

Tetherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek tűzállósági vizsgálata az integritás és hőszigetelő képesség függvényében

Fire resistance test of loadbearing thermally insulated flat roofs with trapezoidal steel profiles depending on integrity and insulation

Komlai Krisztina

PhD hallgató

Nemzeti Közszolgálati Egyetem Katonai Műszaki Doktori Iskola

Email: komlai.krisztina@stud.uni-nke.hu

ORCID: 0000-0002-2491-9295 

Absztrakt:

A katasztrófavédelem három szakterülete közül a szerző a tűzvédelemmel, azon belül a passzív tűzvédelemmel kíván foglalkozni. Bemutatja a jelenleg igen széles körűen betervezett és beépített tetherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek szabványos vizsgálatokkal történő minősítésének lehetőségeit, különös tekintettel az integritási és hőszigetelő képességekre. Kitér a vizsgálati módszerre, a minták felépítésére, a vizsgálatra, valamint néhány példán keresztül a vizsgálatok során mért adatokra, tapasztalatokra. Összehasonlítja a különböző rétegrendeket, összefüggéseket keres a teljesítménykritériumok között.

Igyekezni felhívni a figyelmet arra, hogy milyen lehetséges problémák merülhetnek fel abban az esetben, ha a vizsgálatot szimulációs és számítási módszerek váltják fel, egészítik ki, illetve röviden megindokolja miért lehet szükséges további, kiegészítő vizsgálatok elvégzése.

Kulcsszavak: tűzvédelem, ipari lapostető, integritás, hőszigetelő képesség, acél trapézlemez

Abstract:

Of the three main areas of disaster management, the author intends to focus on fire protection, specifically passive fire protection. The paper presents the possibilities of certifying load-bearing trapezoidal sheet metal roof slabs, which are currently widely planned and installed, through standard tests, with particular attention to integrity and thermal insulation capabilities. It covers the testing method, the construction of the samples, the testing process, and some examples of the data and experiences measured during the tests. The paper compares different layer structures and seeks correlations between performance criteria.

The author aims to draw attention to the potential problems that may arise if the tests are replaced or supplemented by simulation and calculation methods. Additionally, the author briefly explains why further supplementary tests might be necessary.

Keywords: fire protection, industrial flat roof, integrity, insulation, trapezoidal steel sheet

1. BEVEZETÉS

A mai modern építészetben a technikai és gazdasági szempontok hozzájárulnak a trapézlemezek széles körű elterjedéséhez. A korrózióvédett acéllemezek sokoldalú és gazdaságos megoldásnak számítanak a csarnok jellegű épületek – funkciójukat tekintve ipari-, kereskedelmi- és raktár épületek – megvalósítása során és népszerűségük folyamatosan növekszik. Ez a tetőtípus könnyen telepíthető és gyorsan szerelhető, szállítása nem jelent nehézséget. A teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémeket a helyszínen állítják össze, ún. építményszerkezet kerül kialakításra. Felépítését tekintve egyenes rétegrendű tetőfödémről beszélünk, mely a következő elemekből áll: magasbordás, hidegen hengerelt acél trapézlemez, párazáró fólia, hőszigetelő anyag – egy vagy több rétegben –, üvegszövet fátyol (EPS¹ hőszigetelés esetén) és vízszigetelő lemez. [1][2] A tervezés során az épülettel, így a födémmel szemben is követelményeket támasztunk. A műszakilag jól megválasztott épület funkcionálisan és esztétikailag is jó és mindemellett gazdaságos is. [3, p. 12] Magyarországon számos előírásnak kell teljesülnie ahhoz, hogy az építési termék vagy építményszerkezet – esetünkben a teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödém – jogszerűen és biztonságosan betervezhető, majd pedig beépíthető legyen. A vonatkozó tűzvédelmi követelményeket az Országos Tűzvédelmi Szabályzat (OTSZ), azaz az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet tartalmazza. Az OTSZ-ben megfogalmazott követelmények teljesítése lehetséges a vonatkozó nemzeti szabványok betartásával, a Tűzvédelmi Műszaki Irányelvben (TvMI) részletezett műszaki megoldásokkal, számítási módszerekkel, illetve a tűzvédelmi műszaki irányelvektől vagy a nemzeti szabványtól részben vagy teljesen eltérő megoldással, ha az azonos biztonsági szintet a tervező igazolja. [4] [5] [6]

2. SZABVÁNYOS VIZSGÁLATOK

A réteges felépítésű (szerelt) építményszerkezetek esetében nem állnak rendelkezésre európai harmonizált termékszabványok, ezért az ilyen építményszerkezetekre a 275/2013. (VII.16) Kormányrendelet² előírásainak figyelembevételével lehet Nemzeti Műszaki Értékelést (NMÉ), illetve Tűzvédelmi Műszaki Igazolást (TMI), majd ezek alapján teljesítménynyilatkozatot kiadni. Ez a dokumentum hivatott – a mechanikai és egyéb tulajdonságokon túl – igazolni a tűzben való viselkedés OTSZ által megfogalmazott követelményeinek teljesülését. Az OTSZ követelményeket állapít meg a tűzvédelmi osztályra³ és a tűzállósági teljesítményre⁴ vonatkozóan. [7, 2. melléklet] Ahogy korábban a bevezetőben említésre került, ennek igazolása történhet a vonatkozó nemzeti műszaki szabványok alkalmazásával, melyek segítségével a beépíteni kívánt szerkezeteket ugyanazon műszaki paraméterek mentén tudjuk vizsgálni és összehasonlítani.

2.1 Tűzállósági teljesítmény vizsgálata

„A tűzállóság meghatározásának célja, hogy értékelni lehessen az építményszerkezeti elem próbatestének viselkedését meghatározott tűzhatás- és nyomáskörülményeknek való kitettség esetén. A módszer eszközt ad meg egy elem magas hőmérséklet kitétellel szembeni ellenálló képességének mennyiségi meghatározásához. (...) A szerkezet reprezentatív mintáját egy pontosan meghatározott tűzhatásnak teszik ki, és a szabványban leírt kritériumok alapján figyelemmel kísérik a vizsgálati modell teljesítményét. A vizsgált szerkezet tűzállóságát azzal az időtartammal fejezik ki, amellyel a megfelelő kritériumokat teljesítette.” [8]

¹ EPS: expandált polisztirolhab.

