



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

Hidak és Szerkezetek Tanszék

Vékonyfalú acél trapézlemezес födémszerkezetek

tűzállósága

Kutatás-fejlesztési jelentés

Témavezető:

Dr. Horváth László

egyetemi docens

Tanszékvezető:

Dr. Dunai László

egyetemi tanár



Budapest, 2011. február

Tartalomjegyzék

1	Körülmények	3
2	Bevezetés	3
3	A tűzállósági vizsgálatokra vonatkozó szabványelőírások összehasonlítása	5
3.1.	Próbatestek kialakítása	6
3.2.	Próbatestek száma.....	7
3.3.	Vizsgálati terhelés	8
3.4.	Próbatestek mérete	9
3.5.	Határállapot definíciója	10
3.6.	A vizsgálatok dokumentálása	11
3.7.	A vizsgálati eredmények alkalmazási területe	12
4	A tűz esetén tekintetbe veendő terhelés meghatározása.....	14
5	A kísérleti eredmények alkalmazása, kiterjesztési lehetőségek	16
6	Esettanulmányok a vizsgálati eredmények kiterjesztésére a kihasználtságon alapuló módszer alkalmazásával.....	22
6.1.	LINDAB LTP 150-es trapézlemeztes tetőfödém REI30 tűzállóságra.....	22
6.2.	LINDAB LTP 85-ös trapézlemeztes tetőfödém REI30 tűzállóságra.....	30
6.3.	LINDAB LTP 150-es trapézlemeztes födém REI15 tűzállóságra.....	35
7	Összefoglalás.....	39
8	Irodalomjegyzék	41

1 Körülmények

A Lindab Építőipari Kft. Profil üzletága 2010. november 1-én megbízta a BME Hidak és Szerkezetek Tanszékét vékonyfalú acél trapézlemezkes födém- és tetőszerkezetek tűzállóságával kapcsolatos kutatómunka elvégzésével.

Ennek során a Tanszék feladatát képezte

- a vékonyfalú acél trapézlemezkes födém- és tetőszerkezetek tűzállóságára vonatkozó szabványelőírások áttekintése,
- a vékonyfalú acél trapézlemezkes födém- és tetőszerkezetek tűzállóságára vonatkozó kísérleti vizsgálatok egységes kezelésének tanulmányozása,
- a vizsgálati eredmények kiterjesztésére vonatkozó egységes eljárás kifejlesztése,
- a kutatási eredmények alapján a további felhasználás lehetőségeinek elemzése, gyakorlati alkalmazások bemutatása LINDAB szerkezetek tűzkísérleteinek felhasználásával.

A kutatómunka eredményeit ezen jelentésben foglaljuk össze.

2 Bevezetés

Az épületek tűzvédelmének szabályozásában az elmúlt évek során nagyon jelentős változások következtek be. Az egységes európai előírásrendszer bevezetésével részben megváltoztak, részben megszűntek a nemzeti előírások. A korábbi MSZ szabványokat felváltották az európai szabványok (EN-ek) honosított változataiként az MSZ EN szabványok, sajnos legjelentősebb részük ma még csak magyar előlappal, angol nyelven hozzáférhető. A változások egyaránt érintették a

tűzvédelmi követelményekre, a tervezésre és az építőanyagok, épületszerkezetek tűzállósági vizsgálataira vonatkozó előírásokat.

A tűznek kitett épületszerkezetekkel szemben előírható tűzállósági követelményeket az EN 13501-2 [3] szabványban egységesítették. Az épületszerkezeteknek, illetve azok anyagainak másik fontos tűzvédelmi jellemzője azok éghetősége, amit az EN 13501-1 [2] szerinti tűzvédelmi osztály ír le.

Magyarországon a tűzvédelem legátfogóbb szabályait az Országos Tűzvédelmi Szabályzat [1] rögzíti. Az OTSZ rövid rendeletének számos melléklete van, amelyek – az előbb említett európai szabványok szerint – részletesen megszabják pl. az egyes létesítményekkel szemben támasztott tűzvédelmi követelményeket, valamint azok kielégítésének módjait. Az új OTSZ így számos változást hozott, ezek közül az egyik az, hogy lehetővé és elfogadottá tette a tartószerkezetek tűzben való teljesítményének számításal történő igazolását a laboratóriumi tűzállósági vizsgálatokkal egyenértékűen. Ezeket a számításokat a vonatkozó tartószerkezeti Eurocode-ok (MSZ EN 1990; MSZ EN 1991-1-2; MSZ EN 1992-1-2; MSZ EN 1993-1-2; MSZ EN 1995-1-2...) szerint kell elkészíteni.

A laboratóriumi tűzállósági vizsgálatokra vonatkozó előírások is megújultak. Az MSZ 14800/1-1989 [4] szabványt az EN szabványok sorozata váltotta fel. A laboratóriumi vizsgálatok általános elveit az EN 1363 [5], [6] szabványok tartalmazzák, amelyek magyar fordításban rendelkezésre állnak. Az egyes épületszerkezetek tűzállósági laborkísérleteire vonatkozó előírások szerkezettípusonként külön-külön szabványkötetbe vannak foglalva, például a födémekre és tetőkre az MSZ EN 1365-2 [7] előírásai vonatkoznak – ez viszont ma még csak angol nyelven hozzáférhető.

A számos új előírás megjelenése és bevezetése nem zökkenőmentes folyamat. Egyrészt a már megszokott MSZ-ek helyett más dokumentumokból kell

dolgozni, részben megváltozott szabályok szerint. Másrészt egy-egy feladatra több szabványból kell összegyűjteni a vonatkozó előírásokat, és azok sincsenek mindig teljes összhangban egymással. Néhány fontos kérdés – amely esetenként a korábbi MSZ-ekben szabályozva volt – a mostani előírásokban nem szerepel, vagy nincs rá egyértelmű válasz. A tűzállósági vizsgálatok tetemes költsége miatt Európa-szerte elterjedt gyakorlat, hogy laboratóriumi teherbírás-vizsgálatoknál szokásos kísérletsorozattal szemben a tűzállósági kísérleteknél mindössze 1 db próbatestet vizsgálnak szerkezet-típusonként. A kapott eredményekből levonható következtetések, a vizsgálttól eltérő alkalmazás lehetőségei nincsenek egyértelműen kodifikálva. Mindezek miatt tartjuk szükségesnek ezen áttekintés elkészítését, elsősorban a vékonyfalú acél trapézlemezűs födém- és tetőszerkezetek tűzállóságának kérdéseit szem előtt tartva.

3 A tűzállósági vizsgálatokra vonatkozó szabványelőírások összehasonlítása

Amíg az MSZ 14800 [4] nagyon rövid, melléklettel és függelékekkel együtt mindössze 8 oldal, addig a mai előírások jóval részletesebbek, bővebben, sokszor ismételten tartalmazznak azonos – vagy kissé eltérő – előírásokat. Az MSZ EN 1363 és MSZ EN 1365 szabványsorozat a laboratóriumi tűzvizsgálatokra vonatkozik, míg az MSZ EN 13501 a tűzállósági vizsgálatok eredményei alapján a tűzvédelmi osztályozás előírásait rögzíti.

A tűzvizsgálati laboratóriumi berendezésekre, vizsgáló eszközökre vonatkozó követelményeket és leírásokat nem elemeztük. A vizsgálat során alkalmazandó hőhatásgörbe minden előírásban az ISO 834 szerinti „szabványos tűzgörbének” felel meg, ettől eltérést az MSZ EN 1363-2 [6] speciális körülményekre engedélyez.

3.1. Próbatetek kialakítása

A tűzvizsgálatnak alávetett próbatest szerkezeti kialakítása, alátámasztási feltételei, rögzítései feleljenek meg a gyakorlatban beépítésre kerülő szerkezeti kialakításoknak és megoldásoknak. Ezt az MSZ 14800 [4] is megkövetelte, az MSZ EN 13501-2 [3] 7.1.2.3 és 7.1.2.4 pontjai utalnak rá. A laborvizsgálatok elvégzésének általános előírásairól szóló MSZ EN 1363-1 [5] 6.3 és 6.4 pontjai írják le legrészletesebben a követelményrendszert, az alábbiak szerint:

„...6.3 Tervezés

A próbatetek szerkezetében felhasznált anyagoknak a gyakorlatban előforduló elemet kell reprezentálniuk. Fontos, hogy tartalmazzák azokat a megfelelő felületképzéseket és illesztéseket, amelyek a próbatestnek lényeges részei, és befolyásolhatják azok viselkedését a vizsgálat folyamán. Semmiféle szerkezeti változtatás (pl. eltérő kapcsolatrendszer) nem fordulhat elő egyetlen vizsgálati próbatestben sem. Bármilyen módosítás, amit egy vizsgálati próbatest előírt vizsgálókeretben való elhelyezése érdekében hajtottak végre, olyan legyen, hogy ne gyakoroljon jelentős befolyást a vizsgálati próbatest viselkedésére; ezt teljes körűen le kell írni a vizsgálati jegyzőkönyvben.

6.4 Szerelés

A szerelés és (ha szükséges) az összeállítás módjának az elem gyakorlatban való használatát kell reprezentálnia. A kivitelezés színvonala pedig olyan legyen, amilyen szokásos körülmények között az épületben van.

A megbízó felelős azért, hogy a próbatest szerkezetének minősége a gyakorlatban előforduló terméket reprezentálja.

A laboratóriumnak monitoroznia kell a próbatest felállítását, hogy képes legyen a vizsgálati jegyzőkönyvben a felállítás módszerét és a kivitelezés részleteit bemutatni...”

Az MSZ EN 1365-2 [7] a teherhordó födémek és tetők laborvizsgálatának előírásairól szól, 6.3 pontjában további fontos követelményekkel pontosítja az előbbieket, például az alátámasztásokra és oldalirányú megtámasztásokra vonatkozóan:

„...6.3.6.1 Födém – és tetőszerkezetek (üvegezés nélkül)

a., Standard körülmények

A födém vagy tető egyirányban teherhordó kéttámaszú kialakításban vizsgálándó, a fesztáv és tűznek kitett felület a 6.1 pont szerinti legyen. Úgy kell felszerelni, hogy szabadon kialakulhassanak a hosszirányú elmozdulások és a lehajlások. A támaszok felülete sima beton vagy acéllemez legyen. A támasz szélessége feleljen meg a gyakorlatban használatos legkisebb szélességnek, de semmiképp se haladja meg a 200mm-t.

b., Más alá- és megtámasztási körülmények

Ha a támaszfeltételek eltérnek az a., pontban megadott standard körülményektől, akkor az alkalmazott megoldást részletesen le kell írni a vizsgálati jelentésben, és a vizsgálati eredmények felhasználását következetesen korlátozni kell...”

3.2. Próbatetek száma

Az MSZ 14800-1 [4] eredeti előírásai szerint egy vizsgálatban két azonos mintát kell tesztelni, eredményeiket pedig átlagolni kell. Csak egy vizsgált minta esetén pedig a kapott tűzállósági határérték 80%-a vehető csak figyelembe (2.5.3. és 5. pontok).

A jelenlegi előírások szerint az olyan térelhatároló elemek esetén, amelyeknek csak egyik oldalukon megkövetelt a tűzállóság, csak egy próbatetet kell vizsgálni (lásd pl. MSZ EN 1363-1 [5] 6.2.1 pontja).

A hazai vizsgáló- és minősítő ÉMI gyakorlata szerint már régóta egy próbadarab kísérleti vizsgálatának eredményéből készül a tűzállósági minősítés.

3.3. Vizsgálati terhelés

A vizsgálat során alkalmazandó terhek nagyságát és felrakásának módját az MSZ 14800-1 [4] 4.6 pontja úgy definiálta, hogy azokat:

... tűz esetén a szerkezetre ható összes terhelés elemzéséből kiindulva kell meghatározni. A statikai méretezés során figyelembe vett terhek alapértékével (biztonsági tényező = 1) azonos terheléssel kell vizsgálni...”

