



Tóth Péter László

A HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉS VIZSGÁLATI MÓDSZERÉNEK TOVÁBBFEJLESZTÉSE

Absztrakt

A homlokzati tűzterjedés jelenségének vizsgálata a nemzetközi tűzvédelmi kutatások népszerű témája. Ezek célja főként a közelmúltban történt nagyobb homlokzati tűzeseteinek megértése, vizsgálati módszereken és szimulációkon keresztüli modellezése, valamint hasonló esetek nemzeti szabályozásokon keresztüli megakadályozása. Jelen cikk szerzője több éve a homlokzati tűzterjedés hazai módszerének továbbfejlesztési lehetőségeit kutatja. Cikkében összefoglalja a homlokzatokkal kapcsolatos hazai tűzvédelmi célkitűzéseket és azok megvalósulását, a homlokzati tűzterjedés jelenségét, a jellemző szerkezeteket. Röviden bemutatja a jelenleg alkalmazott nemzeti vizsgálati szabványt, majd azokat a lényeges szempontokat, melyek elemzésével és részletes vizsgálatával megalapozható volt annak kidolgozása.

Kulcsszavak: *homlokzati tűzterjedés, vizsgálat, homlokzati tűzterjedési határérték, tűzállóság, homlokzati tűzterjedési gát*

FINE TUNING OF THE TEST METHOD FOR FIRE PROPAGATION IN FACADES

Abstract

The study of the phenomenon of fire spread in facades is a popular topic in international fire safety research. Their main objective is to understand recent major façade fires, to model them through test methods and simulations, and to prevent similar incidents through national regulations. The author of this paper has been researching for several years the possibilities for



further development of the domestic method of facade fire spread. In his article, he summarises the domestic fire protection objectives for facades and their implementation, the phenomenon of facade fire spread, the typical structures. It briefly describes the national testing standard currently in use, and then the relevant aspects that have been analysed and examined in detail to justify its development.

Keywords: facade fire spread, test, facade fire spread limit, fire resistance, facade fire barrier

1. BEVEZETÉS

Az utóbbi 100 évben a hazai épületállomány rendkívül sokat változott. A nagyobb épületekben – többek között – felvonók, épületgépészeti- és felügyeleti rendszerek összehangolt működésével szolgálják ki a tűzbiztonsági és a létesítmény üzemeltetési igényeket, miközben új anyagok, szerkezetek és technológiák nagy választékát alkalmazzák.

Az építésügyi területen a vizsgálati módszerek, ezen belül a tűzvédelmi vizsgálati módszerek az utóbbi húsz évben nagy mértékben egységesültek az Európai Unión belül. A homlokzati készletek forgalmazása során akadályt képez, hogy jelenleg még nem létezik a homlokzati tűzterjedésre vizsgálatára vonatkozó európai szabvány¹, viszont számos tagország – köztük Magyarország – saját nemzeti vizsgálati módszert dolgozott ki és alkalmaz. Ezen módszerek rendkívül különbözőek: eltérő peremfeltételek felállítása között más-más feltételezésekből indulnak ki, eltérő paramétereket vizsgálnak és eltérő mértékű egyszerűsítéseket alkalmaznak. Az egységes európai vizsgálati módszer kidolgozása és véglegesítése jelenleg is folyamatban van. [1] [2] Tucatnyi tagország homlokzati tűzterjedési vizsgálat *nélkül* alakította ki a saját tűzvédelmi szabályozását.

Egy új vizsgálati módszer kidolgozásánál vagy egy meglévő felülvizsgálata során meg kell vizsgálni a felmerülő, sokszor ellentmondó kérdéseket a vizsgálóberendezéssel, a hőelemeléssel, a tűzhatással, a teljesítménykritériumokkal stb. kapcsolatosan. A feladat tehát a vizsgálati szempontok optimális érvényesítése a szabályozási környezet és a műszaki



adottságok figyelembevételével. Egy meglévő vizsgálati módszer módosítása során törekedni kell arra, hogy a korábbi eredmények ne vesszenek kárba, vagy legalább valamilyen együttélési időszak fenntartható legyen. Szem előtt kell tartani, hogy a vizsgálat módszer elfogadható költséggel és időtávban végrehajtható legyen. Noha a költségek és az átfutási idő csökkentése érdekében nagyon kívánatos volna egy kis- vagy közepes léptékű vizsgálati módszer, bebizonyosodott, hogy csak nagyobb vizsgáló falon lehetséges a reálhoz közel álló eredményekre számítani.

2. A HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉS JELENSÉGE, A HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉS JELLEMZŐ MECHANIZMUSAI

A homlokzati tűzterjedés jelensége kialakulhat külső hő- vagy tűzhatás, valamint belső téri égés miatt is.

A homlokzati tűzterjedés szempontjából a belső térből származó tűzhatást általánosan *erőteljesebb* hatásként kezelik. Ennek során az épület homlokzatához kapcsolódó helyiségben tűz fejlődik ki. Ha bekövetkezik a helyiség teljes lángbaborulása (flashover), a tűz nem marad a helyiség kontúrjain belül, hanem a nyílásokon kicsap a homlokzatra. Az így kialakuló lángok magassága – több tényezőtől függően – akár 2-4 m is lehet, tehát a következő szint ablakai előtt lobognak. A lángból származó hősugárzás miatt a felső szint ablakai betörhetnek, és a tűz átterjedhet a felső szint helyiségeire is. Hazai tapasztalat szerint a *tűz* átterjedése megfelelő nyílástávolságok esetén, tömör és nem éghető anyagú homlokzati anyagok alkalmazása mellett nem, vagy csak lassan történik meg. A hő- és füst beáramlása folytán a tűz feletti helyiségek hőmérsékletének erőteljes növekedése mindenképpen bekövetkezik. Nem éghető, tömör szerkezetek esetében a tűz oldalirányú és lefelé történő terjedése csak kisebb mértékben, vagy egyáltalán nem várható. Ha belső tűzterjedés nem történik (például gépészeti aknákon keresztül), akkor tűzoltói beavatkozás nélkül a tűz lassan, szintről szintre terjedhet felfelé.

A homlokzati tűzterjedés sokkal gyorsabb formái is kialakulhatnak a külső éghető hőszigetelő, illetve burkolati rendszerek, valamint az átszellőztetett, légréses homlokzatburkolati megoldások esetén. A 1. ábra „a” pontja szerinti esetben, ha a burkolaton megvalósulhat a

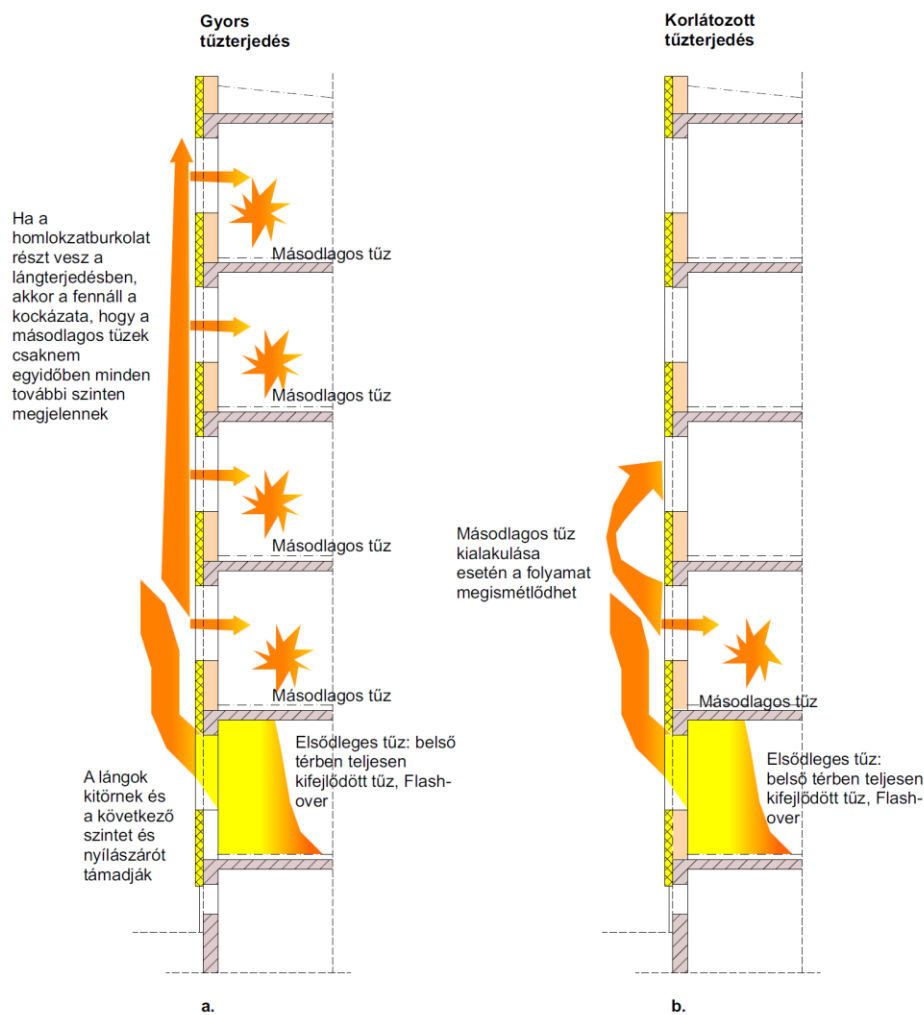


tűzterjedés, azaz a lángfront gyors haladása, akkor szinte egyszerre lép be a tűz a felső szintek nyílászáróin, nehezen kezelhető helyzetet eredményezve az oltás és a mentés szempontjából.

A gyors lángterjedést eredményező burkolatok esetében gyakran oldalirányban és lefelé is terjed a tűz. Az utóbbi évek legnagyobb homlokzati tüzeseteit az égéskésleltetés nélküli polietilén magú alumínium-kompozit lemez homlokzatburkolat okozta, melyen igen gyors, és minden irányban megfigyelhető tűzterjedés mutatkozott, égő cseppek keletkezése és füst kíséretében. Megfigyelhető és vizsgálatokkal kimutatható volt, hogy a szerkezetekben alkalmazott anyagok *bizonyos kombinációi* különösen heves égést produkálhatnak. [3, p. 118]

Az átszellőztetett légrések szintén rendkívüli módon segíthetik a tűzterjedést, hiszen a légrésebe bejutó tűz, hő a kialakuló kürtőhatás miatt több szintet is átléphet. Különösen veszélyes ez a jelenség, ha a légréseben éghető hőszigetelés vagy kasírozó anyag található.

