

Dr. Gyapjas János

Súlyos nemzetközi tüzesetek: visszatérő hibaláncok és rendszerszintű tanulságok

A cikksorozat előző része a halálos lakástüzek ismétlődő mintázatait mutatta be. A nagy nemzetközi tűzkatasztrófák más léptékű események, de alapvető tanulságuk azonos: a tragédiát ritkán magyarázza egyetlen hiba. Többnyire egymásra épülő hiányosságok láncolata alakul ki. Késik az észlelés, kiesik valamelyik védelmi rendszer, a tűz a tervezettnél gyorsabban terjed, a menekülési feltételek romlanak, a szervezet pedig késve reagál.

Miért kell a ritka, de súlyos eseményeket vizsgálni?

A nagy tüzesetek ritkák, mégis aránytalanul sok halálos áldozatot és rendkívüli társadalmi, gazdasági vagy kulturális veszteséget okozhatnak. Szélsőséges terhelés alatt egyszerre mutatják meg a tűzvédelmi rendszer gyenge pontjait: ami egy kisebb eseménynél rejtve marad, az egy gyorsan fejlődő, nagy létszámot vagy nagy területet érintő tűznél láthatóvá válik.

A doktori kutatásban a 2000–2025 közötti időszak 96 súlyos nemzetközi tüzesetét dolgoztam fel. A mintába a legalább tíz halálos áldozattal vagy legalább 10 millió USD nagyságrendű, inflációval korrigált kárral járó események kerültek. Az egységes esetlapok a keletkezési körülményeket, a terjedés módját, a védelmi hiányosságokat, a menekülést, a beavatkozást és a következményeket rögzítették [1].

A szabályalapú csoportosítás öt fő esetcsoportot adott: rendezvény- és klubtüzek; magas lakó- és szállásépületek tüzei; ipari, kereskedelmi és középületek tüzei; erdő–lakóterület határzónában bekövetkező WUI-tüzesetek; valamint egyéb rendkívüli tüzek és robbanások. A jelen cikk öt emblematikus eset segítségével mutatja be a közös hibákat. Az események tényeit közvetlen vizsgálati források támasztják alá, az esetcsoportosítás és a mintázatok szintézise a doktori kutatás saját eredménye [1].

A kutatás feldolgozási logikáját az 1. ábra foglalja össze. A módszer lényege az volt, hogy a 96 súlyos eseményt egységes esetlapok alapján, azonos szempontok szerint dolgoztam fel, majd szabályalapú csoportosítással és kereszt-esetelemzéssel azonosítottam az esetcsoportokon átívelő mintázatokat és visszatérő rendszerhibákat.

A 96 súlyos tüzeset mintázatalapú feldolgozásának logikája



Az egyedi esetek egységes feldolgozása teszi lehetővé az ismétlődő hibaláncok felismerését.

1. ábra. A 96 súlyos nemzetközi tüzeset mintázatalapú feldolgozásának logikája (saját szerkesztés)

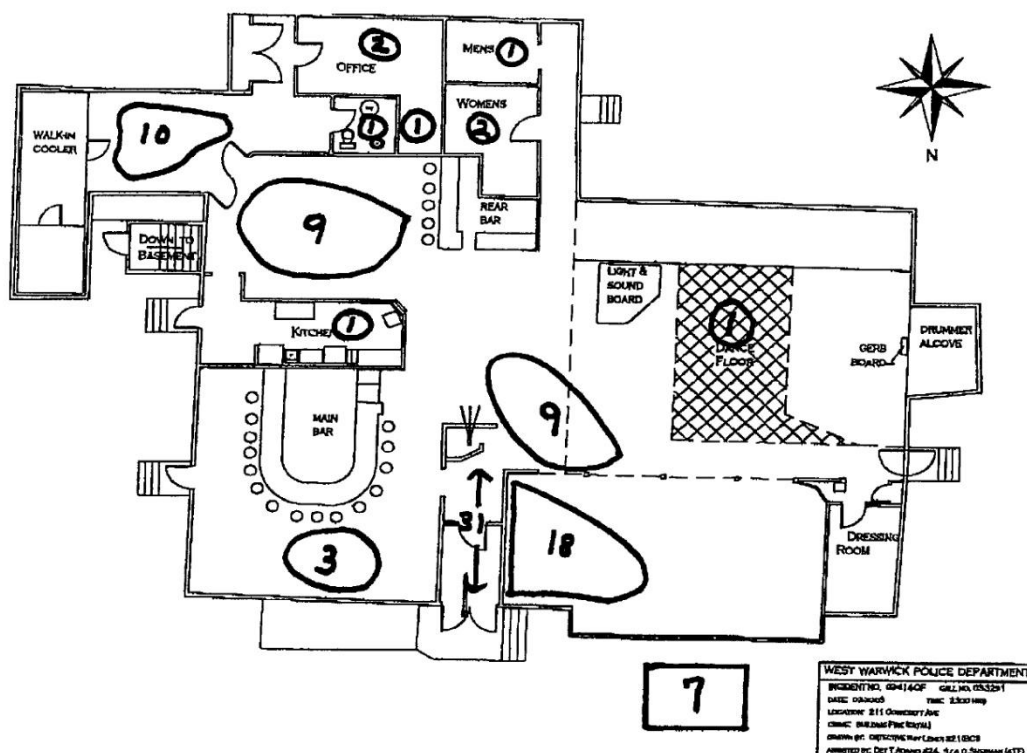
Az 1. ábrán bemutatott feldolgozási rend biztosította, hogy az egyedi esettörténetekből ne elszigetelt példák, hanem összehasonlítható, általánosítható tűzvédelmi tanulságok szülessenek.

