

A homlokzati tűzterjedési gát jelentősége térben és időben

The significance of the facade fire barrier in space and time

OLÁH Krisztián doktorandusz

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Építészmérnöki Kar

Épületszerkezet-tani Tanszék

Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

1111 Budapest, Műegyetem rkp. 3. telefon: +36 1 463-1111, Központi e-mail cím: info@bme.hu

Abstract

By the second half of the 20th century, the protection of building facades against fire spread became a considerable challenge in fire safety engineering. Since the 1950s, a lot of theoretical and experimental research has been carried out to determine the risks and requirements more precisely, but until today, an international consensus has not been arrived at and no fully satisfying solution has been found. This paper briefly summarises the relevant conclusions of the research to date, explains the protection objectives behind the existing regulations and clarifies their performance in practice, and outlines the opportunities ahead.

Keywords: facade, fire propagation, overview, resistance, test method

Kivonat

A XX. század második felére az épülethomlokzatok tűzterjedés elleni védelme a tűzvédelmi tervezés egyik igen jelentős kihívása lett. Az 1950-es évektől fogva számos elméleti és kísérleti jellegű kutatás folyik, hogy a kockázatok és a követelmények egyre pontosabban kerüljenek meghatározásra, azonban nemzetközi konszenzus és teljesértékű megoldás a mai napig nem született. A tanulmány röviden összefoglalja az eddigi kutatások releváns tapasztalatait, kifejti az érvényben lévő szabályok mögötti védelmi célt, tisztázza azok gyakorlati teljesítményét és felvázolja az előttünk álló lehetőségeket.

Kulcsszavak: homlokzat, tűzterjedés, áttekintés, homlokzati tűzterjedési határérték, vizsgálati módszer

1. BEVEZETŐ

A XX. század elején a homlokzati tűzterjedés új kihívásként jelent meg az épületek tűzvédelmében. A modern építészeti formák, az egyre több szintes épületek, a csökkenő szintmagasságok és a nagy felületen üvegezett homlokzatok elterjedése miatt a korábban tapasztalati úton meghatározott védőtávolságokat egyre nehezebb vagy lehetetlen lett betartani.

Az 1950-es években több párhuzamos elméleti és kísérleti jellegű kutatás is indult, hogy a kockázatok és a követelmény szintek vizsgálatokra alapozva kerüljenek meghatározásra. Annak ellenére, hogy már az első jelentős kutatások a jelenség számos részletét felfejtették, a mai napig, csak néhány egyszerű, viszonylag kevés gyakorlati helyzetet lefedő geometriai előírás szabályozza a kérdést. A folyamat összetettsége miatt, felmerül a kérdés, hogy pontosan milyen fizikai paraméterekkel írhatjuk le a tűzterjedés bekövetkeztét és annak tükrében mi jelenti a megfelelő biztonság.

2. A HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉS PROBLÉMÁJÁNAK MEGJELENÉSE A XX. SZÁZADBAN

Az ablakon kilépő láng és az azáltal okozott tűzterjedés már a XX. század elején megjelenő első tűzbiztonsági szabályozásokban is definiált jelenség volt. Kezdetben az egyre sűrűsödő városi telepítés miatt, a szomszédos épületek közötti tűzterjedés kapcsán foglalkoztak a kérdéssel – ahol a tűztávolság nem volt

