



Túlélési esélyek növelése potenciálisan gyors tűzterjedésnek kitett helyiségekben

Increasing survival chances in rooms potentially exposed to rapid fire progress

¹Kós György, ²Daruka Norbert, ³Elek Barbara

¹ Óbudai Egyetem, Biztonságtudományi Doktori Iskola, doktorandusz hallgató, Budapest, Magyarország, kos.gyorgy@phd.uni-obuda.hu

² Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, Robbantástechnikai szakmérnök/szakember szakirányú továbbképzés, képzésvezető, Budapest, Magyarország, daruka.norbert@bgk.uni-obuda.hu

³ Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, egyetemi docens, Budapest, Magyarország, elek.barbara@bgk.uni-obuda.hu

Összefoglalás

A flashover jelenséggel kapcsolatos esemény során, noha a tűzbiztonsági előírások folyamatosan fejlődnek (hő- és füstelvezetés, beépített füstérzékelők és oltóberendezések stb.), a modern építkezési és épületgépészeti megoldások (például a hermetikusan záródó műanyag nyílászárók, valamint a műanyag alapú vagy vegyszerekkel kezelt fa bútorok) kedveznek az extrém tűzterjedésnek. Valójában a mai épületekben a flashover nyolcszor gyorsabban fejlődik ki, mint 50 évvel ezelőtt. Az American Underwriter Laboratories (UL) vizsgálatai alapján míg 50 évvel ezelőtt átlagosan 29 percbe telt elérni a teljes flashover állapotot, ma ez kevesebb mint 5 percet vesz igénybe.

Kulcsszavak: tűzoltóság, tűzoltás, hirtelen tűzterjedés, flashover, rfp.

Abstract

During an event related to the flashover phenomenon, although fire safety regulations are constantly evolving (heat and smoke venting, built-in smoke detectors, and extinguishing equipment, etc.), modern construction and building engineering solutions (such as hermetically sealing plastic doors and windows, as well as plastic-based or chemically treated wooden furniture) favor extreme fire spread. In fact, in today's buildings, flashover develops eight times faster than it did 50 years ago. According to studies by the American Underwriter Laboratories (UL), while it took an average of 29 minutes to reach complete flashover 50 years ago, today it takes less than 5 minutes.

Keywords: fire service, firefighting, rapid fire progress, flashover, rfp.

1. A flashover fogalma

A tűzfejlődés azon szakasza, amikor a helyiségben lévő minden felület és tárgy a gyulladási hőmérsékletére felhevül és belőlük közel egyszerre tör fel láng. [1]

Másik megfogalmazás szerint a flashover az éghető anyagok meggyulladása a hőszugárzás, a hőáramlás vagy mindkettő következtében, amikor a helyiségben található éghető anyagok gyulladási

hőmérsékletükre hevülnek és közel egyidejű meggyulladásuk következik be. [2]

A tűzfejlődés során a mennyezeti gázréteg hőmérséklete megközelíti a 900 ° F-et (kb. 480 °C) így növelve a hősugárzás intenzitását. a hősugárzásnak kitett éghető anyagoknak a szobában. Az éghető anyagok felületi hőmérséklete emelkedik, pirolízis gázok keletkeznek, és gyulladási hőmérsékletükig hevülnek. Amikor a felső réteg hőmérséklete eléri az 1100 ° F-et (kb. 590 °C) akkor az éghető anyagok pirolízis gázai meggyulladnak a mennyezeti gázréteg aljával együtt. Ez a flashover néven ismert jelenség.

2. Hirtelen tűzterjedés típusai

– Hot rich flashover

A hot rich flashover a klasszikus értelemben vett flashover a hazai szakirodalomban.

A helységben felgyülemlett füst és égési gázok gyors begyulladását jelenti. Miután a szoba felső része hővel telítődik, lefelé sugárzik a helység minden éghető anyagára, melynek következtében azok közel egyszerre érik el a gyulladási hőmérsékletüket. Ezt követően lángok törnek fel és a szoba teljes terjedelmében lángba borul.