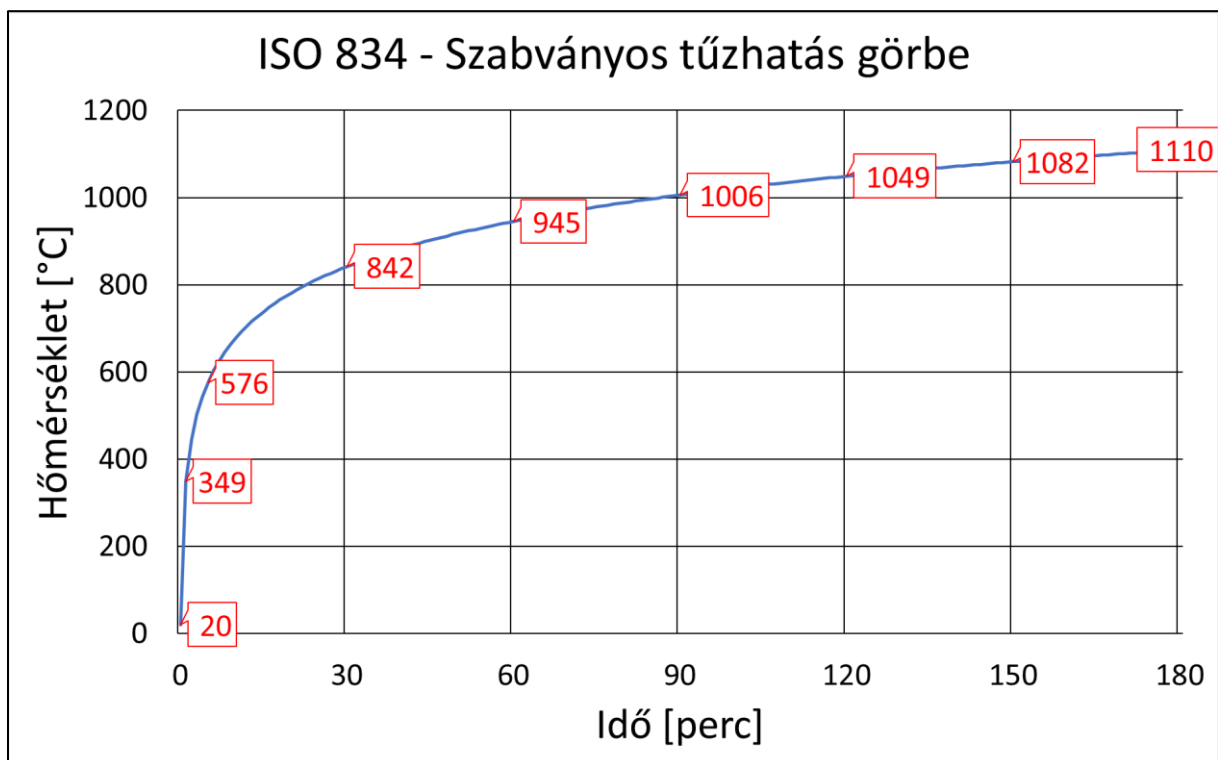
² 275/2013. (VII. 16.) Korm. rendelet az építési termék építménybe történő betervezésének és beépítésének, ennek során a teljesítmény igazolásának részletes szabályairól.

³ tűzvédelmi osztály: az építőanyagok és építményszerkezetek tűzzel szembeni viselkedésére jellemző kategória (OTSZ szerinti megnevezés), az új nomenklatúra alapján az anyagok és építési célú termékek viszonylatában ezek elnevezése most tűzzel szembeni viselkedési osztály.

⁴ tűzállósági teljesítmény: a vonatkozó műszaki követelménynek megfelelő tűzállósági vizsgálat kezdésétől számított, a vizsgált építményszerkezet valamely tűzállósági határállapotba kerülésének eléréséig eltelt idő órában vagy percben.

A fent említett idézet az MSZ EN 1363-1:2020 szabványból származik. Ez a szabvány állapítja meg az általános alapelveket a szabványos tűzhatásnak kitett építményszerkezeti elemek tűzállóságának meghatározásához. A kapott vizsgálati eredmények közvetlenül alkalmazhatók más, hasonló kialakítású elemekre. Ennek módját és mértékét a vizsgálati eredmény közvetlen alkalmazási területe határozza meg. [9]

Egy teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödém vizsgálata során, majd a vizsgálati adatok kiértékeléséhez vizsgálati és osztályozási szabványokat kell alapul venni. A vizsgálati szabványok közé tartozik az MSZ EN 1363-1:2020 szabvány, mely általános követelményeket fogalmaz meg a vizsgálatban és ezt egészíti ki az MSZ EN 1365-2:2015 szabvány [10], mely kifejezetten a teherhordó födémekre vonatkozik. A vizsgálatok során a próbatestet standard, szabványos (ún. beltéri vagy cellulóz tűzhatás görbe) tűzhatásnak teszik ki. (1. kép)



1. kép Szabványos tűzhatás görbe⁵ (készítette a szerző)

2.2 Vizsgálati próbatest

A vizsgálatokat valós léptékű vizsgálati próbatesteken végzik, melyeknek szabványi előírás szerint reprezentálniuk kell a valóságban beépítésre kerülő szerkezetet. Ez a gyakorlatban egy egyirányban teherviselő födém esetében minimum 2 méter széles és a kemence tűztérnyílásától függő, de legalább 4 méter hosszú próbatestet jelent.⁶ Az elvégzett és feldolgozott vizsgálatok során a próbatest rétegtrendje az alábbiak szerint épült fel (fentről, a tűztér felé haladva):

- Vízszigetelő lemez: PVC⁷ lemez.