elegendő, ott korlátozták a homlokzati nyílások felületét. A század elején a több szintes épületekben alkalmazott leggyakoribb födém típusok gyakran fából készültek, illetve jellemzően 15 perc, de legfeljebb 60 perc tűzállósági határértékkel rendelkeztek. Ekkor még az épületen belüli szintek közötti tűzterjedés hamarabb lezajlott, mint ahogy az a homlokzaton megtörténhetett volna, így az azonos, nyílásos homlokzaton történő, szintek közötti tűzterjedés jelensége vagy ki sem alakult vagy nem igazán volt azonosítható. A korabeli tüzesetekről készült felvételeken jól látható, hogy az épület szintjei, az emeletközi födémelek eltűnnek a sokkal magasabb tűzállósági határértékkel rendelkező falazott homlokzatok mögül. A vasbeton szerkezetek elterjedésével a födémelek tűzzel szembeni ellenállóképessége számottevően javult, ezáltal jobban megfigyelhetővé vált, hogy a térben immár minden irányból korlátozott tűz, a helyiség ablakán kilép, majd visszatapad a homlokzat síkjára. A század eleje azonban nem csak az építéstechnológia tekintetében hozott újításokat. A modern építészet radikálisan új irányt hozott a homlokzatok tekintetében is. A lukarchitektúra feloldásával, a korábbi nagyvonalú épületarányok és szintmagasságok racionalizálásával, az addig evidens – és homlokzati tűzterjedés szempontjából kedvezőbb - védőtávolságok lecsökkentek vagy akár teljesen el is tűntek. Vélhetően ezen szemmel láthatóan kockázatos irányzatokra reagálva a NFPA már 1928 óta megköveteli, hogy legalább 3 láb (~91 cm) távolságot kell tartani az egymás felett elhelyezkedő homlokzati nyílások szemöldöke és párkánya között. Ezen szellemiség Európán belüli elterjedését szemlélteti, hogy a két világháború között egyre nagyobb népszerűségnek örvendő több szinten át, szintmagas üvegezéssel ellátott fém tartószerkezetű homlokzatok ugyan építészetileg már nem voltak összeférhetők a korábban evidens falazott mellvédekkel, de az egyes Nagy-Britanniában épített szerkezetek között már volt olyan, amelyet tűzgátló parapet betétek alkalmazásával alakítottak ki.[4] A II. világháború bombázásai, valamint az ahhoz köthető tüzeseti tapasztalatok alapján az 1946-ban megjelent Post War Building Studies már egyértelműen megállapította hogy „amennyiben egy épület szintjei egymástól minden ponton, a teljes tűzidőtartammal megegyező tűzállóságú szerkezetekkel vannak elválasztva, az emeletek közötti tűzterjedés akkor is megvalósulhat az ablakokon keresztül” [8].

3. A HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉSI GÁT GEOMETRIÁJÁNAK EREDETE

Az 1950-es évekre egyre szélesebb körben ismertté vált a homlokzati nyílásokon keresztül az egymás feletti szintek között terjedő tűz problémája, amelyre reagálva a tűzvédelmi szabályozásokon megjelentek az első – ekkor még tapasztalatokra alapozott – előírások. Ezzel párhuzamosan a korabeli építészeti trendeket és az új szerkezetek térnyerését már ekkor oly mértékben korlátozták az új szabályok, hogy azok szinte azonnali felülvizsgálatát követelte a szakma. Az 50-es évek végére világszerte több helyen tűzvizsgálatok sorozatát hajtották végre annak érdekében, hogy tudományos eredményekre alapozva állapítsák meg a tűzállósági határértékkel rendelkező mellvédek, védőtávolságok szükséges méretét, tűzállósági követelményeit, illetve az azok által eredményezett biztonságot. Fontos megemlíteni, hogy a függőleges védőtávolság alternatívájaként már ekkor foglalkoztak a nyílások között elhelyezett vízszintes terelő lemezek, konzolok hatásával is. Ahhoz, hogy megértsük a témában mai napig uralkodó nézeteket, érdemes néhány úttörő kutatást áttekintenünk.

