

Tartószerkezetekre jutó tűzeseti hőmérséklet kítét meghatározásának tűzmodellezési szabályai CFD szimulációs környezetben

Rules of Determination of Thermal Exposure During Fire on Loadbearing Structures in Buildings with CFD Modelling

SZIKRA Csaba tudományos munkatárs¹
Dr. TAKÁCS Lajos Gábor egyetemi docens²

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Építészmérnöki Kar

¹Épületenergetikai és Épületgépészeti Tanszék

²Épületszerkezet-tani Tanszék

Abstract

Determination of the temperature exposure on loadbearing structures during fire - which is a basic data for sizing the structures to resistance-to-fire performance – is one of the most important field of application of CFD fire modelling. In Hungary, sizing of loadbearing structures is provided without approval of authorities which is also valid for sizing the structures to resistance-to-fire performance. Proper fire modelling practices and solutions at determination of the temperature exposure on loadbearing structures with localised fire scenarios are collected in this paper, continuing our presentation in 2013, 2014 and 2016 ÉPKO conference.

Kivonat

A numerikus tűz- és füstterjedési szimulációk egyik legfontosabb területe a tartószerkezetekre jutó tűzeseti hőmérséklet kítét meghatározása, amely alapadat a tartószerkezetek tűzállóságra történő statikai méretezéshez. Magyarországon a tartószerkezeti tervezés hatósági jóváhagyás nélkül, teljes egészében tervezői felelősségi alapon történik, amely a tartószerkezetek tűzállósági méretezésére is érvényes. Cikkünkben a tartószerkezetekre jutó hőmérséklet kítét meghatározására szolgáló lokalizált tüzek modellezésének megfelelő gyakorlatát és megoldásait gyűjtöttük össze, folytatva a 2013, 2014. és a 2016. évi ÉPKO konferenciaelőadásunkat.

Kulcsszavak: tűzszimuláció, hőmérséklet kítét időbeni alakulása, tartószerkezetek tűzállósági méretezése, fire simulation, FDS, temperature exposure, sizing the structures to resistance-to-fire performance

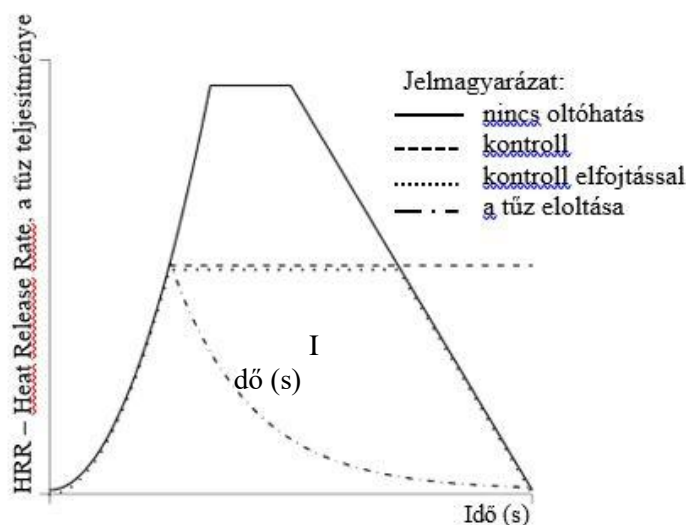
1. TŰZMODELLEZÉS CFD KÖRNYEZETBEN

A tűzvédelemben alkalmazott CFD modelleket korábbi ÉPKO konferenciákon előadásainkban és cikkeinkben már bemutattuk [1] [2] [3]. Az elmúlt években a tartószerkezetek tűzállósági méretezését is támogató, a tartószerkezetek tűzeseti hőmérséklet-idő kítétét meghatározó tűzszimulációk egyre nagyobb szerepet kapnak. A hagyományos tűzvédelmi tervezés leíró módszereivel szemben a cellamodellekben az épület háromdimenziós modelljét – szerkezeteit, berendezéseit és a szerkezetek által határolt belső tereket - véges kiterjedésű cellákra osztjuk, amelyek cellahálót vagy cellahálókat alkotnak [4] [5]. Az épületmodellben az éghető anyagok, épületszerkezetek definiálása mellett különböző helyszíneken tűzfészkek is elhelyezhetők. A modellek működésére a cellákra felírt mozgás, hő- és anyagátadási egyenletek numerikus megoldása jellemző. Ezek segítségével nemcsak meghatározható, hanem vizualizálható is az épület és tűzvédelmi berendezéseinek tűzeseti viselkedése [1].