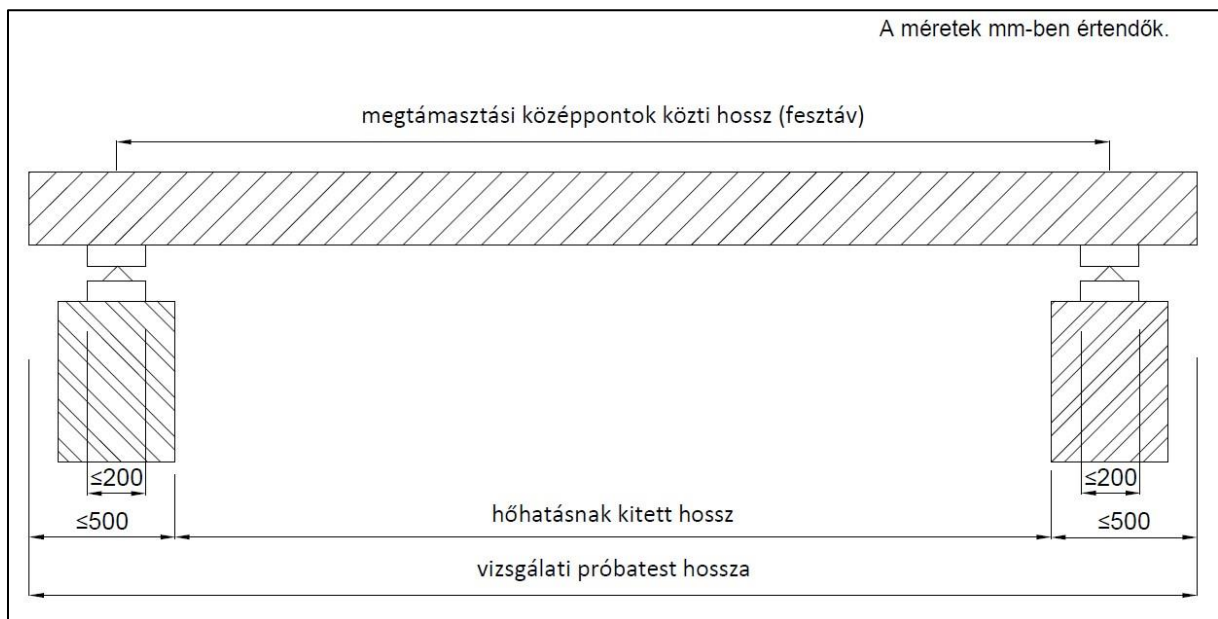
⁵ Szabványos tűzhatás görbe: $T = 345 \log_{10}(8t+1) + 20$, ahol T az átlagos kemence-térhőmérséklet (°C), t a vizsgálat megkezdésétől eltelt idő percben.

⁶ Tűzhatásnak kitett méretek.

⁷ Poli(vinil-klorid).

- Hőszigetelő réteg: nem éghető hőszigetelés (kőzetgyapot), hőre lágyuló hőszigetelés (EPS), hőre keményedő, szenesedő hőszigetelés (PIR⁸ hab) vagy vegyes rétegrend (előbbieket különböző kombinációi).
- Párazáró fólia: PE⁹ vagy bitumenes párazáró fólia.
- Acél trapézlemez (változó anyagminőség, de általában S320 GD, eltérő bevonatrendszer és lemezvastagság).

A teherhordó szerepet betöltő trapézlemez bordamagassága a bemutatásra kerülő vizsgálatok során minden esetben 153 mm volt, a statikai modell kéttámaszú tartó (2. kép), a támaszoknál csuklós kapcsolattal. A trapézlemezek támaszokhoz történő rögzítése különböző rögzítőelemekkel történt, minden bordában legalább 2 db csavarral. A támaszok tengelytávolsága (feszítáv) 4300 mm-től 4450 mm-ig terjedt. A trapézlemezeket egymáshoz fűzőcsavarozással rögzítették, 250-500 mm távolságban. A vizsgálati próbatestek lapostetőként, azaz 0°-os dőlésszöggel kerültek kialakításra.



2. kép A vizsgálati próbatest hosszmetsete az MSZ EN 1365-2:2015 szabvány alapján, (készítette a szerző)

2.3 Teljesítmény kritériumok

Teherhordó szerkezetek esetében három teljesítmény kritériumról beszélhetünk:

- Teherhordó kapacitás (R): a vizsgálati próbatest azon képessége, hogy elviseli a vizsgálati terhet anélkül, hogy túllépné mind az alakváltozás mértékére, mind a sebességére vonatkozó előírt kritériumokat.
- Integritási képesség (E): a vizsgálati próbatest azon képessége – térelhatároló szerkezeti elem esetében –, hogy egyoldali tűzkitét esetén megakadályozza lángok vagy forró gázok áthatolását a tűzhatásnak nem kitett oldalra. A vizsgálati próbatest elveszti integritási képességét, ha a szerkezeten keresztül tartós lángolás¹⁰ tapasztalható.

⁸ Poliizocianurát.

⁹ Polietilén.

¹⁰ Tartós lángolás: több mint 10 másodpercen keresztül tapasztalható folyamatos lángolás.

- Hőszigetelő képesség (I): a vizsgálati próbatest azon képessége, hogy egyoldali tűzkitét esetén meghatározott mértékben korlátozza a tűzhatásnak nem kitett oldal hőmérséklet-emelkedését.

A továbbiakban a teljesítmény kritériumok közül az integritási- és hőszigetelő képesség kerül tárgyalásra. A teherhordó képesség egy korábbi cikk keretében került kifejtésre. [9]

2.4 Integritási képesség és hőszigetelő képesség

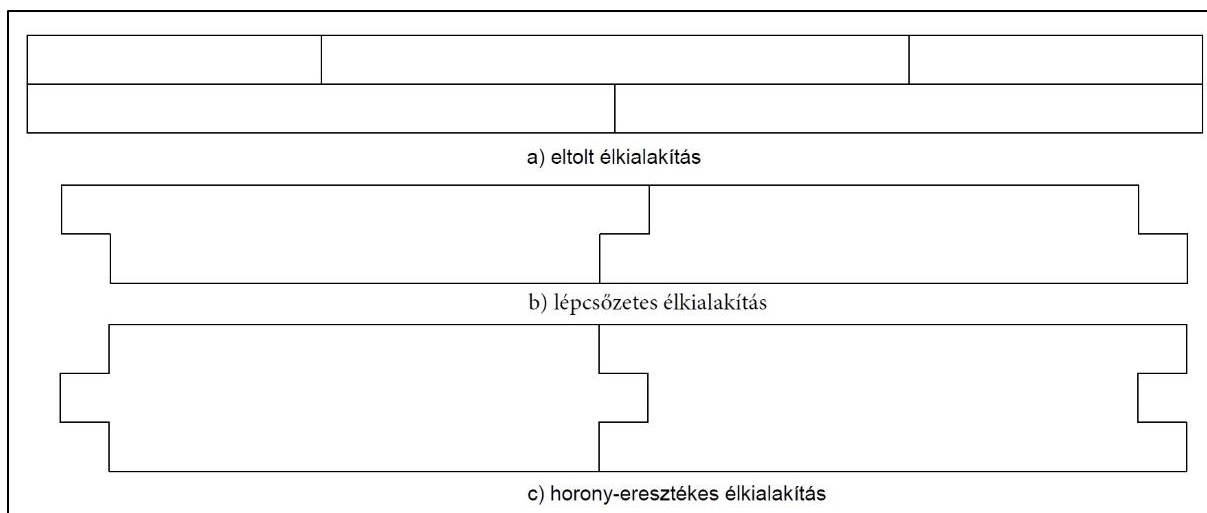
Míg a teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek esetén a teherbíró képesség alapvetően magától a trapézlemeztől függ, addig az integritási és hőszigetelő képességet a trapézlemez mellett a réteges felépítésű építményszerkezet további rétegei befolyásolják.