Ebből alakult ki az ÉMI hazai gyakorlata, mely szerint a hőteher akkori alapértékéből (0,8 kN/m²) kiindulva, a megbízó által igazolni kívánt fesztávolság szerint kiszámított intenzitású pótlólagos megoszló teher került a próbatestekre a tűzvizsgálat során.

A jelenlegi előírások szintén abból az alapelvből indulnak ki, hogy a tűzvizsgálat során alkalmazott terhelést a szerkezetre a tűzben ható összes teherből kell levezetni. A megbízó feladatává teszik a vizsgálati teher meghatározását (lásd MSZ EN 1363-1 [5] 5.4 pontja), ennek módját a vizsgálati jegyzőkönyvben ismertetni is kell (MSZ EN 1365-2 [6] 5.2 pontja), azonban nem mondják meg pontosan az alkalmazandó teherszintet – míg az MSZ 14800 ezt az előbbi idézet szerint megtette.

Az MSZ EN 1363-1 [5] „D” (tájékoztató) melléklete általános elveket fogalmaz meg a vizsgálati teherre, melyek szerint:

„... Meg kell jegyezni, hogy a vizsgálati teher nem szükségszerűen azonos a gyakorlatban alkalmazottal...

*... A vizsgálati adatok legszélesebb körű alkalmazása az, amely a vizsgálati teher és az általa a próbatest szerelésekor alkalmazott aktuális szerkezeti elemek mért anyagtulajdonságaira kifejtett igénybevételekkel kapcsolatos, míg ugyanakkor olyan **igénybevételeket** okoz ezen szerkezeti egységek kritikus területein, amelyek a nemzetileg elismert előírásokban szereplő, teherbírási határállapot szerinti tervezési eljárások által megengedett maximális **igénybevételek**. Ez lehetővé teszi a vizsgálati teher legszigorúbb alkalmazását, továbbá a vizsgálati adatok extrapolálásának és a számítási eljárásokban való felhasználásának reális alapjául szolgál. ...”*

Megjegyezzük, hogy a szabvány eredeti, angol nyelvű változata nem a magyar fordítás szerinti **igénybevételek = internal forces**, hanem a **stresses** kifejezést használja, ami inkább a **feszültség**, mint az **igénybevétel** fogalmának felel meg.

3.4. Próbatestek mérete

A vizsgálati próbatestek általában teljes méretűek legyenek. Ha valamilyen korlát miatt (pl. kemence méretei) kisebb feszítávolság vizsgálható, akkor az MSZ 14800 [4] 4.8 pontja szerint

„... a vizsgálati terhelésnek biztosítania kell a valódi szerkezet azonos keresztmetszeteiben fellépő feszültségekkel egyenlő feszültségeket a minta jellemző keresztmetszeteiben...”

Az MSZ EN 1365-2 [7] 5.2 pontja ugyanezt az egyenértékűséget a nyomatéki és nyírási **igénybevételek szintjén** fogalmazza meg. Ugyanott a 6. pontban a vizsgálat során a tűzhatásnak kitett minimális felületekre találhatók előírások.

3.5. Határállapot definíciója

A kísérleti vizsgálat során a teherbírási kapacitás kimerülését a szerkezet lehajlásának mérésével ellenőrzik. Két alakváltozási határértéket korlátoznak: külön a lehajlást, valamint külön a lehajlási sebességet.

Az MSZ 14800-1 [4] szerint tönkremenetelnek számít, ha:

- a lehajlás eléri az $L/15 - L/30$ nagyságot, vagy
- az alakváltozás sebessége eléri az $\frac{L^2}{9000h}$ [mm/perc] értéket.

Itt L a fesztávolság és h a tartómagasság [mindkettő mm].

Az MSZ EN az alábbiakban szabja meg a tűzállósági teljesítmény kritériumait:

- lehajlási határérték $D = \frac{L^2}{400d}$ [mm] ;
- a lehajlás sebesség határértéke $\frac{dD}{dt} = \frac{L^2}{9000d}$ [mm/perc].

Itt L a fesztávolság és d a nem tűzhatásra tervezett állapotban a keresztmetszet nyomott zónája szélső szálának és a húzott zónája szélső szálának távolsága [mindkettő mm].

Az MSZ EN 13501-2 [3] (angol nyelvű kiadás) 7.2.3.3 pontjának előírásai szerint az számít tönkremenetelnek, ha az előbb felsorolt kritériumok *mindegyike* túllépésre kerül. Az MSZ EN 1363-1 [5] 11.1 pontja (magyar fordításban) azt mondja,

hogy mivel a stabil állapot eléréséig viszonylag gyors lehajlások fordulhatnak elő, ezért a lehajlási sebesség kritériuma nem alkalmazható, amíg a lehajlás az $L/30$ értéket meg nem haladja; és a teherbírás hiányának ítélik *mindkét* előbb említett határérték túllépését. Vélhetően az EN 1363-1 magyar fordításának kis pontatlansága okozza a félreérthetőséget. Az angol nyelvű eredetiben ugyanis itt is a „...both of the following criteria...” megfogalmazás olvasható, ami egyértelműen azt jelenti, hogy *mindegyik határértéket* meg kell haladni, azaz pl. csak a lehajlási határ túllépése önmagában még nem jelenti a teherbírás kimerülését. Az $L/30$ lehajlás pedig nem a teherbírás kimerülésének önálló korlátja, hanem csak a lehajlási sebesség kritériumának alkalmazhatóságához szükséges feltétel. A két határérték együttes meghaladásához, azaz a tönkremenetelhez tehát a kísérlet során mindenképpen el kell érni a $D = \frac{L^2}{400d}$ [mm] lehajlást.

3.6. A vizsgálatok dokumentálása

Mindegyik előírás megszabja a vizsgálati jegyzőkönyv kötelező tartalmi elemeit.

Az MSZ 14800-1 [4] a 7. pontban adja meg a jegyzőkönyvvezendők listáját, 10 kötelező elemet sorol fel. A vizsgált próbatest, valamint terhelése csak röviden kerül leírásra.

Az MSZ EN 1363-1 [5] 12.1 pontjában a laboratóriumi tűzállósági vizsgálatról készülő teljes vizsgálati jegyzőkönyvhöz 23 elemű listában sorolja fel a szerepeltetni szükséges információkat. Rövidített jegyzőkönyv is készíthető a 12.2. pont szerint.

Az MSZ EN 13501-2 [2] kötelező jellegű „A” melléklete rögzíti a tűzállósági vizsgálatok alapján megadott tűzvédelmi osztályba sorolás jegyzőkönyvének tartalmi és formai követelményeit.

Mindegyik EN előírás megköveteli a próbatestek szerkezeti részleteinek és összeállításának, szerelésének, megtámasztásainak nagyon részletes leírását. Az alkalmazott teher és annak meghatározásának módját a megbízó általi adatszolgáltatásként kell részleteiben is rögzíteni. Ezek az adatok mind a minősítéshez, mind a vizsgálati eredmények későbbi kiterjesztéséhez alapul szolgálnak, ezért fontos minél pontosabb és részletesebb rögzítésük, mind a vizsgálati jegyzőkönyvben, mind a minősítési iratban.

3.7. A vizsgálati eredmények alkalmazási területe

A gyártók által szállított termékek széles méretskálában, alakváltozatban és felületképzéssel készülnek. Nem lehetséges minden változatot megvizsgálni, ezért szükség van egy olyan mechanizmusra, amely alapján ésszerű megbízhatóság mellett elfogadhatóak a vizsgált próbatestekből származtatott változatok.

Erre vonatkozóan az MSZ 14800-1 [4] nem tartalmazott közvetlen előírásokat. Az MSZ EN 1363-1 [5] „A” (tájékoztató) melléklete általános elveket ad egy ilyen eljárás kidolgozásához. Kettébontja az alkalmazási területeket:

„...A2. Közvetlen alkalmazási terület

Azt a mértéket ... szabályok vagy útmutatók tartalmazzák, amelyek korlátozzák a próbatesttől való megengedett eltérést további értékelés vagy számítás nélkül. ... Egy ... ilyen szabály megengedi az építési szabályok alkotóinak és más testületeknek, hogy a terméket elfogadják anélkül, hogy maguk végeztek volna megfelelőség-igazolást, vagy kértek volna szakértői véleményt egy felelős testülettől. Azokat a változatokat, amelyek a közvetlen alkalmazás körülményei

között elfogadottak, automatikusan be lehet vezetni gyártott termékként, kiegészítő becslés nélkül.

A3. Kiterjesztett alkalmazási terület

... A közvetlen alkalmazás szabályain kívüli változatok és egy vizsgálatsorozatból való interpolálás és extrapolálás szempontja így a kiterjesztett alkalmazás körébe esik. Ez magába foglalja az egyedi termékkonstrukció és teljesítmény nagyon alapos vizsgálatát egy felelős szervezet által, amely jegyzőkönyvet készít a becsült variációkra. A módszertan, melyet a termék tűzzel szembeni teljesítményének becslésére alkalmaznak, alapulhat számítási módszereken, megítéléseken vagy általánosan elfogadott alkalmazási szabályokon a különböző elemekre alkalmazott filozófiának megfelelően...”

Az MSZ EN 1365-2 [7] 13. pontjában födémekre és tetőkre elvégzett laboratóriumi vizsgálatok esetében a közvetlen alkalmazás határait az alábbiak szerint fogalmazza meg:

„...A kísérleti eredmények közvetlenül, laborvizsgálat nélkül alkalmazhatóak ugyanolyan födém- vagy tetőszerkezetre, ha az alábbi korlátokat betartották:

a., Szerkezeti elem vonatkozásában: a legnagyobb nyomatékok és nyíróerők, ugyanazon az alapon számítva, mint a kísérletnél alkalmazott teher, ne haladják meg a kísérletnél elért értékeket. ...

d., Tetőszerkezetek hajlásszöge vonatkozásában:

rácsos főtartók esetében a vizsgált hajlásszög +- 5 fok;

apex vagy félnyereg tető esetében vízszintes kísérleti elrendezés esetében 0 foktól 25 fokig...”

A fenti szabványelőírások szolgálnak alapul az 5. pontban javasolt eljárásokhoz.

4 A tűz esetén tekintetbe veendő terhelés meghatározása

Az előzőekben elvégzett szabvány-áttekintést alapul véve a tűzhatás esetén tekintetbe veendő terhelést „...a nemzetileg elismert előírásokban szereplő, teherbírési határállapot szerinti tervezési eljárások által megengedett maximális igénybevételek...”-ból vezethetjük le.

A tartószerkezeti tervezésre jelenleg érvényes Eurocode szabványsorozat határállapotokon alapuló méretezési eljárásokat tartalmaz. A tűzhatásra való tervezés az MSZ EN 1990 [8] besorolása szerint *rendkívüli tervezési állapot*nak minősül. A létesítményre ható sokféle teher együttes hatását a megfelelő teherkombinációs szabály alkalmazásával kell számításba venni. A mértékadó teherkombináció az MSZ EN 1990 [8] (6.11b) összefüggése szerint a következő formula szerint állítandó össze, ahol a fő hatás a hőmérsékleti hatás (a tűzből), a Q_1 kiemelt esetleges hatás reprezentatív értékeként pedig a $\psi_1 \cdot Q_1$ gyakori értéket kell figyelembe venni (lásd az MSZ EN 1991-1-2: NA 1.8 pontját [9]):

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

ahol

G_k az állandó hatás karakterisztikus értéke

P a feszítésből származó hatás reprezentatív értéke (általában nincs)

A_d a rendkívüli hatás (hőmérsékletváltozás) tervezési értéke

$\psi_{1,1}$ a kiemelt esetleges hatás gyakori értékéhez tartozó kombinációs tényező

$\psi_{2,i}$ a további esetleges hatások kvázi-állandó értékeihez tartozó kombinációs tényezők.

Az állandó és hasznos terheknek az égés során bekövetkező esetleges csökkenését el lehet hanyagolni. A ψ kombinációs tényezők értékeit az alábbi táblázat mutatja.