A fenti szerkezetek készíthetők olyan módon is, hogy a tűzterjedés ellenőrzött módon történjen, azaz a 1. ábra „b” pontja szerinti mechanizmussal. Ezen rendszerek viselkedésének igazolása érdekében homlokzati tűzterjedés vizsgálat végezhető, valamely arra kidolgozott vizsgálati módszer alapján.



1. ábra: A homlokzati tűzterjedés mechanizmusai: a: gyors homlokzati tűzterjedés. b: korlátozott tűzterjedés, melynek során a belső tűz szintenként lépdel felfelé (A BR135 ábrája [4, p. 3] alapján rajzolta és szerkesztette a szerző.)

A homlokzati tűz során a homlokzat károsodott elemei különböző módon lehullhatnak. Az égő törmelék vagy égő cseppek másodlagos tüzeket okozhatnak. Egyes nem éghető komponensek (pl. alumínium) gyújtóképes olvadéka szintén veszélyt okozhat. A lehulló, nem égő, de éles, nehéz elemek is veszélyeztetik a menekülőket vagy a mentő egységek épségét. Az egymással szembenálló, közeli homlokzatok esetében a röptűz és a sugárzás szintén veszélyes lehet a másodlagos tűz kialakulása szempontjából. Gyakori az épületek melletti szeméttároló vagy jármű égése, mely szintén homlokzati tüzet okozhat.



A homlokzatok szerkezeti kialakításának változatossága miatt a tűzterjedés tényleges megvalósulásának is számos formája lehetséges. A tűz nem csak a homlokzati felületen, hanem a légrésekben, hőszigetelő (és egyéb) rétegeken keresztül, födémcsatlakozáson keresztül is áttérjedhet. A falszerkezetek átégése, átmelegedése is képezhet határállapotot. Homlokzati tűzterjedés szempontjából kedvezőtlen körülmény, hogy az utóbbi 70 év során az átlagos szintmagasságok lecsökkentek.

A homlokzati tüzesetekről reális hazai statisztikai adatok egyelőre nem állnak rendelkezésre. Ennek egyik oka, hogy a halálos áldozattal járó homlokzati tüzek száma hazánkban alacsony, másrészt, hogy az adatgyűjtés jelenlegi rendszere nem teszi lehetővé ezen adatok elkülönített megjelenítését. Külön tűzkár statisztika módszer nincs a homlokzati tűzterjedésre vonatkozóan. Némi támpontot jelenthet, hogy külföldi statiszták szerint a homlokzati tüzesetekben elhunytak száma az összes tüzesetben elhunytak számának 1-3%-át teszik ki. Európában megközelítőleg harmadára csökkent a tűzben elhunytak száma az utóbbi 40 évben. [5, p. 5] A csökkenés ellenére Magyarországon a 2010-2019-es időszakban is mintegy kétszerese a tüzesetben meghaltak aránya, mint az Egyesült Királyságban. A homlokzati tüzesetekben elhunytak száma hazánkban nem kimutatható, évente 1-4 fő közé becsülhető. A homlokzatok tűzvédelmével azért kell komolyan foglalkozni, hogy a nagyobb katasztrófák elkerülhetők legyenek.

3. VIZSGÁLATI MÓDSZEREK ÉS SZABÁLYOZOTT JELLEMZŐK EURÓPÁBAN

Az Európai Unión belül a homlokzati tűzterjedés vizsgálatának jelenleg még nincs elfogadott egységes módszere, a vonatkozó tűzvédelmi szabályzatok rendkívül eltérőek, csakúgy, mint a tagállamok által szabályozott műszaki jellemzők köre.

1. táblázat: Homlokzati tűzterjedés vizsgálatára szolgáló módszerek Európában. Saját szerkesztés [2, p. 600] alapján.



Vizsgálati módszer	alkalmazó országok	Lépték	Külső /belső tűz	Konfiguráció
PN-B-02867:2013	Lengyelország	közepes	külső	sík fal
BS 8414-1:2015 és		nagy		szárnyfalas
	Egyesült Királyság ² , Írország		belső	
BS 8414-2:2015		nagy		szárnyfalas
DIN 4102-20	Svájc, Németország	közepes	belső	szárnyfalas
ÖNORM B 3800-5	Svájc, Ausztria	közepes	belső	szárnyfalas
Prüfbestimmung für Aussenwandbekleidungssysteme	Svájc/ Liechtenstein	nagy	belső	sík fal
Technical regulation A 2.2.1.5	Németország	nagy	külső	egyenes fal
LEPIR 2	Franciaország	nagy	belső	egyenes fal
MSZ 14800-6:2009 ³ [6]	Magyarország	nagy	belső	egyenes fal
SP Fire 105	Svédország, Norvégia, Dánia	nagy	belső	egyenes fal
Engineering guidance 16 (nemhivatalos vizsgálati módszer)	Finnország	nagy	külső	egyenes fal
ISO 13785-2:2002	Szlovákia	nagy	belső	szárnyfal
ISO 13785-1:2002	Csehország	közepes	belső	kettős szárnyfal

A homlokzati vizsgálatoknál általában fa lécekből felépített máglyákat használnak, melyekben a felhasznált fa mennyisége nagyléptékű vizsgálatoknál 400 és 650 kg, közepes léptékű

² A felmérés időszakában még az EU tagjaként

³ A felmérés időszakában érvényben lévő szabványváltozat



tesztekben 20-50 kg között változik. A különböző tüzelőanyagmennyiségek mellett a máglyák fajlagos felülete és az alkalmazott fa testsűrűsége is eltérő, ami befolyásolja a hőfelszabadulás sebességét. A homlokzatot érő tűzkitét mértéke további tényezőktől is erősen függ.

A meglévő európai módszerek számos figyelemreméltó megközelítést és irányt felvetnek, azonban egyértelműen követendő példát csak részleteikben mutatnak: Ilyen volt a légrésekben történő tűzterjedésre vonatkozó követelmény és a vizsgálati módszerekben alkalmazott műszaki megoldások: a hőelemezés megoldásai, a kalibrálás igénye, a szárnyfalak alkalmazása, az égve csepegés korlátozása. Nem szabad figyelmen kívül hagyni, hogy egy-egy vizsgálati módszer önmagában nem, csak az alkalmazó ország építési gyakorlatának és szabályozásának ismeretében értelmezhető.

4. VÉDELMI CÉLOK ÉS TERVEZÉSI ALAPELVEK MAGYARORSZÁGON

A magyarországi védelmi célokat az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ) rögzíti [7]. Az OTSZ a védelmi célok között megkülönböztet életvédelmi, közösségi értékvédelmi és tulajdonosi értékvédelmi célokat. Az életvédelmi és a közösségi értékvédelmi célok prioritást élveznek a tulajdonosi értékvédelmi célokkal szemben.

Az életvédelmi célokhoz tartozik a veszélyeztetett személyek *menekülésének*, mentésének biztosítása, a *menekülés* és a mentés során az életfeltételek biztosítása, a tűzoltói beavatkozás résztvevőinek védelme és a tűzoltói beavatkozás feltételeinek biztosítása⁴. Az épületen belüli és az épület külső térelhatároló szerkezetein történő tűzterjedés jelensége, különösen így a homlokzati tűzterjedés is veszélyezteti a védelmi célok megvalósulását. Könnyen belátható, hogy a homlokzati tűzterjedés az összes életvédelmi célt veszélyeztetheti. A gyors homlokzati tűzterjedést tehát különböző eszközökkel korlátozni kell.

A tűzvédelmi tervezés kiindulási feltételei a következők:

⁴ OTSZ 5.§



- az építmény tűzvédelmi megoldásait egyidejűleg egyetlen, az építmény tetszőleges pontján keletkező tűz károsító hatásainak figyelembevételével kell tervezni és méretezni;
- az építményt a tűz keletkezésekor rendeltetésszerűen használják;
- a veszélyeztetett személyek létszáma, menekülési képessége a rendeltetésnek megfelelő;
- a tűz egyetlen, a keletkezés helyét magába foglaló tűzszakaszra terjed ki;
- a tűzzel egyidejűleg más veszélyt, kárt, a tűzvédelmi megoldások működésképtelenségét okozó esemény nem következik be⁵.
- Az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról szóló 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet szerint a homlokzati tűzterjedés elleni védelem magába foglalja
- a külső térelhatároló fal, a hőszigetelő anyag és a fal burkolati, bevonati, vakolt hőszigetelő rendszerének tűzvédelmi osztályára, valamint megszakítására előírt követelmények teljesítését;
- légréses fal kialakítása esetén a légrésen belüli tűzterjedés megakadályozását;
- a szintek között az épület külső térelhatároló falán, homlokzatán bekövetkező tűzterjedés korlátozását, az e rendelet által előírt homlokzati tűzterjedési határérték teljesítését.

A OTSZ részletesen tartalmazza a különböző adottságokkal rendelkező épületekre vonatkozó tűzvédelmi követelményeket, ezen belül a homlokzati tűzterjedésre, a felhasznált anyagok, szerkezetek tűzvédelmi osztályára és kialakítására vonatkozó követelményeket is.

Homlokzati tűzterjedési határérték-követelmény van

- a nyílásos külső térelhatároló falszerkezettel szemben,
- a B-E tűzvédelmi osztályú külső térelhatároló falszerkezettel szemben,
- a légrés nélkül rögzített, szerelt B-D tűzvédelmi osztályú burkolati-, bevonati-, vakolt hőszigetelő rendszerek, valamint a légréses A1-D tűzvédelmi osztályú burkolati-,

⁵ OTSZ 7. § (1)



bevonati-, vakolt hőszigetelő rendszerek alkalmazása esetén az érintett külső térelhatároló falszerkezettel szemben.