2.4.1 Integritás

A vizsgálat során egy födém integritását gyapjú vattalapokkal, résmérőkkel és a vizsgálati próbatest szemrevételezésével kell kiértékelni a tartós lángolás bizonyítására. [8] Az integritást nagyban befolyásolja az alkalmazott párazáró-, hőszigetelő- és vízzáró rétegek anyagi tulajdonsága, illetve a rétegek, azon belül az illesztések kialakítása. A vizsgálat során – hacsak a megbízó máshogy nem rendelkezik – áttörés mentes próbatest kerül kialakításra. Így bár az áttörések lezárása kritikus lehet a födémek átégésének szempontjából, ezek tömítésére vonatkozóan nem rendelkezünk vizsgálati tapasztalatokkal. A szakma által elfogadott és javasolt csomóponti kialakításokra vonatkozó elvi ábrák az Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői című TvMI L. mellékletének [11] részét képezik.

A hőszigetelő lemezek illesztéseit háromféle módon lehet kialakítani (3. kép). A kőzetgyapot táblás rendszerre jellemző, hogy a hőszigetelés minimum két rétegből áll, ahol a rétegeket egymáshoz képest eltolt éllel fektetik le. Ez a módszer a vizsgálatok alapján előnyösnek mondható, mert a lehajlás hatására megnyíló illesztések felett homogén, megszakítás nélküli tábla helyezkedik el, mely megakadályozza a hő-, illetve a láng áthatolását a szerkezeten. Az ilyen élkialakítású próbatestek az esetek többségében a teherbíró kapacitásuk elvesztésével mennek tönkre.

A kőzetgyapottal ellentétben a PIR hab táblákra jellemző, hogy amennyiben megoldható egy rétegben kerülnek elhelyezésre. Emiatt az egyenes élkialakítás mellett megjelentek a lépcsőzetes, valamint a horony-eresztékes illesztési módok is. Egyértelműen megállapítható, hogy az egy rétegben lerakott, egyenes élkialakítású táblák a legkedvezőtlenebbek vizsgálati szempontból, ráadásul a PIR hab tábla vastagsága is befolyásolhatja az illesztés megnyílásának mértékét a lehajlás függvényében. A másik két lehetőség esetén nem lehet egyértelműen megmondani, hogy melyik illesztési mód az előnyösebb, de feltételezhetjük, hogy a horony-eresztékes elrendezés kedvezőbb eredményeket ad, figyelembe véve a hő- és a láng útját az illesztés mentén, a szerkezeten keresztül.



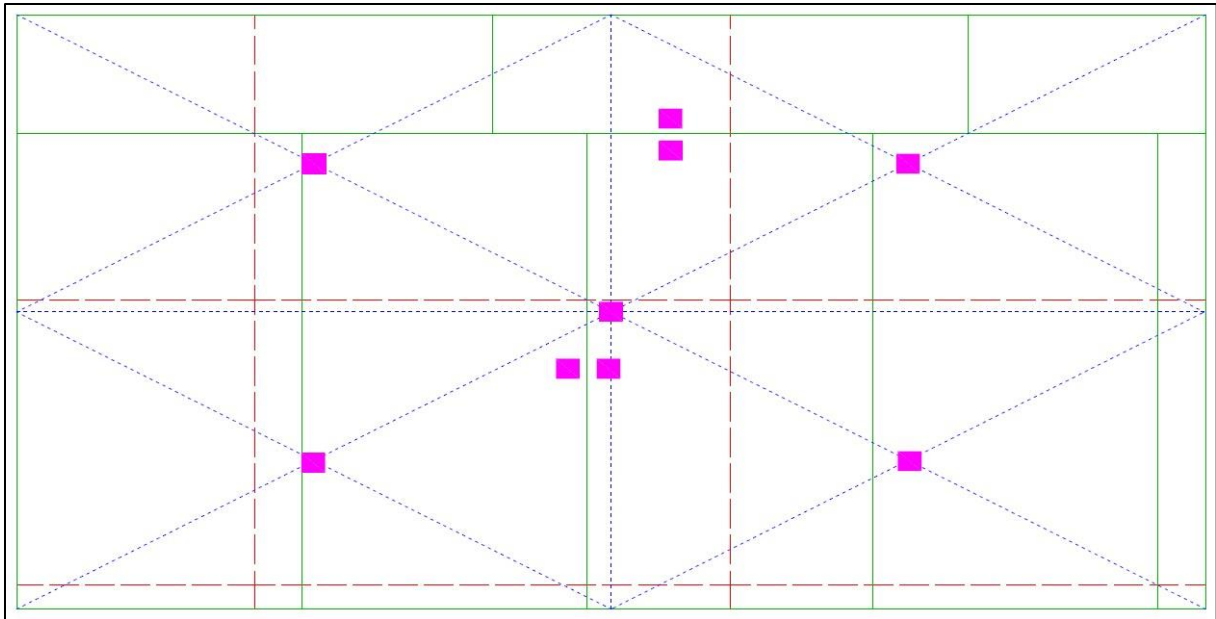
3. kép A hőszigetelő lemezek illesztéseinek eltérő kialakítási módjai (készítette: a szerző)

