MAGÉSZ®

2018
XV. évfolyam 4. szám

ACÉLSZERKEZETEK

Magyar Acélszerkezeti Szövetség lapja – Journal of the Hungarian Steel Structure Association

A Klatsmányi Tibor híd éjszaka

Fotó: Dernovics Tamás

Cikkünket lásd
a MAGÉSZ Acélszerkezetek
2018/2–3. számában

A TARTALOMBÓL:

- *Acélszerkezetek tűzvédelmi tervezése*
- *Pályázati felhívások (nívódíj; diplomadíj)*
- *A kőrösi acélhídról*
- *Bemutatjuk a HEXA-METAL Kft.-t*
- *Különleges létesítmények Sydney-ben*
- *Acélszobrászat a KÉSZ támogatásával*
- *X. Vasúti Hidász Találkozó*

www.magesz.hu

Wherever and whatever you have to weld, Böhler Welding has the best stick electrode for the job. We supply any type you may need and our electrodes are always easy to handle, with fine arc ignition and stability.

voestalpine Böhler Welding
www.voestalpine.com/welding

voestalpine
ONE STEP AHEAD.

SZÖVETSÉGI HÍREK

TÁJÉKOZTATÓ AZ ELNÖKSÉGI ÜLÉSRŐL

A MAGÉSZ elnöksége 2018. október 2-án a HEXA-METAL Kft.-nél (4060 Balmazújváros, Bólyai u. 2.) tartotta a harmadik negyedévi rendes elnökségi ülését.

Jelen voltak az elnökség tagjai: ***Aszman Ferenc,*** ***Derczó István,*** ***Dr. Dunai László,*** ***Tarány Gábor,*** ***Ubrinyi Balázs,*** ***Dr. Csapó Ferenc,*** ***Deák László*** *elnökségi póttag.*

Előzetesen jelezte távolmaradását: ***Duma György,*** ***Papp Zoltán****.*

Meghívottak: ***Katona Imréné*** *tulajdonos,* ***Markó Péter*** *cégvezető,* ***Katona Róbert*** *termelésvezető, Hexa-Metal Kft.*

NAPIRENDI PONTOK TÁRGYALÁSA A MEGHÍVÓ SZERINT:

1. Innovációs díj pályázatok bemutatása, értékelése.
2. Ajánlások megfogalmazása a következő év munkatervének elkészítéséhez.
3. Egyebek.
4. A HEXA-METAL Kft. tájékoztatása.

1. Innovációs díj pályázatok bemutatása, értékelése

Innovációs díjra nem érkezett pályázat.

2. Ajánlások megfogalmazása a következő év munkatervének elkészítéséhez

➡ A tagdíj mértéke 2019-ben:

A tagdíj mértékén az alábbiak szerint változtattunk 2012-ben, és ma is ez van érvényben:

– Tagvállalatoknak az előző év nettó árbevételének függvényében:

500 MFt alatt a tagdíj	*180 EFt;*
500–1000 MFt között	*240 EFt;*
1000–2000 MFt között	*420 EFt;*
2000–4000 MFt között	*480 EFt;*
4000 MFt felett	*600 EFt*

a tagdíj mértéke.

– Egyéni tagoknak	*15 000 Ft/év;*
– nyugdíjasoknak	*0 Ft/év;*
– pártoló tagoknak	*180 000 Ft/év;*
– társult tagoknak	*50 000 Ft/év.*

A tagdíj mértékéről az elnökség a 2019. márciusi (közgyűlést előkészítő) ülésén foglal állást, melyet a közgyűlés elé terjeszt döntésre.

➡ PROGRAMOK 2019. évre

– Elnökségi ülések:

- 2019. március 20. (BME) Nívódíj és diplomadíj pályázatok értékelése és a közgyűlés előkészítése: beszámoló és mérleg.
- 2019. szeptember 26. (Weinberg '93 Építő Kft.)
- 2019. december 4. (BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

– Közgyűlés:

2019. április 10.

- Beszámoló és mérleg elfogadása
- Nívódíj és diplomadíjak átadása

– Szakmai konferenciák, rendezvények tervezete 2019-ben:

- 2019. május: XV. MAGÉSZ Konferencia: a következő elnökségi ülésre javaslatok kellenek az előadásokat illetően.
- 2019. november: 23. sz. Fémszerkezeti Konferencia (az MKE – MAGÉSZ rendezésében)
- 2019. december 4. – Évzáró rendezvény – Innovációs díj átadása (BME Hidak és Szerkezetek Tanszék)

TARTALOM
CONTENTS

Szövetségi hírek 1
Association News 1

Hírek 2
News 2

„Acélszerkezeti Nívódíj" pályázat 3

„Acélszerkezeti Diplomadíj" pályázat 4

MAGÉSZ elnökségi ülés Balmazújvárosban a HEXA-METAL Kft.-nél 5

Új Duna-híd pályázat – Magyar tervezők pályaművei 7

Optimális passzív tűzvédelem tervezése acélszerkezetekre 8

Acél viselkedése magas hőmérsékleten .. 12

Optimális tervezés tűzhatással szemben: változó keresztmetszetű acél keretszerkezet 17

Ásványi szálas hőszigetelő anyagok testsűrűségének hatása a tűzállóságra kombinált tűzvédelmi burkolatok esetén 23

Az Ozone program használata 28

Lokális tűznek kitett függőleges oszlop méretezése 33

Vasúti Hidászok a szakma csúcsán – és a vár fokán 37

M44 Körös-híd építési munkái 38

„Formáljuk a jövőt és átalakítjuk a világot!" 44

Az Év hídja díj pályázat értékelése 48

A Kikötő híd, az Operaház és további különleges létesítmények: Sydney 1. rész 62

A metált bírod? 76

Sikertörténet. CLOOS csúcstechnológia. Henan Junton Vehicle – befektetés az automatizált hegesztéstechnikába 80

MAGÉSZ®
ACÉLSZERKEZETEK
Magyar Acélszerkezeti Szövetség lapja – Journal of the Hungarian Steel Structure Association

➡ **Munkaterv 2019.**

Részletezésére a következő elnökségi ülésen kerül sor.

3.
Egyebek

➡ **Alelnök választás**

Az elnökség egyhangú szavazással megválasztotta a MAGÉSZ alelnökének: UHRINYI BALÁZS-t a Kész Ipari Gyártó Kft. ügyvezető igazgatóját.

➡ **MAGÉSZ adatváltozás**

A Fővárosi Törvényszék 2018. július 4-i végzésével nyilvántartásba vette a MAGÉSZ képviselők adatainak változását.
A képviselői megbízatás időtartama: 5 év; megszűnésének időpontja: 2023. április 10.

➡ **Felvétel**

A diplomadíjasok felvételi kérelmét az elnökség egyhangúlag elfogadta:
– Literáti Zsolt,
– Péter Zsolt,
– Csuvár Zsófia.

➡ **Kilépés**

– Rutin Kft.
– Fémszerkezet Építő és Szerelő Kft.
– Milestone Management Kft.

➡ **Az idei még hátralévő rendezvényekről**

– 2018. november 9.
Tűzvédelmi workshop
– 2018. november 29.
22. sz. Fémszerkezeti Konferencia (az MKE – MAGÉSZ rendezésében)
Csarnokok, épületek kiegészítő szerkezetei.

➡ **Program a MAGÉSZ évzáró rendezvényre**

2018. december 5. (szerda)
11.00 órai kezdettel
(előtte elnökségi ülés 9.00 órai kezdettel)
Helye: Hidak és Szerkezetek Tanszék
– Aszman Ferenc elnök tájékoztatása a MAGÉSZ 2018. évi tevékenységéről.

➡ **Tájékoztatás**

– ***Az ECCS tagdíjunkat*** (2018. május 31-én) átutaltuk: 3300 EUR = 1 064 976 Ft.

– ***„MAGÉSZ 20 éves" rendezvény kiadásai:***

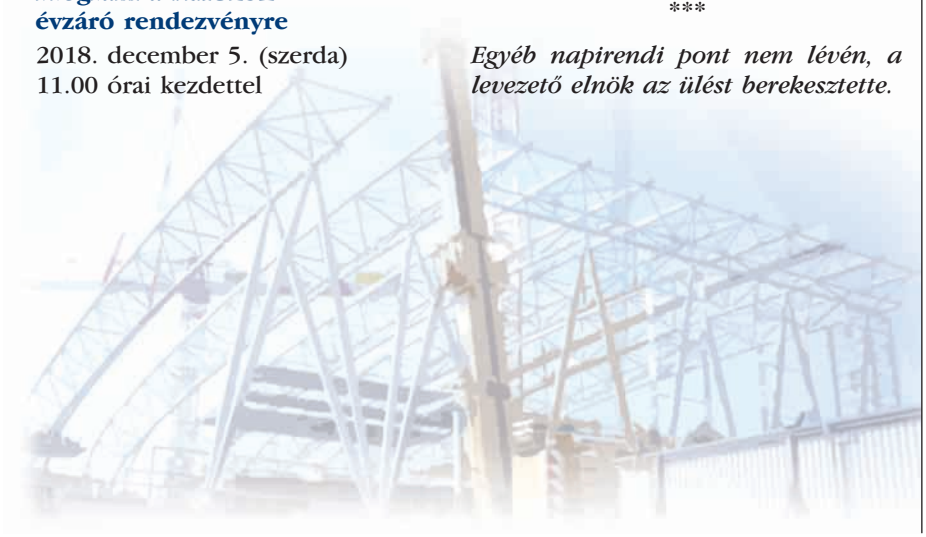
- HAJÓ 2 461 559 Ft
- MAGÉSZ könyv
  - nyomda (300 db) 1 726 200 Ft
  - szerző 300 000 Ft
- Lánchíd könyv:
  - nyomda: 2 024 000 Ft, melyet a nyomda részére a Magész egyenlített ki. A BKK által rendelt 500 példányt a cég nem vette át és lapzártáig többszöri felszólításra sem rendezte a tartozását.
  - egyéb költségek (tipográfiai tervezés; grafikai tervezés; szöveg; angol fordítás)
    BME 700 000+áfa;
    MAGÉSZ 800 000+áfa;
- Műegyetemi iskolaszövetkezet: 46 000 Ft.

4.
A HEXA-METAL Kft. tájékoztatása

A tájékoztatásról és az üzemlátogatásról az elnökség tagjai elismerően nyilatkoztak. *(Cikkünet lásd az 5–7 oldalakon.)*

***

Egyéb napirendi pont nem lévén, a levezető elnök az ülést berekesztette.



HÍREK

➡ K+F az acéliparban: források, lehetőségek, követelmények

Szakmai szimpóziumot szervezett az acélipari kutatás-fejlesztés jegyében szeptember 26-án a Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés. A tagvállalatok, valamint a hazai egyetemek, kutatóintézetek együttműködésének elősegítését célzó, a hazai acélipar versenyképesség-növelésének lehetőségeit vizsgáló rendezvényen dr. Móger Róbert, az MVAE igazgatója ismertette az Európai Bizottság Szén- és Acélkutatási Alap (RFCS) struktúráját, működését, valamint beszámolt olyan, már lezárult, illetve folyamatban lévő kutatási projektekről is, amelyeknek magyar vállalatok is résztvevői. A hazai és uniós K+F pályázati források rendszeréről, elnyerésük lehetőségeiről, illetve a pályázókkal szemben támasztott követelményekről beszélt előadásában dr. Szabó István, a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal elnökhelyettese. A Magyarmet Finomöntöde Kft. K+F tevékenységét Győri Imre ügyvezető igazgató mutatta be. Lenkeyné dr. Bíró Gyöngyvér, a Bay Zoltán Alkalmazott Kutatási Közhasznú Nonprofit Kft. divízió igazgatója az ipari kutatás-fejlesztési projektek kihívásait elemezte, számos sikeres projekt tapasztalatai alapján.

A MAGÉSZ PÁLYÁZATI FELHÍVÁSA

A Magyar Acélszerkezeti Szövetség meghirdeti az

„ACÉLSZERKEZETI NÍVÓDÍJ”

pályázatot

A pályázat célja

A kiemelkedő szakmai színvonalon megvalósult acélszerkezeti termékek, építmények alkotóinak (tervezők, gyártók, kivitelezők) erkölcsi elismerése.

Pályázhat

Magyarországon bejegyzett társaság vagy vállalkozó, elkészült és 2018. évben átadott, Magyarországon saját erőforrással gyártott acélszerkezettel. A szerkezet nem lehet alkatrész jellegű. Egy cég több, a felhívást kielégítő pályázat benyújtására jogosult. Tervezők, gyártók és kivitelezők önállóan vagy együttesen is pályázhatnak. Önálló pályázat esetén a másik két résztvevőt meg kell jelölni.

A pályázat jellege

Országos, nyilvános, egyfordulós.

A pályázat tartalmi és formai követelményei

– összefoglaló a pályázó adataival, tömör témaleírás, a díjra terjesztés rövid indoklása;
– a szerkezet rövid bemutatása, alkalmazott anyagok, gyártás- és szerkezettechnológia;
– tervező megnevezése, tervezés bemutatása, alkalmazott módszer, szoftver stb.;
– műszaki-gazdasági paraméterek, megvalósítási idő;
– mellékletként: vázlatok, fényképek, minőséget tanúsító iratok, referenciák, szakvélemény, vevő véleménye, szaklapcikk stb. becsatolása;

A benyújtott pályázat az öt oldal terjedelmet nem haladhatja meg (a mellékletek terjedelme nincs korlátozva). A pályázatot a MAGÉSZ elnökségi ülésén max. 10 perces, vetített előadásban is be kell mutatni.

Az értékelés szempontjai a hazai és külföldi referenciák alapján

– újszerűség,
– esztétikai követelmények kielégítése,
– minőség,
– műszaki színvonal,
– gazdaságosság.

Évente egy első díj ítélhető oda, a II. és III. helyezett oklevélben részesül.

Beadási határidő: 2019. március 1.

A pályázatokat 1 példányban az alábbi címre kérjük eljuttatni:
MAGÉSZ Magyar Acélszerkezeti Szövetség
1161 Budapest, Béla utca 84.

További információ:

Dr. Csapó Ferenc,
Telefon/fax: 1/405-2187; 30/946-0018
E-mail: magesz@t-online.hu
Honlap: www.magesz.hu

A díjakat a nyerteseknek a MAGÉSZ éves közgyűlésén ünnepélyes keretek között adjuk át.

MAGÉSZ elnöksége

A MAGÉSZ PÁLYÁZATI FELHÍVÁSA

A Magyar Acélszerkezeti Szövetség meghirdeti az

„ACÉLSZERKEZETI DIPLOMADÍJ”

pályázatot

A diplomadíj célja

A MAGÉSZ Magyar Acélszerkezeti Szövetség figyelemmel kíséri a hazai szakmai utánpótlás alakulását. Az acélipar hazai fejlődése egyre több felsőfokú képesítéssel rendelkező ipari szakembert igényel. A szakember-utánpótlás hosszú távú megoldásának egyik alapvető feltétele az acélszerkezeti szakma rangjának visszaállítása, emelése. A MAGÉSZ Diplomadíj az előbbi törekvés egyik megjelenési formája. A díj azoknak a mérnökhallgatóknak adományozható, akik szakdolgozatukat, illetve diplomatervüket – a MAGÉSZ tagvállalatainak profiljába eső témában – kiemelkedő színvonalon készítették el. A *Diplomadíj,* a kezdő szakemberek anyagi támogatása mellett, elsősorban *magas szakmai elismerés,* illetve lehetőség a szakmai elismerés korai megszerzésére (a díjnyertesek pályázati munkáját szakmai lapunkban, a MAGÉSZ „Acélszerkezetek”-ben közzéteszszük).

Pályázati feltételek

- Felsőfokú intézményben 2018-ban, vagy 2019. február 11-ig megvédett, jeles (5) minősítésű diplomamunka/szakdolgozat és az intézmény javaslata.
- A diplomamunka/szakdolgozat tárgya legyen kapcsolatos az acélszerkezetekkel, feleljen meg a tagvállalatok profiljának.
- A diplomamunka/szakdolgozat és a konzulens támogatásával ellátott pályázati űrlap határidőre való benyújtása a felsőoktatási intézmény szervezeti egységénél.

A pályázat benyújtása

A diplomamunkát/szakdolgozatot és a kitöltött pályázati űrlapot az intézmény MAGÉSZ által felkért szervezeti egységénél kell benyújtani és a MAGÉSZ címére kell eljuttatni legkésőbb 2019. február 19-ig.

A benyújtás helyei

- BME, Hidak és Szerkezetek Tanszék
- Miskolci Egyetem, Anyagmozgatási és Logisztikai Tanszék
- Pécsi Tudományegyetem, Műszaki és Informatikai Kar, Építőmérnök Tanszék
- Széchenyi István Egyetem, Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék

Az elbírálás kiemelt szempontjai

- a probléma megoldásának újszerűsége,
- valamely rutinfeladat magas szintű, egyéni megoldása,
- a probléma innovatív megközelítése.

A pályázat elbírálása

Az intézmények által rangsorolt pályázatok végső sorrendjét a MAGÉSZ elnöksége határozza meg. A döntésről minden pályázó írásos értesítést kap legkésőbb 2019. március 31-ig

A MAGÉSZ Diplomadíj díjai

- MSc Diplomamunka Díj:
  150 000 Ft pénzjutalom + MAGÉSZ egyéni tagság, mely az első két évben tagdíjmentes.
- BSc Diplomamunka Díj:
  120 000 Ft pénzjutalom + MAGÉSZ egyéni tagság, mely az első két évben tagdíjmentes.

Jelentkezési lap: ***www.magesz.hu***

A díjakat a nyerteseknek a MAGÉSZ éves közgyűlésén ünnepélyes keretek között adjuk át.

MAGÉSZ elnöksége

Markó Péter *IWE/EWE, cégvezető*
HEXA-METAL Kft.

MAGÉSZ ELNÖKSÉGI ÜLÉS BALMAZÚJVÁROSBAN A HEXA-METAL KFT.-NÉL

Az előzetes munkatervnek megfelelően az elnökség negyedéves ülését október 2-án a HEXA-METAL Kft.-nél tartotta. Az elnökséget Markó Péter cégvezető fogadta és kalauzolta az acélszerkezeteket gyártó kft.-nél. A találkozón a fentieken túl részt vett a cég egyik tulajdonosa, Katona Imréné és a termelési vezető, Katona Róbert is.

A cég 100%-ban magyar magánszemélyek tulajdonában van. 135 fő alkalmazottal 100%-ban exportra termelő acélszerkezet-gyártó vállalkozás, mely tavaly ünnepelte 25 éves alapítását.

Árbevételi terve 2018-ban 2,750 milliárd forint.

A cég és munkavállalói minden szükséges tanúsítvánnyal rendelkeznek az ISO, EN és GOSZT előírások területén.

4300 m²-es darugyártó csarnok 14 darab 4–12,5 t-ás híddaruval

A csarnok belülről

Porpárnás tompavarrat-hegesztő

Kétfejes sarokvarrat-hegesztő portál

Festőcsarnok vonszolóművel, a gyártó- és szerelőcsarnok közé illesztve

Daruszerelő csarnok – Végszerelde, hidegjáratás, feliratozás

Herrenknecht Separation HK500

Fő profilja, ami a termelési érték 62%-át teszi ki, a KONEKRANES finn cégcsoport **híddaruinak** kulcsrakész gyártása, szerelése. A daruk szekrénytartói akár a 40 m hosszúságot is elérik. Szállításuk különleges kamionokon történik. Az elvárt, szűk gyártási határidők betartása alapvető követelmény, hiszen a túlméretes fuvarengedélyek beszerzése hónapokkal előre megtörténik, és a szükséges útzárásokaz percre pontosan meg határozzák. Ezeket a követelményeket természetesen csak hatékony gépesített termeléssel lehet kielégíteni.

A **szekrénytartók** gyártása a CNC lemezszabások után egyoldali porpárnás fedőporos tompahegesztéssel, hidraulikus és mágneses összeállító hidakkal, majd kétoldali por alatti sarokvarrat-hegesztéssel folytatódik.

A készrehegesztett szekrénytartókat az anyacég által beszállított futóművekre lézeres távmérés segítségével szereljük, így biztosítva a daruk párhuzamos futását.

A tartókat és komponenseiket ezután közvetlenül a Vevők igényei szerinti korrózióvédelemmel látjuk el a festődében.

Innen szintén közvetlenül a szerelőcsarnokba kerülnek az acélszerkezetek, ahol a villamos és gépészeti szerelés valamint a számítógépes szimulációs ellenőrzések történnek meg. Ezután, amennyiben a haladóművek hossza a 3,00 métert nem haladja meg, akkor szétszerelés nélkül emeljük a szerelőcsarnokba betolató kamionokra, amennyiben ennél szélesebbek a daruk, akkor megfelelő összejelölések után külön szállítjuk a főtartókat, haladóműveket és emelőművet stb.

Holland markoló-elemek

Holland markolók

A kft. másik profilja, elsősorban német és holland piacra, bonyolult hegesztett és forgácsolási megmunkálást igénylő **gépészeti elemek** gyártása. Ezeknél gyakran fordul elő a szokásos S 355-ös szilárdsági osztályon kívül S 690 valamint a kopásnak kitett helyeken a HARDOX 450-es acél. Hogy a hegesztő szakembereink se unatkozzanak, természetesen ezen minőségeknél nem ritka a 120 ~ 250 mm vastagsági tartomány sem.

Amennyiben mélyebben érdeklődnek cégünk iránt, előzetes egyeztetés után szívesen látjuk önöket gyárunkban.

Mobil földfúró oszlop

Herrenknecht Lafette

A híddaru szállítási állapotban

Új Duna-híd pályázat – Magyar tervezők pályaművei

címmel tartotta meg nagy sikerű szakmai rendezvényét a Hidászokért Egyesület 2018. október 16-án a BME K épület dísztermében. A szebbnél-szebb, fantáziadús pályaművek bemutatását nagyszámú hallgatóság érdeklődése kísérte.

Ezúton is gratulálunk a Hidászokért Egyesületnek a kiváló szervezéshez.

Szakál Regina tartószerkezeti tervező, tűzvédelmi szakmérnök
Dunamenti Tűzvédelem Zrt.

OPTIMÁLIS PASSZÍV TŰZVÉDELEM TERVEZÉSE ACÉLSZERKEZETEKRE

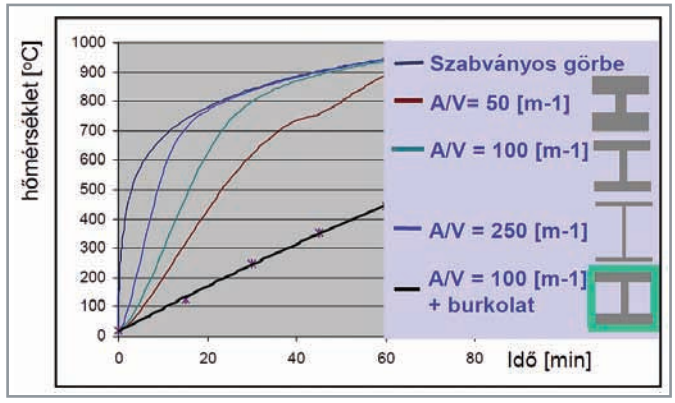
BEVEZETÉS

Az Országos Tűzvédelmi Szabályzat követelményeit kielégítő műszaki megoldásokat tartalmazó Tűzvédelmi Műszaki Irányelv folyamatos tematikus fejlődésével egyre nagyobb igény van arra, hogy az acélszerkezetek passzív tűzvédelme kézzelfogható és kellőképpen pontosan megoldható legyen, amihez elengedhetetlen a szerkezeti elemek egyedi kritikus hőmérsékletének ismerete. Egyrészt így lehetséges szakszerű védelemmel ellátni az épületeket, másrészt gazdaságossági szempont is, hogy minden elem csupán a szükséges védelmet kapja. Felmerül azonban az a kérdés, milyen kritikus hőmérséklet adható meg olyan esetben, amikor nem készül egyedi tartószerkezeti vizsgálat. Jelenleg az a tapasztalat, hogy a tartószerkezeti tervezők nincsenek felkészítve ennek az elvégzésére, illetve a szoftverek között is csak kis számban érhető el a tűzbeli mechanikai vizsgálati modul. A következő bemutatás gondolatébresztésként szolgálna arról, hogy milyen hatással van a kritikus hőmérséklet a védelem kialakítására, és milyen tényezők módosítják az értékét. Emellett egy másik fontos kérdés a komplex tűzvédelmi vizsgálatoké, azaz milyen elveken alapulnak és hogyan alkalmazhatóak a szerkezetvédelem megoldására.

KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET ÉS SZELVÉNYTÉNYEZŐ A TŰZVÉDELMI BEVONAT RÉTEGVASTAGSÁGÁNAK MEGHATÁROZÁSÁHOZ

Egy adott szerkezeti elem tűzállósága, illetve a szükséges védelmének mértéke a kritikus hőmérsékletével és a profiltényezőjével jellemezhető. A kritikus hőmérséklet az a pont, amelynél az acélelem elveszíti teherbírását a csökkentett mechanikai hatásokkal szemben. Minél magasabb ez a hőmérséklet, annál több teherbírási tartalékkal rendelkezik a szerkezet a rendkívüli tűzteher esetére, tehát kisebb hőszigetelő réteggel elegendő védeni a megfelelő működésének megtartása érdekében. A szelvénytényező pedig a felmelegedés mértékét mutatja, azaz hogy milyen saját ellenállása van a szelvénynek a hőmérséklet emelkedésével szemben. A szelvénytényező (jelölése A_m/V az angolszász vagy U/A jelölés a német terminológiában) az adott szerkezeti elem hőhatásának kitett kerületének és területének hányadosa, tehát minél karcsúbb egy szerkezeti elem, annál nagyobb ez a tényező és ezzel összefüggésben annál nagyobb védelemre van szüksége a felmelegedés ellen *(1. ábra)*.

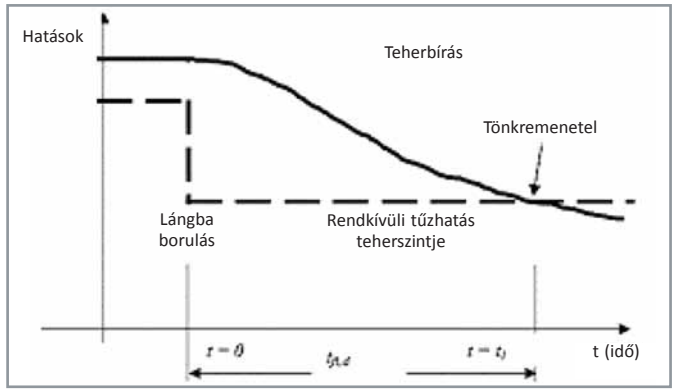
A fentiekből nyilvánvaló, hogy milyen fontos az egyedi kritikus hőmérséklet ismerete annak érdekében, hogy optimális védelem készüljön az adott szerkezetre. A jelenleg érvényben lévő vizsgálati szabványok, az MSZ EN 13381-4 és -8 lehetőséget is adnak erre, ugyanis 9 kritikus hőmérsékletet definiálnak 350–750 °C-ig, ellentétben a régi MSZ 14800-1 szabvánnyal. Ez utóbbi egyetlen kritikus hőmérsékletet, az 500 °C-ot használta minden nyitott szelvényre, amelynek minden lemezvastagsága elérte az 5 mm-t, és ehhez kapcsolódóan határozta meg az adott tűzállósági követelmény kielégítéséhez szükséges tűzvédelmi bevonat vastagságát. Ehhez képest jelenleg bonyolultabb a rétegvastagság meghatározása, azonban segíti a szakszerű, versenyképes megoldásokat.



1. ábra: Különböző profiltényezőjű védelem nélküli acélelemek felmelegedése az ISO834 szabványos tűzgörbe hatására, illetve egy tűzvédelmi burkolattal ellátott elem hőmérséklete

A KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐI

A kritikus hőmérséklet számításához elengedhetetlen a tartó terhelésének és statikai vázának, egyszóval a keletkező igénybevételek ismerete. Az Eurocode 1 szabvány [1] azzal a feltételezéssel él, hogy kis valószínűséggel érik az épületet a tűzhatással egyidejűleg maximális értékükön egyéb tervezési hatások, ugyanis egy tűz az épület feltételezett élettartamához viszonyítva elenyésző hosszúságú (50 éves élettartam összevetve 30–120 perccel). Így áll elő a rendkívüli tűzhatás alacsonyabb teherszintje *(2. ábra)*, amelyre mind-



2. ábra: A teherbírás leépülése és a tűzbeli hatás

emellett az EC1-1-2:4.1 (4) pontja szerinti elv vonatkozik, miszerint szabványos tűzhatásra vizsgált szerkezeteken nem kell figyelembe venni a szomszédos elemekről átadódó közvetett, gátolt alakváltozásból származó hatásokat. A rendkívüli teherkombinációban minden jellegű teher biztonsági tényező nélkül veendő figyelembe. Az állandó terhek tűzeset során is teljes értékűen jelen vannak, az esetleges terhek pedig a vizsgált szerkezet rendeltetésétől (tető, közbenső födém funkciója), vagy valószínűsített jelenlététől és a többi hatás együttállásának valószínűségétől függően csökkentve kerül számításba.

Például tűz esetén egy irodaépület közbenső födéméről feltételezzük, hogy a szinten tartózkodók már a tűzjelző riasztására kimenekültek, a berendezések, gépek maradnak csupán a födém terheként, így a hasznos terhek felét kell számításba venni a teherkombináció összeállításakor. Egy másik jellegzetes példa az ipari csarnok tetőgerendája, ahol nem kell figyelembe venni egyidejűleg a szél- és hóterhet, ezek közül csak az egyik hatása érvényesül redukált értékével. Azonban nem csupán e csökkentés mértékétől függ, hogy mennyire épülhet le az acél teherbírása. Kiemelten fontos az is, hogy a teljes terhelés milyen arányban oszlik meg az állandó, azaz a nem csökkenthető és a csökkenthető változó terhek között. Vegyük az előbbi két szemléletes terhelési példát: az acélgerendákkal megtámasztott vasbeton födémet, amelyen irodai funkció működik, illetve egy könnyűszerkezetes fedéssel ellátott ipari csarnok tetőgerendáját. Az előbbi esetben az állandó terhek még nagyobbak is lehetnek, mint a változó hatás mértéke. Ilyenkor az 50%-os csökkentéssel nagyjából a harmadával lesz alacsonyabb a terhelés, mint normál hőmérsékleten, így a mechanikai csökkentő tényezők alapján látszik, hogy nagyjából 500 °C körül lesz a kritikus hőmérsékletük. Míg az utóbbi esetben a mértékadó hóteher 2–3-szor nagyobb, mint egy trapézlemezes vagy szendvicspaneles tetőfedés által kialakuló önsúly jellegű teher. Ráadásul a súlyozásnál nagyobb részben számító hóterhet nagyobb mértékben is csökkentjük, így nagyjából az eredeti teher harmada működik a szerkezeten rendkívüli tűzhatás alatt. Ez már magasabb kritikus hőmérsékletet eredményez, jellemzően 600 °C is igazolható lesz ebben az esetben.

A fenti két terhelési esetet vizsgáltam különböző befogási viszonyokkal és geometriával annak érdekében, hogy az eredményeken keresztül látszódjanak a fontos tendenciák, összefüggések a kritikus hőmérsékletre vonatkozóan *(1. táblázat)*. A gyakorlati és e számítások tapasztalatai alapján elmondható, hogy a régi szabvány 500 °C-os közelítése a kritikus hőmérsékletre, nyilvánvalóan a biztonság javára, de egészen jól lefedi, hogy milyen mértékig engedhető a szerkezet felmelegedése. Ennél alacsonyabb hőmérsékletet csak a kimagaslóan karcsú elemeknél kaptam, amelyek normál hőmérsékleten sem gazdaságosak, tehát ritkán használt konstrukciók. A vizsgált gerendatípusok jellemző tönkremenetele a stabilitásvesztés kifordulásra, tehát további vizsgálatokat igényelnek az egyéb tönkremeneteli módok, például a nyomott oszlopok, amelyeknek a kihajlási tönkremenetele jellemző, illetve olyan szerkezeti elemek, amelyeknél ezek interakciója is felléphet. Tehát az, hogy milyen magas hőmérsékleten megy tönkre az adott szerkezeti elem, nagymértékben függ a befogási viszonyoktól, a működő igénybevételektől és az elem karcsúságától is. Emellett fontos ismét kiemelni, hogy az állandó terhek és a változó hatások egymáshoz viszonyított aránya is rendkívül fontos, mint az látszik az épület funkciója szerinti jelentős hőmérsékleti különbségekből.