A külső térelhatároló falra vonatkozó homlokzati tűzterjedési határérték követelménye az épület teljes magasságában a vonatkozó műszaki követelmény szerinti vizsgálattal igazoltan

- földszint és legfeljebb 2 további építményszint esetén 15 perc;
- földszint és legalább 3, legfeljebb 4 további építményszint esetén 30 perc;
- földszint és 4-nél több további építményszint esetén 45 perc.

Egyes – jogszabály által rögzített esetekben – a homlokzati tűzterjedési határérték vizsgálattal igazolt biztosítása nem szükséges.

A homlokzati tűzterjedés elleni védelem egyrészt megoldható célszerűen kialakított, kedvező tűzvédelmi osztályú, illetve megfelelő tűzállósági teljesítményű építményszerkezetekkel, másrészt pedig az OTSZ követelményeinek megfelelő, beépített tűzterjedésgátló berendezéssel.

5. JELLEMZŐ HOMLOKZATI KIALAKÍTÁSOK

A homlokzatok nyílásos és nem nyílásos szakaszokkal rendelkeznek. A tűz tovaterjedése szempontjából mindkét változat mértékadó lehet, de szintek közötti tűz-áttérjedés szempontjából a nyílásos homlokzatok szerepe mindenképpen kiemelendő.

5.1. Homogén vagy réteges, nem éghető anyagú falszerkezetek

A magyarországi hagyományos építés szerkezetei, a tömör vagy üreges kerámiatéglából, kő, a beton, pórusbeton falazóelemekből épített falak, az öntött beton, könnyűbeton, a szálerősítésű beton falszerkezetek, sőt a vasbeton panelos falszerkezetek egy része is ebbe a kategóriába esnek. A homogén falszerkezetek különböző típusai az energetikai követelmények szigorodása miatt nagyjából már csak alap falszerkezetként alkalmazhatók. Ezen falszerkezeteknél a nyílások mérete, alakja, egymástól (és az esetenként jelen lévő beforduló falsaroktól való)



távolsága, a homlokzat dőlése vagy vízszintes irányban kimozdított kialakítása, a meteorológia viszonyok szintén befolyásolják a homlokzati tűzterjedés lehetőségét. [8]

5.2. Homlokzati hőszigetelő rendszerek nem éghető falszerkezeten

Meglévő és új épületeink intenzív hőszigetelésére a legegyszerűbb és általában legolcsóbb megoldás egy homlokzati hőszigetelő rendszer alkalmazása. A hőszigetelő rendszerekben a hőszigetelő réteg legtöbbször műanyaghab vagy kőzetgyapot lemez. A többi komponens ezek rögzítését és védelmét, valamint az esztétikus felületképzést szolgálja.

A hőszigetelő rendszerekben a hőszigetelő réteget ragasztással vagy ragasztással és (különböző anyagú és kialakítású) dübelezéssel rögzítik. A műanyaghab hőszigetelő anyagok jellemzően *égéskésleltető* adalékolással készülnek, ezzel érhetik el az MSZ EN 13501-1 szerinti E tűzzel szembeni viselkedési osztályt. A tűzterjedésgátlásban fontos részeken az éghető hőszigetelés helyett nem éghető hőszigetelő anyagot alkalmaznak. Az utóbbi években gyakran alkalmazott megoldás, amikor a hőszigetelő rendszer legkülső rétegét nem hálórősítésű tapaszolás és színvakolat alkotja, hanem a tapaszolásra felragasztott vékony kőlap vagy klinkertégla burkolat. Jelentős igény mutatkozik a közelmúltban hőszigetelt épületek *további* hőszigetelésére is. Az erre a célra kifejlesztett úgynevezett ráhőszigetelő rendszerek – az alapfelületre vonatkozó számos feltétel egyidejű teljesítése esetén – alkalmasak ezen feladat ellátására.

Az éghető hőszigetelő rendszerek tűzeseti viselkedése a geometriai adottságok mellett nagyban függ a részletek kidolgozásától, a hálózézetés, rögzítés kialakításától, a vakolatvastagságtól, így joggal kijelenthető, hogy érzékeny a kivitelezés minőségére.

5.3. Átszellőztetett vagy légréses homlokzatburkolatok nem éghető falszerkezeten

Épületfizikai szempontból számos előnnyel rendelkeznek az árnyékolt-átszellőztetett homlokzatburkolatok. A külső réteggént alkalmazott burkolatot általában fémkonzollal gyámolított vázrendszer vagy az elemek rögzítését közvetlenül lehetővé tévő fémkonzollok



támasztják meg⁶. A külső réteg nehéz szerkezetként (pl. téglából vagy vasbetonból), vagy könnyű szerelt szerkezetként is készülhet (fa, fémlemez, HPL, üveg, *kompozit* lemez stb.). Az elemek rögzítése kötőelemekkel, beakasztással vagy ragasztással is történhet. A légrés elvárt épületfizikai működése szempontjából legalább (4)-5 cm légréteg vastagság, és meghatározott be/kiszellőző keresztmetszet szükséges. Készülnek átszellőztetés nélküli, vagy gyengén átszellőztetett homlokzatburkolatok is, de az átszellőztetés nyilvánvaló épületfizikai előnyei nélkül.

A légrésekben számos esetben figyeltek meg igen gyors tűzterjedést, melyet a jelenlévő vagy kialakuló légáramlás mellett az esetlegesen jelenlévő éghető anyagok is segíthetnek⁷. A közelmúlt számos nagyobb tüzeseténél az égéskésleltetés nélküli PE maggal készülő alumíniumkompozit burkolatok esetén tapasztaltak igen gyors felületi lángterjedést, égő olvadék és darabok lehullása mellett⁸.

Légréses homlokzatburkolat esetén a hőszigetelő réteg Magyarországon csak nem éghető anyagból készülhet, de több országban megengedett éghető hőszigetelő anyag használata is. A hőszigetelő rétegen átmenő konzolok hőhíd-hatását az alapfelület és a konzoltalp közötti műanyag hőhídmegszakító elemmel csökkentik. Ha a légrés felől nem éghető anyagú, megfelelő testsűrűségű és vastagságú közetgyapot hőszigeteléssel fedett a legfeljebb 5 mm műanyag hőhídmegszakító lemez, akkor nem befolyásolja a burkolati rendszer tűzvédelmi osztályát a vonatkozó TvMI szerint. [9, pp. 20-21]

A számos európai országban a légréses homlokzatburkolatoknál elterjedt, illetve kötelezően alkalmazandó [10] légrést lezáró, tűzterjedést gátló duzzadó csíkok homlokzati alkalmazása hazánkban nem jellemző. Amennyiben az adott szerelt légréses burkolat nem tartalmaz ilyet, a légréseken belüli tűzterjedés megakadályozására alkalmas tűzvédelmi célú sáv csak meghatározott jellemzőkkel rendelkező anyagból készülhet. [11, p. 20]

⁶ Külföldön elterjedten alkalmaznak éghető anyagú favázás rendszereket is.

⁷ A légréseben történő tűzterjedés legtisztább példája az 1991-ben Knowsley Heights 11 szintes lakóépület égése volt Liverpool közelében lévő Huyton városában.

⁸ Pl. a Grenfell Tower tüzesete során



A homlokzatburkolati elemek rögzítése a leeső darabok szempontjából nagy jelentőséggel bír: a szilárd hátszerkezethez közvetlenül rögzített acél konzolok képezik a legmegbízhatóbb kapcsolatot. A ragasztott megoldások a felragasztott burkolati elemek gyors leválását eredményezhetik. Egyes anyagok hajlamosak nagy darabokban leesni homlokzati tűz hatására, megbízható mechanikai rögzítés ellenére. [12]

5.4. Sajátos homlokzati kialakítások

Számos épület esetében az egymás feletti nyílászárók között nem áll rendelkezésre a homlokzati tűzterjedési gát geometriai méretének megfelelő távolság (1,30 m). Ezek leggyakrabban az ún. franciaerkélyes megoldások, vagy olyan – elsősorban iparosított építési móddal készült épületek nyílásos homlokzatai – ahol a nyílászárók közötti függőleges falszakasz csak ~1,20 m magasságú. Sajátos homlokzati kialakításról nem éghető anyagú alap falszerkezet esetén beszélhetünk. A sajátos homlokzati kialakításokban szereplő nyílászárók tűzgátló és nem tűzgátló kivitelben is készülhetnek.

Megjegyzés: Elterjedt és veszélyes jelenség a panelos épületek erkélyeinek vagy lodzsáinak utólagos beépítése, mely legtöbbször tervek és engedély nélkül valósul meg. A tűzterjedés szempontjából *sajátos homlokzati kialakítást* eredményező beépítés *jellemzően* tűzállósági teljesítmény nélküli műanyag nyílászáró profilok, műanyagfegyverzetű hőszigetelő panelek és hőszigetelő üvegezés felhasználásával történik meg. Az egymás feletti szabálytalan beépítések között igen gyors homlokzati tűzterjedés valósulhat meg.

5.5. Egyéb homlokzati kialakítások

Számos falszerkezet nem sorolható be a fentebb ismertetett kategóriákba. Ide tartoznak többek között:

- a vázszerkezetre rögzített panelos homlokzatok, (fémfegyverzetű szendvicspanelek, vasbeton szendvicspanelek);
- függönyfalak;
- az éghető falszerkezetek (pl. favázás falszerkezetek, fabeton falazóelemekből készült fal);



- aktív tűzvédelmi berendezéseket tartalmazó kialakítások;
- mozgatható elemeket, vagy energiatermelő berendezéseket tartalmazó kialakítások;
- növényzettel telepített homlokzatok;
- reklámponyvával borított homlokzatok.

Az egyéb homlokzati kialakítások esetén legtöbbször a fal-födém csatlakozás szerepe is lényeges.

Fentiek alapján látható, hogy egy széles körben alkalmazható vizsgálati módszernek rendkívül eltérő kialakítású homlokzati megoldásokat kell/kellene kezelnie. Jelenleg nem létezik olyan módszer, mely minden kialakítást egyértelműen lefedne.