2.4.2 Hőszigetelés

A hőszigetelési képesség megállapításához felületi hőelemek elhelyezése szükséges a vizsgálati próbatest tűzhatásnak nem kitett oldalán, azaz a vízszigetelő lemezen. Ahhoz azonban, hogy pontosabb képet kapjunk a szerkezet viselkedéséről és megfeleljünk mind a szabvány [10], mind pedig a TvMI [11] előírásainak – ahol a szabvánnyal ellentétben a vízszigetelő lemezt általában nem tekintik a teljes szerkezet részének –, kiegészítő hőelemek kerülnek elhelyezésre a rétegek között. A vizsgált szerkezet esetén a tűzhatásnak nem kitett oldal átlagos felületi hőmérséklet-emelkedését öt hőelemmel kell mérni, melyből egyet a modell közepére, és egyet-egyet mindegyik negyedrészt közepére kell elhelyezni.¹¹ Az átlagos felületi hőmérséklet-emelkedés a vizsgálat során nem haladhatja meg a 140 K-t, és az egyes hőelemek által mért értékek a 180 K-t. A maximum-hőmérséklet méréshez hőelemeket szükséges elhelyezni azokon a helyeken – jellemzően illesztések mentén¹² –, ahol magasabb hőmérsékleti viszonyok várhatóak. A maximális felületi hőmérséklet-emelkedés nem haladhatja meg a hőelemenkénti 180 K-t. [9] Ugyanezek a szabályok vonatkoznak a rétegek között informatív céllal elhelyezett hőelemekre is. A 4. képen egy példát láthatunk a hőelemek elhelyezésére vonatkozóan. A szaggatott vonal jelöli az alsó réteg kialakítását, a folytonos vonal a felső réteg kialakítását, a pontvonal jelöli ki az átlagos felületi hőmérséklet-emelkedés mérésére szolgáló hőelemek helyeit. A hőelemek négyzetes jelölést kaptak. A képen jól látható a korábbiakban taglalt előnyös, eltoló élkialakítás, valamint, hogy általában hol várhatóak magasabb hőmérsékleti viszonyok a vizsgálat során az illesztések megnyílásával. Elmondható tehát, hogy az élkialakítás mind az integritásra, mind a hőszigetelésre nézve befolyással van.

¹¹ Amennyiben a hőelem közel esne egy illesztéshez, úgy az illesztéstől min. 5 cm távolságra szükséges elhelyezni.

¹² Az illesztéstől min. 2 cm távolságra.



4. kép Két rétegű hőszigetelés táblakiosztása és a felső réteg hőszigetelésén elhelyezett hőelemek (készítette a szerző)

A kapott értékekre hatással lehet továbbá az alkalmazott hőszigetelő anyag is. Ahogy a Bevezető részben említésre került, a tervezésnél nem elegendő műszakilag megfelelő anyagokat választani, figyelembe kell venni egyéb – funkcionális, esztétikai és gazdasági – szempontokat is. Míg a nem éghető kőzetgyapot hőszigetelés jobb tűzzel szembeni viselkedési osztállyal rendelkezik, és így az elkészült födém kedvezőbb tűzvédelmi osztály besorolást kaphat [11], így az OTSZ által előírt követelményeket szélesebb körben tudja teljesíteni, addig az EPS + kőzetgyapot vegyes hőszigetelés vagy PIR hab hőszigetelés kedvezőbb lehet a födém önsúlyára nézve, melynek csökkenése nagyobb többlet teher alkalmazását teszi lehetővé.

A műanyag hőszigetelő anyagok egyik előnye, hogy könnyen kezelhetők, kedvező hőszigetelő hatás érhető el velük, jó a méret- és térfogat tartósságuk, valamint a fizikai és kémia stabilitásuk. Hátrányuk azonban, hogy csak kis mértékben tudnak ellenállni a mechanikai hatásoknak és égéskésleltető alkalmazása nélkül az égésük nagy hőfelszabadulással, valamint toxikus gázok képződésével jár. [13] [14] [15]

3. VIZSGÁLATI EREDMÉNYEK

A vizsgálati próbatetek beépítése és vizsgálata akkreditált vizsgálólaboratóriumban történt. Az alkalmazott vízszintes elrendezésű vizsgálókemence tűztér nyílása 3000×4000 mm volt. A vizsgálókemence tűzterének hőmérsékletét automatikusan vezérelt olajégők biztosították úgy, hogy a vizsgálati próbatestet csak szabványos hőhatás érte. A vizsgálat megkezdése előtt az MSZ EN 1365-2:2015 szabvány előírásainak megfelelően a vizsgálati próbatestet tűzmentett oldalának felületére és informatív céllal a rétegek közé K-típusú¹³, Ni-CrNi hőelemek kerültek elhelyezésre. A födém lehajlását a támaszok közötti födémmező közepén elhelyezett mini, köteles útdadó mérte.

A korábbiakban megállapításra került, hogy a vizsgálati próbatestet integritását elsősorban a hőszigetelő lemez megnyílása befolyásolja. Magas hőmérséklet hatására az acél fázisátalakuláson megy át, fizikai tulajdonságai – fajhője, hővezetési tényezője, szilárdsági és merevségi jellemzői –

¹³ Termoelektromos hőmérsékletérzékelő.

megváltoznak. Ennek következtében a vizsgálat előrehaladtával és a hőmérséklet emelkedésével alakváltozás (lehajlás) tapasztalható a szerkezeten. [16] A lehajlás hatására a hőszigetelő táblák elmozdulnak, illesztéseik megnyílnak. Körülbelül a vizsgálat 3-5. percében a párazáró fólia – a legtöbb esetben PE fólia – belobban és nagyjából 1-2 perc alatt kiég. Jellemzően ebben a szakaszban megfelelő terhelés alkalmazása mellett az illesztések elmozdulása még nem, vagy csak kis mértékben történik meg, így a fólia égésével keletkező láng nem tud áthatolni a födém szerkezeten. Kivételt jelent ez alól a nem megfelelően megválasztott terhelés. Az egyik PIR hab hőszigetelésű vizsgálati minta esetén a szerkezetre felkerülő terhelés nem haladta meg a födémre a fesztáv függvényében meghatározott hőteher értékét.¹⁴ Ennek kiváltó oka, hogy az emelkedő hőmérséklet hatására az acéllemezben hőtágulás megy végbe, melynek következménye, hogy a teherhordási iránnyal megegyezően a trapézlemez mérete megváltozik, hosszirányú megnyúlás tapasztalható. A merev rögzítésnek köszönhetően ezt a méretváltozást a szerkezet hosszirányban nem tudja felvenni, így megkezdődik az alakváltozás. Az alkalmazott kismértékű terhelés¹⁶ nem képes ellensúlyozni a fellépő negatív nyomatékot, így ahelyett, hogy a födém elkezdene lehajolni a tűztér irányába, inkább megemelkedik. Ennek a negatív lehajlásnak a vizsgálat során fellépő legmagasabb – a szerkezet középvonalához legközelebb eső illesztésnél – értéke körülbelül 140 mm volt. Ez az érték már elegendő volt ahhoz, hogy a lépcsős élkialakítású PIR hab táblák megnyíljanak annyira, hogy a szerkezet elveszítse integritását a vizsgálat 9. percében, amikor is tartós lángáttörés volt tapasztalható (5. kép).