Hatás	Tényező számértéke		
	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Födém- és tetőteher			
A kategória (lakás)	0,7	0,5	0,3
B kategória (iroda)	0,7	0,5	0,3
C kategória (egyéb középület)	0,7	0,7	0,6
D kategória (áruház)	0,7	0,7	0,6
E kategória (raktár)	1,0	0,9	0,8
F kategória (könnyű járművel járt födém)	0,7	0,7	0,6
G kategória (közepesen nehéz járművel járt födém)	0,7	0,5	0,3
H kategória (közönséges tető)	0	0	0
Hóteher (általános eset)	0,5	0,2	0
Szélteher	0,6	0,2	0
Hőmérsékleti hatások (nem tűzteherből származóak)	0,6	0,5	0

A laboratóriumi tűzkísérlet során alkalmazandó vizsgálati terhelés meghatározását fenti elvek alapján kell elvégezni, a jelenlegi szabványelőírások szerint ennek meghatározása a megbízó feladatát képezi. A kísérleti próbadarab gerendák, födémek, tetők esetében a vizsgálókemence adottságai miatt általában kéttámaszú statikai vázú szerkezet. A statikailag határozott tartóban a hőmérsékleti hatásokból nem keletkeznek igénybevételek, ezért csak az állandó terhekre és az esetleges hatásokra kell tekintettel lenni a vizsgálati teher meghatározásakor. A szerkezet önsúlya adott, és a felhasználás során ehhez további állandó jellegű terhek adódhatnak – pl. ráfüggesztett vagy rátett szerkezetek önsúlya. Az esetleges hatások közül tetőknél általában a hóteher lesz a kiemelt hatás, aminek alapértéke nemcsak a létesítmény tengerszint feletti magasságától, hanem a tető formájától is függ. Födémeknél a teher a födém rendeltetésének, besorolásának függvénye. Az önsúlyon felüli állandó és esetleges terheket a kísérlet során alkalmazott többletterheléssel szükséges reprezentálni.

A vizsgálati kemence méretei általában 4 m-es legnagyobb fesztávolságot tesznek lehetővé. A megrendelő – ill. a vizsgált szerkezet felhasználói – általában ettől eltérő fesztávolságban is alkalmazni kívánják a szerkezetet. Az előzőekben ismertetettek alapján a kritikus keresztmetszetekben ugyanakkora igénybevételeket kell a vizsgálat során biztosítani, mint a valós szerkezetben. Kéttámaszú tartók esetében általában a legnagyobb nyomaték egyenértékűsége alapján szokás az egyenértékűséget kezelni, ennek alapján számítható ki a kísérletnél alkalmazandó összes terhelés, majd ebből a szerkezet adott önsúlyához még szükséges többletterhelés mértéke. Olyan szerkezeteknél, ahol a támaszok környezetében bekövetkező jelenségek – pl. beroppanás – befolyásolhatják a tönkremenetelt, a nyíróerők/reakcióerők egyenértékűségét is célszerű megvizsgálni.

A laboratóriumi vizsgálat alapján elkészült minősítési okiratban szerepelnie kell a minősítési érték (pl. R30) mellett annak is, hogy az milyen fesztávolságon és mekkora terhelés mellett érvényes. A minősítéssel rendelkező szerkezet alkalmazása során a tervezőnek ellenőriznie kell, hogy a konkrét tervezési körülmények során ne lépje túl ezeket a határértékeket. A statikai ellenőrzéshez szintén az Eurocode szabványokat kell használnia, a terheket az előbb ismertetett elvek szerint kell meghatározni. A gyakorlati esetek jelentős részében azonban a laboratóriumi vizsgálatról eltérő módon – más fesztávolságra, más terhelésre, vagy más statikai vázzal kell alkalmaznia a szerkezetet – erre a vizsgálati eredmények kiterjesztése ad lehetőséget.

5 A kísérleti eredmények alkalmazása, kiterjesztési lehetőségek

A gyártók által készített termékeket széles méretválasztékban és fesztáv-tartományban alkalmazzák. A laboratóriumi tűzvizsgálatok költségessége és korlátai miatt nem várható el az, hogy minden méretben és fesztávra külön kísérletben határozzák meg a tűzállósági paramétereket. Szükség van arra, hogy az elvégzett vizsgálat eredményei alapján ugyanolyan kialakítású és méretű szerkezetet más

fesztávolságon, vagy más statikai vázzal lehessen alkalmazni, vagy pl. azonos kialakítású, de más vastagságból készült szerkezet tűzállósági teljesítményére is lehessen következtetni. Általában a vizsgálatban elért tűzállósági teljesítményt, tűzállósági időtartamot kívánjuk érvényesíteni más körülmények esetére. Vékonyfalú acélszerkezet, pl. trapézlemez tetőfödém esetében ez azt jelenti, hogy a tűzkísérletben egy meghatározott profilkialakítású trapézlemez adott lemezzvastagsággal, fesztávval és statikai vázzal kerül vizsgálatra. Az elért tűzállósági teljesítményt általánosítani kívánjuk ugyanazon profilkialakítású trapézlemez-födémre más statikai váz, más fesztávolságok és más lemezzvastagságok esetére is.

Az egyenértékűség megállapítása során közelítésekkel kell élnünk, mert számítási és modellezési módszereink ennél pontosabb elemzést nem tesznek lehetővé. A szerkezet tönkremenetele számos körülmény függvénye, és nem teljesen azonos módon következik be a tűzhatás alatt, mint szobahőmérsékleten. Törekednünk kell arra, hogy az alkalmazott elhanyagolások minél kisebb mértékűek legyenek, és lehetőségeink szerint minél több hatást vegyünk tekintetbe.

Az eredmények alkalmazási területére vonatkozó szabvány-előírások megadják az útmutatásokat a vizsgálati eredmények kiterjesztéséhez. Az előzőekben elvégzett szabvány-áttekintés szerint azt kell alapelvnek venni, hogy *a kritikus keresztmetszetekben ébredő igénybevételek nem léphetik túl a kísérlet során alkalmazott igénybevételeket.*

A más fesztávra, illetve más statikai vázra történő kiterjesztés a legegyszerűbben a *nyomatékok, ill. nyíróerők egyenértékűsége* alapján végezhető el. A vizsgálat dokumentációjából ismert a vizsgálatban alkalmazott összes terhelés mértéke, ebből kiszámítható a kísérlet során alkalmazott maximális igénybevétel. Ebből visszaszámolható a kívánt fesztávolságon, illetve statikai vázon alkalmazható legnagyobb összes terhelés értéke; vagy fordítva, az adott terhelés és adott statikai

váz mellett alkalmazható legnagyobb fesztávolság. Olyan szerkezeteknél, ahol a támaszok környezetében bekövetkező jelenségek – pl. beroppanás – befolyásolhatják a tönkremenetelt, a nyíróerők/reakcióerők egyenértékűségét is célszerű megvizsgálni. Ezt az eljárást a jelenleg érvényes szabványok – lásd jelentésünk 3.7 pontját – támogatják, alkalmazását megengedik. A módszer acélszerkezetű gerendák, melegen hengerelt vagy hegesztett tartók esetében egyszerűen alkalmazható.

Vékonyfalú acélszerkezeteink tönkremenetele azonban ennél általában bonyolultabb, és nemcsak a rájuk ható igénybevételektől, hanem az igénybevételek irányától is függhet. A nyomatéki ellenállás mértéke például kétszeresen szimmetrikus keresztmetszet esetében a hajlító igénybevétel előjelétől független. Azonban ha a vizsgált keresztmetszet alakja csak egyszeresen szimmetrikus, akkor az a vékony lemezek horpadása miatt a pozitív és negatív nyomatékokkal szemben különböző ellenállású lesz. Ha csak fesztávolságot kívánunk átszámítani, akkor ennek a hatásnak nincs jelentősége, mert a legnagyobb igénybevételek előjele nem változik. Eltérő statikai váz esetén – pl. kéttámaszú vizsgálati eredmények többtámaszú tartóra való átvitele során – viszont a legnagyobb nyomatékok helye és előjele megváltozik. Az egyszerű igénybevétel-egyenértékűségen alapuló módszer ezt a különbséget nem veszi tekintetbe. Az MSZ EN 1363-1 [5] „D” (tájékoztató) melléklete angol nyelvű változata szerinti feszültség-egyenértékűség, lásd jelentésünk 3.3. pontját – ami egyébként a korábbi MSZ szabványban is szerepelt – utal erre a problémára.

Az egyszerű igénybevétel-egyenértékűségen alapuló eljárást tovább lehet fejleszteni olyan módon, hogy megoldást adjon fenti problémára. Az igénybevétel helyett az adott igénybevétel és a vele szembeni ellenállás hányadosát, azaz a *kihasználtságot* vesszük az egyenértékűség alapjául. Például nyomaték esetén:

$$\text{Kihhasználtság } \mu_{fi} = \frac{M_{fi, test}}{M_{Rd}}$$

ahol

$M_{fi,test}$ a tűzkísérlet során a szerkezeten elért legnagyobb nyomaték

M_{Rd} ugyanazon keresztmetszet nyomatéki ellenállása az adott irányú nyomatékkal szemben, szobahőmérsékleten érvényes jellemzőkkel számítva.

A szobahőmérsékleten érvényes nyomatéki ellenállás az érvényes acélszerkezeti szabványok szerint az igénybevétel irányára is tekintettel számítható, a vékonyfalú szerkezetek gyártóinak és alkalmazóinak rendelkezésére áll.

A tűz állapotában érvényes nyomatéki ellenállást acélszerkezetek esetére az MSZ EN 1993-1-2 [10] előírásai szerint a szobahőmérsékleten érvényes jellemzőkből úgy határozhatjuk meg, hogy a szobahőmérsékleten kiszámított nyomatéki ellenállás értékét egy hőmérsékletfüggő k_y csökkentő tényezővel módosítjuk.

$$M_{fi,Rd} = k_y M_{Rd}$$

ahol

$M_{fi,Rd}$ a vizsgált keresztmetszet nyomatéki ellenállása az adott irányú nyomatékkal szemben, a tűz állapotában érvényes jellemzőkkel számítva.

Ha elfogadjuk azt a feltételezést, hogy a tűzkísérlet során a tönkremenetel pillanatában a szerkezet nyomatéki ellenállása éppen megegyezik a nyomatéki ellenállás pillanatnyi értékével ($M_{fi,Rd}$ -vel), akkor az előzőek szerinti kihasználtságot úgy is felfoghatjuk, mint a k_y csökkentő tényező kísérleti úton való meghatározását. Ez a feltételezés biztonságot tartalmaz, hiszen a tűzvizsgálatot nem folytatják a tényleges tönkremenetelig, hanem korábban, a lehajlási korlátok meghaladásakor befejezik.

Szerkezeteink tönkremenetele nemcsak szilárdsági, hanem más jelenségek miatt is bekövetkezhet. A vékonyfalú szerkezetek különösen érzékenyek az összetett jellegű tönkremenetekre, mint például támasz feletti beroppanás, stb. A tűzkísérletnél nemcsak a nyomaték/nyomatéki ellenállás kihasználtságát

számíthatjuk ki, hanem meghatározhatjuk a többi lehetséges tönkremeneteli móddal szembeni kihasználtságot is. Várhatóan az a mértékadó tönkremeneteli mód, ahol a legnagyobb a kihasználtság. Ezután az így kapott legnagyobb kihasználtságot tekintjük a vizsgálati eredmények kiterjesztésének alapjául.

