak a környezetvédelmi korlátozások végett, hanem mert az emberiség talán ráébredni látszik arra a tényre, hogy a fenntartható jövő érdekében a hagyományos technológiákat el kell engedni, és új közlekedési módszert kell alkalmazni. Ebben az összefüggésben az elektromos (BEV) és hibrid (HEV) járművek ígéretes megoldásként jelentek meg a TTW (Tank to Wheel) energifolyam tekintetében, mivel működésük során zéró égéstermék kibocsátás érhető el [2-3]. Azonban 100%-osan emisszió mentesnek ezek a járművek sem tekinthetők, hiszen közlekedésük során továbbra is számolnunk kell a gumikopásából származó és a fékbetét elhasználódásából származó anyagleválással. Az elektrifikáció óriási léptékben fejlődik, azonban a legnagyobb korlátot az energia tárolása és az akkumulátorok viszonylag hosszabb idejű feltöltése jelenti. A jelenleg energiatárolóként alkalmazott LIB (Lithium-ion Battery) módszer tekinthető leghatékonyabb és költségoptimalizált megoldásnak, azonban biztonságtechnikai tekintetben szigorú intézkedéseket von maguk után az alkalmazásuk [4]. Ez azt jelenti, hogy a hagyományos járművek esetében alkalmazott passzív és aktív biztonsági rendszerek feladata már nem csak az utasok testi épségének megőrzése, hanem az energiatárolók és kiegészítő elemek hatékony védelme is. Az elektromos hajtáslánc elemei extrém módon növelhetik a járművek önsúlyát, amelyek energiahatékonyság és közlekedésbiztonság tekintetében is hátrányos. Ezért mai korszerű járművek karosszériájának tervezése kimondottan fontos és komplex feladat, hiszen a tömeg optimalizáció mellett az alacsony gyártási költségek, az újrahasznosíthatóság, a könnyű szerelhetőség igényeinek is meg kell felelni. A jármű karosszériáját úgy kell megalkotni, hogy az utasokat körülvevő cella olyan merev legyen, hogy ütközés esetén az semmilyen vagy csak minimális deformációt szenvedjen el. Ez viszont magával vonja azt a nehéz feladatot, hogy az ütközés energiáját kizárólag az utas cella előtt és mögött lévő gyűrődő zónának kell elnyelnie. Az elektromos-energiatárolók általában az utascella alatt helyezkednek el, így az előbb említett keret merevségének annak védelmére is ki kell terjednie [6].

AZ ÜTKÖZÉS KINEMATIKÁJA

A ütközésbiztonság szempontból ütközésnek minősül minden olyan esemény, amelyben két vagy több jármű viszonylag rövid időn belül erőt fejt ki egymásra, ez a rövid ideig tartó kölcsönhatás, az érintett testek mozgásában változást idéz elő a közöttük fellépő belső erők hatására, sebességükben változás következik be. Ezek az ütközések a rendszer teljes kinetikus energiájának ütközés előtti és utáni változása szerint két csoportra osztható. Az ütközés előtti sebességkülönbség nagyságát zárási sebességnek nevezzük. Az ütközés típusától függetlenül minden esemény megőrzi a lendületet. A különböző típusú ütközéseket az különbözteti meg, hogy a rendszer mozgási energiája megmarad-e. Az ütközés során legközelebbi vagy érintkező felületek közös normáljával egy vonalban lévő vonalat ütközési vonalnak nevezzük. Ez az a vonal, amely mentén a belső ütközési erő hat az ütközés során, és a Newton-féle visszaállítási együttható ezen a vonalon van meghatározva [7]. Az ütközések lehetnek rugalmasok, ami azt jelenti, hogy a rendszer lendülete és mozgási energiája konstans, vagyis értékük az ütközést megelőző és az azt követő pillanatban azonos.

Az impulzus (I_1, I_2) és mozgási energia ($E_{kin.1}, E_{kin.2}$) megmaradása a következő egyenlettel fejezhető ki:

$$I_1 = m_1 \cdot v_1 + m_2 \cdot v_2 = I_2 = m_1 \cdot u_1 + m_2 \cdot u_2 \quad (1)$$

$$E_{kin.1} = m_1 \frac{v_1^2}{2} + m_2 \frac{v_2^2}{2} = E_{kin.2} = m_1 \frac{u_1^2}{2} + m_2 \frac{u_2^2}{2} \quad (2)$$

Ahol a v_1 és v_2 az ütközés megelőző pillanatbeli sebességek az u_1 és u_2 pedig az ütközés utáni sebesség értékek, mértékegységük m/s-ban kifejezve. Az m_1 és m_2 pedig a járművek tömegét jelentik kg-ban megadva.

Rugalmatlan ütközés esetén a rendszer lendülete továbbra is állandó, azonban mozgási energiájában változás következik be, annak értéke csökken vagy akár nullára redukálódhat. Az energia megmaradás törvény értelmében az ütközési energia átalakul, amely hő, hang és deformációs energiaként jelenik meg. Ezen energiák közül természetesen a deformációs energia hányad a legnagyobb mértékű.

$$E_{kin} = \frac{1}{2} m v^2 = E_{imp} \quad (3)$$

$$E_{imp} = F \cdot s + E_{acu} + E_{heat} \quad (4)$$

$$F = m \cdot a_{x,y} \quad (5)$$

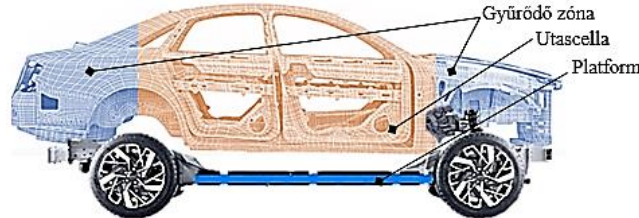
Az ütközés tényleges rugalmasságának vagy rugalmatlanságának mértékét a visszaállítási együtthatóval fejezhetjük ki. Ennek értéke nulla és egy között lehet, miszerint egy tökéletesen rugalmas ütközés visszaállítási együtthatója egy; a tökéletesen rugalmatlan ütközés visszaállítási együtthatója pedig nulla [8].

A jármű ütközés a rugalmatlan ütközések csoportjába sorolhatjuk, hiszen a rendszer mozgási energiájában változás következik be. A (2) képletet elemezve láthatjuk, hogy az ütközési energia, az akusztikus és hő energiák mellett deformációs munkaként jelenik meg, amely az ütközési erő és a gyűrődő zóna deformációjának szorzatával fejezhető ki. Amennyiben a gyűrődő zóna deformációjához szükséges energia kevesebb, mint a fellépő erőhatás, akkor a maradvány erő a járműben utazókra ható terhelésként fog megjelenni lassulás formájában. Ezek alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a passzív biztonsági rendszer elsődleges célja a lehető legtöbb energia megkötése a gyűrődő zónában, és az ütközés időbeli lefolyásának megnövelése. Az (5) képlet alapján egyértelműen kijelenthető, hogy a tömegoptimalizáció nem csak az energiahatékonyt növeli, de pozitív hatással van az ütközési jellemzőkre.

ELEKTROMOS JÁRMŰVEK ÜTKÖZÉSBIZTONSÁGI KONCEPCIÓJA

Az ütközésbiztonság azt határozza meg, hogy a járműszerkezet képes-e a személyeket érintő balesetben megfelelő védelmet nyújtani a testsérülések ellen, és megvédeni a rakományt az ütközés során bekövetkező sérülésekkel szemben. Az EV-k tervezése a hagyományos járműkonstrukción alapszik, azzal a különbséggel, hogy a hajtáslánc központi eleme a motor már nem a jármű orr vagy far részében helyezkedik el, hanem a futóművek tengelyvo-

nalában [1][9]. Ez nagyobb tervezési szabadságot ad a mérnököknek a gyűrődő zóna konstrukciója során. Az EV karosszéria biztonság alapú fejlesztése alapvetően több szekcióra különíthető el, hiszen a jármű szerkezete karosszériavázra és a platformra osztható. A platform magába foglalja az első hátsó futóművet, a hajtáselemeket és az akkumulátorokat. Szerkezeti szempontból a karosszériaváz pedig utascellára és gyűrődő zónára osztható. Ezt a szerkezeti felépítést szemlélteti a következő ábra.

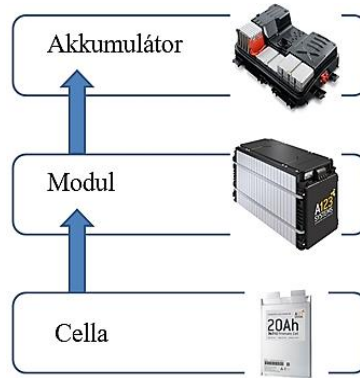


1. Ábra: Elektromos járművek szerkezeti felépítése (saját szerkesztés)

A korszerű járműgyártás a moduláris felépítésen alapszik. Vagyis a gyártók olyan platformokat használnak, amelyek nyomtávja, hasmagassága és tengelytávolsága szabadon módosítható. Ez lehetőséget ad arra, hogy egyetlen platformot több jármű modellben is alkalmazni tudják. Sőt bevált gyakorlati módszer, hogy különböző gyártók ugyan azt a platform típust használják, amelyet egy külső beszállítótól vásárolnak meg. Ez azonban nem jelenti azt, hogy a járművek ütközésbiztonsági fejlesztése csak az utascellára és a gyűrődő zónákra koncentrálódhat. Az energetikai és gyúlékony anyagok jelenléte további biztonsági problémát jelent, és megoldandó feladatokat von maga után [10-12]. Az akkumulátor deformációja rövidzárlatot eredményezhet egy vagy akár több cellán belül, amely hőt termel, ami meggyújthatja a benne lévő vegyi anyagokat. A keletkező láng áterjedhet a szomszédos cellákra és felrobban, ami viszont veszélyeztetheti a bent tartózkodókat. A problémát tovább súlyosbítja, hogy a fent részletezett kémiai jelenség nem feltétlen azonnal jelentkezik, a tüzeset kialakulása a baleset követő órák sőt napok múltán is létrejöhet. Ezért az elektromos járművek baleseti műszaki mentése a hagyományos járművekhez képest jelentősen eltér. Az előző fejezetben részletezett ütközés során keletkező energiát a gyűrődő zóna kell, hogy elnyelje, melynek mechanikai megoldása az erre a célra kialakított karosszéria elemek deformációja. Ahol a deformáció mértéke arányos az elnyelt energia mennyiségével. Ez azt jelenti, hogy a gyűrődő zónában a nagyfeszültségű elemek és vezetékek elhelyezését és védelmét úgy kell megoldani, hogy az áramütés veszélyét is kizárjuk a deformálódott karosszériaelemek ellenére is [1].

Akkumulátor konstrukció

Az energiatároló rendszer az EV egyik legfontosabb eleme, és biztonsága kockázatot jelenthet az egész járműre nézve. A szigorúbb ütközésbiztonsági előírások miatt az autógyártók is elkezdtek egyre nagyobb figyelmet fordítani az energiatároló rendszerek önálló biztonságára az balesetet követő tűz és kémiai utóhatások végett. A Li-ion akkumulátorokat (LIB) széles körben alkalmazzák az EV meghajtásához használt elektromos energia tárolására. Cella fajták alapján három fő formát különböztethetünk meg, nevezetesen hengeres, tasakos és prizma alakúakat [13]. Jelenleg a gyártók jelentős része az akkucellákat modulokká egyesíti, ezen modulok együttese alkotja a komplett akkupakkot, amelyet aztán beépítenek a jármű platformjába. Ezt a felépítést szemlélteti a következő ábra.

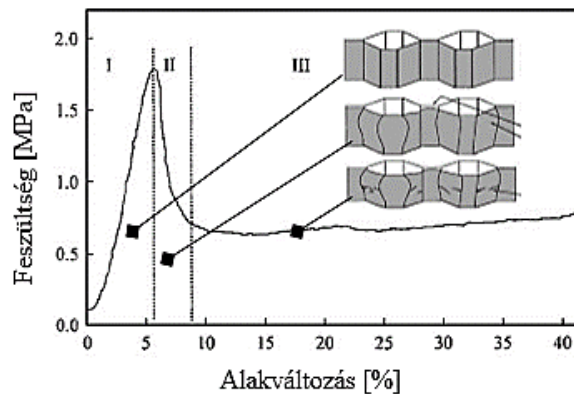


2. Ábra: Az energiatároló felépítése [14]

Az előző fejezetben részletezett utasejta merevségének ki kell terjednie az akkumulátorcsomag védelmére is. Ez nagyszilárdságú elemekkel valósítható meg, amely viszont energiahatékonyság szempontjából hátrányos többletsúlyt jelent a jármű össztömegére nézve. Ezért a járműgyártók olyan passzívbiztonsági konstrukciókon dolgoznak, amelyek az akkumulátorvédelem tekintetében nagy merevséggel rendelkeznek, nagy mennyiségű ütközési energia elnyelésére vagy elvezetésére alkalmasak és rendkívül alacsony tömeggel rendelkeznek.

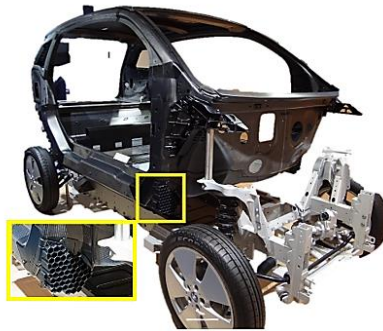
Méhsejtszerkezet

A méhsejt szerkezet nagy szilárdság/tömeg arányuknak köszönhetően tökéletes anyag az energiaelnyelő alkalmazásokhoz. A szerkezet energiaelnyelésre való használatának másik előnye, hogy nagy területen képes elnyelni az erőket. Amikor az abszorber ütközik, a cellák zömölnek és egymásba hajtódnak. Az ehhez szükséges energia megegyezik az elnyelt energiával, így ez egy hatékony módszer a sérülések megelőzésére. Az energiaelnyelők előgyűrődéssel is alkalmazhatóak. Ilyenkor az méhsejt szerkezet első néhány milliméterét már összezúzták (harmonikázzák), és ezáltal csillapítják a kezdeti erőcsúcsot. A kezdeti erőcsúcs ugyan magas is lehet, de rövid ideig tart, majd a méhsejt elmozdításához szükséges erő gyorsan csökken, és az esemény során végig állandó szinten marad [15-16].



3. Ábra: Méhsejt szerkezet feszültség-alakváltozási diagram [17]

A szilárdság és tömegarány további fokozása érdekében a szerkezet alapanyagának könnyűfémeket, kompozitokat és szálerősítéssel műanyagokat használnak. Ütközés során deformációja segítségével az utascella és akkumulátor csomag igénybevétele jelentősen csökkenthető.



4. Ábra: Méhsejt-szerkezet gyakorlati alkalmazása [18]

A vázszerkezet részét képező akkumulátor (IESS)

Megoldását a repülőgépipar inspirálta, ahol a repülők szárnyán belül nem alakítanak ki üzemanyagtartályokat, hanem maga a gép szárnya tölti be az üzemanyagtartály szerepét. Ezért a mérnökök lehetőséget látnak abban, hogy az elektromos autók következő generációjában, a modulokból álló akkumulátor csomag, mint önálló egység megszűnik és helyette az már a vázszerkezet részét fogja képezni, összekötve az alváz első és hátsó részét. A cellák pedig egy nagy egyéget alkotva fogják még tovább szilárdítani a platform szerkezeti integritását [19]. Új irányként jelent meg a járműiparban az öntőprés eljárás, amely a járműváz komplett hátsó és első részét képes egy darabként előállítani. A most ismertetett akkumulátor-vázelem ezt a két részt köti össze.



5. Ábra: Karosszéria elemek integrációja öntőprés eljárással [20]

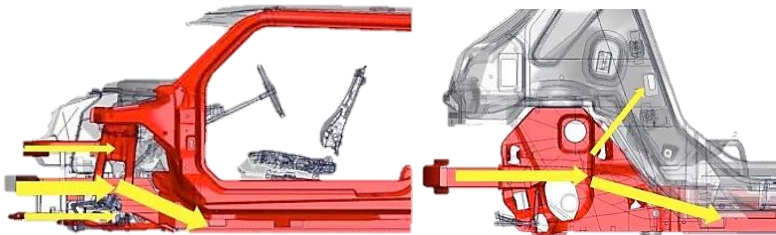
Az IESS (Integrated Energy Store System) vagyis az integrált energiatároló rendszer eljárásnak köszönhetően egyrészt csökken az alkatrészek mennyisége, alacsonyabb lesz az akkupakk önsúlya, valamint még tovább optimalizálható az elektromos járművek energiafelhasználása, így jelentős előrelépést jelent a hatótávolság növelésében is. Tesla még tovább javíthatja az energiafelhasználás hatékonyságát. Mivel az akkumulátor panel merevségét a már fent részletezett méhsejt szerkezet biztosítja, amely egyben helyet is ad az akkumulátor celláknak. Ezt hivatott bemutatni a következő ábra.



6. Ábra: Integrált energiátároló rendszer [20]

CFRP utasegély

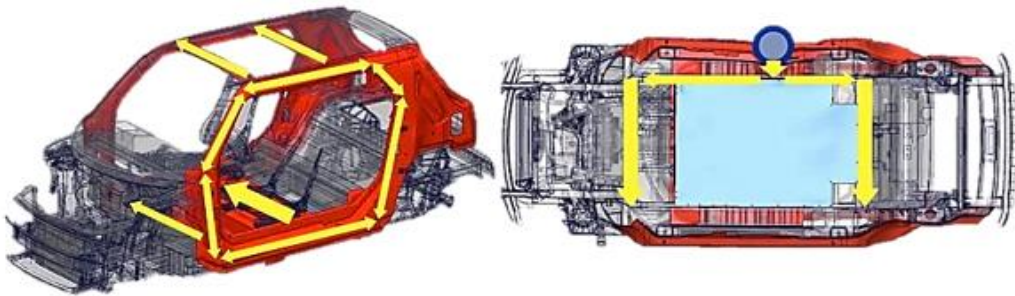
A CFRP (Carbon-Fiber Reinforced Polymer) szálerősítéssel műanyagok merevségi mutatója azok önsúlyához viszonyítva kiemelkedő. Ezáltal megfelelő alakprofil létrehozásával alkalmasak utasegély kialakításra, amely a versenysportban, mint pl. a F1 esetében egy régóta alkalmazott és bevált módszer. A nagy szilárdságú szénszálas utasegély ütközés során deformációmentes marad, és ezáltal az ajtók is nyithatók maradnak, amely egy jól működő passzív biztonsági rendszer esetében alapkövetelmény. A CFRP száraz, gyantamentes állapotban szövetszerű, így nagyon könnyen alakítható. Kellő merevségét a rácsba befecskendezett gyanta megszilárdulása után éri el. Ez lehetőséget ad arra, hogy a szálak inhomogén elrendezésével és átfedésével az alkatrész több különböző irányú terheléssel szemben is megerősíthető [21]. Ily módon az alkatrészek a hagyományos anyagokhoz képest lényegesen tömegoptimalizáltak és hatékonyabbak. A hétköznapi járművek esetében még mindig a fémalapú utasegély alkalmazása az elterjedt, viszont az akkumulátorok okozta többletsúly miatt egyre nagyobb teret kezd hódítani a CFRP melynek elsődleges célja a tömegoptimalizáció [22]. A fejlett töréscsatlaknak és végeselemes szimulációknak köszönhetően nem csak alapanyagában, hanem szerkezetében is jelentős előre lépések figyelhetők meg. Erre kitűnő példa, hogy néhány CFRP kabin B-oszlop nélkül is képes a baleset során szükséges merevséget biztosítani. A hatékonyság háttérében a kiválóan megtervezett energia elosztás áll. Energia hatékonyság érdekében az autógyártók gyakran terveznek kompakt járműveket, amelyek klaszszikus értelemben vett gyűrődő zónákkal nem rendelkeznek. Ez azt jelenti, hogy frontális vagy akár ráfutásos ütközés során fellépő erőhatást a jármű mentén végig kell vezetni. Erre a célra gyakran igénybe veszik az adott jármű hajtás platformját is. Ezt mutatja be a következő ábra.



7. Ábra: Ütközési energia terjedése [23]

Az oldalirányú ütközés az, ahol a legtöbb aggodalomra adhat okot a B-oszlop mentes utasegély. Az Euro NCAP (New Car Assessment Programme) oldalsó ütközési tesztje során a jármű oldalát 32 km/h sebességgel egy oszlopnak vezetik, amely során a cella deformációját és az ajtó energiacsillapító hatását vizsgálják. A CFRP utasegély minimális deformációval

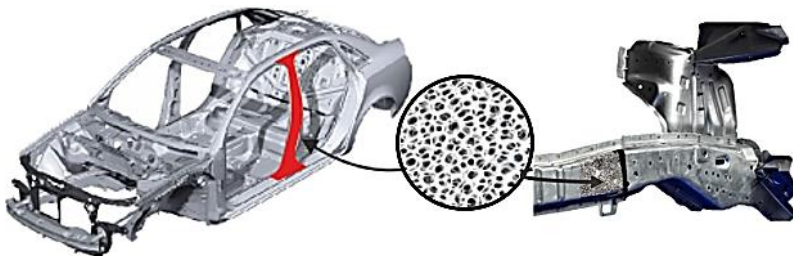
képes elviselni ezt az oldalirányú terhelést. Ez viszont az utasokra nézve jelentős oldalgyorsulást von maga után mint terhelés. Ennek mértéke a küszöbön lévő méhsejt szerkezet alkalmazásával csökkenthető, és az energia egyrésze a platform irányába továbbítható [23].



8. Ábra: Energia disztribúció oldalütközés esetén [23]

Fémhab integráció

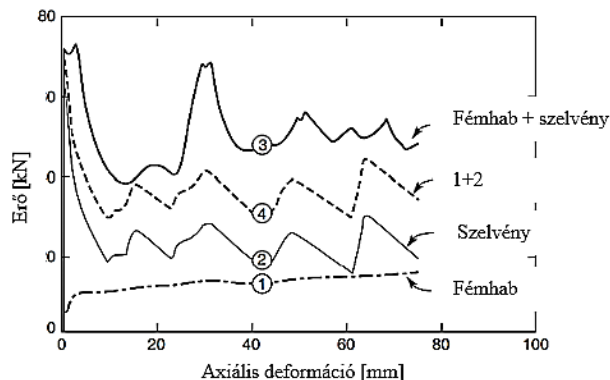
A gyűrődő zónák elemei általában vékonyfalú szelvények, amelyek alaksajátosságuknak és kitüntetett helyen való kikönyvitésüknek köszönhetően egy előre leírható deformációt szenvednek el az ütközés során. A deformációhoz szükséges energia az ütközést megelőző pillanatbeli mozgási energiából származik. Egyfajta energia konvertálás zajlik le hang, hőfejlődés és deformáció jelenlétében. Az elnyelt energia mennyisége konstrukciós szempontból több módon is fokozható. A második fejezetben levezetett összefüggések alapján a deformáció (s) vagyis a gyűrődő alkatrész a jármű hosszirányú tengelyéhez viszonyított méretének növelésével az utasokat terhelő erőhatás csökkenthető. Ennek viszont a helyszükséglet, a kompakt jármű szemlélet és a többletsúly szab jelentős határokat. A programozott deformációra tervezett alkatrészek falvastagságának növelésével a gyűrődéshez szükséges energiaigényt növeljük, ezáltal több energiát köthetünk le az ütközés során. Ez azonban jelentős többletsúlyt von maga után, illetve a kezdeti erőcsúcsok negatívan hathatnak a lassulás mértékére. Ez azt jelenti, hogy az alacsonyabb energiájú ütközések esetén a nagyobb falvastagságú vékonyfalú szelvény nem szenved el deformációt, sőt még az energia utascella felé való vezetésében is szerepet játszik. Ezek a korlátok a korábbi konstrukciók újragondolásával és úgy anyagok alkalmazásával léphetők át. Ennek egyik eszköze a fémhab integráció, ahol a korábbi vékonyfalú szelvényeket porózus szerkezetű anyagokkal, fémhabokkal töltjük meg.