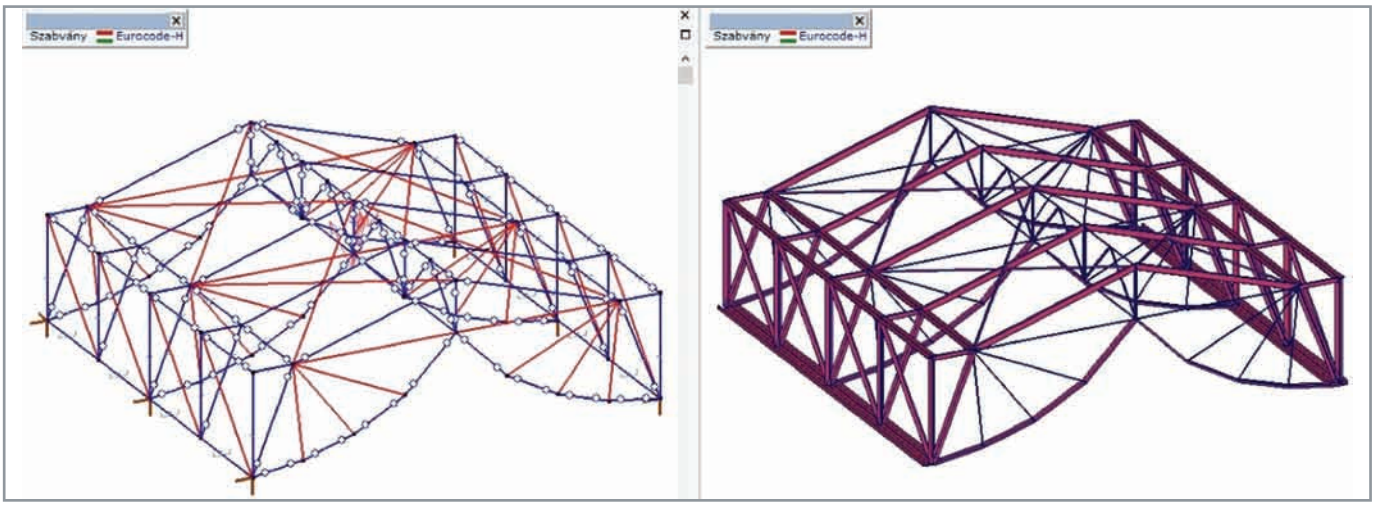
1. táblázat: Kritikus hőmérsékletek funkció, karcsúság és statikai váz függvényében

Melegen hengerelt profilok (1. és 2. keresztmetszeti osztályúak)	Gerendatípusok (jellemző tönkremenetel: kifordulás)	Irodai közbenső födém vasbeton födém + hasznos teher; ψ=0,50		Ipari csarnok tető könnyű burkolat + hóteher; ψ=0,20	
		Karcsúság λ	Θ_{cr} [°C]	Karcsúság λ	Θ_{cr} [°C]
	Kétcsuklós gerenda	<50	500	<50	600
		>50	450	>50	600
	Konzolos gerenda	<50	500	<50	550
		>50	450	>50	550

A táblázat *(1. táblázat)* ugyan csak a végeredményeket mutatja, de fontos megfigyelése volt a készítéséhez szükséges számításoknak, hogy milyen mértékben befolyásolja a normál hőmérsékleti tervezés a tűzbeli tartalékokat a tartóban. Normál hőmérsékleti körülmények között 80 és 99% közötti kihasználtságok jellemzőek tervezéskor, azonban tűzhatás során ez a közel 20%-os mozgástér akár 40 °C-os különbséget módosíthat a kritikus hőmérséklet értékében. Közelítően 5%-os kihasználtságnövekedés azt eredményezi, hogy a szerkezeti elem 10 °C-kal alacsonyabb hőmérsékleten megy tönkre.

A szakmai szempontokon túl természetesen kiemelten fontos a gazdaságosság és versenyképesség a projektek kivitelezésénél. Legszemléletesebben egy példán keresztül lehet bemutatni az egyedileg számított kritikus hőmérséklet jelentőségét. Az idei évben készült a szombathelyi uszoda rekonstrukciója, ahol a tető- és burkolattartó szerkezet 30 perces tűzállósági követelményét Polylack W hőre ha-

3. ábra: A szombathelyi uszoda rekonstrukciója – tetőszerkezet és burkolattartó rendszer (burkolattal és nélküle)



4. ábra: A szombathelyi uszoda tetőszerkezetének és burkolattartó rendszerének térbeli statikai modellje

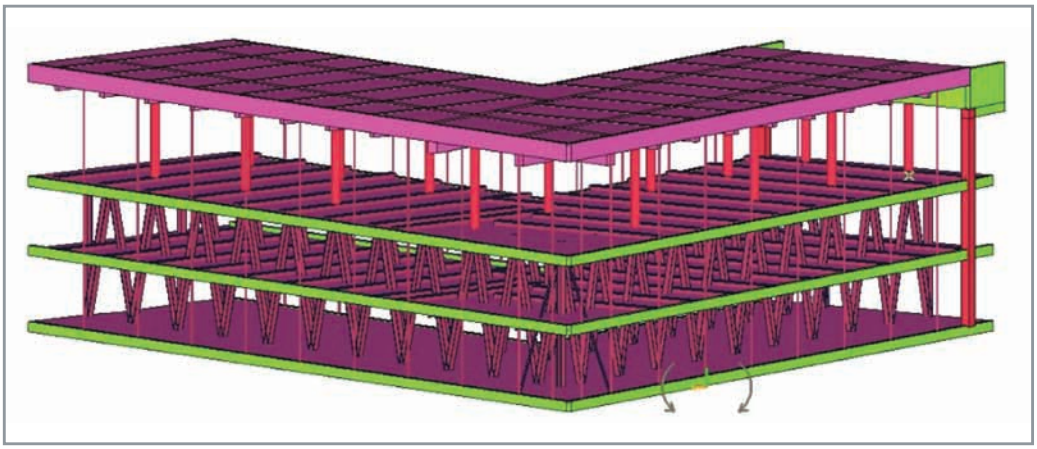
bosodó festékkel biztosítottuk az elemek egyedi kritikus hőmérsékletére alkalmazott rétegvastagságokkal. Az elsődleges tartószerkezet kéttámaszú, konzolos acélrácsos tartókból áll, amelyekhez az álmennyezet ferde helyzetű köracélokkal van felfüggesztve *(3–4. ábrák)*.

Egy elem, az I140-es kereszttartó kivételével minden egyéb helyen magasabb hőmérséklet (600–650 °C jellemzően) engedhető meg 500 °C-nál, így a szükséges rétegvastagságok jelentősen csökkentek, tehát a felhasználandó festékmennyiség is. A festendő felület több, mint 4000 m^2, amelyre a régi szabvány által alkalmazott 500 °C-kal 4255 kg névleges festékmennyiség szükséges, míg a számított hőmérsékletek segítségével ez 2279 kg-ra csökkent, ami 54%-a az eredeti mennyiségnek. Érzékelhető tehát a számokból, hogy nem elhanyagolható a megtakarítás mértéke.

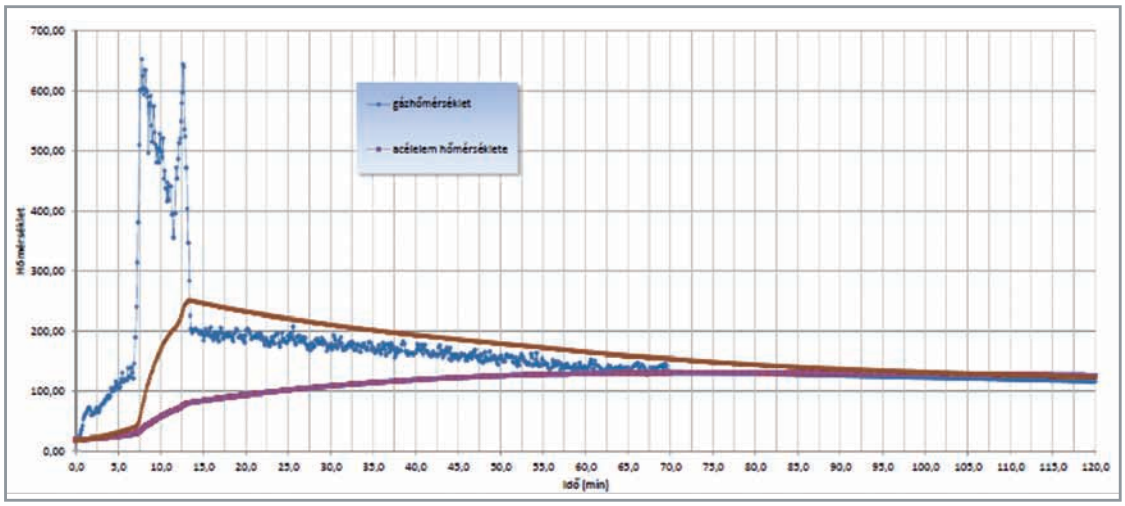
KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLATOK ACÉL TARTÓSZERKEZETEN

Manapság a mérnöki módszerek alkalmazása a tűzvédelem terén egyre elterjedtebb, egyrészt az összetett követelmények kielégítése teszi szükségessé, másrészt pedig a tűzvédelmi berendezések, intézkedések optimalizációja. Azonban egy ilyen komplex tűzvizsgálat szerkezeti szempontból más alapelveken nyugszik. Ugyanis a hőmérséklet felfutása, azaz a termikus hatás a térben egyedileg, az éghető anyagok jelenléte és a helyiség funkciója alapján kerül számításra, amely jellemzően a szabványos tűzgörbéknél alacsonyabb hőterhelést eredményez a szerkezetre. Ilyenkor a következő közvetett hatások nem elhanyagolhatóak: a szerkezeti elemek gátolt alakváltozása, a keresztmetszeten belüli hőmérséklet-különbség, a csatlakozó szerkezeti elemek eltolódásának, hőtágulásának hatása. A közvetett hatásokból a használati terhekhez képest jóval magasabb igénybevételek keletkezhetnek, tehát jelentősen befolyásolják a tönkremenetelt. Ilyen vizsgálat készült például egy jelenleg is futó projekthez, a Telekom Székház épületében található *(5. ábra)* acélrácsos szerkezetű átjáróhídhoz, amelynek kapcsán a 120 perces tűzállósági követelmény megoldását vizsgálták felül.

Első lépésként a termikus hatás FDS tűzszimulációval került számításra egy NFPA által valós tűzteszt alapján validált széktűz definiálásával, illetve a helyiség valós geometriájával, beépített tűzjelző és oltóberendezéseivel. Az így kapott hőmérséklet–idő görbe szolgált alapul az EC3-1-2 [2] szerint a védelem nélküli acélelemek felmelegedésének számítására, amelyre a rácsos tartó felső övének példáját mutatja a *6. ábra.* A gázhőmérséklet emelkedését késlelletve követi az acél szerkezeti elemé, amely így meg sem közelíti azt a kiugrásszerű csúcsot (kb. 650 °C összevetve 250 °C-kal), amely viszonylag rövid idő után visszaesik 200 °C-ra. A tartószerkezet elemei kivétel nélkül olyan hőmérsékleten maradtak, amelyen a folyáshatár csökkentését még nem kell figyelembe venni ugyan, de a stabilitási vizsgálatokkor is szerepet játszó rugalmassági modulusét már igen. Azonban a híd esetében nem a közvetlen mechanikai hatások okozzák a tönkremenetelt, sokkal veszélyesebbek a vasbeton merevítőfalakhoz csatlakozás miatt a gátolt alakváltozásból keletkező többlet-igénybevételek. Tehát a



5. ábra:
Telekom Székház épületének acélszerkezetű átjáró hídjának térbeli látványterve



6. ábra:
Az acélrácsos tartószerkezet felső övének felmelegedése adott tűzgörbe hatására – HEB320 profil háromoldali tűzhatásnak kitéve

védelem kialakításának az a célja jelen esetben, hogy olyan hőmérsékleten tartsa a szerkezetet, amelyen még nem alakul ki olyan mértékű hőtágulás, amely ne tudna lezajlani a támaszokon, illetve a gátolt alakváltozások korlátozva legyenek, és ne okozzanak tönkremenetelt. Ennek megoldását, tehát a hőmérséklet korlátozását a *6. ábra* harmadik görbéje, az EC3-1-2 [2] szerint számított védelemmel ellátott elem hőmérséklete mutatja. A teljes szerkezetet tekintve pedig a vizsgálatokból az derült ki, hogy csak a hosszirányú gerendák védelmére van szükség, amelyek a híd két végén az épület vasbeton szerkezetéhez csatlakoznak, tehát a rácsos tartó alsó és felső öve, illetve a közbenső szintet hordó gerenda igényel passzív tűzvédelmi megoldást. A húzott felkötések működése nélkül is megfelelnek a kereszttartók rendkívüli tűzhatás során, így a zárt szelvényű rudak védelme nem vált szükségessé. A saroknál két felkötő és két ferde rúd nyomott elemként működik, ezek megtámasztó hatására tűz esetén is szükség van, így a védelmükről szintén gondoskodni kell. A többi elem védelem nélkül is megfelelő teherbíró képességgel rendelkezik a definiált tűzhatás során, amellyel szintén nagymértékű megtakarítást értünk el.

ÖSSZEFOGLALÁS

Összességében elmondható, hogy a kritikus hőmérséklet számos tényezőtől függ. A fenti bemutatás ugyan nem teljes körű, nem vizsgált minden egyes terhelési esetet, szelvénytípust és funkciót, azonban jól mutatta, mennyire érzékeny ezekre a tényezőkre az eredmény. Tehát nehezen meghatározható egy olyan hőmérséklet, amely minden esetben használható és egyben gazdaságos megoldást eredményez. Több igénybevételi eset, funkció és geometria vizsgálata pedig az eredmények felhasználását, értelmezését nehezítené. Nyilvánvaló, hogy szükség van egy kiindulási alapot biztosító közelítésre, de mindemellett kiemelten fontos az optimális védelem érdekében a kritikus hőmérséklet egyedi számítása. A tűzállósági teljesítmények és megoldások komplex vizsgálata pedig a jellemzően alacsonyabb hőmérsékleti terhelések mellett részletesebb mechanikai vizsgálatokat követel a szerkezetekkel szemben, így biztosítva a megfelelő biztonsági szintet. Azonban még így is számos megtakarítás érhető el használatukkal, nem véletlenül igényli egyre több projekt ezt az analízist.

FELHASZNÁLT IRODALOM:

[1] MSZ EN 1991-1-2:2005: Eurocode 1: A tartószerkezetet érő hatások. 1-2.rész: Általános hatások. A tűznek kitett szerkezetet érő hatások
[2] MSZ EN 1993-1-2:2005: Eurocode 3: Acélszerkezetek tervezése. 1-2.rész: Általános szabályok. Tervezés tűzterhelésre

Lublóy Éva egyetemi docens
Horváth László egyetemi docens
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem
Czoboly Olivér – Szabó Lívia

ACÉL VISELKEDÉSE MAGAS HŐMÉRSÉKLETEN

Tűzhatás miatt károsodott tartószerkezetek állapotának megítéléséhez nagyon fontos annak megállapítása, hogy a szerkezetet mekkora hőhatás érte a tűz során. Erre szükség van a szerkezet további sorsának mérlegeléséhez – fenntartható-e esetleg további megerősítéssel, vagy cserélni kell. Magához a tűzvizsgálathoz is szükséges a fellépett legmagasabb hőmérséklet tisztázása. Cikkünkben röviden összefoglaljuk az acélanyag viselkedését a hőmérséklet függvényében, majd egy vizsgálati módszert javaslunk, amely laboratóriumi kísérleteink alapján alkalmas tűzkárosodást szenvedett betonacélok tűzhatás utáni szilárdságának és a tűzhatás során fellépett legnagyobb hőmérsékletének jó közelítésű becslésére.

Az acél jó hővezetési képessége miatt a tűzzel szemben kevéssé ellenálló, mint a beton. Az acél tartószerkezetek tűz esetén akár 10–15 perc után elveszíthetik teherhordó képességük jelentős részét és összeomolhatnak (Schneider, Lebeda, 2000).

Az acél másik jelentős tartószerkezeti felhasználási területe a vasbeton szerkezetekben alkalmazott acélbetétek. A betonacélok tűzzel szembeni viselkedése is meghatározó fontosságú a szerkezet tönkremenetele során. A védtelen (betonfedés nélküli) betonacélok gyorsan átmelegednek. A betonfedés bizonyos ideig védelmet nyújthat a magas hőmérséklettel szemben.

Azonban a tűz során a betonfedés leválhat, így védelem nélkül hagyva a betonacélokat *(1. ábra)*. A betonacélok maradó szilárdsága, illetve annak vizsgálata jelentősen befolyásolhatja a szerkezet megerősítésnek tervezését. Jelen cikkünkben betonacélokat tettünk ki hőterhelésnek. (20 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C). Szakítóvizsgálattal megállapítottuk a betonacélok hőterhelés utáni maradó szilárdsági tulajdonságait. A próbatesteken összehasonlításul Poldi-kalapácsos méréseket végeztünk, amelyekkel arra kerestük a választ, hogy vajon meg lehet-e becsülni a tűzkárt szenvedett szerkezet tűz során elért maximális hőmérsékletét ezzel az egyszerű helyszíni vizsgálattal.

1. ábra: Betonfedés leválása az ablak mentén, sarokban, a Miskolc, középszer u. 20. sz. alatti paneles lakóépület 2009. augusztus 15-i tűzeseténél (Szikra, Takács, 2010)

1. AZ ACÉLSZERKEZETEK VISELKEDÉSE TŰZBEN

A hőmérséklet növekedésével az acél szilárdsága jelentősen csökken, 500–600°C körül már jelentős alakváltozások alakulhatnak ki az acéltartókon. Számos tűzeset igazolja, hogy az acéltartók a tűzben viszonylag rövid időn belül (10–15 perc) elveszíthetik stabilitásukat és nagy alakváltozásokat szenvednek *(2–3. ábrák)*.

A *3. ábrán* a Word Trade Center tűz utáni deformálódott elemeit láthatjuk. A Word Trade Center katasztrófája 2001. szeptember 11-én következett be. A tragikus események ismertek, az épület végül is összeomlott. A Budapest Sportcsarnok *(4. ábra)* tetőszerkezetének alakváltozásai is mutatják, hogy az acélszerkezetek jelentős alakváltozáson

2. ábra: Tűz után összeomlott acélszerkezet http://www.anyagvedelem.hu/index.php?stilus=lap&hiv=258

3. ábra: A Word Trade Center elemei az összeomlás után http://www.origo.hu/tudomany/20070910

mennek keresztül. Az *1. és 5. ábrákon* olyan szerkezeteket láthatunk, ahol a betonfedés levált és a betonacélok szabadon maradtak. A szabadon maradt betonacélok gyors átmelegedésre képesek, ezért gyorsan elveszíthetik a teherbírásukat.

4. ábra: Budapest Sportcsarnok a tűz után (1999. dec. 15., ÉMI)

5. ábra: Betonfedés leválása a gerendák mentén mentén

2. SZERKEZETI ACÉLOK TULAJDONSÁGAINAK VÁLTOZÁSA A HŐMÉRSÉKLET HATÁSÁRA

A szerkezeti acéloknak nemcsak a szilárdsága, hanem a rugalmassági modulusa is csökken az emelkedő hőmérséklet hatására, Mindez együttesen a teherviselő képesség rohamos gyengülését eredményezi. A szerkezeti acélok mechanikai tulajdonságainak hőmérséklet hatására bekövetkező degradációját számos kutatásban vizsgálták, a mérési eredményeket publikálták. Az Eurocode 3-as kötete javaslatot ad a folyáshatár és a rugalmassági modulus csökkenésére, azt bemutatjuk a *6. ábrán.*

S275 szerkezeti acélból készült próbatestek különböző hőmérsékleteken elvégzett szakítóvizsgálatainak eredményeit mutatja a *7. ábra,* összehasonlítva az EC3-1-2 által javasolt értékekkel. A teljes tartományban jó egyezés tapasztalható.

Általánosságban megállapítható, hogy a szerkezeti acélok szakítószilárdsága kb. 300 °C felett csökken, 600 °C környékén már csak a 20 °C-on mérhető érték 50%-a. A rugalmassági modulus már alacsonyabb hőmérsékleten csökkenésnek indul, tendenciája hasonló a szilárdság csökkenéséhez.

3. A BETONACÉL VISELKEDÉSE MAGAS HŐMÉRSÉKLET HATÁSÁRA

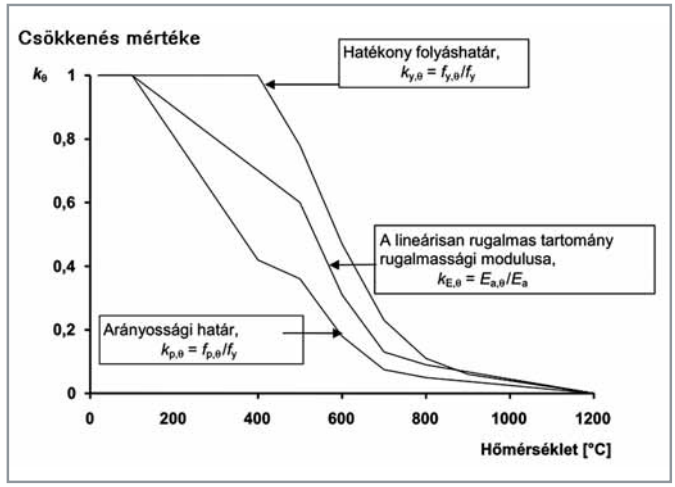
A betonacélok esetén különbséget kell tenni a melegen és a hidegen alakítottak között. A 0,22–0,25 tömeg%-nál nem nagyobb széntartalmú acélokat melegen hengerelik, a legfeljebb 0,2 tömeg% széntartalmú acélokat hidegen alakított betonacélokként állítják elő.

A melegalakítást 900 °C-nál magasabb hőmérsékleten végzik (hengerlés, kovácsolás, sajtolás). A melegen hengerelt acél felülete durva, színe barnás a hűtés közben kialakult oxidréteg miatt. A hidegalakítást 0–500 °C-on végzik. A hidegalakítás (hengerlés, húzás, élhajlítás, csavarás) hatására az acél szakítószilárdsága, folyáshatára nő, alakváltozó képessége csökken, ridegebbé válik.

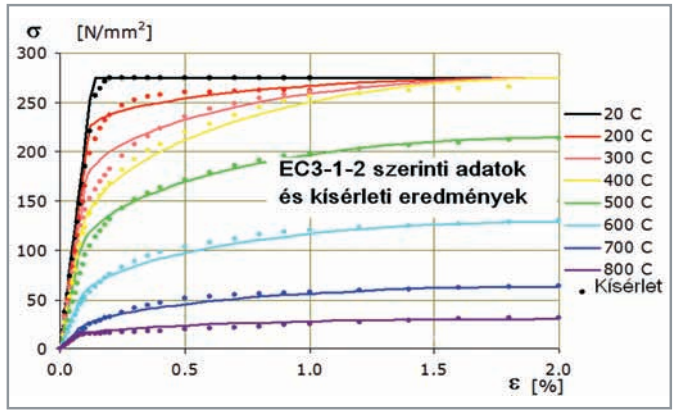
A betonacél viselkedése magas hőmérsékleten, mintegy 300 °C-tól megváltozik, az elasztikus tartományból fokozatosan átalakul a képlékeny tartományba (Kordina, 1997). 300 °C felett megnő a kontrakció és a szakadó nyúlás, csökken a szakítószilárdság és a folyáshatár *(8. ábra).*

Különbség mutatkozik a melegen hengerelt és a hidegen húzott betonacélok hőhatásra való viselkedése között. A *9. ábrán* megadott σ–ε diagramok illusztrálják az eltérő viselkedést.

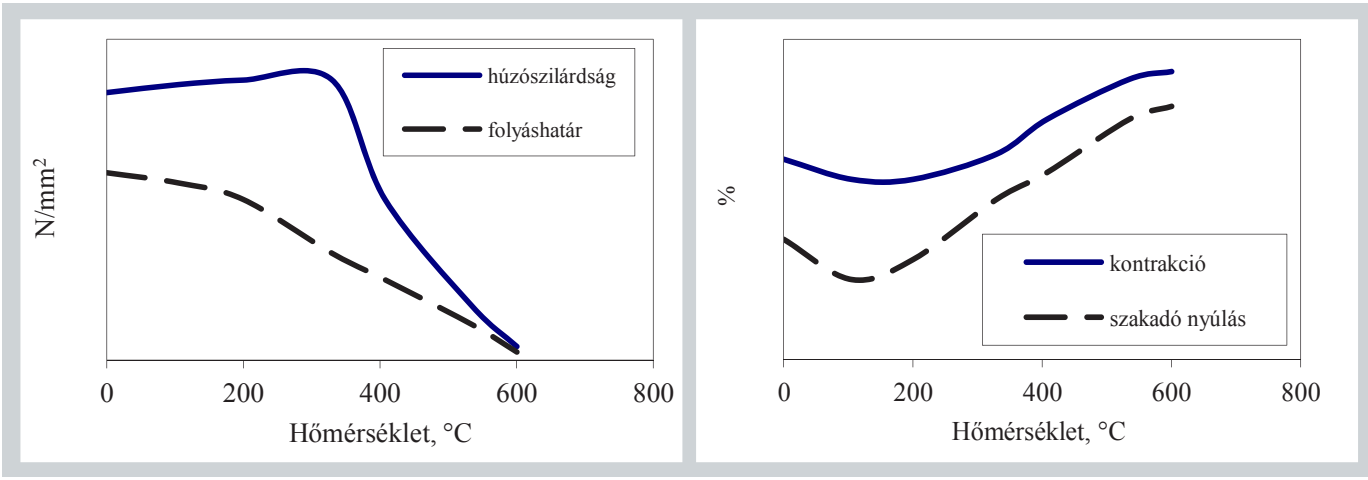
A tűzhatást szenvedett betonnal ellentétben az acélbetétek a lehűlés után szilárdságuk jelentős részét visszanyerik. Itt is jelentős különbség mutatható ki a melegen és hidegen alakított betonacélok között. Míg a melegen hen-



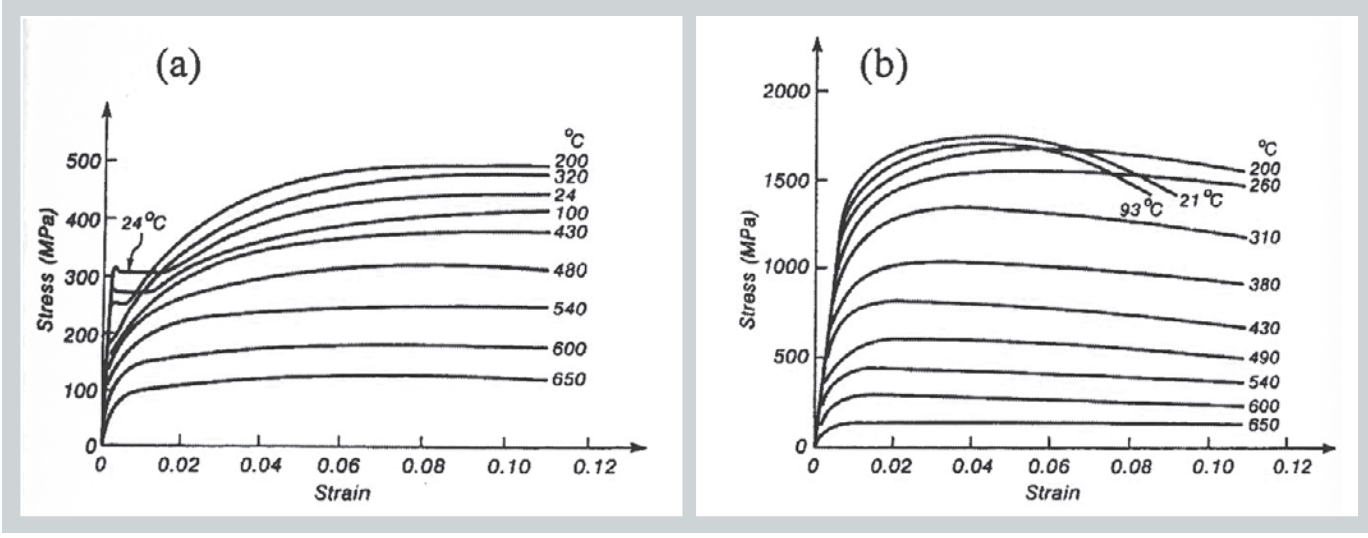
6. ábra: Szénacélok mechanikai tulajdonságainak csökkenése a 20 °C-on mérhető értékhez képest (MSZ EN 1993-1-2)



7. ábra: S275 acél σ–ε diagramja a hőmérséklet függvényében – az EC3 ajánlott formulája és kísérleti mérések összevetése (Manchester, 2008)

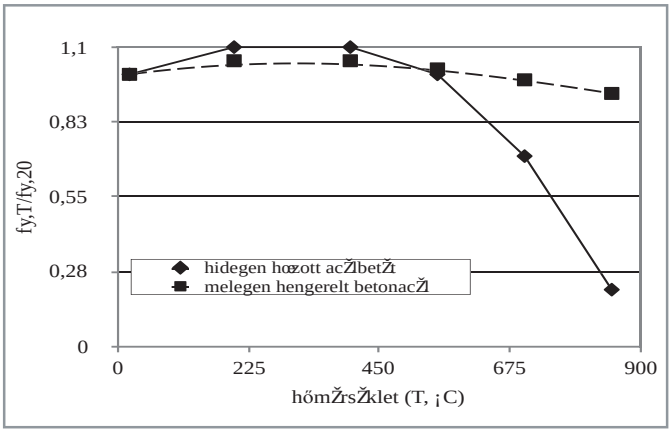


8. ábra: A betonacél viselkedése magas hőmérsékleten (Balázs, 1994)



9. ábra: A melegen hengerelt acélok (a) és a hidegen húzott betonacélok (b) $\sigma - \varepsilon$ diagramja a hőmérséklet függvényében (fib bulletin 46, 2008)

gerelt betonacél maradó szilárdsága 850 °C-os hőterhelést követően is mintegy 90% *(10. ábra)*, addig a hidegen alakított acélbetétek szilárdságcsökkenése 500 °C-ig nem észlelhető, de afelett intenzívebb. 750 °C-os hőterhelés után már jelentős, mintegy 30%; a hőmérséklet további emelkedésének hatására az acélbetétek szilárdsága tovább csökken, 850 °C-os hőterhelést követően már rendkívül nagy, akár 80% is lehet.



10. ábra: A hidegen húzott és a melegen hengerelt betonacél viselkedése hőterhelés után lehűlt állapotban (Felicetti, Meda, 2005)

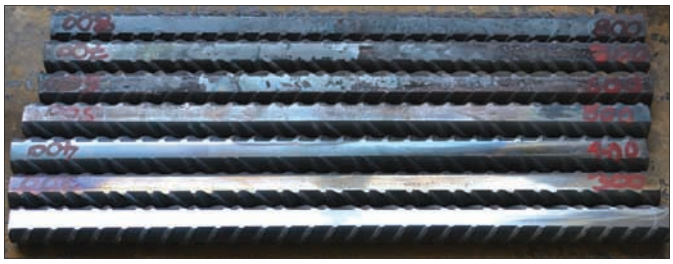
4. SAJÁT KÍSÉRLETEINK

Kísérleteink során Ø16 mm átmérőjű, B60.50 német gyártású betonacélokat vizsgáltunk. A hőtehelés során sugárzó hőt alkalmaztunk, a felfűtés sebessége 2 °C/perc volt. A felfűtés után a betonacélokat 60 perces hőterhelésnek vetettük alá az adott hőmérsékleten (20 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C). Minden adott hőmérsékletre 5 darab betonacélt fűtöttünk fel, amely közül egynek le volt csiszolva a felülete. A hőtehelés után 2 darab betonacélt hideg vízben, 3 darabot laborlevegőn hűtöttünk.

4.1. Szemrevételezés

A hőterhelés után a betonacélokat szemrevételeztük. Jól látható a *11. ábrán,* hogy az 500 °C-ot meghaladó hőterhelés esetén az acél felülete elszíneződik. Ennek az a magyarázata, hogy az acél felületén reve képződik. Az acél felületén keletkező reve három vas-oxid rétegből áll (http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Gepeszmernoki_Kar/2003/Denes_Eva/ertekezes)

- Fe_2O_3, *hematit* (legkülső réteg),
- Fe_3O_4, *magnetit* (középső réteg),
- FeO, *wüstit* (alsó réteg, közvetlenül a vasfelülethez tapadva).