A használhatósági határállapot külön elemzést igényel. A tűz állapotában nagy lehajlások tapasztalhatók, ezért – különösen kéttámaszú próbatestek esetében – a lehajlásból számítható kihasználtságok értéke várhatóan nagyon magas. Ezért akkor is a teherbírási határállapotban számított – azaz a szilárdsági és stabilitási tönkremeneteli módokat tekintetbe vevő – kihasználtságok maximumát kell a kiterjesztés alapjául venni, ha ennél a lehajlás nagyobb kihasználtságot eredményezne. Az alakváltozások korlátozása érdekében azonban ilyen esetben külön ellenőrzendők az alakváltozások úgy, hogy a tervezett esetben az alakváltozási kihasználtság ne haladja meg a kísérlet során számított alakváltozási kihasználtságot, azaz $\mu_{SLS} < \mu_{fi,SLS}$.

A más lemezvastagságra történő kiterjesztés esetében meg kell vizsgálni a tönkremenetel módját is. Azonos tönkremeneteli mód esetén feltételezhető, hogy különböző lemezvastagságoknál a tönkremeneteli kihasználtságok megegyeznek, azaz a kihasználtságon alapuló módszer itt is használható.

A *kihasználtságon alapuló módszer* általánosabb, a tönkremeneteli módok szélesebb körét ellenőrizve biztonságosabb, mintha csak egy szempontot, a nyomatéki egyenértékűséget vennénk tekintetbe az *egyszerű igénybevétel-egyenértékűségi* metódus alkalmazásával.

A *kihasználtságon alapuló módszer* alkalmazása során a következő lépéseket kell megtenni:

1., A szerkezeten kiszámítjuk a tűzkísérletnél alkalmazott terhek, statikai váz és fesztávolság, valamint a szobahőmérsékleten számított ellenállások figyelembevételével a különböző tönkremeneteli módokhoz tartozó $\mu_{fi,i}$ kihasználtságokat.

2., A $\mu_{fi,i}$ kihasználtságok közül a legnagyobbat tekintjük a vizsgálati eredmények kiterjesztésének alapjául $\mu_{fi} = \max(\mu_{fi,i})$.

3., Az alkalmazni kívánt statikai váz, fesztávolságok és terhek figyelembevételével kiszámítjuk a szerkezet kihasználtságait a különböző tönkremenetelekre, pl. nyomatékra:

$$\text{Kihhasználtság } \mu = \frac{M_{fi,Ed}}{M_{Rd}}$$

ahol

$M_{fi,Ed}$ a vizsgált keresztmetszetben számítható nyomaték a tűz állapotában

M_{Rd} ugyanazon keresztmetszet nyomatéki ellenállása az adott irányú nyomatékkal szemben, szobahőmérsékleten érvényes jellemzőkkel számítva.

4., A szerkezet megfelelő, ha egyetlen μ kihasználtság sem lépi túl a μ_{fi} értékét. Ebben az esetben a tűzvizsgálatban elért tűzállósági teljesítmény értéke alkalmazható a tervezni kívánt szerkezetre.

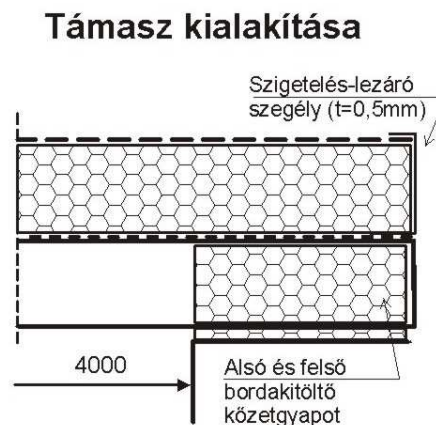
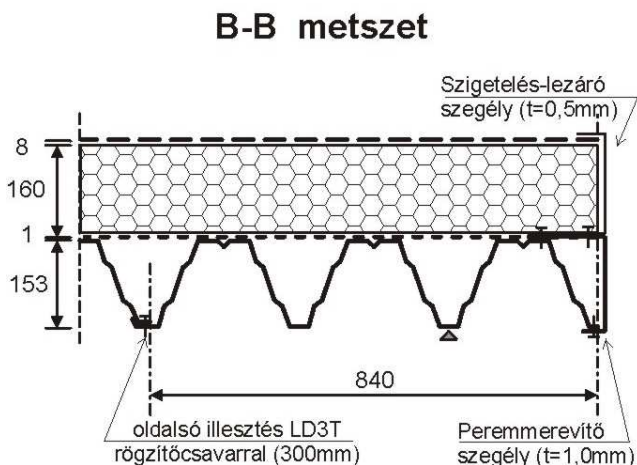
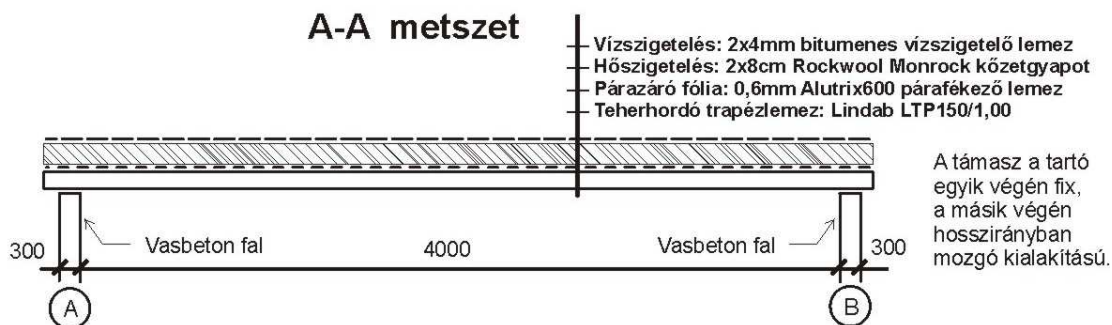
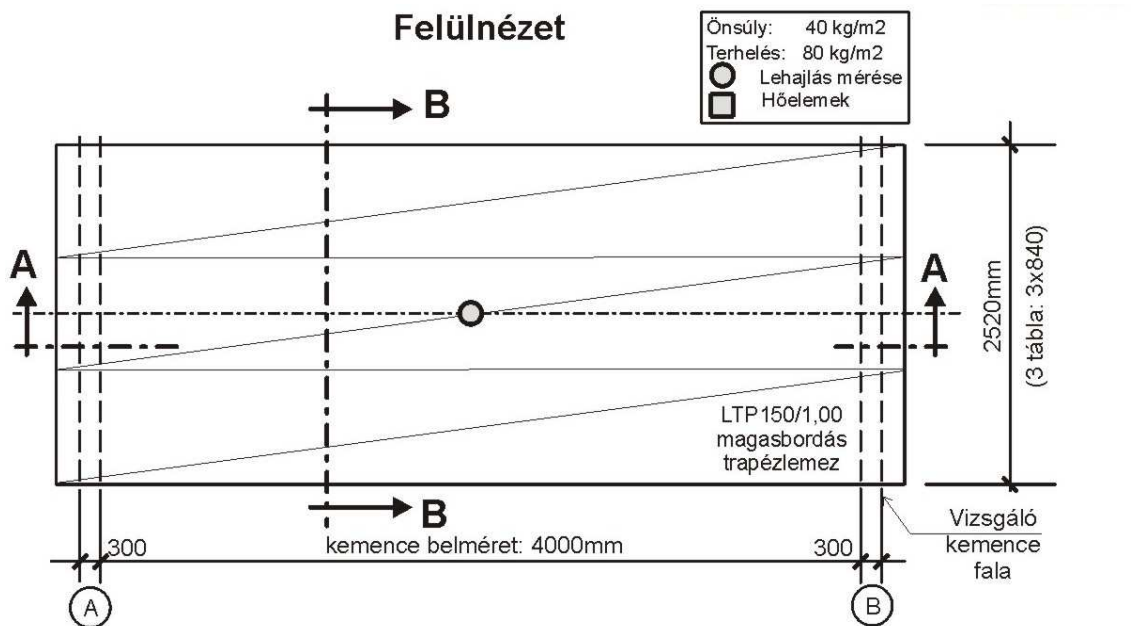
6 Esettanulmányok a vizsgálati eredmények kiterjesztésére a kihasználtságon alapuló módszer alkalmazásával

A LINDAB cég trapézlemezeinek és vékonyfalú szelemenjeinek alkalmazásához a szokásos méretezési táblázatok mellett könnyen használható számítógépi szoftvert is a tervezők rendelkezésére bocsát. A program alkalmazásával könnyen és gyorsan ellenőrizhetők a különböző vékonyfalú acélszerkezetű elemeik. Trapézlemezes födémeknél pl. a szoftver kiszámolja a különböző tönkremeneteli módokhoz tartozó kihasználtságokat, mind teherbírási, mind használhatósági határállapotban. A szoftver alkalmazása meggyorsítja a munkát, és a táblázatokhoz képest számos paraméter pontosabb figyelembevételét teszi lehetővé. Ilyen többek között pl. a támaszok szélessége, aminek különös jelentősége van a támasz feletti beroppanás vizsgálata során. A további esettanulmányokat a DimRoof szoftverrel készítettük el (verziószám 3.3).

6.1. LINDAB LTP 150-es trapézlemezes tetőfödém REI30 tűzállóságra

A tűzállósági laboratóriumi vizsgálat jegyzőkönyvéből [11] a vizsgált szerkezet adatai a következők:

- statikai váz: kéttámaszú kivitel
- kemence belmérete: 4000 mm
- trapézlemez: LINDAB LTP 150, lemezvastagság 1,00 mm
- terhelés: önsúly $0,4 \text{ kN/m}^2$; többletteher $0,80 \text{ kN/m}^2$
- elért tűzállósági időtartam: 35 perc (REI30)



A mellékelt rajzokból megállapítható, hogy a vizsgált szerkezet a kemence végfalaira támaszkodott fel, így a tényleges fesztávolsága 4100 mm-re vehető. Az összes terhelés 1,2 kN/m². a támaszok feletti felfekvés méreteit a felhasználási gyakorlat szerint 200 mm-re állítjuk be. Első lépés: a DimRoof szoftverrel számított

kihasználtságok a tűz állapotában: ULS 22% és SLS 28%. Mértékadó tönkremeneteli mód: támaszerőre.

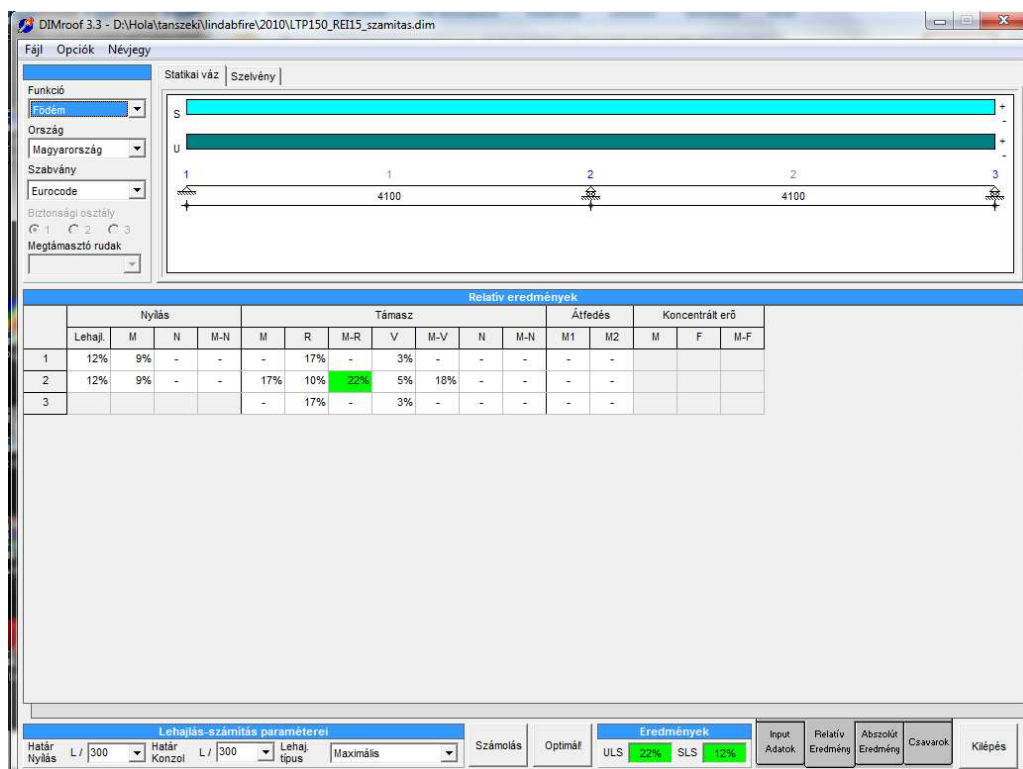
The screenshot shows the DIMRoof 3.3 software interface. The main window displays a structural model of a three-span beam with a total length of 4100 mm. The left sidebar contains settings for the analysis, including the function (Funkció), country (Ország), and safety class (Biztonsági osztály). The main area is divided into several sections: 'Szerkezeti beállítások' (Structural settings), 'Geometria' (Geometry), 'Hőzug' (Temperature), and 'Terhek' (Loads). The 'Terhek' section shows a table of loads with columns for No., Type, Start, End, and Load. The 'Eredmények' (Results) section at the bottom shows the utilization ratios for ULS (22%) and SLS (28%).