9. Ábra: Fémhabok alkalmazási lehetőségei [24]

Fémhabok jellemző tulajdonsága, hogy a lineáris rugalmasságot követően a méhsejt szerkezethez hasonlóan állandó feszültség érték mellett képes deformállódni a belső cellák

teljes zömülési állapotáig. Ezzel jelentősen növelhető a szerkezet energia abszorpciós képessége. Alkalmazásának pozitív hatását mutatja a következő ábrán látható diagram. Megfigyelhető, hogy a szelvény és a hab önálló zömítése során elnyelt energia matematikai összege nem egyenlő az integrált szerkezetével. A fémhabbal töltött vékonyfalú cső által elnyelt energia mennyisége jelentősen meghaladta a matematikailag összegzett energiát [25].



10. Ábra: A fémhab alkalmazásának pozitív hatása [25]

Ezeknél a szerkezeteknél működés tekintetében fontos megemlíteni, hogy az energia jelentős részét minden esetben a vékonyfalú szelvény fogja felvenni, annak teljesítményét és mechanikai paramétereit a hab, mint a fémekben alkalmazott ötvöző csak javítja. Ez azt is jelenti, hogy bár a hab alacsonyabb energiájú ütközéseknél már deformálódna és ezzel energiát kötne meg, az nem tud működni amíg az ütközési energia el nem éri a cső deformációjához szükséges szintet. Ahhoz, hogy már alacsony sebességű ütközések esetén is képes legyen a passzív biztonsági berendezés energia abszorpcióra a lökhárító és nyúlvány szerkezetek konstrukciós újragondolása szükséges.

A fémhabok szabad zömítése egy-tengelyű feszültségállapotnak tekinthető. Ha a hab deformációja radiálisan gátolt annak zömítése során, akkor a többtengelyű feszültségállapotnak köszönhetően az elnyelt energia mennyisége jelentősen növelhető, fokozva ezzel a gyűrődő zóna hatékonyságát.

KONKLÚZIÓ ÉS ÖSSZEGZÉS

Az elektromos járművek egyre nagyobb teret hódítanak a közlekedésben, hatékonyságukat a hétköznapi használatukkal igazolhatjuk. A fenntartható jövő érdekében szükséges a belsőégésű motorokra alternatívát találni, és erre jelenleg az elektromos hajtáslánc alkalmazása tűnik a legkézenfekvőbbnek. Az EV-k technikája kiforrott, gyorsabb ütemű terjedésüknek egyelőre az energiatárolás problémája szab határokat. Bár az első modellekhez képest a mai példányok már jelentős hatótávval és töltési kapacitással rendelkeznek, ezek a paraméterek viszont általában az önsúly növelését vonják maguk után. Az elektromos modelleken végzett töréstanulmányok gyakran kiváló minősítésről számolnak be. Ennek háttérében a jármű konstrukciós optimalizálása áll. Az első és hátsó gyűrődő zónák konstrukciós szempontból szabadban formálhatók, hiszen a hajtáslánc a karosszéria alatt, a tengelyek vonalában helyezkedik el. Így a gyűrődő zóna nagyobb és hatékonyabb deformációra képes, több ütközési ener-

giát elnyelve ez által. Ütközésbiztonság szempontól az energiatárolók kiemelt figyelmet kapnak a járművek passzív biztonsági rendszereinek fejlesztése során. A differenciált szilárdságú karosszéria rendszert úgy kell megalkotni, hogy az utascella és az az alatt lévő energia tárolót körülvevő keret ne deformálódjon egy esetleges ütközés során. A differenciált szilárdság azt jelenti, hogy teherviselés szempontjából az utastér túlméretezett, tehát frontális ütközéskor a motortér és a csomagtér gyűrődése emészti fel a mechanikai energiát, és az utastér sértetlen marad. A túlméretezés történhez nagyobb falvastagságú elemek alkalmazásával és alak optimalizációval is. Előbbi azonban jelentősen növelné a jármű önsúlyát csökkentve ezzel a energiahatékonyságot és rontva az ütközési paramétereket a balesetben résztvevő másik jármű tekintetében. Ezért a járműgyártók szálerezősítéses műanyagokat, könnyűfémeket és más egyéb kompozitokat alkalmaznak a tömegoptimalizáció érdekében. Ezek viszont a gyűrődő zónák konstrukciós fejlesztését vonják maguk után, hiszen az utascella deformációmentes követelménye miatt az energiát sokkal hatékonyabban kell elnyelni ezeknek a rendszereknek. A méhsejt szerkezetes kialakítások, a fémhab integráció és az akkumulátor platformok karosszériaelemként való alkalmazása megoldást jelentenek ezekre a konstrukciós nehézségekre. Hatékonyságukat pedig a töréstesztek eredményei igazolják.043 482 553

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Victor Chombo, Pius, Yossapong Laonual, and Somchai Wongwises. "Lessons from the electric vehicle crashworthiness leading to battery fire." *Energies* 14.16 (2021): 4802.
- [2] Kumar, Dileep, Vasu Jain, and Ramprasad Potluri. "Energy Efficiency of Battery Electric Vehicles with In-Wheel Motors." *SAE International Journal of Sustainable Transportation, Energy, Environment, & Policy* 4.13-04-01-0002 (2022).
- [3] Rodrigues, João Pedro Da Silva, et al. "Comparison of Well-to-Wheel energy efficiency between combustion vehicles and electric vehicles." 2022 International Conference on Electrical, Computer and Energy Technologies (ICECET). IEEE, 2022.
- [4] Espedal, Ingvild B., et al. "Current trends for state-of-charge (SoC) estimation in lithium-ion battery electric vehicles." *Energies* 14.11 (2021): 3284.
- [5] J. Arrillaga and B. Giessner, "Limitation of short-circuit levels by means of HVDC links," presented at the IEEE Summer Power Meeting, Los Angeles, CA, USA, Jul. 12–17, 1990, Paper 70 CP 637.
- [6] Zhang, Junyuan, et al. "Topology optimization for crashworthiness and structural design of a battery electric vehicle." *International journal of crashworthiness* 26.6 (2021): 651-660.
- [7] Jones, Andrew Zimmerman. "The Physics of a Car Collision." ThoughtCo, Aug. 27, 2020, [thoughtco.com/what-is-the-physics-of-a-car-collision-2698920](https://www.thoughtco.com/what-is-the-physics-of-a-car-collision-2698920).
- [8] isaac Physics - https://isaacphysics.org/concepts/cp_collisions?stage=all, 2022.11.15.
- [9] Stabile, Pietro, et al. "An ultra-efficient lightweight electric vehicle—Power demand analysis to enable lightweight construction." *Energies* 14.3 (2021): 766.
- [10] Aalund, Ryan, et al. "Understanding the non-collision related battery safety risks in electric vehicles a case study in electric vehicle recalls and the LG chem battery." *IEEE Access* (2021).
- [11] Brandt, Jonas, and Artur Storm. "Fire safety of battery-electric vehicles." *Book of Abstracts*. 2022.

- [12] Un, C., and K. Aydin. "Thermal runaway and fire suppression for electric vehicle batteries."
- [13] Zhang, Xinghui, et al. "A review on thermal management of lithium-ion batteries for electric vehicles." *Energy* 238 (2022): 121652.
- [14] Mohammed Sayed Mohammed Farag - Lithium-Ion Batteries: Modelling and State of Charge Estimation, Thesis for: Master of Science, 2013.
- [15] Bang, Seung-Ok, et al. "Study on compression tests of aluminum foam and honeycomb sandwich composites." *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation society* 12.9 (2011): 3802-3807.
- [16] Ivanez, Ines, Lorena M. Fernandez-Cañadas, and Sonia Sanchez-Saez. "Compressive deformation and energy-absorption capability of aluminium honeycomb core." *Composite Structures* 174 (2017): 123-133.
- [17] Lee, Hyo S., et al. "Mechanical behavior and failure process during compressive and shear deformation of honeycomb composite at elevated temperatures." *Journal of Materials Science* 37.6 (2002): 1265-1272.
- [18] Autotechnika - <https://autotechnika.hu/cikkek/karosszeria/10821/ha-a-szenszalas-karosszeria-toerik>, 2022.11.15.
- [19] InsideEVs - <https://insideevs.com/news/482175/tesla-4680-battery-pack-revealed-analyzed/> 2022.11.15.
- [20] Naor, Michael. "Tesla's Circular Economy Strategy to Recycle, Reduce, Reuse, Repurpose and Recover Batteries." *Recycling-Recent Advances*. IntechOpen, 2022.
- [21] Gupta, Manoj Kumar, and Vishesh Singhal. "Review on materials for making lightweight vehicles." *Materials Today: Proceedings* 56 (2022): 868-872.
- [22] Schnöll, Hans Peter, et al. "CO2 Reduction Potential of CFRP-Bodywork Concepts considering Production and In-Use Phase." *Proceedings of the International Conference Management of Technology-Step to Sustainable Production*, Brela. 2015.
- [23] Lukaszewicz, Dirk H-JA. "Automotive composite structures for crashworthiness." *Advanced composite materials for automotive applications: structural integrity and crashworthiness* (2013): 99-127.
- [24] ENGINEERING - DESIGN AND TECHNOLOGY - https://www.technologystudent.com/joints_flash/metalfoam2.html 2022.11.17.
- [25] Ashby, M. F., Evans, T., Fleck, N. A., Hutchinson, J. W., Wadley, H. N. G., Gibson, L. J. 2000. *Metal foams: a design guide*. Elsevier.

**INSTITUTIONAL ARTWORK PROTECTION
SECURITY CAMERA SYSTEMS****INTÉZMÉNYI MŰTÁRGYVÉDELEM
BIZTONSÁGI KAMERARENSZEREK**LÓRINCZ László¹ – BEREK Tamás²**Abstract**

Temporary or permanent exhibition *Art-Work Protection* it is not sufficient to adapt a template security plan or security protocol. A fundamental condition for the development of complex protection is to take into account the specialisations of the field, as quite different risk factors, threats and environmental conditions have to be prepared for in the public collection institutions and within them, due to the specialisation of the protected artefacts. The authors of the article describe the basic functions of security camera systems (CCTV) and highlight the potential of CCTV systems for other specific functions in the field of institutional art protection.

Keywords

institutional artwork protection, CCTV, integration and grouping of CCTV systems, safety power supply of CCTV systems.

Absztrakt

Időszaki vagy állandó kiállítás műtárgyvédelmének megtervezése során nem elegendő egy sablon vagyónvédelmi terv vagy egy biztonsági protokoll adaptálása. A komplex védelem kialakításának alapvető feltétele a szakterületi specialitások figyelembevétele, hiszen egészen eltérő kockázati tényezőkre, veszélyekre és környezeti feltételekre kell felkészülni a közgyűjteményi intézményrendszerben és azon belül a védett műtárgyak specializációja miatt. A szerzők a cikkben a biztonsági kamera-rendszerek (CCTV) alapfunkcióinak ismertetése mellett rávilágítanak a CCTV rendszerek további speciális funkcióinak a lehetőségeire is az intézményi műtárgyvédelem területén.

Kulcsszavak

intézményi műtárgyvédelem, CCTV, CCTV rendszer integrálása és csoportosítása, CCTV rendszer biztonsági áramellátása

¹ lorincz.laszlo@uni-obuda.hu | ORCID: 0009-0008-2948-4172 | PhD Student, Obuda University Doctoral School on Safety and Security Sciences | doktorandusz, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola

² berek.tamas@uni-nke.hu | ORCID: 0000-0001-8358-6139 Head of Department, Ludovika University of Public Service | tan-
székvezető, Nemzeti Közszolgálati Egyetem

BEVEZETÉS

A közgyűjtemény, mint gyűjtőfogalom magában foglalja az állam, a helyi önkormányzat, valamint a nemzetiségi önkormányzat, a köztisztviselő és a közalapítvány tulajdonában (fenntartásában) működő, vagy általuk alapított könyvtárakat, levéltárakat, muzeális intézményeket és a kép-, illetve hangarchívumokat.[1] Magyarországon a közgyűjteményi intézményrendszerbe összesen 1710 intézmény tartozik

A közgyűjteményi intézményrendszerben a múzeumi, azaz az intézményi műtárgyvédelem, mint fogalom két nagy alapterületet ölel fel, egyrészt a műtárgyak vagyónvédelmét (komplexen őrzésvédelem: kiállítás, betárolás, raktározás, csomagolás, szállítmányozás), másrészt a műtárgyak állagvédelmét, azaz az állományvédelmet (érték és kondíciók megtartását: tárolás, restaurálás, konzerválás), amellyel kapcsolatosan már több kutatás, publikáció és jogi szabályozás is van.

A biztonsági kamerarendszerek (CCTV) rendszerek létjogosultságát a közgyűjteményi intézményrendszerben és az intézményi műtárgyvédelemben mind az időszaki és mind az állandó kiállítások vonatkozásában alátámasztja, hogy a kiállításoknak helyt adó épületeknek, vagy helyiségnek nem elegendő az alapvető őrzés-védelmi követelményeknek történő megfelelés még szűken vett értelmezésben sem, hiszen a műtárgyak művészi értékének szemléltetése és az installáció vagyónvédelme mellett nagyon fontos, hogy azokat se épületen belül, se azon kívül ellenőrzés és vagy akár felügyelet nélkül ne lehessen mozgatni, se az intézmény dolgozóinak, se más személyeknek. Továbbá nem szabad megfedkezni a műtárgyak állagvédelméről, azaz az állományvédelemről sem, mert az is fontos szerepet tölt be a műtárgyvédelemben, a nemzeti közgyűjtemények védelmében.

Így egy adott időszaki vagy állandó kiállítás műtárgyvédelmének megtervezése nem egy szokványos vagyónvédelmi terv vagy biztonsági protokoll meghatározása, hanem annál jóval több, mert egészen más kockázati tényezőkre, veszélyekre és környezeti feltételekre kell felkészülni. Az időszaki kiállítások megrendezésekor továbbá a projekt kezdetétől a zárásáig változik a lehetséges kockázati események gyakorisága és a lehetséges kár mértéke is, ennek megfelelően a kiépített védelmi rendszer struktúrájának megfelelően rugalmasnak kell lennie, illetve a fenyegetéssel arányosan kell annak elemeit meghatározni.

A különböző autonóm biztonsági, védelmi és speciális múzeum biztonsági rendszerek fejlesztésével és azok térhódításával egyre nagyobb teret kapnak az olyan, az élet más területén elterjedt innovatív megoldások, melyek egyben valamilyen hatást fejtenek ki a környezetükben üzemelő rendszerekre. Több más mellett ez is szükségessé tette azok összehangolását a biztonsági kamerarendszerekkel (CCTV rendszerekkel).

BIZTONSÁGI KAMERARENDSZEREK (CCTV) AZ INTÉZMÉNYI MŰTÁRGYVÉDELEMBEN

A biztonsági kamerarendszerek (CCTV) alapfunkcióit tekintve a kiállításoknak teret biztosító intézmények egyik napjainkban már nélkülözhetetlen biztonságtechnikai eszköze.

A zártlencsés televíziós rendszer (CCTV rendszer) kialakítása révén ugyanis biztosítja, hogy jól definiálható legyen az a kör, akikkel a kamerák képei eljuthatnak, azaz, hogy a kamerák képei csak a meghatározott személyekhez juthatnak el. [2] A CCTV rendszer egy olyan zárt, videó megfigyelő rendszer melyben a kamera, a képrögzítő és a képmegjelenítő eszköz közötti adatátvitel zárt vagy nyitott csatornán történik oly módon, hogy a közvetített képeket

csak egy előre meghatározott célcsoport nézheti. A CCTV rendszer alapvető célja az, hogy megfigyelje, dokumentálja a cselekményeket olyan formában, hogy azt a későbbiekben a bizonyítás során is fel lehessen használni. [3]

A szakmai körökben kialakult nézeteket ki kell szélesíteni olyan szemlélettel és proaktív gondolkodásmóddal, hogy az elméleti és gyakorlati kutatások tudományos értékű eredményei és tapasztalatai ne csak az őrzésvédelem egy-egy területére, vagy azoknak is csak egy részére legyenek láthatók. A biztonsági kamerák szerepe nem merül ki a kiállításoknak teret biztosító épületek, vagy helyiségek bejáratainak megfigyelésében. A kamerák sokrétű és folyamatosan fejlődő képessége lehetőséget biztosít a fent említett szerepkör hatékonyságot növelő bővítésére. A CCTV rendszer(ek)nek a jelentősége már egy műtárgyvédelmi terv előkészítésénél, a komplett objektum- és helyiségvédelemben, a szállítmányozásnál, a ki- és berakodásnál, az ideiglenes tárolásnál, vagy akár egy nemzetközi példát kiemelve a „profilozásnál”, végül, de nem utolsó sorban a „maszkolósos” területvédő riasztórendszerek elkészítésénél vitathatatlan.

Nagyon fontos, súlyozott szereppel bír napjainkban a CCTV rendszer az intézményi műtárgyvédelem időszaki kiállítások védelmében. A CCTV rendszer fixen telepített kameráit, a kameraképet figyelők csoportján belül csak egy kisebb csoportnak van lehetősége vezérelni, valamint az esetlegesen rögzített képeket visszanézni. A CCTV rendszereket alkalmaznak kültéri térfelügyelő komplexumokban, épületek környezetének megfigyelésére (mint például: hollandiai Van Gogh Múzeum tere és környezete „profilozás” céljából), belső terek és vagy helyiségek, de akár még a szállítmányozó eszköz belterében, de kamerákat helyezhetnek el konténerben vagy akár abban a ládában, amibe a műtárgyat csomagolták. CCTV rendszereket lehet telepíteni akkor is, ha egy területen egyszerűen csak a látogatói magatartást és mozgást kívánják monitorozni és nincs riasztási, jelzési vagy műtárgyvédelmi funkció párosítva a CCTV rendszerhez.

A jó előkészítés, az előzetes tájékozódás, a szükséges információ- és adatgyűjtés, az elemzés, az értékelés és a tervezés nagymértékben meghatározza a műtárgyvédelem eredményességét és a CCTV rendszer hatékonyságát. Ez a folyamat hasonló egy általános biztonsági rendszer kiépítést megelőző felméréshez, azzal kiegészítve, hogy előre fel kell mérni minden lehetséges eseményt, esetleges „negatív tevékenységet” oly módon, hogy az mindig „kamera előtt” legyen, azaz „látható” legyen, még akkor is ha az elkövető (tolvaj, károkozó) lépéselőnyben van a műtárgyvédelmet biztosító személyzettel szemben.

Az intézményi műtárgyvédelem komplexitása a CCTV rendszerrel együtt minden esetben az adott időszaki (vagy állandó) kiállítás sajátosságaitól, nehézségi fokától és a várható veszélyeztettség szintjétől függ.

Előírt, vagy valamilyen módon meghatározott eljárásrend nincs arra vonatkozóan, hogy ki, mikor, és hogy kezdje meg az előkészítő műtárgyvédelmi munkálatokat, de a tapasztalatok alapján ajánlott a kezdeti időszakban az első fázisokban kiállító és a szervező személyek (művészek, kurátorok, intézményi vezetők) valamint a műtárgyvédelemért felelős szakértők között az időszaki kiállítás tervezési időszakában az egyeztetés. Általánosságban elmondható, hogy az intézményi műtárgyvédelem, az azzal kapcsolatos előkészületek az időszaki kiállítás előtti napokban, de akár hetekkel vagy hónapokkal korábban megkezdődik.

A CCTV rendszer(ek) alapvető funkciójából eredő hasznossága és alkalmazhatósága az időszaki intézményi műtárgyvédelem területén közösmert. A komplex védelemben betöltött szerepe ugyanakkor sokrétű, tekintettel arra, hogy az integrált fizikai védelemben a

CCTV rendszer elemei, a kamerák jellemzően a védelmi struktúra szinte teljes vertikumában telepíthetők. Az intézményi műtárgyvédelem során a CCTV rendszer fő funkcióit az alábbi csoportokra lehet felosztani a megfigyelt terület jellege alapján:

- objektumon és kerítésen kívüli terület (bevezető út, tér, park) megfigyelése;
- objektumon kívül, de kerítésen belül vagy közvetlen az épület környezete megfigyelése;
- épületen belüli terek megfigyelése;
- speciális CCTV funkciók;
- monitorszoba, biztonsági központ, felügyeleti központ megfigyelése.

Természetesen igény és szükség szerint lehet további csoportokat is kialakítani, azonban arra figyelemmel kell lenni, hogy ne degradálódjon az intézményi műtárgyvédelem hatékonysága az esetlegesen bekövetkező átláthatatlanság miatt. A csoportosítás egyben mutatja azt is, hogy az egyes, specifikus szempontok alapján kijelölt megfigyelt területek eltérő kockázati tényezőt is jelentenek. Az intézményi műtárgyvédelemben mindig különös figyelmet kell szentelni a területek, zónák leggyengébb és egyben a legsebezhetőbb pontjaira: a kapukra és az egyéb ki- és bejárást biztosító pontokra.

OBJEKTUMON ÉS KERÍTÉSEN KÍVÜLI TERÜLET MEGFIGYELÉSE

Egy nemzetközi megközelítés szerint „*a védett területen kívül már mindenki és minden kockázati tényezőt jelenthet nekünk, még a barátaink és a családjaink is*”. Így az intézményi műtárgyvédelem kialakításánál is figyelni kell arra, hogy a kerítésen kívül (lehetőleg minél előbb és távolabb a védett területről) tudjunk információhoz jutni, annak érdekében, hogy fel tudjunk készülni egy esetleges „eseményre”. Ez ugyanakkor elriaszthat egy kevésbé felkészült „elkövetőt” is. A jól látható, feltűnő (demonstratív) kameraházakba épített kameráknak, melyek akár még világítótesttel is ellátottak távoldartó hatása is van, amit még egy két, megfelelően elhelyezett figyelmeztető táblával fokozni is lehet. A rejtett (konspiratív) kamerákat, amelyek akár még a többi kamera elleni esetleges szabotázs megakadályozásában is fontos szerepet tölthetnek be, a fentivel eltérő céllal lehet telepíteni.