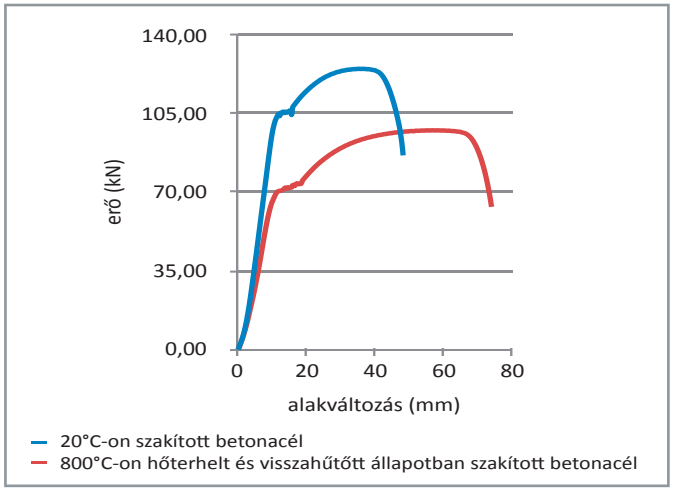


11. ábra: Az acél színének változása a hőmérséklet függvényében

A reveképződés már 500–600 °C hőmérsékleten megindul, de csak 800 °C körül válik rohamosabbá. Általában elmondható, hogy leginkább az ötvözetlen acélok revésednek, az ötvözöttség mértékével a revésedési hajlam csökken. A reveképződés mértéke, illetve a képződő reve tulajdonsága a hőmérséklettől, a hőhatás időtartamától, a környező atmoszféra és az acél kémiai összetételétől függ. Vastagsága általában a néhány tized millimétertől 3–5 mm-ig terjedhet (http://hu.wikipedia.org/wiki/Reve). Mivel jelen estben a hőn tartás időtartama és a az acél összetétele és vastagsága állandó volt, ezért itt a reveképződés mértéke a hőterhelés hőmérsékletétől függ.

4.2. A szakítószilárdsági vizsgálat eredményei

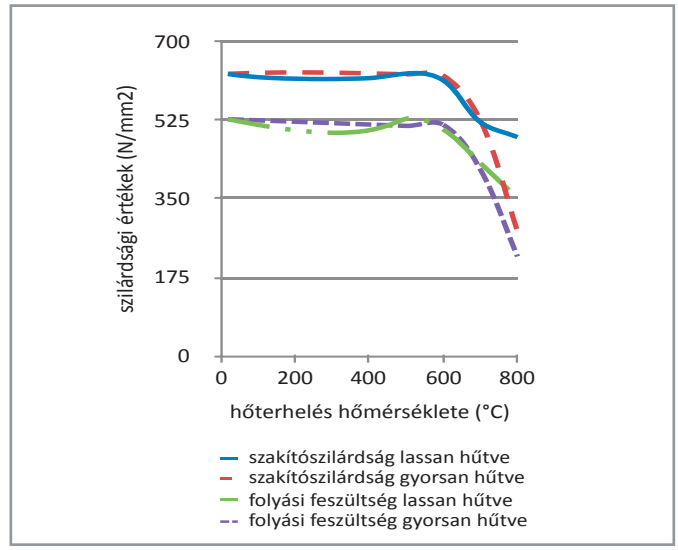
A csiszolatlan felületű betonacélokat elszakítottuk. A szakítás közben mértük az alakváltozásokat és a hozzájuk tartozó erőt. A szakítás sebessége 0,1 mm/perc volt. A *12. ábrán* az etalon és egy 800 °C-on hőterhelt, visszahűlt állapotban szakított betonacél erő–elmozdulás ábráját láthatjuk. Megfigyelhető, hogy a hőterhelés, majd az újrakristályosodás hatására a folyáshoz tartozó erő, és a szakadáshoz tartozó erő és a rugalmassági modulus csökkent, míg az alakváltozások nőttek.



12. ábra: Erő–elmozdulás ábra a 20 °C, illetve a 800 °C-os hőterhelésnek alávetett betonacélok esetén

A *13. ábrán* a szakítószilárdság vizsgálat eredményeit adjuk meg a hőterhelés függvényében lassú (laborlevegőn), illetve gyors (hideg vízbe helyezve) lehűtés esetén. A vizsgálat eredményeiből megállapítottuk:

– a folyási feszültség és a szakítószilárdság 600 °C-ig nem csökkent jelentősen,
– a visszahűtés módja csak a 800 °C-on hőterhelt majd visszahűtött próbatesteknél mutatott jelentős eltérést,
– a gyorsan visszahűtött próbatestek a maradó szilárdság szempontjából a 800 °C-os hőterhelés hatására kedvezőtlenebbül viselkedtek, mint a lassan visszahűtöttek,



13. ábra: Szakítószilárdság vizsgálat szilárdsági eredményei a hőterhelés hőmérsékletének függvényében

– a gyors visszahűtés hatására a folyási feszültség közelebb kerül a szakítószilárdsághoz, vagyis a folyási plató lecsökkent, ami elridegedésre utal.

4.3. Poldi-kalapácsos mérés

A csiszolt felületű betonacélokon Poldi-kalapácsos mérést végeztünk, ahol azt vizsgáltuk, hogy vajon meg lehet-e becsülni a tűzkárt szenvedett szerkezet elért hőmérsékletét egyszerű helyszíni vizsgálattal. Mivel az acél termikus hővezető képessége egy nagyságrenddel nagyobb a betonénál, ezért feltételezhető, hogy a hőmérséklet-eloszlás az acélbetétben közel egyenletes, így a tűzkárt szenvedett betét vizsgált külső felülete jó tájékoztatást ad a betét teljes keresztmetszetéről, hiszen hőmérsékletük azonosnak vehető.

A hővezetés alapján ki tudjuk számítani, hogy a betonacélok keresztmetszete mennyi idő alatt melegszik át. Az *1. táblázat* mutatja, hogy az átmérő függvényében mennyi idő szükséges, ahhoz, hogy a betétek teljesen átmelegedjenek.

1. táblázat: Az acél 800 °C-ra való átmelegedéséhez szükséges idő

Átmérő [mm]	12	16	20
Idő [s]	8,69	15,45	24,15

A Poldi-kalapácsos mérésnél az etalonon és a próbatesten keletkező lenyomatot egyaránt le kell olvasni, majd a

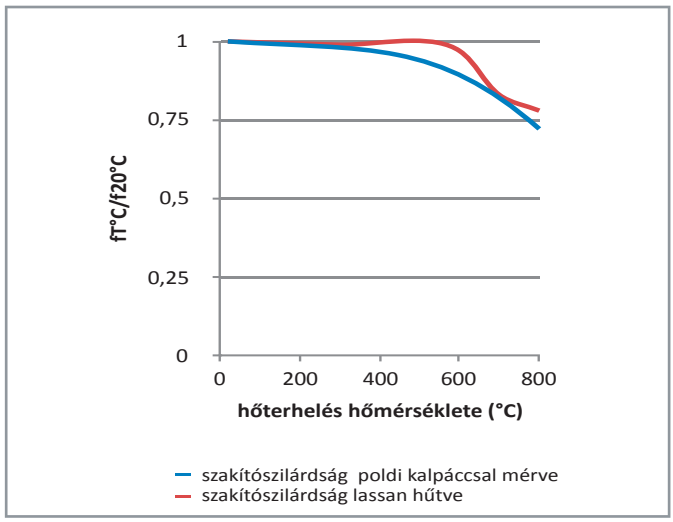
$$HB_p = HB_e \times \frac{D - D^2 - d_e^2}{D - D^2 - d_p^2}$$

képlet segítségével lehet meghatározni a próbatest keménységét, ahol:

d_e benyomódás átmérője az etalonon [mm],
d_p benyomódás átmérője az próbatesten [mm],
D golyó átmérője [mm],
HB_e etalonrúd szakítószilárdsága (70 N/mm^2).

A próbatest keménységének meghatározását az etalonrúdhoz tartozó táblázattal is meg lehet határozni. A *14. ábrán* adtuk meg a próbatestek szakítóvizsgálattal mért,

illetve Poldi-kalapáccsal meghatározott szakítószilárdsági eredményeit. A diagram alapján jól látható, hogy a szakítószilárdság-vizsgálat, illetve a keménységmérésből származtatott eredmények jól közelítenek egymáshoz. A keménység 500 °C felett elkezdett csökkeni, melyet a reveképződéssel lehet magyarázni. A vasbeton szerkezetek károsodásának vizsgálatánál azzal a feltételezéssel szokás élni, hogy az 500 °C feletti betonrészeket elhagyjuk, míg az alacsonyabb hőmérsékletű részeket megtartjuk. Ez képezi az alapját az 500-as izoterma módszernek. Nagy jelentősége van tehát ezen határ kimutatásának. Vizsgálataink tapasztalatai alapján az 500 °C-os határ a károsodott betonacélok segítségével a vasbeton keresztmetszeteken belül jól kimutatható.



14. ábra: Szakítószilárdság-vizsgálat szilárdsági és a Poldi-kalapácsos mérés eredményei a hőterhelés hőmérsékletének függvényében

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Tűzhatás miatt károsodott betonacélok vizsgálatára alkalmas módszert mutattunk be.

Kísérleteink során Ø16 mm átmérőjű, B60.50 német gyártmányú betonacélokat vizsgáltunk. A hőterhelés során sugárzó hőt alkalmaztunk, a felfűtés sebessége 2 °C/perc volt. A felfűtés után a betonacélokat 60 perces hőterhelésnek vetettük alá az adott hőmérsékleten (20 °C, 100 °C, 200 °C, 300 °C, 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, 800 °C).

Szemrevételezés alapján megállapíthatjuk, hogy az 500 °C-ot meghaladó hőterhelés esetén az acél felülete elszíneződik. Ennek az a magyarázata, hogy az acél felületén reve képződik.

A hőterhelés, majd az újrakristályosodás hatására a folyáshoz tartozó erő, a szakadáshoz tartozó erő és a rugalmassági modulus csökkent, az alakváltozás pedig nőtt. A szakítószilárdság-vizsgálat eredeményei alapján megállapíthatjuk, hogy a folyási feszültség és a szakítószilárdság 600 °C-ig nem csökkent jelentősen. A visszahűtés módja csak a 800 °C-on hőterhelt, majd visszahűtött próbatesteknél mutatott jelentős eltérést. A gyorsan visszahűtött próbatestek szilárdságának csökkenése a 800 °C-os hőterhelés hatására kedvezőtlenebbül viselkedett, mint a lassan visszahűtötteké. A gyors visszahűtés hatására a folyási feszültség közelebb kerül a szakítószilárdsághoz, vagyis a folyási plató lecsökken.

A Poldi-kalapácsos mérési eredmények alapján jól látható, hogy a szakítószilárdság-vizsgálat, illetve a keménységmérés eredményei jól közelítenek egymáshoz. A keménység 500 °C felett elkezd csökkeni, ezt magyarázhatja a reveképződés. Tapasztalataink szerint a betonacélok Poldi-kalapácsos vizsgálatával megállapítható, hogy a tűz során az 500 °C-os átmelegedés elérte-e a betonacélokat, vagy sem. Ez azért fontos, mert a vasbeton szerkezetek tűzterhelést követő maradó teherbírásának alapja az 500-as izoterma módszer.

6. HIVATKOZÁSOK

Balázs, Gy (1994): Építőanyagok és kémia

ÉMI. (2000): Szakértői vélemény a Budapest Sportcsarnok tűzkárt szenvedett épületszerkezeteiről (Balázs, 1994)

Felicetti, R., Meda, A. (2005): Residual behaviuor of reinforcing steel bars after fire, Proceedings of Keep Concrete Attractive. Hungarian Group of fib, 23 – 25 Mai 2005, Budapest University of Technology and Economics, Budapest,: 2005, pp.: 1148-1156, ISBN 963 420 837 1

fib bullein 46, (2008): Fire design of concrete structures- structural behaviour and assessment, ISBN: 978-2-88394-086-2

Machester, http://www.structuralfiresafety.org, 2008

Schneider, U., Lebeda, C. (2000): Baulicher Brandschutz ISBN 3-17-015266-1 W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Szikra Cs., Takács L. (2010): Specialities of a Fire Case in a Residential Building at Miskolc, középszer str. 20. A Miskolc, Középszer u. 20. sz. alatti lakóépület tűzesetének sajátosságai. Proceedings of ÉPKO, International Conference of Civil Engineering and Architecture 2010, Csíksomlyó, Romaniahttp://www.muzeumfalu.hu/a-falukozpont-kozossegi-epuletei

http://www.anyagvedelem.hu/index.php?stilus=lap&hiv=258

http://www.origo.hu/tudomany/20070910

http://www.omikk.bme.hu/collections/phd/Gepeszmernoki_Kar/2003/Denes_Eva/ertekezes

Dr. Balogh Tamás *szoftverfejlesztő mérnök*
Inter-CAD Kft.
Dr. Vigh László Gergely *egyetemi docens*
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Hidak és Szerkezetek Tanszék

OPTIMÁLIS TERVEZÉS TŰZHATÁSSAL SZEMBEN: VÁLTOZÓ KERESZTMETSZETŰ ACÉL KERETSZERKEZET

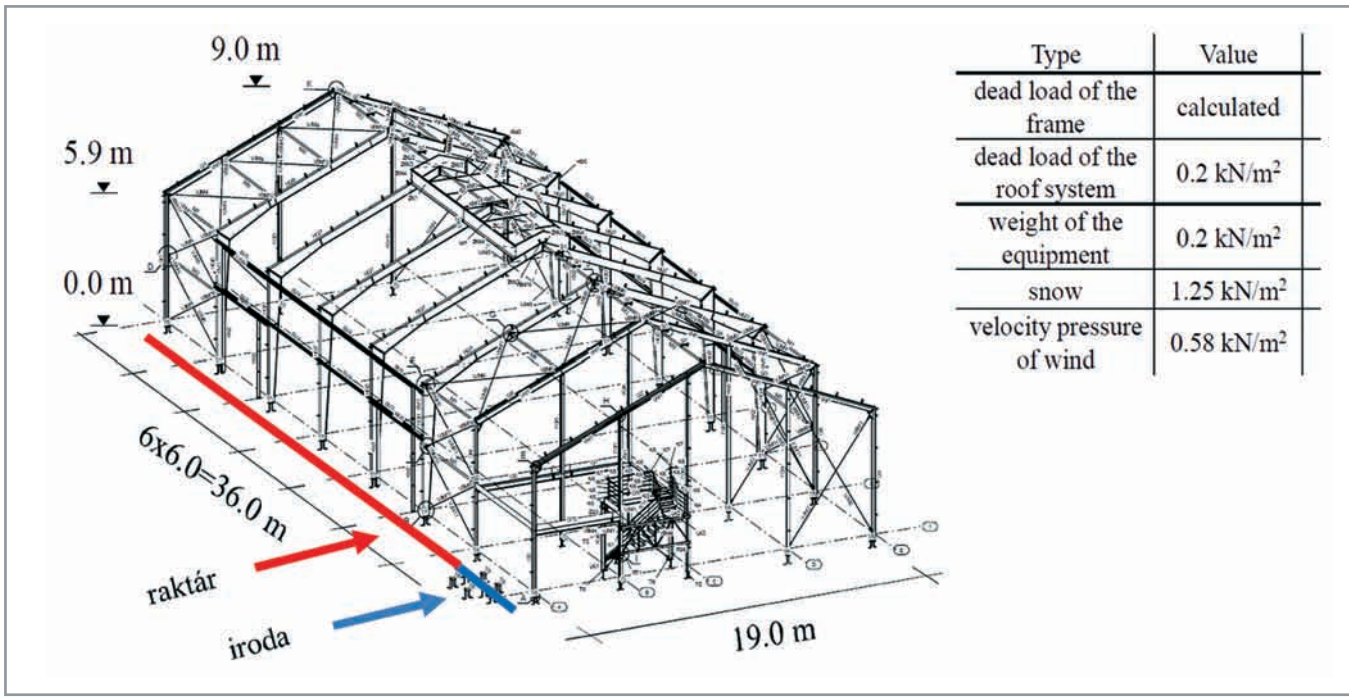
Az elmúlt évtizedben szerkezetek megbízhatóságának tűzhatással szembeni igazolása mindennapos gyakorlattá vált Magyarországon is a harmonizált európai szabványok (Eurocode szabványok) hazai bevezetésével. Tűzhatással szembeni védelem és méretezés gyakran költséges szerkezeti megoldásokat eredményez hagyományos terhekre történő méretezéssel szemben, mivel szerkezeti megerősítésre és különböző tűzvédelmi bevonatok alkalmazására is szükség lehet. Optimális szerkezetkialakítások megtalálása a tervezőmérnököknek legtöbbször fáradságos és időigényes folyamatot jelent a tűzhatásban, a szerkezeti válaszban, illetve a méretezésben rejlő nagyfokú nemlinearitás miatt. Új tervezési koncepciók kidolgozása és optimális szerkezetkialakítások vizsgálata segítheti a tervezőket a koncepcionális tervezés, illetve gazdaságosabb és biztonságosabb szerkezetválasztás során.

Jelen cikk a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen megrendezett Acélszerkezetek tűzvédelmi tervezése workshopon elhangzott azonos című előadás rövid összefoglalója. Az előadásban egy 2013 és 2016 között elvégzett doktori kutatás tűzhatással szembeni optimális tervezéssel kapcsolatos eredményeit foglaltuk össze és mutattuk be.

1. BEVEZETÉS

Változó keresztmetszetű, acél keretek tűzhatással szembeni optimális tervezését ez idáig nem vizsgálták széleskörűen. Ezen szerkezetkialakítások azonban rendkívül érzékenyek lehetnek különböző stabilitásvesztéssel járó tönkremeneteli módokra tűz esetén, ugyanis a szerkezeti elemek gyakran karcsúak és gyorsan felmelegszenek a tűz során, ennélfogva a tűzhatással szembeni méretezés könnyen mértékadóvá válhat. Tűzhatással szembeni méretezés során nem evidens, hogy tűzvédelmi burkolattal ellátott, vagy tűzvédelmi burkolat nélküli megerősített szerkezeti kialakítás szolgáltat nagyobb biztonságot, illetve passzív vagy aktív tűzvédelem alkalmazása révén érhető el gazdaságosabb szerkezet.

A vizsgált szerkezeti kialakítás az *1. ábrán* látható, ahol a figyelembe vett gravitációs és meteorológiai terhek értékeit is feltüntettük. A bemutatott szerkezet vizsgálata további szempontrendszerek szerint része volt a HighPerFrame K+F+I projektnek [1]. A vizsgált változó keresztmetszetű acél csarnok, amely 8 keretállásból áll és 40 méter hosszú, két tűzszakaszra van osztva. Az első tűzszakasz egy kisebb iroda, a második tűzszakasz raktárfunkciót tölt be. Az alkalmazott tűzvédelem hőre habosodó tűzvédelmi festék. A kutatás során csak a raktár funkciót betöltő részt vizsgáltuk, az irodai rész nem szerepelt a számításokban.

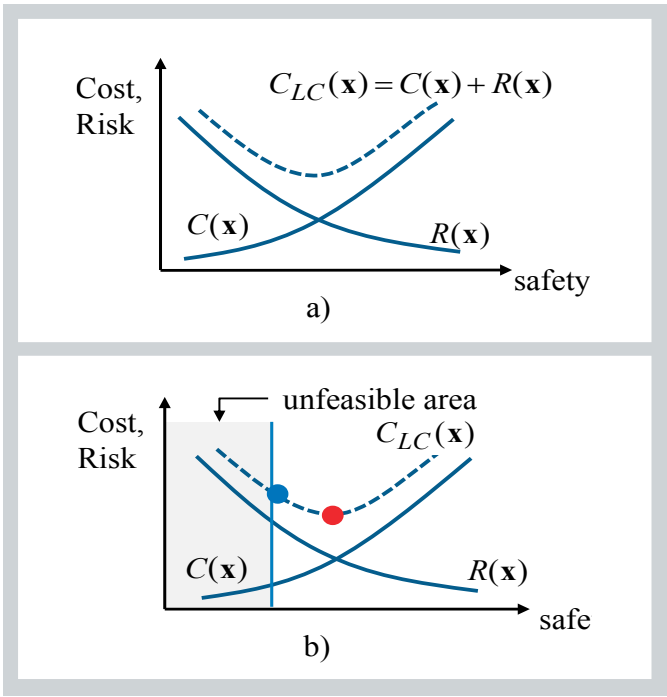


Type	Value
dead load of the frame	calculated
dead load of the roof system	0.2 kN/m²
weight of the equipment	0.2 kN/m²
snow	1.25 kN/m²
velocity pressure of wind	0.58 kN/m²

1. ábra: Változó keresztmetszetű, acél csarnokszerkezet – vizsgált szerkezetkialakítás (Rutin Ltd.) [1]

2. SZERKEZETOPTIMÁLÁS

Számos korábbi kutatás rámutatott, hogy tűz-, illetve földrengési hatásokkal szembeni méretezés esetében, Eurocode előírások alapján tervezett szerkezetek megbízhatósági szintje elmarad az MSZ EN 1990:2011 szabványban megkövetelt szinttől. Ennek következtében extrém hatások esetében egy szerkezeti kialakítás, amelynek minimális a tömege vagy minimális bekerülési költséggel rendelkezik, nem feltétlenül tekinthető optimális kialakításnak, amennyiben a szerkezet teljes életciklusát vizsgáljuk. Teljes életciklust vizsgálva valószínűleg az a kialakítás tekinthető optimálisnak, amely esetében a kezdeti költségek és a károk kockázatának [$R(\mathbf{x})$] összege minimális. Ezt illusztrálja az *2. ábra.*



2. ábra: Optimális tervezés: a) életciklusra vetített költség; b) életciklusra vonatkozó optimum

Jelen kutatás során az életciklusköltség számításakor az acélszerkezet költségét, a passzív és aktív tűzvédelem költségét, illetve a károk kockázatát vettük figyelembe. Az életciklusköltségnek számos egyéb eleme van (pl. tervezési költség, infrastruktúra), melyek közül a legtöbb nem függ egyáltalán vagy jelentékenyen a választott tervezési változóktól (pl. tervezési költség, energiaköltségek, takarítás stb.). Az életciklusköltség ezen elemei nem változtatnak az optimum helyén, ezért nem szerepelnek az általam felírt függvényben. A vizsgált szerkezet életciklusköltsége a következőképpen írható fel tűzhatással szembeni méretezés esetén [2] [3]:

$$C_{LC}(\mathbf{x}) = C_0(\mathbf{x}) + C_1(\mathbf{x}) + C_2 + C_f \cdot P_f(\mathbf{x}) + \\ + 0{,}01 \cdot C_f \cdot P_{ignition} + 0{,}05 \cdot C_f \cdot P_{ignition+intervention},$$

ahol $C_0(\mathbf{x})$, $C_1(\mathbf{x})$ és C_2 a kezdeti költséget, a passzív tűzvédelem és az aktív tűzvédelem költségét jelölik. C_f és $P_f(\mathbf{x})$ jelölik a tönkremenetelhez kapcsolódó direkt és indirekt költségeket (pl. tárolt anyagok értéke, új raktárcsarnok építése, gazdasági kiesés stb.), valamint a tönkremenetel bekövetkezésének valószínűségét 50 éves élettartamra. Az utolsó két tag fejezi ki a keletkező károkat mérsékelt tűzhatás esetén, az ún. flashover (teljes lángba borulás) bekövetkezésétől függetlenül. Az optimális szerkezetkialakítás szolgáltatja a legkisebb $C_{LC}(\mathbf{x})$ célfüggvény értéket *(2. ábra)*. Változó keresztmetszetű, acél keretek esetében tipikus tervezési változók a szelvények (oszlop, gerenda és merevítés) keresztmetszeti méretei. Az az elvárás, hogy csak olyan megoldást fogadunk el, amely gyakorlati szempontból is kivitelezhető, az optimálási feladatot diszkrétté teszi, ugyanis az elérhető keresztmetszeti méretek nem vehetnek fel akármilyen értéket. Mivel különböző kialakítású keresztmetszetek (magasabb tartó kisebb övvel, alacsonyabb tartó vastagabb övvel) közel azonos teherbírással rendelkezhetnek, könnyen belátható, hogy az optimálási feladat nagyszámú lokális optimummal rendelkezik. Tovább nehezíti az optimálási feladat megoldását, hogy a megoldandó feladat nem konvex és nagyfokú nemlinearitással terhelt.

A kutatásban létrehozott szerkezetoptimáló keretrendszer az ún. genetikus algoritmuson [4] [5] alapul, amely képes kezelni a nagyfokú nemlinearitást és a feladat diszkrét jellegét, számos különböző megoldást párhuzamosan vizsgálni és nagyméretű keresési teret átvizsgálni megfelelő kezdeti beállításokkal. A genetikus algoritmus működése során lényegében lemásolja a biológiai evolúciót, a legjobb megoldások vehetnek csak részt az új generáció létrehozásában, minden soron következő iterációs lépésben.

3. KERETSZERKEZET MEGBÍZHATÓSÁGÁNAK SZÁMÍTÁSA

Szakirodalomban rendkívül kevés példát találunk tűzhatásnak kitett komplex szerkezetek megbízhatóságának számítására, a legtöbb tanulmány és kutatás leginkább elkülönített elemek megbízhatósági analízisére fókuszál.

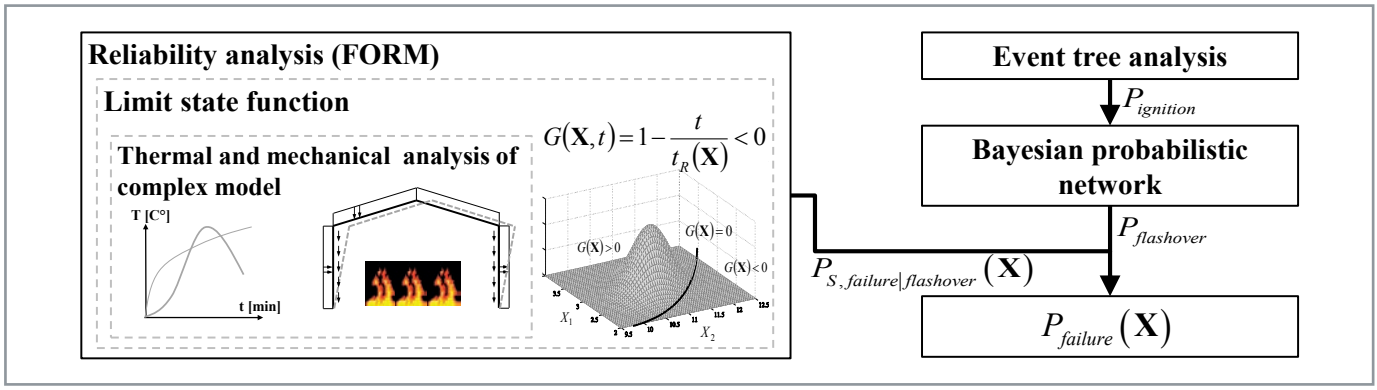
Az alkalmazott keretrendszer, amely a *3. ábrán* látható, összszekapcsolja komplex szerkezeti rendszer feltételes tönkremeneteli valószínűségének kiértékelését egy Bayes valószínűségi hálóval [7]. A teljes szerkezet tönkremeneteli valószínűsége a feltételes valószínűségnek [$P_{S,f|flasbover}(\mathbf{X})$] és egy súlyos tűzeset referencia-időszakra vonatkozó előfordulási valószínűségének ($P_{flasbover}$) szorzataként áll elő:

$$P_f = P_{S,f|flashover}(\mathbf{X}) \cdot P_{flashover}.$$

A keretrendszer komplex szerkezeti rendszerekre az alábbiakat együtt képes kezelni: a) megbízhatósági analízis során nem elkülönített elemek megbízhatóságának számítása, hanem a teljes szerkezeti rendszeré; b) bármilyen típusú tűzgörbe figyelembevétele; c) megbízhatósági analízisen belül a szerkezet nemlineáris analízise a termikus hatás figyelembevételével; d) megbízhatóság számítása idő alapon. Habár a felsorolt tulajdonságok külön-külön megtalálhatók szakirodalmi vizsgálatokban, a módszertan újszerűségét az adja korábbi vizsgálatokhoz képest, hogy a felsorolt előnyöket egyszerre nyújtja komplex szerkezetek vizsgálata során.

Elsőrendű megbízhatósági analízis egy iterációs lépésében a határállapot függvény kiértékelése során a következő lépések végrehajtását jelenti: 1) tűzgörbe felvétele; 2) acélhőmérséklet számítása minden keresztmetszetre; 3) nemlineáris szerkezeti analízis; 4) tönkremeneteli módok vizsgálata; 5) határállapot függvény értékének számítása t időtartamra $G(\mathbf{X}, t)$:

$$G(\mathbf{X}, t) = 1 - \frac{t}{t_R(\mathbf{X})},$$



3. ábra: Keretrendszer bemutatása

ahol t, $t_R(\mathbf{X})$ és $\mathbf{X}$ jelölik az időtartamot (amelyre a megbízhatóságot számítjuk; 15, 30, 45 stb. perc általában), a szerkezeti tönkremenetelhez tartozó időtartamot és változók vektorát. $t_R(\mathbf{X})$ az az időpont, ahol a figyelembe vett tönkremeneteli módok közül valamelyik esetében a kihasználtság meghaladja a 100%-ot, vagy ahol globális képlékeny mechanizmus, illetve globális stabilitásvesztés kialakul.

A megbízhatósági analízis során figyelembe vett valószínűségi változókat a *1. táblázatban* mutatjuk be. A terhek közül a gépészeti, szél- és hóterhet vettük figyelembe, mint valószínűségi változót, a gyártás során megengedett kismértékű tűrések miatt az önsúly szórását is elhanyagoltuk. A tűzhatásban rejlő bizonytalanságot az acélhőmérséklet bizonytalanságán keresztül vettük figyelembe. A bemutatott értékeket Monte Carlo szimulációs eredmények alapján vettük fel. Az acélhőmérséklet ennek megfelelően a várható értékű tűzgörbéből számítódik. A várható értékű tűzgörbe felvételekor feltételeztük, hogy a tervezési tűzgörbe minden pontja egy lognormális eloszlás 95%-os kvantiliséhez tartozik.

1. táblázat: Valószínűségi változók

VALÓSZÍNŰSÉGI VÁLTOZÓ	μ	CoV	Eloszlás	Forrás
Folyáshatár [MPa]	388	0,07	lognormális	[6]
Gépészeti teher [kN/m^2]	0,2/0,5	0,2	normális	
Szélteher [kN/m^2]	0,06	1,963	lognormális	számítás, [8],[6], EC1-1-4
Hóteher [kN/m^2]	0,205	1,03	Weibull	számítás, [8],[6], EC1-1-3
Oszloptalp kapcsolat ellenállásának bizonytalansága [-]	1,25	0,15	lognormális	[6]
Oszlop–gerenda kapcsolat ellenállásának bizonytalansága [-]	1,25	0,15	lognormális	[6]
Taréjkapcsolat ellenállásának bizonytalansága [-]	1,25	0,15	lognormális	[6]
Jobb oldali oszlop keresztmetszeti tényezőjének bizonytalansága [-]	1	0,05	normális	[6]
Bal oldali gerenda keresztmetszeti tényezőjének bizonytalansága [-]	1	0,05	normális	[6]
Jobb oldali gerenda keresztmetszeti tényezőjének bizonytalansága [-]	1	0,05	normális	[6]
Hatásoldali bizonytalansági tényező [-]	1	0,15	lognormális	
Ellenállás-oldali bizonytalansági tényező [-]	1	0,2	lognormális	
Kifordulás miatti csökkentő tényező bizonytalansági tényező [-]	1,15	0,1	normális	[9]
Kihajlás miatti csökkentő tényező bizonytalansági tényező [-]	1,15	0,1	normális	[9]
Acélhőmérséklet bizonytalansága [-]	1	0,3	lognormális	[11], [10]

4. OPTIMÁLIS TERVEZÉS TŰZHATÁSSAL SZEMBEN

4.1. Megbízhatósági index lehetséges célértéke

A szerkezeti megbízhatóság azt a valószínűséget jelenti, hogy a szerkezet biztonságosan, tönkremenetel nélkül fog üzemelni a tervezési élettartam alatt [12]. Az ún. megbízhatósági index az irodalomban és a szabványokban gyakran használt mértékegysége a szerkezeti megbízhatóságnak. A megbízhatósági index lényegében standard normális eloszlású térbe transzformált probléma esetén nem más, mint a legrövidebb távolság az origó és a határállapot felület között. A megbízhatóság (R), a megbízhatósági index (β) és a tönkremeneteli valószínűség a következő összefüggésben állnak egymással, ahol $\Phi(\bullet)$ a standard normális eloszlásfüggvényt jelöli:

$$R = 1 - P_f = 1 - \Phi(-\beta) = \Phi(\beta).$$

Ahogyan a következő táblázatban *(2. táblázat)* is látható, különböző szabványok és ajánlások jelentősen eltérő célértékeket adnak megbízhatósági indexre. Jelen kutatásban megvizsgáltuk, hogy milyen célértékek javasolhatók változó keresztmetszetű, egyszintes, acél keretszerkezetek tűzhatással szembeni méretezése során, tekintettel a bekerülési költségekre és a tönkremenetel kockázatára, illetve ezen értékek milyen összefüggésben vannak *2. táblázatban* bemutatott értékekkel. Tűzhatással szembeni méretezés esetén a megbízhatósági indexeket három különböző intenzitású tüzet reprezentáló tűzgörbe felvétele, és három követelményszint (R30, R45 és R60) mellett határoztuk meg, három különböző következményosztályra.