No.	Tipus	Kezdőp.	Végg.	Kezdőint. [kN/m²]	Végint.	Széless.	ULS	SLS
1	U			1,20				
2	U			1,20				
3								

Az eredményeket háromtámaszú kialakításra kívánjuk kiterjeszteni, a cég által gyártott 0,75; 0,88; 1,00; 1,25 és 1,5 mm lemezvastagságokra, különböző terhelés-intenzitásokhoz meghatározva az alkalmazható legnagyobb fesztávolságokat.

A második lépés: a kiterjesztés alapjául szolgáló kihasználtság megállapítása. Esetünkben a használhatósági határállapotban kaptuk a nagyobb kihasználtságot, amit emiatt csak a lehajlások korlátozására használhatunk. A teherbírási határállapotban elért kihasználtság $\mu_{fi} = 0,22$, ez képezi a további kiterjesztés alapját.

A következő lépés ugyanezen teherszinten, ugyanezen lemezvastagságra a háromtámaszú kivitelnél elérhető legnagyobb fesztávolság meghatározása. A DimRoof-fal azonnal kapjuk a kihasználtságokat: háromtámaszú kivitelben ULS=22%, SLS = 12% 4100 mm fesztávolságnál, mértékadó tönkremeneteli mód: támaszerő és nyomaték kölcsönhatása a támasz felett.



Az eredmény a várakozásoknak megfelelő, hiszen a háromtámaszú tartó nyomatéki maximuma megegyezik a kéttámaszúéval; a legjobban igénybevett keresztmetszet a támasz felett van. $\mu = \mu_{fi} = 0,22$. Használhatósági határállapotban pedig $\mu_{SLS} < \mu_{fi,SLS}$, ami megfelelő.

A következő lépésekben megállapítjuk ugyanezen teherszinten, de más lemezzvastagságokra a háromtámaszú kivitelnél ugyanezen határ-kihasználtságot eredményező legnagyobb fesztávolságokat. Példaképpen 0,88 mm vastagságú trapézlemeznel néhány próbálkozás után eljutunk a végeredményhez. 1,2 kN/m² teherszinten, háromtámaszú kivitelben, 3600 mm-es fesztávolságnál éri el a kihasználtság a határt: ULS=22%, SLS 10%; mértékadó tönkremenetel a támaszerő és nyomaték kölcsönhatása a támasz felett.

Hasonlóképpen kapjuk meg a többi lemeztavagság esetén az 1,2 kN/m² teherszinten, háromtámaszú kivitelben alkalmazható legnagyobb fesztávolságokat, amiket a kihasználtságokkal együtt mutat az alábbi táblázat:

	t= 0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
	L= 3,00	3,60	4,10	5,10	6,00
ULS=	22%	22%	22%	22%	23%
SLS(L/300)=	7%	10%	12%	19%	25%

A Lindab LTP 150 trapézlemez Rockwool Monrock hőszigeteléssel ellátott lágyfedésű tetőfödém, acél teherhordó trapézlemezzel tűzvédelmi vizsgálati minősítéséhez ez az eredményssorozat adja meg az alapadatokat, hiszen így az 1,00 mm-es lemeztavagsággal elvégzett kísérlet eredménye alapján a gyártó teljes lemeztavasztékára kiterjesztve a vizsgálatban elért REI30 tűzállósági teljesítményt, adottak a vizsgált 1,2 kN/m² teherszinten, háromtámaszú kivitel esetére az alkalmazás korlátját jelentő legnagyobb fesztávolságok. Természetesen a minősítő okiratnak tartalmaznia kell az összes terhelés számszerű értékét (1,2 kN/m²) is, amely mellett érvényesek a fenti támaszközök.

Az eredmények további kiterjesztése háromtámaszú statikai váz, de eltérő terhelés esetére hasonlóképpen történik. Példaképpen határozzuk meg, mennyi az alkalmazható fesztávja háromtámaszú statikai vázzal, 0,80 kN/m² teher mellett az 1,25 mm vastag trapézlemezzel készült födémnek? A DimRoof szerint 6300 mm fesztávolságnál éri el az ULS kihasználtsága a 22%-ot, míg az SLS alatta marad a 28%-nak, tehát a REI30 tűzállóság ilyen feltételek mellett érvényes.

Alapbeállítások

Funkció: Födém
Ország: Magyarország
Szabvány: Eurocode
Biztonsági osztály: 1, 2, 3
Megtámasztó rudak

Statikai váz

Szelvény

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 150
Perforáció: ☐
Elhelyezés: Szokásos (széles)
Átfedés: ☐
Statikai rendszer: Folytatódó
Gyártó:
Oldalsó támasz: Felső öv, Mindkét öv
Lemez: Szelvény, Vastagság:
Csavar: Lemez, Átfedés:
Támasz: Típus:
Táv:

Geometria

Támaszok				Nyílások			Csuklók	
No.	Poszció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	Méret [mm]	Vtg 1 [mm]	Vtg 2 [mm]
1	0	H	200	-	-	6300	1,25	-
2	6300	C	200	-	-	6300	1,25	-
3	12600	H	200	-	-			

Terhek

No.	Típus	Kezdőp.	Végg.	Kezdőpont [kN/m ²]	Végpont.	Széless.	ULS	SLS
1	U			0,80			ULS	
2	U			0,80			SLS	
3								

Generálás: 2 nyílás az alapértékekkel
Nyílás törése: ☐
SLS: ☒ Tehermodulhoz: ☐
Teher törése: ☐

Lehajlás-számítás paraméterei

Határ Nyílás: L / 500
Határ Konzol: L / 300
Lehaj. típus: Maximális
Számolás: Optimal:

Eredmények

ULS: 22% SLS: 28%
Input Adatok: Relatív Eredmény: Abszolút Eredmény: Csavarok: Kitérés:

Ugyancsak 0,80 kN/m² tehernél az 1,50 mm vastag trapézlemez födém alkalmazási határát keresve azt kapjuk, hogy 7300 mm fesztávnál éri el az ULS kihasználtsága a 22%-ot, ellenben az SLS kihasználtsága ekkor már a 31%-os, tehát a kísérlethez képest túlzott lehajlásokat jelez. Ezért csökkenteni kell a fesztávot addig, amíg az SLS kihasználtság legfeljebb 28% lesz. Ez 7100 mm fesztávolságnál teljesül, ahol az ULS kihasználtság 21%-os. A REI30 tűzállóság tehát eddig érvényes.

DIMroof 3.3 - D:\Hala\tanszeka\indabfire\2010\LTP150_1_600_fire.dim

Fájl Opciók Névleg

Alapbeállítások

Funkció: Fodém

Ország: Magyarország

Szabvány: Eurocode

Biztonsági osztály: 1 2 3

Megtámasztó rudak:

Statikai váz: Szelvény

Szerkezeti beállítások

Szelvény: LTP 150

Perforáció: ☐

Statikai rendszer: Folytatólágos

Oldalsó támasz: ☐ Felső öv ☐ Mindkét öv

Lemez: Szelvény Vastagság

Csavar: Lemez Átfedés Támasz

Elhelyezés: Szokásos (széles)

Átfedés: Gyártó

Geometria

Támaszok			Nyílások			Csukló				
No.	Poszció [mm]	Típus	Széless. [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vég. 1 [mm]	Vég. 2 [mm]	Poszció [mm]
Alapértékek			200	250	250		7100	1,50	-	10%
1	0	H	200	-	-	1	7100	1,50	-	
2	7100	C	200	-	-	2	7100	1,50	-	
3	14200	H	200	-	-					

Generálás: ☐ nyílás az alapértékekkel

Nyílás törlése

Terhek

No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőint. [kN/m ²]	Végint.	Széless.	ULS	SLS
1	U			0,80			ULS	
2	U			0,80			SLS	
3								

Lehajlás-számítás paramétereit

Határ Nyílás: L / 300

Határ Konzol: L / 300

Lehaj. típus: Maximális

Számolás Optimál

Eredmények

ULS: 21% SLS: 28%

Input Adatok Relatív Eredmény Abszolút Eredmény Csavarok Kiépés

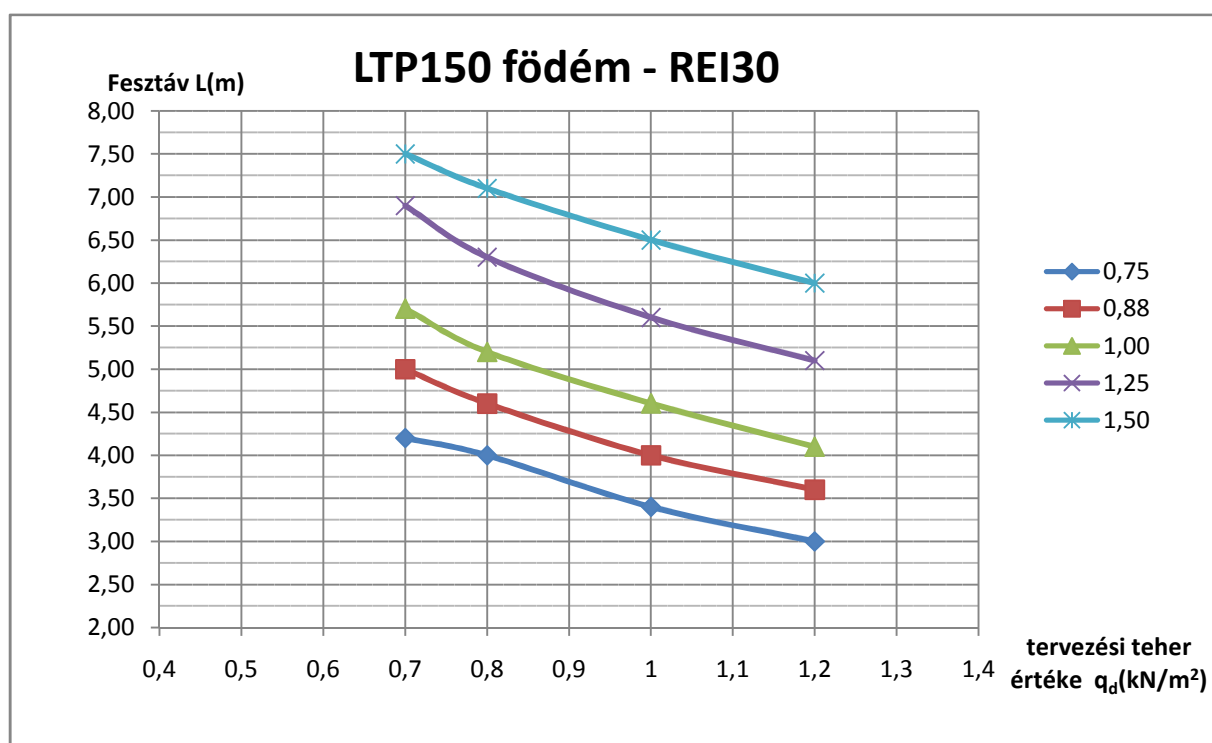
A számítások eredményeit néhány kiválasztott teherhez az alábbi táblázatok mutatják be, háromtámaszú kivétel esetén.

t= 0,75	0,88	1,00	1,25	1,50		t= 0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
q= 1,20	1,20	1,20	1,20	1,20		q= 1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
L= 3,00 3,60 4,10 5,10 6,00						L= 3,40 4,00 4,60 5,60 6,50				
ULS= 22%	22%	22%	22%	23%		ULS= 22%	22%	22%	22%	22%
SLS(L/300)= 7%	10%	12%	19%	25%		SLS(L/300)= 8%	11%	15%	21%	27%

t= 0,75	0,88	1,00	1,25	1,50		t= 0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
q= 0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		q= 0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
L= 4,00 4,60 5,20 6,30 7,10						L= 4,20 5,00 5,70 6,90 7,50				
ULS= 23%	22%	22%	22%	21%		ULS= 22%	22%	22%	22%	20%
SLS(L/300)= 11%	14%	17%	24%	28%		SLS(L/300)= 11%	15%	19%	27%	29%

Az alábbi táblázat és grafikon – már a kihasználtságok nélkül – összegzően tartalmazza a *Lindab LTP 150 trapézlemez*es *Rockwool Monrock* hőszigeteléssel ellátott lágyfedésű tetőfödém, acél teherhordó trapézlemezzel alkalmazási korlátait, ameddig háromtámaszú kivitelben REI30 tűzállósággal beépíthető.