A tartószerkezekre jutó hőmérséklet kitéi alakulását meghatározó tűzmodellezésben az egyik legfontosabb tényező a vizsgált térben várható tűz teljesítménye és ennek időbeli alakulása. Ezt kétféleképp lehet modellezni:

- terjedő tűzmodell; ekkor az éghető anyagokon a tűzoltósági beavatkozás kezdetéig egy helyiségen vagy egy tűzszakaszon belül akadálytalanul terjed a tűz; ennek leírására szolgálnak az előre meghatározott hőmérséklet-idő kitéi görbék (ISO 843 zárttéri hőmérséklet-idő kitéi görbe, szénhidrogén görbe, alagúttűz görbék stb.), általában ezen a módszeren alapulnak az Eurocode tűzállósági méretezési szabványok táblázatos vagy izotermás méretezési módszerei;
- lokalizált tűzmodell; ekkor a tűz kiterjedését, illetve teljesítményét beépített oltóberendezés, vagy az éghető anyagok kis mennyisége korlátozza.

Lokalizált tűzzel tehát általában beépített oltóberendezéssel ellátott helyiségek, épületek esetén modellezhetünk. Ekkor az előre meghatározott tűzgörbénél sokkal kedvezőbb, alacsonyabb hőmérsékleti viszonyokat kaphatunk CFD modellezés során, a beépített oltóberendezések hűtő hatásának következményeképp. Az oltó hatást a biztonság javára, illetve mérnöki tartalékként nem vehetjük figyelembe (lásd 1 sz. ábra).



1. ábra. A tűz teljesítményének időbeli alakulása beépített oltóberendezéssel ellátott épületben

Beépített oltóberendezéssel ellátott épület esetén a modellezéshez használt tűz teljesítményének időbeli alakulását a következőképp határozhatjuk meg. Elsőnek meghatározzuk a tűz teljesítményének növekedését jellemző négyzetes haladványt (alfa: lassú, közepes, gyors vagy ultra gyors). Ezt követően egy 10 MW csúcsteljesítményű, az előzőekben meghatározott felfutású tűzfészekkel lefuttatjuk az első vizsgálatot, amely a sprinklerfejek aktiválódási idejét hivatott meghatározni. A másodiknak aktiválódó sprinklerfej időpillanatában rögzítjük a tűz teljesítményét, ez lesz a tényleges maximális teljesítmény. A tűz teljesítménye valójában már az elsőnek aktiválódó sprinkler aktiválódását követően sem növekszik tovább, a tűz teljesítményét mégis csak a másodiknak aktiválódó sprinkler aktiválódási idejében állítjuk meg, a mérnöki tartalék biztosítására. Amennyiben a vizsgált helyiségben egy sprinklerfej van, a sprinkler aktiválódásának időpillanatában mért tűz teljesítményét duplázzuk meg és így vesszük figyelembe a következő vizsgálatnál, hogy ekkor is legyen mérnöki tartalék a módszerben.

A következő vizsgálatnál az első vizsgálat alapján meghatározott csúcsteljesítményű tüzet modellezünk változatlan felfutási együtthatóval. A szimulációt az így kiszámolt felfutással és meghatározott teljesítménnyel futtatjuk. A felfutás után a tűz teljesítménye a szimuláció végéig változatlan marad.

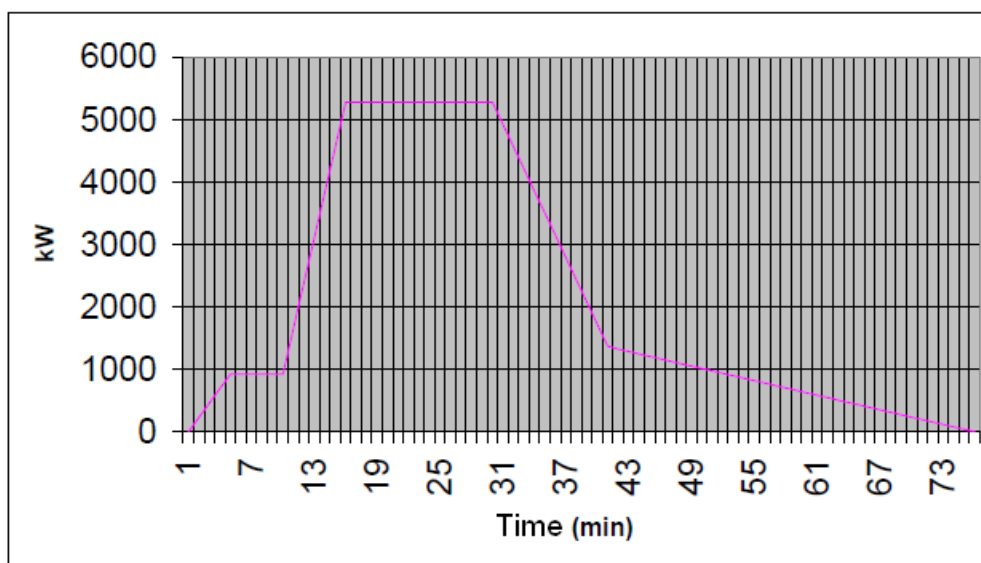
Lokalizált tűzzel beépített oltóberendezés nélküli épületben csak kivételes esetben számolhatunk; amennyiben a funkció és a használat során kis mennyiségű, illetve meghatározott helyzetű éghető anyag fordulhat elő. Néhány példa:

