

Homlokzati tűzterjedés elleni védekezés II. – A numerikus módszerek potenciális szerepe

Homlokzati tűzterjedés szerepének és jelentéstartalmának történeti változása után a kérdés változatlan: Hogyan alakíthatunk ki egy hatékony védelmi koncepciót? Szerzőink – Oláh Krisztián Sándor és Dr. Takács Lajos Gábor – ebben a folyamatban a numerikus módszerek potenciális szerepét mutatják be. Kulcsszavak: homlokzat, tűzterjedés, vizsgálat, CFD, kiterjesztett alkalmazás

7. Numerikus módszerek fejlődése

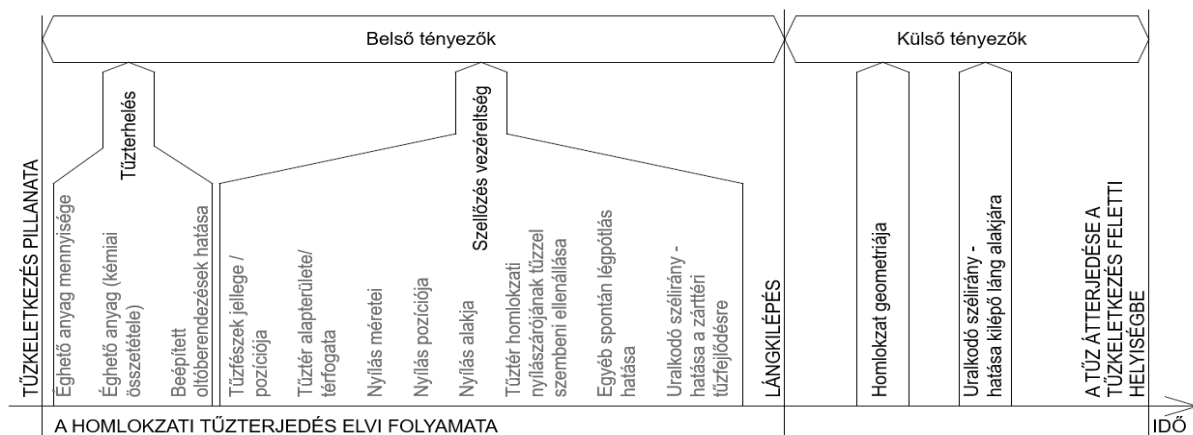
A számítógépes numerikus módszerek, illetve azon belül a CFD (Computational fluid dynamics) közel egy időben jelentek meg az idézett, úttörő homlokzati tűzterjedés-vizsgálatokkal, azonban ekkor még tűzvizsgálati alkalmazásukról szó sem volt. Az időjárási áramlások modellezésére kidolgozott módszer [17] első mérnöki alkalmazása a vízi és légi járművek fejlesztéséhez volt köthető [18]. A XX. század második felében a számítási módszerek és a számítási teljesítmény fejlődésével az alkalmazási módok és a felhasználók köre folyamatosan bővült.

- 2000-ben megjelent a kifejezetten a tűz által generált áramlások modellezésére kifejlesztett CFD módszer, a Fire Dynamics Simulator (FDS) [19]. A hő- és füstterjedés modellezésére optimalizált kódot azóta széles körben alkalmazzák tudományos kutatásokhoz és gyakorlati mérnöki feladatokra is, többek között a hő- és füstelvezető rendszerek méretezése, vagy a tartószerkezetek hőkitét-vizsgálata során.
- A biztonságos gyakorlati alkalmazás feltételeit Magyarországon 2015 óta a Számítógépes tűz- és füstterjedési, valamint menekülési szimuláció TvMI [20] rögzíti, amely a homlokzati tűzterjedés vizsgálatára is javasol megoldásokat; azonban kizárólag olyan esetekre, amelyekben a zárttéri tűzfejlődést beépített oltórendszer vagy az éghető anyagok mennyisége kontrollálja. A vizsgálatokkal így igazolható, hogy a nem nyitható üvegezett térelhatároló szerkezetek tönkremenetele nem fog bekövetkezni a mérsékelt hőterhelésnek köszönhetően, ezáltal pedig a tűz és a füst áttérjedése kizárható a tűzgátló berendezések üzemidejével megegyező időtartamig.
- Az előző fejezetekben felvázolt hiányosságok alapján azonban olyan vizsgálati módszerre is szükség lenne, amely aktív berendezések nélküli esetekben is alkalmas annak igazolására, hogy a szomszédos nyílások közötti homlokzatrész mind geometriai, mind szerkezeti szempontból alkalmas arra, hogy a tűzáttérjedést az elvárt mértékben késleltesse, ahogyan azt teszik most a tűzterjedési gát követelményeinek megfelelő kialakítások is.