– Rich flashover

A hazai szakirodalomban szúróláng vagy backdraft néven ismert. A szúróláng az égési gázok robbanásszerű vagy gyors égése, mely akkor alakul ki, ha oxigén jut be egy alulszellőztetett helyiségbe. A tűzfejlődés utóbbi szakaszában magas hőmérséklet mellett a helyiség oxigénben szegénnyé válik. Az ekkor bejutó friss levegő (oxigén) az égési gázokkal hirtelen elkeveredik és robbanásszerűen begyullad. [3]

– Késleltetett flashover

Késleltetett flashover akkor következik be, amikor a tűz kiindulási helyétől eltérő helységben, a már hűvösebb füst összegyűlik és meggyullad. Ez a jelenség gyakran igen hevesen, robbanásszerűen megy végbe, ezért füstrobbanásnak is nevezik. [4]

– Lean flashover

A hazai szakirodalomban rollover vagy gördülőtűz néven ismert. A rollover gyakran megelőzi a teljes lángba borulást. A mennyezeten a lángnyelvek mintha „végiggördülnének” a plafonon. Gyakran hasonlítják füstben tekergő kígyókhöz. Az ezt okozó jelenség nem más, mint tulajdonképpen lobbanáspontjukat elérő és ellobbanó égési gázok.

3. Beavatkozási biztonság flashover vonatkozásában

A flashovernek kitett civilek és tűzoltók túlélési esélyei gyakorlatilag nullák. Az egyetlen lehetséges megoldás, amivel túlélési esélyeinket növelhetjük az az, hogy még időben felismerjük és reagálunk a potenciális veszélyre. A kialakulóban lévő flashoverre utaló jelek lehetnek a magas hőmérséklet, a füst színe, denzitása, mozgása, valamint a gördülőtűz megjelenése. A következetesen végrehajtott behatolás a tűzzel érintett helységbe nagyban növeli a beavatkozók biztonságát. A mennyezeti gázrétegbe kötött sugárral való rövid „belövással” következtetéseket vonhatunk le. Ha a „belövés” teljes egészében azonnal gőzzé expandál, az rendkívül magas hőmérsékletre utal. Amennyiben vízcseppek hullnak vissza, a hőmérséklet 100 °C alatt van. A sűrű sárgásbarna, nyomással előtörő füst gyakran utal alulszellőztött tűzre. Ilyenkor a legnagyobb a szúróláng kialakulásának esélye. Mivel a hot rich flashover esetén a tűz oxigénellátása megfelelő, ezért itt a sűrű fekete, csavartan felfelé törő füst lehet árulkodó jel. Gyakran az épület nyílásain előtörő füstöt lángcsóvák követik. Mint azt már fentebb tárgyaltuk, a gördülőtűz gyakran megelőzi a teljes lángba borulást. A gördülőtűz megjelenését követően csak másodpercek vannak hátra a teljes lángba borulásig.

A tanulmányok szerint egy, a semleges sík alatt teljes védőfelszerelésben dolgozó tűzoltó kb.

0,5-1,0 m/s sebességgel képes mozogni. Ez azt jelenti, hogy ideális esetben 2 másodperccel a flashover kialakulás előtt felismeri a veszélyre utaló jeleket és visszavonul akkor is maximum 2 métert tud megtenni. Ebből kifolyólag megfelelő sugárfedezet nélkül a helyiség bejáratától maximum 1,5 méterre távolodhat el. Ezen a távolságon kívül valószínűleg nincs esélye a menekülésre!

Megfelelően alkalmazva vízsugárral késeltethetjük vagy teljesen megakadályozhatjuk a flashover kifejlődését. Ennek során hűtjük a falakat, a mennyezetet és lassítjuk a hőszugárzást.

4. Agresszív gázhűtés technika

Agresszív gázhűtés során a mennyezeti gázréteget hűtjük és hígítjuk az égés megakadályozása érdekében. Ez az eljárás a tűzfészek megközelítésére való és nem elegendő a tűz eloltásához. Ezzel a technikával egyrészt vizet gőzölünk el, ami hőelvonással jár, másrészt a hőmérséklet vertikális rétegződést mutat zárt térben, ezért a különböző hőmérsékletű rétegeket összekeverjük, így csökkentve gyulladási hőmérséklet alá a teljes rendszert.