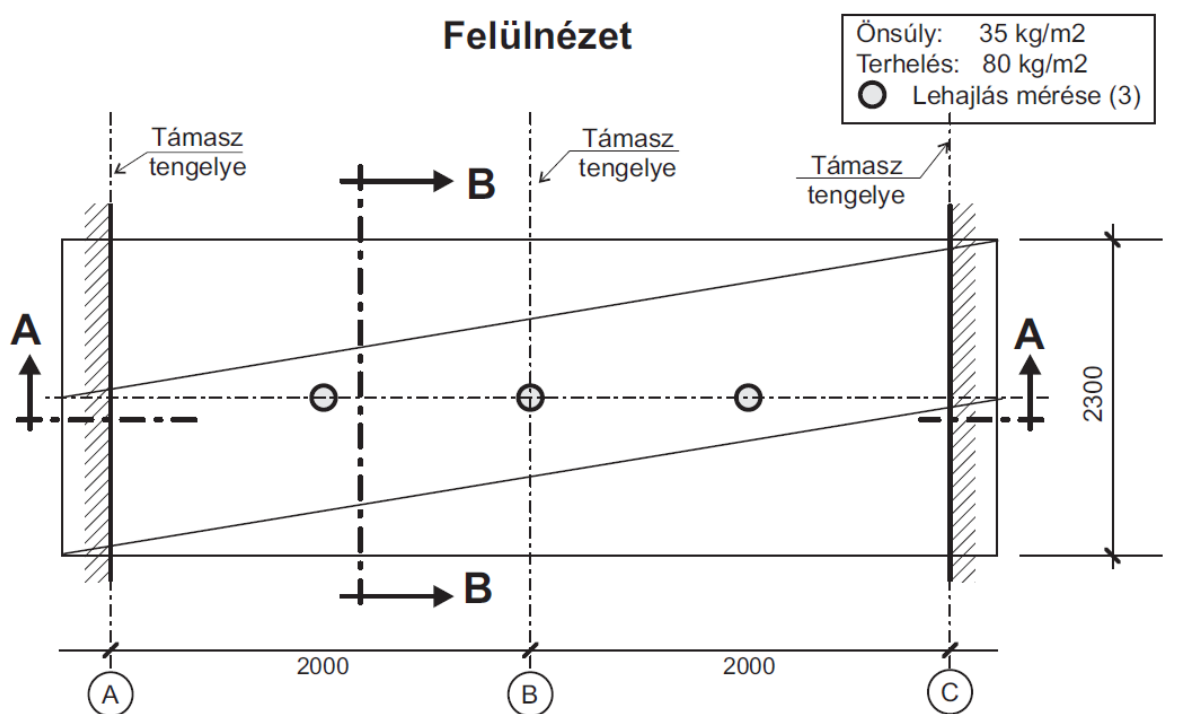
t (mm)	q (kN/m ²)	1,2	1	0,8	0,7
0,75	L (m)	3,00	3,40	4,00	4,20
0,88	L (m)	3,60	4,00	4,60	5,00
1,00	L (m)	4,10	4,60	5,20	5,70
1,25	L (m)	5,10	5,60	6,30	6,90
1,50	L (m)	6,00	6,50	7,10	7,50



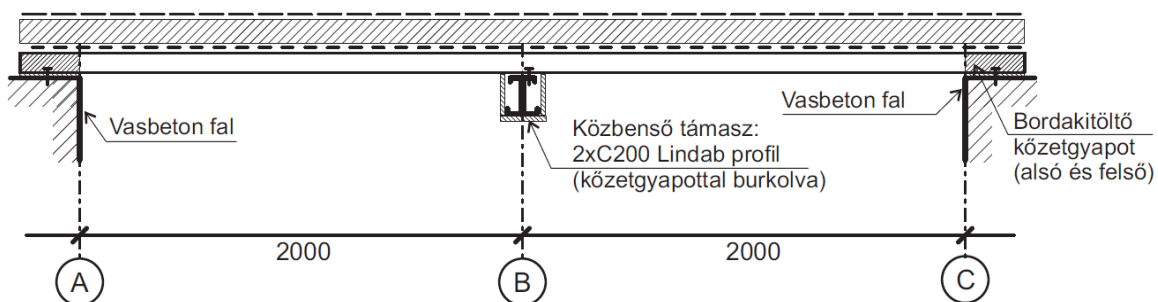
6.2. LINDAB LTP 85-ös trapézlemeztes tetőfödém REI30 tűzállóságra

A tűzállósági laboratóriumi vizsgálat jegyzőkönyvéből [12] a vizsgált szerkezet adatai a következők:

- statikai váz: kétnyílású kivitel
- kemence belmérete: 4000 mm
- trapézlemez: LINDAB LTP 85, lemezvastagság 0,75 mm
- terhelés: önsúly $0,35 \text{ kN/m}^2$; többletteher $0,80 \text{ kN/m}^2$
- elért tűzállósági időtartam: 36 perc (REI30)



A-A metszet



A laboratóriumi tűzvizsgálat kísérleti eredményét a cég által gyártott 0,75; 0,88; 1,00; 1,25 és 1,5 mm lemezvastagságokra kívánjuk kiterjeszteni. Határozzuk meg a kísérletben is alkalmazott háromtámaszú kialakítás megtartása mellett a különböző terhelés-intenzitásokhoz az alkalmazható legnagyobb fesztávolságokat!

A tűzvizsgálathoz mellékelt ábráról megállapítható, hogy a vizsgált szerkezet a kemence végfalaira és egy közbülső gerendára támaszkodott fel, így a tényleges fesztávolsága 2050 mm-re vehető. Az összes terhelés $1,15 \text{ kN/m}^2$. A támaszok feletti felfekvés méretét a biztonság javára a közbülső támaszként alkalmazott 2C200 profilok méretei alapján 130 mm-re vesszük fel. Első lépés: a DimRoof szoftverrel számított kihasználtságok a tűz állapotában: ULS 21% és SLS 9%. Mértékadó tönkremeneteli mód: támasz felett támaszerő és reakcióerő kölcsönhatására.

The screenshot shows the DIMRoof 3.3 software interface. The main window displays a structural model of a three-span beam with supports at positions 1, 2, and 3. The spans are 2050 mm each. The software is set to calculate fire resistance (tűzvizsgálat) for a three-span beam (háromtámaszú kialakítás). The results show a utilization factor of 21% for ULS and 9% for SLS.

Geometria									
No.	Posíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vtg. 1 [mm]	Vtg. 2 [mm]
1	0	H	130	-	-	1	2050	0,75	-
2	2050	C	130	-	-	2	2050	0,75	-
3	4100	H	130	-	-				

Terhek									
No.	Típus	Kezdőp.	Végg.	Kezdőint. [kN/m²]	Végint.	Széless.	ULS	SLS	
1	U			1,15			21%	9%	
2	U			1,15					
3									

A második lépés: a kiterjesztés alapjául szolgáló kihasználtság megállapítása. Esetünkben a teherbírási határállapotban érjük el nagyobb kihasználtságot, amit így a továbbiakban a biztonság javára az összes tönkremeneteli mód korlátozására használunk. A teherbírási határállapotban elért kihasználtság $\mu_{fi} = 0,21$; ez képezi tehát a további kiterjesztés alapját.

A födém statikai váza a tűzkísérlet során is háromtámaszú volt, ezért a kísérletben elért eredmény közvetlenül, átszámítás nélkül használható a 0,75 mm-es lemezből készült háromtámaszú födémekre, azaz a REI30 érvényesnek tekinthető 2050 mm legnagyobb alkalmazható fesztávolságig.

A következő lépésekben megállapítjuk ugyanezen teherszinten, de más lemezvastagságokra az ugyanilyen kihasználtságot eredményező legnagyobb fesztávolságokat. A támaszoknál a felfekvési méreteket a gyakorlatban szokásos 200 mm-re állítjuk be. Példaképpen 1,00 mm vastagságú trapézlemeznel néhány próbálkozás után eljutunk a végeredményhez. 1,15 kN/m² teherszinten, háromtámaszú kivitelben, 2850 mm-es fesztávolságnál éri el a kihasználtság a határt: ULS=21%, SLS 16%; mértékadó tönkremenetel a támaszerő és nyomaték kölcsönhatása a támasz felett.

Statikai váz

Szerkezeti beállítások

Geometria

Támaszok				Nyílások				Csukló	
No.	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vtg.1 [mm]	Vtg.2 [mm]
1	0	H	200	-	-	1	2850	1,00	-
2	2850	C	200	-	-	2	2850	1,00	-
3	5700	H	200	-	-				

Tervek

No.	Típus	Kezdőp.	Végg.	Kezdőint. [kN/m2]	Végint.	Széless.	ULS	SLS
1	U			1,15			21%	16%
2	U			1,15				
3								

Eredmények

ULS: 21% SLS: 16%

Hasonlóképpen kapjuk meg a többi lemezvastagság esetén az 1,15 kN/m² teherszinten, háromtámaszú kivitelben alkalmazható legnagyobb fesztávolságokat, amiket a kihasználtságokkal együtt mutat az alábbi táblázat:

t=	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
L _{max} (m)	2,05	2,50	2,85	3,35	3,55
lehajlás %=	21%	21%	21%	20%	17%
ULS %	9%	13%	16%	21%	21%

A Lindab LTP 85 trapézlemez Rockwool Monrock hőszigeteléssel ellátott lágyfedésű tetőfödém, acél teherhordó trapézlemezzel tűzvédelmi vizsgálati minősítéséhez ez az eredményssorozat adja meg az alapadatokat, hiszen így egy lemezvastagsággal elvégzett kísérlet eredménye alapján a gyártó teljes lemezválasztékára kiterjesztve a vizsgálatban elért REI30 tűzállósági teljesítményt, adottak a vizsgált 1,15 kN/m² teherszinten, háromtámaszú kivitel esetére az alkalmazás korlátját jelentő legnagyobb fesztávolságok. Természetesen a minősítő okiratnak tartalmaznia kell az összes terhelés értékét számszerűen (1,15 kN/m²), amely mellett érvényesek fenti támaszközök.

Az eredmények további kiterjesztése ugyancsak háromtámaszú statikai váz, de eltérő terhelés esetére hasonlóképpen történik. Példaképpen határozzuk meg, mennyi az alkalmazható fesztávja háromtámaszú statikai vázzal, 0,75 kN/m² teher mellett az 1,25 mm vastag trapézlemezzel készült födémnek?