8. A tűzáttérjedés szakaszai és azok hossza

Amennyiben elfogadjuk, hogy a homlokzati tűzterjedés elleni védekezés célja általános körülmények között a tűzterjedés késleltetése, úgy a tűzáttérjedéshez szükséges időtartam módszeres vizsgálatához fontos meghatározni annak elkülöníthető szakaszait, és az azok hosszát befolyásoló tényezőket is. A homlokzati tűzáttérjedéshez szükséges időtartamot két fő szakaszra oszthatjuk:

- arra az időtartamra, amely alatt a zárttéri tűzfejlődés lángkilépéshez vezet, és
- arra az időtartamra, amely alatt a kilépő láng áttérjed a szomszédos/védendő nyílásba (4. ábra).



6. ábra. A homlokzati tűzterjedés sebességét befolyásoló tényezők (készítette a szerző)

A zárttéri tűzfejlődés szakasza kapcsán mindenekelőtt tisztázandó, hogy

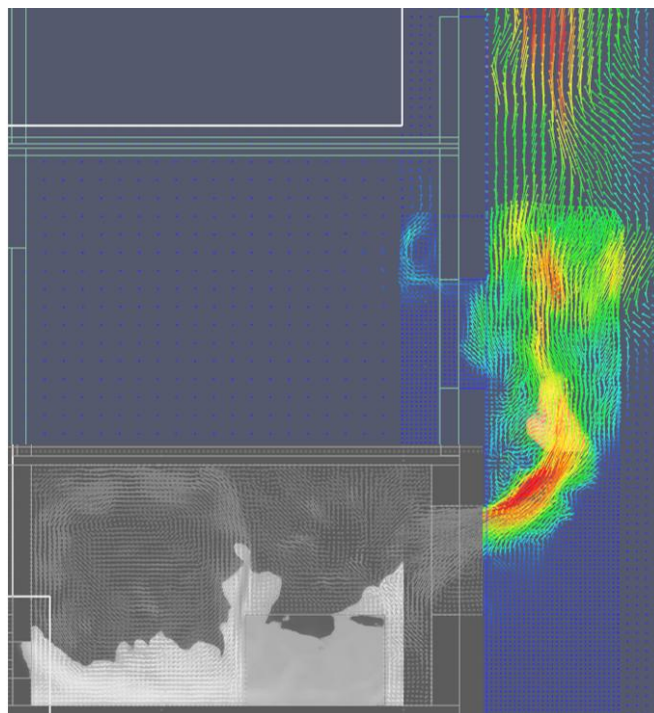
- a lángkilépés nem azért következik be, mert a tűz áttérjed a homlokzati nyílás közelében elhelyezett éghető anyagokra, és az égő anyagokból kiinduló csóva a homlokzat irányába terelődik,
- hanem azért, mert a helyiségben lévő éghető anyagmennyiség égéséhez nincs elegendő oxigén és az ott elégni nem tudó, gyulladási hőmérséklet feletti, éghető gázok a helyiség tervezett vagy spontán kialakuló nyílásain kilépve az oxigénnel érintkezve újra meggyulladnak [21].