1. táblázat Egy liter vízre vonatkoztatott lehűthető füst mennyisége [5]

1 liter vízzel lehűthető füst mennyisége, a hőmérséklet függvényében		
Füst hőmérséklete (°C)	Egyensúlyi hőmérséklet (°C)	$V^{\text{füst}}/V^{\text{víz}}$ (m ³ /l)
400	99	2.26
400	101	16,62
400	200	26.84
600	99	1.76
600	101	12.9
600	200	17.40

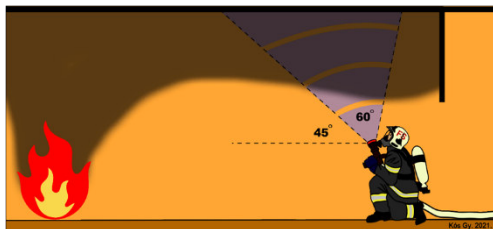
A gőzképződés térfogat növekedéssel jár. 1 liter vízből 100 °C-on 1700 liter gőz fejlődik, ami 1,7 m³-nek felel meg. 600 °C-on (ami a szén-monoxid gyulladási hőmérséklete, így a flashover veszély esetén közel ekkora hőmérséklettel kell számolnunk) viszont 1 liter vízből már 4200 liter, illetve 4,2 m³ képződik. [6] Ezzel szemben a lehűlő gázok összehúzódnak, a térfogatuk kisebb lesz. Amennyiben helyesen választjuk meg a bejuttatandó víz mennyiségét, abban az esetben a lehűtött füst/gőz keverék kisebb térfogatú lesz, mint a kiinduló forró füst térfogata. (Lásd: 1-2. ábra)



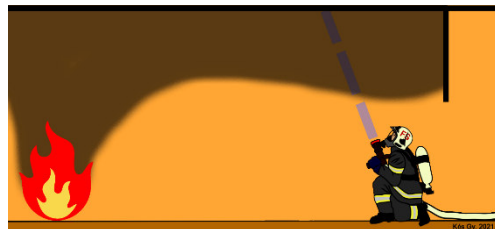
1. ábra Flashover megelőzésének elvi ábrája [Szerkesztette: Kós György]

Ellenkező esetben, ha túl sok vizet juttatunk be, felboríthatjuk a termikus egyensúlyt. Ennek következtében összeomolhat a semleges sík, rendkívül forró „gőzfürdővé” változtatva a helységet, nulla látótávolsággal. A beavatkozás során a sugárcsövet szórt sugárképre állítjuk kb. 60°-os kúpszöggel. Ez a szórás kép a talajjal lehetőleg 45°-os szöget zárjon be. (Lásd: 3. ábra) A tűz fészke felé haladva fontos, hogy a helységet teljes szélességében lefedjük a szórt sugár alkalmazásával.

(Lásd: 5. ábra) Ez azért fontos, mert a legtöbbször a füst a tűzoltók felé halad, így elérhetjük, hogy mellettünk ne tudjanak elhaladni lehűtetlen gázok.

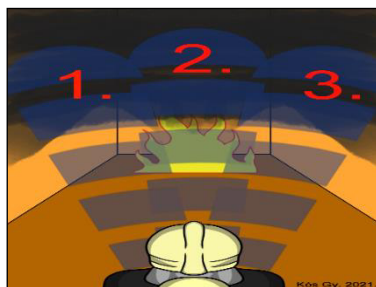


2. ábra Agresszív gázhűtés technika
[Szerkesztette: Kós György]



3. ábra Felszúró technika
[Szerkesztette: Kós György]

Rövid belövéseket alkalmazunk, amelyekkel nem borítjuk fel a termikus egyensúlyt. Célszerű az ajtót behatolás után becsukni, hogy a lehűtött gázok ne tudják elhagyni a helyiséget és pufferként funkcionáljanak. Laboratóriumi vizsgálatok azt bizonyítják, hogy a mennyezeti gázréteg kb. 5 másodperc elteltével újra eléri kezdeti hőmérsékletét. [7] Azzal, hogy a lehűtött füstöt ott tartjuk, ez a jelenség csökkenthető.