Station Nightclub: amikor másodpercek alatt elfogy az idő

A klubtüzeknél sok ember tartózkodik kis, gyakran sötét és zajos térben. A látogatók az alternatív kijáratokat kevésbé ismerik, miközben a dekoráció és a hangszigetelés jelentős éghetőanyag-terhelést jelenthet.

A 2003-as Station Nightclub tüzesetében a színpadi pirotechnika meggyújtotta a fal- és mennyezetburkolatként alkalmazott poliuretán habot. A NIST vizsgálata szerint a tűz gyorsan terjedt; a kijáratoknál alig több mint egy perc után füst jelent meg, öt percen belül pedig a lángok áttörték a tetőt. Az épületben nem volt sprinkler, a menekülést pedig a főbejáratnál kialakult torlódás súlyosan akadályozta. Száz ember halt meg [2].

Az **1. kép**en közölt helyszínrajzon a legnagyobb áldozati koncentráció a főbejárat és az előtér környezetében látható, miközben más kijáratoknál jóval kisebb volt az áldozatok száma. A kép a kijáratválasztás és a torlódás hatását teszi érzékelhetővé: az ismert bejárat felé mozgó tömeg rövid idő alatt működésképtelenné tette a rendelkezésre álló kijárat kapacitását jelentős részét. A tömeges veszteséghez az éghető burkolat, a gyors füst- és lángterjedés, az automatikus oltás hiánya, a kijáratok kialakítása és az emberi viselkedés együtt vezetett [1], [2].



1. kép. A Station Nightclub tüzesetének áldozat-elhelyezkedési helyszínrajza. Forrás: West Warwick Police Department, közölve a NIST műszaki vizsgálati jelentésében [2].

A tanulság nem merül ki a pirotechnika tiltásában. Tömegtartózkodású helyen az anyaghasználatot, a befogadóképességet, a kijáratokat, a tűzjelzést, az automatikus oltást és a személyzet felkészítését egyetlen védelmi rendszerként kell kezelni.

Grenfell Tower: amikor összeomlik az alapul vett tűzforgatókönyv

A magas épületek stratégiája arra épül, hogy a tűz a keletkezési hely közelében marad, a tűz- és füstszakaszolás működik, a menekülési útvonalak pedig védettek. Ha a tűz a homlokzaton vagy más, a szakaszolást megkerülő útvonalon terjed, az eredeti kiürítési feltételezések érvényüket veszíthetik.

A Grenfell Tower 2017-es tüzesetében egy lakás tüze a homlokzati rendszeren keresztül rövid idő alatt a 24 emeletes épület jelentős részére áttért. Bisby az alumínium kompozit panelek éghető polietilénmagjának, a hőszigetelésnek és a rétegrendnek a meghatározó szerepét tárta fel [3]. A Grenfell Tower Inquiry szerint a gyors külső terjedés, a füst épületen belüli szétterjedése, az egyetlen lépcsőház, a kommunikációs nehézségek és a „maradj helyben” („stay put”) tanács késedelmes felülvizsgálata együtt súlyosbította az eseményt. Hetvenkét ember halt meg [4].