A számított megbízhatósági index célértékeket a 9 vizsgált esetre a *3. táblázat* foglalja össze. Az eredményekből látható, hogy a megbízhatósági index célértéke függ a tűzhatás intenzitásától, ezen keresztül függ az épület funkciójától és a tárolt éghető anyagok mennyiségétől, illetve minőségétől. A számítási eredmények azt mutatják, hogy az MSZ EN 1990:2011 szabványban javasolt megbízhatósági index célértékek túl magasak, és nem megfelelőek változó keresztmetszetű, egyszintes, acél keretszerkezetek esetében. A bemutatott célértékek JCSS ajánlásban található értékekhez közelebb helyezkednek el. Változó keresztmetszetű, ipari acél keretszerkezetek esetében a megbízhatósági index javasolt célértéke 2,8 és 3,7 között veendő fel.

4.2. Lemezkarcsúságok

Tűzhatással szembeni optimális méretezésnek, különböző változók hatásának vizsgálata és új tervezési koncepciók kialakítása érdekében paraméteres vizsgálat keretén belül összesen 33 különböző tervezési helyzetre oldottuk meg a felírt szerkezetoptimálási feladatot: I) különböző követelményszintekre (R30, R45 és R60); II) különböző kezdeti költségeket és kárszinteket feltételezve; III) különböző aktív tűzvédelmi megoldások mellett; IV) tűzvédelmi burkolat alkalmazása nélkül; V) különböző mértékű gravitációs terhelést felvéve. Mint a leggyakrabban alkalmazott aktív tűzvédelmi eszköz Magyarországon, legtöbb esetben füstérzékelő meglétét tételeztük fel. Optimális kialakításokat aktív tűzvédelem nélküli esetre is meghatároztuk.

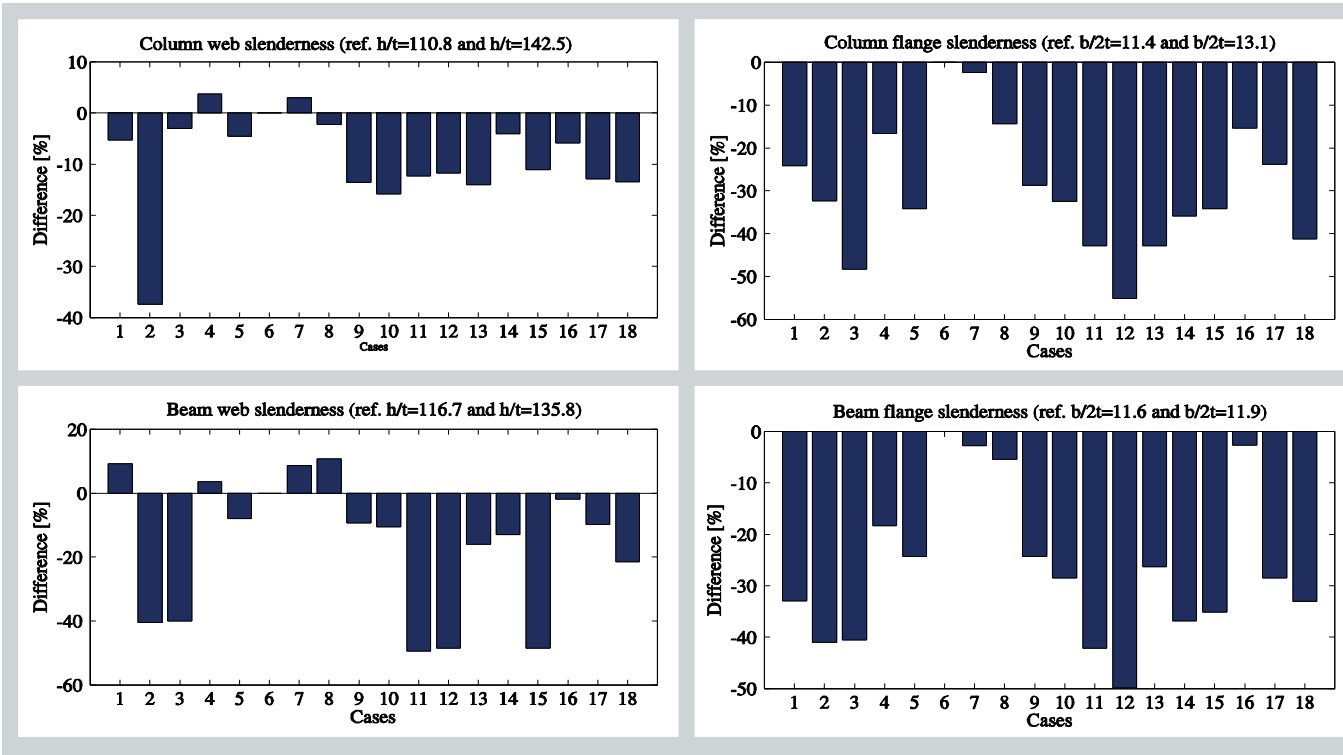
A kapott szerkezeti kialakítások alapján megállapítható, hogy a szerkezeti elemeket alkotó lemezek (öv és gerinc) karcsúsága jelentősen kisebb, mint tűzhatást figyelmen

2. táblázat: Célértékek megbízhatósági indexekre különböző szabványokban és ajánlásokban

50 éves tervezési élettartam: [8]			
	Alacsony következmények (CC1)	**Közepes következmények (CC2)**	**Jelentős következmények (CC3)**
	3,3	3,8	4,3
50 éves tervezési élettartam: Probabilistic Model Code of JCSS [6]			
Megerősítés költsége	**Csekély következmények**	**Mérsékelt következmények**	**Jelentős következmények**
Magas (A)	1,67	1,98	2,55
Közepes (B)	2,55	3,21	3,46
Alacsony (C)	3,21	3,46	3,83
Élettartam: ISO 2394 [13]			
Megerősítés költsége	**Csekély következmények**	**Mérsékelt következmények**	**Jelentős következmények**
Magas (A)	1,5	2,3	3,1
Közepes (B)	2,3	3,1	3,8
Alacsony (C)	3,1	3,8	4,3

3. táblázat: Tűzhatással szembeni méretezéshez megbízhatósági index célértékek a vizsgált szerkezetre, a keretek tönkremenetele között feltételezett $\varrho = 0{,}4$ és $\varrho = 0{,}9$ korrelációs tényezőkkel

50 éves tervezési élettartam			
Megerősítés költsége	**Csekély következmények**	**Mérsékelt következmények**	**Jelentős következmények**
Magas – intenzív tűzhatás	2,8 **(2,8–2,9)**	2,8 – 3,0 **(2,8–3,1)**	2,8 – 3,2 **(2,8–3,4)**
Közepes – mérsékelt tűzhatás	2,8 **(2,8–3,0)**	2,8 – 3,2 **(2,8–3,3)**	2,8 – 3,5 **(3,0–3,6)**
Alacsony – gyenge tűzhatás	2,8 **(2,8–3,0)**	2,8 – 3,3 **(2,8–3,4)**	3,2 – 3,5 **(3,2–3,7)**



4. ábra: Különbségek a lemezkarcsúságokban tűzhatás figyelembevétele nélkül és figyelembevételével optimált szerkezetek esetén (referenciacsoport)

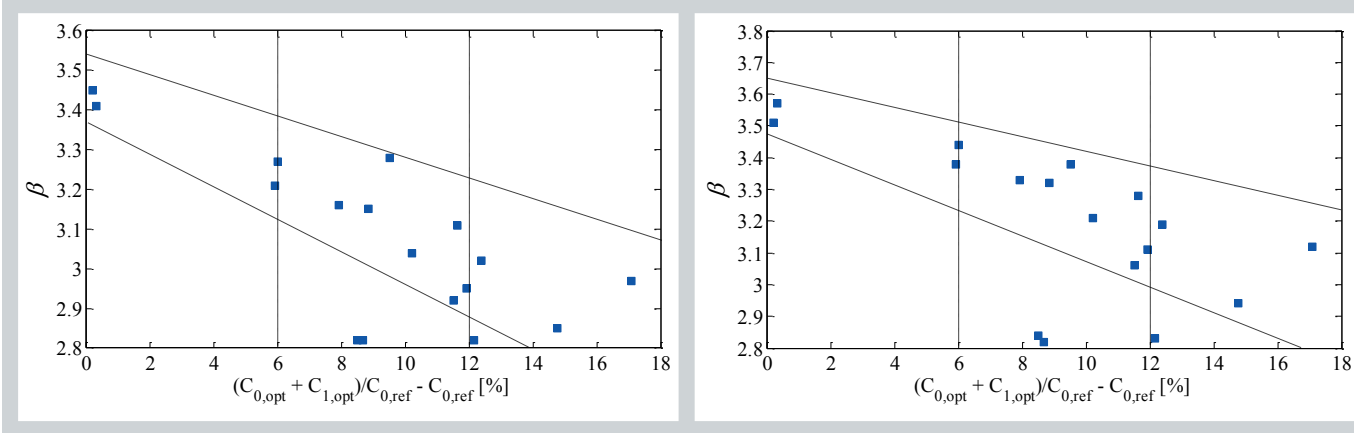
kívül hagyva, tartós tervezési állapotra optimált kialakítások esetén *(4. ábra)*. A számítás eredmények azt mutatják, hogy gazdaságos kialakítás eléréséhez nem megfelelő koncepció a tartós tervezési állapotra megtervezett karcsú keresztmetszetek vastagabb tűzvédelmi burkolattal történő védelme, előnyösebb a tűzhatással szemben zömökebb keresztmetszetek alkalmazása (melyek által a szerkezet kevésbé érzékeny stabilitási tönkremenetelekre) vékonyabb tűzvédelmi burkolattal.

4.3. Tűzhatás modellezése

Az optimált szerkezetkialakítások megbízhatósági indexei széles tartományban szórnak *(5. ábra)* aszerint, hogy milyen követelményszintre, illetve milyen tűzgörbére határoztam meg a szerkezeti kialakítást. Látható, hogy a gazdaságos méretezéshez tartozó megbízhatósági szint függ a felmelegedés sebességétől és a maximum hőmérséklettől, azaz lényegében éghető anyagok mennyiségétől és minőségétől. Ezek alapján az látható, hogy összehasonlító tűzhatások alkalmazása a méretezés során szükségszerűen egyes esetekben konzervatív, más esetekben alulméretezéshez vezet, ezáltal nem lehet egységes megbízhatósági szintre törekvő méretezés alapja. Egységes megbízhatósági szint elérése és gazdaságos szerkezetkialakítások tervezése érdekében fontos a tűzhatás minél pontosabb modellezése.

5. ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen cikkben egy 2013 és 2016 között elvégzett doktori kutatás rövid összefoglalója szerepel, különös tekintettel a tűzhatással szembeni optimális tervezéssel kapcsolatos eredményekre. Bemutattuk a vizsgált szerkezetoptimálási feladat sajátosságait, a célfüggvény lehetséges felírását és a probléma megoldását heurisztikus genetikus algoritmussal. Az eredmények alapján a cikkben bemutattunk lehetséges megbízhatósági index célértékeket és elemeztük a kapott szerkezeti kialakításokat.



5. ábra: Optimált szerkezeti kialakítások megbízhatósági indexei (referenciacsoport): a) ϱ = 0,4; b) ϱ = 0,9 korrelációs együttható feltételezésével

HIVATKOZÁSOK

[1] Dunai L. and Papp Z. (2015) Nagy teljesítményű acélszerkezeti rendszer – HighPerFrame kutatás-fejlesztési projekt. MAGÉSZ Acélszerkezetek különszám, 3-5. old. http://www.consteelsoftware.com/files/sharedUploads/Pdf/MAGESZ/aszerk1501kulonszam.pdf

[2] Balogh T., Vigh L. G. (2015d) *Optimum reliability of a steel tapered portal frame structure exposed to fire*. In Proc. 4th Application of Structural Fire Engineering ASFE 2015 Proceedings of the International Conference in Dubrovnik, 15-16 October 2015, Dubrovnik, Croatia. https://ojs.cvut.cz/ojs/index.php/asfe/article/view/3315/3083

[3] Holický M. (2011) *The target reliability and working life*. In Safety and Security IV. Southempton, Boston, USA. WIT Press. https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/SAFE11/SAFE11015FU1.pdf

[4] Holland J. H. (1975) *Adaptation in Natural and Artificial Systems.* University of Michigan Press, Ann Arbor, 1975.

[5] Goldberg D. E. (1989) *Genetic Algorithm in Search, Optimization and Machine Learning*. Kluwer Academic Publishers. Boston, MA.

[6] Joint Committee on Structural Safety (JCSS) (2000) *Probabilistic Model Code*. https://www.jcss.byg.dtu.dk/Publications/Probabilistic_Model_Code

[7] Faber M. H. (2009) *Risk and Safety in Engineering – Lecture notes.* ETH Zürich. 2009. http://webarchiv.ethz.ch/ibk/emeritus/fa/education/ws_safety/Safety07/Script_secure.pdf

[8] MSZ EN 1990:2011 (2011) *Eurocode 0, Basis of structural design*. Hungarian Standards Institution. Budapest, Hungary

[9] Nadolski V. and Sykora M. (2015) *Model uncertainties of steel members*. In Proc. the ESREL 2015 European Safety and Reliability Conference, 7-10 September, 2015, Zürich, Switzerland.

[10] Boko I., Torić N. and Peroš B. (2013) *Probabilistic analysis of the fire resistance of a steel roof structure exposed to fire*. In: Deodatis G., Ellingwood B. R.. Frangopol D. M. (eds.), Safety, Reliability, Risk and Lyfe-Cycle Performance of Structures and Infrastructures, Taylor & Francis Group. pp. 4361-4366. London.

[11] Balogh T., Vigh L. G. (2016a) *Complex and comprehensive method for reliability calculation of structures under fire exposure*. Fire Safety Journal. 86. pp. 41-52.

[12] Choi S. K., Grandhim R. V. and Canfield R. A. (2007) *Reliability-based Structural Design*. Springer-Verlag. London.

[13] ISO 2394 (2015) *General principles on reliability for structures*

Tájékoztatás

Tájékoztatjuk azon kollégákat, akik az ACÉLSZERKEZETEK című folyóiratban cikket kívánnak megjelentetni, hogy lehetőség van opponált cikk megjelentetésére. Ez többletpont szerzésére ad lehetőséget.

Opponensnek olyan szakmailag elismert és legalább doktori fokozattal rendelkező szakembert kell a szerzőnek felkérni, aki vállalja a cikk opponálását és írásban közli véleményét.

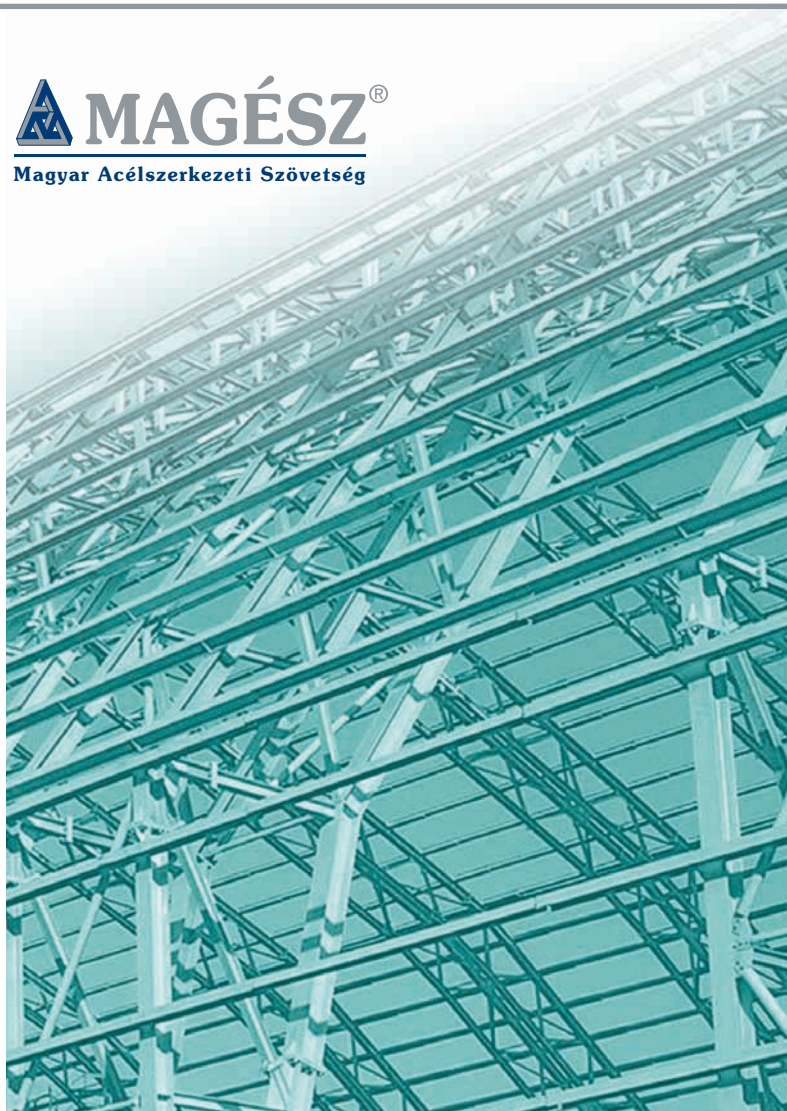
Szerkesztőségünk a cím mellett – jól látható helyen – feltünteti az alábbi jelzéssel, hogy a cikk opponált.

SZERKESZTŐSÉG

OPPONÁLT

MAGÉSZ®

Magyar Acélszerkezeti Szövetség



Lublóy Éva egyetemi docens
Kaczur András mérnöktanár
Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

ÁSVÁNYI SZÁLAS HŐSZIGETELŐ ANYAGOK TESTSŰRŰSÉGÉNEK HATÁSA A TŰZÁLLÓSÁGRA KOMBINÁLT TŰZVÉDELMI BURKOLATOK ESETÉN

BEVEZETÉS

Az acélszerkezetek tűzvédelme napjainkban egyre fontosabb szerepet tölt be. Az acélszerkezetek tűzvédelmét hőre habosodó festékkel, habarccsal, tűzvédő burkolattal, illetve körülbetonozással oldhatjuk meg. Jelen cikkben kombinált tűzvédelmi megoldások (tűzvédő lap és hőszigetelés együttes alkalmazása) lehetőségét vizsgáljuk.

A vizsgálatok során hatféle üveggyapot és hatféle kőzetgyapot terméket alkalmaztunk. A kísérletek eredményeképpen anyagtípus szerint összehasonlítottuk a különböző testsűrűségű üveggyapot és kőzetgyapot termékek magas hőmérsékleten mutatott viselkedését.

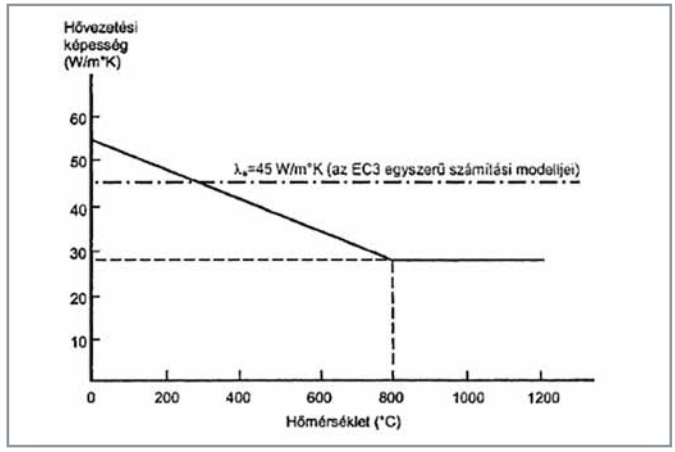
1. SZAKIRODALMI ÖSSZEFOGLALÁS

Tűzteher esetén a hőmérséklet emelkedésének hatására megváltoznak az acél fizikai tulajdonságai, illetve magasabb hőmérsékleti tartományokban fázisátalakuláson megy át. A változás gyorsasága eltérő a melegen hengerelt, illetve a hidegen alakított acélok esetén.

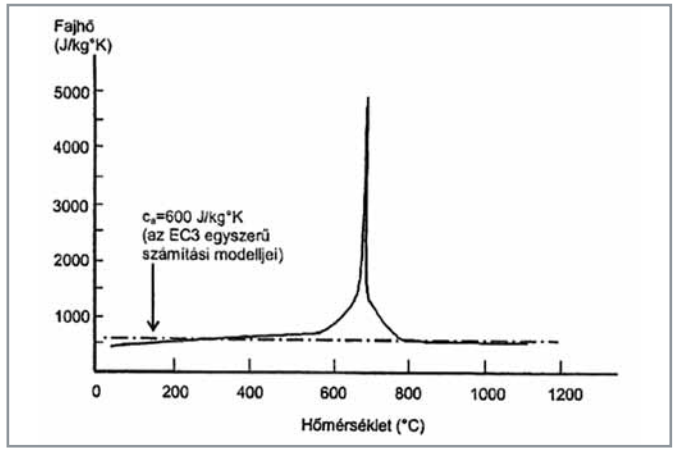
Az acél hővezetési tényezője, fajhője, illetve szilárdsági és merevségi jellemzői is folyamatosan változnak a hőmérséklet hatására *(1., 2., 3. ábra)*. A változó fizikai tényezők közül építőmérnöki szempontból az acél szilárdsága, merevsége és rugalmassági modulusa a legfontosabb. Azonban hőtechnikai szempontból nagyon fontos a hővezetési képesség és a fajhő változása is. Tűzvédelmi szempontból ez a két jellemző változása a legfontosabb, mivel ezek befolyásolják az acél melegedésének sebességét és a melegedéshez szükséges energia mennyiségét – végső soron azt, hogy a szilárdsági és merevségi jellemzők milyen mértékben változnak. Az *1. ábrán* is jól látszik: a hővezetési tényező a hőmérséklet növekedésével egyre inkább csökken, egyre kisebb hőmennyiség halad át az egységnyi keresztmetszeti területen egységnyi idő alatt. Ez a jelenség természetesen kedvezően befolyásolja az acél tulajdonságait.

Azonban meg kell vizsgálnunk a folyamat másik oldalát is. A *2. ábra* a fajhő változását írja le, azaz hogy mekkora energiamennyiség szükséges egységnyi mennyiségű anyag 1 K-nel való felmelegítéséhez. Ez alig változik egészen 735 °C-ig, ott viszont szinte végtelenül sok energia szükséges a hőmérséklet növeléséhez. Ennek oka, hogy 723 °C-on (PSK vonal) elindul a ferritből és cementitből álló eutektoid átalakulása, s az ötvözetben ausztenit jelenik meg [2]. Az energia a kémiai átalakulásra és nem a hőmérséklet emelésére fordítódik, majd az átalakulási folyamat lezárultával 800 °C körül a fajhő újból lecsökken.

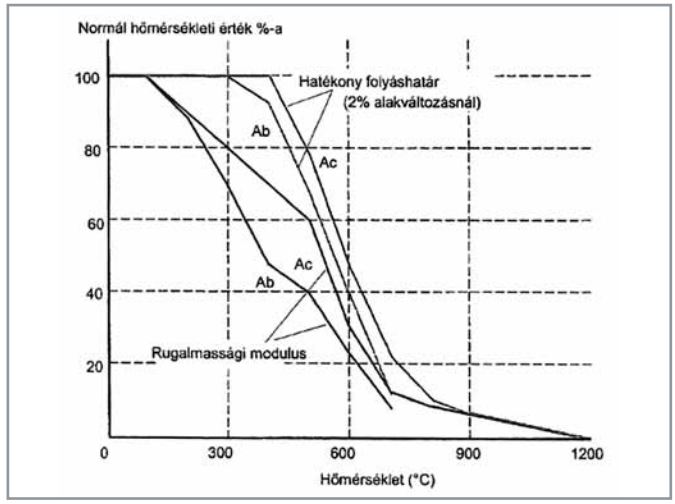
Ez jól egybevág az *1. ábrával,* tehát azon a hőmérsékleten, ahol már a hővezetési tényező tűzvédelmi szempontból előnyösen változott, lezajlott az acél kémiai átalakulása. Ekkorra viszont az acél szilárdsága a normál hőmérsékleten mért érték 20%-át sem éri el [1]. Tehát a hővezetési tényező változását mérnöki szempontból nem tudjuk kihasználni.



1. ábra: Acél hővezetési tényezőjének változása a hőmérséklet függvényében [1]



2. ábra: Acél fajhőjének változása a hőmérséklet függvényében [1]



3. ábra: Acél folyáshatárának és rugalmassági modulusának változása a hőmérséklet függvényében [1]

Az acélok folyáshatárának változása szerkezeti acélok esetén (A_c) 400 °C, míg hidegen alakított acéloknál (A_b) 300 °C-on kezd el csökkenni, és ez a változás 700–800 °C-ig lineárisnak tekinthető *(3. ábra)*. A rugalmassági modulus csökkenése azonban már 100 °C-on elkezdődik, az acél már ekkor elkezd lágyulni. A melegen hengerelt acéloknál 500 °C a kritikus hőmérséklet, a hidegen alakítottaknál 400 °C. A kritikus hőmérséklet az a hőmérséklet, ahol a lineárisan rugalmas tartományból plasztikus képlékeny tartományba megy át, vagyis nagy alakváltozásokat szenved viszonylag ki terhelés mellett.

Az acélszerkezetek tűzvédelme napjainkban egyre fontosabb szerepet tölt be. Az acélszerkezetek tűzvédelmét hőre habosodó festékkel, habarccsal, tűzvédő burkolattal, illetve körülbetonozással oldhatjuk meg. Jelen cikkben kombinált tűzvédelmi megoldások (tűzvédő lap és hőszigetelés együttes alkalmazása) lehetőségét vizsgáljuk. Több szakirodalmi adat is rendelkezésre áll a tűzvédelmi lapok működési mechanizmusáról és azok hatékonyságáról [3, 4], azonban kevés ismeretanyagunk van jelenleg a kombinált tűzvédelmi megoldásokról. Ezért megvizsgáltuk a különböző sűrűségű kőzetgyapottal, illetve üveggyapottal kombinált tűzálló gipszkarton lap által biztosított hővédelmet.

2. ALKALMAZOTT ANYAGOK ÉS A VIZSGÁLAT MENETE

2.1 Alkalmazott anyagok

A vizsgálatok során hatféle üveggyapot és hatféle kőzetgyapot terméket alkalmaztunk *(1. táblázat)*. A kísérletek eredményeképpen anyagtípus szerint összehasonlítottuk a különböző testsűrűségű üveggyapot és kőzetgyapot termékek magas hőmérsékleten mutatott viselkedését.

2.2 Valódi építményszerkezetek kicsinyített modelljének vizsgálata

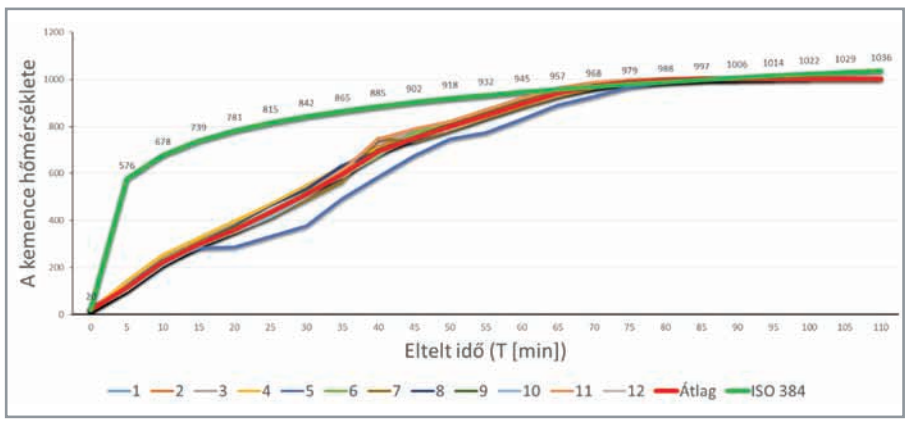
A valódi építményszerkezetekkel azonos kialakítást modelleztünk. A dobozszerkezetek anyagai kizárólag a könnyűszerkezetes burkolatok anyagaiból állnak: 12,5 mm vastag RIGIPS GKF tűzgátló gipszkarton lemez, RIGIPS CD 27x60 mm profil, illetve RIGIPS 212. típusú, 3,5x25 mm méretű, trombitanyakú, önmetsző gyorscsavar (MSZ EN 14566). A dobozba 1 darab 300 mm hosszú, melegen hengerelt I80 acélprofilt helyeztünk el (MSZ EN 10024, S235JRG2). Azoknál a kis testsűrűségű hőszigetelő anyagoknál, melyeknél az I80 profil (tömege: 5,94 kg/m) hatására a hőszigetelő anyag jelentősebb mértékű összenyomódást szenvedett volna, a profil alátámasztására 4 darab alulról

1. táblázat: A tervezett kísérletek összefoglalása

Kemencés (K), valamint tömeg- és térfogatveszteség (T) vizsgálatok				
Sor-szám	**Anyag megnevezése**		**Hővezetési tényező [W/mK]**	**Testsűrűség [kg/m³]**
1.	Kőzetgyapot termékek	Fixrock	0,039	32
2.		Airrock ND	0,035	50
3.		Airrock HD	0,035	70
4.		Steprock ND	0,038	140
5.		SMARTRoof Top	0,038	135
6.		Dachrock	0,040	152
7.	Üveggyapot termékek	Classic 039	0,039	12,5
8.		URSA DF 39	0,039	12,8–13
9.		Classic 037	0,037	15
10.		URSA SF32	0,032	30–32
11.		URSA FDP5	0,032	50,0
12.		URSA TSP	0,032	60–90

becsavarozott pozdorjacsavart alkalmaztunk távtartóként, melyek a kemencés vizsgálat során a helyükön tartották az acélprofilt, de közben csak a hegyükkel érintve az acélszelvényt. Feltételezésem szerint a hővezetéssel történő energiatovábbítás érdemben nem befolyásolta az acélelem felmelegedését.

A kemencés vizsgálatok a dobozok elhelyezését követően T = 0 min időben a kemenceajtó zárásával kezdődtek meg. A kemence felfűtésének elvben az ISO 834-1 szerinti szabványos tűzgörbe szerint kellett volna történnie, a hőmérséklet–idő görbe azonban ettől eltért, melyet a *4. ábra* szemléltet. A 12 kísérlet alatt (1–12) a kemence felfűtése számottevően nem különbözött, ez alól kivételt csak az ábrán „5”-tel jelölt adatsor képez kivételt, melynek magyarázata, hogy a vizsgálat közben a kemence ideiglenesen túlterhelte az elektromos hálózatot, ami a kismegszakító kioldásához vezetett ~15 és ~50 percnél. Ezeken a pontokon a felfűtés üteme kissé lassult, ami a kék színű – a trendtől nagyobb mértékben eltérő – vonalat eredményezte. Ettől eltekintve megállapítható, hogy a kemence hőmérséklet–idő diagramja ugyan nem illeszkedik a szabványos (ISO 384-1 szerinti) zárt téri tűzgörbére, mégis a teljes vizsgálatsorozaton állandó módon viselkedik, azaz azonos időpontokban közel azonos hőterhelésnek veti alá a próbatesteket *(4. ábra)*.