6. A HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉS HAZAI VIZSGÁLATI MÓDSZERE.

AZ MSZ 14800-6:2020 FŐ JELLEMZŐINEK BEMUTATÁSA

2020-ban a homlokzati tűzterjedés vizsgálati módszerét tartalmazó MSZ 14800-6:2009 szabvány megváltozott. Terjedelmi okok miatt az alábbiakban már a MSZ 14800-6:2020 szabvány fő jellemzőit és adottságait a változásokra koncentrálni mutatom be.

6.1. Az MSZ 14800-6:2020 szerinti vizsgálati eljárás leírása [13]

A szabvány szerint a vizsgálat célja „*a függőleges és a vízszintes irányú tűzterjedési jellemzők (tűzterjedési határérték: T_h) meghatározása:*

-nyílásos épülethomlokzatokon létesített, légréssel szerelt és légrés nélküli bevonatokra, burkolatokra és összetett külső hőszigetelő rendszerekre (THR) vonatkozóan, továbbá

-nyílásos épülethomlokzatok esetén a tűzterjedési gátak kritériumainak nem megfelelő homlokzati megoldásokra vonatkozóan, beleértve a homlokzati falszerkezeteket is [...].



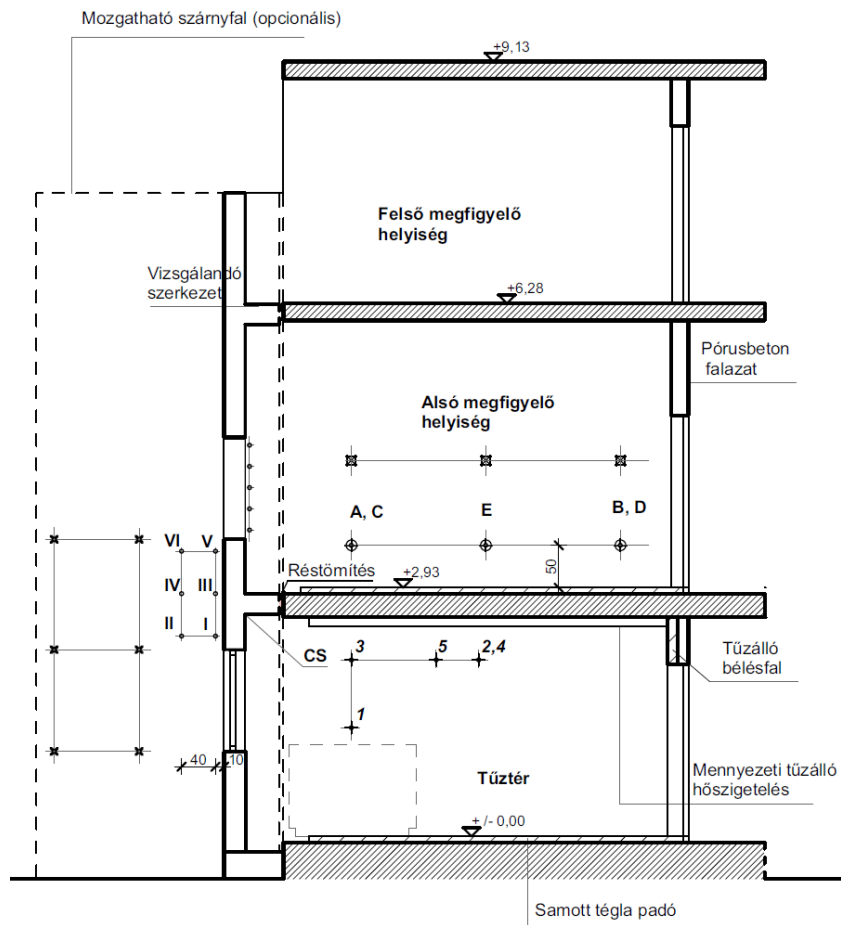
Az E és F tűzzel szembeni viselkedési osztályú vagy tűzvédelmi osztályú bevonatok, burkolatok és összetett külső hőszigetelő rendszerek (THR) vizsgálata nem képezi a szabvány tárgyát.” [14, p. 4]

A szabvány alapján vizsgálhatók a meglévő hőszigetelő rendszerekre utólagosan épített hőszigetelő rendszerek is.

A háromszintes vizsgálóépület földemei és harántfalai nem éghető anyagból, célszerűen vasbetonból készülnek. A tűztér az alsó szinten található, a második és harmadik szint megfigyelő szint. A vizsgálóépület főhomlokzatának mezői beépíthetetlenek, beépítésük módja a vizsgálati modelltől függ. A vizsgáló épületen a különféle homlokzati megoldásokat *a tényleges beépítésnek* megfelelő módon lehet vizsgálni, ügyelve a részletképzésre.

A hőszigetelő rendszereket és átszellőztetett burkolati rendszereket nem éghető, leggyakrabban szabványos nyílásokkal kialakított pórusbeton falazaton vizsgáljuk. A sajátos nyílásos homlokzati megoldásokat a kitöltő fal átalakításával lehet megvizsgálni, úgy, hogy a nyílások közötti tömör falszakasz magassága, valamint a megfigyelő helyiség nyílásába épített nyílászáró és kiegészítő szerkezetei (pl. üvegkorlát) a minősítendő műszaki megoldásnak feleljen meg.

A vizsgálóberendezés *alapkiépítését* a szabvány változása nem érintette. A korábbi szabvány a vizsgálóberendezés kialakítását csak kevésbé részletesen tartalmazta, ezért az új szabványhoz részletes rajzok készültek. A szabvány követelményeket ad a tűztérben elhelyezett mennyezeti hőszigetelés és tűzálló bélésfalak minőségére is. A szabvány használatát megkönnyíti, hogy rajzokon mutatja be az „egyéb szerkezetek” beépítését a vizsgáló berendezésbe, valamint a szükséges érzékelők, hőelemek pozícióját. Az „egyéb szerkezetek” vizsgálati modelljének kialakítása során - indokolt esetben – a tűztér mérete megnövelhető (lásd 5. ábra).



2. ábra: „Egyéb szerkezet” lehetséges vizsgálati elrendezésének vázlatja, a mozgatható szárnyfal és a műszerezés feltüntetésével. A szabvány 7. ábrája [14, p. 13] alapján szerkesztette a szerző.

A szabvány új elemeként *lehetséges* szárnyfal alkalmazása a vizsgálat során. A szárnyfal képezte sarok modellezi azt a gyakorta előforduló situációt, amikor a homlokzati nyílászáró közel esik egy falsarokhoz. Ebben az esetben a felületet érő expozíció és a láng magassága egyaránt nagyobb lehet. [15]

Az egyelőre önkéntes vizsgálati lehetőség adatok gyűjtését, majd összegzésének lehetőségét teremti meg különböző geometria (ablak-sarok távolság) és anyaghasználatú megoldások esetén. A későbbi szabályozási javaslatok ezen eredmények birtokában adhatók meg.



A kitöltő fal eltávolításával önhordó nyílásos falszerkezet (pl. szendvicspanel, favázás falszerkezet) is vizsgálható. Ebben az esetben a vizsgálati elrendezést szerint a vizsgálat megbízója és a laboratórium képviselője által egyeztetett részletes tervek alapján kell megvalósítani.

A tűztér előtti kitöltő falban 1,2×1,2 m mérettel készülő szabványos ablaknyílásba egy kifelé nyitható, 4–16–4 rétegrendű, normál üvegezéssel szerelt faablakot építenek a vizsgálatot megelőzően.

A vizsgálat – az előírt környezeti feltételek teljesülése esetén – végrehajtható belső térben, illetve szabadban is.

A vizsgálati eljárás egy kifejtett belső téri tüzet modellez, és az ebből keletkező tűzterjedést vizsgálja a felette lévő szint(ek) szempontjából. Az ISO 834-1 szerinti sztenderd tűzgörbe alkalmazása a tűztérben szilárd kiindulási pontot jelent a más vizsgálati eljárásokban alkalmazott fiktív tűzhatásokkal szemben. [15, p. 10]

A tüzelőanyag típusa, a máglya tömege (650 kg) nem változott. A tűztér geometriája, a máglya kialakítása és tömege, a tűztéri nyíláson keresztüli korlátozott oxigénhozzájutás egy rendkívül stabil és hosszantartó tűzhatást nyújt a lángzónában. A máglyát alkotó tetőlécek anyagára vonatkozóan az új szabványban a „*Picea Abies*” azaz lucfenyő megkötés szerepel.

A máglyát alkotó tetőlécek keresztmetszeti mérete a korábbi 25x50 mm *mellett* 30x50 mm is lehet. A fajlagos felület kismértékű csökkentése nem okozza tűzkitét érzékelhető változását. A máglya égése során felszabaduló ~3,25 MW energia [16, p. 2] egy gazdagon bútorozott helyiség (lakás vagy iroda) égését képviseli, és az ISO 834 szabvány szerinti „sztenderd” tűzgörbét biztosítja a vizsgálat során (a szabványos vizsgálat legfeljebb 45 percig tart).

Az égés feltételeinek megfelelő biztosítása és a különböző vizsgálatok esetén az egységes tűzkitét érdekében a tűzteret határoló faablakot a gyújtást követő 5. percben kinyitják. A tűztér légutánpótlását manuálisan mozgatható zsalukkal lehet és kell szabályozni. A szabvány megadja a tűzgörbe tőrészeit, melyet a vizsgálat során tartani kell. Az első 5 perc során nincs követelmény, míg a következő 5 percben a szabványos tűzgörbéhez képest ±15 % eltérés megengedett. A vizsgálat 10. percétől – a szabályozási periódus után – a szabványos tűzgörbéhez képest már csak ±10 % eltérés megengedett.