- jégcsarnok, ahol csak a nézőtéri székeken kívül a pályakarbantartó gép (ún. Rolba gép) éghetőek
- tornacsarnok, ahol a nézőtéri székek mellett legfeljebb a sporteszközök éghetőek.

Ekkor a tűz teljesítményének időbeli alakulását nem az előzőekben leírt módon, hanem valós léptékű tüztesztek publikált adataiból vehetjük. Az egyik legnagyobb adatbázis a Society of Fire Protection Engineers (SFPE) Heat Release Rates c. fejezete [6], illetve a VTT kézikönyve [7], de számos más publikáció is található a témakörben.

Fenti példák során meg kell győződni, illetve írásban is kell nyilatkoztatni az üzemeltetőt arról, hogy a vizsgált helyiséget, épületet nem fogják eltérő, több éghető anyagot eredményező funkcióra használni. Erre példa a Budapest Sportszarnok tüzesete 1999-ben, ahol a tűz akkor keletkezett, amikor sporttevékenység helyett karácsonyi vásárt rendeztek, ennek köszönhetően pedig a küzdőtér tetőszerkezete állékonyságát veszítette és az épület olyan szerkezeti károkat szenvedett, hogy el kellett bontani.

Beépített oltóberendezéssel ellátott épületben sem mindig szabad a fentiek szerinti tűzmodellezést végezni. Az egyik legjellemzőbb példa a járműtüzek: egy személygépkocsi (de akár egy mikrobusz) tüze is szinte változatlan csúcsteljesítményű és időbeli lefolyású beépített oltóberendezés nélküli és beépített oltóberendezéssel ellátott épületben, mivel a fém karosszériaelemek miatt a sprinklerből kijutó víz nem éri el a motorteret és csak korlátozott mértékben, a tűzben kitörő üvegfelületeken keresztül éri el az utasteret, így az oltó hatás nem tud létrejönni. Különbség abban lesz, hogy beépített oltóberendezés nélküli gépkocsitárolóban egy jármű égése esetén a szomszédos járművek is meggyulladhatnak, míg beépített oltóberendezéssel ellátott épületben az oltóberendezés hűtő hatása korlátozhatja vagy megakadályozhatja az oldalirányú tűzterjedést. Ha adottak a feltételei annak, hogy egy jármű tüzevel modellezzünk, a tűz csúcsteljesítményét és annak időbeli alakulását csak az előző bekezdésben részletezett valós léptékű tüztesztek eredményeinek figyelembe vételével határozhatjuk meg.



2-3. ábrák. Személyautó tüzeinek teljesítmény-idő görbéje. Forrás: a belgiumi NBN S 21-208-2/prA1:2010 szabvány [8]