A **2. képen** a homlokzat mentén csaknem folytonos függőleges lángfront látható. Ez vizuálisan is jelzi, hogy az esemény már nem egyetlen lakás vagy tűzszakasz tüze volt: a külső térelhatároló rendszer a tűz továbbterjedési útvonalává vált. A több szinten égő lakások és a kiterjedt füstképződés az eredeti tűzforgatókönyv összeomlását mutatják.



2. kép. A Grenfell Tower égése 2017. június 14-én, 4:43-kor. Fotó: Natalie Oxford [5].

A „maradj helyben” stratégia biztonságos lehet, de csak addig, amíg műszaki előfeltételei fennállnak. Ha a tűz több szintet érint, a kiürítési döntésnek és a tájékoztatásnak a valós eseményhez kell igazodnia. A homlokzat megfelelősége pedig nem különálló termékek, hanem a teljes rendszer – légrések, rögzítések, csomópontok és nyílások – teljesítménye alapján ítéltető meg.

Buncefield: amikor több védelmi réteg esik ki

A 2005-ös buncefieldi olajtároló-telepi esemény kivételes ipari, gazdasági és környezeti következményei miatt került a súlyos esetek közé. Egy benzintartály túltöltése során nagy gyúlékony gőzfelhő alakult ki, amely meggyulladt. A robbanásokat több napon át tartó, számos tartályt érintő tűz követte [6].

A vizsgálat nem egyetlen meghibásodást azonosított. A szintjelzés nem adott megbízható információt, a független magas szintű védelem nem állította le a betöltést, az eszközök karbantartása és tesztelése elégtelen volt, a működési gyakorlat pedig nem biztosította a veszély időbeni felismerését. A műszaki hibák mögött biztonságirányítási és vezetői hiányosságok is álltak [6].

A **3. képen** az égő tartály mellett a hatalmas füstoszlop, a közeli tárolók, a technológiai vezetékek és a károsodott ipari környezet is látható. Ez érzékelteti az esemény léptékét és a dominóhatás lehetőségét: a tűz nem egyetlen tartály, hanem a teljes telep és környezete problémájává vált.



3. kép. A Buncefield üzemanyagtároló-telep tüzesete, légi felvétel. Forrás: Environment Agency [7].

Buncefield üzenete, hogy a redundancia csak akkor jelent valódi védelmet, ha a védelmi rétegek ténylegesen függetlenek, működőképesek és ellenőrzöttek. Két papíron meglévő elem nem ér sokat, ha közös karbantartási, szervezeti vagy információs hiba teheti őket működésképtelenné.

Lac-Mégantic: amikor a kockázat kilép a létesítmény határain

2013-ban egy nyersolajat szállító, őrizetlenül hagyott tehervonat megindult a lejtőn, majd Lac-Mégantic városközpontjában kisiklott. Hatvanhárom tartálykocsi és két másik vasúti kocsi siklott ki; mintegy hatmillió liter nyersolaj ömlött ki, majd tüzek és robbanások következtek be. Negyvenhét ember meghalt, negyven épület megsemmisült [8].

A vizsgálat szerint a vonat rögzítése elégtelen volt, a kézifékek hatásosságának vizsgálata hibás módon történt, a mozdony korábbi tüzeinek kezelése megváltoztatta a fékrendszer állapotát, a vállalat biztonságirányítása pedig nem kezelte megfelelően a kockázatokat. A sérülékeny tartálykocsik nagy mennyiségű éghető folyadékot engedtek ki a sűrűn beépített városközpontban [8].

A **4. kép** egyetlen felvételen kapcsolja össze a kisiklott tartálykocsikat, az intenzív tüzet, a vasúti pályát és a közvetlenül mellette fekvő városközpontot. Jól látható, hogy a tűz nem az infrastruktúra elkülönített területén maradt, hanem egész városi tömböket pusztított el. A kép a területhasználat és a veszélyesanyag-szállítás kockázatának közvetlen kapcsolatát mutatja.



4. kép. A Lac-Mégantic-i vasúti katasztrófa és tűz a kisiklás napján, rendőrségi helikopterről fényképezve. Fotó: Sûreté du Québec [9].

A veszélyesanyag-szállítás, az infrastruktúra állapota, az üzemeltető biztonsági kultúrája és a települési kitettség együtt alakította ki a katasztrófát. A ritka esemény nem azonos az előre nem látható eseménnyel: a rendszer több pontján is meg lehetett volna szakítani a hibaláncot.