Hőmérsékleti adatgyűjtés az alábbi helyeken történik:

- 5 meghatározott helyen a tűztérben (T_{tt}), immár laptermométerekkel;
- a homlokzat előtt a lángzónában, a homlokzati síktól 10 és 50 cm távolságban 9 – 9 helyen (T_{lz}), hőelemekkel;
- a megfigyelőszinti helyiségben a belső falsíktól számított 5 cm távolságban $5 \times 5 = 25$ helyen (T_{any}) hőelemekkel, egy $1,20 \times 1,20$ (m) méretű mérőpanel segítségével.
- kiegészítő hőelemeket kell elhelyezni a légréses illetve éghető belső maggal készülő homlokzati megoldások esetében a vizsgálandó minta oldalsó és felső peremén, a megadott pontokban;
- kiegészítő hőelemeket kell alkalmazni a szabvány 5.2. pontja szerinti sajátos nyílásos homlokzatok esetében az alsó megfigyelő helyiség falszerkezetében elhelyezett nyílászáró belső oldalán;
- kiegészítő hőelemeket kell alkalmazni a szabvány 5.3. pontja szerinti „egyéb szerkezetek” esetében a kritikus lineáris hézagtömítések és - amennyiben készül- saját rendszerből készülő födémcsatlakozások ellenőrzéséhez, valamint az alsó megfigyelő helyiség parapetjének belső oldalán.

Általános esetben az MSZ 14800-6:2020 három fő kritérium csoportot tartalmaz:

- *A felületi, a légrésben történő, valamint az éghető belső rétegekben történő égés által okozott károsodás mértéke (a mellvédfal felső síkjáig vagy a tűztéri ablaknyílás oldalától vízszintes irányban a modell teljes magasságában bármely helyen 1,50 (1,45) m-re terjed);*
- *Hőmérsékletkülönbség. (A tűztérből kilépő lángzónában mért hőmérséklet (T_{lz}) és a megfigyelőszinti ablak mögött mért hőmérséklet (T_{any}) különbsége – 2 percnél hosszabb időtartamon keresztül – nem nagyobb 300 K –nél)*
- *Lehulló darabok (az egyes elemek tömeges és/vagy veszélyes mértékű lehullása).*



6.2. Új kritériumok

A kibővített műszerezéshez kapcsolódó új kritériumok kerültek meghatározásra a szabványban: Legfontosabb változás, hogy *a légrésben és az éghető belső magban* történő tűzterjedés korlátozása is megjelent a szabvány szövegezésében. Vizsgálattechnikai szempontból fontos pontosítás, hogy a hőmérsékletkülönbség kritériumot a vizsgálat első 5 percében nem kell figyelembe venni.

Új kritériumként rögzítésre kerültek az „egyéb szerkezetek” mellvéd szerkezetén elhelyezett, átmelegedést ellenőrző hőelemek hőmérsékleti kritériumai és a kritikus födémcsatlakozások és lineáris réstömítések határ-hőmérsékletei. A leeső darabokkal kapcsolatos kritériumokban pontosítás történt. A szabvány a leeső darabok tömegének meghatározására *tömegmérést vagy validált számítástechnikai megoldást* ír elő. Fontos elem, hogy a veszélyes mértékű jelenségek értékelése kapcsán a laboratórium elsődlegesen a saját hatáskörben, szemrevételezés alapján alakíthatja ki állásfoglalását. A vizsgálat során határállapotba került meglazult elem (mely bármely pillanatban leeshet) a leesés időpontjáig nem számít leeső darabnak.

A vizsgált homlokzati megoldásokat teljesítményük alapján a következő kategóriákba sorolhatjuk: „homlokzati tűzterjedési határértékkel nem rendelkezik”, $T_h \geq 15$ perc, $T_h \geq 30$ perc, $T_h \geq 45$ perc. A nyílásos homlokzatokkal szemben az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (további követelmények mellett) számos esetben támaszt homlokzati tűzállósági határérték követelményt, az épület szintszámának és szerkezeti kialakításának függvényében.

7. KÖZPONTI KÉRDÉSEK A HOMLOKZATI TŰZTERJEDÉS HAZAI VIZSGÁLATI MÓDSZERÉNEK TOVÁBBFEJLESZTÉSE SORÁN

7.1. Mozgatható szárnyfal integrálása

Számos vizsgálati módszer alkalmaz beforduló szárnyfalat egyenes vizsgáló fal helyett. Nathan White és Michael Delichatsios szerint a *„teljes léptékű homlokzati vizsgálat szárnyfallal a jelenleg legjobb hozzáférhető módszer egy teljes (homlokzati) összeállítás tűzvédelmi teljesítményének meghatározására, melyet olyan tényezők befolyásolhatnak, amelyeket nem*



lehet megfelelően közepes- vagy kisléptékű vizsgálatokkal meghatározni. Ezen tényezők a tűzkitét nagysága, a különböző anyagok-rétegek egymásra hatása, légrések, réslezárások, hőtágulás, rögzítések és csatlakozások.” [17, p. 97]

A megismert külföldi szabványok esetében szárnyfal alkalmazása vizsgálattechnikai szempontból történik, és nem a valós - beforduló falsarok – szituáció modellezésére. Ezek a szempontok a következők: A szárnyfal stabilizálja a tűztéri helyiségből kilépő lángot, rátapasztja azt homlokzatfelületre, így egy fiktív, de stabil és erőteljes igénybevételt hoz létre. Éghető rendszerek vizsgálata során a szárnyfalon alkalmazott burkolati vagy bevonati rendszer is erősen károsodik.

A külföldi szakirodalom szerint a láng magassága nagyobb tűz esetén erősen függ a falsarok és a nyílás távolságától. [18, p. 209]. A sarokhatás miatti nagyobb tűzkitét a magyarországi minősítő vizsgálat szempontjából is fontosnak tekinthető, hiszen a hazai gyakorlatban mindeddig (és jelenleg is) a sík vizsgáló falon meghatározott teljesítményt fogadtuk el érvényesnek a falsarok környezetében.

A szárnyfal hatásának elemzése szempontjából releváns a BRE⁹ intézet *A közepes tűzkitét tüzelőanyagának jellemzése (Characterisation of medium fire exposure fuel source, P117805-1000 Issue: 1)* című, 2021-ben készült vizsgálati jelentése, melyben szárnyfalas elrendezés nagyon részletes hőelemzés és közepes tűzkitét mellett készült vizsgálati tanulmányozhatók. [19] A francia *Efectis* intézet laboratóriumában azonos körülmények (azonos tűztér, máglya geometria és anyag, azonos fémállvány stb.) között, de alacsonyabb falon és *szárnyfal nélkül* elvégzett vizsgálatok eredményei is megismerhetők. A vizsgálati eredmények összevetése és tanulmányozása alapján igazolható, hogy a nyílás mellett alkalmazott beforduló falsarok (a vizsgálatnál szárnyfal) mértékadó tűzkitétet eredményezhet.

Meglévő épületeink beforduló falsarkai esetén - erre vonatkozó követelmény és vizsgálati tapasztalat híján – legtöbbször éghető hőszigetelő rendszert alkalmaznak. A sarok környezetében kialakuló jelenségek (az ún. sarokhatás) miatt ez *nagyobb igénybevételt és a tűzterjedés fokozott veszélyét* eredményezi a sík homlokzati elrendezéshez képest. Szárnyfal

⁹ BRE - Building Research Establishment. Korábban állami tulajdonban álló, tűzvédelmi területen vezető szerepet betöltő vizsgálati és kutató szervezet az Egyesült Királyságban.



alkalmazásával – mely jelenleg még nem kötelező – jól megragadható ezen jelenség. Javaslatom szerint a jövőbeni gyakorlati alkalmazás során a falsarok és az ahhoz legközelebb lévő nyílás távolsága nagyobb vagy egyenlő legyen, mint a minősítő iratban szereplő, vizsgálattal igazolt esetben.

A mozgatható szárnyfal vizsgálóberendezésben történő alkalmazása számos technikai nehézséggel jár. A ~ 8m magasságú szárnyfal stabilitásának és mozgathatóságának megoldása komoly műszaki előkészítést igényel. A javasolt vizsgáló berendezés kialakításáról 2017-ben publikált cikkemben - gyakorlati megoldásként egy sínen mozgó, acél rácsostartóval merevített szárnyfalat javasoltam [15, p. 7]. A mozgatható szárnyfal mind a nem éghető falszerkezeten készülő bevonati és burkolati rendszerek, mind pedig az „egyéb” szerkezetek (pl. gyári készítésű fémfegyverzetű szendvicspanel falszerkezet) fogadására is alkalmassá tehető.

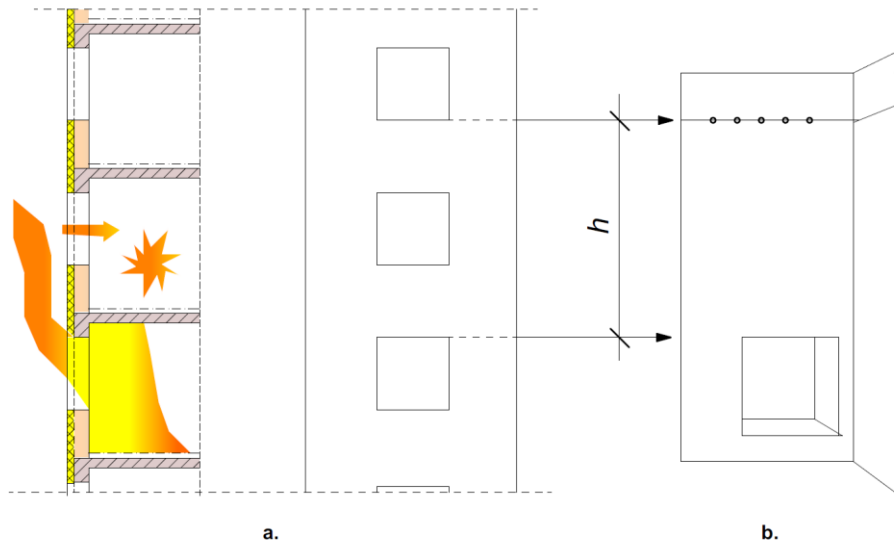
7.2. Tűzterjedés ellenőrzése a modell peremein

Az MSZ 14800-6:2009 szabvány a homlokzati bevonati és burkolati rendszerek vízszintes és függőleges irányban történő tűzterjedésének meghatározásához nem írt elő külön hőelemezést, bár nem is tiltotta meg. Az MSZ 14800-6:2009 homlokzati tűzterjedési határérték definíciója még „felületi égésről” szól, pedig a korszerű vizsgálati szemlélet és megközelítés alapján egyértelmű az a megállapítás, hogy a homlokzati tűzterjedés szempontjából a szerkezet belsejében és a légrésben történő tűzterjedés is ugyanannyira fontos. A vizuálisan nem követhető, szerkezet belsejében történő égés ellenőrzéséhez a modell peremein további hőelemek elhelyezése szükséges. Amennyiben az éghető magban vagy légrésben elhelyezett hőelem 500°C-nál magasabb hőmérsékletet jelez, az tűzterjedési határállapotot jelez. A hőelemek praktikus okokból az elméleti határvonaltól 5 cm-rel beljebb (tehát a biztonság javára történő közelítéssel) kerülnek elhelyezésre.