5. kép A vizsgálati próbatest, tartós lángáttörés

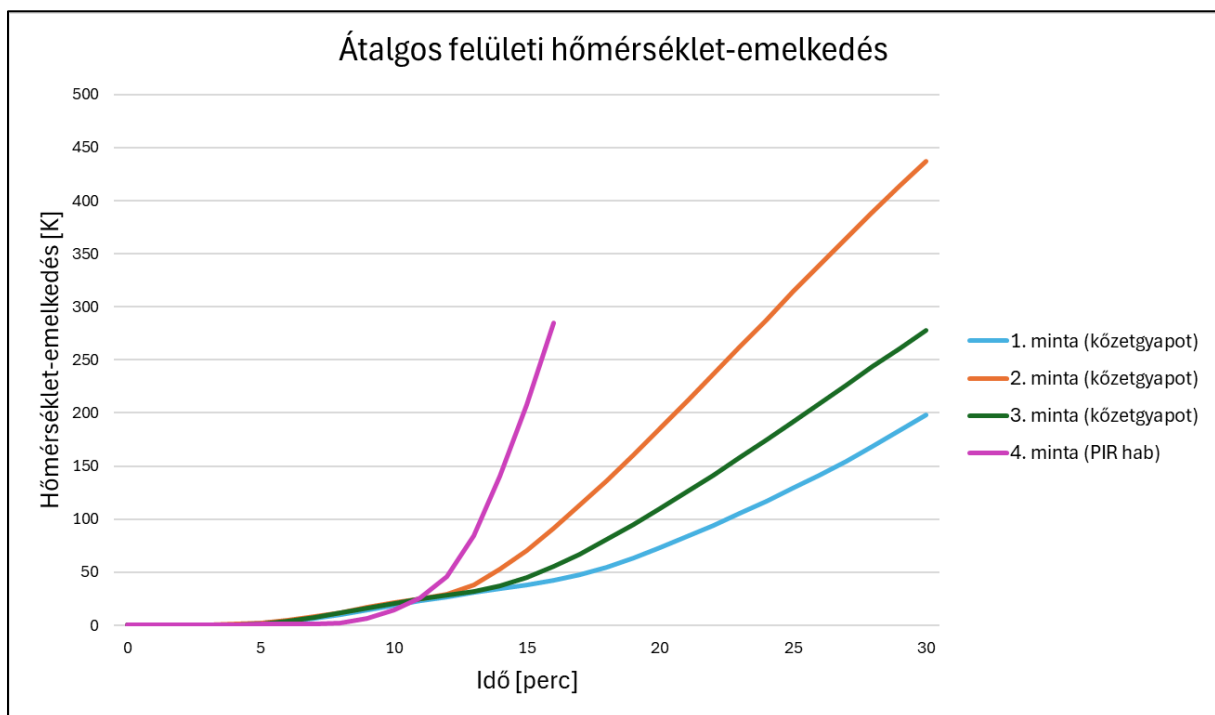
¹⁴ A gyakorlatban alkalmazott fesztáv általában 6 méter vagy afölötti. A vizsgáló kemence kisebb fesztávja miatt indokolt bizonyos mértékű túlterhelés, a kívánt maximális nyomaték és nyíróerő elérésének érdekében.

¹⁵ A tűztérrel ellentétes irányban emelkedett meg a födém.

¹⁶ Önsúly és installációs teher együttesen.

Az illesztések megnyílása a lángáttörésen kívül hőmérséklet-emelkedést is eredményez. A vizsgálatok során informatív céllal hőelemek kerülnek elhelyezésre a különböző rétegek közé. Ez azt jelenti, hogy kőzetgyapot hőszigetelés esetén hőelem kerül a két kőzetgyapot réteg, a felső kőzetgyapot réteg és a vízszigetelő lemez közé is. Utóbbira azért van szükség, mert a TvMI lehetőséget ad a vízszigetelő lemez szerkezetvizsgálat nélküli cseréjére, amennyiben a vízszigetelő lemez adott hordozón teljesíti a B_{roof} (t1) követelményt¹⁷. Ezzel szemben a fűdémvizsgálati szabvány a már korábban említetteknek megfelelően a szerkezetet a vízszigetelő lemezzel együtt tekinti teljesnek, így hőelemzés szempontjából megfelel a vizsgálat a szabványnak, viszont lehetőséget ad a továbbiakban a TvMI alapján történő eljárásra is.

Az alábbiakban a teljesség igénye nélkül kerül bemutatásra 4 darab vizsgálati minta átlagos- és maximális felületi hőmérséklet-emelkedése. Az összehasonlíthatóság érdekében a kőzetgyapot hőszigetelést tartalmazó próbatesteknél az első réteg kőzetgyapoton, míg az egy rétegű PIR hab hőszigetelést¹⁸ tartalmazó próbatestnél a PIR habon elhelyezett hőelemeket vesszük alapul. A 6. képen bemutatásra kerül a középpontban és a negyedelő pontokban elhelyezett öt darab hőelem átlaga, míg a 7. képen mintánként annak az egy hőelemnek a maximális hőmérséklet-emelkedése, amely a leggyorsabban haladta meg a maximális 180 K-t. Az 1. minta 60 mm, míg a 2. és 3. minta 80 mm vastag, közel azonos testsűrűségű kőzetgyapotot tartalmazott első réteggként. A PIR hab tábla 100 mm vastag, lépcsőzetes élkialakítású volt. Az átláthatóság kedvéért a vizsgálatok időtartamából 30 perc került ábrázolásra, kivéve a 4. esetében, ahol a vizsgálat a 16. percben leállításra került.