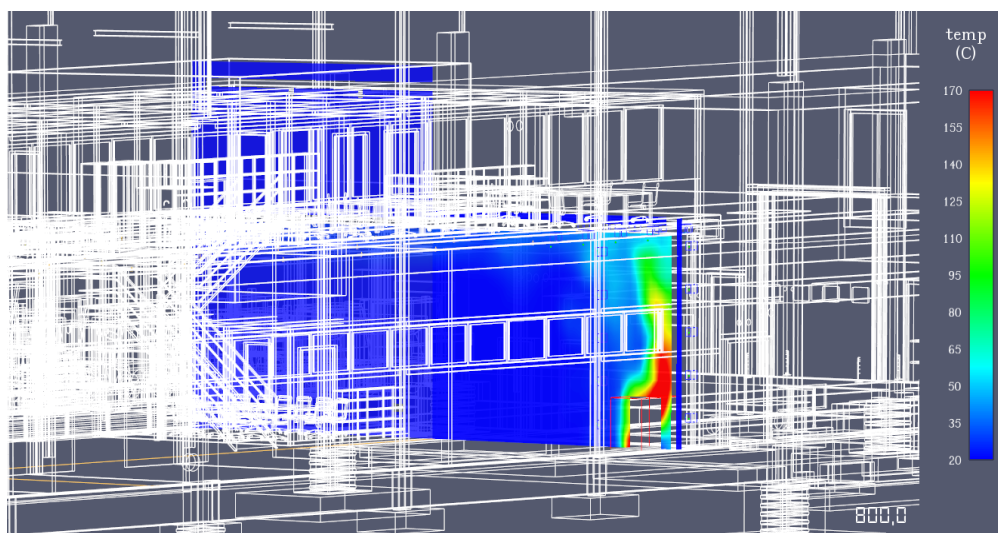
2. TARTÓSZERKEZETEKRE JUTÓ HŐMÉRSÉKLET KITÉT MEGHATÁROZÁSÁNAK SZABÁLYAI

A tartószerkezetekre jutó hőmérséklet kitét és annak időbeli alakulása az alábbi körülményektől függnek:

- a tartószerkezet épületen belüli szerepe, pozíciója (pillér, fal vagy tetőfödém);
- a tűz teljesítménye, annak időbeli alakulása,
- lokalizált tűz esetén a tűzfészkek helye (pl. raktár esetén a padlószint, vagy a tárolás legfelső szintje),
- a tűzhatással érintett helyiség geometriai viszonyai, alapterülete, belmagassága
- szellőzési viszonyok (hő- és füstelvezetés),
- végül, de nem utolsósorban a beépített oltóberendezés típusa, működése.

Az alábbiakban az elmúlt évek tapasztalatai alapján azon szabályokat gyűjtöttük össze, amelyeket figyelembe kell venni tartószerkezetekre jutó tűzeseti hőmérséklet kitét meghatározására is szolgáló CFD szimuláció készítésénél, a tűzfészek elhelyezésénél.

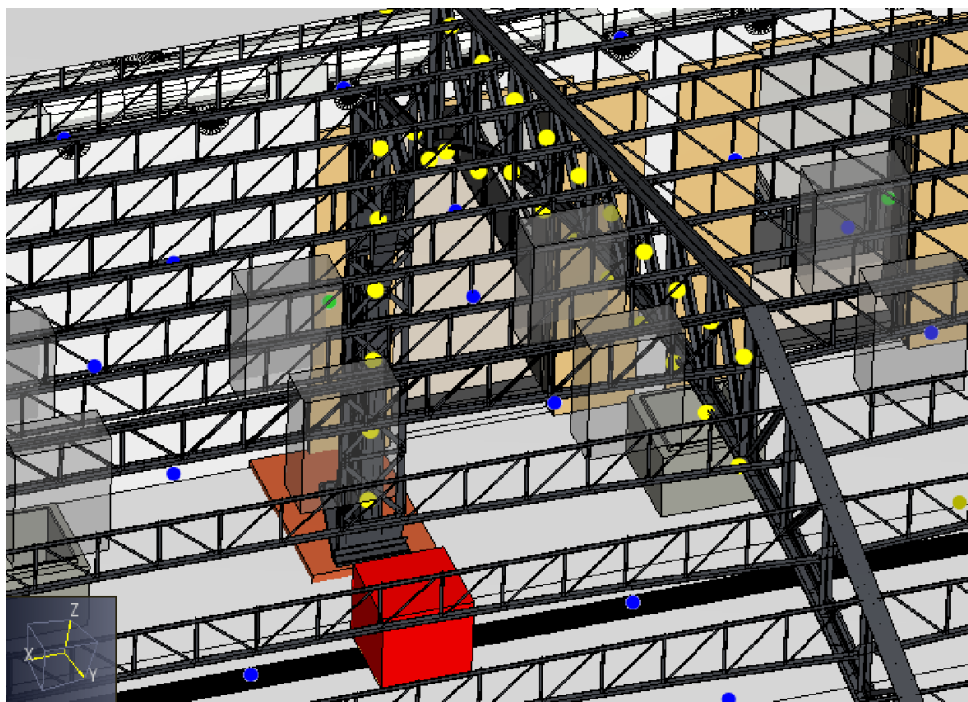
Alapvetően ismerni kell a vizsgált térben található éghető anyagok tulajdonságait, továbbá térbeli eloszlását. Ipari épületeknél a technológia, raktárak esetében alapadat a tárolási rendszer, a polcok kiosztása, a legnagyobb lehetséges tárolási magasság, illetve a távolságok a tartószerkezetektől (pillérek, fő- és fióktartók, födémekek stb.) a legfontosabb szempontok. Ezen felül lényeges körülmény még, hogy egy fal melletti, vagy sarok pozícióba kerülő tűzfészeknek – ugyanakkora teljesítmény esetén – nagyobb lesz a lángmagassága és a falfelületek korlátozó hatása miatt csóva hőmérséklete, mint a helyiség közepén keletkező tűz esetén. A láng a Coanda hatás miatt a tűzfészek melletti függőleges szerkezetekhez tapad, attól nem válik le, tovább növelve a hőmérséklet kitétet (lásd 4. ábra).