Az első az A. Ashton és Malhotra H. nevéhez köthető tizenegy valós léptékű tűztesztből álló vizsgálat sorozat, melynek célja kifejezetten egy olyan biztonsági előírás meghatározása volt, amely az akkori építési szokásokkal legalább összeegyeztethető, de jobb esetben némi lazítást is jelenthet az NFPA-ból átvett „szigorú” szabályokhoz képest. Az előszó azt a benyomást kelti, hogy a következtetést már a vizsgálatok előtt levonták. A vizsgálatokat egy négy szintes vizsgálat épületen végezték, amelynek földszintjén egy 2,5-3,0 MW összteljesítményű fa máglyát gyújtottak meg, annak első emeleti helyiségében pedig a korszakra jellemző bútordarabok, függöny, illetve egyes esetekben fal és mennyezet burkolat került elhelyezésre. A teszt sorozatban hét épületmodell az előírásoknak megfelelő sík homlokzattal és három láb magas tűzgátló parapettel, négy pedig szintmagasan üvegezett kialakítással (köztük födémvastagságnyi, 30 centiméteres távolsággal) készült. Ezek közül egy-egy modellre két láb (~60 cm) kinyúlású konzol is került a nyílások közé annak hatását is vizsgálandó. Hőmérséklet adatokat a tűztérben, valamint jellemzően az első emeleti ablak mögött 80 centiméterre elhelyezett bútorzat oldalán regisztráltak. A vizsgálatok teljes időtartama (50 perc) alatt az imént említett bútorzat egyszer sem gyulladt meg, azonban az első emelet ablak minden alkalommal betört és a függöny, illetve amennyiben volt éghető mennyezet burkolat, az lángra kapott. A tapasztalatok alapján azt a következtetést vonták le, hogy az érvényben lévő három láb (~91 cm) függőleges védőtávolság vagy egy két láb szélességű konzol egyike sem képes meggátolni hogy tűz a homlokzatra kilépve a felette lévő szintre áttérjedjen, illetve az ennek elkerüléséhez szükséges távolságokat még nem

határozták meg [1]. Ezen megállapítás a brit jogalkotókat arra ösztönözte, hogy egy ennyire kevésbé effektív előírás megtartásának nincs jelentősége így legkésőbb a 90-es évekre még a helyi építési szabályokból is kikerült a kötelező védőtávolság. A fenti konklúzió ha nem is közvetlen eredményezte más országokban a védőtávolság elhagyását, jól példázza azon országok szemléletét ahol erre vonatkozó követelmény egyáltalán nincs is.

Egy szintén 1960-ban publikált tanulmány Sizuo Yokoi tollából ettől sokkal árnyaltabban kezelte ugyanezen kérdést. Yokoi négy valós léptékű tűzvizsgálatra, számos kis léptékű tűztesztre, valamint a korszak jelentős áramlástanai modelljeire alapozva készített számítási módszert a függőleges védőtávolságok megállapításához. Kis léptékű tűztesztekkel megállapította a különböző formátumú nyílásokon kilépő csóva alakját, illetve az azon belül jellemző hőmérséklet eloszlást. A kapott eredményeket dimenziótlanította majd a valós léptékre átszámolt eredményeket valós léptékű vizsgálatokkal igazolta. Ezen módszerrel minta számítást végzett, hogy egy rögzített méretű helyiséget feltételezve mekkora szükséges védőtávolságot szükséges tartani a homlokzati nyílás vízszintes és függőleges méretének, valamint a helyiség alapterületére vetített éghető anyag mennyiségnek függvényében. A tűztér feletti helyiségbe történő tűzátterjedés kritériumfeltételének az emeleti ablak üvegezésének integritásvesztését tekintette. Mivel számítási eredményeit hőmérsékleti adatok formájában tudta leképezni, az üvegtörés jelenségét is kritikus hőmérséklettel kellett leírnia. A saját vizsgálati eredményei alapján és összehangban más korabeli teszteredményekkel a 3 mm-es síküvegezés tönkremenetelét, külső tűzhatás esetén, 500 °C-ban határozta meg. Elsőnek megállapította a tehát azt a függőleges távolságot, ahol a csóván belül már legfeljebb 500 °C van, majd ezt állapította meg a két nyílás közötti szükséges védőtávolságnak. Ezzel a biztonság javára tett egy jelentős egyszerűsítést, mivel a nyíláson kilépő láng kiinduló pontjának a természetes zóna elméleti magasságát kell tekinteni, amely bőven a tűztéri ablak szemöldöke alatt helyezkedik el. A több lépcsős számítási folyamat kapcsán megállapítja, hogy a vizsgált tűzterjedési jelenség olyan sok tényezőtől függ, hogy azt egyszerűen alkalmazható szabályokkal nem lehet pontosan leírni és a szükséges függőleges távolság méretét csak laboratóriumi számításokkal, az összes eseti jellegű feltétel figyelembevételével lehet meghatározni. Számítási példájának konklúziójaként megállapítja, hogy amennyiben az esztétikai igény nagy kiterjedésű (2 x 2 m felett) ablakokat követel meg, a szükséges védőtávolság akár teljes szintet is meghaladó mérete, nem lehet elfogadható megoldás a tűzterjedés megakadályozására. Az előbbi kutatást a homlokzat síkjára merőleges konzolok hatásvizsgálatával folytatta. Kisléptékű teszt sorozattal vizsgálta, hogy a nyíláson kilépő csóva alakját hogyan befolyásolják az eltérő kiállású konzolok, eltérő nyílásformátumok és tűzteljesítmények esetén – valamint a konzolok „szintenkénti” ismétlődésének a hatását is – hiszen például az erkélylemezeken igen gyakran ismétlődnek az egymás feletti szinteken. Az eredményeket a sík homlokzatos vizsgálatokkal megegyező, módszerrel és részletezettséggel vezetett le majd valós léptékű teszteredményekkel igazolta is azokat. A tesztek eredménye megmutatta, hogy a hőmérséklet függőleges eloszlására (csóva alakja) nem igazán van hatással konzol jelenléte, ellenben az azon belüli hőmérsékletek a konzol kinyúlásával arányosan csökkennek. A sík homlokzatokhoz készített számítási mátrixot egy 50 cm kinyúlású konzol figyelembevételével újraszámolta az eltérések feltüntetésével. Táblázata szerint 200 x 200 cm nyílásméret alatt a konzol önmagában elegendő lehet ahhoz, hogy a tűztér feletti szinten az üvegezést érő hőmérsékletek 500 °C alatt maradjanak [9]. A Yokoi táblázataiban szereplő védőtávolságok nagy mértékben harmonizálnak azon védőtávolságokkal, amelyek a 60-as 70-es években Európa számos országában megjelentek és a mai napig is érvényben vannak.