Olyan day-night kamerákat kell kihelyezni a kerítésen kívül, amelyek akár a szélsőséges időjárásoknak, vagy az esetleges egyéb eseményeknek (rongálásnak) is ellen tudnak állni. Továbbá fontos, hogy olyan objektívvel kell ezeket felszerelni, hogy gyenge fényviszonyok mellett is a kerítés, és azon kívül pár méteren belül minden jól látható legyen. A rejtett kamerák előnyeik mellett sokszor egyben gyenge elemei is lehetnek a rendszernek kezdve a telepítési nehézségektől, a védelmen és a tápellátáson át, a képminőségig, ezért ezeket ilyen esetben inkább csak ellenőrző szereppel, vagy biztonsági céllal célszerű telepíteni. A környezeti hőmérséklet növekedésével a kamera (megfelelő hűtés/szellőztetés) hiányában egyre több zajt termel. Az így keletkező torzított kép apró részleteinek felismerését a zaj gátolja. [4] Hasonló a probléma az alacsony környezeti megvilágítás esetén. A kép részletgazdagsága és kontrasztossága akár felére is eshet a normál megvilágításhoz képest. Kis formátumú, de nagy (például 4K-s) felbontású biztonságtechnikai kameráknál ráadásul az extrém nagy megvilágítás (például nappali kültéri fényviszonyok) is a felbontás csökkenését okozhatja. [5]

Az objektumon kívüli terület megfigyelésére kitelepített kamerák által közvetített információk azonban nem csupán az elkövetés pillanatában hordoznak biztonsági szempontból értékes tartalmat. Az új intézményi műtárgyvédelem a „profilozás”, amit a hollandiai Van

Gogh Múzeum biztonsági szakemberei végeznek az intézmény terén és környezetében joggal nevezhető megelőző megközelítésnek. Ha a biztonsági személyzet a monitorszobában a környezetéből kirívó személyt észlel a CCTV rendszeren keresztül, akkor értesítik a civil és az épületen kívül biztosító személyzetet, akik személyesen gyűjtenek további információt arról, hogy az illető jelenléte hordoz-e kockázatot vagy sem. Egy példa: napos időben, valaki nagykabátban, esetleg arcát eltakaró sapkában és esernyőbottal, vagy különös csomaggal közelíti meg az intézményt, akkor a civil biztonságiak udvariasan kommunikációt kezdeményeznek, hogy honnan jött, ahol esik az eső, vagy merre tart, stb. Ezzel a módszerrel már többször sikerült az épületen kívül megállítani és megakadályozni egy-egy károkozó cselekményt.

A kamerák által közvetített direkt információk mellett számos, csak sajátos körülmények között hasznosuló, de adott esetben kiemelten fontos kiegészítő információ is megjelenik, melyek elemzésére a humán erő nem elegendő, itt a mesterséges intelligenciának kiemelt jelentősége van. A kiegészítő információ úgy határozható meg, mint a szándékosan közvetített információ tartalma mellett megjelenő olyan információ, amely egy meghatározott szempontok alapján hozzáadott értéket képvisel. [6]

A videóanalitikai szoftverek elvégzik az operátor helyett a kép kiértékelését, és a meghatározott kritériumok elérésekor riasztást adnak. Ezek a kritériumok lehetnek előre definiáltak, de legtöbbször változtathatók, illetve az adott helyszínhez adaptálhatóak. Az egyszerűbb analitikák statikusak, míg a bonyolultabbak öntanulók, illetve dinamikusak. [7] Egy ilyen rendszer működése során keletkező nagy mennyiségű adat feldolgozásában kulcsszerepet kapnak a különböző szenzorhálózatok által gyűjtött adatok átalakításával létrehozott információk. Ezen információk alapján komoly előrejelzések és fontos következtetések vonhatók le. Ezért a big data feldolgozása (adatbányászat, adattudomány) olyan információkat szolgáltató, amelyek felhasználhatók a biztonság érdekében. [8]

A közterületi kamerák számtalan esetben a biztonságot szolgálják, azonban azok növekvő számú terjedése más kérdéseket is felvet. Kutatások folynak arra vonatkozóan is, hogy a közterületeken elhelyezett CCTV rendszerek milyen hatással vannak a bűnelkövetések mintázatára. Vannak arra utaló jelek, hogy bizonyos körülmények között a CCTV a bűnözés növekedéséhez is vezethet. Például hamis biztonságérzetet kelthet a potenciális áldozatokban, és sebezhetőbbé teheti őket, mert ellazulnak az éberségükben. [9]

A költséges kültéri kamerarendszerek telepítésének tervezésekor egyéb szempontokat is alaposan figyelembe kell venni, ezek egyike a kamerák számának és elhelyezkedésének optimalizálása. A CCTV-k hatékony telepítése érdekében figyelembe kell venni az épített környezet állapotát és a személyi forgalom sűrűségét is, ugyanakkor a megfigyelt környezet térbeli tulajdonságai is befolyásolják a gyalogosok áramlását. Ez utóbbinak a teljeskörű megfigyelése igen nehéz. Kutatásokat folytatnak genetikai algoritmust használó nyilvános CCTV kamerák elhelyezési modelljét illetően is. A megfigyelési feltételek elemzését követően a modell a térfelügyelő kamerák elhelyezését képes optimalizálni. A kamerák telepítése a gyakorlatban nem mindig tudja követni a terv utasításait, ezért annak utólagos ellenőrzése és elemzése feltétlenül szükséges. [10]

OBJEKTUMON KÍVÜL, DE KERÍTÉSEN BELÜL VAGY KÖZVETLEN AZ ÉPÜLET KÖRNYEZETE MEGFIGYELÉSE

Itt azt kell elérni a telepítéssel, hogy a kerítésen belüli és az épületen kívüli rész legyen jól lefedve arra törekedve, hogy minél kisebb legyen a „holt” tér. Itt szoktak továbbá egyéb biztonsági jelzésekkel összekötött kamerákat is telepíteni, mint például:

- a hidraulikus lépésjelzővel összekötött kamera,
- a mágneses térérzékelővel összekötött kamera,
- az infrasarkan térérzékelővel összekötött kamera,
- a mikrohullámú térérzékelővel összekötött kamera,

amely miközben jelzést ad a biztonsági felügyeleti központnak (monitorszoba), egyúttal automatikusan kamerát és vagy kamerákat aktivál a riasztott területen, amely képekkel könnyebben gyűjthető információ a riasztási eseménnyel kapcsolatosan. Napjaink gyors ütemű fejlődésében természetesen még számos egyéb riasztási lehetőség létezik, amelyeket szintén össze lehet kötni a CCTV rendszerrel, ilyenek például a kerítésvédelmi eszközök is. A CCTV rendszer ugyanakkor önmagában is hatékonyan tudja támogatni a kültéri védelem elemeinek funkcióit is. [11] A telepített kamerák esetében a megfelelő optika kiválasztása, biztosítja a tevékenység pontos nyomon követése mellett a személyek azonosítását is. A nyitott tereken történő mozgást, holt terek nélkül nyomon kell tudni követni.[12]

OBJEKTUMON BELÜLI TEREK MEGFIGYELÉSE

Intézményi műtárgyvédelem szemszögéből is, talán ez a legösszetettebb, legbonyolultabb, és egyben a legveszélyesebb terület, hiszen itt mindent a műtárgyvédelemnek kell alávetni, és ilyen esetekben akár csorbulhatnak a látogatók és vagy a munkatársak személyiséghez fűződő jogai, ugyanis gyakran olyan helyre is fel kell szerelni kamerát, ahova egyébként általános biztonsági okokból nem lenne szükség. Viszont e kamerák szükségességét meg kell érteni mind a látogatóknak, a munkatársaknak, mind a művészeknek, kurátoroknak. A művészek és a kurátorok sajtóságos értelmezése szerint nem csak a kihelyezett műtárgy a kiállítás tárgya, hanem legtöbbször az a helyiség is az installáció, azaz, ahol a műtárgy elhelyezésre került. Természetesen itt is igaz lehet objektumon belül, zárt és vagy kiemelt fontosságú helyiségek esetén, hogy a speciális műtárgyvédelmi biztonságtechnikai eszközök plusz kamerákat tudnak vezérelni és irányítani riasztás, vagy akár csak mozgás esetén. Egyes szakmai feltételezések szerint ezekre elméletileg nincs, szükség, mivel a behatolóknak több zónán, a mechanikai védelem elemeit, egyéb speciális biztonságtechnikai eszközöket, illetve egyes esetekben még az élőerős védelmet is le kell küzdenie, ami szinte lehetetlen, de gyakorlatban a műtárgyak ideiglenes tárolására szolgáló helyiségekben számos esetben használják.

SPECIÁLIS CCTV FUNKCIÓK

A biztonsági területen dolgozók, vagy mára már a laikusok körében is közzismert a rendszám felismerő CCTV rendszerek, amelyek akár, mint a központi CCTV rendszer része, vagy akár mint egy önálló rendszer, amely jelzést tud küldeni (szolgáltatni) a központi rendszer részére, amellet, hogy engedélyezi vagy tiltja a behajtást, ha összeköttetésben van egy

sorompós/kapus beengedő biztonsági rendszerrel. A gépjárművek mellett a személyek beléptetése közvetetten, vagy akár közvetlenül is támogatható CCTV rendszerekkel, illetve a központi biztonsági rendszerrel, így például az intézmény dolgozóinak a beléptetése történhet egy arcfelismerő szoftverrel támogatott CCTV rendszerrel teljesen automatikusan, vagy csak közvetetten. Ebben az esetben, ha CCTV arcfelismerős rendszer jelzésével a monitor szobában megtudják tiltani azon személyek belépését, aki akkor és az adott helyre nem jogosult a belépésre. Függetlenül attól, hogy rendelkezik-e a belépéshez szükséges jogosultsági eszközzel (kóddal, proxyval), mert a biztonsági személyzet a monitorszobában manuálisan tilthatja le a beléptetést és értesíti a biztonsági szolgálatot. [13]

Tekintettel arra, hogy a kiállítást szervező intézmény épületeiben lehetnek olyan munkaterületek, melyekben végzett szaktevékenység speciális jogosultságokhoz, illetve képesítéshez kötött, az arcfelismerési funkció kiemelten hasznosnak bizonyulhat. Ez az olyan munkafolyamatoknál, ahol a szabályok legalább két személy együttes jelenlétét követelik meg szintén hatékonyan támogatja a biztonságot. A biztonságtechnika egyik dinamikus formálódó területe, a személyazonosítás és azon belül a biometrikus azonosítás. A biometrikus azonosítás várhatóan egyre gyakoribb és elterjedtebb lesz a jövőben. Nagy előnye, hogy az azonosítható biometriai jegyeinket magunkon hordozzuk és ez párosulva a háttártechnológia fejlődésével alkalmassá teszi olyan körülmények közötti használatát, ahol a „hagyományos” proxy kártyás, kód alapú rendszer nem alkalmazható. [14] Itt is felmerül az azonosítási eljárás során leképeződött személyes adatok biztonságos tárolása, melyre fokozottan kell ügyelni. A biometrikus azonosítási rendszerek elterjedésével egyre több olyan adat keletkezik mindennapi szokásokról, viselkedési mintázatokról, ami szintén érzékeny információkörbe tartoznak és várhatóan további biztonsági kérdéseket generálnak.

A megfelelő elemző algoritmussal támogatott CCTV rendszer a biztonsági szerepe mellett sajátos, a látogatók tevékenységét elemző funkcióval hatékonyan szolgálhatja a múzeum működését. Tanulmányozni lehet ugyanis a látogatók helyszíni interakcióit, hasonlóságokat, és új viselkedési mintázatok feltárására nyílik lehetőség így látogatói modelleket lehet kialakítani, ami a fizikai kiállítótér berendezése során kiemelt fontosságú lehet. [15]

MONITORSZOBA, BIZTONSÁGI KÖZPONT, FELÜGYELETI KÖZPONT

A monitorszoba a CCTV rendszer központja, amit nevezhetünk: felügyeleti központnak, biztonsági központnak is. Ezek mind más és más súllyal bíró fogalmak, de egy időszaki intézményi műtárgyvédelem esetében ettől el lehet tekinteni, mivel pontos meghatározása nincs, hogy milyen egy biztonsági központ, ahova befutnak a CCTV rendszer jelei és azon az információk, mert ez mindig nagyon sok dologtól függ, mint például az adott időszaki kiállítástól (érték, műtárgyak, igények), ezért inkább csak ajánlások vannak, amelyeket mindig célszerű mérlegelni. CCTV rendszer központi kialakítása mindig egy „védett” helyiségben történik, ahova még a biztonsági személyzet is korlátozva léphet be, és csak külön jogosultsággal rendelkező kezelheti a rendszert, aki megfelelő elméleti és gyakorlati tudással rendelkezik. [16]

Igény esetén a speciális jogosultságok birtokában az egész CCTV rendszert a komplett biztonságtechnikával és egyéb riasztókkal együtt, sőt még a biztonsági központban vagy egyéb poszton dolgozó kollégák is monitorozhatók vagy irányíthatók, amihez nem kell más, mint egy személyi számítógép, és egy biztonságos csatlakozást biztosító védett vonal, vagy titkosított kapcsolat. [17]

Az információbiztonság feltételeinek megteremtése elengedhetetlen követelmény. Fontos, hogy a szervezeti működés során keletkezett adat és információ a jogszabályi oltalom mellett a belső szabályzatok révén is védelmet kapjon. A szabályozás a munkavállaló tudomására jutott vállalati információk kezelése mellett az alkalmazott informatikai és számítástechnikai eszközök használatára, és hozzáférés különböző jogosultságaira is ki kell, hogy terjedjen. [18]

A gondosan összeállított, a felelősség- és jogköröket pontosan megjelölő szabályozók bevezetése azonban csak részlegesen elegendő az érzékeny adatok védelmének biztosításához. A biztonságtudatos habitus kialakítása is hozzájárul az emberi tényező, mint hibafaktor kockázatának csökkentéséhez.[19]

CCTV RENDSZEREK BIZTONSÁGI ÁRAMELLÁTÁSA

Nagy fontos, hogy a CCTV rendszerek és az egyéb biztonsági központok alternatív, illetve a párhuzamos áramellátásának biztosítása az intézményi műtárgyvédelem esetén is, hiszen egy – egy áramkimaradás igen komoly problémát okozhat, akár az egész rendszer összeomolhat hosszabb – rövidebb időre. Folyamatos áramellátás biztosításnál nem csak a szünetmentes tápegységekre lehet szükség, hanem akár alternatív áramtermelésre, amely, alapulhat megújuló természeti forrásokon, ami környezetbarát, vagy pedig áramtermelő aggregátorokon.

ÖSSZEGRZÉS

CCTV rendszerek az intézményi műtárgyvédelemben mind az állandó, mint az időszaki kiállítások vonatkozásában is egy komplex védelmi rendszer szerves és napjainkban már nélkülözhetetlen részét képezi, mind a műtárgyak védelmében, mind pedig azok állományvédelmében, de a látogatói statisztikák és szokások feltérképezésének vonatkozásában is egyre jelentősebb szerepet tölt be.

Az adott kiállítás CCTV igényeinek már az előzetes felmérése során a vagyonyvédelmi és az állományvédelmi követelmények mellett figyelemmel kell lenni az adott kiállítás jellegére és sok esetben arra, hogy az adott helyiség is maga lehet az installáció, azaz a művészeti koncepció része. Nagyon fontos, hogy ne csak a tervezés és a CCTV rendszer kiépítése előzze meg a kiállítás installálását, hanem azt a műtárgyak installálása előtt be kell üzemelni és tesztelni is kell, valamint integrálni kell az egyéb biztonságtechnikai rendszerekkel, mint például riasztórendszerekkel, valamint bizonyos esetekben (a kiállítás jellegétől és a helyiségtől függően) az állományvédelmet szolgáló technikai eszközökkel, mint például a tűzvédelemmel. A beüzemelt és letesztelt CCTV rendszerek kezelését szintén a műtárgyak installálása előtt kell a rendszert felhasználók és üzemeltetők részére betanítani és időközönként ezt felülvizsgálni és ha szükséges megismételni az oktatást, vagy ha kell a CCTV rendszer módosítani.

Állandó, vagy akár időszakos kiállításnak helyet biztosító intézménynek rendelkeznie kell különféle vészhelyzeti tervekkel és ezekhez kapcsolódó protokollokkal, hogy optimális legyen az intézményi műtárgyvédelem, hiszen még a CCTV rendszerek támogatottságával sincs 100%-os mértékű védelem.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] 1997. évi CXL. törvény a muzeális intézményekről, a nyilvános könyvtári ellátásról és a közművelődésről 1. sz. mellékletének o.) pontja <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99700140.tv> (Letöltés ideje: 2023.11.05.)
- [2] Tóth Attila – Tóth Levente: Biztonságtechnika – Nemzeti Közszerológiai Egyetem (NKE), Budapest, (2014.) 15. p, ISBN 978-615-5305-56-6
- [3] Berek, Lajos: Biztonságtechnika Budapest, Magyarország : Nemzeti Közszerológiai Egyetem (NKE) (2014) , 48 p.
- [4] Tóth, Attila ; Tóth, Levente Biztonságtechnikai rendszerek In: Christián, László; Major, László; Szabó, Csaba (szerk.) Biztonsági vezetői kézikönyv Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2019) 204 p. pp. 137-164. , 28 p.
- [5] Tóth Levente (2016): Limitation in the Application of High Resolution Image Sensors. National Security Review, 2. sz. 111–114.
- [6] Edina Albininé Budavári* and Zoltán Rajnai THE ROLE OF ADDITIONAL INFORMATION IN OBTAINING INFORMATION Interdisciplinary Description of Complex Systems 17(3-A), 438-443, 2019
- [7] Tóth, Attila ; Tóth, Levente Biztonságtechnikai rendszerek In: Christián, László; Major, László; Szabó, Csaba (szerk.) Biztonsági vezetői kézikönyv Budapest, Magyarország : Ludovika Egyetemi Kiadó (2019) 204 p. pp. 137-164. , 28 p.
- [8] Tokody, Dániel ; Albin, Attila ; Ady, László ; Rajnai, Zoltán ; Pongrácz, Ferenc Safety and Security through the Design of Autonomous Intelligent Vehicle Systems and Intelligent Infrastructure in the Smart City INTERDISCIPLINARY DESCRIPTION OF COMPLEX SYSTEMS 16 : 3 pp. 384-396. , 13 p. (2018)
- [9] Brandon C. Welsh & David P. Farrington Public Area CCTV and Crime Prevention: An Updated Systematic Review and Meta-Analysis Justice Quarterly, Volume 26, 2009 - Issue 4
- [10] Jihoon Kweon & Kyung-Hoon Lee Proposed Placement Model for Public CCTV Systems in Student Safety Zones Considering Surveillance Probability on Pedestrian Streets Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Volume 15, 2016 - Issue 2 1-8
- [11] Berek, Tamás ; Elek, Imre: Zárszerkezet, mint a mechanikai védelem sebezhető pontja, MŰSZAKI KATONAI KÖZLÖNY 25 : 3 pp. 47-58. , 12 p. (2015)
- [12] Berek, Tamás; Horváth, Tamás: Fizikai védelmi rendszerek dinamikusan változó környezetben HADMÉRNÖK 9 : 2 pp. 16-24. , 9 p. (2014)
- [13] Őszi Arnold: A biometrikus azonosítás helye és szerepe az e-kereskedelemben - Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, (2019.) 42-46. p., Doktori (PhD) értekezés
- [14] Kovács Tibor - Otti Csaba (2012): A biztonság tudomány biometriai aspektusai In: Hautzinger, Zoltán (szerk.) A biztonság rendszertudományi dimenziói: Változások és hatások Pécs, Magyarország : Magyar Rendszertudományi Társaság, pp. 1-10.
- [15] Seyyed Hadi Hashemi & Jaap Kamps Exploiting behavioral user models for point of interest recommendation in smart museums New Review of Hypermedia and Multimedia, Volume 24, 2018 - Issue 3

- [16] Horváth Tamás: Elektronikus megfigyelő-, és ellenőrző rendszerek objektumorientált kialakítása különös tekintettel a biztonsági kockázatok rendszerére – Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest (2018.) 25-26. p, Doktori (PhD) értekezés
- [17] Otti Csaba: Biometriaalapú beléptető rendszerek alkalmazhatósága tömegtartózkodású helyeken – Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest (2019.) 25. p., Doktori (PhD) értekezés
- [18] Kollár Csaba (2018): A vezető személyes márkaépítésének információbiztonsági problémái JEL-KÉP: KOMMUNIKÁCIÓ KÖZVÉLEMÉNY MÉDIA 2018/I. pp. 97-108.
- [19] Berek Tamás (2019): Okos rendszerek lehetőségei és biztonsági kihívásai BIZTONSÁGTUDOMÁNYI SZEMLE 1 : 1-2 pp. 7-16.

**ANALYSIS OF TIME SERIES AND
FORECASTING ON THE BASIS OF
STATIONARY FUZZY-MARKOV
PROCESSES****IDŐSOROK ANALÍZISE ÉS
ELŐREJELZÉSEK KÉSZÍTÉSE
STACIONÁRIUS FUZZY-MARKOV
FOLYAMATOK ALAPJÁN**HANKA LÁSZLÓ¹**Abstract**

Time series data can be found in various fields of science and in real life also. Fundamental question is that what kind of mathematical model could be applied for the description and for the analysis of observations, and how could predictions be given for future. Basic expectation against the model, that for observations an acceptable level of accuracy is a requirement, which is determined by the user or the customer. If the level of accuracy is acceptable forecasts can be made for the future. Considering this topic, several mathematical models and tools can be found in the literature. In this paper the unification of two efficient theories, the theory of stochastic processes and fuzzy logic will be presented, that is the so-called fuzzy-Markov process. The application of this tool will be presented for approximation and for forecasting in case of a real life time series.

Keywords

time series, forecasting, Markov-process, fuzzy logic

Absztrakt

Az élet, az alkalmazott és egzakt tudományok számos területén találkozunk idősorokkal. E témában az az alapvető kérdés, hogy hogyan lehetséges a megfigyelések során kapott adatsorra egy olyan matematikai modellt felállítani, amely a felhasználó által előírt hibahatáron belül szolgáltatja a megfigyelt adatokat is és amely modell alapján előrejelzéseket lehet készíteni az idősor további adataira a megfigyeléseket sorozatát követő néhány időpontjára vonatkozólag. A témakörben számos módszer fellelhető a szakirodalomban. Ebben a cikkben két nagy horderejű matematika elméletnek, a Markov-láncok elméletének és a fuzzy logikának az egyesítésével kapott modellel, egy speciális fuzzy-Markov folyamattal fogjuk modellezni az idősort és ennek alapján adunk majd előrejelzést a jövőre nézve.