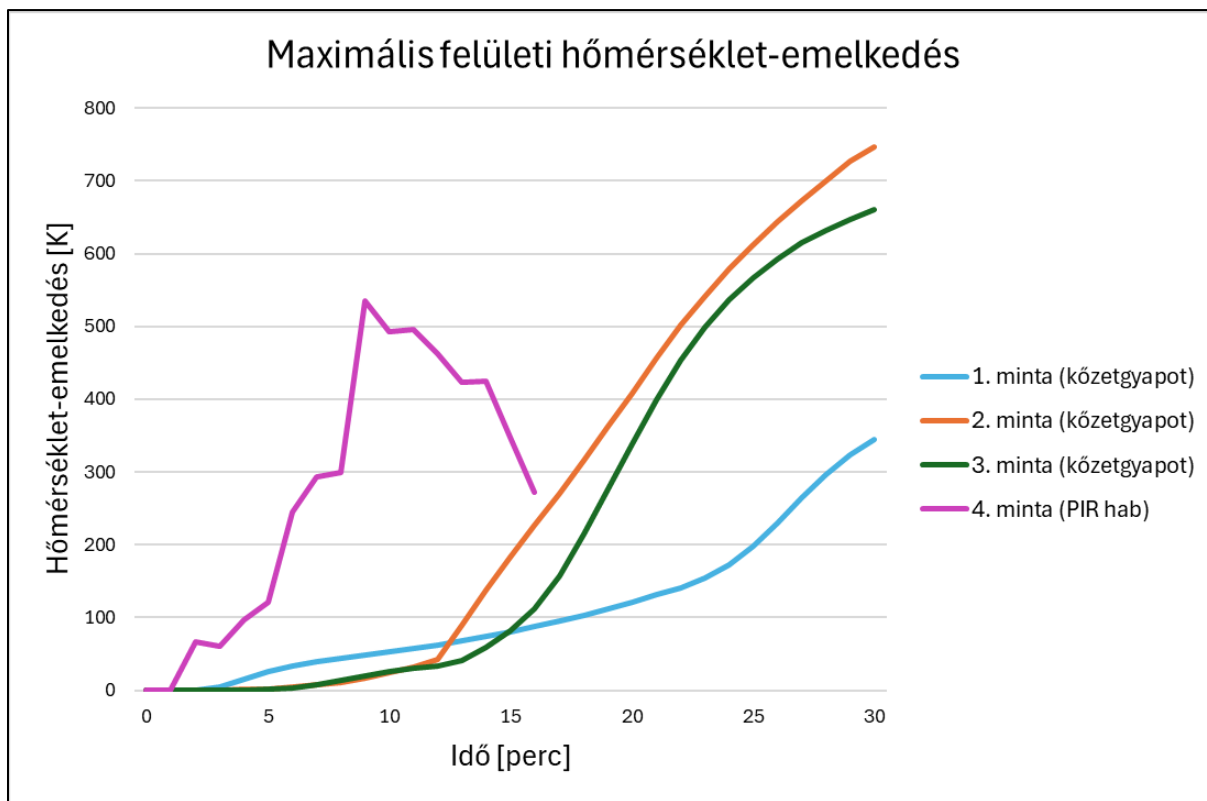
6. kép Átlagos felületi hőmérséklet-emelkedés az 1. hőszigetelő rétegen (készítette: a szerző)

Az 1., 2. és 3. minták esetében elmondható, hogy az első 10 percben nagymértékű alakváltozás következett be, a megengedett maximális lehajlási érték nagyjából 30-40%-át 1-2 perc alatt haladta meg a fűdém lehajlása. Ezt követően a lehajlás értéke nagyjából egyenletes ütemben nőtt. A lehajlás hatására az illesztések egyre jobban megnyíltak és a 10. percet követően látható, hogy a mért átlagos hőmérséklet egyenletes növekedésnek indul. A 4. minta esetén az első 13 percben negatív lehajlás

¹⁷ Tetők külső tűzhatásnak való kitétele.

¹⁸ A minta már korábban, az integritási képesség szempontjából bemutatott minta.

volt tapasztalható, a fűdém szerkezet megnyílt, a vizsgálat 9. percében integritás veszteség következett be, ennek megfelelően látható, hogy nagyjából a 9. perctől ugrásszerű hőmérséklet-emelkedés figyelhető meg.



7. kép Maximális felületi hőmérséklet-emelkedés az 1. hőszigetelő rétegen (készítette: a szerző)

Maximális hőmérséklet-emelkedés esetén a 7. képen látható görbék már nem mutatnak olyan egyenletesen emelkedő tendenciát, mint a 6. képen. Ennek oka, hogy a hőelem 2 cm-rel az illesztések mellett került elhelyezésre, így az átáramló forró gázok hirtelen kezdik el felmelegíteni. A 4. minta görbéje ugrásszerűen nő egészen a 10. percig, majd folyamatos csökkenést mutat. Mindez azzal magyarázható, hogy a fűdém szerkezet nagyjából a 10. percben érte el a maximális negatív lehajlást, így az illesztések megnyílása ebben a pillanatban volt a legnagyobb, majd ahogy a lehajlás megindult a kemencetér irányába, úgy kezdtek az illesztések ismét összezáródni.

Az elvégzett vizsgálatokból – a fenti példákon keresztül – kiderül, hogy az integritás és a hőszigetelés függ a lehajlás mértékétől, az alkalmazott élkialakítástól és beépített hőszigetelő anyagtól is.

4. KÖVETKEZTETÉS

Magyarországon rendre új csarnoképületek létesülnek, melyekhez a tervezők teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémeket terveznek. Előnyök közé sorolható, hogy gyorsan és gazdaságosan telepíthetők, az engedélyeik alapján a beépített alapanyagok bizonyos határokon belül változtathatók, így a kivitelezés során felmerülő esetleges alapanyaghiány könnyen megoldható. Hátrányuk ezeknek a szerkezeteknek, hogy a vizsgálatok alapján csak adott mennyiségű terhet képesek viselni – osztályozási jegyzőkönyvben és TMI-ben rögzített értékek –, így a jelenlegi igényeket, a nagymértékű installációs terhelést és a napelemek megjelenésével jelentkező többlet terhelést egyre kevesebb minősített rendszer tudja kielégíteni. Ennek következménye a megnövekedett igény az ilyen jellegű laboratóriumi vizsgálatokra, a teherhordó kapacitás értékek kibővítése érdekében.

Előfordul olyan megoldás, hogy a vizsgálat az elvártakhoz képest alacsonyabb terheléssel kerül elvégzésre, s a beépítés során egyedi eltérési engedélyért folyamodnak a kivitelezők. Ez a megoldás segítségül hív egy szimulációs módszert, és a szimuláció eredményét alapul véve határozzák meg az elvárt tűzállósági teljesítmény időtartamához a födém alatti hőmérsékletet, ami általában jóval alacsonyabb értéket mutat, mint a vizsgálat azonos percében mérhető kemencetéri hőmérséklet. Az így meghatározott értékek alapján állapítják meg, hogy adott percben milyen terhelés mellett tudja teljesíteni a teherhordó födém a vele szemben támasztott követelményeket, másik két teljesítmény kritériumot – integritás és hőszigetelés – pedig a már meglévő dokumentumok alapján igazolják. Mindez és a korábbiakban taglalt vizsgálati eredmények felvetnek néhány további kérdést. Vajon valóban elválasztható-e a teherhordó kapacitás az integritástól és a hőszigeteléstől? Az egyértelműen megállapítható, hogy az utóbbi kettő nagymértékben függ a teherhordó kapacitástól, nem véletlenül mondja ki a szabvány is, hogy a vizsgálat során, ha a szerkezet tönkremenetelét a teherhordó képesség elvesztése okozza, akkor automatikusan nem teljesítettnek kell tekinteni az integritást és a hőszigetelést is. Vajon mennyiben befolyásolja a kezdeti szimulációt egy funkcióváltás, a tárolt anyagok, berendezések megváltozása? Ilyes esetben mindenképpen javasolt a szimuláció és a számítás felülvizsgálata, újra elvégzése.