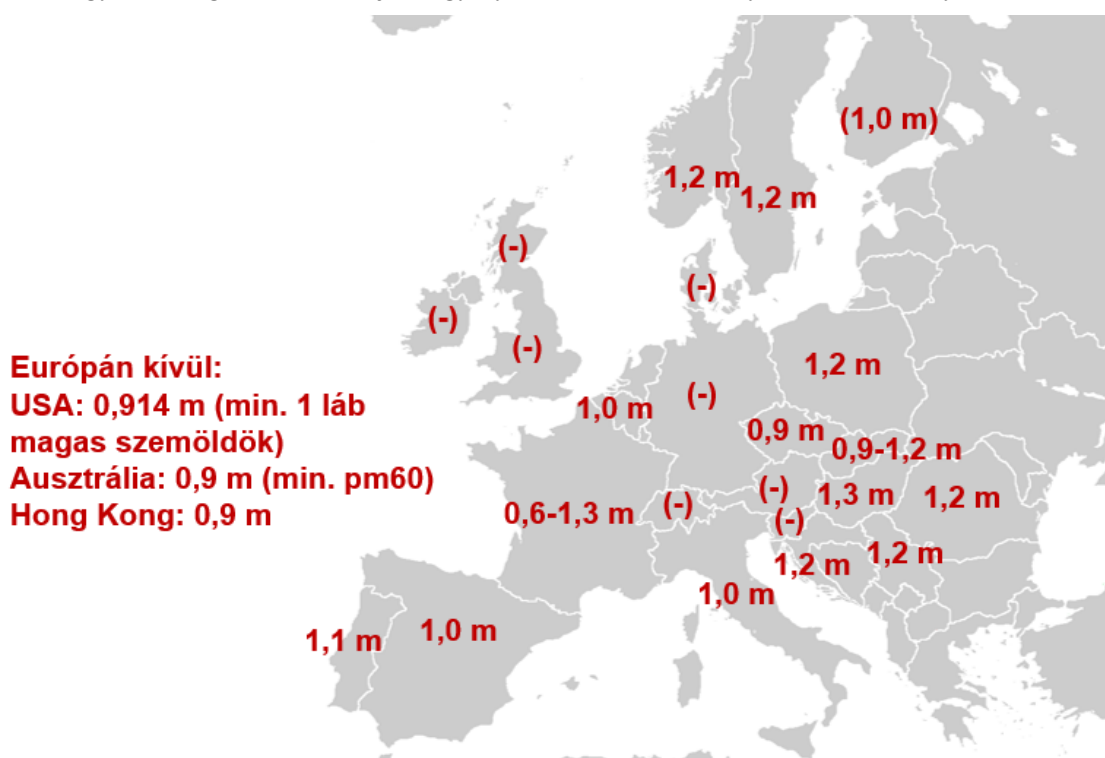
A szükséges tűzgátló mellvéd méretei az alapterületre vetített éghető anyag mennyiség és a nyílás méretének függvényében, Yokoi számításai szerint [9] 1. táblázat