The screenshot shows the DIMroof 3.3 software interface. The main window is titled "Statikai váz | Szelvény". The left sidebar contains "Alapbeállítások" (Basic settings) with options for "Funkció" (Function), "Ország" (Country), "Szabvány" (Standard), and "Euronorm" (Eurocode). The main area displays a diagram of a three-span trapezoidal plate roof structure with spans of 4400 mm. Below the diagram, the "Szerkezeti beállítások" (Structural settings) section includes "Szelvény" (Section), "Statikai rendszer" (Structural system), "Oldalsó támasz" (Side support), "Lemez" (Plate), "Csavar" (Screw), and "Támasz" (Support). The "Geometria" (Geometry) section shows a table of spans and supports. The "Tervezés" (Design) section shows a table of design parameters. The "Eredmények" (Results) section shows the final design results, including the maximum deflection (21%) and the ultimate limit state (ULS) results (9%, 13%, 16%, 21%, 21%).

Támaszok				Nyílások				Csuklók			
No.	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]	L1 [mm]	L2 [mm]	No.	Méret [mm]	Vtg. 1 [mm]	Vtg. 2 [mm]	Pozíció [mm]	10%
1	0	H	200	-	-	1	4400	1,25	-	-	-
2	4400	C	200	-	-	2	4400	1,25	-	-	-
3	8800	H	200	-	-						

Tervezés				Eredmények			
No.	Típus	Kezdőp.	Végp.	Kezdőp. [kN/m ²]	Végp. [kN/m ²]	Szélesség	ULS
1	U			0,75			ULS
2	U			0,75			SLS
3							

Generálás: 2 nyílás az alapértékekkel. Nyílás törése: SLS. Tehermódulhoz: SLS. Tehér törése: SLS. Eredmények: ULS 21%, SLS 31%.

A DimRoof szerint 4400 mm fesztávolságnál éri el az ULS kihasználtsága a 21%-ot, míg az SLS ekkor 30%-os. Mivel a lehajlások ekkor túllépnek a 21%-os korlátot, ezért ismételt számítás után már 3850 mm fesztávnál mindkét érték megfelelő.

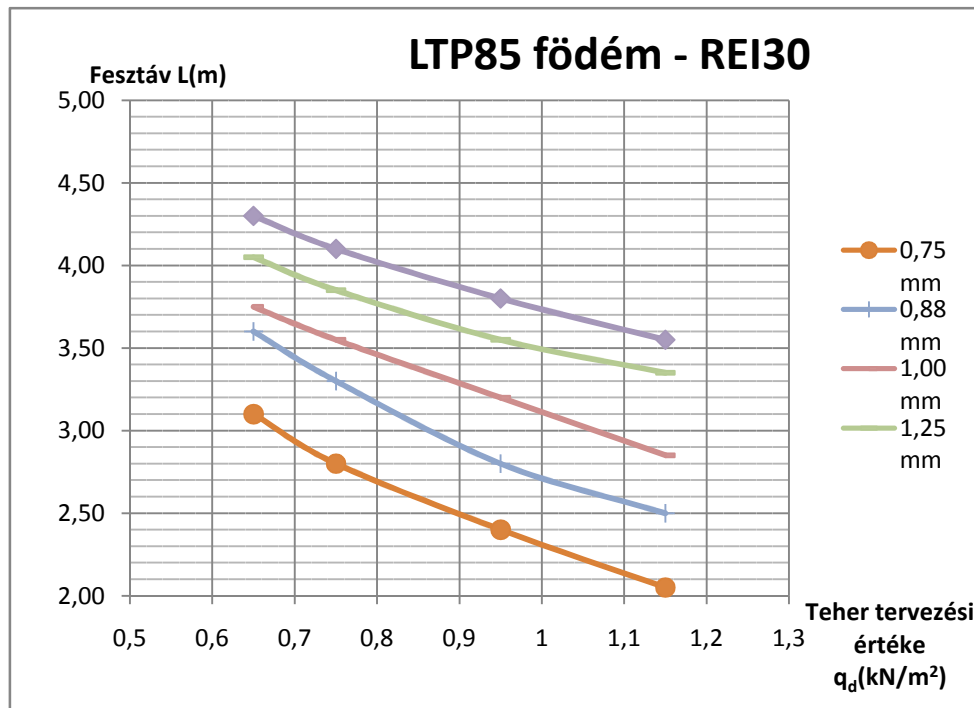
A számítások végeredményei alapján az LTP85 trapézlemez fedém REI30 tűzállósági határértékének alkalmazásához tartozó legnagyobb fesztávolságokat néhány kiválasztott teherhez az alábbi táblázatok mutatják be, háromtámaszú kivitel esetén.

t=	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50		t=	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
q=	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15		q=	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
L _{max} (m)	2,05	2,50	2,85	3,35	3,55			2,40	2,80	3,20	3,55	3,80
lehajlás %	21%	21%	21%	20%	17%			21%	21%	21%	18%	16%
ULS %	9%	13%	16%	21%	21%			12%	15%	19%	21%	21%

t=	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50		t=	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
q=	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75		q=	0,65	0,65	0,65	0,65	0,65
	2,80	3,30	3,55	3,85	4,10			3,10	3,60	3,75	4,05	4,30
	21%	21%	20%	16%	14%			21%	21%	19%	16%	14%
	15%	20%	21%	21%	21%			17%	21%	21%	21%	21%

Az alábbi táblázat és grafikon – már a kihasználtságok nélkül – összegzően tartalmazza a *Lindab LTP 85 trapézlemez* *Rockwool Monrock hőszigeteléssel ellátott lágyfedésű tetőfödém, acél teherhordó trapézlemezzel* alkalmazási korlátait, ameddig háromtámaszú kivitelben REI30 tűzállósággal beépíthető.

t (mm)	q (kN/m ²)	1,15	0,95	0,75	0,65
0,75	L (m)	2,05	2,40	2,80	3,10
0,88	L (m)	2,50	2,80	3,30	3,60
1,00	L (m)	2,85	3,20	3,55	3,75
1,25	L (m)	3,35	3,55	3,85	4,05
1,50	L (m)	3,55	3,80	4,10	4,30



6.3. LINDAB LTP 150-es trapézlemez födém REI15 tűzállóságra

Az adott esetben a tervező mérnök rendelkezésére áll a termék Építőipari Műszaki Engedély (ÉME) okirata [13], illetve a Tűzvédelmi Megfelelőség Igazolás [14], amelyek bármelyike a szerkezetre vonatkozó következő adatokat tartalmazza:

- Tűzállósági határérték: REI15
- Folytatólagos háromtámaszú kialakítás esetén az REI15 az alábbi legnagyobb támaszközökig alkalmazható:

LTP150/0,75 mm	5,0 m
LTP150/0,88 mm	6,0 m
LTP150/1,00 mm	6,3 m
LTP150/1,25mm	6,8 m
LTP150/1,5 mm	7,25 m
- a laboratóriumi vizsgálat az MSZ 14800 szerint történt, ennek alapján a vizsgálati terhelés a födém önsúlyából ($0,4 \text{ kN/m}^2$) és a helyettesítő

többletterből állt. A többletterhet úgy határozták meg, hogy az a hőteher alapértékével ($0,80 \text{ kN/m}^2$) legyen egyenértékű, azaz az összes terhelés $1,2 \text{ kN/m}^2$ -t tett ki.

Ha a tervező által alkalmazni kíván födém- vagy tetőszerkezet terhelésének az Eurocode szerint a tűz állapotában számított tervezési értéke nem haladja meg a laborvizsgálat során alkalmazott össz-teher értékét, akkor az ÉME-ben ill. TMI-ben szereplő fesztávolságokig érvényes a REI15 tűzállóság. Ha akár a teher nagyobb, akár a megkívánt fesztávolság nagyobb, akkor az ellenőrzéshez az eredmények kiterjesztése szükséges. Ehhez az alapot az ÉME adatai szolgáltatják.

Most az első lépésben a határ-kihasználtságot kell megállapítani. Az összes terhelés $1,2 \text{ kN/m}^2$, a támaszok feletti felfekvés méreteit a felhasználási gyakorlat szerint 200 mm-re vesszük. Beállítjuk az ÉME-ben szereplő adatokat a DimRoof szoftverben. Megállapítjuk a számított kihasználtságokat, mind ULS, mind SLS esetében. Példaképpen a 0,88 mm-es lemezvastagságra: ULS = 50%, SLS=32%.

The screenshot shows the DimRoof 3.3 software interface. The main window is titled "DimRoof 3.3 - D:\Hala\tanszeka\indabfire\2010\LTP150_REI15_szamitas.dim". The interface is divided into several sections:

- Alapbeállítások (Basic Settings):** Includes fields for "Funkció" (Function), "Ország" (Country), "Szabvány" (Standard), and "Biztonsági osztály" (Safety class).
- Szerkezeti beállítások (Structural Settings):** Includes "Szelvény" (Section), "Statikai rendszer" (Structural system), "Oldalsó támasz" (Side support), "Lemez" (Slab), "Csavar" (Screw), and "Támasz" (Support).
- Geometria (Geometry):** A table with columns for "No.", "Pozíció [mm]", "Típus", "Széless. [mm]", "L1 [mm]", "L2 [mm]", "No.", "Méter [mm]", "Vtg. 1 [mm]", "Vtg. 2 [mm]", and "Csukló Pozíció [mm]". It shows three rows of data for different slab sections.
- Terhek (Loads):** A table with columns for "No.", "Típus", "Kezdőp.", "Végp.", "Kezdőint. [kN/m²]", "Végint.", "Széless.", and "ULS/SLS". It shows two rows of data for different load types.
- Eredmények (Results):** A section at the bottom showing calculated values for "ULS" (50%) and "SLS" (32%).

Ha ezt mindegyik lemezvastagság esetére megismételjük, az alábbi táblázatban feltüntetett kihasználtságokat kapjuk:

t=	0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
q=	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
L=	5,00	6,00	6,30	6,80	7,25
ULS=	50%	50%	45%	37%	32%
SLS(L/300)=	32%	45%	45%	45%	45%

A mértékadó tönkremeneteli mód mindegyik esetben a támasz felett a reakcióerő és a nyomaték kölcsönhatása. A táblázati eredmények áttekintése alapján teherbírási határállapotban $\mu_{fi} = 0,22$, míg lehajlásokra $\mu_{fi,SLS} = 0,45$ határkihasználtság állapítható meg. Mivel mindkét határérték felhasználásra került, ezért mindkettőt tekintetbe vesszük a további kiterjesztés alapján.

A tervezőmérnöknek az előző esettanulmányokban bemutatott eljárást kell követnie. Ha például az eredményeket háromtámaszú kialakításra kívánja kiterjeszteni, a cég által gyártott 0,75; 0,88; 1,00; 1,25 és 1,5 mm lemezvastagságokra, különböző terhelés-intenzitásokhoz meghatározva az alkalmazható legnagyobb fesztávolságokat, akkor a következő eredményekhez jut.

The screenshot shows the DIMroof 3.3 software interface. The main window displays a three-span beam model with spans of 7200 mm each. The left sidebar contains settings for 'Alapbeállítások' (Basic settings) and 'Szerkezeti beállítások' (Structural settings). The bottom section shows the 'Geometria' (Geometry) and 'Hőzűg' (Heat loss) tables, along with the 'Terhek' (Loads) table. The 'Eredmények' (Results) table at the bottom right shows the utilization percentages for ULS and SLS.

Geometria		Hőzűg	
No.	Pozíció [mm]	Típus	Szélesség [mm]
1	0	H	200
2	7200	C	200
3	14400	H	200

Terhek	
No.	Típus
1	U
2	U
3	U

Eredmények	
ULS	SLS
36%	45%

Példaképpen $0,80\text{kN/m}^2$ össz-tehernél az $1,00\text{ mm}$ vastag trapézlemez födém alkalmazási határát keresve azt kapjuk, hogy 7200 mm fesztávnál éri el az SLS kihasználtsága a 45% -ot. Mivel ekkor az ULS kihasználtsága 38% , ami kisebb az μ_{fi} -nél, tehát a REI15 tűzállóság eddig a fesztávig tekinthető érvényesnek.