A lángkilépéshez szükséges idő tehát nem a helyiségben belüli tűzterjedéshez szükséges időtartamot jelenti, hanem annak az állapotnak a kialakulásához szükséges időtartamot, amely alatt homlokzati nyíláson kiáramló éghető gázok tartós lánggal égése megkezdődik. Az említett oxigénvezérelt égési folyamat során azonban az égés tökéletlensége, és ezáltal a vizsgálat szempontjából lényeges, kilépő éghető gázok mennyisége és kémiai összetétele a kémiai reakciók szintjén dől el [22].

Ezt az oxigénvezérelt égési folyamatot így a reakciók léptéke és komplexitása miatt egyelőre nem lehetséges reprodukálni az elsősorban áramlástani vizsgálatokra kidolgozott szoftverekben – így a hazánkban széles körben alkalmazott FDS-ben sem. Annak ellenére tehát, hogy a zárttéri tűzfejlődés talán még nagyobb mértékben is határozza meg a tűzterjedéshez szükséges időtartamot, mint a homlokzat előtt lejátszódó folyamatok, a zárttéri tűzfejlődés időbeliségét, és a kilépő csóvát meghatározó jellemzőit modellezéssel egyelőre nem tudjuk megbecsülni.

9. Ami már modellezhető – csóvamodellek

Ezzel szemben a kilépő csóva már nem oxigénvezérelt, így ha valós vizsgálatok alapján megbecsülhető a kilépő éghető gázok mennyisége és azok kilépési sebessége, akkor a homlokzat előtti csóva numerikus modellezése már megvalósítható, amennyiben leválasztjuk azt a zárttéri tűzfejlődésről. Az így létrehozott csóvamodellek pedig – legalább rögzített zárttéri tűzfejlődési körülmények mellett – lehetőséget biztosíthatnak arra, hogy a homlokzat térbeli elrendezésének tűzterjedés sebességére gyakorolt hatását, és/vagy a homlokzat egyes részeire, szerkezeteire jutó hőkitétet meghatározzuk (5. ábra). Ugyanakkor a tűzterjedés lángkilépést követő szakaszának numerikus modellezése során az alkalmazási lehetőségeket nagyon erősen korlátozza, hogy a homlokzatra kerülő éghető anyagok tűzterjedésben való pontos szerepét, illetve ezen anyagok tönkremenetelét – részben a már említett reakció-szintű folyamatok, részben pedig a szerkezeti alakváltozások, vagy éppen az égve-csepegés jelenségei miatt – egyelőre a legkorszerűbb modellezési eszközökkel sem lehet meghatározni. Így jelenleg ezen módszer is csak elméleti inert homlokzatok tanulmányozására, vagy olyan csak A1-A2 komponenseket tartalmazó homlokzatok esetében lenne alkalmazható, ahol a szerkezetek tűzzel szembeni ellenállása a vizsgálati konfigurációban egyéb úton is igazolható.



7. ábra. Az MSZ14800-6:2009 homlokzati tűzterjedés-vizsgálati módszer FDS modellje
(készítette a szerző)

A legkedvezőbb megoldás természetesen az volna, ha egyből olyan numerikus modellt alkalmazhatnánk, amely egyben, esetspecifikusan tudná vizsgálni a tervezési szituációból valószínűsíthető zárttéri tűzfejlődést, a homlokzat geometriájának tűzterjedésre kifejtett hatását, és a homlokzatra kerülő szerkezetek viselkedését; azonban ahogy azt a fent leírtak alapján láthattuk, jelenleg erre még a legkorszerűbb modellezési technikák sem biztosítanak lehetőséget. Emellett azonban a felvázolt, valós vizsgálatokra alapozott numerikus modellek már jelenleg is részmegoldást kínálhatnak, hiszen ezek aktuális formájukban is jelentős mértékben képesek lennének kiegészíteni és átalakítani az eddig alkalmazott módszereinket, hiszen az inert homlokzatok ilyen jellegű vizsgálatával legalább a lángátcsapás kiküszöbölését célzó megoldásaink kiterjeszthetők és felülvizsgálhatók lennének.