4. ábra:
A kemence hőmérséklet– idő görbéjének viszonya a szabványos zárt téri tűzgörbéhez (ISO 384)

3. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK

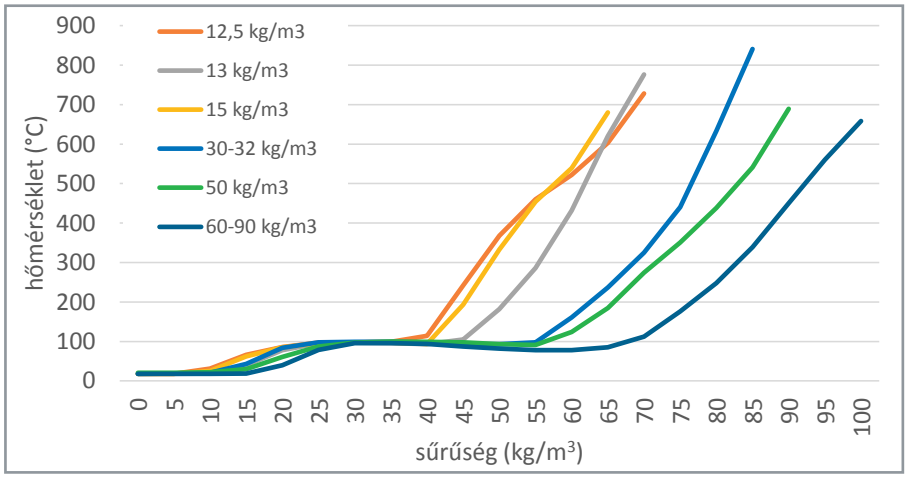
3.1. Üveggyapot hőszigeteléssel ellátott próbatestek vizsgálati eredményei

Az *üveggyapot* anyagú szálas hőszigetelő anyaggal megtöltött próbatestekre vonatkozó általános tapasztalatok, illetve hőterheléssel szembeni viselkedésére vonatkozó általános eredmények:

- A kisebb testsűrűségű (12,5–15 kg/m^3) hőszigetelő anyagok a síkjukra merőleges nyomás esetén **nagymértékű összenyomódás**t szenvednek. Annak érdekében, hogy a vizsgálat idejére a vizsgált anyag ne nyomódjon össze (jelentősen megváltoztatva a vizsgált testsűrűséget), próbatestenként 4–4 darab megfelelő hosszúságú pozdorjacsavarral támasztottuk alá a melegen hengerelt acélprofilokat.
- Az üvegnek – amorf szerkezete lévén – nincs határozott olvadáspontja, hevítésekor fokozatosan lágyul az összetevők függvényében. A vizsgált üveggyapot anyagok esetén azonban elmondható, hogy az őket alkotó üveg olvadáspontja 500–800 °C közötti, hiszen – ahogy azt a tömegveszteség-vizsgálatok során láthatjuk majd – 500 °C esetén mindegyik próbatest épen maradt, 800 °C hőmérsékleten pedig **mindegyik próbatest** elolvadt *(5. ábra)*. A vizsgálat közben 300 °C kemence-hőmérséklet közelében füstképződés és ezt követően párakicsapódás volt megfigyelhető a kemenceajtó réseinek, illetve betekintőnyílásának közelében, mely egy idő után megszűnt, még jóval a vizsgálat befejezése előtt.
- Az acélprofil hőmérséklet–idő görbéje minden esetben hasonló jelleget öltött: testsűrűségtől függően hosszabb-rövidebb vízszintes szakasszal indult (a hőszigetelő anyag kifejtette a hőszigetelő hatását). A vízszintes szakaszt követően szintén az anyag testsűrűségétől függő, változó intenzitással megindult a felmelegedés, ezután pedig anyagtól függően mintegy 10–35 percen át szinte nem nőtt tovább az acélprofil hőmérséklete (sőt a testsűrűséggel összefüggésben, kisebb-nagyobb mértékben többnyire csökkent is az acél hőmérséklete). Ezután pedig közel lineáris módon intenzív hőmérséklet-növekedés indult meg a vizsgálat végéig, mely annak az öt percnek a végén zárult, melyben az acélprofil hőmérséklete már elérte a 650 °C-ot.

Megállapítható, hogy minél nagyobb volt a hőszigetelő anyag testsűrűsége, annál hosszabb volt a plató, vagyis annál lassabban melegedett át az acélszelvény *(6. ábra)*.

5. ábra: Az üveggyapot szigetelés jellemző tönkremenetele



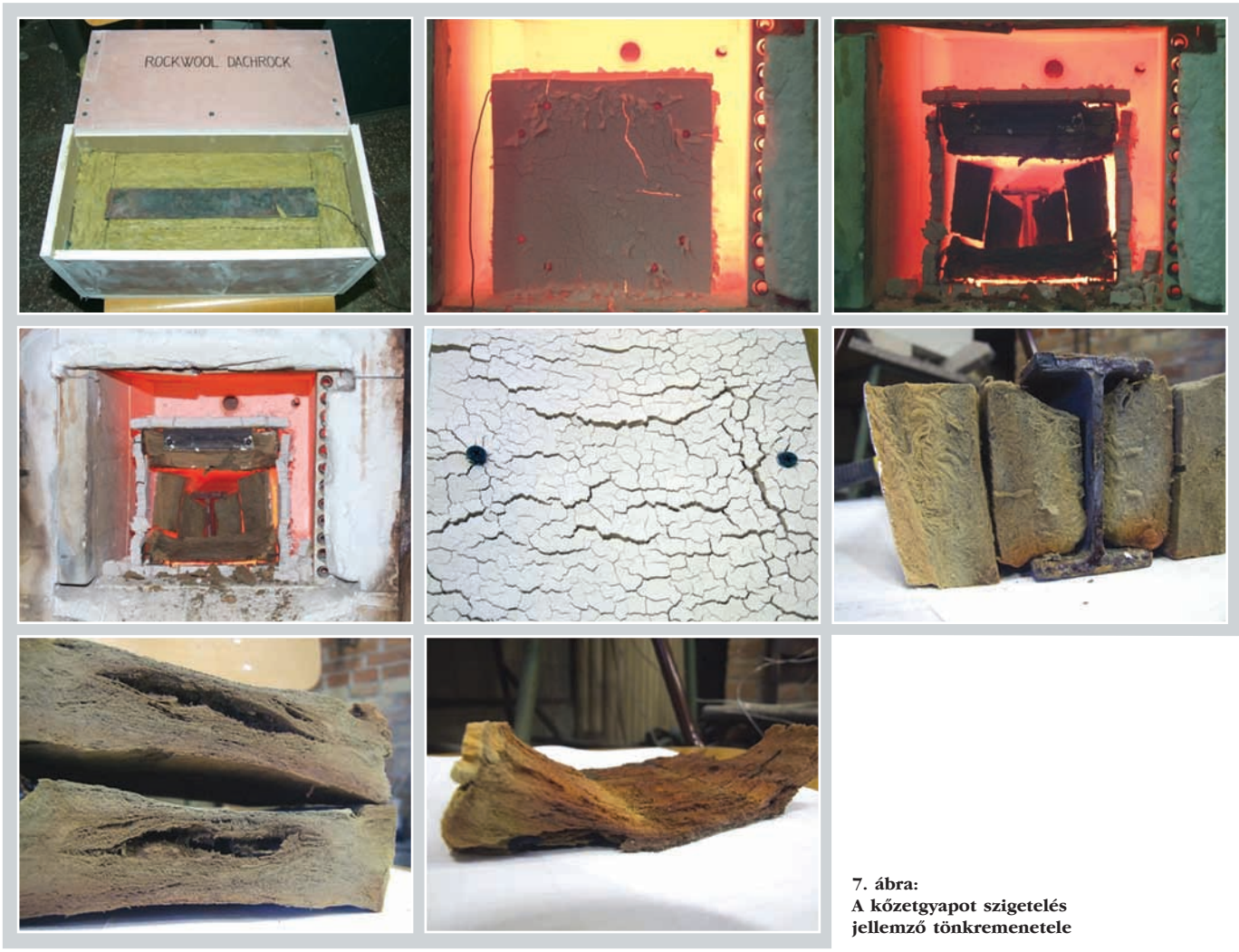
6. ábra:
A hőmérséklet alakulása az acélprofilnál üveggyapot szigetelés esetén az idő függvényében

3.2. Kőzetgyapot hőszigeteléssel ellátott próbatestek vizsgálati eredményei

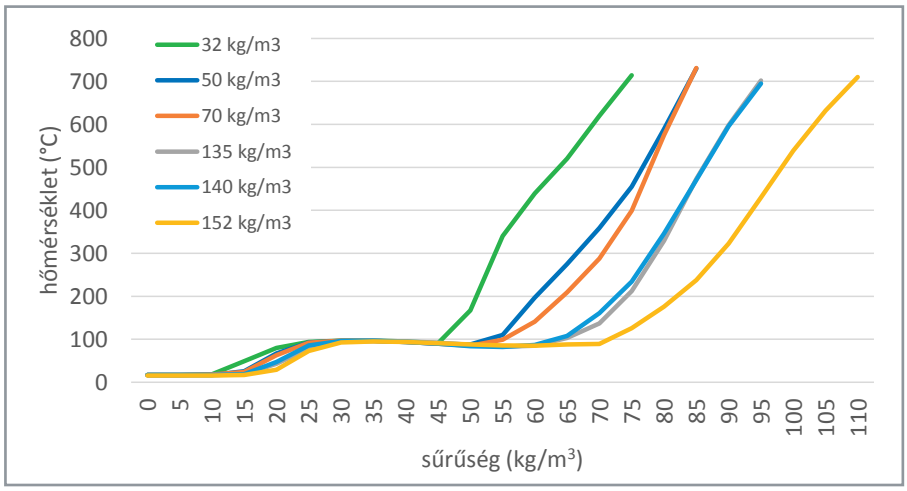
Az üveggyapot anyagú szálas hőszigetelő anyagokkal töltött doboz jellegű próbatestekhez hasonlóan a vizsgálati eredményeket a kőzetgyapot anyagú hőszigeteléssel töltött dobozok esetén sem a vizsgálatok sorrendjében ismertetem, hanem a vizsgálandó anyagok növekvő testsűrűségének sorrendjében.

A *kőzetgyapot* anyagú szálas hőszigetelő anyaggal megtöltött próbatestekre vonatkozó általános tapasztalatok, illetve hőterheléssel szembeni viselkedésére vonatkozó általános eredmények:

- A legkisebb testsűrűségű (32 kg/m^3) kőzetgyapot hőszigetelő anyag is elegendő merevséggel rendelkezett a paplan síkjára merőleges nyomással szemben, hogy az alatta lévő 180 acélprofil saját súlyának hatására ne nyomódjon össze olyan mértékben, hogy alatta a testsűrűség számottevően megváltozzon, így külön **távtartó beépítésére** ezekben a próbatestekben **nem volt szükség**.
- A kőzetgyapot olvadáspontja 1000 °C felett van (egyes típusoknál az 1100 °C-ot is meghaladja), emiatt a beállított 1000 °C-os hőterhelési határ miatt a próbatesteken a **kőzetgyapot anyag olvadását nem tapasztaltam**.
- A hőszigetelő anyag szerkezete a vizsgálat során többnyire jelentősen megváltozott, tömörebb, homogénebb szerkezetű lett, **térfogata** pedig általában az anyag mentén egyenlőtlenül **csökkent**.
- Az acélprofil hőmérséklet–idő görbéje minden esetben hasonló jelleget mutatott: a hőszigetelő anyag testsűrűségétől függően rövidebb-hosszabb vízszintes szakasszal indult (a hőszigetelő anyag kifejtette a hőszigetelő hatását). Ezt a vízszintes szakaszt követően, szintén az anyag testsűrűségétől függő, változó intenzitással megindult az acélprofil felmelegedése. A melegedés nagyjából ugyanolyan hőmérsékletig folytatódott (95–97 °C-ig) ezt követően pedig anyagtól (testsűrűségtől) függően mintegy 15–25 percen át csökkent is az acél hőmérséklete. A hőmérsékleti mélypontot követően kissé gyorsuló intenzitású hőmérséklet-növekedés indult meg a vizsgálat végéig, mely annak az öt percnek a végén zárult, melyben az acélprofil hőmérséklete már elérte a 650 °C-ot.
- A vizsgálat közben ezekben az esetekben is 300 °C kemence-hőmérséklet közelében füstképződés, és ezt követően párakicsapódás volt megfigyelhető a kemenceajtó réseinek, illetve betekintőnyílásának közelében, mely egy idő után megszűnt, még jóval a vizsgálat befejezése előtt.
- Egyes kőzetgyapot anyagok jellemzően összetömörödtek, mások pedig elveszítették kohéziójukat, porlóvá, szétesővé váltak.
- Kőzetgyapot esetén is megállapítható, hogy minél nagyobb volt a hőszigetelő anyag testsűrűsége, annál hosszabb volt a plató, vagyis annál lassabban melegedett át az acélszelvény *(8. ábra)*.



7. ábra:
A kőzetgyapot szigetelés jellemző tönkremenetele



8. ábra:
A hőmérséklet alakulása az acélprofilnál kőzetgyapot szigetelés esetén az idő függvényében

4. ÖSSZEFOGLALÁS

Az acélszerkezetek tűzvédelme napjainkban egyre fontosabb szerepet tölt be. Az acélszerkezetek tűzvédelmét hőre habosodó festékkel, habarccsal, tűzvédő burkolattal, illetve körülbetonozással oldhatjuk meg. Jelen cikkben kombinált tűzvédelmi megoldások (tűzvédő lap és hőszigetelés együttes alkalmazása) lehetőségét vizsgáljuk. Több szakirodalmi adat is rendelkezésre áll a tűzvédelmi lapok működési mechanizmusáról és azok hatékonyságáról [3, 4], azonban kevés ismeretanyagunk van jelenleg a kombinált tűzvédelmi megoldásokról. Ezért megvizsgáltunk különböző sűrűségű kőzetgyapottal, illetve üveggyapottal kombinált tűzálló gipszkarton lap által biztosított hővédelmet.

A vizsgálatok során hatféle üveggyapot és hatféle kőzetgyapot terméket vizsgáltunk. A kísérletek eredményeképpen anyagtípus szerint összehasonlítottuk a különböző testsűrűségű üveggyapot és kőzetgyapot termékek magas hőmérsékleten mutatott viselkedését.

Üveggyapot és kőzetgyapot szigetelés esetén is megállapítható, hogy minél nagyobb volt a hőszigetelő anyag testsűrűsége, annál hosszabb volt a plató, vagyis annál lassabban melegedett át az acélszelvény. Megállapítható, hogy a kiegészítő szigetelőanyag hatását az acélszerkezetek tűzvédelménél figyelembe lehet venni, azonban célszerű a szigetelőanyag testsűrűségének megfelelő értékkel számolni.

5. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezen kutatás a Bolyai János és Bolyai+ Felsőoktatási Fiatal Oktatói, Kutatói (ÚNKP-18-4) Ösztöndíj támogatásával készült. A tanulmány alapjául szolgáló kutatást az Emberi Erőforrások Minisztériuma által meghirdetett Felsőoktatási Intézményi Kiválósági Program támogatta, a BME FIKP-VÍZ tématerületi programja keretében.

6. HIVATKOZÁSOK

[1] Balázs L. Gy., Horváth L. et al. (2010): Szerkezetek tervezése tűzteherre az MSZ EN szerint (beton, vasbeton, acél, fa). Oktatási segédlet. MMK Tatószerkezeti Tagozat
[2] Balázs Gy. (1983): Építőanyagok és kémia, Műegyetem Kiadó
[3] Szikra Cs., Takács L. (2010): „A Miskolc, Középszer u. 20 sz. alatti lakóépület tűzesetének sajátosságai", ÉPKO 2010, Nemzetközi Építéstudományi Konferencia, Csíksomlyó, Románia
[4] Kopecskó Katalin: Fázisanalitikai módszerek alkalmazása a mérnöki gyakorlatban

MAGÉSZ®
Magyar Acélszerkezeti Szövetség

Honlapunkon az MAGÉSZ Acélszerkezetek előző számai is olvashatók.

www.magesz.hu

Dr. Jármai Károly egyetemi tanár
Dr. Kota László egyetemi adjunktus
Miskolci Egyetem

AZ OZone PROGRAM HASZNÁLATA

1. BEVEZETÉS

Az OZone egy felhasználóbarát szoftver, mely a tűz és a hőmérséklet alakulását egy acél szerkezeti elemben számítja ki, névleges tűzgörbékkel vagy természetes tűzmodellekkel, fizikai és kémiai paraméterek alapján. Az OZone kétféle típusú természetes tűzmodellt alkalmaz: lokális tüzek és területi tüzek. Lehetővé teszi a tűzállóság kiszámítását az egyszerű modell segítségével is.

A kamratűz esetén az OZone lehetővé teszi az EN1991-1-2 D. mellékletében meghatározott egyzónájú vagy kétzónájú tűzmodelleket. A zóna modellek olyan numerikus eszközök, amelyeket a gázhőmérséklet kialakulásának értékelésére használnak a kamrában tűz alatt. A korlátozott számú feltételezés mellett könnyű használni, és jó értékelést ad a hőmérséklet alakulásáról a kamrában. A Petersson által kifejlesztett első numerikus egysávos modellek [SFPE, 1995] óta a numerikus tűzmodell jelentős javulását sikerült elérni. Ezek közül több zóna-, több kamra- és CFD- (computational fluid dynamics) modellt fejlesztettek ki. Bár a zónamodellek kevésbé kifinomultak, saját alkalmazási területeik vannak, és ezért a tűzbiztonsági alkalmazások alapvető eszközei.

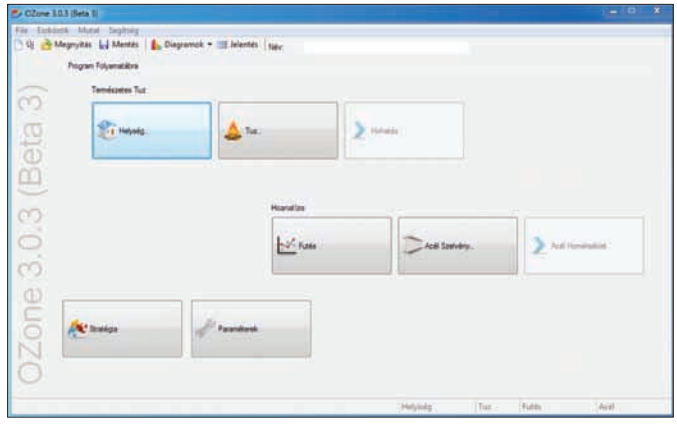
A zónamodellekben a fő feltétel az, hogy a kamrák olyan zónákra vannak osztva, amelyekben a hőmérséklet-eloszlás mindig egyenletes. Az egyzónájú modellekben a hőmérsékletet az egész kamrában egyenletesnek tekintik. Ez a típus a teljesen kifejlett tüzek esetén érvényes. A kétzónás modellek megfelelőbbek, ha a tűz korlátozott. Ebben az esetben a kétzónás modell jobban megmutatja a hőmérséklet eloszlását a rekeszben: egy forró réteg a mennyezet közelében és egy hideg réteg alatta.

Az OZone-ban megvalósított zónamodelleket az ECCS kutatásai „Természetes tűzbiztonsági koncepció” és „Természetes tűzbiztonsági koncepció – Teljes méretű tesztek, az Eurocode-ok alkalmazása és a felhasználóbarát tervezőeszköz fejlesztése” keretében fejlesztették ki. A valószínűségi alapon kidolgozott számítás a „Természetes tűzbiztonsági koncepció” körébe tartozik, és beépítették az EN 1991-1-2-be. Az OZone mind kétzónájú, mind egyzónájú modelleket tartalmaz, amelyek között lehetséges a váltás, ha bizonyos feltételek teljesülnek. Számos égési modellt fejlesztettek ki a különböző helyzetek kezelésére. Olyan nagy kamrákban, ahol a belobbanás nem fordul elő, a szerkezet viselkedését helyi tűzviszonyok között kell elemezni. Az OZone-ban megvalósított lokalizált tűzkezelési eljárás az RFSR-CT-2012-00023 LOCAFI kutatási projekten alapul – A függőleges acélelem hőmérsékletének vizsgálata helyi tűz esetén. Az eljárás során az EN 1991-1-2 szerinti meglévő egyenletek alkalmazásával kezelik azokat a konfigurációkat, ahol a hőcseréket konvektív fluxusokkal (a tűz által elnyelt, vagy a tűzfal belsejében a mennyezet szintjén helyezik el). A tűzön kívül elhelyezkedő függőleges tagoknál a sugárzó hőcserét úgy számolják ki, hogy a tűz olyan virtuális szilárd lángként jelenik meg, amely minden irányban sugároz. Az OZone kúpalakúnak tartja ezt a virtuális szilárd lángot. A fluxust külön-külön kell kiszámítani a profil keretes peremének négy oldalára, és ennek a hőáramlásnak az átlagát az acélrész teljes doboz peremére kell alkalmazni. Ez azt jelenti, hogy az árnyékhatást hallgatólagosan figyelembe veszik.

Az OZone-ban lehetséges lokalizált tüzet meghatározni a kamrában. Ebben az esetben a hőelemzéshez a felhasználó az acélprofilban lévő hőmérsékletet a kamra forró zónájából, a helyi tűztől, vagy a kettő közötti maximális értékből kaphatja meg. A szoftvert a tesztek és a CFD analízisek számos eredményével validálták.

2. MENÜSOR

A menüsor a következő menükkel rendelkezik:
„Fájl”, „Eszközök”, „Nézet” és „Segítség” *(lásd 1. ábra)*.



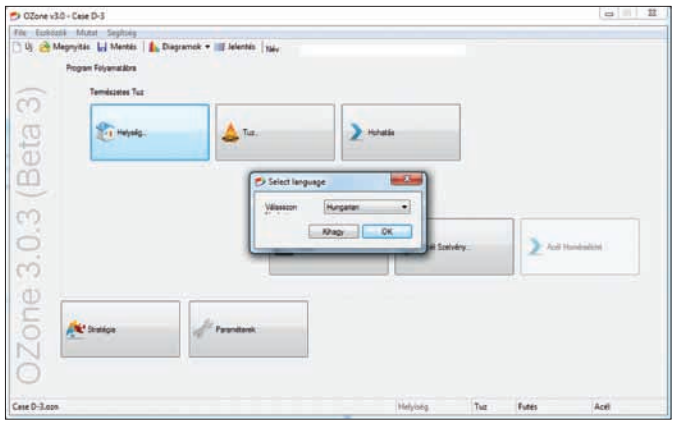
1. ábra: Fő ablak – Menüsor

- Az aktuális elemzés fájlba mentéséhez válassza a „Fájl” menü „Elemzés mentése” parancsát.
  Az aktuális betöltött elem mentéséhez, amelyet előzőleg egy fájlba mentett, válassza ki a „Fájl menü” Analízis mentése ... parancsot.
  Mindkét parancs megnyitja a „Mentés másként” közös párbeszédablakot, amelyben a felhasználó kiválaszthatja a mappát, és beírhatja a fájl nevét. Az analízisfájl a *.ozn kiterjesztéssel kerül mentésre, és az OZone csatlakozik ezekhez a fájlokhoz (vagyis ha duplán rákattint a fájlnévre a Windows Explorerben, vagy megnyitja a parancsot a helyi menüből, akkor az operációs rendszer elindítja az OZone-t és megnyitja a fájlt).
  Új elemzés elindításához válassza az „Új elemzés” parancsot a „Fájl” menüből.
  A „Fájl” menü „Oldalbeállítás” parancsával megnyílik a közös párbeszédablak-beállítási ablak, amelyben a felhasználó kiválaszthatja a papír méretét, tájolását és a nyomtatott grafikon margóinak kitöltését.
- Az „Eszközök” menüben a felhasználó hozzáadhatja vagy módosíthatja a burkolat anyagait és hő tulajdonságait a „Fal anyag hozzáadása” paranccsal.
  Az acél tűzvédelmi anyagok hozzáadásához vagy cseréjéhez válassza az „Acél szigetelőanyagok hozzáadása” parancsot.

Nem lehet fal lemez, vagy acél szigetelőanyagot megváltoztatni, ha az ablakok egyikében sem változik. Ha az OZone figyelmeztet: „Van betöltött fájl ...", válassza a „Fájl" menü „Új elemzés" parancsát, és változtassa meg az értékeket a két ablak bármelyikében. A fal anyagának, vagy az acél szigetelőanyagoknak a megváltozására az OZone újraindításakor kerül sor.

Az Eszközök menü utolsó parancsa a Nyelv parancs. Itt választható ki az aktuális nyelv.

A felhasználói felület nyelvének megváltoztatásához az OZone-ban válassza az „Eszközök" menü „Nyelv" parancsát, és a megnyitott párbeszédpanelen válassza ki a kívánt nyelvet a „Nyelv kiválasztása" legördülő listából *(2. ábra)*.



2. ábra: Fő ablak

- A „Nézet" menü tartalmazza azokat a parancsokat, amelyek az elemzési adatok (RHR adatok, pirolízis ráta adatok) vagy eredmények (RHR számított, pirolízis arányszámítás, forró zóna hőmérséklet stb.). Megjelenítését mutatják a diagramokban. A Nézet menü nem minden parancsot engedélyez, az analízis állapotától függően. Például, ha az acél hőmérsékletét kiszámítják, az „Acélhőmérséklet" parancs engedélyezve van. A „Nézet" menü utolsó parancsa létrehozza az aktuális elemzés jelentését. A jelentés Microsoft Word dokumentumként kerül elmentésre, az analízis fájlnevének ugyanabba a mappájába, az elemzési fájl neve alatt. A diagram adatokat a helyi menüből exportálhatja az Excel programba. Jobb egérgombbal kattintson a képernyőn, és a helyi menüből válassza a „Másolás diagram" parancsot. Váltson az Excelre, és válassza a Beillesztés lehetőségét.

A fájl mentési mappája a fájl mellett (a *.ozn kiterjesztéssel együtt) a következő fájlokat tartalmazza:

- Filename.pri – az adatkimeneti fájl, amely tartalmazza a forró zóna hőmérsékletét, a hideg zóna hőmérsékletét stb.);
- Fájlnév.out – a kimeneti fájl, amely adatokat tartalmaz a kamra burkolatáról, valamint a két zónamodellről az egy zónamodellekre való átállás kritériumairól;
- Filename.nat – a kimeneti fájl, amely tartalmazza a gázhőmérsékletet, ha a „Fűtés" ablakban a helyi tűz vagy a kettő közötti maximális érték van kiválasztva;
- Filename.flx – a kimeneti fájl, amely tartalmazza a helyi hőáramlás fejlődését a helyi tűzön;
- Filename.stt – az a kimeneti fájl, amely az acél hőmérsékletének változását tartalmazza, akár védett, akár nem védett.

Nem minden ilyen fájl jelenik meg abban a mappában, ahol az elemzési fájl mentésre kerül, attól függően, hogy a tűz típusa (kamratűz vagy lokalizált) és a tűz lefutási forgatókönyv.

3. FŐ ABLAK

Az OZone lehetővé teszi a felhasználó számára, hogy alkalmazza az előírásos megközelítést (névleges tűzveszély), hogy termikus hatásokat vagy teljesítményalapú megközelítéseket hozzon létre, amelyekben a termikus hatásokat a Zóna Modell megközelítéssel határozzák meg.

A fő ablak két oszlopból áll *(lásd a 2. ábrát)*.

A „Természetes tűz" oszlop arra utal, hogy a zóna tűzmodellek által becsült hőteljesítményeket a kamra vagy a helyi tűz esetén értékelik.

A kamratűz esetén a felhasználónak először meg kell határoznia a kamra geometriáját, a falak, a mennyezet és a padló összetételét, valamint a nyílások méretét és pozícióját a „Kamra" ablakban a 4. fejezetben leírtak szerint. A „Tűz" ablakban a felhasználó az EN 1991-1-2 E melléklet szerinti eljárást vagy közvetlen adatbeadást (felhasználó által definiált) választhat, és ez alapján határozza meg a program az eredményeket.

Helyi tűz esetén a felhasználó kihagyhatja a „rekesz" ablakot. A tűz közvetlenül meghatározható a „Tűz" ablakban, annak érdekében, hogy egy helyi tűz látható legyen egy nyitott térben. A helyben lévő tűz figyelembe vehető egy rekeszben is. Ebben az esetben a házat a „Kamra" ablakban kell meghatározni.

Az elemzés a „Termikus hatás" gomb kiválasztásával történik.

Az általános ablak „Termikus analízis" oszlopa megadja a hőmérséklet alakulását az acélprofilban, a természetes tüzet (első oszlop), vagy a névleges tűzgörbék alapján számított termikus hatás alapján. A termikus hatások kiválasztása (névleges tűzgörbe, kamra tűz, helyi tűz) a „Fűtés" ablakban történik.

Tűzhatás esetén a korábban bemutatott természetes tűz modellekkel az acélprofil felmelegíthető a „Fűtés" ablakban, akár a forró zóna hőmérsékletét (a kamra tüzétől), akár a helyi tűz hőmérsékletét figyelembe véve.

Ha a burkolat jellemzői a „Kamra" ablakban vannak meghatározva, és a „Tűz" ablakban a lokalizált tűz kerül meghatározásra, a felhasználó az acélprofil melegítésére is figyelembe veheti a maximális hőáramlást vagy a forró zóna (kamratűz) vagy a lokális tűz felhasználásával. Ebben az esetben nem szükséges a „Tűz" ablakban meghatározni egy tüzet (EN 1991-1-2 E melléklet, Felhasználó által meghatározott tűz).

Névleges tűzgörbe esetében nem szükséges áthaladni az általános ablak „Természetes tűz" első oszlopán. A felhasználó közvetlenül kiválasztja a névleges görbét a „Fűtés" ablakban.

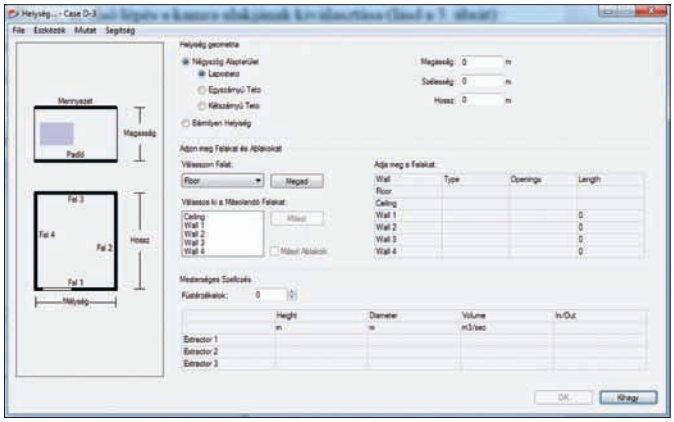
A védett/nem védett acélprofil az „Acélprofil" ablakban van meghatározva. Az elemzés az „Acélhőmérséklet" gomb kiválasztásával történik.

4. KAMRA ABLAK

Ha a kamratűz az OZone-ban van modellezve, az első lépés a kamra alakjának kiválasztása *(lásd a 3. ábrát)*: vagy egy téglalap alakú (sík tetővel, egyszögletes tetővel vagy kétszögletű tetővel) vagy egy nem négyszögletes alapú (Bármely kamra) lapos tetővel. Téglalap alakú kamránál a

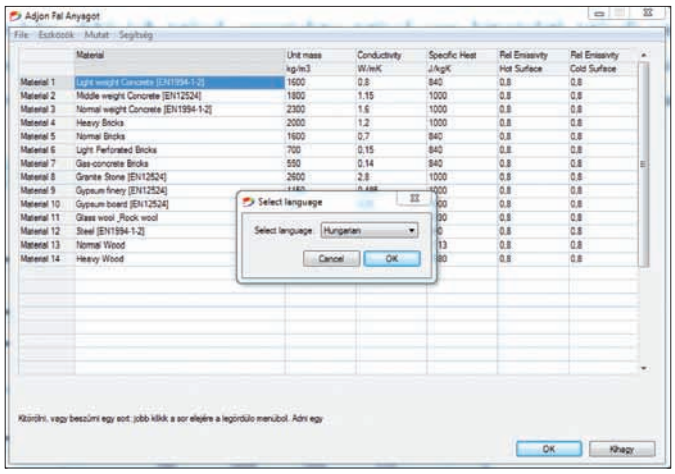
méretek, azaz a hossza, magassága és mélysége a bemenő adatok méterben. A nem négyszögletes kamránál a falak maximális száma négy, és a rekesz felületének m^2-ben kell lennie.