4. ábra A helyiséget teljes szélességében kontrolláljuk
[Szerkesztette: Kós György]

5. Penciling technika

Az úgynevezett „penciling” technikával (szabad fordításban – felszúró technika) tovább növelhető a beavatkozók biztonsága. A helytelenül megválasztott szórt sugárképpel nem leszünk képesek megfelelő hűtőhatást elérni a forró gázrétegekben. Ennek következtében csak kavargó áramlást idézünk elő, ami növelheti a flashover bekövetkezésének esélyét. Ezt kiküszöbölendő alkalmazhatjuk a „penciling” eljárást. Ennek során rövid, kötött sugár belövéseket alkalmazunk. Ez a sugárkép alkalmas rá, hogy a különböző hőmérsékletű rétegeket átvágja és a legfelsőbb, legforróbb rétegben is hűtő hatást érjen el. Egymással kombinálva az agresszív gázhűtéssel és a felszúró, „penciling” technikákkal késleltetni lehet a flashover kialakulását, így biztonságos visszavonulást tesz lehetővé a beavatkozóknak. A fent említett irányelveket alkalmazva jelentősen csökkenthető a flashover bekövetkezésének esélye. Amennyiben az mégis bekövetkezik a tűzoltók túlélési esélyei drasztikusan csökkennek. Flashover esetén ha beavatkozóképes marad a tűzoltó maradjon minél lejjebb. Késlekedés nélkül nyissa ki teljesen a sugárcsővet, váltson köd állásba, tartsa a sugárcsővet a sisak felett és körkörös mozdulatokat tegyen, így törekedve a minél nagyobb területű hűtésre, (Lásd: 4. ábra) valamint azonnal vonuljon vissza. [8]

6. Beavatkozási biztonság backdraft vonatkozásában

Mint már tárgyaltuk a flashover és backdraft közötti különbség, hogy míg az előbbi egy hőmérsékletfüggő jelenség, ahol elegendő mennyiségű oxigén van jelen az égéshez, addig utóbbi oxigénfüggő jelenség, vagyis az oxigénhiány miatt nem tud befejeződni az égés. Ennek következtében nagy mennyiségben halmozódhatnak fel éghető gőzök/gázok. Backdraft-re utalhat a nagy volumenű, sűrű, az épület nyílásain nyomással előtörő sárgásbarna füst. További árulkodó jel lehet, ha az ablakok belülről elkormozódtak, repedeznek. [9] Viseljünk teljes védőfelszerelést. Behatolás előtt ellenőrizzük az ajtó hőmérsékletét. A forró ajtó, esetleg a rajta látható elszíneződés árulkodó jel lehet. Ilyenkor minden esetben tartsunk készenlétben beavatkozásra alkalmas sugarat, valamint ne álljunk az ajtó elé és azt (kifelé nyíló ajtó esetén) magunkra nyissuk pajzsként használva a kitörő lángokkal szemben. A beavatkozási biztonság a tűzoltói munkavégzés során kiemelt fontosságú, és az egyik legnagyobb veszély, amellyel a tűzoltók szembesülhetnek, a backdraft jelensége.

A backdraft főbb jellemzői:

- zárt térben történik,
- korlátozott oxigén hozzáférés,
- hőmérséklet és nyomás növekedés.

A beavatkozási biztonság szempontjából fontos, hogy a tűzoltók képesek legyenek felismerni a backdraft veszélyét még a beavatkozás előtt. Az alábbi jelek utalhatnak backdraft-ra:

- füst intenzitása,
- színváltozás,
- hangok,
- füst kiáramlás.

A beavatkozási biztonsági intézkedései a backdraft elkerülésére:

- környezeti felmérés,
- biztonsági távolság betartása,
- elővigyázatosság a nyílásokkal kapcsolatban,
- szellőztetés és kontrollált beavatkozás,
- csoportos beavatkozás és kommunikáció,
- tűzoltó védőeszközök használata. [10]

A backdraft és a tűzoltói biztonság szorosan összefonódik. A legfontosabb tényezők a helyszíni helyzet felmérése, az alapos előkészítés, és az beavatkozás közbeni körütekintés. A megfelelő elővigyázatosság és a megfelelő technikai ismeretek révén a tűzoltók minimalizálhatják a backdraft veszélyét. A backdraft elkerüléséhez a tűzoltóknak magas szintű szakértelemre és körütekintő taktikai megközelítésre van szükségük. A tűz viselkedésének alapos megértése, a megfelelő szellőztetési technikák alkalmazása, a megfelelő védőfelszerelés használata és a folyamatos kommunikáció mind kulcsfontosságúak a biztonságos beavatkozás érdekében.