10. Következtetés

A XX. században kidolgozott homlokzati tűzterjedés-vizsgálati módszereket áttekintve megállapítható, hogy a homlokzati tűzterjedés elleni védekezés legnagyobb kihívása a homlokzatra kerülő éghető anyagok nehezen kiszámítható viselkedése, amelyre egyelőre a legkorszerűbb tűzdinamikai szimulációs eszközök sem jelentenek megoldást. Ebből következően a homlokzat térbeli elrendezéséből és az arra kerülő szerkezetből létrejövő konfigurációk esetspecifikus felülvizsgálatára a szimulációk egyelőre nem jelentenek széles körben elérhető eszközt.

Az előző fejezetben felvázolt modellezési módszer azonban arra alkalmas, hogy egy valós vizsgálatok alapján meghatározott csóva inert homlokzatok előtti áramlási sajátosságait meghatározzuk vele; másképp megfogalmazva, a módszer lehetővé teszi a térbeli elrendezésükben a szabványos vizsgálattól eltérő, kizárólag nem éghető komponensekből álló homlokzatok lángátcsapásra gyakorolt hatásának vizsgálatát. Ezen felül a kutatási előzményekből kiderült, hogy a nyílásos homlokzatok esetében legalapvetőbbnek tekinthető tűzterjedési mód – a lángátcsapás – elleni védekezés kapcsán is akadnak olyan vizsgálati, és ebből eredő szabályozási hiányosságok, amelyek miatt a tűzátterjedés időbeliségét jelenleg még akkor sem tudjuk megbecsülni, ha a folyamatot a homlokzatra kerülő éghető anyagok nem is befolyásolják.

Mindazonáltal a lángátcsapással történő tűzátterjedés időbeliségének pontosabb meghatározása alapvető jelentőségű lenne: hiszen,

- ha egy homlokzat olyan nyílásképpel, térbeli elrendezéssel, vagy jellemző környezeti adottságokkal rendelkezik, hogy a tűzzel érintett helyiség ablakán kicsapó láng rövid időn belül, közvetlenül át tud terjedni egy szomszédos nyílásba,
- akkor a teljes folyamat a nyílások között alkalmazott, legjobb tűzvédelmi minősítésű homlokzatburkolat vagy vakolt hőszigetelő rendszer esetén sem fog ettől kedvezőbben alakulni (amennyiben a burkolat a homlokzat geometriáját nem befolyásolja számottevően).

Éppen ezért a lángátcsapás hatását önmagában is elengedhetetlenül szükséges lenne pontosan meghatároznunk ahhoz, hogy nyílásos homlokzatokra megfogalmazott tűzvédelmi koncepciónk helyes legyen; erre pedig a már elérhető numerikus eszközök lehetőséget is biztosítanak. Ha tehát önmagában a lángátcsapás hatásának felülvizsgálatával nem is érhetnénk el az „in situ” jellegű vizsgálatoktól elvárt bizonyosságot és biztonságot, nyílásos homlokzatok esetében a homlokzati tűzterjedés elleni védekezést az eddiginél következetesebbé és biztonságosabbá tehetnénk a numerikus modellek alkalmazása segítségével.