A kamraburkolat meghatározásához (padló/mennyezet /fal) válassza ki a megfelelő elemet a „Fal kiválasztása” legördülő listából, és kattintson a „Megad” gombra. Ezzel megnyílik a kamraburkolat definíciós ablak *(lásd a 3. ábrát)*.



3. ábra: Kamra ablak

Minden egyes rekeszburkolat (falak, mennyezetek és padlók) esetében legfeljebb négy réteg határozható meg a vastagság mentén. Ha több réteget veszünk figyelembe, azokat belülről kívülre haladva kell megadni, kezdve az 1. réteggel (belül). A legördülő listából előre definiált anyagok esetében csak a réteg vastagságát kell megadni *(4. ábra)*. A felhasználó bármilyen tulajdonságot meghatározhat a táblázatban szereplő összes jellemzővel (egységtömeg, hővezető képesség, fajhő, relatív emisszivitás a forró és hideg felületeken).



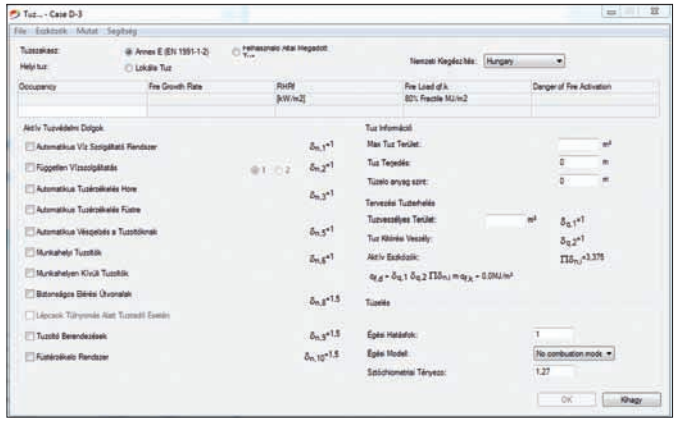
4. ábra: Falanyag és vastagság megadása

Vízszintes és/vagy függőleges nyílások adhatók meg a mennyezeten és a falakon belül, a kamraburkolat meghatározási ablakban.

Egy falhoz legfeljebb három nyílást lehet megadni. A függőleges magasságot, a szélességet, az eresz és a párkány szélességét minden egyes nyílásnál bemenetként kell megadni, méterben. Alapértelmezés szerint egy állandó nyílást javasolnak, de a „Változat” legördülő listából kiválasztható a nyílás változata. A beállítások (Hőmérséklet-függő/Lépésenként/Lineáris/Időfüggő) a „Paraméterek” című részben találhatók.

A mennyezet meghatározásakor a vízszintes nyílások meghatározhatók az alsó táblázatban. Legfeljebb három egyenlő átmérőjű csoport definiálható. Minden egyes csoportban meg kell adni az átmérőt méterben és a nyílások számát. Alapértelmezés szerint egy állandó nyílást javasolnak, de a Variáció legördülő listából kiválasztható egy nyílási változat. A beállítások leírása (Hőmérsékletfüggő/Lépésenként/Lineáris/Időfüggő) a „Paraméterek” című részben találhatók.

A kényszerített szellőzés szintén megadható a kamra definíciós ablakának alsó táblázatában *(lásd az 5. ábrát)*. Legfeljebb három készüléket lehet megadni az átmérő és magasság meghatározásával a padlószint felett, valamint a beáramló (Be) és a kiáramló (Ki) levegő térfogat megadásával m^3/másodpercben.



5. ábra: Tűz ablak

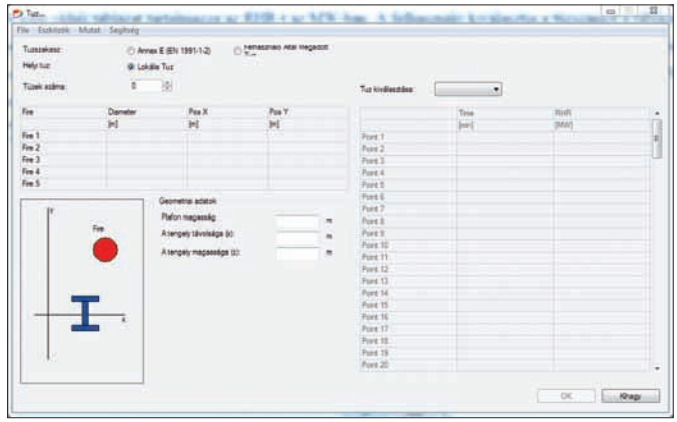
5. TŰZ ABLAK

A „Tűz” ablak lehetővé teszi a fülke tüzének meghatározását (az EN 1991-1-2 E melléklet és a megfelelő nemzeti mellékletek vagy a felhasználó által meghatározott tűz) alkalmazásával, vagy a lokális tűz módszerével *(lásd az 5. ábrát)*.

5.1. Helyi tűz

A „Geometriai adatok” csoport határozza meg a mennyezeti magasságot (m-ben) és azt a pontot, ahol a lokális hőmérséklet kerül kiszámításra az x tengelyen lévő távolság (m-ben) és a padlótól mért magasság ismeretében – a tengely magassága (m-ben) kerül megadásra. Definíció szerint az oszlop y-tengely-koordinátája 0.

A lokalizált tűz közvetlenül az ablakon belül definiálható, anélkül, hogy meghatározná a kamrát a „kamra” ablakban *(6. ábra)*. Ha a „kamra” ablakban már meghatározott egy



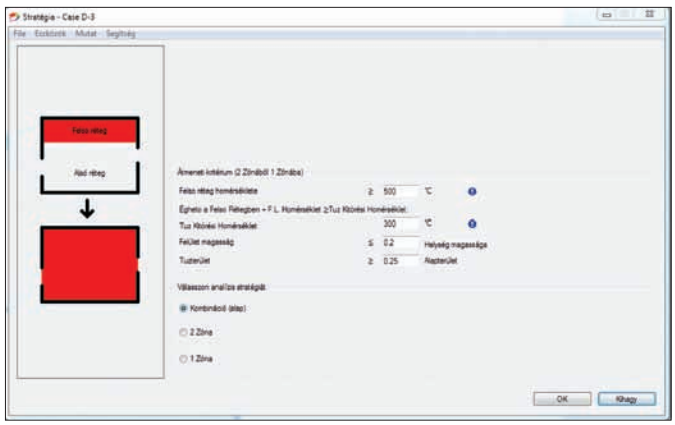
6. ábra: Lokális tűz ablak

kamra, akkor a mennyezeti magasság automatikusan a kamra korábban megadott magasságának megfelelően fog megjelenni.

A jobb oldali táblázat tartalmazza az RHR-t az MW-ban. A felhasználó kiválasztja a tűzszámot a táblázat tetején lévő legördülő listából, és kitölti a táblázatban szereplő értékeket. Az egyéb táblázatos forrásokból származó adatok (például az Excel) segítségével beilleszthetők az értékek a táblázatba a (Ctrl + V) gyorsbillentyűvel.

6. STRATÉGIA ABLAK

A csak kamratüzekre vonatkozó „Stratégia” ablakot a *7. ábra* mutatja.



7. ábra: Stratégia kamratüzekhez

A kétzónás és egyzónás modellek különböző hipotéziseken alapulnak. Ezek különböző típusú tüzeknek, vagy ugyanazon tűz különböző fázisainak felelnek meg. Egyszerűen különböző alkalmazási területeik vannak, valójában kiegészítik egymást. Mikor egy adott kamrában modellezük a tüzet, fontos tudni, hogy az egy- vagy a kétzónás modell a megfelelő arra az esetre.

A tűzterhelés egyenletes eloszlásúnak tekinthető, ha az éghető anyag többé-kevésbé jelen van a tűzkamra teljes padlófelületén és mikor a tűzterhelés sűrűsége (az egységnyi területre eső tüzelőanyag mennyisége) többé-kevésbé egyenletes. Ennek ellentéte, mikor az éghető anyag a teljes padlófelülethez képest egy kis területen koncentrálódik, és a padlófelület többi része mentes a tüzelőanyagtól.

A gyújtóhatás a legtöbb esetben lokalizált, így a tűz egy ideig egy bizonyos területre korlátozódik. Ha a hőmérséklet elég magas, hogy a kamrában jelen lévő összes éghető anyag spontán begyulladását előidézze, belobbanás történik. Általánosságban a kétzónás modellek a lokalizált tüzekre és a lobbanás előtti állapotú tüzekre érvényesek, míg az egyzónás modellek a teljesen elborított tűz állapotra vagy a lobbanás utáni állapotú tüzekre érvényesek. A kétzónás feltevés már nem megfelelő, ha a hidegzóna magassága túl kicsi. Viszont, ha a tűz területe elég nagy a teljes padlófelülethez képest, az egyzónás modell alkalmazása realisztikusabb, mint a kétzónás modellé.

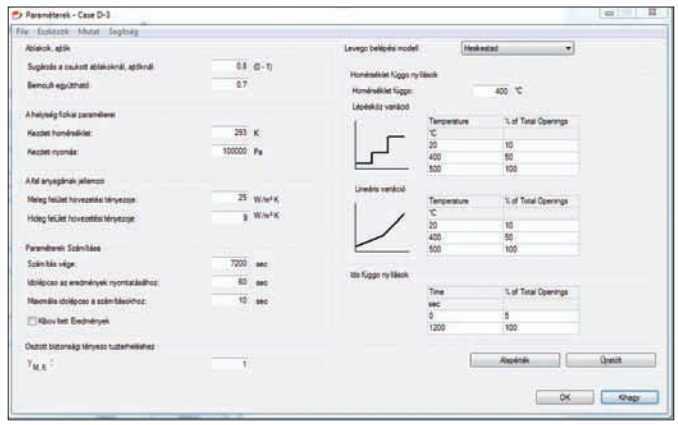
Az OZone szoftverben automatikus kombinációs stratégia került megvalósításra. Ezzel a stratégiával a szimuláció mindig a kétzónás modell feltételezésével indít, ha a belobbanás kritérium teljesül (lásd F melléklet), akkor a szimuláció az egyzónás modellre vált.

Az „Elemzési stratégia kiválasztása” csoportban a felhasználó megadhatja csak az egy, vagy csak a kétzónás modell kerüljön alkalmazásra, vagy ezek kombinációja, amely az alapértelmezett beállítás.

Az „Átmeneti (2 zónából 1 zónába) kritériumok” csoportban a felhasználó megváltoztathatja azokat a paramétereket, amelyek a kétzónás modellről az egyzónás modellre váltást vezérlik. Erősen ajánlott ezeket a paramétereket az alapértelmezett értékeken megtartani, hacsak nem áll rendelkezésre más releváns adat. A kétzónás egyzónás modellátmenet kritériumai és hatásai a tűzforrás modellre az F mellékletben kerülnek tárgyalásra. A főbb változók és az alapegyenletek módosítása – mikor történik az egyzónás modellváltás – szintén az F mellékletben kerül részletesen bemutatásra.

7. PARAMÉTEREK ABLAK

A számításokban használt legtöbb paraméter ebben a dialógusban kerül megadásra, lásd *8. ábra.*



8. ábra: Paraméterek ablak

7.1. Általános paraméterek

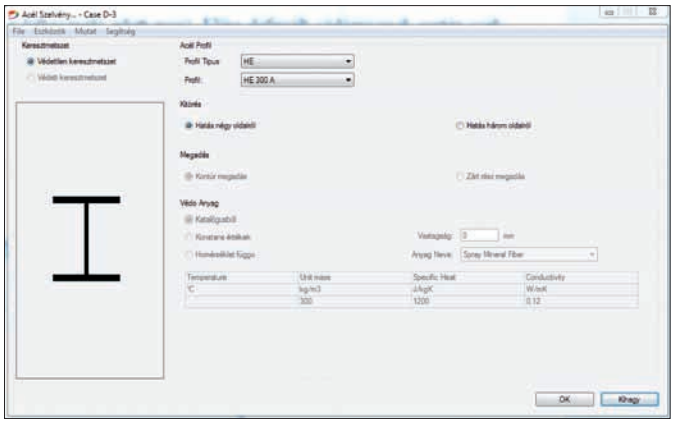
A dialógus bal oldalán a következő paraméterek kerülnek megadásra, alapértelmezett értékekkel:

- sugárzás zárt nyílásokon keresztül: szakértők által megadott érték az irodalomban 0.8;
- Bernoulli-együttható: alapértelmezett szakértői érték 0.7;
- a kamra fizikai jellemzői: normál kezdeti hőmérsékletet (20 °C) és légnyomást (100 000 Pa) feltételezve;
- a fal anyagának paraméterei: konvekciós együttható hideg és meleg felületekre az EN1991-1-2 szerint; ezek a paraméterek csak természetes tűzmodellekre vonatkoznak, a „Hevítés” ablakban megadott névleges tüzek esetében az EN1991-1-2 által megadott értékek érvényesülnek;
- számítási paraméterek: alapértelmezésben az elemzés időtartama 2 óra; ajánlott a maximális időléptetés mértékét a alapértelmezett 10 másodpercen tartani;
- tűztervezés részleges biztonsági tényező: az alapértelmezett érték az EN1991-1-2 figyelembevételével.

8. ACÉL PROFIL ABLAK

A hevítési forgatókönyv megadása után az Acél Profil nyomógomb segítségével definiálhatjuk a profil típusát és kitettségét. Mind a védett, mind a védelem nélküli acél szelvények figyelembe vehetők, tűznek kitéve három vagy négy oldalukon. Ha lokalizált tűz van megadva, akkor csak a Védelem nélküli szelvény opció aktív.

Mind külső, mind az üregvédelem definiálható, figyelembe véve mind az állandó, mind a hőmérsékletfüggő termikus tulajdonságokat (amelyeket a felhasználó adott meg). Előre definiált védőanyagok esetén csak konstans értékek vannak megadva *(9. ábra).*



9. ábra: Acél profil ablak

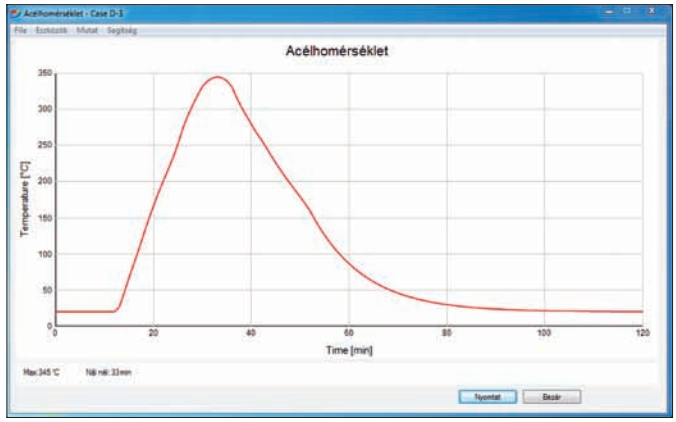
9. ACÉLHŐMÉRSÉKLET NYOMÓGOMB

A védett vagy védelem nélküli acélprofil hevítése az EN 1993-1-2-ben megadott módszerek figyelembevételével számítódik ki. A gáz hőmérséklete a felső zóna hőmérséklete, vagyis a lokalizált tűz hőmérséklete vagy a két hőmérséklet maximális értéke.

Az acél hőmérsékletének alakulását az EN1993-1-2 egyenletek alapján számítjuk ki a védett vagy védelem nélküli acélszelvényeken.

A szelvény hőmérsékletének időbeli alakulását az Acél hőmérséklet nyomógombra kattintással kaphatjuk meg. Ami a zóna hőmérsékletének elemzését illeti, az eredmények a Nézet menüben megtekinthetők, a Jelentés paranccsal teljes riport kérhető az eredményekről, ez egy doc fájlt hoz létre az analízis fájl-lal megegyező könyvtárban. Ez a riport tartalmazza az acélprofil hőmérsékletének és tulajdonságainak alakulását.

A jelentés fájlban található Acélhőmérséklet grafikon önállóan is megnyitható a Nézet menüből. Ebből az ablakból az adatok átvihetők más programokba (Excel, Word, PowerPoint stb.), a Grafikon másolása parancs kiválasztásával a jobb egérgombbal előhívható lokális menüből *(lásd 10. ábra)*.



10. ábra: Grafikon ablak

Köszönetnyilvánítás

Ez a projekt a Szén- és Acélipari Kutatási Alapból kapott támogatást a 754072 számú támogatási megállapodás alapján a LOCAFI + RFCS projekt eredményeképpen jött létre, „Lokális tűznek kitett függőleges acélelem hőmérséklet vizsgálata, valorizáció” címmel. A következő személyek jelentősen hozzájárultak a cikk elkészítéséhez: Dan Pintea, TU Timisoara, Phil Francis, SCI, Nancy Baddoo, SCI, Francois Hanus, ArcelorMittal, Christophe Thauvoye, CTICM, illetve Petrik Máté a Miskolci Egyetemről a fordítások kapcsán.

IRODALOM

J-F. Cadorin, J-M. Franssen, A tool to design steel elements submitted to compartment fires – OZone V2 – Part 1: Pre and post flashover compartment fire model, Fire Safety Journal, accepted for publication in May 2002.

J-F. Cadorin, D. Pintea, J-C Dotreppe, J-M. Franssen, A tool to design steel elements submitted to compartment fires – OZone V2 Part 2: Methodology and application, Fire Safety Journal, accepted for publication in May 2002.

RFSR-CT-2012-00023 LOCAFI – Temperature assessment of a vertical steel member subjected to LOCAlised Fire, European Commission, Research Programme of the Research Fund for Coal and Steel, 2015

Y. Hasemi et T. Tokunaga, Flame Geometry Effects on the Buoyant Plumes from Turbulent Diffusion Flames, Fire Science and Technology, 4, 15-26, 1984.

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Society of Fire Protection Engineers and National Fire Protection Association, 2nd Edition, 1995.

Dr. Jármai Károly egyetemi tanár
Miskolci Egyetem

LOKÁLIS TŰZNEK KITETT FÜGGŐLEGES OSZLOP MÉRETEZÉSE

BEVEZETÉS

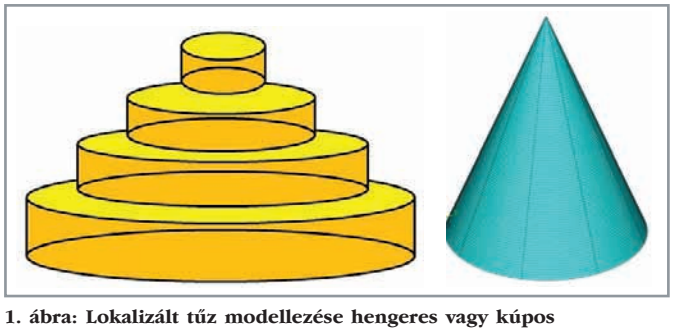
A LOCAFI tűzvédelmi vizsgálatok nagy mennyiségű adatot szolgáltattak olyan konfigurációkról, amelyek jelenleg nem esnek az EN 1991-1-2 C melléklet hatáskörébe [1,2,3].

Mérések folytak a Liège-i Egyetemen és az Ulsteri Egyetem. Ezen vizsgálatok olyan konfigurációkra fókuszáltak, ahol az oszlopot teljesen elborítja a tűz. Az Ulsteri Egyetem vizsgálatai ellenben olyan konfigurációkra fókuszáltak, ahol az oszlopok a tűzön kívül helyezkednek el. Ezek a vizsgálatok azt mutatták, hogy az EN 1991-1-2-ben a lángmagasság és a tűzforrás függőleges tengelye mentén előre jelzett lánghőmérsékletek a biztonságos tartományban vannak. A mérési eredmények alapján új lokalizált tűzmodellt fejlesztettek ki és alkalmaztak.

1. ALAPELVEK ÉS ALKALMAZÁSI TERÜLET

A korábbi vizsgálati program eredményei alapján egy új lokalizált tűzmodell készült. Az új modellt verifikálták a valós tesztekből érkező adatokkal és hőárammérésekkel szemben és megállapították, hogy elfogadható, konzervatív eredményt ad minden esetben.

A modell legfontosabb koncepciója a tűz diszkretizálása, amely a tűz modellezése egy virtuális tömör alakkal, amely legegyszerűbb formájában hengerekből és gyűrűkből áll, vagy fejlett modellező módszereket használva sima formák alkotják *(1. ábra)*.



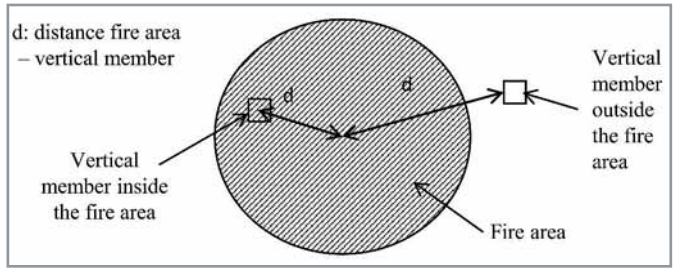
1. ábra: Lokalizált tűz modellezése hengeres vagy kúpos diszkretizálással

A virtuális szilárd lángból érkező sugárzási fluxus a tér bármely pontján kiszámítható a sztenderd sugárzási hőátadás modellezési technikákkal. Ha a fluxus ismert, az acéloszlop hőmérséklete tetszőleges pozícióban meghatározható az adott térben.

Ha az oszlop a lángon belül helyezkedik el, a hőmérsékletet főleg a konvektív hőátadás alakítja, míg ha az oszlop a lángon kívül van a hőmérsékletet inkább a sugárzási hőátadás szabja meg *(2. ábra)*.

A modell azt feltételezi, hogy a talajon lévő tűz körformájú, és lokalizált tűz esetén az átmérője nem haladja meg a 10 métert, valamint a HRR az 50 MW-ot.

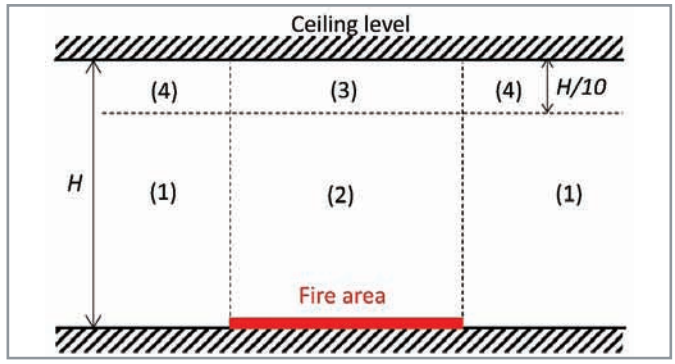
Az oszlop által kapott hőáram szintje attól függ, hogy az oszlop a következő négy közül melyik zónában található:



2. ábra: A tűz és az oszlop relatív pozíciója

1. a tűzön kívül,
2. a tűzön belül,
3. a tűzön belül a füstrétegben,
4. a tűzön kívül a füstrétegben.

A négy zóna a *3. ábrán* látható.A LOCAFI project előtt több modell is elérhető volt a 2, 3 és 4-es zónákra, de az 1-es zónára nem állt ilyen modell rendelkezésre



3. ábra: Zónák a lokalizált tüzek hatásainak modellezésére

Az új modell minden szituációra kiterjed, különösen nagy hangsúlyt fektetve az 1-es zónára. A legtöbb tűz kúpalakú. A kúp központja azonban a szél hatására mozoghat. Emiatt a 2. és 3. zónát a modell hengerként közelíti, oldalai a tűz széléhez illeszkednek.

A 3. és 4. zóna magasságának ajánlott értéke H/10, de ez módosítható.

A módszer két globális lépésre oszlik; az incidens hőáramának számítása az oszlop egy szegmensében, majd a szegmens hőmérsékletének kiszámítása.

2. TERVEZÉSI ESZKÖZÖK A LOKALIZÁLT TŰZEK HŐÁRAMÁNAK MODELLEZÉSÉRE

Az acéloszlopok termikus viselkedését leíró analitikus modell lokalizált tűz esetén igen komplex, és nem alkalmas tervezőirodai alkalmazásra. Ez a fejezet négy olyan tervezési eszközt mutat be, amely az A mellékletben bemutatott modellt implementálja.

2.1. Kontúrgörbék

Ez a fejezet a kontúrgörbéken alapuló gyors módszereket ír le a hőáramok számítására. A görbék lehetővé teszik a felhasználók számára a hőáram kiszámítását adott helyre részletes számítások nélkül.

A kontúrgörbék megmutatják a hőáramot függőleges és vízszintes irányban megadott távolságra a tűztől (a tűz átmérőjétől és a HRR-től függően). A 2. zóna hőáramai is szerepelnek a diagramon a Heskestad modell alapján számolva.

2.1.1. Kontúrgörbék használata a tervezésben

A kontúrgörbék használatához a tervezőnek a következő egyszerűsítéseket kell tennie:

a) lépés: A tűz alakját egy körkörös terület reprezentálja.

b) lépés: Az oszlopot egy négyzetprofilként jelenik meg a modellben (EN 1991-1-2, G melléklet).

c) lépés: Az oszlopot úgy kell elforgatni, hogy a szélesebb oldala merőleges legyen a tűzre.

a) lépés

Ha a lokalizált tűz fő tüzelőanyaga nem körkörösen helyezkedik el, akkor egy olyan körrel kell modellezni, amely egyenlő területet fed le, a kör átmérőjének a kiszámítása a következő (1. képlet):

$$D_{fire} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad \text{m} \tag{1}$$

ahol:

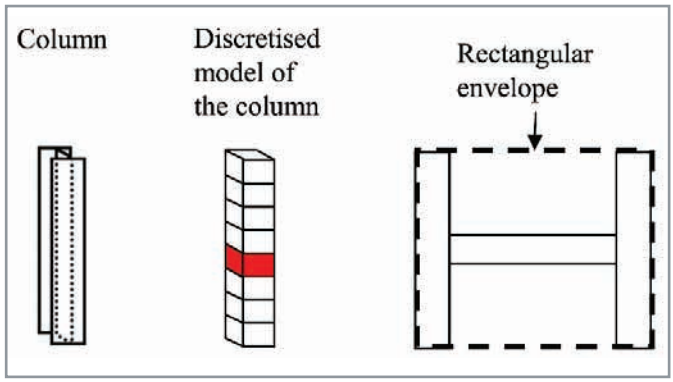
D_{fire} ekvivalens átmérő (m)

S a lokalizált tűz területe (m²)

Komplex alakzatoknál vagy 2-nél nagyobb oldalarányú (hosszúság/szélesség) formáknál javasolt a tűz területének kisebb tüzekre osztása, amelyek könnyebben közelíthetők körkörös területekkel. Az így kapott tüzekből származó fluxust összegezni kell.

b) lépés

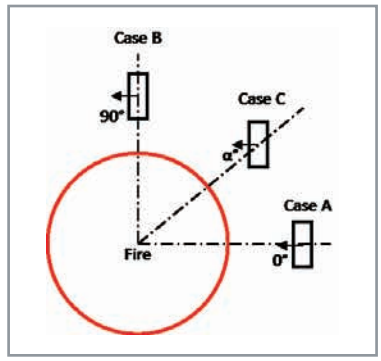
Négyszögletes burkolót kell ráfeszíteni az oszlop keresztmetszetére, függetlenül az eredeti keresztmetszetétől *(4. ábra)*. Ez a megközelítés összhangban van az EN 1991-1-2 G mellékletének feltevéseivel. A keresztmetszet geometriájának egyszerűsítésével elkerülhető az olyan komplex jelenségek figyelembevétele, mint például az árnyékhatás (amikor a keresztmetszet egy része árnyékolja más részeit a hősugárzástól).



4. ábra: H profilú oszlop modellezése, egy szegmens diszkretizálása

c) lépés

Az oszlop orientációjának beállítása az oszlopot a tűzforrás közepével összekötő vonal (középvonal) figyelembevételével történik *(5. ábra)*.



5. ábra: Az oszlop lehetséges tájolási variációi

A tervezés során az oszlopot úgy kell elforgatni, hogy a négyszögletes burkoló legszélesebb oldala merőleges a középvonalra, ami a legkonzervatívabb feltételezést képviseli. Az oldalakra vonatkozó számítási pont konzervatívan a tűzre merőleges oldal közepe.

Az x tengely mentén a távolság az oszlop oldalának közepe és a tűz közepének távolsága.

Abban az esetben, ha nincs olyan kontúrgörbe, amely megadja az ekvivalens tűz tulajdonságait, a következő legmagasabb HRR értékkel rendelkező kontúrgörbét kell kiválasztani, valamint olyan átmérőt kell kiválasztani, amely konzervatív eredményt ad.

Miután a fluxusértékeket leolvastuk a kontúrgörbéről, az adott keresztmetszet által kapott átlagos hőáram kiszámítható a (2) egyenlet segítségével. A kapott értékek az oldalak szélességének megfelelően súlyozottak.

$$\dot{h}_{m,r} = \frac{l_1 \dot{h}_{r,1} + 2l_2 \dot{h}_{r,2}}{2l_1 + 2l_2} \tag{2}$$

ahol:

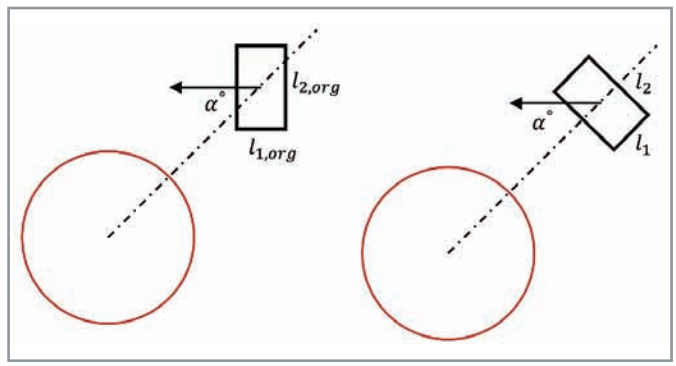
$\dot{h}_{m,r}$ az adott keresztmetszet által kapott sugárzási hőáram,

$\dot{h}_{r,1}$ az adott keresztmetszet 1. oldala által kapott hőáram, a megfelelő kontúrgörbéről leolvasható,

$\dot{h}_{r,2}$ az adott keresztmetszet 2. oldala által kapott hőáram, a megfelelő kontúrgörbéről leolvasható.

Konzervatív egyszerűsítésként, a 90°-os oldalak által kapott hőáram 50%-a a 0°-os oldalak által kapott hőáramnak.

Az olyan oszlopoknál, amelyek oldalai nem merőlegesek a tűzre, az oldalak szélességét a *6. ábrán* látható módon korrigálni kell.



6. ábra: A tűzre nem merőleges oszlopok korrekciója

Az eredeti szélességek $l_{1,org}$ and $l_{2,org}$.
A korrigált szélességek:

$$l_2 = l_{1,org} \times \sin\alpha + l_{2,org} \times \cos\alpha \quad (1)$$

$$l_1 = \left(l_{1,org} + l_{2,org}\right) - l_2 \quad (2)$$

A fluxus a (2) egyenletből számítható.

A kontúrgörbék feltételezik, hogy a láng nem ütközik a mennyezetnek. Ha a láng a mennyezetnek ütközik, a tervezőnek figyelembe kell vennie a *3. ábrán* látható 4-es „forró zónát" is. A legtöbb esetben a hőáram a 4-es zónában nagyobb, mint az 1-es zónában (a kontúrgörbék által lefedett terület). Ezért az oszlopban a legmagasabb hőmérséklet, amelyet az 5-ös fejezet ellenállási számításoknál kell felhasználni, a 4-es zónában lesz.

2.1.2. Táblázatkezelő eszközök

Nagyobb pontosság érhető el, ha a számításokat táblázatkezelő használatával végezzük. A táblázatkezelő figyelembe veheti az aktuális nézeti faktorokat a tűz és a vizsgált keresztmetszet oldalai között.

3. TŰZTESZTEK

3.1. Vizsgálatok a Liège-i Egyetemen

A vizsgálatokhoz kétféle éghető folyadékot használtak, N-heptánt és dízelt. A teszteket úgy végezték, hogy ugyanazt a hőkibocsátási sebességet (HRR) érjék el. A vizsgálatokat a tűzmedence közepén elhelyezett oszloppal és anélkül is elvégezték. Az oszlop jelenléte nem gyakorolt szignifikáns hatást a hőkibocsátási sebességre (HRR).