Camp Fire: amikor egyszerre válik veszélyeztetetté az egész település

Az erdő–lakóterület határzónában bekövetkező tüzek eltérnek a hagyományos épülettüzek logikájától. Egyszerre több ezer épület kerülhet veszélybe, a tűzfront gyorsan mozoghat, az úthálózat telítődhet, a tűzoltó erők és az oltóvíz-kapacitás pedig rövid idő alatt elégtelenné válhat.

A 2018-as Camp Fire terjedését, riasztását, kiürítését és forgalmi folyamatait a NIST részletesen rekonstruálta. A nagy széllel hajtott tűz rövid idő alatt elérte Concow, Paradise és Magalia térségét; több mint 18 000 építmény semmisült meg, 85 ember meghalt [10]. A mintegy 40 000 ember menekítése során torlódások alakultak ki, egyes útvonalakat a tűz elvágott, ezért ideiglenes menedékhelyek létrehozására és nagyszámú mentésre volt szükség [11].

Az **5. képen** a Paradise irányában emelkedő hatalmas füstoszlop uralja a tájat, miközben az SR 32 úton járművek tartanak Chico felé. A kép érzékelteti, hogy a veszély és a menekítés egyszerre települési léptékű: a tűzfront, a füst, a közlekedési hálózat és a lakosság mozgása ugyanannak a gyorsan változó rendszernek a része.



5. kép. A Camp Fire füstoszlopa Paradise irányában 2018. november 8-án, a tűz első napján. Fotó: Test Subject 51 [12].

A WUI-kockázat nem kezelhető kizárólag tűzoltási kérdésként. Településtervezésre, vegetációkezelésre, ellenállóbb épített környezetre, redundáns riasztásra, forgalmi kapacitásokra épülő kiürítési tervre és ideiglenes menedékhelyekre is szükség van. A WUI-területek globális kiterjedése 2000 és 2020 között számottevően nőtt, így egyre több ember és épület kerül közvetlen kapcsolatba tűzveszélyes vegetációval [13].

Az öt visszatérő rendszerhiba

Az öt eset eltérő környezetben és eltérő közvetlen okból következett be, a 96 esemény összehasonlítása mégis öt, esetcsoportokon átívelő rendszerhibát tett láthatóvá [1]. Ezek megjelenését az öt emblemikus esetben a 2. ábra szemlélteti. Az ábra nem kvantitatív pontozást mutat, hanem az esetleírások és a közvetlen vizsgálati források alapján készült minőségi összegzést.

Visszatérő rendszerhibák az öt emblemikus tűzesetben

Minőségi összegzés – nem kvantitatív pontozás

Eset	Észlelés / riasztás	Aktív védelem	Anyaghasználat / passzív védelem	Kiürítés / menekülés	Szabályozás / üzemeltetés
Station Nightclub	○	●	●	●	●
Grenfell Tower	○	○	●	●	●
Buncefield	●	●	—	—	●
Lac-Mégantic	—	○	○	—	●
Camp Fire	●	—	●	●	○

● meghatározó tényező

○ közreműködő tényező

— nem központi az elemzésben

Központi eredmény: a súlyos következmény nem egyetlen hibából, hanem több védelmi réteg együttes vagy egymást követő kieséséből kialakuló hibaláncból áll elő.

2. ábra. Visszatérő rendszerhibák az öt emblemikus tűzesetben (saját szerkesztés)

A 2. ábra jól mutatja, hogy a súlyos következményekhez nem azonos, hanem egymással kombinálódó hibakonstellációk vezettek. A Station Nightclub, a Grenfell Tower és a Camp Fire esetében különösen erősen jelentkeztek a menekülést rontó körülmények, miközben Buncefieldnél és részben Lac-Méganticnál a szabályozási, üzemeltetési és aktív védelmi hiányosságok szerepe rajzolódik ki markánsabban. A közös tanulság az, hogy a katasztrofális következmény többnyire nem egyetlen hibából, hanem több védelmi réteg együttes vagy egymást követő kieséséből kialakuló hibaláncból áll elő.