A 3. ábra a tervezett egységes európai módszer függőleges tűzterjedésre vonatkozó kritériuma mögötti logikát mutatja. A tűz keletkezésének szintje feletti második szint nyílását nem érheti el a homlokzat felületén vagy annak belsejében terjedő tűz. A köztes szinttel nem foglalkozik, mert annak elvesztését törvényszerűnek tartja.



A hazai átlagos szintmagasságokat esetén (a 3. ábra jelöléseit alkalmazva) $h = 4,0-4,2$ m adódik, amely alacsonyabb érték, mint az MSZ 14800-6:2020 szabványban meghatározott 5,33 m.



3. ábra: A tűzterjedés függőleges irányú korlátozásának elve külföldi példa alapján. a.: Tűzterjedés egy nyílásos homlokzatszakaszon. b.: Vizsgáló berendezés tűztéri nyílása és a függőleges irányú tűzterjedést érzékelő hőelemsor távolsága. A tervezett egységes európai vizsgálati módszernél $h=4,5$ m nagy tűzkitét esetén. [20, p. 28]

7.3. Tűzterjedés ellenőrzése a modell és a vizsgálóberendezés tűztér feletti födémének csatlakozásánál

Az MSZ 14800-6:2009 módszernek különleges jellemzője, hogy az „egyéb” szerkezetek vizsgálata során *adott* a gyakorlatban is használt födémcsatlakozás vizsgálatának lehetősége, ráadásul a tűztér teljes szélessége mentén. Ennek különös jelentősége abban áll, hogy a födémcsatlakozás a valóságban alkalmazott kialakításhoz nagyon hasonló körülmények között vizsgálható. Példaként említhető, hogy a vizsgálat szempontjából tönkremenetelt okozhat, ha egy fémfegyverzetű szendvicspanel homlokzati fal alakváltozásai megnyitják a födémcsatlakozást, vagy ha egy favázás építési készlet tűzállósági szempontból alultervezett saját födémcsatlakozása a tervezett homlokzati tűzterjedési határérték idején belül átég.

A fentieknek megfelelően a födémcsatlakozás vizsgálatának elvei, a födémcsatlakozás hőelemzése és a vizsgálati kritériumok is rögzítésre kerültek az MSZ 14800-6:2020 szabványban. [14, pp. 12-14]



7.4. Hőelemezés a megfigyelőtér nyílása mögött

A korábbi MSZ 14800-6:2009 szabvány a vizsgálóberendezés első megfigyelőszintjének nyílása mögött 10 cm-rel egy 4x4 db, hálós elrendezésű hőelem panel alkalmazását írta elő. A hőelem panel célja, hogy az 1. szinti megfigyelő tér hőmérsékletemelkedését detektálja. A szabvány által előírt hőelem-elrendezés az esetek döntő többségében érzékenyen jelezte a homlokzat viselkedésének rendellenességeit. Az éghető hőszigetelő rendszerek vastagságának növekedésével ritkán, de előfordultak olyan esetek, ahol vizuálisan látható volt a nem kívánt tűzeseti viselkedés, de az a hőelempanel számára viszont csak kevéssé volt érzékelhető.

A hasonló esetek megakadályozása érdekében az MSZ 14800-6:2020 egy megnövelt méretű hőelempanel alkalmazását írja elő 5x5=25 db érzékelővel, a hőelempanel és a homlokzati fal távolságának 10 cm-ről 5 cm-re történő *csökkentése mellett*.

7.5. A tűztéri hőmérséklet mérése

A tűztéri hőmérséklet mérése korábban a homlokzati vizsgálatok esetében normál hőelemekkel történt. A regisztrátumok a hőelemek gyors reagálásának köszönhetően – különösen a kezdeti hőmérséklet-emelkedés időszakában – nagy ingadozásokat tartalmaztak, amely megnehezítette ezen eredmények értelmezését és a tűztéri hőmérséklet vezérlésére történő alkalmazását. Ennek kiküszöbölésére az MSZ 14800-6:2020 szabvány a tűztéri hőmérséklet mérésére – a kemencés vizsgálatoknál már jól bevált – laptermométerek használatát írja elő.

7.6. A máglya anyaga, mérete, kialakítása és a tűzkitét nagysága

Az egységes európai módszer előzetes máglyavizsgálatai során jelentős tapasztalatokkal gazdagodhattunk a máglya viselkedésével kapcsolatosan. Az elvégzett nagyszámú vizsgálatok során az azonos elvek szerint szerkesztett máglyáknak vizsgálatosorozatunként csak egy-egy jellemzője került változtatásra, így azok hatása egyértelműen kimutatható volt. A közepes és a nagy tűzkitét-hez tartozó máglyák vizsgálatai során tapasztaltak a kutatási projekt előrehaladási



jelentésében jól dokumentáltak [21], és nagy mértékben alkalmazhatók az MSZ 14800-6 szerinti máglya tekintetében is.

Az MSZ 14800-6:2009 szabványban rögzített tűztér geometriája, a máglya, a tűztéri nyíláson keresztüli korlátozott oxigénhozzájutás nagysága egy rendkívül stabil és hosszantartó tűzhatást eredményez a lángzónában, ezért a tüzelőanyag típusának, a máglya tömegének és pozíciójának változtatására nem találtam indokot.

Az európai módszer kidolgozása során elvégzett előkészítő vizsgálatok a különböző fenyő fajták esetén is erősen eltérő eredményt adtak. A fafajnál a „*Picea Abies*” azaz lucfenyő került előírásra, mert ezen fafaj esetében az alacsonyabb és a nagyobb testsűrűségű változatok égése hasonló hőmérsékleti eredményt adott. A lucfenyő mellett szólt, hogy az eddigi vizsgálatok is a könnyen hozzáférhető lucfenyő tetőléc tüzelőanyaggal történtek.

A máglya léceinek *keresztmetszeti méretét* szükséges volt megváltoztatni, mert az eredeti szabványban előírt 25x50 mm keresztmetszetű léc már csak nehezen beszerezhető. A léc keresztmetszetének 30x50 mm-re történő növelése a máglya fajlagos felületének ~10% csökkenését eredményezte. Az egységes európai módszer előzetes máglyavizsgálatai során, a lécek keresztmetszeti területének 13%-os növekedése nem okozott érzékelhető változást a homlokzati felületen mért hőmérsékletekben és a tűz hőfelszabadulás sebességében, de kissé tartósabb kitétet eredményezett. Ezen mérési regisztrátumok birtokában kijelenthető, hogy az MSZ 14800-6:2009 szerinti máglyában alkalmazott lécek keresztmetszeti méretének 30x50 mm-re történő növelése nem jelentős hatású, és nem a biztonság rovására történik. A tűzkitét szempontjából kedvező körülmény, hogy az MSZ 14800-6 szerinti máglya nagy alapterületének és a befoglalt lécek hosszának köszönhetően rendkívül stabil.

7.7. Toxicitás kérdése

A tüzesetektől származó füst – összetételétől függően – kedvezőtlen hatást fejthet ki az emberekre. Az ún. tökéletlen égés során rövid idő alatt nagy mennyiségű és sűrű füst keletkezik, ezek alkotóelemei (korom, pernye, folyékony szénhidrogének, továbbá gáz halmazállapotú összetevők) erősen korlátozzák a látótávolságot. A látótávolság erős csökkenése (~10 m alatti) bizonytalanságérzetet vagy pánikot is okozhat.



Az égés során keletkező toxikus gázelegynek súlyos élettani hatása lehet, melynek három fő hatását különböztethetjük meg:

A *fojtó hatású anyagok* önmagukban nem mérgezőek, de a levegő oxigén koncentrációját csökkentik. Amikor az oxigénkoncentráció 12% alá esik, az emberi szervezetben oxigénhiány lép fel, és néhány perc alatt maradandó károsodást okoz. *Fojtó hatású anyag* például a széndioxid (CO₂).

A *toxikus* gázok a vért és az idegrendszert károsítják. A szervezetbe a légutakon és a bőrön keresztül kerülhetnek. Ilyen anyag a szén-monoxid (CO), a hidrogén-cianid (HCN), a dioxinok és furánok (PCDD, PCDF), a poliklór-bifenil (PCB), a foszgén (COCl₂), a policiklikus aromás szénhidrogének (PAK).

Az *agresszív* (maró) hatású mérgek a légutak nyálkahártyáit ingerlik és károsítják, továbbá szétroncsolják a tüdőszöveteket. A gázok belégzését követő 24-48 órában tüdőödéma alakulhat ki.

Rendkívül súlyos és összetett következményei lehetnek a különböző anyagok égéséből származó füst belégzésnek. A toxicitás nem csak az égő anyag fajtájától, hanem az adott égési fázistól is függ. Az eltérő égési fázisokban (fejlődő tűz, teljes tűz, tűzoltási szakasz, lehűtési szakasz) más és más összetételű ugyanazon anyag *égésterméke*. A *koncentrációtól* függően minden tűz füstje halálos lehet. A toxikus hatással olyan terekben is számolni kell, ahol égés nincs, de a füst beáramlása lehetséges (réseken, nyílászárókon keresztül), így ez a hatás különösen jellemző a homlokzati tüzek esetében.