7. ábra: 2 m átmérőjű tesztmedence, jól látható az üzemanyag-betápláló mechanizmus

Az éghető folyadékot öt különböző átmérőjű medencébe helyezték, 600 millimétertől egészen 2200 milliméter átmérőig. Minden átmérőn N-heptánnal és dízellel is elvégezték a tesztet azonos körülmények között. Itt az éghető anyag állandó sebességgel áramlott be a medencébe, ahelyett, hogy a tesztet a teljes tüzelőanyag-mennyiséggel indítanák. Ez a szabályozó mechanizmus tette lehetővé, hogy a hőkibocsátási sebesség (HRR) állandóan körülbelül 500 kW/m² legyen.

3.2. A FireSert-nél végzett tesztek (Ulsteri Egyetem)

Összesen 52 tesztet végeztek a FireSertnél az Ulsteri Egyetemen, Észak-Írországban. Ezek a vizsgálatok igen sokféle tűzméretet és lokációt öleltek fel. A vizsgálatokat két részre osztották, mennyezet nélkül és mennyezettel [5,6].

3.2.1. Tűzvizsgálat mennyezet nélkül

A munka első fázisában 31 tesztet végeztek el. Az oszlop és a tűz közötti távolság változó volt, hogy különböző tűzterhelési és elhelyezkedési forgatókönyvet megvizsgálhassanak. A tüzelőanyag-terhelés változó volt a vizsgálatok folyamán, változtak a tüzelőanyag-típusok (dízel, kerozin, farácsok), az átlagos tűzméret (tűzmedencék mérete és száma), valamint a tűz pozíciója. Különböző acéloszlopokat használtak, amely lehetővé tette a különféle alakok és méretvariánsok hatásának vizsgálatát a mért hőmérsékletre és a hőáramra. Mérték a különféle tüzelőanyagok HRR értékét az EN 1992-1-2 C melléklet továbbfejlesztéséhez és kibővítéséhez.

A hőkibocsátás mért értékei, valamint a tűz méretéből és a tüzelőanyag-típus kombinációjából várható hőkibocsátás között eltérés mutatkozott. A numerikus modellezés céljából a mérésekre korrekciót kellett alkalmazni, ahogy azt a LOCAFI dokumentáció [7] ismerteti.

3.2.2. Tűzvizsgálat mennyezettel

21 további esetet teszteltek a második fázisban. Ahogy az első fázisban is a tűz nagysága és pozíciója, itt is hasonlóan változott.

A *8. ábra* mutatja a 'Mennyezet – O38-as tesztet, ahol jól látható a láng mennyezetbe ütközése.

8. ábra: A tűz a mennyezetbe ütközik

4. LEGFONTOSABB MEGÁLLAPÍTÁSOK

A LOCAFI vizsgálatok nagy mennyiségű adatot szolgáltattak olyan konfigurációkról, amelyek jelenleg nem esnek az EN 1991-1-2 C melléklet hatáskörébe.

A Liège-i Egyetem vizsgálatai olyan konfigurációkra fókuszáltak, ahol az oszlopot teljesen elborítja a tűz. Megvizsgálták az oszlop jelenlétének hatását a láng magasságára és hőmérsékletére. Ezek a vizsgálatok azt mutatták, hogy az oszlop jelenléte magasabb lángot eredményez. Azonban az EN 1991-1-2-ben a lángmagasság és a függőleges tengely mentén előre jelzett lánghőmérsékletek a biztonságos tartományban maradnak oszloppal vagy anélkül az égési zónában és a csóvában (nem égési zóna).

Az Ulsteri Egyetem vizsgálatai ellenben olyan konfigurációkra fókuszáltak, ahol az oszlopok a tűzön kívül helyezkednek el. Ezek a vizsgálatok azt mutatták, hogy az EN 1991-1-2-ben a lángmagasság és a tűzforrás függőleges tengelye mentén előre jelzett lánghőmérsékletek a biztonságos tartományban vannak. Ezen túlmenően ezek a vizsgálatok nagy mennyiségű adatot szolgáltattak a tűzön kívül elhelyezkedő oszlop által kapott hőáram előre jelzésére szolgáló módszer kalibrációjához. A mennyezettel és anélkül végzett vizsgálatok azt mutatták, hogy a szél jelentős hatással bírt a hőmérsékletre és a tűz közelében mért hőáramra, míg a tűztől távolabb mért hőáramot nagyrészt nem befolyásolta.

A cikk elején bemutatott számítási modell ezen méréseken alapul, ellenőrizve és összehasonlítva a mért eredményeket a számítási eredményekkel.

Köszönetnyilvánítás

Ez a projekt a Szén- és Acélipari Kutatási Alapból kapott támogatást a 754072 számú támogatási megállapodás alapján, a LOCAFI + RFCS projekt eredményeképpen jött létre, *„Lokális tűznek kitett függőleges acélelem hőmérséklet vizsgálata, valorizáció”* címmel. A következő személyek jelentősen hozzájárultak a cikk elkészítéséhez: Phil Francis, SCI, Nancy Baddoo, SCI, Francois Hanus, ArcelorMittal, Christophe Thauvoye, CTICM, illetve dr. Kota László és Petrik Máté a Miskolci Egyetemről a fordítások kapcsán.

IRODALOM

[1] EN 1990 (2002): Eurocode 0: Basis of structural design
[2] EN 1991-1-2 (2002): Eurocode 1: Actions on structures – Part 1-2: General actions – Actions on structures exposed to fire
[3] EN 1993-1-2 (2005): Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1-2: General rules – Structural fire design
[4] Franssen, J.M. and Scifo, A. (2013) LOCAFI D6: Description of all parameters that characterise the tests – ULg. (Part of ‘Temperature assessment of a vertical steel member subjected to Localised Fire’ RFCS project)
[5] Nadjai, A. and Sanghoon, H. (2016) H, LOCAFI D15: Background document of the methodology – Ulster. (Part of LOCAFI RFCS project)
[6] Nadjai, A. and Sanghoon, H. (2013) LOCAFI D7: Report of all detailed experimental data gathered during localised fire tests – Ulster (Part of LOCAFI RFCS project)
[7] Thauvoye C., (2013) LOCAFI D8-9 Numerical simulation of tests, (Part of LOCAFI RFCS project)

Rege Béla kurátor, emeritus
Vasúti Hidak Alapítvány

VASÚTI HIDÁSZOK A SZAKMA CSÚCSÁN – ÉS A VÁR FOKÁN

Szeptember 26. és 28. között rendezte meg Sümegen a X. jubileumi Vasúti Hidász Találkozót a Vasúti Hidak Alapítvány, a MÁV Zrt. és a GYSEV Zrt. Az eseményen több szakmai díjat is átadtak.

Vörös József, a Vasúti Hidak Alapítvány kuratóriumi elnöke

A konferencia több mint kétszáz résztvevőjét Végh László, Sümeg város polgármestere üdvözölte, majd a MÁV Zrt. nevében Veszprémi László üzemeltetési vezérigazgató-helyettes köszöntötte a megjelenteket. Nyitóbeszédében többek között a szakmai szimpózium szerteágazó, több vasúti szakterületet is érintő, de jól felépített programjára hívta fel a figyelmet. „A hidász konferenciának nagy múltja van, hiszen már tizedik alkalommal rendezi meg a szakma" – mondta Veszprémi László, aki hangsúlyozta: „most, amikor a diagnosztikai alapú karbantartás felértékelődik és a vasútvonalak átépítésével nagyszámú vasúti műtárgy épül vagy újul meg, különösen nagy szükség van a fiatal utánpótlásra". Lukács György, a MÁV Zrt Szombathelyi Területi Igazgatóság vezetője hangsúlyozta: a megyeszékhely környéke földrajzi szempontból nagyon változatos, sok vasúti híd és műtárgy található a régióban. Itt van például az ország legnagyobb vasúti völgyhídja és az egyedülálló galériás sziklavédőmű is. Az igazgató tisztelettel adózott a nagy vasutas elődök emlékének, azoknak, akik munkájukkal megalapozták a mai korszerű vasutat. Ikker Tibor, a GYSEV frissen kinevezett általános vezérigazgató-helyettese a MÁV és a GYSEV közötti jó együttműködésről beszélt, amire példaként hozta a konferencia közös megszervezését, valamint azt a tényt, hogy a rendezvény kiadványai mindkét vasúttársaság szakmai anyagait tartalmazzák.

Vörös József, a Vasúti Hidak Alapítvány kuratóriumi elnöke beszédében végigvette az idei év fontos jubileumait: „170 éve született Baross Gábor, a vasminiszter, 150 éves a MÁV, 60 éves a Sínek Világa című szakmai folyóirat, 25 évvel ezelőtt Szegeden került sor az I. Vasúti Hidász Találkozóra s 15 éve adtuk ki a Vasúti hidak a Debreceni Igazgatóság területén című szakkönyvet, amely a régió legfontosabb vasúti hídjait mutatja be ábrákkal, adatokkal, fotókkal". (A sorozat befejező kötete egyébként a sümegi találkozó elé időzítve jelent meg.) A megnyitóbeszédek szónokai a konferencia valamennyi résztvevőjének sikeres munkát kívántak.

A X. Vasúti Hidász Találkozón összesen 25 előadás hangzott el. Többségük a MÁV és a GYSEV vasútfejlesztéseivel, a hazai és külföldi vasúti hídépítésekkel, a Déli összekötő vasúti híd tervezett átépítésével, a vonali hídépítésekkel, üzemeltetői érdekességekkel, alépítménnyel kapcsolatos kérdésekkel, valamint új műszaki megoldásokkal és technológiákkal foglalkozott. Az előadások közül 23 írásban is megjelent a Sínek Világa 2018. 4–5. számában, amit a jelenlévők is kézhez kaptak a rendezvény helyszínén.

A szakmai programon a Vasúti Hidak idei díjait is kiosztották. A legmagasabb kitüntetést, a Vasúti Hidak Alapítvány által 2002-ben létrehozott **Korányi Imre-díjat** a kuratórium **dr. Dunai László** tanszékvezető egyetemi tanárnak, a Magyar Tudományos Akadémia levelező tagjának ítélte oda több évtizedes kiemelkedő munkájáért. A **szakmai nívódíjat Bárdosi László,** a MÁV Zrt. Szombathelyi Területi Igazgatóság területi pályalétesítményi osztályának híd- és alépítményi szakértője kapta, kiváló szakmai munkájáért. A **tervezői nívódíjban** az alapítvány kuratóriuma az **MSc Kft. tervezői kollektíváját** részesítette, a Budapest-Keleti pályaudvar–Kelenföld vonalszakaszon található, a Bartók Béla út felett futó híd

Dr. Dunai László átveszi a díjat (fotó: Gyukics)

háromvágányú tervváltozatának kidolgozásáért.

A Vasúti Hidak Alapítvány a közelmúltban **fotópályázatot** írt ki épülő és bontás alatt lévő vasúti hidak, üzemelő vasúti hidak, valamint műemlék vasúti hidak kategóriában. A jeligés pályázatra száznál is több fotó érkezett, melyekből a zsűri ötvenet talált alkalmasnak a konferencián való bemutatásra. A helyszínen kialakított tárlat képeire mobiltelefonon lehetett szavazni. A **közönség díját** a legtöbb szavazat alapján **Horgos Dániel** kapta

A programot a szünetekben szakmai kiállítások és bemutatók színesítették. A rendezvény második napjának délutánján a résztvevők megismerkedhettek a sümegi várral, valamint történelmi lovasjátékon vehettek részt. Az eredményes konferenciának köszönhetően a jelenlévők áttekintették az előző szakmai összejövetel ajánlásainak teljesítését és elfogadták a X. Vasúti Hidász Találkozó ajánlásait.

A következő szimpóziumot a MÁV Zrt. Debreceni Területi Igazgatósága fogja megszervezni, 2021-ben. Így a rendezés jogát szimbolizáló hídvizsgáló kalapácsot Hadnagy Attila igazgató vette át a szombathelyi házigazdától, Lukács György igazgatótól.

A Magyar Mérnöki Kamara azzal ismerte el a konferencia magas szakmai színvonalát, hogy a tervezői, szakértői és egyéb vasúti szakterületre érvényes jogosultsággal rendelkező mérnökök részvételét a kamara tartószerkezeti és közlekedési tagozata elfogadta éves, kötelező szakmai továbbképzésként.

Tigyi Béla projektvezető
HÓDÚT Kft.

M44 KÖRÖS-HÍD ÉPÍTÉSI MUNKÁI

A Dél-Alföld felzárkóztatása érdekében egyre nagyobb szükség volt az M44 autóút Tiszakürt és Kondoros közötti szakaszának megépítésére, mely elkészülése után 20 perccel csökkenti majd a menetidőt a fővárosig, és lehetővé teszi a környező régiók fejlesztését. Ezen okok miatt kezdődhetett meg 2016. december 15-én a M44 autóút Tiszakürt–Kunszentmárton (38+900 – 59+400 km-szelvények közötti szakasz) részeként az új B.512 Körös-híd építése *(1. kép).*

1. kép: A Körös-híd látványterve

A BERUHÁZÁS SZEREPLŐI

A NIF Nemzeti Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. megrendelése alapján a M44 autóút Tiszakürt–Kunszentmárton 38+900 – 59+400 km-szelvények közötti szakasz építését a közbeszerzési eljárásban győztesként kihirdetett Duna Aszfalt Kft. – Hódút Kft., mint Közös Ajánlattevő végzi. A projekt generáltervezését a RODEN Mérnöki Iroda végezte, a híd acélszerkezeti, valamint technológia terveit a Pont-TERV Mérnöki Tervező és Tanácsadó Zrt. készítette. A B.512 Körös-híd vasbeton szerkezeteinek építését az A-Híd Zrt. végzi. A híd acélszerkezetét teljeskörűen az MCE Nyíregyháza Kft. gyártotta. Az acélszerkezet szerelését és korrózióvédelmét szintén az MCE Nyíregyháza Kft. végzi, valamint a hídszerkezet mozgatása az A-Híd Zrt. közreműködésével fog történni.

A HÍD ALAPADATAI

A 450,5 m hosszú, 9 nyílású híd három részből áll. Jobb parti 2 nyílású ártéri híd, mederhíd (ívhíd), bal parti 6 nyílású ártéri híd. A terület Natura 2000 védettség alatt áll, így a híd nyílásait és a választott építéstechnológiát a környezetvédelmi és vízügyi hatóság előírásai figyelembevételével alakították ki. A mederhíd 100 méteres hossza átíveli a folyómedret, így érintetlen marad a védettség alatt álló parti sáv, valamint biztosítottá válik a Körös folyó árvizeinek zavartalan levonulása. Az ártéri nyílásokat úgy építették, hogy az építéshez a lehető legkisebb területeket kelljen igénybe venni.

A híd cölöpalapozással készült, furatmegtámasztásos technológiával, a hídfőknél Ø1,00 m-es, a közbenső támaszoknál Ø1,20 m-es méretekkel. A cölöpök számát és teherbírását a próbacölöpök statikus próbaterhelésével határozták meg. Cölöphossz 34,1–28,4 m, összesen 180 darab, 5959 fm hosszban készült. Az ártéri vasbeton pillérek oszlopos formájúak, melyeken egyedi kialakítású vasbeton fejgerendák ülnek, a part menti vasbeton pillérek felmenő falazatának megjelenése íves a csatlakozó mellvédfallal együtt. A kivitelezés során bedolgozandó beton összmennyisége 16 200 m^3.

Az ártéri hidak 4 x 43,10 és 4 x 43,30 m támaszközzel, üzemben előregyártott, feszített gerenda tartókkal készülnek, nyílásonként 22 darab FI 150/42,80 tartó, 28–25 cm között változó vastagságú vasbeton lemezzel. A 176 darab, egyenként 54 tonnás, 42,80 m hosszú tartó szállítása és beemelése különleges logisztikai feladatot igényel *(2–3. képek).*

A mederhíd-felszerkezet egynyílású, 100,00 m hosszú, ortotrop acél pályaszerkezetű, acélrudakkal függesztett ívhíd. A híd keresztmetszeti elrendezése 2 x 2 forgalmi sávos kocsipálya, mindkét oldalon üzemi járdával. A híd támaszköze 98,00 m, az acél felszerkezet 1440 tonna tömegű, a betolásához szükséges segédszerkezet súlya meghaladja az 500 tonnát.

A mederhíd acélszerkezete teljes keresztmetszetben a jobb oldali árvízvédelmi töltés mentett oldalán, az M44 gyorsforgalmi út végleges töltésén kialakított, 146 méter hosszú szerelőterén készül. Medernyílásban 2 darab acélszerkezetű cölöpözött járom készül a híd tolásához, melynek alapozása vert Ø508/8 csőcölöp.

Az ívtartó szekrény keresztmetszetű, alsó-felső övét, valamint magasabb gerincszakaszokat hosszborda merevíti. Magassága tetőpontnál 16,90 m. A függesztőrudak 10 méterenként elhelyezett „I” szelvényűek, áttört, peremezett gerinclemezzel. A zárt ívszekrények a helyszíni illesztések környezetének kivételével légmentesen zártak, a későbbi vizsgálhatóság érdekében víz- és légmentes zárható furatokkal látták el azokat. A merevítőtartó ortotrop pályalemezes, párhuzamos övű, kéttámaszú, négy főtartós, ferde szélső gerincű, három cellás, acél szekrénytartós szerkezet.

A hídpálya 7 szerelési egységből, egyenként 15 elemből, az ívtartó 9 elemből áll. A merevítőtartó, konzolok és ívelemek az MSZ EN 10025-2:2005 szerinti S355J2+N; S355K2+N; alárendelt szerkezeti elemek (keresztkötések rácsrúdjai) MSZ EN 10025-2:2005 szerinti S235JR alapanyagból készültek. Szereléshez-betoláshoz szükséges segédszerkezetek (a csőcölöpök, jármok, bakok, csúszkák, szerelőcsőrök, ívszerelő állványok) összes súlya meghaladja az 500 tonnát.

2. kép: Gerenda beszállítása

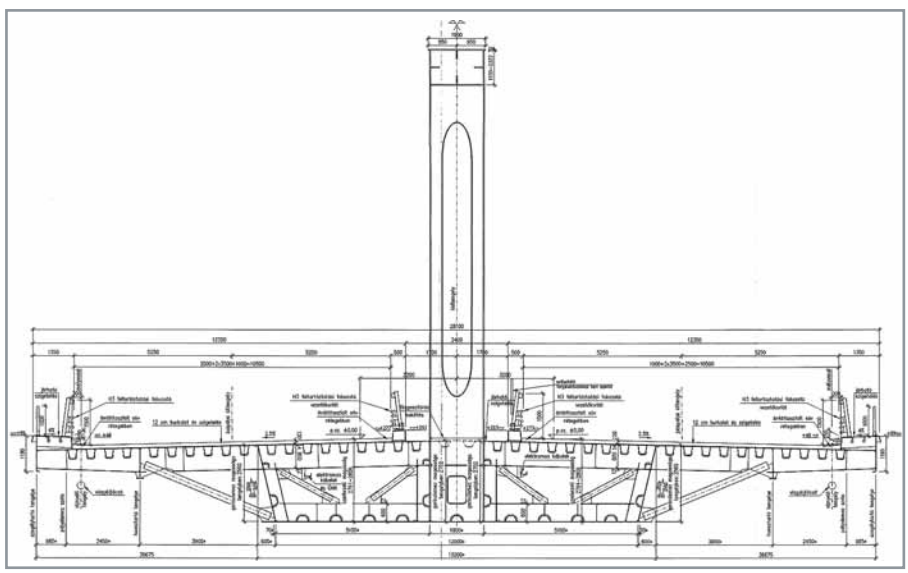
3. kép: Gerenda beemelése

AZ ACÉLSZERKEZETEK GYÁRTÁSA

Jelen cikk továbbiakban a Körös-híd acél felszerkezetének építésével foglalkozik. Az acélszerkezetek 3 részre bontva készültek. Először a merevítőtartók és a köztük elhelyezkedő pályaelemek gyártása kezdődött meg, majd az ív, függesztőrudak és végül a konzolok. Egy szerelési egység a merevítőtartóból, jobb és bal oldali konzolból épül fel *(4. kép)*.

A gyártás folyamán elsőként a gyártóművekbe beszállított alapanyag és bizonylatainak a vonatkozó előírások szerinti ellenőrzése és jelölése történt meg. Ezután a felhasználásra kerülő anyagokat szemcseszórással revétleníteni kellett, majd láng-, illetve plazmavágógépekkel méretre szabták *(5. kép)*. Egyes alkatrészek hegesztést megelőző élelőkészítését már a plazmavágó gépen kialakították.

A merevítőtartók és konzolok gyártása a szerelési pontosság betartása miatt keresztmetszetenként egy hossz- és egy keresztirányú ráhagyással készült. A merevítőtartó és konzol pályaelemeinek gyártása során az előfeszített pályalemezre tanden fedőporos automatával felhegesztették a pályalemezhez illesztett trapézbordákat *(6. kép)*. A Gyártó ezen hegesztési technológiát újonnan vezette be, és jelen hídon használta először. A hatályos előírásoknak megfelelően az új technológiát az MSZ EN ISO 15614-1 2017 szabvány szerint teljeskörűen bevizsgálták, a technológiát minősítették *(7. kép)*.

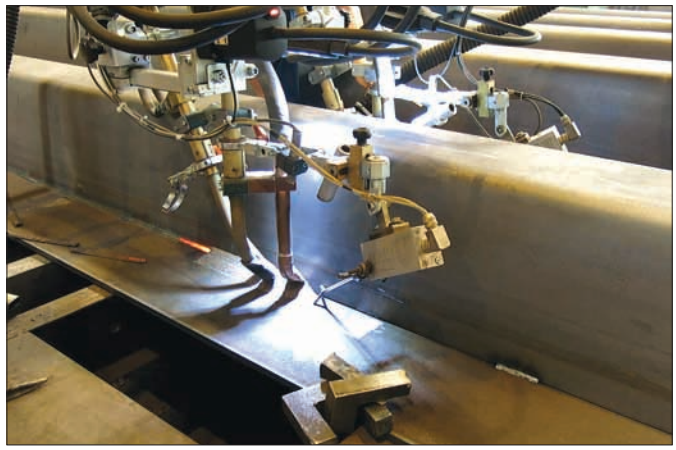


4. kép: A mederhíd keresztmetszete

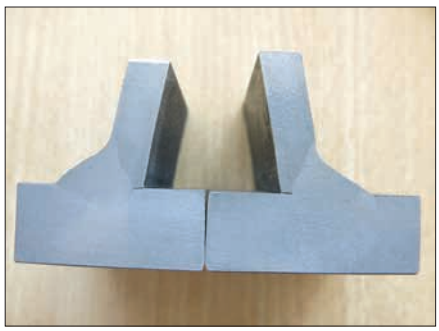
A minősítés során kiemelt figyelmet kapott a varrat és környezetének a keménységértéke, illetve a megfelelő beolvadási mélység. Az új technológia precíz előkészítést igényel, de szigorú technológiafegyelem mellett rendkívül termelékeny és egyöntetű minőséget biztosít. Ezzel párhuzamosan történt a merevítőtartó és a konzol keresztartók gyártása, ahol a leszabást követően felhegesztették az övlemezeket a kereszttartók gerinclemezére. Ezután a pályalemezeket összeállították a kereszttartókkal, melyeket fűzővarratokkal rögzítettek, majd készre hegesztették. A pályaelemek helyszíni illesztésének elősegítése céljából a varratokat (nyakvarratok) 150 mm hosszon elhagyták, melyeket a helyszíni szerelés során meghegesztettek.

A merevítőtartók gyártása során kiemelt figyelmet kellett fordítani a középső tartó függesztőrudak csomólemezeinek kialakításra. A függesztőrudakat bekötő csomólemezek helyeit a pályalemez felső övlemezén kivágták, az U alakban összeállított merevítőtartóra ráemelték a pályalemezt. A pozíció ellenőrzése után ezt fűzővarratokkal rögzítették, majd ezután készre hegesztették. A függesztőrúd csomólemezek helyének pontos beállítása rendkívül fontos volt, ugyanis a merevítőtartóhoz tartozó csomólemez és nyílásközépen 15 méter távolságra elhelyezkedő ívtartó csomólemezpárnak is pontosan egy tengelyen kellett lenni. Ahhoz, hogy ez lehetséges legyen, mind a gyártás, mind a helyszíni szerelés során kiemelkedő figyelmet kellett fordítani az alak- és méretellenőrzésre *(8. kép)*.

5. kép: Alapanyag leszabása



6. kép: Tandem fedőporos automata hegesztés



7. kép: Makroszkópi csiszolat

Az ívtartók gyártásakor a felső övet síkasztalon az öv ívességének megfelelő sablonra a felső övlemezt leszorították. Ezt követően az övbordákat elhelyezték és meghegesztették. Ezután a gerinceket a felső övlemezre emelték, fűzővarratokkal rögzítették, majd a gerinckapcsolatok varratait készre hegesztették. Az U alakban álló ívtartóra az alsó övet ráemelték, fűzővarratokkal rögzítették, majd 180°-ban átforgatás, méret- és helyzetellenőrzés után a nyakvarratokat, középről kifelé indulva készre hegesztették *(9. kép)*.

8. kép: Merevítőtartó gyártása

9. kép: Ív gyártása

A hegesztési varratok vizsgálata roncsolásos és roncsolásmentes vizsgálatokkal történt. Roncsolásmentes vizsgálatok során szemrevételezéssel és ultrahangos, radiográfiai, valamint mágneses vizsgálatokkal ellenőrizték a megfelelőséget.

KORRÓZIÓVÉDELEM

A híd egy folyómeder felett álló műtárgy, amely téli jégmentesítésből következő sópára, illetve gépkocsik kipufogógázai következtében korróziós hatásának van kitéve, így a híd légköri korrozivitási kategóriáját C5-I-ben határozták meg. Az acélhídszerkezet festék-bevonatrendszerét Sa 21/2 felülettisztaságú, közepes Ry5 érdességi mélységű acélfelületre építették fel. A bevonatrendszer 4 rétegű festés, amiből három réteg üzemben készült. Az alapozóréteg cinkportartalmú, kétkomponenses epoxi kötőanyagú, melynek száraz rétegvastagsága 80 μm. A közbenső rétegek vascsillámos, kétkomponenses, epoxi kötőanyagúak, melyek száraz rétegvastagsága 2x80 μm. A fedőréteg kétkomponenses, selyemfényű, poliuretán kötőanyagú átvonó, melynek száraz rétegvastagsága 80 μm, a merevítőtartó színe RAL 7042, ív RAL 1032, függesztőrudak RAL 9003 kódszámúak.

HELYSZÍNI SZERELÉS

A gyártással párhuzamosan a helyszíni munkák is elindultak. A híd készre szerelése a jobb oldali árvízvédelmi töltés mentett oldalán, az M44 gyorsforgalmi út végleges töltésén kialakított, 146 méter hosszú szerelőterén készül. A híd elemeit teherautók szállították ki a szerelőtéren kialakított a keresztmetszeti egységek összeállítására alkalmas szerelőbakokra. A merevítőtartók vízszintes és magassági pozíciójának

10. kép: Merevítőtartó keresztmetszete

11. kép: Trapézbordatoldások hegesztése

beállítása feszültségmentes alakon történt. A vízszintes síkban való pozíció legfontosabb eleme, hogy az egység hídtengelyben legyen, illetve a bázis merőleges legyen a hídtengelyre. A támaszhelyekre teflonlemezeket építettek be, amely lehetővé tette a szerelési egységek összehúzását. A keresztirányú ráhagyások levágása, valamint a szerelési egységek beállítása és lakatolása után megkezdődhetett a pályalemez és fenéklemez hosszvarratainak hegesztése *(10. kép)*. A befejező varrat a kereszttartó gerinc és övlemezeinek meghegesztése, illetve az elmaradt nyakvarratok készre hegesztése volt.

A szerelési egységek keresztmetszet-illesztését a hosszirányú ráhagyások levágásával, szerelési egységek beállítását és lakatolását követően lehetett folytatni. A merevítőtartó alsó öv keresztirányú tompavarratánál megkezdődött a keresztmetszet illesztése, majd elkészült a pályalemez keresztirányú hegesztése, a merevítőtartó gerinclemezek hegesztése, a merevítőtartó-elemek végén elhagyott nyakvarratok és végül a trapézbordatoldások hegesztése *(11. kép)*. Az összeállítás során nagy figyelmet kellett fordítani az illesztések pontosságára.

12. kép: Ív szerelése

13. kép: Feszítőrudak szerelése

A merevítőtartó hegesztése után kezdődhetett meg az ívek szerelése. Elsőként az ívcsonkokat helyezték el. Az ívcsonkoknál a külső és a belső gerinclemezek varratát, majd a lezárólemezek varratait kellett elkészíteni. A közbenső ívelemekkel kapcsolódó ívzárótag mindkét vége 50 mm ráhagyással készült a pontos beállíthatóság érdekében. Az ívek szerelése ívalátámasztó állványokon történt, melynek funkciója az ív önsúlymentes alakra történő beállítása és megtámasztása *(12. kép)*. A közbenső B-C-C-D, D-E-E-F, valamint a B'-C'-C'-D', D'-E'-E'-F' ívelemeket gyártó még üzemi körülmények között meghegesztette, ezzel is csökkentve a helyszíni szerelés átfutási idejét. Az ívek beemelése, illesztése és méretellenőrzése után az alsó és felső övek varratai készültek el, majd a gerincek varratai. Ezek után az ívzárótag két végén található ráhagyást levágták és megkezdődhetett a középső ívzárótag nyírólemezekre történő beemelése és illesztése. Az ívek és ívösszekötők illesztése a járműkon található munkaszintekről és kosaras emelőkről történt. Az ívek geodéziai beállítását az ívalátámasztó állványokon úgy kellett elvégezni, hogy az ívtartókon lévő függesztőrudakat bekötő csomólemezek és merevítőtartón lévő tengelyei milliméteres pontossággal a meghatározott pozícióban legyenek *(13. kép)*.

A feszítőrudak beépítése az ívalátámasztó állványok bontása után kezdődött el annak érdekében, hogy a feszítőrudak húzott rúdként dolgozzanak.

A feszítőrudak illesztése és méretellenőrzése után az alsó és felső övek varratai készültek el, majd a gerincek varratai.

A helyszíni hegesztési varratoknál a gyári hegesztésekkel megegyező varratvizsgálatok készülnek.

A helyszíni szerelés jelenleg a konzolok és járdaszegélyek és kerékvető belsőszegélyek kivitelezésénél tart. A szerelés befejezése után végezhető el a hídszerkezet helyszíni korrózióvédelme valamint az elkészült mederhíd kéttámaszon történő geometriai méretellenőrzése *(14–15. képek)*. Ez év harmadik negyedévében valósul meg a hídszerkezet vízszintes irányú mozgatása is.

Az 1. képet A.D.U. Építész Iroda Kft. készítette, a 2. és 3. Németh Péter A-Híd Zrt., az 5., 6., 7., 8., 9., 10., 13. és 14. kép az MCE Nyíregyháza Kft. fényképe. A cikk többi felvételét a szerző készítette.

14. kép: Konzol szerelés

15. kép: Helyszíni korrózióvédelem

Nullifire®

Profiltényezős, gazdaságos, tűzvédő festékbevonat-rendszerek

SC803
(ETA 18/0002)

CE warrington certification

SC901/902
(ETA 14/0079)

CE warrington certification

Forgalmazza:

henelit FESTÉKEK & LAKKOK

Mipa Hungária KFT.
H-8000 Székesfehérvár
Alba Ipari Zóna
Zsurló utca 2.

Tel.: +36 22 514 510
Fax: +36 22 514 517
e-mail: info@mipahungaria.hu
www. mipahungaria.hu

mipa Professional Coating Systems
A Mipa AG Csoport tagja

A termékek gyártója:

Nullifire LTD. Torrington Avenue, Coventry, West Midlands, CV4 9TJ UNITED KINGDOM

Dr. Jankelovics János

„FORMÁLJUK A JÖVŐT ÉS ÁTALAKÍTJUK A VILÁGOT!”

1. kép: Óriásposzterek a Szabadság téren

Rendhagyó plakátkiállítással találkozhattak a sétálók Budapest belvárosában 2018 szeptemberében. Az ÉPÍTŐMÉRNÖK200 rendezvénysorozat keretében a Szent István, majd a Szabadság téren, óriásposztereken mutatkozott be a Magyar Mérnöki Kamara és az 1818-ban Angliában megalakult Építőmérnökök Szövetsége (Institution of Civil Engineers, ICE). A bicentenárium alkalmából az Európai Építőmérnökök Tanácsa (European Council of Civil Engineers, ECCE) a 2018-as évet az építőmérnökök évének nyilvánította. A rövid helyszíni beszámoló fotóit a szerző készítette.