Kulcsszavak

idősor, előrejelzés, Markov-folyamat, fuzzy logika

¹ hanka.laszlo@bgk.uni-obuda.hu, hanka.laszlo@uni-nke.hu | ORCID: 0009-0001-2758-3889 | associate professor, Óbuda University Bánki Donát Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Institute of Natural Sciences and Basic Subjects, University of Public Service, Faculty of Military Science and Officer Training, Department of Natural Sciences | egyetemi docens, Óbudai Egyetem Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Természettudományi és Alapozó Tantárgyi Intézet, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Hadtudományi és Honvédtisztképző Kar, Természettudományi Tanszék

INTRODUCTION

In security science there are lots of problems, that can be modeled by times series, as a mathematical model. For example in cyber security the annual, monthly, weekly or daily number of attacks against one computer network. In food security, for example the annual amount of cereal crop in any country, or the annual amount of exported crop from Ukraine, from China, etc. In traffic security, the yearly, monthly, etc. number of car accidents, train accidents, etc. in any country. A workplace security (or health security) problem for example the yearly number of workplace accidents in any county. And the long list could be continued. These data series are called time series in mathematics. Therefore in previously mentioned cases self evident choice would be the so-called “time series analysis” and forecasting, as an appropriate mathematical model. A basic expectation against this kind of mathematical model, on the one hand that observed data must be approximated accurately, and if this condition is fulfilled, providing predictions for some years in the future.

Several mathematical methods have been developed for this purpose [1], [2], [3], in which mostly the tools of calculus and probability theory are used. In this paper a different possible approach will be presented, on the basis of the unification of two great mathematical theories, the theory of stochastic processes, more precisely theory of Markov-chains, and the fuzzy logic [4], [5], [6], [7].

The structure of this article is as follows: First of all a real life time series will be demonstrated, which is the annual number of workplace accidents in Hungary since 2000. Then a short extract of the applied mathematical tools, Markov-chains and fuzzy logic will be presented, and applied for the observed data. The following topic will be the unification process of these tools for the time series and the prediction procedure will be explained. Finally analysis of the proposed tools and conclusions can be read.

PRESENTATION OF THE TIME SERIES

Before illustrating the theory and presenting the applied mathematical tool, a real-life time series is demonstrated. This time series presents the annual number of workplace accidents in Hungary from 2000. In table 1. observed data are summarized, and yearly change of these data are also highlighted.

year	Annual number of workplace accidents: $Y(n)$	Yearly change: $DY(n)$
2000	28 220	–
2001	26 369	-1 851
2002	26 072	-297
2003	26 392	320
2004	24 355	-2 037
2005	24 346	-9

year	Annual number of workplace accidents: $Y(n)$	Yearly change: $DY(n)$
2006	23 038	-1 308
2007	21 154	-1 884
2008	22 458	1 304
2009	18 693	-3 765
2010	20 123	1 430
2011	17 448	-2 675
2012	17 164	-284
2013	17 361	197
2014	19 787	2 426
2015	21 165	1 378
2016	23 027	1 862
2017	23 387	360
2018	23 738	351
2019	24 055	317
2020	20 366	-3 689
2021	21 591	1 225
2022	21 273	-318

Table 1. Yearly number of workplace accidents in Hungary, since 2000.

Source: https://www.ksh.hu/stadat_files/ege/hu/ege0042.html

In table 1. there are time series data ($Y(n)$) between 2000 and 2022, therefore observations exist for the last 23 years. The mathematical problem, on the one hand, is modelling the existing data, on the other hand forecasting, in other words, making reliable predictions for the future, more precisely for example for years 2023., 2024. and 2025. As it can be seen, in table 1. not only observed time series data are presented, but also the yearly change of these data. The accurate definition of the yearly change of $Y(n)$ is as follows: $DY(n) = Y(n) - Y(n-1)$ if $n \geq 2021$. Therefore, this change can be defined first for the second observed year. This difference plays fundamental role in the theory, it will be presented in

the following sections, that this difference provides be the basis of the application of the fuzzy-Markov model [4], [5]. The examined time series is depicted in figure 1.

The first step in several commonly applied time series examination methods [1], [3] would be the classification of the time series. The question would be whether a typical increasing or decreasing trend can be identified or some kind of seasonality – in other words a periodic behavior – can be observed in the time series. In such case the procedure would be the decomposition of the time series for trend and seasonal components. The examined time series can't be characterized by neither of these properties. It can be said, that if such behavior can be observed, the modelling and the predicting procedure for the data is simpler. This kind of times series, without trend and periodicity intentionally has been chosen, because in this paper the author would like to present the efficiency of the fuzzy-Markov process. This is precisely the advantage of the fuzzy-Markov process. Instead of modelling trend and seasonal components the applied mathematical tool uses $DY(n)$ differences for characterizing the time series. First of all the basic concept of the Markov-process will be presented in the following section.



Figure 1. Yearly number of workplace accidents in Hungary between 2000 and 2022.
Source: edited by the author

BASIC CONCEPTS OF A MARKOV-CHAIN

A stochastic process is called a discrete time Markov-chain [6], [7], [8] if it is „memoryless”. It means that the probability distribution of the stochastic process at time n , in other words the current state of the process depends only on the previous distribution, so the distribution at time $(n - 1)$ and independent of every prior distribution. This property is usually defined by the following mathematical formula where S_n denotes the state of the process at time n :

$$P(S_n | S_{n-1}, S_{n-2}, \dots, S_1) = P(S_n | S_{n-1}) \quad (1)$$

The meaning of the expression is that the conditional probability of the event that the process is in state S_n depends only on the previous state S_{n-1} and independent to every previous state. Assuming that this condition is fulfilled, the consecutive probability distributions can be given by the following equations:

$$\pi_{n+1} = \pi_n \mathbf{R}; \quad n = 0, 1, 2, \dots \quad (2)$$

where row vectors $\pi_0; \pi_1; \pi_2; \dots; n = 0, 1, 2, \dots$ are consecutive discrete distributions of the stochastic Markov-process, and matrix \mathbf{R} is the so-called transition matrix of the Markov-chain. For example let the transition matrix be the following 3×3 matrix

$$\begin{array}{c} \text{to} \\ \text{from } \mathbf{R} = \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,1 & 0,4 \\ 0,4 & 0,3 & 0,3 \end{bmatrix} \end{array} \quad (3)$$

This matrix represents a process in which there are three states, and entries of the matrix are transition probabilities from one state to another in the following sense. Rows represent the initial states („from”), columns represent terminal states („to”). Therefore every row is a discrete probability distribution, consequently this matrix is called a row-stochastic Markov-matrix. Assuming that the initial state of the process at time $n = 0$ is given by the vector $\pi_0 = [1 \ 0 \ 0]$ than according to formula (2) the Markov-chain can be given by the following sequence of probability distributions:

$$\begin{aligned} \pi_1 = \pi_0 \mathbf{R} &= [1 \ 0 \ 0] \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,1 & 0,4 \\ 0,4 & 0,3 & 0,3 \end{bmatrix} = [0,5 \ 0,3 \ 0,2]; \\ \pi_2 = \pi_1 \mathbf{R} &= [0,5 \ 0,3 \ 0,2] \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,1 & 0,4 \\ 0,4 & 0,3 & 0,3 \end{bmatrix} = [0,48 \ 0,24 \ 0,28]; \\ \pi_3 = \pi_2 \mathbf{R} &= [0,48 \ 0,24 \ 0,28] \begin{bmatrix} 0,5 & 0,3 & 0,2 \\ 0,5 & 0,1 & 0,4 \\ 0,4 & 0,3 & 0,3 \end{bmatrix} = [0,472 \ 0,252 \ 0,276]; \quad \text{etc.} \end{aligned} \quad (4)$$

This sequence of probability distributions – stochastic process – describes the behavior of the Markov-chain as time passes.

In the following sections a time series examination and forecasting method will be presented in which the previously illustrated logic of Markov processes will be applied, naturally in a more general context. The basic question in the examined problem is what mathematical concept can be considered as a „state” of a time series, the following question is how

can the „transition” be interpreted and finally, what could be a reasonable generalization of the „transition matrix” for a time series. These problems will be studied in the following sections. A Markov-chain is called stationary, if matrix \mathbf{R} is independent to time, like in this study.

CHARACTERIZATION OF TIME SERIES USING FUZZY LOGIC

The following step is the application of fuzzy logic for time series, in other words the fuzzification process [9], [10]. The basic idea is that not the observed time series data but the yearly change data will be fuzzified. Considering $DY(n)$ data in the last column of table 1., seven intervals have been chosen for classifying yearly change data. It must be emphasized, that for this construction there are no rigorous rules, these intervals can be constructed arbitrarily, but the length of these intervals must be equal. In the examined case, these intervals and corresponding linguistic variables and the fuzzy sets are as follows:

- $[-4000, -3000]$: Drastic decrease (fuzzy set A_1)
- $[-3000, -2000]$: Significant decrease (fuzzy set A_2)
- $[-2000, -1000]$: Considerable decrease (fuzzy set A_3)
- $[-1000, 0]$: Slight decrease (fuzzy set A_4)
- $[0, 1000]$: Slight increase (fuzzy set A_5)
- $[1000, 2000]$: Considerable increase (fuzzy set A_6)
- $[2000, 3000]$: Significant increase (fuzzy set A_7)

The following step is choosing suitable membership functions for the accurate definition of the above mentioned fuzzy sets [9], [11]. In this paper the following bell-shaped function is applied.

$$\mu(x) = \frac{1}{1 + c \cdot (x - m)^2}; \quad (5)$$

where m is the center of symmetry – the mean value – and c is a scale parameter. The graphic illustration of this membership function for the same mean value and for various scale parameters can be visualized in figure 2.

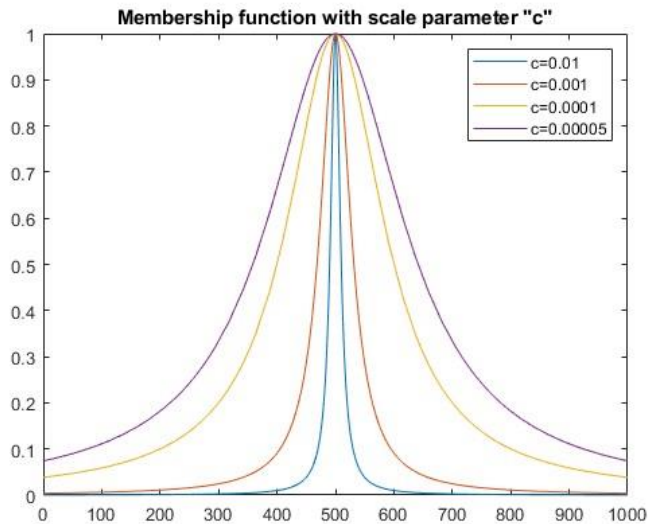


Figure 2. A bell-shaped membership function, given by the formula (5) for $m = 500$ and for various scale parameters. Source: edited by the author

The advantage of this membership function is that by the scale parameter it can be “tuned” easily. As it can be identified in the graph, the greater the value of the scale parameter, the smaller the outspread of the curve, in other words, the curve is more and more concentrated around the center. This is the most important reason for the application of this mathematical tool, the fuzzy logic, because as it will be clear at the end of this paper, thanks to this tunability the approximation of the time series can be improved. The value of parameter c basically affects the accuracy of the approximation. So this is the reason why fuzzy logic has been chosen for examining a problem like this.

In the further study the above defined membership function will be applied for the seven intervals. The corresponding mathematical formulas are the following:

$$\mu_k(x) = \frac{1}{1 + c \cdot (x - m(k))^2}; \quad k = 1, 2, \dots, 7; \quad (6)$$

where c is obviously the same scale parameter for every fuzzy set, and $m(k)$ is the center of the k th interval. For the corresponding fuzzy sets the notation A_k ($k = 1, 2, \dots, 7$) will be used. The system of membership functions is displayed in figure 3 with scale parameter $c = 10^{-6}$. This choice of the scale parameter value later will be explained.

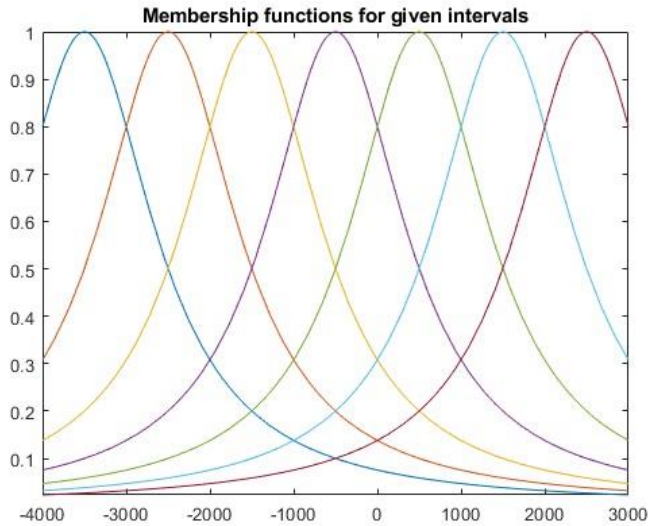


Figure 3. Membership functions for the given seven intervals with scale parameter $c = 10^{-6}$.
Source: edited by the author

The following step is the definition of the “state of the time series”. This is a key concept of this paper. The characterization of states of the time series is based on the previously defined fuzzy sets, in other words by the membership functions. More precisely, for every yearly change data, according formula (6) and figure 3. the corresponding membership values must be computed, and a vector of membership values must be determined. The procedure is illustrated in figure 4. for the first three yearly change values (see table 1. column 3).

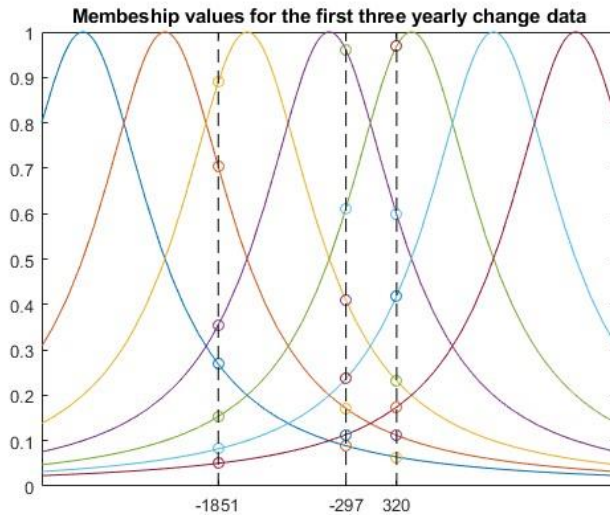


Figure 4. Membership values for the first three yearly change data
Source: edited by the author

For these data the membership values are summarized in the table 2. Obviously the k th coordinate of such vector is the membership value that corresponds to fuzzy set A_k .

A_{2001}	0,2689	0,7036	0,8903	0,354	0,1532	0,0818	0,0502
A_{2002}	0,0888	0,1708	0,4086	0,9604	0,6115	0,2365	0,1133
A_{2003}	0,0641	0,1117	0,2319	0,5979	0,9686	0,418	0,1738

Table 2. Membership values for the first three yearly change data
Source: edited by the author

Using the concept of fuzzy logic, these vectors are considered as states of the time series. Furthermore, these states can be characterized by one single fuzzy set, for which the membership value is maximal. Considering table 3. it is clear that in the first three years, the maximal membership values correspond to fuzzy sets A_3 , A_4 and A_5 respectively. Following this procedure and concept, in every year the state of the time series can be identified. data are summarized in table 3.

year	Annual number of workplace accidents: $Y(n)$	Yearly change: $DY(n)$	State, described by a fuzzy set
2000	28 220	–	–
2001	26 369	-1 851	A_3
2002	26 072	-297	A_4
2003	26 392	320	A_5
2004	24 355	-2 037	A_2
2005	24 346	-9	A_4
2006	23 038	-1 308	A_3
2007	21 154	-1 884	A_3
2008	22 458	1 304	A_6
2009	18 693	-3 765	A_1
2010	20 123	1 430	A_6
2011	17 448	-2 675	A_2
2012	17 164	-284	A_4
2013	17 361	197	A_5

year	Annual number of workplace accidents: $Y(n)$	Yearly change: $DY(n)$	State, described by a fuzzy set
2014	19 787	2 426	A_7
2015	21 165	1 378	A_6
2016	23 027	1 862	A_6
2017	23 387	360	A_5
2018	23 738	351	A_5
2019	24 055	317	A_5
2020	20 366	-3 689	A_1
2021	21 591	1 225	A_6
2022	21 273	-318	A_4

*Table 3. States of the time series characterized by fuzzy sets
Source: edited by the author*

The following step is considering the time series as a “process”, as “transitions between states”. Using observations in table 3. and previous classification, it is clear, that the list of transitions in natural order can be given by the formula (7).

$$\begin{aligned}
 A_1 &\rightarrow A_6, \\
 A_2 &\rightarrow A_4, \\
 A_3 &\rightarrow A_3, A_4, A_6, \\
 A_4 &\rightarrow A_3, A_5, \\
 A_5 &\rightarrow A_1, A_2, A_5, A_7, \\
 A_6 &\rightarrow A_1, A_2, A_4, A_5, A_6 \\
 A_7 &\rightarrow A_6,
 \end{aligned} \tag{7}$$

In this list the observational order doesn't matter, because, as it will be clear in the next section, the fuzzy arithmetic operations, that will be applied, are commutative, therefore only every observed transition must be taken into account, but the order is indifferent. Furthermore due to the same reason, thanks to the nature of the applied mathematical operations, that are max and min operations, if transition $A_k \rightarrow A_j$ can be observed more than once, in the list of transitions it is enough considering it only once.

APPLICATION OF THE CONCEPT OF MARKOV CHAIN

In this section on the one hand the proposed application of the concept of Markov-chain – formula (2) –, and on the other hand the proposed integration of two great theories, Markov-process and fuzzy logic, will be presented [4], [5].

The basic problem is the construction procedure of the transition matrix \mathbf{R} . In this application, the meaning of entries of the transition matrix are not probabilities like in the classic Markov-process, but in some sense, fuzzy membership values. The basic goal is characterizing the whole time series by one matrix, this will be matrix \mathbf{R} , in which every mathematical property, every necessary attribution will be summarized for every observed transition. The construction procedure of matrix \mathbf{R} is as follows.

Like in table 2. for every fuzzy set A_k ($k = 1, 2, \dots, 7$) a seven-component vector will be assigned, which components are membership values that correspond to the mean value m_k of the k th interval. Table 4. contains data, that are obtained using formula (6).

A_1	1	0,5	0,2	0,1	0,059	0,036	0,027
A_2	0,5	1	0,5	0,2	0,1	0,059	0,036
A_3	0,2	0,5	1	0,5	0,2	0,1	0,059
A_4	0,1	0,2	0,5	1	0,5	0,2	0,1
A_5	0,059	0,1	0,2	0,5	1	0,5	0,2
A_6	0,036	0,059	0,1	0,2	0,5	1	0,5
A_7	0,027	0,036	0,059	0,1	0,2	0,5	1

Table 4. Characterization of fuzzy sets by membership values, that correspond to mean values of intervals. Source: edited by the author

Using this table and transitions, that are highlighted by formula (7), for every transition

$A_k \rightarrow A_j$ a “one-step” transition matrix is generated, denoted by \mathbf{R}_{kj} , which matrix contains every mathematical information about the transition. This matrix is constructed by the fuzzy-arithmetic generalization of the dyadic product [9], [10], [11] of vectors that correspond to A_k and A_j , in this order:

$$A_k \rightarrow A_j \Rightarrow \mathbf{R}_{kj} = A_k^T \cap A_j \in \mathbf{R}^{n \times n};$$

that is (8)

$$\mathbf{R}_{kj}(m, p) = \min(A_k(m); A_j(p))$$

Where m and p denotes the row and column index of the entry respectively. The reason for this definition is that in fuzzy arithmetic, operation product is substituted by min operator. Superscript “ T ” denotes the transpose of the vector. Simply to say, a column vector must be multiplied by a row vector. This operation yields a 7×7 matrix for one specific transition.

Finally, considering every transition, given by (7), using formula (8) every “one-step transition matrix” must be generated, and by definition, transition matrix \mathbf{R} of the whole time series will be the sum of every such “one-step matrix”. Considering the fact, that in fuzzy-arithmetic, addition is substituted by max operation, the mathematical formula for the construction is as follows:

$$\mathbf{R} = \bigcup_{(k,j)} \mathbf{R}_{kj} \in \square^{n \times n} \quad \text{that is} \quad \mathbf{R}(m, p) = \max_{(k,j)} (\mathbf{R}_{kj}(m, p)) \quad (9)$$

Performing every operation, entries of the obtained transition matrix is summarized in the following table:

0,2	0,2	0,5	0,5	0,5	1	0,5
0,2	0,5	0,5	1	0,5	0,5	0,5
0,2	0,5	1	1	0,5	1	0,5
0,5	0,5	1	0,5	1	0,5	0,5
1	1	0,5	0,5	1	0,5	1
1	1	0,5	1	1	1	0,5
0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	1	0,5

Table 5. Entries of the transition matrix \mathbf{R}
Source: edited by the author

Using this transition matrix, to the analogy of classic Markov-process, the forecasting procedure can be given by the following mathematical formula:

$$\begin{aligned} A_n &= A_{n-1} \circ \mathbf{R}; \\ A_{n-1} &: \text{observation in year } (n-1) \quad (10) \\ A_n &: \text{forecast for year } n \end{aligned}$$

where matrix \mathbf{R} is given by table 5. and operation “o” denotes the fuzzy-type matrix multiplication, using min-max operations instead of multiplication and addition [9], [10], [12].

Considering formula (10) it is obvious, that the operation yields a row vector as a prediction, which row vector must be considered as a fuzzy set as well. Summarizing the essence of the article, according to the Markovian approach, every state of the time series is given by a fuzzy set, the prediction is also defined by a fuzzy set, the process predicts the yearly change of the time series, and the transition matrix is constructed using membership values and fuzzy operations.

The last step is the defuzzification procedure of obtained predictions. For defuzzification the proposed method is one of the most frequently applied technique, which is the centroid method. This can be formulated as follows.

$$\text{forecast for year } (n) = \frac{\sum_{k=1}^7 \mu_k(A_n(k))m(k)}{\sum_{k=1}^7 \mu_k(A_n(k))};$$

$m(k)$: the mean of k th interval (11)

$A_n(k)$ = the k th component of the predicted fuzzy set for year n

The reason for choosing exactly the centroid method is clear. The expression, given by (11) can also be given in the following form

$$\text{forecats}(n) = \frac{\mu_1(A_n(1))}{\sum_{k=1}^7 \mu_k(A_n(k))}m(1) + \frac{\mu_2(A_n(2))}{\sum_{k=1}^7 \mu_k(A_n(k))}m(2) + \dots + \frac{\mu_7(A_n(7))}{\sum_{k=1}^7 \mu_k(A_n(k))}m(7) \quad (12)$$

in which a basic quantity in probability theory can be identified, which is the expected value [6], [7], since in the sum (11) fractions form a discrete probability distribution. This approach shows a more stronger relation to the theory of Markov-processes. The outcome of the defuzzification process, the predicted value will be the forecast for the following yearly change in the time series, and not directly for the following value in the series.