Nyílás méretei (m)		A mellvédfal szükséges magassága (cm)					
Vízszintes	Függőleges	Éghető anyagok mennyisége a helyiségben (kg/m ²)					
		25	50	75	100	150	200
1	1	4	4	4	4	4	4
2	1	31	35	35	35	35	35
3	1	41	57	57	57	57	57
4	1	49	70	76	76	76	76
1	2	42	53	53	53	53	53
2	2	73	111	122	125	125	125
3	2	95	135	161	170	176	176
4	2	95	140	173	191	211	223

1	3	102	121	129	129	129	129
2	3	138	184	202	214	225	225
3	3	120	215	242	261	280	292
4	3	74	226	269	291	322	334
1	4	128	164	183	195	201	201
2	4	154	231	256	286	303	320
3	4	83	264	301	318	362	375
4	4	7	243	335	363	386	415

4. AZ ÉRVÉNYBEN LÉVŐ SZABÁLYOK JELENTŐSÉGE

Az előző fejezetben ismertetett források, kutatások közvetlen kapcsolatát az érvényben lévő előírásokkal mára igen nehéz lenne bizonyítani, hiszen szabályalkotás közel hatvan éve történt, ezzel szemben a szemlélet és a védőtávolságok közelítő mérete között tagadhatatlan összefüggés fedezhető fel, ha áttekintjük az egyes országokban, földrajzi vagy nyeli területeken érvényben lévő szabályokat.



1. ábra. A homlokzati nyílások között előírt függőleges biztonsági távolság

A bemutatott kutatásokkal felvázolt és jelenlegi is érvényben lévő, olykor sarkalatosan eltérő nézetek felvetik annak a kérdését, hogy a gyakorlatban mekkora kockázatot is jelent a védőtávolság elengedése és mennyire tud effektív lenni a gyakorlatban egy 90 vagy 130 cm nagyságú tűzterjedési gát. Az talán egyetlen kutatás sem tagadja, hogy a tűztér nyílása feletti 100-150 centiméterben olyan intenzív a hősugárzás (amely nagyságrendileg független a tűztér feletti üvegszerkezetek integritásától is), hogy az nagyon rövid időn belül az emeleti nyílás közelében elhelyezett éghető anyagok meggyulladásához vezet, ezzel léptékében rövidítve a tűzterjedés folyamatát [7]. Ellenben a tűzesetek tapasztalata alapján láthatjuk azt is, hogy a tűz építményszintek közötti áttérjedése még az előírásoknak megfelelő védőtávolságok és nem éghető burkolatok ellenére is be szokott következni amennyiben nem tud elég hatékony lenni a tűzoltói beavatkozás. A tűz áttérjedésének sebessége a korábban már ismertetett, helyiség méret, tűzterhelés, nyílás méret és egyéb úton biztosított szellőzés mellett nagy mértékben függ a homlokzat esetlegesen összetettebb geometriájától, a tűzállósággal nem rendelkező, de korszerű üvegezésű nyílászáró szerkezetektől is, nem is beszélve a beépített oltóberendezésekről, vagy témában jelenleg központi szerepben álló éghető és/vagy légréses burkolatok drasztikus hatásairól. Ezen összetettség ráerősít arra a korábbi álláspontra miszerint minden eset nagyon eltérően viselkedhet, amely a várható pontos folyamatot és az az elleni szükséges, de mértéktartó