7. Összegzés

Összességében elmondható tehát, hogy a hirtelen tűzterjedésekkel (RFP – Rapid Fire Progress) szemben a túlélési esélyeket elsősorban a veszélyes szituációkra utaló jelek korai felismerésével lehet növelni. A megfelelően használt egyéni védőeszközök és beavatkozásra előkészített sugarak a fent bemutatott eljárásokkal együtt alkalmazva jelentősen növelhetik a beavatkozási biztonságot. A tűzoltók felkészítése a flashover jelenségekre elengedhetetlen a tűzoltói munka hatékonyságának és a tűzoltók biztonságának növelésében. A flashover egy olyan kritikus állapot, amely során a tűz

hirtelen és drámai módon terjed el, amikor a környező anyagok hőmérséklete eléri azt a pontot, ahol azok gyulladásra képesek. Ez az esemény rendkívül veszélyes lehet, mivel szinte azonnali életveszélyt jelent mindazokra nézve, akik tűz esetén nem értesülnek időben arról, hogy az épületet el kell hagyni [11], vagy más okból, például életmentés céljából az égő épületben tartózkodnak. A flashover jelenség megértése és az arra való felkészülés nem csupán a tűzoltók szakmai kompetenciáját növeli, hanem alapvetően hozzájárulhat az életmentési műveletek sikerességéhez is. A megfelelő képzés révén a tűzoltók képesek lesznek felismerni a flashover előjeleit és alkalmazni azokat az eljárásokat, amelyekkel minimalizálhatják ennek kockázatát. Az ilyen jellegű felkészítés nemcsak technikai tudást igényel, hanem pszichológiai felkészültséget is, hiszen egy váratlan helyzetben szükség van gyors döntéshozatalra és hatékony cselekvésre. Ezen okok miatt fontos részletesen megvizsgálni a flashover jelenséget és annak hatását a tűzoltói felkészülésre, hogy biztosíthassuk a beavatkozó állomány biztonságát és a beavatkozás hatékonyságát.

8. Hivatkozások

- [1] International Fire Service Training Association (IFSTA). Online: <https://www.ifsta.org/>
- [2] National Fire Academy FESHE Model Curriculum Bachelor's (Non-Core) 2019. Online: https://www.usfa.fema.gov/downloads/pdf/nfa/higher_ed/bachelor_curriculum_noncore.pdf
- [3] Leitner M. – Elek B. – Daruka N. (2024): Consideration of technological operating conditions in explosion risk assessment. In: Rajnai, Zoltán (szerk.) Mérnöki Szimpózium a Bánkin Előadásai: Proceedings of the Engineering Symposium at Bánki (ESB 2023) Budapest, Magyarország: Óbudai Egyetem (2024) 367 p. pp. 308–313.
- [4] Fire Engineering website: <https://www.fireengineering.com/firefighter-training/training-bulletin-flashover/>
- [5] Fire House website: <https://www.firehouse.com/operations-training/hoselines-water-appliances/article/20994029/understanding-gas-cooling-matthias-van-de-veire>
- [6] International Exchange: Understanding Gas Cooling. Online: <https://www.firehouse.com/operations-training/hoselines-water-appliances/article/20994029/understanding-gas-cooling-matthias-van-de-veire>
- [7] Fire House website: Van de veire, M. “Studies on the importance of firefighters’ gas cooling (report 5515).” 2016. Lund University: Department of Fire Safety Engineering. Online: <https://www.firehouse.com/operations-training/hoselines-water-appliances/article/20994029/understanding-gas-cooling-matthias-van-de-veire>
- [8] Draeger Inc. USA – The Flashover Phenomenon: <https://www.draeger.com/Content/Documents/Content/fire-flashover-wp-9108654-us-1912-1.pdf>
- [9] FireRescue1 - Signs of backdraft and how firefighters can identify them (2017), website: <https://www.firerescue1.com/firefighter-safety/articles/signs-of-backdraft-and-how-firefighters-can-identify-them-OsPN3QF9mh7Gw2Lj/>
- [10] William Michael Kramer (2009): Disaster Planning and Control. Fire Engineering Books, 2009. ISBN 9781593701895; p. 462.
- [11] Mohai Á. Zs. – Beda L. (2016): Gondolatok a tűzjelző berendezések hatékonyságáról, Védelem Tudomány I. évf., 4. szám, 2016. December, pp. 1–12.