1. **Késedelmes vagy sikertelen észlelés és riasztás.** Nemcsak az érzékelő számít, hanem a teljes lánc: észlelés, hitelesítés, döntés, figyelmeztetés és cselekvés.
2. **Az aktív védelmi rendszerek hiánya, kiesése vagy megkerülése.** A Station épületében nem volt sprinkler; Buncefieldben a túltöltés megakadályozására szolgáló védelmi rétegek nem működtek. A sprinkler nem old meg minden problémát, de a kezdeti tűz korlátozásával időt ad; az NFPA adatai szerint működő sprinkler mellett lényegesen kisebb a halálos kimenetel és az anyagi veszteség [14].
3. **Az anyaghasználat és a passzív védelem gyengesége.** A Station poliuretánhab-burkolata, a Grenfell homlokzata és a WUI-területek éghető környezete eltérő formában ugyanazt a kérdést veti fel: van-e olyan, emberi beavatkozástól független védelem, amely lassítja a tűz és a füst terjedését?

4. *A kiürítés valós működésének hiánya.* A menekülési útvonal nem tervlapi vonal, hanem időben változó kapacitás. A zsúfoltság, a füst, az egyetlen lépcsőház, a torlódó úthálózat vagy a gyorsan változó tűzfront rövid idő alatt használhatatlanná teheti.
5. *A szabályozás, az irányítás és a valós működés közötti rés.* A szükséges előírások vagy műszaki megoldások több esetben rendelkezésre álltak, de nem érvényesültek. A tényleges biztonságot a tervezés, a kivitelezés, az üzemeltetés, az ellenőrzés, a vezetői felelősség és a tanulási képesség együtt határozza meg.

Mit jelent mindez a hazai tűzvédelem számára?

A nemzetközi eseteket nem lehet egy az egyben a magyar környezetbe másolni, a hibaláncok azonban itthon is értelmezhetők. Tömegtartózkodású helyen a befogadóképességet, a kijáratokat, a burkolatokat, a rendezvénytechnikát és az aktív védelmet együtt kell vizsgálni. Magas épületnél a homlokzati rendszer, a függőleges tűzterjedési utak és a kiürítési stratégia összhangja döntő. Ipari és infrastruktúra-létesítményeknél a valós üzemállapotot és a független védelmi rétegek működőképességét kell ellenőrizni. WUI-kitettségű térségekben a létesítményi tűzvédelem mellett települési riasztásra, menekítési tervre, vegetációkezelésre és megfelelő tűzoltói hozzáférésre is szükség van.

A súlyos események vizsgálatából szervezeti tanulásnak kell következnie. Nem elegendő a gyűjtőforrás megállapítása. Fel kell tární, mely védelmi rétegek estek ki egyszerre, hol volt előzetesen felismerhető figyelmeztető jel, és milyen szabályozási, tervezési, ellenőrzési, képzési vagy beavatkozási változtatás szakíthatja meg a hibaláncot.

Mit tanulhatunk ebből?

A súlyos nemzetközi tüzesetek közvetlen okai sokfélék, a katasztrófális következményekhez vezető rendszerhibák azonban ismétlődnek. A késedelmes észlelés, az aktív és passzív védelem hiánya, a működésképtelen menekülési rendszer, a nem megfelelő anyaghasználat és a gyenge végrehajtási kultúra egymással összekapcsolódva katasztrófát okozhatnak [1].

Nem minden súlyos tüzeset jelezhető előre pontosan, de a következményeket súlyosbító körülmények jelentős része felismerhető. A feladat ezért nem minden tragédiára külön új szabály alkotása, hanem a visszatérő hibák alapján robusztusabb, több független védelmi rétegre épülő rendszer kialakítása.

Ha a meghatározó körülmények ismétlődnek, akkor egy részük területi és települési szinten is mérhető és rangsorolható. A cikksorozat következő része ezt a településszintű tűzvédelmi kockázatértékelést mutatja be.