TIME SERIES FORECASTING FOR THE EXAMINED DATA SERIES

In this section, the application of the proposed method will be presented for the specific time series, that is given by the table 1.

Applying the Markovian iteration given by (10) using transition matrix \mathbf{R} summarized in table 5., for states that are characterized by fuzzy sets illustrated in table 2. and finally using scale parameter $c = 10^{-6}$, the original time series, and predictions, including the following three years, are depicted in figure 5.

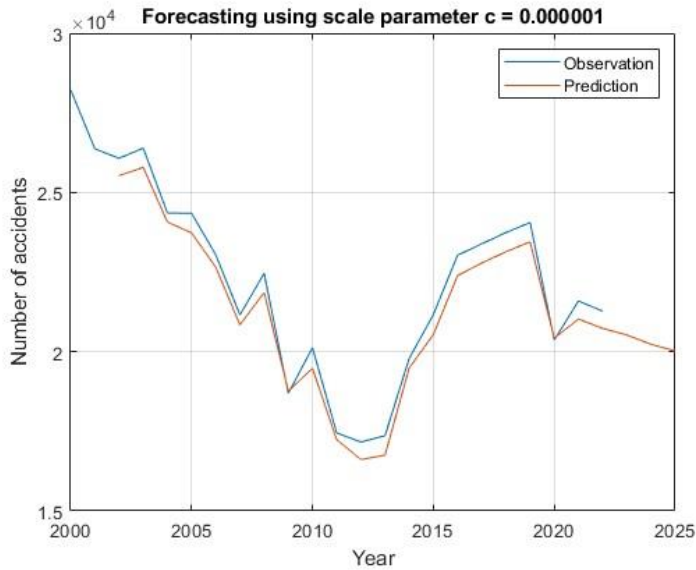


Figure 5. Forecasting the time series using fuzzy-Markov process
Source: edited by the author

Predictions can also be seen in the table, not only for the following three years, but for every year after 2001, because comparing observations and predictions is a fundamental test for efficiency of the prediction method. Data are summarized in table 6.

Year	Observation	Prediction	Relative error (%)
2000	28 220	–	–
2001	26 369	–	–
2002	26 072	25525	2,098036
2003	26 392	25788	2,288572
2004	24 355	24067	1,182509
2005	24 346	23728	2,538405
2006	23 038	22652	1,675493
2007	21 154	20843	1,470171
2008	22 458	21856	2,680559
2009	18 693	18761	0,363773
2010	20 123	19476	3,215226

Year	Observation	Prediction	Relative error (%)
2011	17 448	17237	1,209308
2012	17 164	16614	3,204381
2013	17 361	16751	3,513622
2014	19 787	19488	1,511093
2015	21 165	20535	2,976612
2016	23 027	22385	2,788031
2017	23 387	22786	2,569804
2018	23 738	23136	2,536018
2019	24 055	23451	2,510912
2020	20 366	20425	0,289699
2021	21 591	21023	2,630726
2022	21 273	20731	2,547831
2023	–	20523	–
2024	–	20231	–
2025	–	20023	–

Table 6. Comparison of observations and predictions, and predictions for the following three years
Source: edited by the author

In the table the relative error is also highlighted in every forecasted year, according to the formula

$$\text{Relative error (\%)} = \frac{|\text{Observation} - \text{Prediction}|}{\text{Observation}} \cdot 100 \quad (13)$$

Considering the last column, it can be seen, that the relative error of the forecast for existing observations, which is a measure for accuracy, is mostly between 2 and 3 percentage, which accuracy is satisfactory. According to these predictions, the number of workplace accidents will decrease in the following three years.

The remaining question is examining the effect of the scale parameter. As it was mentioned earlier, this is a key point in the application of the proposed algorithm, this is one of the reasons for choosing fuzzy logic. In figure 6. the system of membership functions and the corresponding forecast can be visualized for various scale parameters.

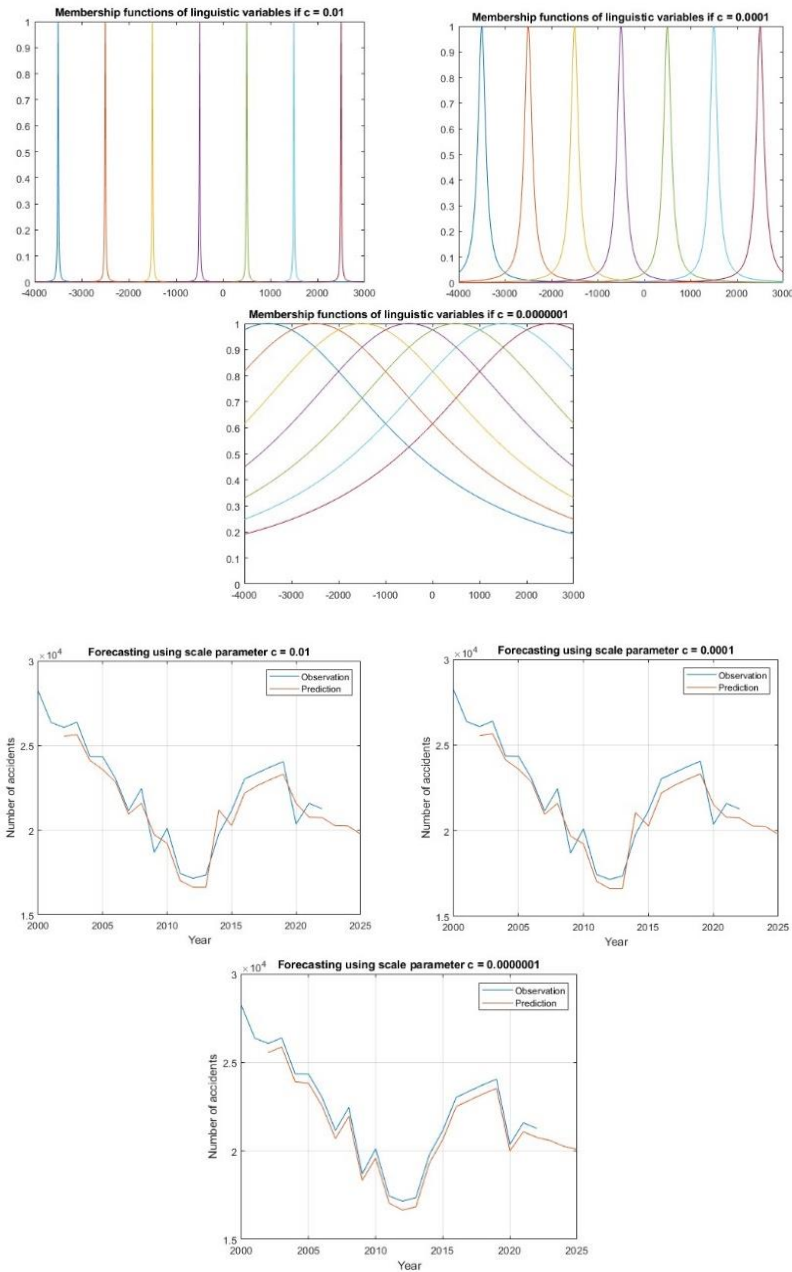


Figure 6. The system of membership functions and corresponding predictions for various scale parameters: from left to right $c = 0,01$; $0,0001$; $0,0000001$
 Source: edited by the author

As it can be seen at first sight, that for extremely narrow ($c = 0.01$) and for extremely wide ($c = 0.0000001$) membership function, the accuracy of the forecast is much worse, and it is also valid for the medium scale parameter $c = 0.0001$. Computing relative error data for these predictions, the obtained results also prove, that these predictions are worse than the

forecast obtained for the scale parameter $c = 10^{-6}$ and highlighted in table 6. Considering satisfactory accuracy of the prediction for this parameter, the forecast for the following three years can be accepted. Therefore it can be stated, that among the examined four scale parameters, the best result, the best accuracy is obtained for $c = 10^{-6}$. If someone would like to find the optimal choice in classic sense, for example one global optimization procedure, like genetic algorithm could be applied. But in this study, considering the high accuracy, it is not necessary.

CONCLUSIONS

In this paper an efficient time series forecasting method was presented and has been applied for a real time series, which can be considered as a security problem. The basis of the proposed tool is the unification of two theories, Markov-chains and fuzzy logic. Results that are presented in figure 5. and table 6. are convincing. The approximation of observed data by the forecasting procedure turned out to be extremely accurate, since relative error of the approximation is around 2-3%. Therefore the predictions for the near future can be accepted.

The essence of this paper is that tools and concepts of fuzzy logic can be applied for this situation as well, this theory also works under such circumstances, and happened to be very efficient. The point is that not observed data in the series must be fuzzified but the change of observed data, therefore predictions also can be given for the change of data. Using these concepts a time series can be characterized by states, and states are given by fuzzy sets. Considering the role of scale parameter, the effect of fuzzy theory is clear. For the predicting procedure, for the transition process the other tool, the concept of the theory of Markov-chain is applied, which also produces fuzzy sets as predictions. Every fuzzy set can be transformed to “crisp” value using any defuzzification process.

Considering further study, one can analyze other type of membership functions that are not bell-shaped, for example triangular or trapezoidal functions. If higher accuracy is a requirement, some global optimization method can be applied for finding “the best scale parameter”. Furthermore, another challenge could be a non stationary Markovian model, in which the transition matrix \mathbf{R} depends on time.

REFERENCES

- [1] Box, Jenkins, ‘Time Series Analysis, Forecasting and control’, Wiley, 2016.
- [2] Lynwood A., Johnson, L.A, Montgomery, D.C, and Gardiner, J.S., Forecasting and Time Series Analysis. 2nd Edition. McGraw-Hill, Inc, 1990.
- [3] Box, Jenkins, Reinsel, Ljung: ‘Time Series Analysis’, Springer, 2016.
- [4] Guangming: Fuzzy Markov chains based on the fuzzy transition probability, IEEE Chinese Control and Decision Conference, 2014
- [5] Avrachenkov, Sanchez: Fuzzy Markov chains, Fuzzy Optimization and Decision Making, 2002
- [6] Ross: Stochastic processes, John Wiley and sons, USA, 1996
- [7] Karlin - Taylor: An introduction to stochastic modeling, Academic Press, London, 1998
- [8] Knill: Probability and Stochastic Processes with Applications, Overseas Press, India, 2006

-
- [9] László, Pokorádi ; Sinan, Kocak ; Edit, Tóth-Laufer: Fuzzy Failure Modes and Effects Analysis Using Summative Defuzzification Methods, ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA 18 : 9 pp. 111-126. , 16 p. (2021)
- [10] Kóczy, Tikk: Fuzzy rendszerek, Typotex, Budapest, 2001
- [11] Paasino-Yurkovich: Fuzzy control, Addison-Wesley, USA, 1998
- [12] Meghdadi-Akbarzadeh: Probabilistic Fuzzy Logic and Probabilistic Fuzzy Systems, IEEE International Fuzzy Systems Conference, 2001

**THE CHANGING ENVIRONMENTAL AND
FIRE SAFETY DIMENSIONS OF THE SUR-
FACE TENSION PHENOMENON****A FELÜLETI FESZÜLTÉG
JELENSÉGÉNEK VÁLTOZÓ KÖRNYEZET-
ÉS TŰZVÉDELMI DIMENZIÓI**NAGY Rudolf¹**Abstract**

Fire safety as a word also symbolises its complexity of purpose. In other words, on the one hand it must offer a solution to the problem of the material interactions in the phenomenon of fire, and on the other hand it must offer a solution for its practical application. It must integrate them into an effective protection system by setting up technical and organisational systems. In this respect, the solutions are constantly confronted by researchers and professionals with questions that cross disciplinary boundaries. This is particularly evident in the physico-chemistry issues that are at the intersection of physics and chemistry. A great many of these interactions occur on the surface of the materials in contact. However, some surfactants are environmentally hazardous and some fire-fighting foaming agents are being phased out due to the hazardous properties of some of them for humans. Therefore, it is worthwhile to test substances with surface tension phenomena that have a decisive influence on the surface tension.

Keywords

surface tension, tenside, liquid, extinguishing agent, foam

Absztrakt

A tűzvédelem mint szóösszetétel is jól szimbolizálja annak összetett céltételezését. Vagyis egyfelől megoldást kell kínálnia a tűz jelenségében mutatkozó anyagi kölcsönhatások veszélyének kezelésére, másfelől pedig az ezek gyakorlati alkalmazására. Műszaki, illetve szervezeti rendszerek felállításával kell azokat hatékony védelmet garantáló egységbe integrálnia. Ilyen tekintetben megoldásaiban folyamatosan a tudományterületek határait áthágó kérdésekkel szembesülnek az azt művelő kutatók és szakemberek. Ez különösen a fizika és a kémia összefonódását jelentő fizikai-kémia kérdéseiben érhető markánsan tetten. Igen sok ezek közül az érintkezésbe lépő anyagok felületén mutatkozik meg. Azonban a felületaktív anyagok egy része környezetre veszélyes, sőt egyes tűzoltó habképző anyagok emberre is veszélyt jelentő tulajdonságai miatt európai vegyi anyagok korlátozása révén kivonásra kerülnek. Ezért érdemes az azt döntően befolyásoló felületi feszültség jelenségét mutató anyagokat tüzetes vizsgálat alá venni.

Kulcsszavak

felületi feszültség, tenzid, folyadék, oltóanyag, hab

¹ nagy.rudolf@uni-obuda.hu | ORCID: 0000-0001-5108-9728 | habil. senior lecturer, Óbuda University, Donát Bánki Faculty of Mechanical and Safety Engineering, Budapest, Hungary | habil. adjunktus, Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar

BEVEZETŐ

A vizekben kifejlődött élet hosszú ideig nem tudott véglegesen elszakadni az éltető nedves élőhelyek közelsége jelentette lételemtől. Ezt a szárazföld meghódításában a következő evolúciós lépcsőfokot az elnevezésükben is reprezentáló kétéltűek képezik. Egyes, még tovább merészkedő fajaik a szó szoros értelmében is messzebbre merészkedtek ennél az időlegesen bírtokba vett élettér kiterjesztésében. Az esőerdők lombkoronájában élő békafajok némely képviselői ezért már régóta megalkották maguknak azt a köztes környezeti közeget habok formájában, amely a folyadékok nedvesítő és a gázok szigetelő előnyös tulajdonságait egyesítik. Ezen sajátosságaiknak köszönhetően utódaiknak a leveleken kialakított habrétegbe rejtve petéiknek biztonságos „bölcsőt” garantálhatnak. A nyálkával képzett habok a szükséges nedvességet megőrizni képes és egyben kellően stabil szerkezetet kölcsönöznek a petéknek, majd az abból kikelő ebihalaknak életük kezdeti, vízhez kötött és igen védtelen átmeneti szakaszában. [1]

Bár nem ez az egyedüli állati felhasználása a haboknak. A tajtékos kabóca lárvája szintén habréteggel vonja be magát, amely rejtekül szolgál a rá vadászó ragadozók elől. Ezt a lárvát a kiszívott és elfogyasztott növényi nedvekből képződött ürülékéből állítja elő. [2]

Az ember évezredek óta tartó megfigyelései révén nagyon sok ehhez hasonló tulajdonságát azonosították a természetben található növényi anyagok viselkedésének. Az egyik ilyen idevágó, anyagi sajátosságként azonosították, hogy mely anyagok „elegyednek” egymással, és közülük is kiemelten a vízzel.

A természeti népek máig használnak növényi kivonatokat ilyen vagy olyan célból. Többnyire ezek az extraktumok, valamely biológiailag aktív hatóanyag kinyerését szolgálják. A kapott növényi vagy állati szerves anyagok felhasználhatósága azon múlik, hogy miként nyerhetők ki. Például a trópusokon egyes növények kérgében fellelhető alkaloidáknak a patakok vizébe történő beoldásával való halászat, mivel a halakra toxikus anyag miatt a vízfelszínre emelkedő halak könnyen összegyűjthetők.

Az ezen jelenségekhez kötődő másik fontos fizikai-kémiai jellemző az egyes anyagok elegyedését befolyásoló oldékonyság, amely egyebek mellett a szennyeződések eltávolításában is lényeges kérdés. Már évszázadokkal ezelőtt a különféle anyagok kikészítésekor alkalmaztak természetes anyagokat. Így például a szappanról szóló első közel 4800 évvel ezelőtti feljegyzés Babilonból származik, amelyet a gyapjú tisztítására szolgál, amelyet addig nem lehet festeni, amíg a juhszörben lévő faggyút el nem távolítják. Ennek leírását tartalmazza az 1. ábrán látható, a sumer birodalom ninivei könyvtárából származó ékírásos agyagtábla. [3]



1. ábra: A szappankészítés leírását tartalmazó mezopotámiai ékírásos agyagtábla [4]

Más későbbi feljegyzések is említést tesznek a szappanról, mint tisztálkodó szerről, például Plinius szerint „A szappan (sapo) is a gallok találmánya, hogy fényessé tegyék a hajukat. Faggyúból és hamuból készül, a legjobb bükkfa hamuból és kecskezsírból.” [5]

AZ OLTÓHABOK KÉPZÉSÉNEK ELMÉLETI HÁTTERE

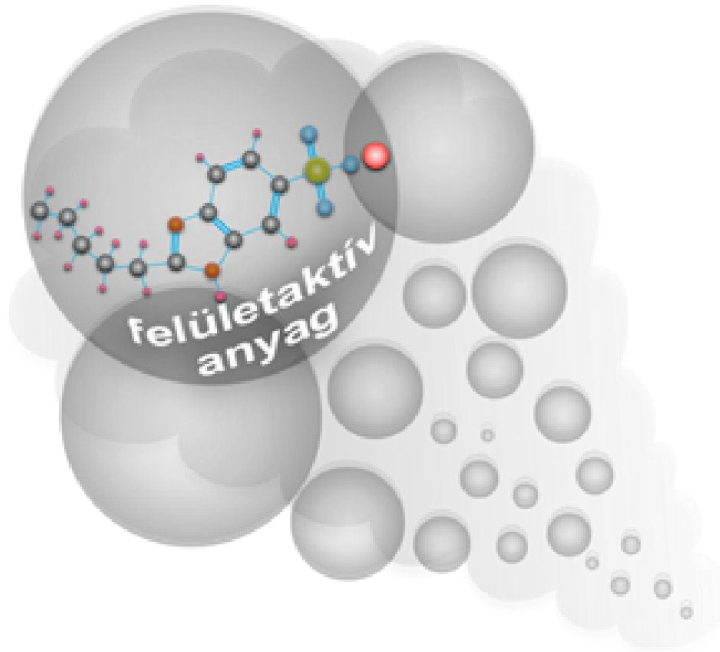
Az évezredekken keresztül finomodó szappankészítés módszerével nyert tisztítóanyag sokáig egyedüli detergens volt, amelynek alapját adja az eltérő elegyedési képességű alkotók között fellépő kohéziók és az azok alapját adó fizikai-kémiai folyamatok.

Azonban olykor szükséges ilyen eltérő anyagok különböző, de előnyös tulajdonságainak egyesítése az alkalmazás összetett igényei miatt. Ezeknek a több komponensekből álló heterogén rendszerekben megmutatkozó fázishatárok azonban bizonyos körülmények között rontják a felhasználás hatékonyságát. Míg más esetekben kifejezett épp ellenkezőleg, a cél az elkülönülő határoló felszínekkel szabdaltn heterogén anyagszerkezeti felépítés, ahogyan azt a folyadékokból képzett haboknál és más, például a szilárd haboknál is látjuk. [6]

A folyadék-gáz diszperz rendszerekben ébredő kölcsönhatások ettől jelentősen eltérnek, mivel bennük stabil viszonylagosan egyenletes eloszlást mutatnak az azt alkotó diszpergáló szer szerepét betöltő folyadék és a benne elosztatott gáz fázis. Ezeknek az elsődleges megjelenési formája a tűzvédelemben az oltóhabok, amelyek az úgynevezett lioszoloknak egy sajátos kategóriája, azaz hidroszol. [7]

A fő alkotó elemét a nevéből adódóan az oltóvíz, mint folyadék adja. Bár a víz önmagában is képes például a levegő gázainak beoldására, azonban ez kémiai kötőerők nélkül nagyon gyakran elégtelen nagyságrendű habképzéshez. Ráadásul, ha kemiszorpcióval párosuló gázmegkötés valósul meg, úgy az már külön fázisként nem lesz elkülönülő része az oldatnak az igen erőteljes elsődleges kötőerők miatti gáz halmazállapotú komponensek molekuláris szintű megkötésének. Ahogyan azt például a levegőben is megtalálható, a savas esők képződéséért is felelős kén-dioxid vagy a karbonátos kőzeteket is hatásosan erodáló széndioxid vízzel való reakciójánál is tapasztalhatjuk. [8]

A jóval alacsonyabb energiával rendelkező másodlagos kötőerők, már nem is teszik lehetővé az egyéb a vízhez kémiailag nem kapcsolódó gázok vízben nagy mennyiségben történő elnyelését normál légköri nyomáson. Ehhez a levegő gázainak oldódását növelő adalék, azaz felületaktív vegyületek hozzáadásával teremthetnek meg a szükséges körülmények. A tenzideknek is nevezett anyagok jellemzői alapjaiban határozzák meg a képződő hab tulajdonságait. Ebben fontos szerepet játszanak az ezen anyagok molekuláris összetétele. Ez a 2. ábra illusztrált módon, már töredék mennyiségben is döntő kihatással van a vízbe juttatott légbuborékok tartósságára és mennyiségére, valamint az azokból képződő habcellák összekapcsolódására.