védekezést nagyon nehezen tervezhetővé vagy bizonyos esetekben kiszámíthatatlanná teszi még a legkorszerűbb eszközök alkalmazása mellett is. Valós léptékű vizsgálati tapasztalataink zöme, jellemzően csak arra vonatkozó tud adatokat szolgáltatni hogy a szabványosított vizsgálat kötött paraméterei mellett az arra felépített burkolat hogyan befolyásolja a már ismert folyamatot, ellenben tekintettel arra hogy a vizsgáló berendezés a tűzterjedési gát geometriai követelményeinek megfelelő, a jelenleg érvényben lévő talán legszigorúbb követelményeknek megfelelő homlokzatokon ismert a tűzterjedés sebessége, amely segíthet kontextusba helyezni az ettől eltérő homlokzatok várható viselkedését is.

Egy az MSZ14800-6:1980-as szabvány szerint 2004-ben elvégzett vizsgálatssorozat jó támpontot ad arra vonatkozóan, hogy időben „pontosan” hogyan zajlik a tűz áttérjedésének folyamata az egyik szintről a másikra, úgy, hogy azt burkolati rendszer nem gyorsítja és mindkét szinten az ablakok zárt állapotát feltételezzük. A szabványnak megfelelően tüztér ablakának a zárttéri tüzzel szembeni ellenállását 5 percen maximalizálják (ablak nyitása) – amely korábbi kutatások és tapasztalatok alapján meghatározott, a szerkezettől reálisan, de inkább a biztonság javára tévedve elvárható tűzállósági határérték. A vizsgálószinti (tűz keletkezés szintje feletti) fa tokszerkezetű két rétegű üvegezéssel ellátott ablak beavatkozás nélkül, a kilépő csóva okozta terhelésének köszönhetően megy tönkre. Az alábbi peremfeltételek mellett a vizsgálati tapasztalatok azt mutatták, hogy a máglya meggyújtásától számított 20. perc körül a vizsgálószinti nyílászáró is elveszti integritását majd jellemzően egy újabb 5 perc elteltével az ablak mögött elhelyezett függöny lángra kap [3]. Meg kell jegyeznünk, hogy a tűz felfutása az ISO 834-es zárttéri tűzgörbének megfelelően szabályozott, így az események egy valós esethez képest kb. további 3-4 perccel később következnek be amennyiben a tűz felfutásának lappangó szakaszát is figyelembe vesszük. A mai tűzterjedési határérték kategóriákat figyelembe véve meglehetősen lehet az eredmény, hiszen közel sem 45 perc. Az eltérés vélhetően, többek között annak köszönhető, hogy egy átlagos lakószoba teljes lángba borulásához szükséges időtartam jóval hosszabb volt amikor a berendezési tárgyak még valódi faanyagokból készültek és a berendezési tárgyak sokkal kevesebb polimert tartalmaztak.

5. KÖVETKEZTETÉSEK – LEHETŐSÉGEK

Megállapíthatjuk, hogy az eltelt immár közel hat évtized alatt elhomályosodott, hogy mi alapján tekintjük az érvényben lévő szabályokat biztonságosnak, mi volt azok jelentősége a megalkotás idején és mit jelentenek napjainkban a megváltozott használati szokások és a hőtechnikai paraméterekre kihegyezett épületszerkezetek alkalmazása mellett. Az előző fejezetben leírtak alapján azt mondhatjuk, hogy Magyarországon érvényben lévő szabályok a biztonság javára történő elhanyagolások mellett a kiürítés időtartamának biztosítására elegendők, ugyanakkor a fődémszerkezetekre és tűzgátló falszerkezetekre előírt tűzállósági határértékektől nagyságrendileg elmaradnak. Ezen megállapítás alapján talán bizonyos koncepcionális tűzvédelmi megfontolásokat (pl.: tartózkodási hely védelme, lépcsőházak, kiürítési útvonalak homlokzati tűzterjedés elleni védelme) talán érdemes lenne felülvizsgálunk.