A korábbi tűzterjedési vizsgálatok során az ÉMI munkatársai a hazai vizsgálóberendezés megfigyelőszintjén a légállapot egyes jellemzőit (oxigénkoncentráció, CO és CO₂ koncentráció, hőmérséklet) vizsgálták¹⁰. A különböző jellegű homlokzati megoldáson mért értékek és a közölt szakirodalmi határértékek összevetése alapján már markáns különbségek fedezhetők az egyes megoldások között. Az MSZ 14800-6:2009 szerinti vizsgálóberendezés első szintű megfigyelőterében elvégzett mérések – legalábbis az eddig vizsgált jellemzők alapján és azok tekintetében – értékes információt szolgáltatottak az adott nyílásos homlokzati megoldás általi kockázat mértékére egy homlokzati tűz esetén:

¹⁰ a padlóvonal feletti 1,50 m magasságban, a homlokzati faltól 3 m távolságban



- A megfelelő geometriával rendelkező nem éghető rendszerek jelentik a legkisebb kockázatot. A túlélés alapvető feltételei közvetlenül a tűz feletti szinten is (igaz csak rövid ideig) fennállnak;
- A megfelelően megválasztott éghető anyagokkal, gondos csomópontképzéssel kialakított hőszigetelő rendszerek a vizsgált paraméterek szempontjából még elfogadható kockázati szinten létesíthetők;
- Azon rendszerek, melyeknél az éghető hőszigetelő habok, burkolatok gyors és közvetlen égése a tűzterjedési határérték időtartamán belül bekövetkezhet, olyan mennyiségű mérgező anyagot termelnek, hogy a tűz feletti szinten lévő helyiségben a túlélés feltételei *még rövid ideig sem* állnak rendelkezésre.

A fenti következtetések alapján 2017-ben a mérések kiterjesztését javasoltam, hogy a hőmérséklet- illetve *koncentráció* profilok ismertté váljanak [22].

Az MSZ 14800-6:2020 tervezetében sikerült a megfigyelőtérben elhelyezendő műszerek helyét és funkcióját rögzíteni, de kötelezően végzendő vizsgálat – meghatározott európai vagy nemzeti követelményértékek híján – nem került előírásra. A toxikus anyagok koncentrációjának mérését egyelőre opcionális jelleggel lehet elvégezni. Az idő előrehaladásával gyűlő eredmények alapján lehet a további lépéseket megtenni: a vizsgálati elrendezés korrekcióját, a reálisan betartható követelményértékeket vagy osztályokat meghatározni. Párhuzamos laboratóriumi kutatással alátámasztva bizonyos anyagok, illetve megoldások teljes kizárása javasolható a homlokzati felhasználásból.

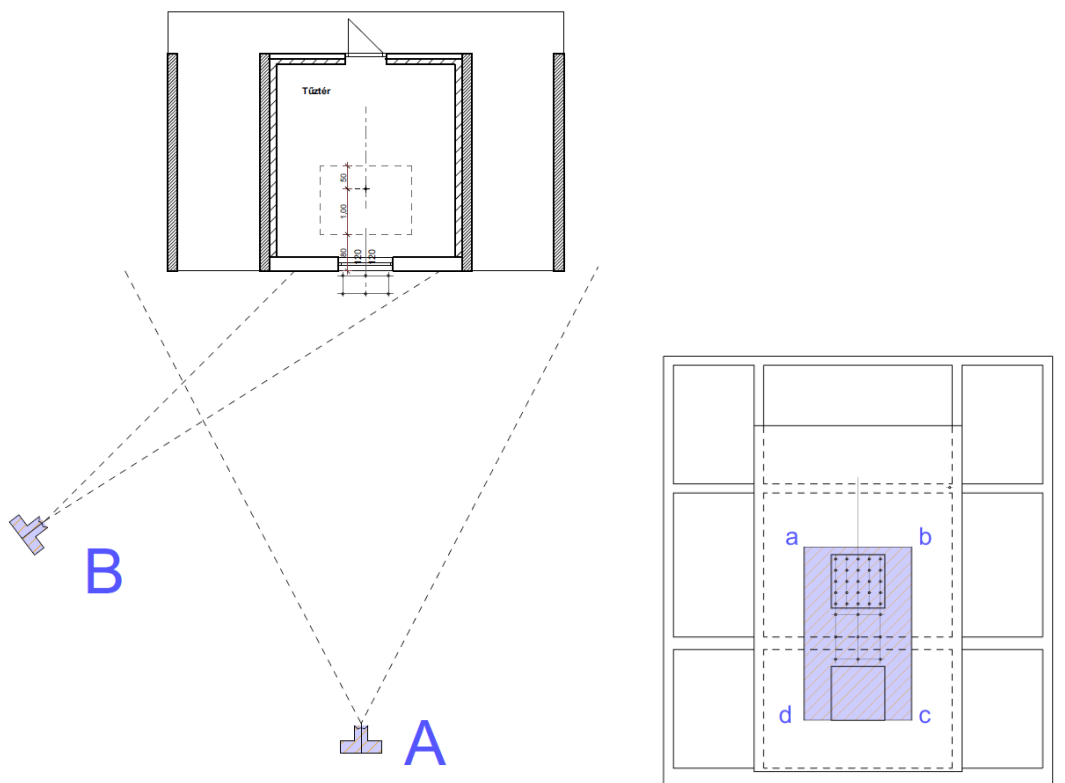
7.8. A leeső darabok tömegének meghatározása

A lehulló darabok vizsgálata során a feladat és egyben vizsgálattechnikai nehézség a lehulló darabok méretének és tömegének lehető legpontosabb mértékű meghatározása. A vizsgálat során kialakuló lángfront akadályozza az észlelést. A leeső darabok földet éréskor kisebb darabokra esnek és összekeverednek a már korábban leesett darabokkal. A már leesett darabok közeli vizsgálata a fa máglya és magának a homlokzatnak, mint nagy kiterjedésű felületnek az intenzív égeséből származó hőszugárzás és láng miatt vizsgálat közben biztonságos módon nem lehetséges.



A vizuális észlelés nehézségét az adja, hogy a leeső darabok leválásának legvalószínűbb helye pont a két nyílás közötti részen, azaz a kilépő lángrés mögött van. Ha ferde szögben tekintünk a vizsgálóberendezésre, akkor az észlelés lehetőségei javulnak, azonban a leeső darabok is perspektivikus torzulásban látszanak, így a fotó- vagy videofelvételről történő közvetlen mérés lehetősége nem adott.

A leeső darabok méretének meghatározására az alábbi módszer alkalmazható: A vizsgálatot megelőzően a vizsgálandó homlokzaton egy ismert méretű téglalap sarokpontjait kell feljelölni a két nyílás környezetében (ezen területen lehet leeső darabokra számítani). Rögzített helyről jó minőségű videofelvétel készítése szükséges a teljes vizsgálati elrendezésről megközelítőleg szemből (A kameraállás), és kissé oldalról (B kameraállás), úgy, hogy az a-d betűkkel jelölt téglalap fedje le a keresőkép nagy részét. A videofelvételt (vagy felvételeket) célszoftverbe kell feltölteni. A kijelölt téglalap oldalhosszúságát meg kell adni a program számára, majd a felnagyított videoképen az a-d pontok kiválasztása megtörténhet.



4. ábra: Vizsgálati elrendezés leeső darabok méretének meghatározásához



A torzult téglalap a fentiek elvégzése után egy koordináta-rendszert feszít ki, melyen belül a *Hervay-féle perspektivikus távolságmérés elve* alapján minden pontnak egyértelműen meghatározhatók a valós koordinátái. [23] Rögzített kameraállás esetén ez a koordináta-rendszer a felvétel teljes időtartama alatt állandó lehet. A módszer azt a közelítést tartalmazza, hogy a perspektivikus torzulás ellenére az egyenesek a torzult képen is egyenesek maradnak.

Abban az esetben, ha a videofelvételen egy leeső darab elválása tapasztalható, a szoftver segítségével a méret meghatározása szempontjából legalkalmasabb képkocka kiválasztása léptetéssel megtörténhet. Az előzetesen meghatározott, sarokpontokkal megadott kritikus terület kijelölhető és felnagyítható, így a részletek is jobban láthatóvá válnak. A leeső darab (esetleg a hiányzó darab) jellemző pontjai az óramutató járásával megegyező irányban kijelölésre kerülnek a felnagyított képkockán. A számítógépes program a perspektivikus torzítást is figyelembe véve kiszámolja a kijelölt sokszög felületét, a felülettömeg megadása esetén a leeső darab tömegét.

Ezen módszerrel elsősorban a felület jellegű leeső darabok tömegének meghatározása lehetséges (pl. ragasztott kerámialap, kőlap, cementkötésű lap stb.), de a vizsgálatok esetében ezek lehullása szokott reális problémát jelenteni.

Szárnyfal esetén két kamerával kell hasonlóképpen dolgozni. A kidolgozott szoftverben a különböző videofelvételek szinkronizálása megoldott, így egy adott esemény több szemszögből is megvizsgálható.

A fentiekben ismertetett módszerrel a felület-meghatározás elérhető pontossága a validáló mérések eredményei alapján $\pm 3\%$, ami a gyakorlati igényeket már kielégíti.

7.9. A leeső darabok veszélyességének kérdése

A lehulló darabok több szempontból is problematikusak: Az égő vagy nem égő darabok lezuhanva, vagy a felületből kirobbanva fizikai sérülést okozhatnak. A szabványban megjelölt és hosszú idő óta alkalmazott határérték (mely a leeső darabok tömegét 5 kg-ban korlátozza) *vizsgálattechnikai szempontból* előnyösnek tekinthető, mert az 5 kg-os határhoz jelentős méretű lehulló darabok tartoznak, amelyek észlelése, mérése könnyebben megoldható.



Több ország alkalmaz ennél lényegesen szigorúbb határértéket [2, p. 602]. Ha figyelembe vesszük, hogy egy 5 m magasságból leeső 1 kg tömegű test ugyanekkora ütési energiát képes átadni, mint ami egy általánosan használt védősisak minősítésére szolgál, akkor indokoltnak tűnik a jelenlegi követelmény felülvizsgálata.

A nem tűzgátló üvegezésű nyílászárók, függönyfalak üvegezése tűz esetén kitörik, a leeső darabok sérülést okozhatnak. Ezen lehulló részekre (beleértve a nyílászárók tok- és szárnyszerkezetét is) sajátos módon nem vonatkozik követelmény.