2. ábra: A felületaktív anyagok szerepe légbuborékok létrejöttében
 Forrás: Szerkesztette a szerző

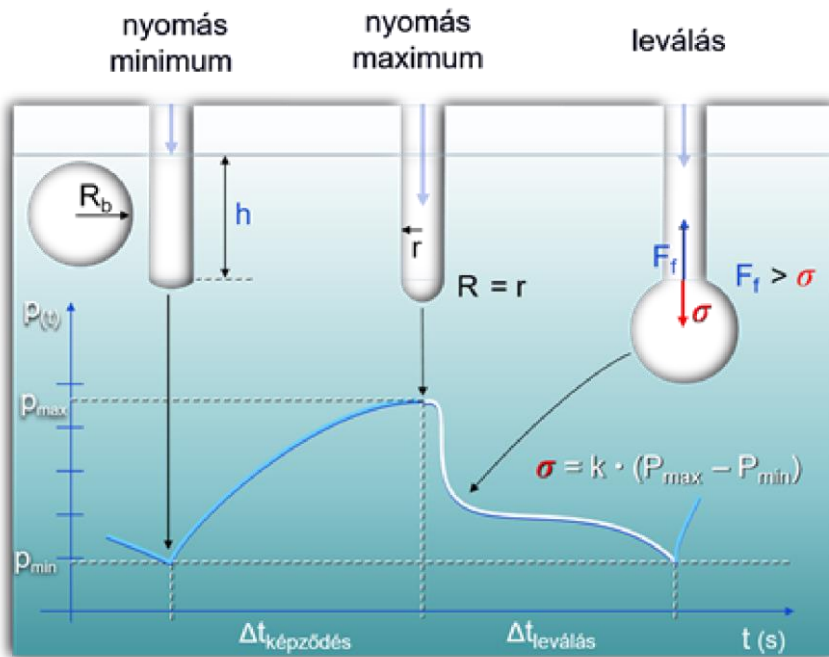
A habképző anyag oldatba vitelének eredményeként létrejövő légbuborékok keletkezéséhez és tartósan fennálló halmazokba rendeződésének a megteremtése sok tényező együtthatásán alapul, ahogyan azt az alábbi, a felületi feszültség értékének buborék képzés útján történő meghatározását leíró képletből is kiolvashatjuk:

$$R^3 = \frac{r\sigma}{k\rho g}$$

ahol:

- R- leszakadó buborék sugara,
- r- hajszálcso sugara,
- σ - felületi feszültség,
- k- együttható,
- ρ - a folyadék sűrűsége,
- g- nehézségi gyorsulás, [9]

Az ezen elvet felhasználó, a 3. ábrán illusztrált mérési módszer vizsgálati elrendezésben a felhajtó erő és a kapilláris pereme mentén fellépő felületi feszültség között kialakuló egyensúlyi helyzethez tartozó paraméterek felhasználásával a felületi feszültség értéke könnyen meghatározható.



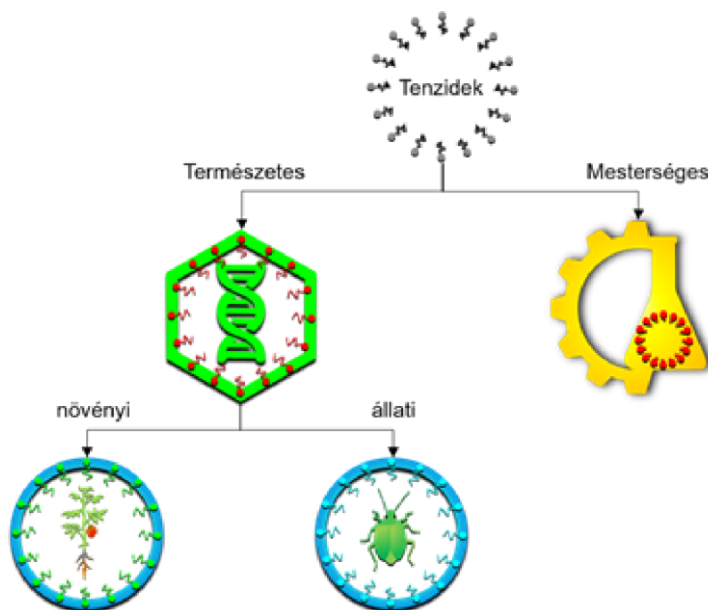
3. ábra: Buborék felületi feszültségének és a nyomás összefüggése
 Forrás: [10] nyomán szerkesztette a szerző

Az egyik leglényegesebbike ezek sorában a légbuborékok körül új felület képződése. Ahogyan az az előző képletből is kitűnik ehhez az új folyadék felület létrehozását akadályozó erő, a felületi feszültség leküzdése szükséges. Egy-egy elkülönülő buboréknál ez az energia nem igazán tűnik jelentősnek, azonban amint ez a folyadék felszínre emelkedő buborék felhasadás nélkül türemkedik ki az egyenes, folyadéktestet határoló homogén felületből további újabb folyadékfelszínnel kell növelnie annak összegzett méretét. Azaz a buborék a folyadék felszínnel érintkező levegőtől való elhatárolását egy kettőzött módon rétegzett folyadék-hártya fogja biztosítani.

A FELÜLETAKTÍV ANYAGOK KÉMIAI JELLEGZETESSÉGEI

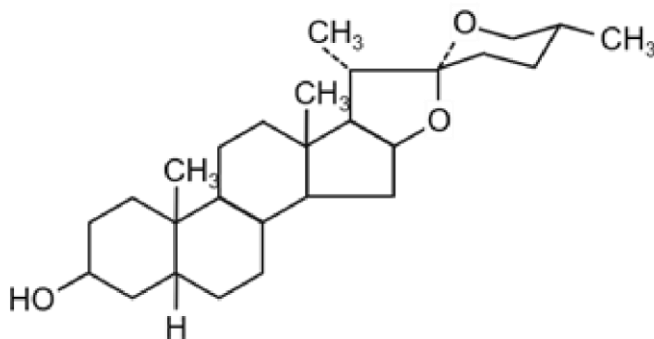
A folyadék-gáz heterogén rendszerek többnyire kevésbé stabilak. Hasonló a helyzet a vízalapú tűzoltó habok esetében is. Bár mechanikai hatások következtében is akár képződhetnek a víz felszínén folyadék-hártyák, ahogyan azt például egy-egy nyári esőzés közepette a képződő tócsák felszínén feltűnő buborékoknál is megfigyelhető, de ezek igen „rövid életűek”.

Ahhoz, hogy a buborékok megnövelte felszín stabilizálhassuk, ellensúlyoznunk kell a hártyák felhasadását kiváltó erőket, és kitüntetetten a felületi feszültség ellenében. Az ilyen tulajdonságokkal rendelkező vegyületek előfordulnak a természetben, amint arról már a bevezetőben is szó esett, de köztük a 4 ábrán szemléltetett felosztásnak megfelelően találunk mesterségesen megalkotott vegyületeket. Nem egy ezek sorában a tűzoltóhabok előállításához is használatos.[11]



4. ábra: Tenzidok felosztása eredetük szerint
 Forrás: [10] nyomán szerkesztette a szerző

A növényi anyagok között legelterjedtebb a szaponinok, amelyek a 5. ábrán látható kémia alapstruktúrát tartalmazó növényi glikozidok szapogenineknek nevezett egy csoportja.



5. ábra: Szapogeninek kémiai alapfelépítése (szpirosztán)
 Forrás: [12]

Az elnevezéséből következően az ezt szöveteikben tartalmazó növényeket vízben szédőrszölve intenzív habzást mutatnak. Ezek egyik képviselője, a gyógynövények közismert, Orvosi Szappanfű (*Saponaria officinalis*). A szaponinok azonban nem túl erélyes felületaktív vegyületek, ezért csak metastabil, átmeneti habokat képesek létrehozni.

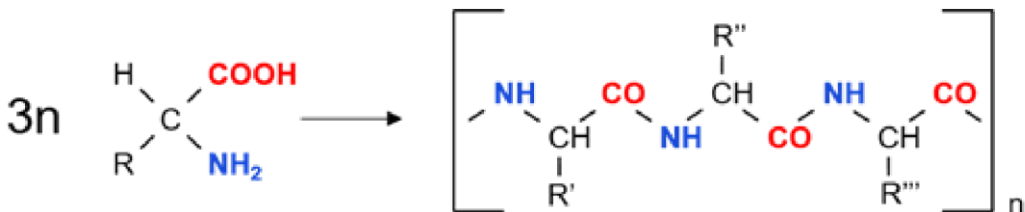
Az oltóhabok alkalmazására elsőként 1877-ben benyújtott szabadalmában J. H. Johnson tett javaslatot. Az éghető folyadékok oltását nátrium-hidrogénkarbonát, szaponin és az alumínium-szulfát vizes keverékének kémiai reakciója nyomán felszabaduló széndioxid előidézte habfejlődést az alábbi reakcióegyenlet szerinti folyamatot felhasználva javasolta kivitelezni. [13]



A felületaktív anyagok a habképzés során nem kémiai reakciópartnerként vannak jelen a közegben, ugyanakkor a vegyületek egyedülálló osztályát alkotják, mivel képesek a fizikai-kémiai jelenségek sorába tartozó felületi és határfelületi tulajdonságok radikális megváltoztatására. Ezek a tulajdonságok lehetővé teszik egyrészt a felületaktív anyagok alkalmazását a nedvesíthetőség módosításában, a mosóhatás és a folyékony fázisok kiszorításában porózus közegben, másrészt a diszperziók - beleértve a habokat, habokat és emulziókat - stabilizálásában. [14]

A felületaktív anyagok molekuláiban a folyadék egy vagy több kiemelt szerepet betöltő funkcionális csoport található. Oldataikban képesek a felületi aktivitásukat meghatározó orientációba rendeződni.

Az erősebben felületaktív vegyületek képesek egészen erős, stabil habszerkezetet kialakítani. Ilyenek például a hosszú láncú alkoholok és zsírsavak, valamint a fehérjék. Ezek a habképzők hosszú időn át stabil habréteget hoznak létre. Az állati eredetű természetes tenzidok legfőbb képviselői a fehérjék közül kerülnek ki. A természetes proteinek az α -aminosavak összekapcsolódása révén képződnek, melyeket azonos szénatomhoz kapcsolódó konjugált karboxilcsoport és aminocsoport jellemeznek és szerkezetük az 6-os ábrán szemléltetett általános kémiai struktúra jellemző.



6. ábra: Fehérjék képződésének vázlata
Forrás: [15] nyomán szerkesztette a szerző

A fehérjéket alkotó proteinlánc az aminosavak karboxil-csoportjainak és amino-csoportjainak savamid jellegű kötések láncolatának révén jön létre. Az így létrejövő polipeptidok vízben oldhatatlanok, ezért a fehérjék makromolekuláit biológiai úton enzimek segítségével vagy kémiai reakciók útján bontják rövidebb láncokra, melyek további eljárásokkal teszik vízzoldhatóvá. A felületi peptidláncok a tűzoltásban már ezen módosított kémiai szerkezettel kerülnek felhasználásra.²

A mesterségesen előállított felületaktív vegyületek tárháza természetszerűleg ennél jóval szélesebb kört ölel föl, hisz még a természetben előforduló vegyi anyagok szerkezetileg módosított változatain felül is számos olyan anyagot sorolhatunk ide, amelyek kémia szerkezeti felépítése a speciális technológiai felhasználási területek követelményeihez igazodóan tudatosan került megtervezésre. A vízben, mint az oltóhabok diszperziós közegét szolgáltató anyagban olyan, a dipólus molekulaszervezetből adódó, úgynevezett hidrogénhidak, mint másodlagos kötőerők ébrednek, amelyek a felület növelése ellen hatnak. Ezt a víz részecskéi

² A kémiai összetétel (felületaktív anyag) szempontjából a habképző szereket szintetikus (szénhidrogén- és fluorotartalmú), fehérje (protein) és fluoroprotein (fluoroprotein) alapú anyagokra osztják. [16]

között létrejövő rendkívül erős vonzást kiváltó kölcsönhatások hatékony csökkentését, akár szintetikus felületaktív anyagok hozzáadásával is elérhetjük. Az általuk mutatott, a felszíni rétegben jelenlévő vízmolekulák közötti kiegyenlítetlen vonzását gyengítő képességük elsődlegesen kémiai szerkezetükből adódik. Ezek a víz kémiai és fizikai kémiai szempontból is kettős jellegét visszatükröző módon kémiailag is változatos anyagok lehetnek.

A szakmailag elfogadott felosztás szerint a felületaktív anyagok osztályozása a 7. ábrán illusztrált alapvető csoportokat foglalja magában:

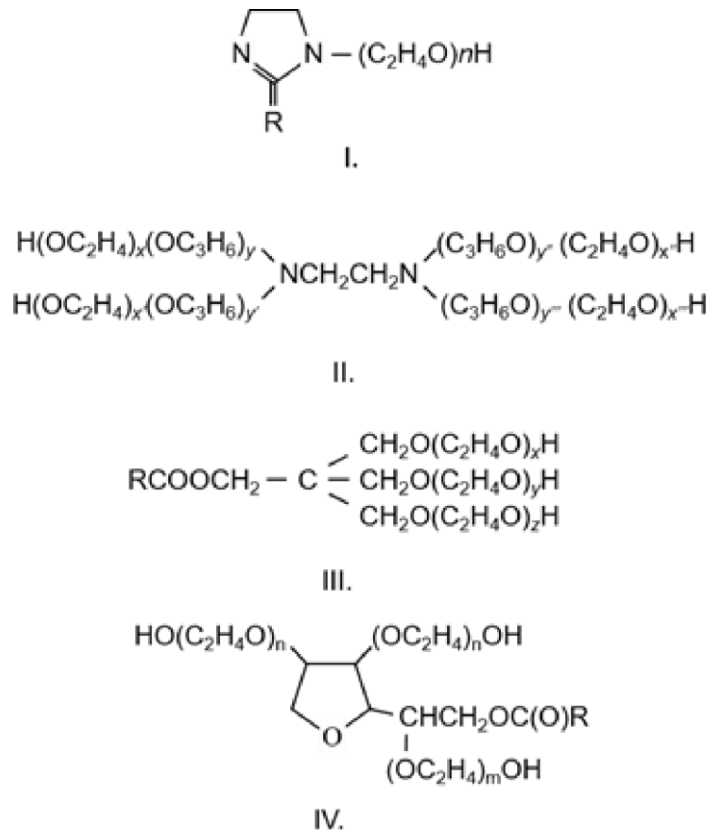


7. ábra: Felületaktív anyagok csoportosítása
Forrás: [17] nyomán szerkesztette a szerző

A nem ionos felületaktív anyagok vízben nem ionokra disszociálnak. Oldhatóságukat az alkoholokként és származékaikkal kialakított hidrogénhidak adják. Képviselőik között a polietilén-glikolok alkotta láncok dominálnak. A hidrogénhid-kötések gyengülése miatt a hőmérséklet emelkedésével a nemionos tenzidek oldhatósága csökken. A nem ionos tenzidek jellemzően folyékony halmazállapotúak. A nem ionos szerves tenzideket a molekula hidrofób részének szerkezetében található funkciós csoportok szerint eltérő kategóriákra osztják. A nem ionos vegyületek csoportjait adják:

- Polialkoholok zsírsavas észterei (I.);
- Zsírsavas alkanol-aminok;
- Etilén-oxid adduktumok.

Léteznek szorbitcsoportú felületaktív anyagok is (VI.) Külön csoportot alkotnak a szilíciumorganikus felületaktív anyagok, mint például a $(\text{CH}_3)_3\text{Si} [\text{OSi}(\text{CH}_3)_2]_n - (\text{CH}_2)_3 \text{O}(\text{CH}_2\text{H}_4\text{O})_m\text{H}$. A nemionos tenzidek előzőekben felsorolt csoportjai kémiai szerkezetét a 8-as ábra illusztrálja. A nemionos tenzidek nedvesítő képessége a szerkezetüktől függ. Az elágazó szénláncú tenzidek nedvesítő képessége optimális. A nemionos tenzidek jól kombinálhatók más tenzidekkel, és gyakran képezik mosószerkészítmények komponenseit.



8. ábra: Nem ionos felületaktív anyagok kémiai csoportjai

Forrás: [12]

Az amfoter felületaktív vegyületek egyaránt tartalmaznak savas és bázisos hidrofil csoportot. Vizes oldataik savasak vagy lúgosak lehetnek, amelynek dominanciája az oldat pH-jától függően tolódik el egyik vagy másik irányba.

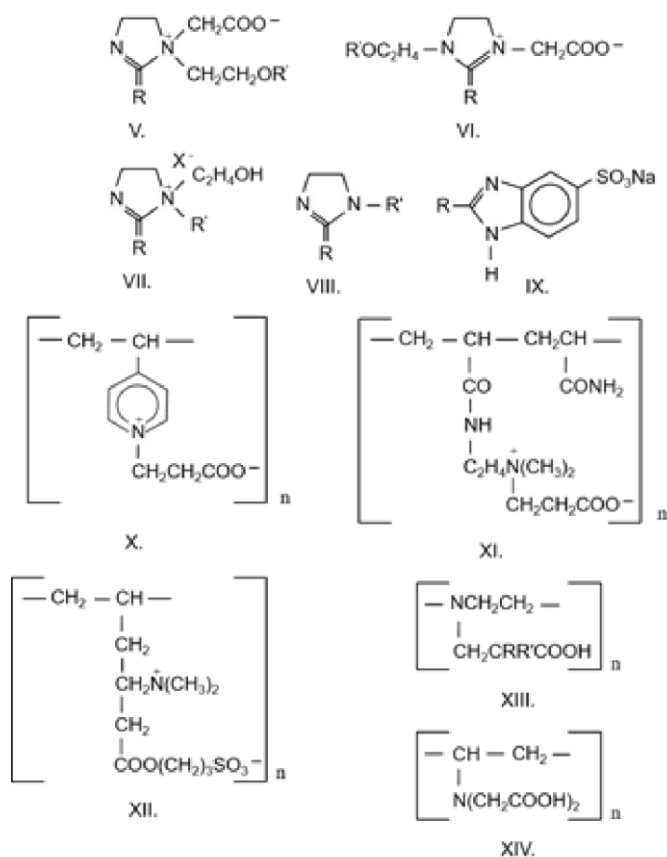
Az amfoter tenzidek molekuláikban a pH-értéktől függően a kationaktív vagy anionaktív felületaktív anyagok tulajdonságokat mutatnak. Bizonyos pH-értékeknél, az úgynevezett zwitter-ionnak nevezett ikerként mutatkoznak meg. A kationos csoport általában primer, szekunder vagy tercier ammóniumcsoportként azonosíthatók. Az anionos csoportok karboxil-, szulfonát- szulfoéter- vagy foszfátcsoportok formájában vannak jelen. Az amfolitikus tenzidek kémiai szerkezetük és bizonyos tulajdonságaik hasonlósága alapján 5 fő csoportra oszthatók:

1. alkil-aminokarbonsavak $\text{RNH}(\text{CH}_2)_n\text{COOH}$. Ugyanebbe a csoportba tartoznak az alkil-amino-fenil-karbonsavak $\text{RNHC}_6\text{H}_4\text{COOH}$; az alkil-aminokarbonsavak primer, szekunder vagy tercier aminocsoporttal $\text{RCH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$, $\text{RCH}(\text{NHR})\text{COOH}$, $\text{R}(\text{CH}_3)\text{NCH}_2\text{COOH}$; vegyes hidroxil-, éter-, észter-, amid- vagy szulfoamid-, két vagy több amino- és amido-, több amino- és hidroxilcsoporttal rendelkező anyagok.
2. Az alkilbétain a legfontosabb csoportját az úgynevezett zwitter-ion felületaktív anyagok képezik. Ezek az alábbi csoportra oszthatók:

Csoport	Szerkezeti képlet
alkilbetainok	$RCH[N^+(CH_3)_3]COO^-$, $RN^+(CH_3)_2CH_2C SOO^-$
szulfít-, szulfo-, szulfát- és foszfát- betainok	$RN^+(CH_3)_2CH_2CH_2OSO_2^-$, $RN^+(CH_3)_2CH_2CH_2SO_2^-$, $RC_6H_4CH_2N^+(CH_3)_2CH_2CH_2OSO_3^-$, $RN^+(CH_3)_2CH_2CH(OH)CH_2OPO_3^-$
amidobetainok	$RCONH(CH_2)_3N^+(CH_3)_2COO^-$
oxietilált bétainek	$RN^+[(C_2H_4O)_pH][(C_2H_4O)_gH]CH_2COO^-$
Egyéb	-

1. Táblázat: Zwitter-ion felületaktív anyagok

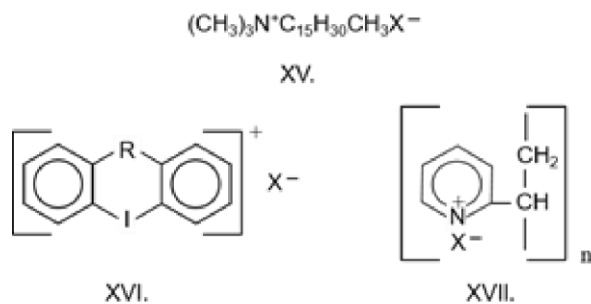
- Alkil-imidazol származékok, amelyek molekuláiban az anionos és a kationos csoportok ionizációs állandója közel azonos, a 9. ábrán vázolt szerkezetű vegyülettel (V. és VI.), ahol R-alkil C_7-C_{17} , $R'-H$, Na, CH_2COOM (M-fém). A kémiai szerkezet karboxi-, szulfo-, szulfát- vagy szulfoéter-csoportokkal történő további módosításával, betain (pl.: VII. - $R' = (CH_2)_nCOO^-$, $(CH_2)_3SO_3^-$, $CH_2CH(OH)CH_2OSO_3^-$) illetve imidazol származékokat (VII. - $R' = CH_2COONa$, $(CH_2)_2N(CH_2COOH)_2$, $(CH_2)_2N=CHC_6H_4SO_3H$, $(CH_2)_2OSO_3H$) kapunk.
- Alkilamino-alkánszulfonátok és szulfátok: Az anionos anyagok könnyen átalakulnak zwitter-ionos formába. (IX.)
- Polimer amfoter felületaktív anyagok: természetes (fehérjék, nukleinsavak stb.); módosított természetes fehérjék oligomer hidrolizátumai; cellulózszármazékok, stb. (X.-XIV.)



9. ábra: Amfoter felületaktív anyagok kémiai csoportjai
 Forrás: [12]

Amint az a 10. ábrán is látható a kationaktív felületaktív anyagok, amelyek többnyire hosszú szénláncú aminosókat tartalmazó vegyületek. Ide tartoznak:

- bizonyos aminosók, illetve
- kvaterner ammónium vegyületek. (XV.)



10. ábra: Példák kationaktív felületaktív anyagok kémiai csoportjainak szerkezeti felépítésére
 Forrás: [12]

A kationaktív felületaktív anyagok olyan felületaktív anyagok, amelyek molekuláit vizes oldatban egy hosszú hidrofób láncú felületaktív kation és valamely anion - általában halogenid, néha kén- vagy foszforsav aniont - alkotják. A kationaktív tenzidek között túlsúlyban vannak a nitrogén tartalmú vegyületek, de gyakorlati alkalmazásban vannak nitrogént nem tartalmazó anyagok is: szulfonium vegyületek $[RR'R''S]^+ X^-$ és szulfoxonium $[RR'R''SO]^+ X^-$, foszfónium $[R_3PR']^+ X^-$, arsónium $[R_3AsR']^+ X^-$, jódium (XVI.). A nitrogén tartalmú kationaktív felületaktív vegyületek a következő az alábbi csoportokba sorolhatók:

1. Aminok és sóik;
2. Mono- és biskvaterner ammóniumvegyületek;
3. kvaterner ammóniumvegyületek különböző funkciós csoportokkal a hidrofób láncban;
4. mono- és biskvaterner ammónium vegyületek nitrogénatomot tartalmazó heterociklikus gyűrűs szerkezetben;
5. Amidok-oxidjai;
6. Polimer felületaktív anyagok. Például polivinil-piridin-halogenidek. (XVII.)