A Magyarországon érvényben lévő előírás talán Európa szinten a legszigorúbb, így az iménti eredményekből logikusan az következik, hogy ahol nincs vagy ettől kisebb az előírt védőtávolság ott ettől is rövidebb idő alatt következik be a nyílásos homlokzatokon történő tűzterjedés. A jellemzően országonként, vagy legfeljebb nyelvi területenként eltérő vizsgálati módszerek, szabványok mellett, illetve a valós léptékű tüzteszttel végzett tudományos kutatások viszonylag kis száma miatt, jelenleg nem megállapítható, hogy pontosan mennyit rövidít a folyamaton, ha 130 cm helyett más európai országok gyakorlata szerint 110, 90 vagy legkevesebb 60 centiméteres védőtávolságot alkalmazunk. Az összehasonlíthatóság gondolatát felveti ugyan az egységes európai szabvány bevezetése, ellenben annak mostanra körvonalazódó formátuma nem alkalmas a tüztérből kilépő csóva emeleti nyílásba történő visszatérésének áramlástan vizsgálatára. Egy erre alkalmas vizsgálati módszer hiányát tovább fokozza, hogy a jelen tanulmányban tárgyalt kérdés csak egyike a homlokzat geometriájával összefüggő bizonytalanságoknak, melyek többségével kapcsolatban még ehhez hasonló szintű ismereteink sincsenek (lásd síktól eltérő homlokzatok viselkedése [6]).

Az esetspecifikus számítógépes szimulációk térnyerése napjainkra a mérnöki tudományok minden területén az optimalizált megoldások alapját képezik. A tűz által vezérelt áramlások modellezéséhez készített FDS (Fire Dynamics Simulator) programkód 2000 óta biztosít új platformot a tűz és füstterjedéssel foglalkozó kutatásoknak. A tűzszimulációknak számos alkalmazási korlátja van amelyet minden kutatás során szem előtt kell tartanunk, azonban 2010 óta több olyan kutatás is készült amely egy-egy adott ország szabványosított vizsgálatát, jellemzően a regisztrált hőmérsékleti adatok tekintetében közel 90 %-os pontossággal képes volt reprodukálni [5]. A szabványosított vizsgálatok alapján kalibrált modellek további beválasztás után akár alkalmasak lehetnének az itt felvázolt kérdések megválaszolására és arra is hogy

az eddig nem vizsgált térbeli helyzetek viselkedését megállapítsuk, ezzel megteremtve lehetőségét további biztonságos és optimális megoldások kidolgozásának.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Ashton, L. A.; Malhotra, H. L.: *The Protection of Openings against Spread of Fire from Storey to Storey*. Fire Safety Science, 1960.
- [2] Dréan, V.; Schillinger, R.; Auguin, G.: *Fire exposed facades: Numerical modelling of the LEPiR2 testing facility*. In: MATEC Web of Conferences. EDP Sciences, 2016. p. 03001.
- [3] Építésügyi Minőségellenőrző Innovációs KHT. (ÉMI) (2004): *Vizsgálati jegyzőkönyv – a függőleges homlokzati tűzterjedési gát méretének meghatározásához lefolytatott vizsgálatokról*. Budapest
- [4] Law, A.; Kanellopoulos, G.: *The rise and fall of the UK's spandrel panel*. Fire safety journal, 2020.
- [5] Nilsson, M.: *The impact of horizontal projections on external fire spread – a numerical comparative study*. LUTVDG/TVBB, 2016.
- [6] Oláh, K.; Szikra, Cs.; Takács, L. G.: *A síkból kimozdított épülethomlokzatok tűzterjedést befolyásoló sajátosságai*. Nemzetközi Építéstudományi Konferencia–ÉPKO, 2022, 133-137.
- [7] Oleszkiewicz, I.: *Heat transfer from a window fire plume to a building façade*. National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, 1989.
- [8] Post War Building Studies. NO 20, *Fire Grading of Buildings Part 1*, 1946.
- [9] Yokoi, S.: *Study on the Prevention of Fire Spread Caused by Hot Upward Current*. Repot of BRI, 1960.