Az égő, vagy legalábbis gyújtóképes darabok, olvadék a tűz terjedését okozhatják. Minden forró, égő darabka vagy csepp észlelése és korlátozása nem lehet cél. Reális célkitűzés lehet azonban a padozatra lehullást követően hosszabb ideig lángolást mutató elemek, vagy égő tócsába összegyűlt olvadék feljegyzése, és a jelenség korlátozása.

A vizsgálati módszer jövőbeni továbbfejlesztése esetén javasolható a tartós égést (pl. > 20 s) mutató olvadéokra, vagy lehulló darabokra vonatkozó követelmény meghatározása.

7.10. Kültéri és beltéri vizsgálat kérdése

Magyarországon a homlokzati tűzterjedés vizsgálatok hagyományosan kültérben, szabványban meghatározott környezeti feltételek teljesülése mellett történnek.

A légmozgás hatásáról érdekes adatot szolgáltat a RISE intézet által 2021-ben elvégzett vizsgálat sorozat, melyet a tervezett egységes európai vizsgálat szerinti *nagy tűzkitét* mellett végeztek laboratóriumban, inert, pórusbeton falon. A vizsgálatot azonos paraméterekkel, légmozgás nélkül, majd mesterséges előállított légmozgás mellett is végrehajtották. A tűztér tengelyében elhelyezett műszerek regisztrátumai alapján a mérsékelt légmozgás is a láng torzulását, magasságának csökkenését és a *tűzkitét radikális csökkenését* eredményezte. [24, p. 12]

Magyarországon a homlokzati tűzterjedés vizsgálatok márciustól októberig végezhetők a kültérben, de még így is gyakran előfordul, hogy szél, csapadék, vagy túl alacsony külső hőmérséklet miatt a vizsgálatot el kell halasztani. További kedvezőtlen körülmény, hogy higroszkópos tulajdonságú komponenseket (pl. vakolatok, építőlemezek) tartalmazó szerkezetek tűzeseti viselkedését azok nedvességtartalma is befolyásolhatja. A fentiek alapján



könnyen belátható, hogy sok szempontból előnyös lehet a homlokzatvizsgálatok beltéri elvégzése.

A külföldi vizsgálatok nagyobb része csarnokban történik, legtöbbször nagyméretű elszívó ernyő alatt. A beltéri vizsgálatok nagy előnye, hogy az időjárástól függetlenül történhet a vizsgálati modellek kivitelezése, kondicionálása és vizsgálata is, ugyanakkor a homlokzatvizsgálat során felszabaduló 3-5 MW hőenergia fogadása és eltávolítása jelentős csarnok térfogatot és méretezett légtechnikai berendezést igényel. Az elszívást úgy kell kialakítani és működtetni, hogy a modell környezetében a légsebesség ne haladja meg az előírt értéket. Az elszívott füstgáz tisztítóberendezésen keresztül kerülhet a szabadba, míg a kültéri vizsgálatoknál messziről látható füstoszlop keletkezik. Egyes műanyag habok (elsősorban PUR, PIR) égése során felszabaduló gázok nehezebbek a levegőnél és elterülnek a vizsgálóberendezés környezetében, veszélyeztetve a vizsgálatot végző laboratóriumi személyzetet. Ez a jelenség sajnos elszívás és beltéri vizsgálat mellett is jelentkezhethet.

8. ÖSSZEFOGLALÁS

A homlokzati tűzterjedés vizsgálati lehetőségeinek kutatása jelenleg is folyamatban van. További kutatásokat igényel a különböző vizsgálati módszerekben fellépő tűzkitét összehasonlítása és elemzése, csakúgy, mint a különböző nyílásméretetek, homlokzati geometriák hatásának vizsgálata. A fejlődő szimulációs technikák alkalmazása előremutató lehet a vizsgálatok megtervezése során. A korábbinál nagyobb figyelmet igényel az égve csepegő anyagok kezelése is.

A jelenlegi magyar szabvány több olyan jellemzővel rendelkezik, mely a néhány éven belül várható közös európai vizsgálati szabvány megjelenése esetén is indokolhatják megtartását. A jelenlegi vizsgálati módszer - a valós tűzkitéti körülményeket és a lejátszódó tüzeseményeket reálisan modellező műszaki adottságai alapján – jól szolgálja a hazai tűzvédelmi és tudományos célokat.



HIVATKOZOTT FORRÁSOK

- [1] L. Boström, A. Hofmann-Böllinghaus, S. Colwell, P. Tóth, J. Anderson, D. Lange, R. Chiva, I. Möder and J. Sjöström, Development of a European approach to assess the fire performance of facades, Luxemburg: European Commission, 2018.
- [2] J. Anderson, L. Boström, R. Chiva, E. Guillaume, S. Colwell, A. Hofmann and P. Tóth, “European approach to assess the fire performance of façades,” *FIRE AND MATERIALS*, vol. Interflam 2019: Facades, pp. 1-11, 2020.
- [3] S. T. McKenna, N. Jones, G. Peck, K. Dickens, W. Pawelec, S. Oradei, S. Harris, A. A. Stec and T. R. Hull, “Fire behaviour of modern façade materials - Understanding the Grenfell Tower fire,” *Journal of Hazardous Materials*, vol. 368, pp. 115-123, 2019.
- [4] S. Colwell and B. Martin, *Fire performance of external thermal insulation for walls of multi-storey buildings*, London: BRE, 2003.
- [5] “Fire Death Rate Trends: An International Perspective,” *Topical Fire report Series*, vol. 12, no. 8, pp. 1-8, 2011.
- [6] *MSZ 14800-6:2009 Tűzállósági vizsgálatok. 6. rész: Tűzterjedés vizsgálata épülethomlokzaton*, Budapest: MSZT, 2009.
- [7] *54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról.*
- [8] K. S. Oláh, *A síkból kimozdított épülethomlokzatok tűzterjedési vizsgálata mérnöki módszerekkel. Szakdolgozat.*, Budapest, 2020.
- [9] *TvMI 11.2:2020.01.22. Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői*, Budapest: OKF, 2020.
- [10] “Use of Combustible Cladding Materials on Buildings Exceeding 18m in Height. BCA Technical Guidance Note 18. Issue 1 Jun 2015.,” June 2015. [Online]. Available: <http://buildingcontrolalliance.org/wp-content/uploads/2017/04/BCA-GN-18-Use-of-combustible-cladding-materials-Rev-1-Jun-15.pdf>. [Accessed 10 1 2021].
- [11] *TvMI 1.4:2020.07.20. Tűzterjedés elleni védelem.*, Budapest: OKF, 2020.



- [12] J. Kinowski, B. Sedlak és P. Sulik, „External wall claddings - Study on impact of fixing,” in *DOPPIAVOCE*, 2017.
- [13] P. L. Tóth, "Új nemzeti szabvány a homlokzati tűzterjedés vizsgálatára – MSZ 14800-6:2020," *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, vol. 28, no. 4, pp. 19-23, 2021.
- [14] *MSZ 14800-6:2020 Tűzállósági vizsgálatok. 6. rész: Tűzterjedés vizsgálata épülethomlokzaton*, Budapest: MSZT, 2020.
- [15] P. L. Tóth, "Mozgatható szárnyfal integrálásának lehetőségei az MSZ 14800-6:2009 vizsgálati szabvány továbbfejlesztése során," *Hadmérnök*, vol. 12, no. 1, p. 7, 2017.
- [16] I. Móder, Á. Varga, P. Geier and E. Rajna, "Brief summary of the Hungarian test method (MSZ 14800-6:2009) of fire propagation on building façades," *MATEC Web of Conferences*, vol. 46, no. 01002, pp. 1-6, 2016.
- [17] N. White and M. Delichatsios, *Fire Hazards of Exterior Wall Assemblies Containing Combustible Components*, SpringerBriefs in Fire, 2015.
- [18] K. Lu, L. Hu, F. Tang, M. Delichatsios, X. Zhang and L. He, "Facade flame heights from enclosure fires with side walls at the opening," *Procedia Engineering*, vol. 62, pp. 202-210, 2013.
- [19] O. Lalu, *BRE Global Client Report. P117805-1000 Issue: 1. Characterisation of medium fire exposure fuel source*, <https://www.ri.se/sites/default/files/2021-09/EU%20Cladding%20Project%20ReportOLTL-v1.pdf>: BRE Global Ltd., 2021.
- [20] L. Boström, R. Chiva, S. Colwell, S. Howard, P. Tóth, A. Hoffmann-Böllinghaus, F. Dumont, R. Olofsson, J. Anderson and J. Sjöström, "Assessment of fire performance of facades. Draft revision 1.," 7 5 2020. [Online]. Available: <https://www.ri.se/sites/default/files/2020-05/Assessment%20method%20-%20draft%201%20dated%20May%207%202020%20-%20SI%202%20825082.pdf>. [Accessed 5 8 2020].
- [21] L. Boström, R. Chiva, A. Hofmann-Böllinghaus, P. Tóth, O. Lalu, F. Dumont, J. Anderson, J. Sjöström and R. Olofsson, "Finalisation of the European approach to assess the fire performance of façades. Draft progress report 2," 2021. [Online]. Available: <https://www.ri.se/sites/default/files/2021-07/Progress%20report%202%20->



%20Assessment%20method%20for%20facades%20final%20version.pdf. [Accessed 17 08 2021].

- [22] P. Tóth, “A homlokzati tűzterjedés vizsgálati és értékelési szempontjainak bővítése toxicitási jellemzőkkel,” *Védelem Tudomány: Katasztrófavédelmi Online Tudományos Folyóirat*, vol. 2, no. 3, pp. 1-23, 2017.
- [23] A. Tóth, “Hervay Bence féle perspektivikus távolságmérés,” 25 09 2021. [Online]. Available: <https://johetajava.hu/hu/post/hervay-perspective-measure>. [Accessed 27 09 2021].
- [24] J. Sjöström, J. Anderson, F. Kahl, L. Boström and E. Hallberg, Large scale exposure of fires to facade - Initial testing of proposed European method. RISE Report 2021:85., Borås: RISE Research Institutes of Sweden, 2021.

Tóth Péter László tudományos főmunkatárs, doktorandusz

ÉMI Nonprofit Kft

Nemzeti Köszolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

e-mail: ptoth@emi.hu, ORCID: 0000-0003-3516-5318