Irodalomjegyzék

- [1] J. Gyapjas, *Mérnöki módszerek a tűzvédelemben, különös tekintettel a helyi sajátosságokra és tűzeseti tapasztalatokra*, PhD értekezés, Nemzeti Közszerológati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola, Budapest, 2025. [Online]. Elérhető: https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/bitstream/handle/20.500.12944/109831/gyapjas_janos_doktori_ertekezes.pdf (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [2] W. L. Grosshandler, N. P. Bryner, D. M. Madrzykowski, and K. Kuntz, *Report of the Technical Investigation of The Station Nightclub Fire (NIST NCSTAR 2)*, vol. 1. Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, 2005, Fig. 5-54, p. 5-41. doi: 10.6028/NIST.NCSTAR.2v1. [Online]. Elérhető: <https://www.nist.gov/publications/report-technical-investigation-station-nightclub-fire-nist-ncstar-2-volume-1> (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [3] L. Bisby, *Expert Report: Building Performance and Fire Spread in the Grenfell Tower Fire*. London, UK: Grenfell Tower Inquiry, 2017. [Online]. Elérhető: <https://assets.grenfelltowerinquiry.org.uk/documents/Professor%20Luke%20Bisby%20report.pdf> (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [4] Grenfell Tower Inquiry, *Grenfell Tower Inquiry: Phase 1 Report, Executive Summary*. London, UK: HMSO, Oct. 2019. [Online]. Elérhető: https://assets.publishing.service.gov.uk/media/66d82294a399e0dcf5200b2f/Grenfell_Tower_Inquiry_-_Phase_1_report_Executive_Summary.pdf (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [5] N. Oxford, “Grenfell Tower fire,” photograph, London, UK, Jun. 14, 2017, 04:43. Wikimedia Commons, CC BY 4.0. [Online]. Elérhető: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Grenfell_Tower_fire.jpg (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [6] Health and Safety Executive and Environment Agency, *Buncefield: Why Did It Happen? The Underlying Causes of the Explosion and Fire at the Buncefield Oil Storage Depot, Hemel Hempstead, Hertfordshire on 11 December 2005*. London, UK, 2011. [Online]. Elérhető: <https://www.hse.gov.uk/comah/buncefield/index.htm> (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [7] Environment Agency, “Buncefield: 20 years since the incident that changed how we regulate,” Dec. 10, 2025. Open Government Licence v3.0. [Online]. Elérhető: <https://environmentagency.blog.gov.uk/2025/12/10/buncefield-20-years-since-the-incident-that-changed-how-we-regulate/> (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [8] Transportation Safety Board of Canada, *Railway Investigation Report R13D0054: Runaway and Main-Track Derailment, Montreal, Maine & Atlantic Railway Freight Train MMA-002, Mile 0.23, Sherbrooke Subdivision, Lac-Mégantic, Quebec, 6 July 2013*. Gatineau, QC, Canada, 2014. [Online]. Elérhető: <https://www.tsb.gc.ca/eng/rapports-reports/rail/2013/r13d0054/r13d0054.html> (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)
- [9] Sûreté du Québec, “Lac megantic burning,” photograph, Lac-Mégantic, QC, Canada, Jul. 6, 2013. Wikimedia Commons, CC BY-SA 1.0. [Online]. Elérhető:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lac_megantic_burning.jpg (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)

[10] A. Maranghides, E. D. Link, C. U. Brown, W. Mell, S. Hawks, M. Wilson, W. Brewer, R. Vihnanek, and W. D. Walton, *A Case Study of the Camp Fire—Fire Progression Timeline*, NIST Technical Note 2135. Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, 2021. doi: 10.6028/NIST.TN.2135.

[11] A. Maranghides, E. D. Link, W. Mell, S. Hawks, C. U. Brown, and W. D. Walton, *A Case Study of the Camp Fire—Notification, Evacuation, Traffic, and Temporary Refuge Areas*, NIST Technical Note 2252. Gaithersburg, MD, USA: National Institute of Standards and Technology, 2023. doi: 10.6028/NIST.TN.2252.

[12] Test Subject 51, “Camp Fire facing east 2,” photograph, Chico, CA, USA, Nov. 8, 2018, 12:37. Wikimedia Commons, CC BY-SA 4.0. [Online]. Elérhető: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Camp_Fire_facing_east_2.jpg (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)

[13] Y. Guo, X. Wang, Q. Ge, G. Zhou, et al., “Global expansion of wildland–urban interface intensifies human exposure to wildfire risk in the 21st century,” *Science Advances*, vol. 10, no. 45, Art. no. eado9587, 2024. doi: 10.1126/sciadv.ado9587.

[14] T. McGree, *U.S. Experience with Sprinklers*. Quincy, MA, USA: National Fire Protection Association Research, Mar. 2024. [Online]. Elérhető: <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports/us-experience-with-sprinklers> (Hozzáférés: 2026. augusztus 19.)

Dr. Gyapjas János

Bács-Kiskun Vármegyei Mérnöki Kamara

Tűzvédelmi Szakcsoport elnöke