Az anionaktív felületaktív anyagokban a kation nemcsak fématom, hanem szerves bázis is lehet. Ezen vegyületek között a 11-es ábrán példaként bemutatott alkil-szulfátok és alkilaril-szulfonátok a legelterjedtebbek.

Az elsődleges dodecilszulfát és az egyenes láncú dodecilbenzol-szulfonát optimális felületaktív tulajdonságokkal rendelkezik. Vizes oldatokban az anionaktív osztályba tartozókra jellemzően az következő fő funkciós csoportok fordulnak elő:

- $COOH (M)$,
- $OSO_2OH (M)$,
- $SO_3H (M)$,

ahol M egy fém (egy-, két- vagy háromértékű).

A molekula hidrofób részét általában telített vagy telítetlen alifás szénláncok vagy alkilaromás gyökök adják. Az anionaktív felületaktív anyagok hat csoportját különböztetjük meg, amelyek kémiai szerkezetük alapján a következő osztályok valamelyikébe sorolhatók:

1. Karbonsavszármazékok (szappanok): $RCOOM$, $ROOC(CH_2)_nCOOM$, $RC_6H_4(CH_2)_nCOOM$, $RCH=CH-(CH_2)_nCOOM$.
2. Primer és szekunder alkilszulfátok: $ROSO_3M$; $R'R''CHOSO_3M$; alkil-aril-etil-szulfátok $RC_6H_4C_2H_4OSO_3M$; alkil-ciklohexil-etil-szulfátok $RC_6H_{10}C_2H_4OSO_3M$ stb.
3. Alkil- és akilbenzol-szulfonátok, mono- és dikarbonsavakkal képzett összetett észtereknek szulfonátjai: RSO_3M , $RC_6H_4SO_3M$, $ROOCCH_2SO_3M$, $ROOCCH_2CH(COOR)SO_3M$.
4. Alkoholok szulfo- és karboxi-etoxilátjai, karbonsavak szulfo-etoxilátjai, alkilfeniletal-alkoholok szulfoetoxilátjai, szulfo-borostyánkősav kettős fémsói, telítetlen savak szulfátjainak sói: $RO(C_2H_4O)_nSO_3M$, $RO(C_2H_4O)_nCH_2COOM$, $RCOO(C_2H_4O)_nSO_3M$, $RC_6H_4(C_2H_4O)_2SO_3M$, $ROOCCH_2CH(COOM)SO_3M$, $RCH(OSO_3M)=CH(CH_2)-COOM$.
5. Nitrogén tartalmú felületaktív anyagok: amidoszulfonátok $RCOONR'-R''-SO_3M$, szulfokarbonsavak amidjai $RR'NOC-R''-SO_3M$, amidoszulfátok $RCOONR'-R''-$

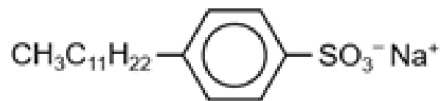
OSO_3M , amidokarboxilátok $\text{RCO}(\text{NH-R}'\text{-CO})_n\text{OM}$, karboxi- és szulfo-csoportokat tartalmazó anyagok $\text{RCONH-R-OCOR}''(\text{SO}_3\text{M})\text{-COOM}$. Az amidcsoport helyett sok ilyen vegyület tartalmazhat szulfoamid-csoportot is lehet, pl. $\text{RC}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NHCH}_2\text{CH}_2\text{SO}_3\text{M}$.

6. Perfluorozott karbonsavak, perfluorozott szulfoacetátok, mono- és dialkil-foszfátok és foszfonátok, perfluorozott foszfonátok és egyéb vegyületek sói. [18]

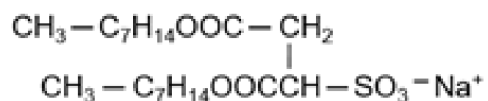
nátrium-sztearát



nátrium-dodecylbenzol-szulfonát



dioktil-nátrium-szulfo-szukcinát



11. ábra: Egyes anionaktív felületaktív anyagok kémiai szerkezete
Forrás: [12]

A fluorozott felületaktív anyagok között a legfontosabbak a 6-12 C atomot tartalmazó fluorozott csoporttal rendelkezők:

R_FCOOM (M - Na, K, NH_4), $\text{R}_F\text{CON}(\text{R})\text{CH}_2\text{COOH}$, $\text{R}_F\text{CON}(\text{R})\text{C}_2\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_m\text{OH}$, $\text{R}_F\text{SO}_3\text{H}$, $\text{R}_F\text{SO}_2\text{NH}_2$, $\text{R}_F\text{SO}_2\text{N}(\text{R})\text{CH}_2\text{COOH}$, $\text{R}_F\text{SO}_2\text{N}(\text{R})\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$, $\text{R}_F\text{SO}_2\text{N}(\text{R})\text{C}_2\text{H}_4(\text{OC}_2\text{H}_4)_m\text{OH}$, $[\text{R}_F\text{SO}_2\text{NH}(\text{CH}_2)_n\text{NR}_3]^+ \text{X}^-$, $\text{R}_F\text{SO}_2\text{N}(\text{CH}_2)_n\text{N}(\text{R})_2\text{C}_2\text{H}_4\text{COO}^-$, $\text{C}_3\text{F}_7\text{O}[\text{CF}(\text{CH}_3)\text{CF}_2\text{O}]_n\text{CF}(\text{CF}_3)\text{COOM}$ ($n = 0-2$), $\text{R}_F\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOM}$, $\text{R}_F\text{C}_2\text{H}_4(\text{OCH}_2\text{CH}_2)_m\text{OH}$, $\text{R}_F\text{OC}_6\text{H}_4\text{SO}_3\text{M}$, $\text{R}_F\text{OC}_6\text{H}_4\text{SO}_2\text{NH}(\text{CH}_2)_n\text{R}_3\text{Cl}^-$. [19]

A fluorozott felületaktív anyagok közül kerülnek ki a leghatékonyabb filmképző tűzoltásban használatos habképző szerek is, melyeknek aktív összetevői a perfluor-karbonsavak és perfluor-alkán-szulfonsavak, stb. A szerves folyadékok felületén való terülőképességüknek köszönhetően kiválóan alkalmazhatók ezen anyagok oltásában más komponensekkel kombinálva.

Az említettek eredményeként a per- és polifluorozott alkilvegyületek (PFAS) vegyületek igen elterjedté váltak a tűzoltásban. Az ez irányú kutatásoknak igen erőteljes lökést adott a Vietnámi Háború folyamán 1967-ben a USS Forrestal hadihajó fedélzetén bekövetkezett tragikus tűz. [20]

A tüzesetet követően a terelődött a fejlesztők figyelmébe a perfluorozott vegyületeket tartalmazó filmképző habok (AFFF) felé. Használata egyre népszerűvé vált a tűzoltásban. [13]

Az előzőekben elmondottakból is kitűnik, hogy a habképző anyagok kémiai szerkezete kialakításának eltérő irányait a tervezett felhasználás szempontjából kívánatos tulajdonságok előtérbe helyezése alapján tűzték ki a fejlesztők. [21]

A HABKÉPZŐ ANYAGOK JELENTŐSÉGE A KÁRHELYSZÍNI GYAKORLATBAN

A habok taktikailag az egyik legsokrétűbben felhasználható oltóanyagok. Az oltóhabok típusának kiválasztásánál és a kárhelyparancsnok optimális használatra vonatkozó döntésének kialakításában a tűzoltás konkrét körülményei szolgálnak kiindulópontként. Általános útmutatásként elmondható, hogy a szempontok sorában az egyik igen meghatározó az égő anyag fizikai-kémiai és egyéb veszélyes tulajdonságai, amelyek kiegészülnek további, az alkalmazás taktikai, valamint műszaki-technikai megfontolásokkal, illetőleg a kárhelyen uralkodó időjárási viszonyokhoz kapcsolódó tényezőkkel. Így a nap, a szél és a csapadék hatását is számításba kell venni a beavatkozások során.

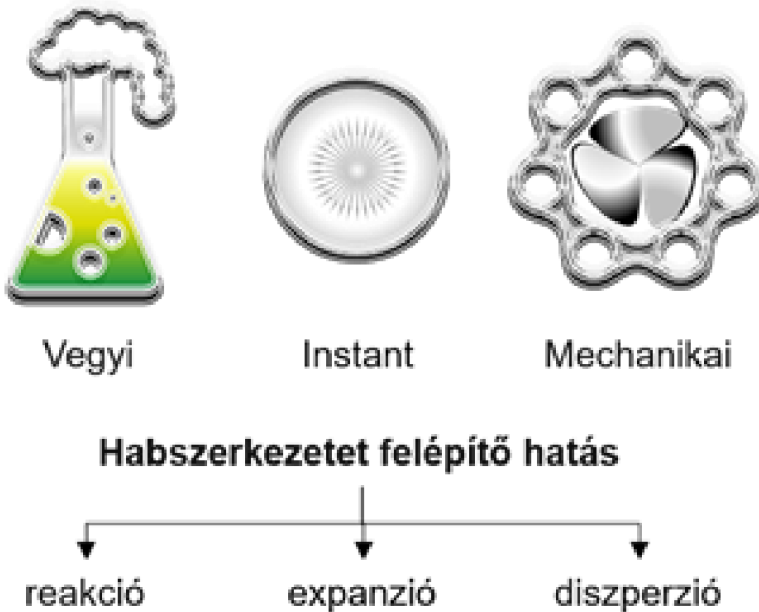
A habok elsődleges oltási mechanizmusa megfelelő, az 1-es táblázatban kiragadott példákban is említett bekeverési arányok mellett, az égés során fellépő diffúziós folyamatok gátlása révén jut érvényre.

Fő komponens	Alkalmazott koncentráció	Rendeltetés
Szekunder nátrium-alkilszulfátok	3	Általános
Olefin-szulfonsavak nátriumsói	6	Általános
Primer alkilszulfátok-trietanolamin sói	6	Speciális
Fluorozott felületaktív anyagok	10	Speciális
Fluorozott és nem fluorozott felület-aktív anyagok keveréke	6	Speciális
Alkil-szulfát	6	Speciális

*3. Táblázat: Egyes felületaktív anyagok habadatai alkalmazásának alapmutatói
Forrás: [22] nyomán összeállította a szerző*

Az ezt eredményező takaró hatás az éghető anyag és az égést tápláló közeg egymástól, valamint a reakciózónától való egyidejű elszigetelésével fékezi meg az égést. Emellett másodlagos oltási tényezőként az elvont hőmennyiség is közrejátszik, a habszerkezetben található víz fajhője, illetőleg párolgáshője mennyiségi tényezőjével kombinált mértékben.

A hab oltási képességeire érdemi kihatással van a haboldatból – az 1-es táblázatban kiragadott példákban is említett bekeverési arányokon túl – előállított habszerkezet kialakításának módja is, amely lehet vegyi, instant, illetőleg mechanikus, amint azt a 12. ábra szemlélteti.



12 ábra: Habképzés módozatai
 Forrás: szerkesztette a szerző

Ugyanis a képződő hab szerkezetének létrejötte első fázisában formálódó légbuborékok egyesülése stabil és egybefüggő habtakaróvá az agglomerációja lezajlásának függvénye. Finoman diszpergált habok előállításával kompaktabb, jobban záró réteg alakítható ki. Mivel az ezt befolyásoló anyagi jellemzők az oltóvíz, illetve a habképző anyag oldaláról állandók, így a diszperziós fokát a formálódó habszerkezetnek a gáz, valamint a víz bevezetésének sebessége, valamint a habgenerátor műszaki jellemzői fogják megszabni. Instant habok esetében ez a hatás az expanszió dinamikájával van szoros összefüggésben. A hirtelen expandáltatás a haboldatból kiváló gázbuborékok egyidejűleg megjelenő nagy számnak köszönhetően tömörebb habszerkezetet eredményez. Vegyi haboknál értelemszerűen a gázképző kémiai kölcsönhatásokat megelőző elegyedés és az ez által a folyadéktestben kialakuló lokális koncentrációértékek függvénye. Kellően egyenletes koncentrációk mellett a képződő légbuborékok is közel egyenletes méretűek lesznek. Az ehhez szükséges körülmények természetesen megfelelő műszaki kialakítással garantálhatók.

A kárhelyszíni beavatkozásoknál a jellemzően nagy égő felület, valamint a tűz dinamikája ezen mutatókhoz mérhető kellően nagy intenzitású és tartósságú stabil habok előállítását igénylik. Az ezen feltételeket kielégíteni képes módszer a mechanikus léghabokkal tudják megteremteni a beavatkozó tűzoltók. Tekintve, hogy az oltás során kijuttatott habréteg szerkezetét folyamatosan roncsolják a már korábban is említett külső hatások, úgy mint a tűz során fejlődő hő vagy a vegyi anyagok okozta kölcsönhatások, megfelelő stabilitással kell rendelkeznie.

Ezt úgy állítják elő, hogy a levegőt mechanikusan keverik a habképző anyagok vizes oldatával, amelyek csökkentik a határfelületi feszültséget és növelik a stabilitását.

Oltás közben a tűzhelyszínen található anyagokkal való fizikai kontaktus mechanikailag is megbonthatja a habszerkezetben jelenlévő lamellák szerkezeti integritását. Azonban

megfelelő diszperzitású és rugalmassággal rendelkező habszerkezet esetében nem számottevő. Ez a légbuborékok kellő falvastagságát eredményező haboldat-koncentrációkkal kivédhető.

Az oltóhabot érő károsító effektusok sorában a természetszerűleg jelenlévő tűzhatásban fellépő termikus folyamatok komoly vízvesztéssel járnak, amely nyilvánvalóan a habszerkezet bizonyos idő elteltével annak tönkremenetelét idézhetik elő. A másik fontos összetevője a termikus összeomlásnak a lamellák szilárdságvesztése, amelyet az emelkedő környezeti hőmérséklet okozta belső nyomásnövekedés kritikussá válása idéz elő. A légbuborékban az őket fogva tartó hártályokban a felületi feszültséget meghaladó erők ébrednek. A folyadék tenziója és a hőtágulás miatt tovább nő a nyomás, és elegendő idő múlva a lamellák felhasadását okozza. Ebből logikusan adódik, hogy a habszerkezet stabilitásának számszerűsített értékét ezeknek a habterfogatsökkenéssel járó károsító folyamatok dinamikájának (intenzitásának) az inverze képezi. Az elmondottakból következően a magasabb hőmérséklet gyorsítja a habszerkezet tönkremenetelét, vagyis a növekvő tűz következtében intenzíven felszabaduló hő rontja az oltóhab stabilitását. A környezeti hőmérséklet tehát fordított arányban van a stabilitással az oltóhab stabilitásával.

A korábbiak alapján látható, hogy a habszerkezet valamilyen mértékű sérülésével mindenképp számolhatunk a beavatkozások során. A hőhatás mellett az oltandó anyaggal való kémiai kölcsönhatásokkal kell leginkább számolni. Az ehhez szükséges a megfelelő közvetlen érintkezés a hab és az éghető anyaggal vagy annak gőzeivel. Ezek bizonyos vegyületek jelenlétében rendkívül drasztikus ütemű lehet, és gyakorlatilag kivitelezhetetlenné válik a tűz elfojtásához nélkülözhetetlen egybefüggő habtakaró létre jötte. Egyes anyagok már a hab területe előtt megsemmisíthetik azt, vagy a habtakaró mennyiségét dinamikusan csökkentve rövid úton megbontják a habtakarót, így az oltás nem kivitelezhető. A habtakaró ilyen vegyi hatások miatti tönkremenetele a habtörés. A habtörés fizikai-kémiai jelenségének a habszerkezet légbuborékait összetartó folyadék hártálykból az oltandó anyaggal történő fokozottabb elegyedés során kioldódó víz vagy tenzidek jelentette szerkezeti tönkremenetel a magyarázata.

A habok stabilitására ezért a legnagyobb kihívást az úgynevezett habtörő tulajdonságokkal rendelkező vegyi anyagok jelentik. Ezért az ezen anyagokkal szembeni ellenállás fokozására a habszerkezet integritását adó hablamelláknak az ezen anyagokkal való közvetlen érintkezését meg kell gátolni. A fizikai elválásztás a leghatásosabb módja a hab stabilitása megőrzésének. Az egyes habtípusok egyedi kémiai szerkezeti tulajdonságainak módosításával felruházhatók az ehhez szükséges fizikai-kémiai sajátosságokkal. [23]

A teljes oltáshoz az égést tápláló gőzök és bomlástermékek utánpótlását meggátló megfelelő vastagságú és kiterjedésű habtakaró kialakítása szükséges. Az oltóhab degradációnak megakadályozásában említésre méltó tényező, hogy sok esetben még elegendő habsugár bevetése során is – különösen nagy felületre kiterjedő tüzeknél – az egybefüggő habtakaró minél gyorsabb előállítására van szükség. A haboknak ezért nagyon fontos jellemzője a területképeség, ami nem csak a habkiadósággal³ van összefüggésben, de az olyan fizikai jellemzőkkel is, mint a sűrűség és viszkozitás.

A habkiadóságot érintően három a tartományt azonosíthatunk:

³ habkiadóság - A haboldat és belőle képződő hab térfogatarányát kifejező érték, az oldat térfogat-egységére vetítve. [24]

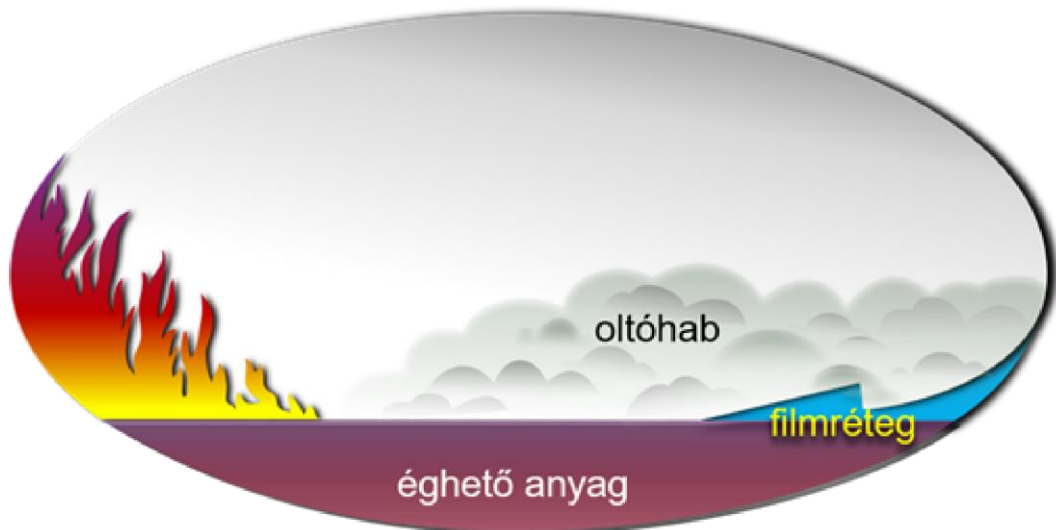
Kategória	Habkiadósság
Nehéz	$H_k \leq 20$
Közepes	$20 < H_k \leq 200$
Könnyű	$200 < H_k$

4. Táblázat: Habkiadósság kategóriái
 Forrás: Restás nyomán összeállította a szerző [25]

A nehéz habokat általában a feleleteken való megtapadást igénylő és viszonylag távolról történő tűzoltási feladatokban alkalmazzák. A közepes a tartályokban lévő gyúlékony vagy éghető folyadékokkal kapcsolatos tüzeknél használják. A könnyű habokat zárt nehezen hozzáférhető területeken, például pincetüzeknél használják. [25]

Gyakorlati oldalról tehát a nagy területekességű habok területeinek sebességével is lépést kell tartania az azt védő határréteg felszínén történő filmkiválásának. Minthogy a hab fajsúlya kisebb ezen folyadékok fajsúlyánál a filmképző anyag jelenlétében az oltás körülményeihez és a rendelkezésre álló eszközök és erők képességeihez illeszkedő taktikai helyzet igényelte idő alatt teljesen letakarható az égő, habtörő tulajdonságú folyadék. Így a stabil habtakaró képes beborítani a felszín egészét.

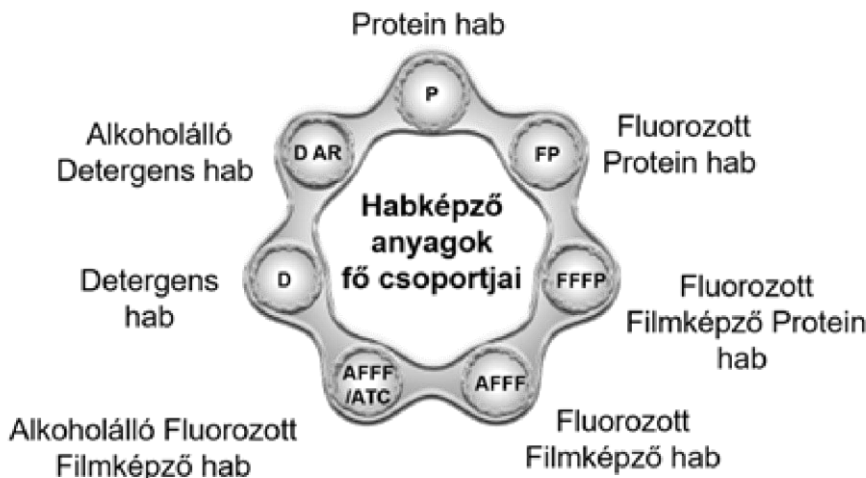
A tűzoltó habokat leggyakrabban éghető folyadékok tüzeinek oltására használják. A fehérjehabok gazdaságosabbak és vastag habokat eredményeznek, de területi tulajdonságaik miatt a takaró hatás kevésbé érvényesül nagy felületű tüzeknél. Ezzel szemben a fluorprotein habok egyebek mellett a kémiai szerkezetükben fellelhető szén-fluor kapcsolatok igen nagy kötési energiájának jól ellenállnak a habtörő tulajdonságú éghető anyagok roncsoló hatásának. Túl ezen a perfluorozott származékok gyors területést biztosítanak az égő tüzelőanyag felületén, melynek mechanizmusát a 13. ábra szemlélteti. [26]



13 ábra: Filmképződés
 Forrás: [27] nyomán szerkesztette a szerző

Bizonyos poláris csoportokat tartalmazó tűzveszélyes folyadék tüzeit a szokványos habokkal nem lehet oltani, mivel ezek a habbuborékokat záró film felületi feszültségét lecsökkentve megsemmisíthetik a habot. Ilyen anyagok az alkoholok, éterek, észterek stb. Ha az oltóhabot nagy magasságból vagy nagy nyomás alatt juttatjuk az égő folyadékra, akkor az belemerül az égő folyadékba, keveredik azzal és a hőhatásra megsemmisül.