Irodalomjegyzék

- [1] A. Law, G. Kanellopoulos, *The rise and fall of the UK's spandrel panel*. Fire safety journal, Volume 115, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2020.103170>
- [2] Joint Committee on Fire of the Building Research Board of the Department of Scientific & Industrial Research and of the Fire Offices Committee, Post War Building Studies - *Grading of Buildings*. NO 20, Fire Grading of Buildings Part 1, London, 1946.
- [3] L. A. Ashton, H. L. Malhotra, *The Protection of Openings against Spread of Fire from Storey to Storey*. In: Fire Safety Science, 1960.
- [4] S. Yokoi, *Study on the Prevention of Fire Spread Caused by Hot Upward Current*. Rep. BRI, 1960.
- [5] *OIB-Richtlinie 2 Brandschutz*, OIB-330.2-029/23, Österreichisches Institut für Bautechnik, 2023
- [6] *Veröffentlichung der Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen 2023/1- MVV TB 2023/1*, Deutschen Instituts für Bautechnik, 2023
- [7] *VKF Brandschutzvorschriften 2015, Stand 1.12.2022*. VKF, 2022
- [8] M. Nilsson, *The impact of horizontal projections on external fire spread-a numerical comparative study*. LUTVDG/TVBB, 2016.
- [9] *TvMI 1.7:2025.02.01. (2022) Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Tűzterjedés elleni védelem*. BM OKF 2025
- [10] *Essai LEPIR 2 – arrêté du 10 septembre 1970 relatif à la classification des façades vitrées par rapport au danger d'incendie*. JORF, 1970
- [11] *MSZ14800-6 - 80 Tűzterjedési vizsgálat épülethomlokzaton*. Magyar szabványügyi hivatal, 1980
- [12] *SP FIRE 105, – Method for fire testing of façade materials*. Dnr 171-79-360 Department of FireTechnology, Swedish National Testing and Research Institute.,1994.

- [13] ISO 13785-2:2002 *Reaction-to-fire tests for façades Part 2: Large-scale test*. ISO, 2002
- [14] BS 8414-1:2002 *Fire performance of external cladding systems - Part 1: Test method for non-loadbearing external cladding systems applied to the face of the building*. BSi, 2002
- [15] MSZ14800-6: 2020 *Tűzállósági vizsgálatok 6. rész: Tűzterjedési vizsgálat épülethomlokzaton*. Magyar szabványügyi hivatal, 2020
- [16] 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról. Belügyminisztérium, 2022 [Online] Elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm> (2025.05.30)
- [18] L. F. Richardson, S. Chapman, *Weather prediction by numerical process*. Dover Publications, 1965
- [19] F. H. Harlow, *Fluid dynamics in Group T-3 Los Alamos National Laboratory*. Journal of Computational Physics. 195 (2): 414–433, 2004, doi: 10.1016/j.jcp.2003.09.031.
- [20] *Fire Dynamics Simulator*, NIST, [Online] Elérhetőség: <https://pages.nist.gov/fds-smv/> (2025.05.30)
- [21] *TvMI 8.6:2025.02.01. Tűzvédelmi Műszaki Irányelv – Számítógépes tűz- és füstterjedés, valamint menekülési szimuláció*. BM OKF, 2025
- [22] B. Karlsson, J. Quintiere, *Enclosure Fire Dynamic*. CRC Press, Boca Raton, 2002.
- [23] E. Gissi, B. Muite, O. Rios, W. Węgrzyński, „Wikibooks, Fire Simulation for Engineers/FDS/Limitations” [Online] Elérhetőség: https://en.wikibooks.org/wiki/Fire_Simulation_for_Engineers/FDS/Limitations# (2025.05.30)

Oláh Krisztián Sándor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar, Épületszerkezet-tani Tanszék PhD hallgató

Email: krisztian.olah@edu.bme.hu

ORCID: 0000-0001-8379-3736

Dr. Takács Lajos Gábor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építészmérnöki Kar, Épületszerkezet-tani Tanszék egyetemi docens, tanszékvezető

Email: ltakacs@epsz.bme.hu

ORCID: 0000-0002-2943-5038

A cikk a **Tűzvédelem** 2025/5. számában jelent meg.

Az előző rész itt olvasható

Homlokzati tűzterjedés elleni védekezés I. – Az inert homlokzatok áramlástan-i modellezésének potenciális szerepe

<https://www.vedelem.hu/hirek/0/4542-homlokzati-tuzterjedes-elleni-vedekezes-i-%E2%80%93-az-inert-homlokzatok-aramlastani-modellezesenek-potencialis-szerepe>