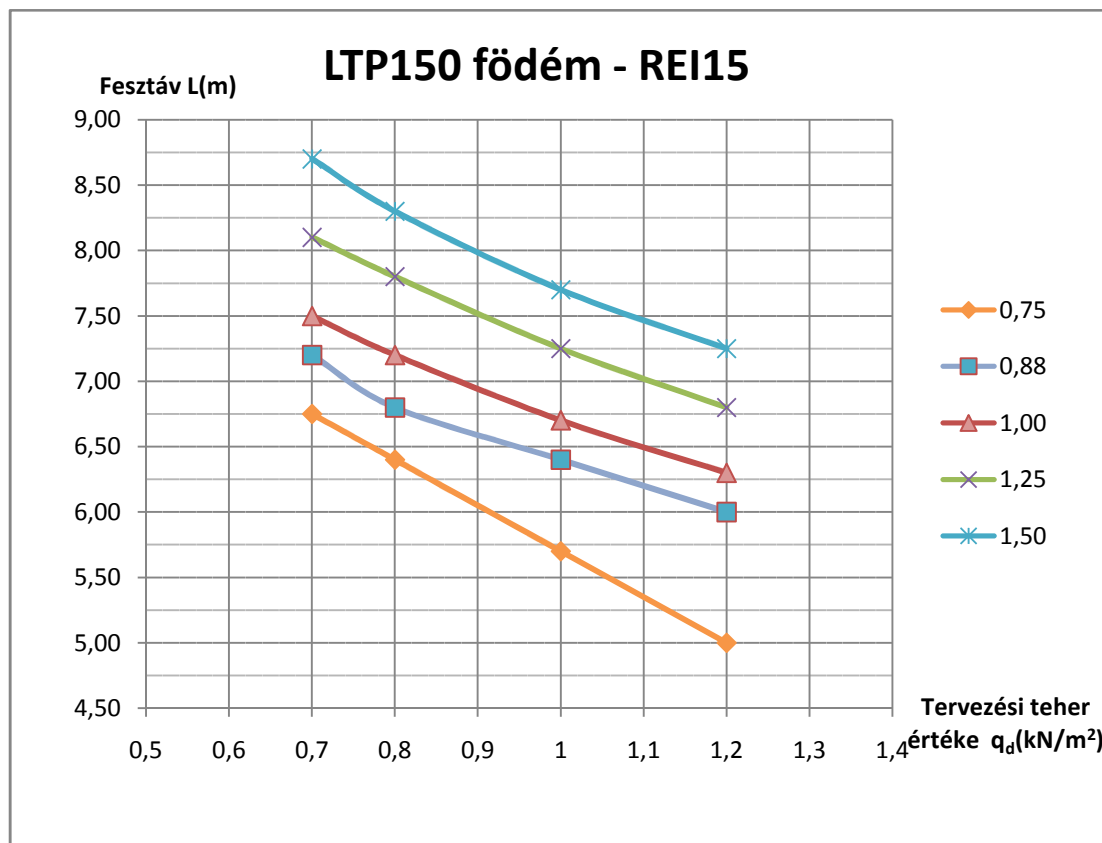
A további vizsgálni kívánt teherszinteken lemezvastagságonként megállapíthatók azok a fesztávolságok, ahol a kihasználtságok éppen az előbbi μ_{fi} , illetve $\mu_{fi,SLS}$ értéket érik el. A számítások részletei nem térnek el az előző esettanulmányokban bemutatottaktól, ezért nem közöljük őket.

A számítások végeredményei alapján az LTP150 trapézlemez födém REI15 tűzállósági határértékének alkalmazásához tartozó legnagyobb fesztávolságokat néhány kiválasztott teherhez az alábbi táblázatok mutatják be, háromtámaszú kivitel esetén. A táblázat bal felső blokkja az ÉME adataiból számolt kihasználtságokat mutatja, pirossal jelölve az ÉME szerint alkalmazható legnagyobb fesztávolságokat. Zöld szín jelzi azt, hogy melyik kihasználtság érte el éppen a határértéket.

t= 0,75	0,88	1,00	1,25	1,50		t= 0,75	0,88	1,00	1,25	1,50
q= 1,20	1,20	1,20	1,20	1,20		q= 1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
L= 5,00	6,00	6,30	6,80	7,25		L= 5,70	6,40	6,70	7,25	7,70
ULS= 50%	50%	45%	37%	32%		ULS= 50%	48%	42%	34%	30%
SLS(L/300)= 32%	45%	45%	45%	45%		SLS(L/300)= 39%	45%	45%	45%	45%
q= 0,80	0,80	0,80	0,80	0,80		q= 0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
L= 6,40	6,80	7,20	7,80	8,30		L= 6,75	7,20	7,50	8,10	8,70
ULS= 50%	42%	38%	31%	28%		ULS= 48%	41%	36%	29%	27%
SLS(L/300)= 44%	44%	45%	45%	45%		SLS(L/300)= 45%	45%	44%	44%	45%

A következő táblázat és grafikon – már a kihasználtságok nélkül – összegzően tartalmazza a *Lindab LTP 150 trapézlemez* *Rockwool Monrock hőszigeteléssel ellátott lágyfedésű tetőfödém, acél teherhordó trapézlemez* alkalmazási korlátait, ameddig háromtámaszú kivitelben REI15 tűzállósággal beépíthető.

t (mm)	q (kN/m ²)	1,2	1	0,8	0,7
0,75	L (m)	5,00	5,70	6,40	6,75
0,88	L (m)	6,00	6,40	6,80	7,20
1,00	L (m)	6,30	6,70	7,20	7,50
1,25	L (m)	6,80	7,25	7,80	8,10
1,50	L (m)	7,25	7,70	8,30	8,70



7 Összefoglalás

A tanulmányban részletesen áttekintettük és elemeztük a szerkezetek tűzállóságának laboratóriumi vizsgálataira vonatkozó szabványokat. Összehasonlítottuk az egyes szabványokban fellelhető előírásokat, igyekeztünk megkeresni az összefüggéseket, rámutatni és lehetőségeink szerint megoldást javasolni azokban a kérdésekben, ahol kismértékben eltérnek a szabványok, vagy nem egyértelműen foglalnak állást.

A szerkezeti elemek tűzben felmutatott teljesítményének laboratóriumi vizsgálattal meghatározott értéke, azaz a tűzállósági besorolás gyakorlati alkalmazásának problémakörét is vizsgáltuk, különös tekintettel a vékonyfalú acél tartóelemből álló szerkezetek esetére. Megvizsgáltuk, hogy a méretezési EUROCODE-ok alapján hogyan kell meghatározni a tűz állapotában érvényes terhelés intenzitását, azaz a teher tervezési értékét. Javaslatot tettünk ebből levezetve a laboratóriumi kísérletnél alkalmazandó terhelés értékére. Áttekintettük, milyen módszerek lehetségesek az érvényes szabványok alapján a tűzállósági laborvizsgálat eredményének kiterjesztésére, azaz egy tűzkísérlet eredményéből kapott tűzállósági határértékhez hogyan lehet más terhelés, más fesztávolságok, más statikai váz, illetve eltérő lemezvastagságok eseteire is érvényességi határokat megállapítani. Bemutattuk az *egyszerű igénybevétel-egyenértékűsége*n alapuló eljárást, és kidolgoztuk a pontosabb, több tönkremeneteli mód figyelembevételét lehetővé tevő *kihasználtságon alapuló* eljárást.

A kihasználtságon alapuló eljárás alkalmazását három esettanulmányban mutattuk be, amelyekben acél trapézlemez teherhordó réteggel ellátott, hőszigetelt födémeket elemeztünk. Két esetben a tűzvizsgálat kísérleti jegyzőkönyvéből kiindulva mutattuk be, hogyan állapíthatók meg a tűzállósági határérték alkalmazásának korlátai. A kísérletben alkalmazott kéttámaszú statikai váztól eltérően háromtámaszú esetekre, más lemezvastagságokra, más terhelésekre állapítottuk meg azt, hogy mekkora fesztávolságokig tekinthető érvényesnek az elért minősítési érték. A harmadik esettanulmányban a tervező statikus mérnök szempontjából mutattuk be a módszer alkalmazásának lehetőségét. Itt rendelkezésre állt a szerkezetre vonatkozó ÉME és TMI, és annak adataiból kiindulva határoztuk meg az előbbiek szerinti azon fesztávolságokat, amivel a mérnök igazolhatja a betervezett födémszerkezet tűzállóságát.

A tűzvizsgálati eredmények szakszerű és az előírásoknak megfelelő alkalmazhatóságának alapvető feltétele az, hogy a vizsgálati jegyzőkönyvek és minősítési dokumentációk tartalmazzák az ehhez szükséges adatokat. A szabványok

áttekintése során erre is kitértünk, és az esettanulmányokban kiemelten jeleztük a feltétlenül szükséges információkat.

8 Irodalomjegyzék

- [1] 9/2008. (II. 22.) ÖTM rendelet: az Országos Tűzvédelmi Szabályzat kiadásáról.
- [2] MSZ EN 13501-1:2007 Építmények és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. – 1. rész: Osztályba sorolás a tűzállósági vizsgálatok eredményeinek felhasználásával.
- [3] MSZ EN 13501-2:2008 Építmények és építési termékek tűzvédelmi osztályozása. - 2. rész: Osztályba sorolás a tűzállósági vizsgálatok eredményeinek felhasználásával, a szellőzési rendszerek kivételével.
- [4] MSZ 14800/1-1989 Tűzállósági vizsgálatok. Épületszerkezetek tűzállósági határértékének vizsgálatai.
- [5] MSZ EN 1363-1:2000 Tűzállósági vizsgálatok. – 1. rész Általános követelmények.
- [6] MSZ EN 1363-2:2000 Tűzállósági vizsgálatok. – 2. rész Alternatív és kiegészítő eljárások.
- [7] MSZ EN 1365-2:2000 Teherhordó elemek tűzállósági vizsgálata. – 2. rész: Födémek és tetők.
- [8] MSZ EN 1990:2005 Eurocode: A tartószerkezetek tervezésének alapjai.
- [9] MSZ EN 1991-1-2:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások – 1-2. rész: Általános hatások. A tűznek kitett szerkezeteket érő hatások.

- [10] MSZ EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése 1-2. rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre.
- [11] Vizsgálati jegyzőkönyv Lindab LTP 150/1 trapézlemez Rockwool Monrock hőszigeteléssel ellátott lágyfedésű tetőfödém, acél teherhordó trapézlemez tűzvédelmi vizsgálatáról. Témaszám M148/1/2010, Készült az ÉMI Nonprofit Kft. Tűzvédelmi Tudományos Osztályán, 2010. aug. 17.
- [12] Vizsgálati jegyzőkönyv Lindab LTP 85/0,75 trapézlemez Rockwool Monrock hőszigeteléssel ellátott lágyfedésű tetőfödém, acél teherhordó trapézlemez tűzvédelmi vizsgálatáról. Témaszám K-3/3/2010. Készült az ÉMI Nonprofit Kft. Tűzvédelmi Tudományos Osztályán, 2011. jan. 11.
- [13] ÉME Építőipari Műszaki Engedély A-218/1/2007: Lindab tömör és perforált gerincű LTP 150 trapézszelelvényű tartószerkezeti elem könnyűszerkezetes tető- és födém szerkezetek, külső térelhatároló falak teherhordó szerkezeti elemeként. Kiadta: ÉMI Kht, 2009. okt. 30, érvényes 2013. márc. 31-ig.
- [14] Tűzvédelmi Megfelelőségi Igazolás, TMI-207/2008: Lindab tömör és perforált gerincű LTP 150 trapézszelelvényű tartószerkezeti elem. Kiadta: ÉMI Kht, 2009. ápr.15, érvényes 2013. márc. 31-ig.