Ezért a habképző anyagokban gyakorta kombinálva tenzidek keverékét használják, hogy az érintkező felületen elszigeteljék a sérülékeny habszerkezetet a habtörő tulajdonságú éghető anyagtól a habból a határretegbe kiváló tenzid alkotta összefüggő film segítségével. [28] A habképző anyagok fenti szempontok szerinti alapkategóriái a 14-es ábrán láthatók.



14 ábra: Habképző anyagok alapvető felosztása
 Forrás: [29] nyomán szerkesztette a szerző

A filmképződés ezen együttes funkcióját betölteni képes oltóhabokat kettős filmképzőknek nevezik, köszönhetően annak, hogy az ezen haboldatokból kiváló egyik tenzidkomponens képezte film a hab terülőképességét fokozza, míg egy másik a habtörő folyadék felszínén polimerhártyát képezve védi a habot a károsodástól.

Típus	Kiválási idő	Viszkozitás	Terülőképesség	Poláros oldószer tűrés
Protein	hosszú	nagy	lassú	nem
Fluorprotein	mérsékelt	kis	gyors	nem
AFFF	gyors	kis	gyors	nem
AFFFP	nagyon gyors	kis	gyors	igen
FFFP	mérsékelt	kis	gyors	igen

5. Táblázat: Habtípusok összehasonlítása
 Forrás: [29]

Mindezen szakmai ismeretek birtokában is adódnak nagy szakmai kihívást jelentő esetek, amelyek szokatlan megközelítést, illetőleg az előzetesen alkalmazott oltási taktika megváltoztatását teszik szükségessé.

Ehhez hasonlatos káresemények sorában említésre méltó a 2007-es a nyugat-ukrajnai Lvov közelében történt vasúti szállítási baleset alkalmával. Ennek során tűz ütött ki a veszélyes vegyi anyagként számon tartott foszfor-pentoxidot tartalmazó vasúti szerelvények kisiklása következtében. Az első tűzoltóegységek a baleset helyszínére kiérkezve a tűz oltását vízzel kezdték meg. A környezetre veszélyes szennyezés gyorsabb ütemű megfékezése céljából a tűz elfojtására habot is bevetettek.

A 700 tonna sárga foszfor égése rendkívül mérgező égéstermékekkel szennyezte a környezetet. Ráadásul a vegyi anyag az oxigénnel érintkezve spontán öngyulladásra képes. A 15 felborult tartály közül 6 kigyulladt, fehér, a keletkezett mérgező felhő 86 km² területet borított be. A katasztrófavédelem 5 óra alatt megfékezte a tüzet, majd lehűtötte a foszfort, és hab és homok kombinációjával. A környék lakossága számára a hatóságok elzárkózást rendeltek el lakosságvédelmi intézkedésként. További 900 embert evakuáltak is. A kárfelszámolás további fázisában a sérült tartályok szivárgását elhárítva a szerelvényt tűzoltó vonatok kíséretében a lakott területek elkerülésével Kazahsztán felé irányították tovább. A szennyezett kárhelyszín mellett gátat emeltek a környezet védelmére és a szennyezett oltóvíz összegyűjtésére. Augusztus 3-án azonban a helyszínen maradt foszformaradványok ismét spontán meggyulladtak. A kárfelszámolás helyzetértékelése alapján a későbbiekben az oltóvizet teljes egészében felváltotta az oltóhab. [30]



15 ábra: Habbal oltás az ukrajnai vasúti vegyi baleset során
Forrás: [31]

Látható, hogy a habképző anyagok segítségével előállított oltóhabok a gyors és hatékony beavatkozások biztosítása révén igen nagy szolgálatot tesznek nem csak a súlyosabb tűzkárok, de a környezeti károk megelőzésében is. Azonban az oltással járó környezetterhelést számításba kell vennünk, amikor a környezetvédelmi hatásokat kívánjuk mérlegelni. „A

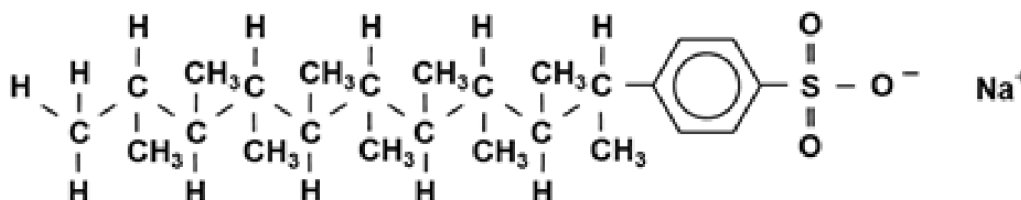
környezettudatos szemlélet bevezetése a tűzoltásban ma ugyanolyan időszerű, mint bármely vegyi üzem, intenzív környezethasználó létesítmény esetében.” [32]

AZ OLTÓHABOK KÖRNYEZETI HATÁSÁNAK DIMENZIÓI

Magukról a tenzidekről is már régóta ismert tény, hogy jelenlétük a környezetben kockázatokkal jár. A leginkább kutatott csoportjaik a különféle detergenssek, amelyek nagymennyiségben vannak jelen a kommunális szennyvizekben. Másik igen fontos kibocsájtó területe az ipar, ahol a különféle feldolgozóipari tisztítási és felületkezelési eljárásokban tonnában mérhető nagyságrendet képviselnek az ide tartozó vegyületek. [33]

Kutatások bizonyítják, hogy elsődleges veszélyeik a szennyvizek által érintett befogadó vizekben jelentkeznek.

A szennyvízzel kapcsolatos egyik fő probléma a tisztítószer jelenléte. A mosószer széles körben elterjedtek hatalmas habrétegek alakultak ki a csatornahálózatok kifolyóinál a szennyvizet a felszíni elvezetőkbe engedik, rendre felhabzások mutatkoznak. A jelenség még a tisztított szennyvízzel szennyezett felszíni és felszín alatti vizekre is kiterjedhet. Ott ahol összefüggő habréteg képeznek a természetes gázcserét is gátolják, így a vízi élet számára nélkülözhetetlen oxigént is elzárja elpusztítva azokat. A szennyvízzel kapcsolatos felhabzásos esetek okozójának többnyire a szennyvízmosószerekben található felületaktív anyagot, az alkil-benzol-szulfonát szerves vegyületet tartják, amelynek szerkezete az alábbiakban látható:



16 ábra: alkil-benzol-szulfonát kémiai szerkezete

Forrás: [34]

Ezen vegyületcsoporttal és a hozzá hasonlókkal a fő probléma, hogy a biológiai lebomlásuk csak lassan megy végbe. Ezért még a biológiai szennyvíztisztításon átesett vizekben is jelentős mennyiségben maradhat vissza. [34]

Értelemszerűen azon részeinek a világnak, ahol nagyrészt tisztítatlanul jutnak be a felszíni vizekbe ezek vegyületek a probléma még fokozottabban jelentkezik. Nem véletlen, hogy e téren a híradásokban gyakran szerepel India vagy éppen Brazília, ahol a detergens miatt felhabzó folyók látványa szinte apokaliptikus képekkel sokkolják a közvéleményt, ahogyan azt a 17-es ábra is bizonyítja.



17 ábra: A detergensekben feldúsult tisztítatlan szennyvíz okozta környezeti hatás a Brazíliai Tietê folyón⁴
Forrás: [34]

Az ilyen és ehhez hasonló környezeti katasztrófák elkerülése érdekében a környezetvédelmi szervezetek kampányokkal is igyekeznek elejét venni az indokolatlan mértékű felhasználásnak, támogatóan a nemzetközi szabályozási törekvéseket. [36] Az utóbbi évtizedekben ez utóbbiak fókuszába a foszfát tartalmú detergenseket állították. Erről tanúskodik az Európai Unió 2007-ben közzétett jelentése is. [37] Ezek környezeti hatását elsődlegesen az élővizekben a foszfornak, mint tápanyagnak a feldúsulásához vezethet, ami viszont eutrofizációs folyamatok túlsúlya miatti biológiai egészsége egyensúlyának felborulásához és az egyéb vízi létformák súlyos degradációját okozza. [38]

Lévén a tűzoltásban alkalmazott habképző anyagok ugyan a felületaktív anyagok közé sorolt vegyületek, így feltételezhető volt, hogy a tűzoltásban oltóhabokhoz adalékként felhasznált anyagok ugyancsak hordozhatnak magukban környezeti kockázatot. Bebizonyosodott egyebek mellett, hogy a nehézfém-tartalmuk szennyezhetik a környezetet. [39]

Túl ezen maga a habképző anyagokkal szembeni gyakorlati elvárások is előtételtették a környezeti kockázatok igazolódását. A tűz- és vegyi hatásokkal szembeni ellenállóképeség miatti stabil kémiai szerkezet a lebomlási folyamatokban is éreztetik hatásukat, és így a környezeti kockázatok is bizonyítást nyertek. [40] Különösen igaz ez a perzisztens fluorozott felületaktív anyagokra. Mivel a bennük található igen stabil szén-fluor atomok között létrejövő kötések biológiailag is igen ellenállónak bizonyultak. Ezért ipari, illetőleg tűzoltási célú felhasználásuk szigorú környezetvédelmi intézkedéseket igényel. [41] Azonban az ide sorolt tenzidek készenléteinek végleges kivonása még jó időt vesz igénybe, tekintettel a szabályozás adta átmeneti időre.

A perfluorozott (AFFF) vegyületek oltóanyagként való használata negatív következményekkel is járnak. Az általuk előidézett expozíciót leginkább az emberek egészségére gya-

⁴ Fotó: Paulo Whitaker, Reuters, [35]

korolt káros hatásokkal hozták összefüggésbe. További aggodalomra ad okot a hosszú biológiai felezési idő az emberben, valamint a környezetben való felhalmozódásuk tekintetében az alkalmazás után évekkel, de akár évtizedekkel is számolhatunk. A kutatások továbbra is folynak a különböző expozíciós utakból eredő egészségkárosító hatások meghatározására. [42]

A tenzidek oltóanyagként történő alkalmazása várhatóan továbbra sem nélkülözhető részét fogják képezni a tűzoltási feladatoknak. Fel kell tehát tenni a kérdést: Miként tudjuk ezeket összeegyeztetni a tűzvédelmi szakmai követelményekkel és egyben hozzájárulni a vegyi anyagok jelentette globális kockázatok csökkentéséhez? Erre kínálnak lehetőséget az új fluormentes (F3) helyettesítő, valamint a hagyományos habképző anyagok, illetve a még a korlátozás hatálya alá nem tartozó alternatív C6 típusú fluorvegyületek használata. [43] [44]

ZÁRSZÓ

Egyre összetettebb világunkban folyamatosan nő a tenzidek alkalmazási területeinek a száma és ezzel együtt felhasználásuk mennyisége is. Nincs ez másként a tűzvédelemben sem. Egy-egy tűzoltási feladatnál is nem csak taktikai, de egyéb szempontból is lényeges, hogy minél gyorsabban, hatékonyabban és minél kevesebb kár okozásával számoljunk fel a keletkező tüzeket. Bár a habképző anyagok, mint oltóanyagok messze nem a legolcsóbban, de a költséghatékonyság miatt ésszerű, választás a legtöbb beavatkozások során. Ezzel szemben a habképző anyagok, mint felületaktív anyagok megválasztása - mint az bebizonyosodott – közel sem biztos, hogy minden esetben a tűzoltás legkörnyezetbarátabb módja.

Természetesen az emberi egészség és a környezet állapotára nézve előidézett kockázatok felmérve a jövőben változásokat kell elérni ebben is. Hiszen várhatóan a kémiai biztonság terén zajló szabályozási folyamatok szigorodó trendje, valamint a kivonás előírásokban rögzített határídeje egyre közelebb hozza a változtatás szükségességét a tűzvédelemben.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Cooper A, Vance SJ, Smith BO, Kennedy MW (2017) Frog foams and natural protein surfactants. *Colloids and Surfaces A* 534: 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2017.01.049>;
- [2] HVG Könyvek: Bogárvadász (Szakács Sz. ford.), HVG Kiadó Zrt., Budapest, 2016., ISBN 978-963-304-310-3, 13. o. <https://hvgkonyvek.hu/resources/public/Pages%20from%20bogarvadasz.pdf>, (Letöltve: 2022. december 27.);
- [3] Badban, S.; Hyde, A. E.; Phan, C. M. Hydrophilicity of Nonanoic Acid and Its Conjugate Base at the Air/Water Interface, *American Chemical Society, Omega* 2017, 2, 5565–5573., <https://doi.org/10.1021/acsomega.7b00960>, (Letöltve: 2022. december 31.);
- [4] The University of Pennsylvania Museum: "Orvosi tábla", sumér agyagtábla, (kb. i. e. 2500-2340), <https://www.penn.museum/collections/object/218008>, (Letöltve: 2022. december 31.);
- [5] Caius Plinius Secundus: Természetrájk XXVIII-XXXII. könyv - Orvosságok állatokból, Hoffmann Zsuzsanna (ford.) Quintus Kiadó, Szeged, 2013., 159. o., ISBN 978-963-89401-2-4, XXVIII könyv, LI fejezet, 36. o.;
- [6] Szabó A.: Tűzoltó habképzőanyagok, 1994., Védelem – katasztrófa- tűz és polgári védelmi szemle, 1. évf. 2. 1994., 16. o.;

- [7] Kerekes Zs., Szabó A., Szitányiné S. M.: Égés és Oltáselmélet III. SzIE-YMÉK, Tűzvédelmi Intézet, egyetemi jegyzet, Budapest, 2013., 63. o.;
- [8] Földi László - Halász László: Környezetbiztonság Budapest : CompLex, 2009., ISBN 978-963-295-020-4., 106. o.;
- [9] Halász L., Farkas S.: A tűzoltó habképző anyagokról, In: Vegyivédelmi Évkönyv, 1978., 223. o.
- [10] SITA Messtechnik GmbH: Bubble pressure method for measuring the dynamic surface tension, 2018., <https://www.sita-process.com/information-service/process-parameter-surface-tension/bubble-pressure-method-for-measuring-the-surface-tension/>
- [11] Farkas Dóra: Hajtógázmentes gyógyszeres habok formulálása és jellemzése képanalízis módszerével, Doktori PhD értekezés, Semmelweis Egyetem, Gyógyszertudományok Doktori Iskola, 2021., 11. o., DOI:10.14753/SE.2022.2650, (letöltve: 2023. 06. 29.);
- [12] Химическая Энциклопедия, в пяти томах, Издательства «Большая Российская Энциклопедия» Москва, 1995, т. 4, 293. o.;
- [13] Magyar Tűzoltóság: A tűzoltószerek fejlődésének története – A habbal oltás, Magyar Tűzoltó, 1956. 7. évf., 7. szám, https://adt.arcanum.com/hu/view/MagyarTuzolto_1956/?pg=158&layout=s, (Letöltve: 2023. július 01.);
- [14] Drew Myers: Surfactant science and technology, 3rd edition, John Wiley & Sons, Inc. 2006., ISBN-13 978-0-471-68024-6, 7. o.;
- [15] Ifendu A. Nnanna Jiding Xia: Protein-Based Surfactants - Synthesis, Physicochemical Properties, and Applications, Marcel Dekker, Inc., 2001., ISBN: 0-8247-0004-X, 25. o.;
- [16] Н.П. Копылов et al: Пожарная Безопасность – Энциклопедия, Министерство Российской Федерации по Делах Гражданской Обороны, Чрезвычайным Ситуациям и Ликвидации Последствий Стихийных Бедствий, МОСКВА 2007., ISBN 5-901140-52-4, 232. o.;
- [17] Fölkl R. et al.: Munkaegészségügyi és Munkavédelmi Enciklopédia, Budapest 1987., 1. kötet, ISBN 963-592-432-1, 475. o.;
- [18] R. Lambourne, T. A. Strivens.: Paint and Surface Coatings - Theory and Practice 2nd. edition, Woodhead Publishing Ltd. Cambridge, 1999., ISBN 1 85573 348 X, 56. o.;
- [19] Химическая Энциклопедия, в пяти томах, Издательства «Большая Российская Энциклопедия» Москва, 1995, т. 5, 394. o.;
- [20] Bödör, Balázs; Nagy, Rudolf: A Forrestal repülőgép-hordozón bekövetkezett tüzeset vizsgálata, Repüléstudományi közlemények, ISSN 1789-770X 28 (1) pp. 189-207 2016., http://www.repulestudomany.hu/folyoirat/2016_1/2016-1-16-0314_Bodor_Balazs-Nagy_Rudolf.pdf, (Letöltve: 2023. július 04.)
- [21] Nagy Roland: Kőolajok harmadlagos kitermelésében felhasználható növényolaj alapú nemionos tenzidek előállítása. Pannon Egyetem, Vegyészmérnöki- és Anyagtudományok DI, 2015, http://real-phd.mtak.hu/654/7/Nagy_Roland_dissertation.pdf, (letöltve: 2023. 07. 07.);
- [22] В. П. Бабуров, В. В. Бабурин, В. И. Фомин, В. И. Смирнов: Производственная и Пожарная Автоматика - Часть 2. Автоматические Установки Пожаротушения, Академия Государственной Противопожарной Службы МЧС России, Москва 2007., ISBN 5-9659-0047-3, 77. o.;
- [23] Brian F. Gray: Spontaneous Combustion and Self-Heating, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Greenbelt, MD, USA 2016., ISBN 978-1-4939-2565-0, pp. 1665;

- [24] ASTM F 1129 - 88, Standard Guide for Using Aqueous Foams to Control the Vapor Hazard from Immiscible Volatile Liquids, In: Annual Book of ASTM Standards 1994, Section 11, Water and Environmental Technology, Volume 11.04, Pesticides, Resource Recovery, Hazardous Substances and Oil Spill Responses, Waste Management, Biological Effects, ISBN 0-8031-2164-4, 1645. o.;
- [25] Restás Ágoston: Égés- és tűzoltáselmélet, egyetemi jegyzet, NKE, Katasztrófavédelmi Intézet, Budapest, 2014., 136. o.;
- [26] Laurier L. Schramm: Emulsions, Foams, and Suspensions - Fundamentals and Applications, 2005. ISBN: 3-527-30743-5, 299. o.;
- [27] Robert J. Brady et al: Marine fire Prevention, firefighting and fire Safety, Maritime Administration, U.S. Department of Commerce, Maritime Training Advisory Board, National Transportation Apprenticeship and Training Conference, National Maritime Research Center, 1979., <https://ia600609.us.archive.org/13/items/marinefirepreven00mari/marinefirepreven00mari.pdf>, 131. o. (Letöltve: 2023. július 01.);
- [28] В. В. Терещенко, А. В. Подгруппный: Пожарная Тактика - Основы тушения пожаров, Академия Государственной Противопожарной Службы, МЧС России, Москва 2012., ISBN 978-5-9229-0064-5, 118. o.;
- [29] Robert Burke: Fire Protection Systems and Response, 2008., ISBN: 978-1-56670-622-3, 156. o.;
- [30] ARIA: Freight rail transport, Phosphorus leakage after a train derailment, 16/07/2007, https://www.aria.developpement-durable.gouv.fr/accident/33274_en/?lang=enpresentation, (Letöltve: 2023. július 17.);
- [31] Radio Free Europe/Radio Liberty: Site Of Toxic Ukraine Train Crash 'Safe', July 18, 2007, <https://www.rferl.org/a/1077680.html>, (Letöltve: 2023. július 17.);
- [32] Szócs István: Környezetkímélő technológiák kutatás-fejlesztése tartálytüzek oltására Doktori (PhD) értekezés, ZMNE, 2005., 4. o., <https://docplayer.hu/13795495-Kornyezetkimeplo-technologiak-kutatas-fejlesztese-tartalytuzek-oltasara.html>, (Letöltve: 2023. július 14.);
- [33] Mousavi, S. A., & Khodadoost, F. (2019): Effects of detergents on natural ecosystems and wastewater treatment processes: a review. Environmental Science and Pollution Research, 26(26), 26439-26448. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-05802-x>, (Letöltve: 2023. július 10.)
- [34] Stanley E. Manahan: Green Chemistry and the Ten Commandments of Sustainability, ChemChar Research, Inc., 2nd ed., Columbia, 2006., ISBN: 0-9749522-4-9, 179. o.
- [35] National Geographic: Toxic Foam Chokes Brazil River, 2010. szeptember 23, <https://www.nationalgeographic.com/science/article/100921-toxic-foam-river-brazil-science-environment-pictures>, (Letöltve: 2023. július 18.);
- [36] WHO: Washing our Dishes and Clothes without Polluting our Rivers and Seas The importance of an EU restriction of phosphate detergents for laundry and dishwashers, Brussels, 2011., https://wwfint.awsassets.panda.org/downloads/web_phosphate_brochure_1.pdf, (Letöltve: 2023. július 18.);
- [37] Report from the Commission to the Council and the European Parliament, Pursuant to Article 16 of Regulation (EC) No 648/2004 of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 on detergents, concerning the use of phosphates.

- COM_2007_0234_FIN_en_TXT, <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2007:0234:FIN:en:PDF>;
- [38] Papp S.: Környezeti Kémia, Környezetmérnöki Tudástár, elektronikus tananyag, ISBN: 978-615-5044-34-2, HEFOP 3.3.1-P.-2004-0900152/1.0, Pannon Egyetem, Veszprém, 2011., 276. o.
- [39] Nagy Zsolt, Kuti Rajmund: A tűzoltóhabok környezetre gyakorolt hatásai, X. évf. 3. szám. http://hadmernok.hu/153_12_nagyzs_kr.pdf, (Letöltve: 2023. 07. 19.)
- [40] Szabó Attila: A tűzoltó habképzőanyagok felhasználásának környezetvédelmi korlátozásai, Védelem Katasztrófavédelmi Szemle, 2020. 27. évfolyam, 6. szám, 27. o.;
- [41] Európai Bizottság 784/2020. 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, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32020R0784&from=DE>, (Letöltve: 2023. 07. 19.)
- [42] David M. Kempisty, Yun Xing, LeeAnn Racz: Perfluoroalkyl Substances in the Environment - Theory, Practice, and Innovation, 1st edition, ISBN 978-1-4987-6418-6, 2019, 23. o.;
- [43] Szabó Attila: Fluorozott filmképző habanyagok vége? – Mit választhatunk helyettük?, Védelem Katasztrófavédelmi Szemle, 2023. 30. évfolyam, 2. szám, 13. o.;
- [44] Heizler György, Szabó Attila: Fluorozott filmképző habanyagok vége? – Mit választhatunk helyettük?, Védelem Katasztrófavédelmi Szemle, 2023. 27. évfolyam, 6. szám, 27. o.;

Follow, like, post, publish! | Kövess, lájkolj, posztolj, publikálj!



<https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu>



<https://www.linkedin.com/company/safety-and-security-sciences-review>



<https://www.facebook.com/biztonsagtudomanyi.szemle>