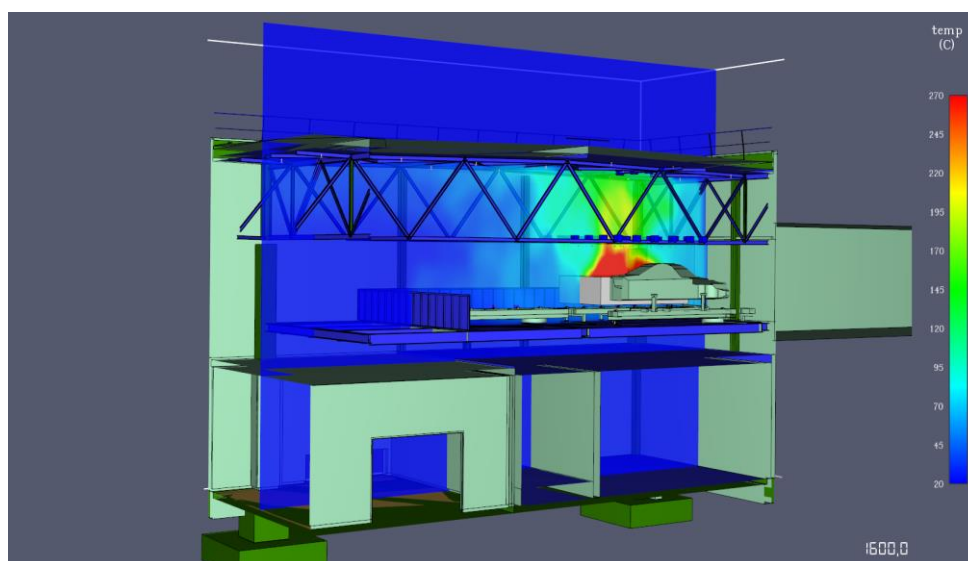
4. ábra. Szimulációs vizsgálat eredménye fal mellett keletkező tűznél, amely a faltól nem válik le

Lokalizált tűzzel történő modellezésnél a tűzfészek elhelyezésének szempontjainál mindig a legkedvezőtlenebb pozíciókat kell vizsgálni. Arra kell törekedni, hogy a tűzfészek elhelyezése szimulációban vizsgált paramétereket (például tűztéri gázhőmérséklet időbeli alakulását, füstterjedést) a lehető legkedvezőtlenebb módon befolyásolja, ahogy azt a Számítógépes tűz- és füstterjedési, valamint kiürítési szimulációkról szóló Tűzvédelmi Műszaki Irányelv G melléklete is tartalmazza [9]. A legfontosabb szempontok tehát az alábbiak:

- a vizsgált szerkezeti elemek közvetlen közelébe kell tűzfészeket feltételezni, pl. oszlop vagy keretállás mellett 1 cellányi távolságban (lásd 5. ábra), vagy fal mellett, vagy a helyiség sarkában;
- raktárak esetén a padlófelületen – itt alakulhat ki a legnagyobb tűzteljesítmény, továbbá a tárolási rendszer közbenső részein, végül a tárolási rendszer legmagasabb pontjain – az itteni tűzfészek lesz a legközelebb a gyakran vizsgált tetőfödémhez (lásd 6. ábra);
- sportsarnokok lelátói esetén azok legmagasabb pontjain, szintén a tetőfödémhez legközelebb;
- végül pillérek vagy tetőfödémek tartószerkezetei esetén mindig azok tengelyébe kell elhelyezni tűzfészeket, az előző szabályok együttes szabályok figyelembevételével, a vizsgált szerkezeti elemhez lehető legközelebb.