Egy másik megközelítés, hogy az eredményeket a beépített anyagok oldaláról vizsgáljuk. A vizsgálati tapasztalatok azt mutatják, hogy a jól megválasztott terhelés, hőszigetelő anyag, élkialakítás együttesen járulnak hozzá a födém tűzállósági teljesítményéhez. Amennyiben a trapézlemezek fűzőcsavarozása megfelelően történik, úgy a szerkezet nem tud megnyílni alulról és várhatóan teherhordásra megy tönkre a vizsgálat során. Ezt a kérdést árnyalhatja, az alkalmazott párazáró fólia, mely egy esetben negatívan befolyásolta a vizsgálat kimenetelét. F tűzzel szembeni viselkedési osztályú¹⁹ párazáró fólia beépítése a közetgyapot hőszigetelésű építményszerkezet teljesítményét ronthatja, PIR hab esetében idő előtti tönkremenetelt is okozhat. A folyamat megismerésének céljából, illetve egyértelmű következtetések levonásához további vizsgálatok (SBI²⁰) elvégzése indokolt.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] P. Roszkowski, J. Fangrat „Critical temperature of roof trapezoidal steel sheets based on fire resistance tests”, *Fire Safety Journal*, vol. 141, pp. 1-10, 2023. DOI: 10.1016/j.firesaf.2023.103855
- [2] B. Kulcsár „Acél trapézlemez tetőfödémek viselkedése tűzhatásra, alkalmazás és igazolás”, *Hadmérnök*, VIII. évfolyam 2. szám, pp. 227-243, 2013. [Online]. Elérhetőség: http://hadmernok.hu/132_20_kulcsarb.pdf (2022. 09. 10.)
- [3] L. Kollár, *Bevezetés a tartószerkezetek tervezésébe*, Budapest: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építészmérnöki Kar, 2008
- [4] L. Bérczi, Cs. Badonszki „A tűzvédelmi tervezés fő tartópillérei a tűzvédelmi műszaki irányelvek”, *Védelem Tudomány*, VI. évfolyam 2. szám, pp. 66-96, 2021. [Online]. Elérhetőség: <https://ojs.mtak.hu/index.php/vedelemtudomany/article/view/13473/10891> (2022. 10. 24.)
- [5] P. J. Jasztrab, G. Csőke „Építőipari kivitelezések tűzvédelmi szabályozásának vizsgálata”, *Műszaki Katonai Közlöny*, 30. évfolyam 1. szám, pp. 41-61, 2020, DOI: 10.32562/mkk.2020.1.3.
- [6] Az 1996. évi XXXI. törvény a tűz elleni védekezésről, a műszaki mentésről és a tűzoltóságról [Online] Elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=99600031.tv> (2024.04.13.)
- [7] Az 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról, [Online] Elérhetőség: <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1400054.bm> (2024. 04. 13.)

¹⁹ az OTSZ 13§ alapján bizonyos feltételek mellett F tűzzel szembeni viselkedési osztályú építőanyag is beépíthető

²⁰ SBI: Single Burnin Item, építési termékek vizsgálata egy égő tárgy hőhatása esetén

- [8] MSZ EN 1363-1:2020 Tűzállósági vizsgálatok. 1. rész: Általános követelmények., 2020.
- [9] K. Komlai „Teherhordó trapézlemez alapszerkezetű tetőfödémek tűzállósági vizsgálata: teherhordó kapacitás”, *Biztonságtudományi Szemle*, 6. évfolyam 1. különszám, pp. 45-59, 2024. [Online]. Elérhetőség: <https://biztonsagtudomanyi.szemle.uni-obuda.hu/index.php/home/article/view/414/344> (2024. 04. 18.)
- [10] MSZ EN 1365-2:2015 Teherhordó elemek tűzállósági vizsgálata. 2. rész: Födémek és tetők, 2015.
- [11] A Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői Tűzvédelmi műszaki irányelv, TvMI 11.3:2022.06.13., [Online] Elérhetőség: <https://www.katasztrofavedelem.hu/application/uploads/documents/2022-04/78648.pdf> (2024. 04. 15.)
- [12] MSZ EN 13501-2:2023 Építési termékek és építményszerkezetek tűzvédelmi osztályozása. 2. rész: Osztályba sorolás a tűzállósági és/vagy füstzárási vizsgálatok eredményeinek felhasználásával, a szellőztetőrendszerek kivételével, 2023.
- [13] G. Parlagi „Műanyag Építési termékek tűzvédelmi kérdései”, *Védelem Katasztrófavédelmi Szemle*, 6. szám, pp. 15-18, 2014. [Online]. Elérhetőség: [https://www.emi.hu/webadatbazisok/Publikaciok.nsf/PublicationsPreviewHTMLByDate/BBE5CCCD8C928675C1257DDC0037B465/\\$FILE/2014_6_Muanyag-epitesi-termekek-tuzvedelme-Vedelem-ParlagiM.pdf](https://www.emi.hu/webadatbazisok/Publikaciok.nsf/PublicationsPreviewHTMLByDate/BBE5CCCD8C928675C1257DDC0037B465/$FILE/2014_6_Muanyag-epitesi-termekek-tuzvedelme-Vedelem-ParlagiM.pdf) (2024. 04. 13.)
- [14] A. A. Stec, T. R. Hull „Assessment of the fire toxicity of building insulation materials”, *Energy and Buildings*, vol. 43, pp. 498-506, 2011. DOI: 10.1016/j.enbuild.2010.10.015
- [15] A. A. Stec „Fire toxicity – The elephant in the room?”, *Fire Safety Journal*, vol. 91, pp. 79-90, 2017. DOI: 10.1016/j.firesaf.2017.05.003
- [16] G. L. Balázs et al, *Szerkezetek tervezése tűzterherre az MSZ-EN szerint (vasbeton, acél, fa)*, Budapest: Magyar Mérnöki Kamara, 2010