4. ábra. Keretállás mellett elhelyezett tűzfészek az Operaház Eiffel műhelyházának szimulációs vizsgálatai közül



5. ábra. Rácsostartó alatt, a szállítószalagon elhelyezett tűzfészek ipari épület esetén, a vizsgált rácsostartó szempontjából legkedvezőtlenebb pozícióban

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A tartószerkezetekre jutó tüzeseti hőmérséklet kitét meghatározásában egyre nagyobb teret kapnak a cellamodellek, a szimulációk. A módszer azonban mind a tűzmodellezést végző tűzvédelmi tervező, mind a tartószerkezet tervező részéről különös gondosságot és a mérnöki munka során elvárt szintű felelősséget követel meg. Mindehhez fontos dokumentum még a Magyar Mérnöki Kamara Tartószerkezeti Tagozata és Tűzvédelmi Tagozata közötti 2012. évi együttműködési megállapodása is, amely cikkünk összeállításakor sajnos nem volt elérhető a MMK honlapján. Külön érdekesség, ahogy a tartószerkezetek normál körülményekre való tervezésénél, így a tűzállósági méretezésénél sincs szigorú hatósági kontroll. Míg a hő- és füstelvezetés megfelelőségét vizsgáló szimulációkat a Belügyminisztérium Országos Katasztrófavédelmi

Főigazgatóság Hatósági Főigazgató-helyettesi Szervezet Megelőzési és Engedélyezési Szolgálatát hagyja jóvá. Ugyanakkor tartószerkezetek tűzállósági méretezését és az azt alátámasztó dokumentumokat – így a tűzszimulációt is – nem kell jóváhagyatni, egy épület használatbavételi engedélyénél elegendő ezeket az ETDR rendszerbe feltölteni; ezek tartalmát nem, csak meglétét vizsgálják. A jövőben valószínűleg tovább növekszik majd a civil szféra, a mérnöktársadalom felelősségvállalása a hatósági kontroll helyett, cikkünket ennek tudatában is állítottuk össze.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Szikra Csaba, Dr. Takács Lajos Gábor: Practical Experiences of CFD Modelling in Heat and Smoke Spread Simulations. Cellamodellek alkalmazásának tapasztalatai hő- és füstterjedés modellezésében. Proceedings of ÉPKO, International Conference of Civil Engineering and Architecture 2014, Csíksomlyó, Romania, 2014. június 14., p. 313-319.
- [2] Szikra Csaba, Dr. Takács Lajos Gábor: Determination of Thermal Exposure During Fire on Loadbearing Structures in Buildings with Built-in Extinguishing System with CFD Modelling (Determination of Heat Release Rate). Tűzesetek során a tartószerkezeteket érő hőmérséklet kitét meghatározása numerikus szimulációs módszerrel (Tűz teljesítményének meghatározása) Proceedings of ÉPKO, International Conference of Civil Engineering and Architecture 2016, Csíksomlyó, Romania, 2016. június 14., p. 251-254.
- [3] Szikra Csaba, Dr. Takács Lajos Gábor: Determination of Thermal Exposure During Fire on Loadbearing Structures in Buildings with Built-in Extinguishing System with CFD Modelling. Tűzesetek során a tartószerkezeteket érő hőmérséklet kitét meghatározása numerikus szimulációs módszerrel (Tűzmodellezési szabályok) Proceedings of ÉPKO, International Conference of Civil Engineering and Architecture 2016, Csíksomlyó, Romania, 2016. június 14., p. 255-258.
- [4] SFPE Handbook Chapter 1 Section 3-13. Vytenis Babrauskas: Heat Release Rates
- [5] VTT Working Papers 139: Jukka Hietaniemi & Esko Mikkola: Design Fires For Fire Safety Engineering.
- [6] Fire Dynamic Simulator (Version 6) User's Guide. NIST Special Publication 1019-6, National Institute of Standards and Technology, U.S. Department of Commerce, 2013.
- [7] PyroSim User Manual. Thunderhead Engineering, 2015.
- [8] NBN S 21-208-2/prA1 : 2010 - Protection incendie dans les bâtiments - Conception des systèmes d'évacuation des fumées et de la chaleur (EFC) des parkings fermés.
- [9] Számítógépes tűz- és füstterjedési, valamint kiürítési szimuláció TvMI 8.5.: 2022.06.13.