A hatalmas, 1,5x3,0 méteres plakátokat szeptember 10–11-én a Szent István téren a bazilika előtt, majd szeptember 12–30. között Szabadság téren láthatta a közönség. A Szabadság tér adottságait kihasználva, mérnöki precizitással 108 tablót az északi szektorban, a szovjet emlékmű körül és a betorkolló (Vécsey, Honvéd, Aulich) utcák tengelyében, 24-et délen az Október 6. utca vonalában és a játszótér közelében helyeztek el.

Az óriásposzterek bemutatták a Magyar Mérnöki Kamara és a hazai építőmérnök-képzés 236 éves történetét.

2. kép: Az építés alatt álló Opera Műhelyház

3. kép: A Budafok Kocsiszín

A Kamara plakátján olyan ismert személyiségekről is olvashattunk, mint Hollán Ernő, Zielinski Szilárd. 1782-ben, a világon elsőként Magyarországon az Institutum Geometricum et Hydrotechnicumban – a Műegyetem jogelődjénél – indult el a polgári mérnökoktatás.

Az óriásplakátok többsége hazai fejlesztésekről, megvalósult beruházásokról adott információkat. A művészi felvételeken láthattunk utakat, hidakat, vízgazdálkodási létesítményeket, közlekedési csomópontokat, vasúti rekonstrukciókat és néhány egyedi nagyberuházást az ország különböző területeiről.

Acélszerkezeti szempontból különösen érdekes volt az Operaház Műhelyházáról, a Budafok Kocsiszínről, SkyCourt légiutas-terminálról, Bálnáról és a Puskás Ferenc Stadionról összeállított poszter. A további érdekességek közül kiemelést érdemelnek a nívódíjas magas- és mélyépítési létesítmények: a Hangvilla Hangversenyterem, Veszprém; a Groupama Aréna, Budapest; a Kodály Központ, Pécs; a Városi Termálfürdő, Makó; Cementgyár, Királyegyháza; Mobilgát, Szentendre; M1-M7 autópálya kelenföldi bevezető csomópontja.

Az ICE – a kiállítás angol partnere – számos tematikus táblát hozott Budapestre, ezek részben történelmi visszatekintést adtak egy-egy témában pl. a leghosszabb hidak, a legmagasabb épületek, energetikai fejlesztések stb., mások megvalósítás alatt álló projektekről adtak tájékoztatást.

A kellemes környezetben a nézelődők átfogó képet kaphattak a nemzetközi trendekről és a kortárs hazai építészet helyzetéről, fontosabb alkotásairól, közelebb hozva az építő/építészmérnökök munkáit, amelyekből gyalog sétálva, járművel utazva, látogatás közben csak egy-egy kisebb részletet látunk.

A rendezők ígérete szerint a kiállítás országos körútra indul. Ennek részleteiről nem rendelkezünk további információkkal.

4. kép: Budapest hídjai

5. kép: Az ICE óriásplakátja 1.

6. kép: Az ICE óriásplakátja 2.

A TUDÁSRA ÉPÍTÜNK

MÉRNÖKI TEVÉKENYSÉG
TECHNOLÓGIA
ÜZLETI MEGOLDÁSOK

KESZGYARTO.HU

KESZ
GYÁRTÓ

KEMPPI

X8
MIG WELDER

A jövő
már itt van!

Tapasztalja meg és
használja ki a digitális
WPS funkciót és
az X8 MIG WELDER
képességeit a WeldEye
menedzsment szoftverrel!

And you know.

kemppi.com

Corweld+
Bemutatja: a Kemppi OY magyarországi lépviselete, a Corweld Plus Kft.
corweldplus.hu

Géper

Új, kompakt láng-
és plazmavágó.
Német minőség,
versenyképes ár.

Gépek és Rendszerek
Szolgáltató Kft.
Messer Cutting Systems
Magyarországi Képviselete
www.geper.hu
Tel.: +3676489527
Fax.: +3676481886
6000 Kecskemét,
Irinyi u. 29.

www.geper.hu

CNC láng-, plazma- és lézervágó rendszerek • Forgalmazás – Vevőszolgálat – Szerviz

Dr. Tóth Ernő, Hidászokért Egyesület
Gyukics Péter, Yuki Stúdió

AZ ÉV HÍDJA DÍJ PÁLYÁZAT ÉRTÉKELÉSE

Az „Év hídja díj" a Hidászokért Egyesület és a KTE Közlekedésbiztonsági Tagozata közösen alapított díja, melynek célja, hogy május 11-én, A Közlekedési Kultúra Napján a hidakra is ráirányítsa a figyelmet. Minden évben egy témakör köré rendeződnek a hidak. Az adott évi tematikát és a szavazásra kiválasztott tíz hidat a Hidászokért Egyesülethez tartozó munkacsoport választja ki. A munkacsoport feladata a hidakhoz egy fénykép kiválasztása, rövid bemutatószöveg írása és az internetes szavazófelület összeállítása.

Az idei – és egyben első – Év hídja jelöltek közé Duna- és Duna-ág-hidakat választottunk ki.

A tematika apropóját a zajló Duna-hidas munkák adták: megépült Győr közelében az új Mosoni-Duna-híd, Budapesten egy új Duna-hídra hirdettek nemzetközi tervpályázatot, és javában tart az új komáromi Duna-híd építése.

Az értékelőlap

Minden hídhoz rövid tájékoztatót kaptak az értékelők. Remélhető, hogy ez segítette a reális pontozást. Az öt fő szempont:

– a hidak erőjátéka és a hídalak összhangja alapvető követelmény,
– arányosság a híd egészében és a részletekben ösztönösen is érzékelhető,
– igényesség/megformáltság a részletekben természetes igény,
– a környezethez való illeszkedés, különösen a településen belül igen fontos,
– a történeti jelentőség lehet, nem mindenki számára volt egyértelmű.

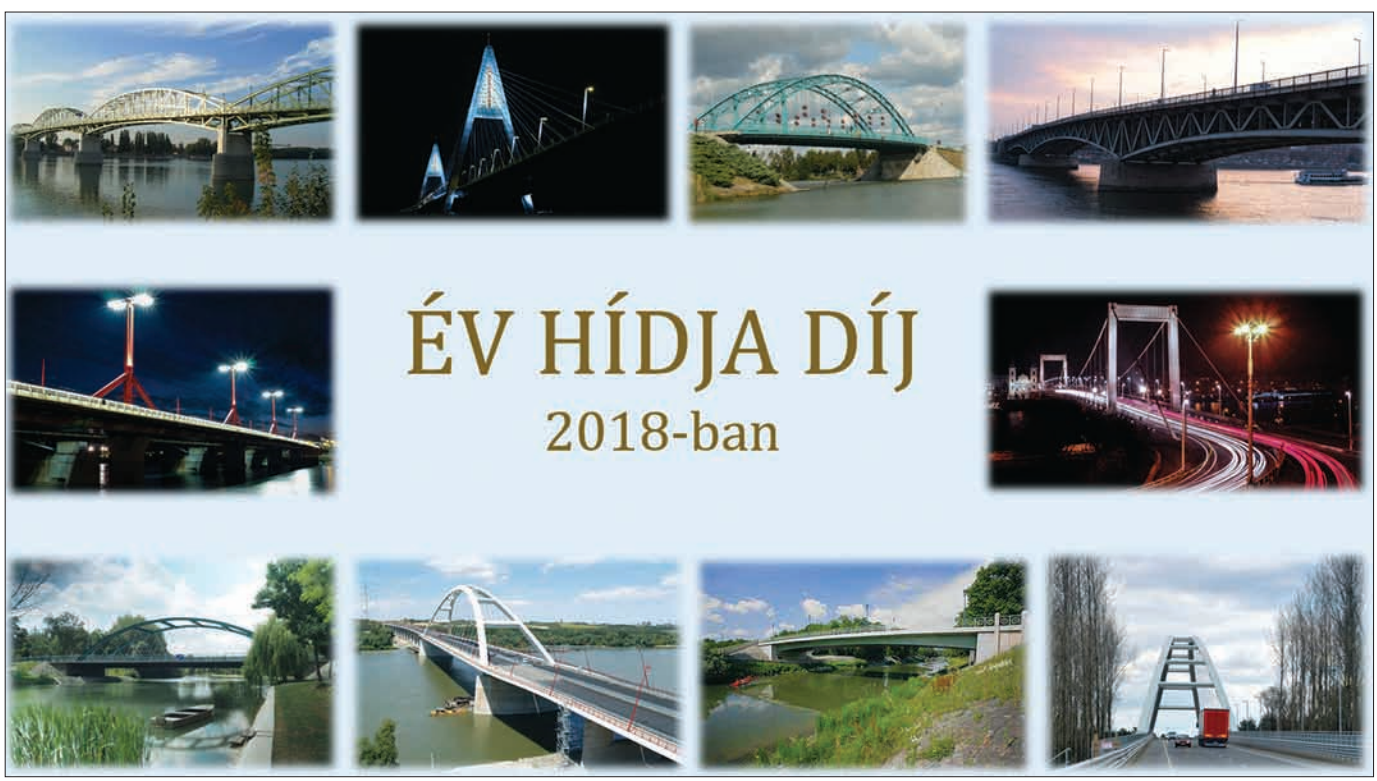
Az eredmény

A leadott értékelések alapján (5–25 pont adása volt lehetséges) egyértelműnek látszik, hogy a nagy nyílású hidak: Megyeri, Pentele, Erzsébet híd monumentalitása magasabb pontszámokban jelentkezik.

A versenyben lévő tíz híd között igen nagy volt a változatosság – a hidak korában (1–120 év) és a legnagyobb nyílás méretében (45–300 m). Az értékelésben úgy látszik, hogy előnyben voltak a fiatal hidak, ezek kiemelést kaptak, ezek álltak közel az értékelőkhöz.

Előnyösebbnek, szebbnek tartották az értékelők az ív- és a függőhidakat, ezek lendületes vonalai miatt. A tíz híd közül gerendahíd csak három volt: az Esztergomi, a Petőfi és a Rákóczi híd.

Esztergom Duna-hídja alsópályás, sarló alakú, ennek pálya fölé nyúló szerkezete monumentális, csipkeszerű finomsága pedig kecses. Hídmérnöki szempontból talán meglepő a Petőfi híd utolsó előtti helyezése, pedig igen karcsú ez a szerkezet, de a gerendahidak városban nem attraktívak, annak ellenére sem, hogy ez a híd környezetéhez illeszkedik.



1. ábra: A versenyben lévő 10 híd

2. ábra: Internetes értékelőlap mintája

1. táblázat: A szavazás eredénye

Helyezés	Név	Pontszám
1.	Megyeri híd (2008)	2520
2.	Pentele híd (2007)	2438
3.	Erzsébet híd (1964)	2349
4.	Esztergom, Mária Valéria híd (1895 és 2001)	2239
5.	813 sz. főút Mosoni-Duna-híd (2018)	2206
6.	Esztergom, Árok utcai Kis-Duna-híd (2003)	1894
7.	Halászi Mosoni-Duna-híd (2010)	1885
8.	Ráckeve, Árpád Kis-Duna-híd (1949)	1821
9.	Petőfi híd (1937)	1722
10.	Rákóczi híd, korábbi nevén Lágymányosi híd (1996)	1707

Személyes véleményem, hogy a Rákóczi híd kedvezőtlen adottsága miatt: robusztus, vasúti rácsos híd van közvetlen közelében, így rendkívüli feladat volt e hídnak a tervezése, ezt a tervező: Sigrai Tibor megítélésem szerint jól oldotta meg, így elnézőbb lehetett volna az értékelés.

Úgy gondoltam, hogy a hazánkban első alkalommal tartott hídesztétikai tárgyú közvélemény-kutatást indokolt tényszerűen bemutatni, megkockáztatva azt a megállapítást, hogy 120 év alatt igen sokat változott a folyami hídépítésünk, megítélésük esztétikai szempontból alapvetően úgy tűnik, hogy nem változott: elsősorban a nagy nyílású ív- vagy függőhidakat tartja a szakember és a hidakat szerető közlekedő is szépnek, izgalmasnak, jelentős alkotásnak.

A KIVÁLASZTOTT TÍZ HÍD RÖVID ISMERTETÉSE

1. Esztergom, Mária Valéria híd (1895 és 2001)

1895-ben, építésekor az ősi átkelőhely történelmi, a bazilikával koronázott helyén épült.

Méretét tekintve a híd Európában élen járt, a változó nyílásbeosztás és az öt nyílás esztétikailag kiváló volt. A sarló alakú hídszerkezet Feketeházy János zseniális hídformája. A híd világítása, a hídfő, a vámház kialakítása hibátlan, a hídszerkezet kivitele igényes, gondos munka volt, azonban a híd történelme viharos, szomorú volt: kétszer felrobbantották, 55 évig csonkán állt.

A rendszerváltás után a két ország erőfeszítésére, sok egyeztetésre, kiváló tervezésre volt szükség. 2001-ben a híd átadása Kárpát-medence-szerte közfigyelmet vívott ki, örömünnep volt.

Kedvező, hogy a két szélső nyílás állva maradt 1944 karácsonya után, és az is, hogy a korszerű szerkezettel sikerült az eredeti formát megtartani.

2. Megyeri híd (2008)

Ferde kábeles, csúcsméretű hidunk, melyre sokat kellett várni. Hosszú vajúdás, viták, az engedély megtámadása előzte meg az M0 oly fontos, hatalmas hídjának építését.

Soha nem látott érdeklődés, viták kísérték a tervezést: 114 fő nyilvánított véleményt, 31 tagú társadalmi zsűri foglalt állást, hat változatból két ferde kábeles megoldást választottak (2. és 6. változat), majd a „7M” változatot fogadták el. Említésre méltó, hogy Makovecz Imre népies változata is versenyben volt a kiérlelt, Hunyadi Mátyás készítette tervvel. A 11. sz. főútig vezető, öt hídból álló mű óriási érdeklődés mellett épült, hála a látogatóközpontnak. A ferde kábeles főhídhoz csatlakozó többi műtárgy egyenként is számottevő alkotás, a szerkezetek beúsztatása is látványosság volt. A híd egyes részletei: kerékpárút, díszvilágítás, kamerarendszer külön is figyelemre méltóak. A Széchenyi-díjjal elismert alkotás az M0 építésének kiemelkedő eseménye volt.

Két könyv (Az én hidam és a dr. Domanovszky Sándor szerkesztésében megjelent, Az M0 Északi Duna-híd acél felszerkezetének megvalósítása) és rengeteg cikk, előadás járult hozzá ahhoz, hogy nem csak a szakemberek ismerték meg ezt a remek Duna-hidat.

3. Erzsébet híd (1964)

1903-ban épült az Eskü térnél, hazai zseniális tervezők műve szerint a világcsúcsméretű lánchíd, mely világkiállításon már ismert és csodált volt. A Kherndl Antal professzor ki-

dolgozta merevítőrendszer világszerte elismerést váltott ki. A nagyszerű alkotás monumentális volt a hatalmas állványszerkezet, a sehol nem látott méretű láncok, a látványos díszítés miatt is. A hídfőcsúszás miatt szükségessé vált leterhelő építmény is részévé vált a hídnak. Gállik István és Beke József új szerkezetekkel is növelte a magyar hidászok tekintélyét.

A híd felrobbantása hihetetlen károkat okozott, több mint 10 ezer tonnányi szerkezet feküdt a Dunában. A roncsok kiszedése nehéz, lassú munka volt. A híd pusztulása után 15 év telt el, amíg kiderült, hogy a megnövekedett forgalom miatt nem lehetne eredeti formájában a hidat felépíteni.

Korszerű kábelhíd építését Sávoly Pál kezdettől szorgalmazta, rengeteg tárgyalás, elemzés után Széchy Károly és a nagy tekintélyű szakértők is elfogadták, hogy a régi hídra emlékeztető, de lényegesen kedvezőbb anyagfelhasználással hat forgalmi sávos hidat lehet építeni. A hídfőknél külön szintű csomópontok épültek, a budai oldali hazánkban az első többágú, íves műtárgy volt.

Az Uvaterv szinte teljes tervezőgárdája közreműködött a nagy mű megvalósításában. Az elkészült kábelhíd az építészek és Budapest lakosságának elismerését is elnyerte, átadása szinte nemzeti ünnep volt.

Napjainkban a budapesti, rendkívüli „hídskanzenben" méltó társa a Margit hídnak, a Lánchídnak és a Szabadság hídnak. Mértéktartó ízléssel készült el a híd, jól szolgálja a dunai átkelést.

4. Petőfi híd (1937)

1937-ben épült ez a híd kormányzói emlékhídnak, tengerész emlékművel.

A tervpályázaton Kossalka János és Mihailich Győző nyerték az első és második díjat, az építészek Magyar Vilmos cikkével fejezték ki nemtetszésüket, mivel az I. díjat függő (lánchíd) nyerte, a második díjas ívhíddal kapcsolatban is voltak fenntartások.

A minisztérium hídosztálya vette kezébe a tervezést, s a zseniális Álgyay Hubert Pál államtitkár, később egyetemi tanár rendkívül karcsú, felsőpályás rácsos hidat tervezett. Az adott környezetben ez jó megoldásnak tűnt, mai szemmel talán a széles híd nem látszik látványosnak, valójában nagyon karcsú.

A híd újjáépítése hatalmas feladat volt, a Dunába robbantott szerkezetet újjávarázsolták, s óriási forgalmat viselt és visel ma is.

Derék híd, még ha nem is olyan látványos, mint a tőle északabbra lévők.

5. Rákóczi híd, korábbi nevén Lágymányosi híd (1996)

A déli vasúti híd mellett kezdettől nyilvánvaló volt, hogy közúti hidat kell építeni. Az M0 építése azonban 1990-ben a Hárosi (ma Deák Ferenc) Duna-híddal kezdődött, így Lágymányosnál csak pár évvel később épült meg a nagy forgalmú híd.

A tervezésben a vasúti híd szomszédsága sok megkötést jelentett: pillérek, hajózási űrszelvény és természetesen esztétika. Sigrai Tibor vezetésével az Uvaterv tervezőgárdája sok tanulmányt készített az elfogadható látvány biztosítása érdekében. Számos változat mérlegelése után, építész szakértőkkel is konzultálva, egységes, széles szekrény keresztmetszet felfüggesztését találták a leggazdaságosabbnak és esztétikailag is megfelelőnek.

A felfüggesztés külön, látványos funkciót kapott a különleges világítóberendezéssel. A hídfők kialakítása, a villamos átvezetése, valamint a híd szokatlan színe is újszerű megoldás volt.

6. Pentele híd (2007)

Az M8 autópálya hídja sok tekintetben kiemelkedő méretű és kialakítású. Kosárfüles mederhídjának nyílása világcsúcs volt.

Dunaújváros térségében az új Duna-híd építését több kötöttség akadályozta. A tervezés (generáltervező a Főmterv) hatalmas munka volt, a hegesztett szerkezet különleges technológiát igényelt.

A medernyílás több mint 10 ezer tonnájának beúsztatása bravúros megoldás volt. Az egymásnak dőlő, hatalmas ívek, a légies felfüggesztés, a piros színű, befelé dőlő kandeláberek, a hídfő különleges (szilvamag) alakja, az ártéri híd betolásos technológiája külön-külön és egyben is nagy teljesítmény volt.

Horváth Adrián Széchenyi-díja méltóan fejezte ki a mű nagyságát. A hídról írt könyvben (A Dunaújvárosi Duna-híd megvalósítása) dr. Domanovszky Sándor szerkesztő mellett 78 közreműködő szerepel, jelezve, hogy a magyar mérnökök milyen széles körét mozgósította ez a hídépítés.

7. Halászi Mosoni-Duna-híd (2010)

1906-ban épült az első állandó vashíd Halászinál. Ezt a II. világháborúban felrobbantották, majd 1947-ben eredeti formájában újjáépítették. 1992-ben egy rönkszállító jármű elütötte a felső keresztkötést. Ideiglenes rácsos provizórium épült, ám végleges megoldásra volt szükség.

2010-ben hazánkban korábban nem alkalmazott, Network függesztőkábeles, acél ívhíd épült. A hídszerkezet beúsztatással került a helyére.

A híd szerkezetileg teljesen eltér a több mint 100 éve épült elődjétől, de az eredetire hasonlító, esztétikus híd épült a Speciálterv terve alapján.

8. A 813 sz. főút Mosoni-Duna-híd (2018)

Győr tehermentesítését is szolgálja az M1 és a 14. sz. főút összekötése, az azon épült korszerű, 180 m nyílású, hálós felfüggesztésű, kosárfüles ívhíd, mely a Pont-TERV tervei szerint készült, többévi előkészítés után, 2017-ben. A közel 400 m hosszú híd főnyílása vízügyi okokból ilyen nagy, öccse a Pentele hídnak.

A híd rendkívül karcsú, a hálós felfüggesztés – amely több szempontból is előnyös – gazdaságos megoldás. A Pentele hídhoz hasonlóan ez is egyben került – betolással – a helyére.

A hidat Klatsmányi Tibor hidászmérnökről nevezték el.

9. Esztergom, Árok utcai Kis-Duna-híd (2003)

2003-ban épült ez a karcsú, igényes kialakítású acélhíd, mely karcsúságával, igényes részletmegoldásokkal (korlát, lépcsők, Nepomuki-szobor) a Pont-TERV tervei szerint épült.

A 48 m nyílású híd szerkezeti magassága nyílásközépen csak 1,6 m, minden tekintetben méltó Esztergomhoz és 2001-ben újjáépített Duna-hídjához.

10. Ráckeve, Árpád Kis-Duna-híd (1949)

1896-ban épült Ráckevén Zielinski Szilárd tervei szerint egy vasszerkezetű, háromcsuklós ívhíd. 1944-ben ezt felrobbantották. Újjáépítése 1949-ben készült el, rendkívül ötletes módon: a felrobbantott szegedi Tisza-híd épen maradt ártéri, felsőpályás ívszerkezetéből.

A millenniumkor épült hídhoz alakjában hasonlító híd a város kedvelt színfoltja lett, vámházával együtt.

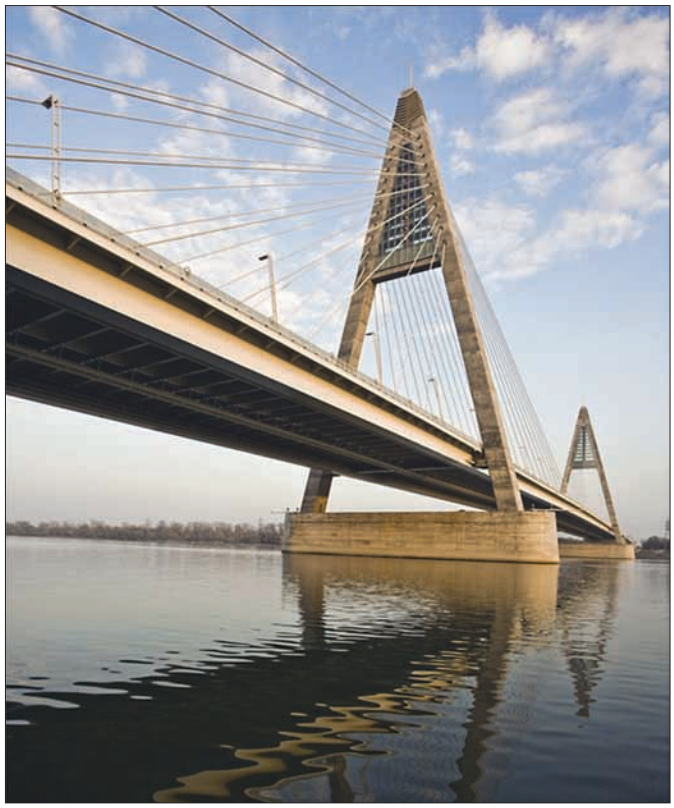
A kétcsuklós, vonóvasas ívhíd vasbeton pályaszerkezetét cserélni kellett, ezt – forgalom alatt – bravúros munkával sikerült megoldani Szatmári István terve szerint.

GYUKICS PÉTER KÉPEI ÉS GONDOLATAI A HIDAK ESZTÉTIKÁJÁRÓL

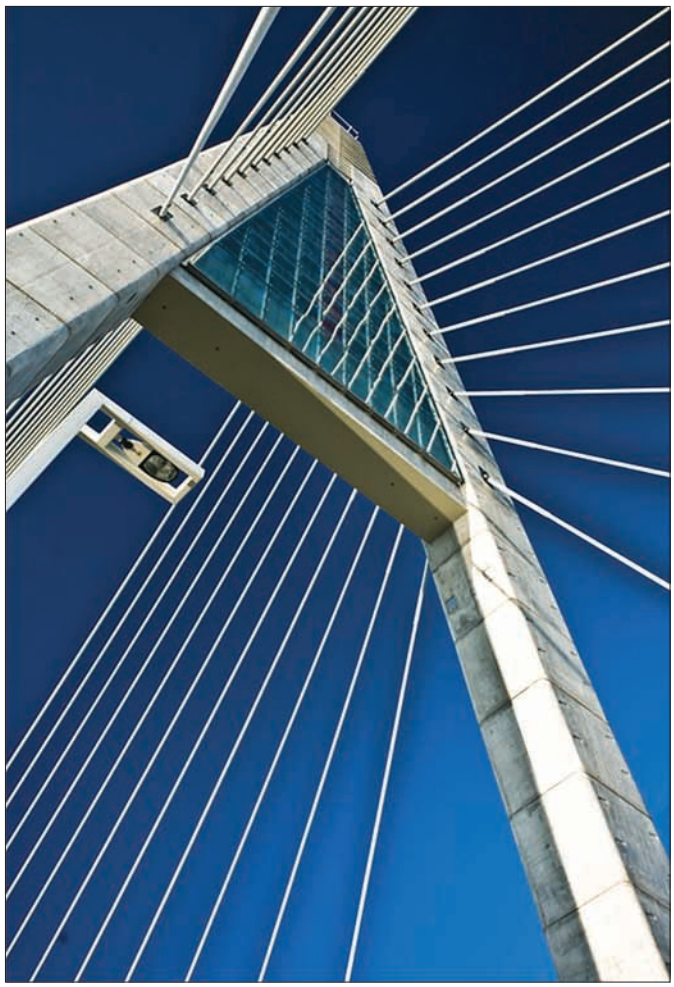
A Megyeri híd szűkebb kivágatban. Már nő a mederhíd vizuális jelentősége

A Megyeri híd totálképe légifotón

A Megyeri híd a főmeder felől. A légifotón a tükröződés kölcsönzi a mederhíd tömegét, különben rögtön felszálló madárként is láthatnánk a hidat



A vízszintesen összetartó és a pilonok középfelé növekvő vonalai tükrözik a szerkezet dinamizmusát



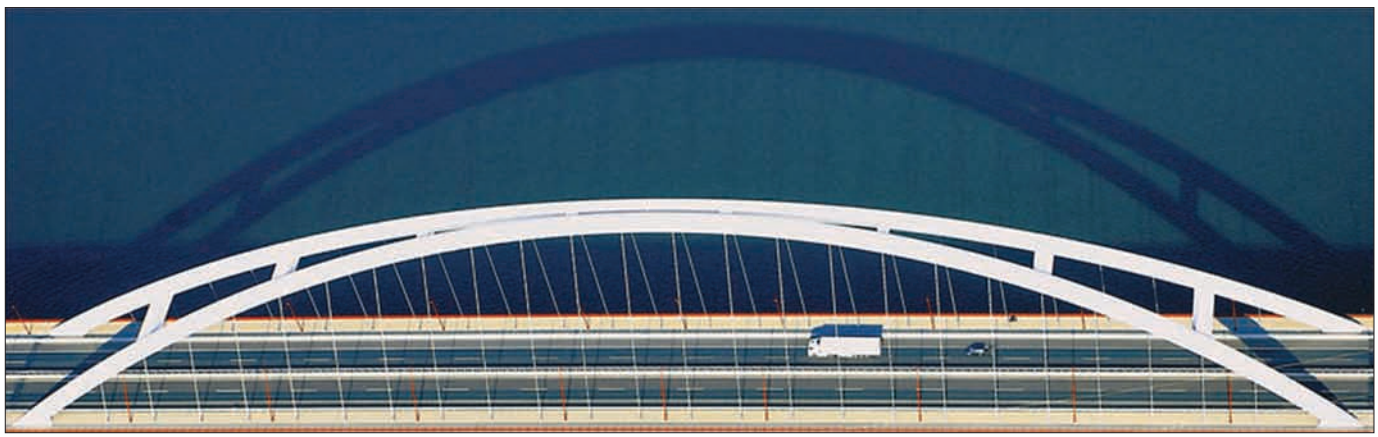
A békaperspektívából készült kép a pilon erejét, monumentalitását mutatja

A kábelek előtérbe komponálása és a pilon vizuális súlyát csökkentő felhő a kábelek fontosságát hangsúlyozza

Az M8 dunaújvárosi Pentele hídja építés közben, a kosárfüles mederszerkezet beúsztatása után. A sejtelmes világításban lebegő acélszerkezetek is mutatják a készülő mű nagyságát

Ezen a légifotón a jobb parti ártéri hídrésznek kedvezek, a hosszú szerkezet a rövidülés miatt a valóságosnál is hosszabbnak látszik

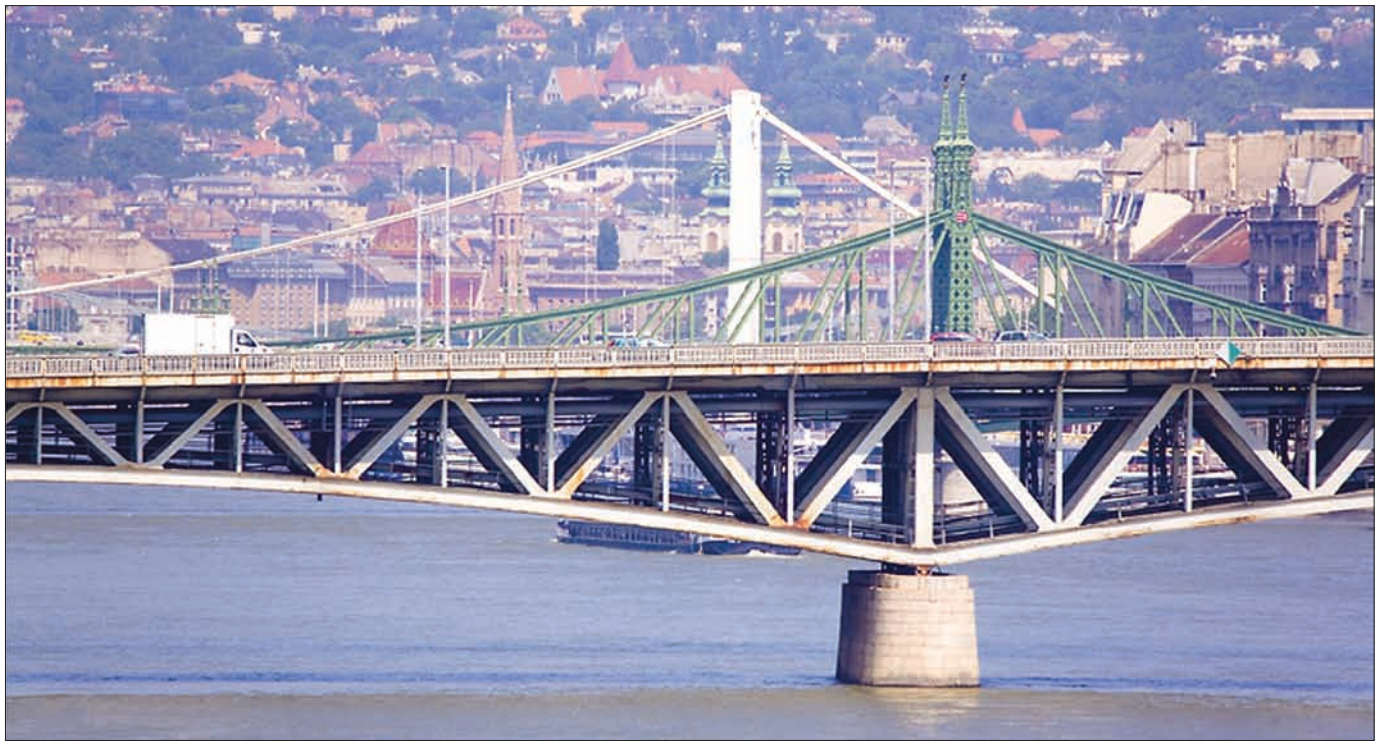
A híd túlparti lágy és sötét íve kontrasztban a mederhíd határozott fehér és erős sötét ívével



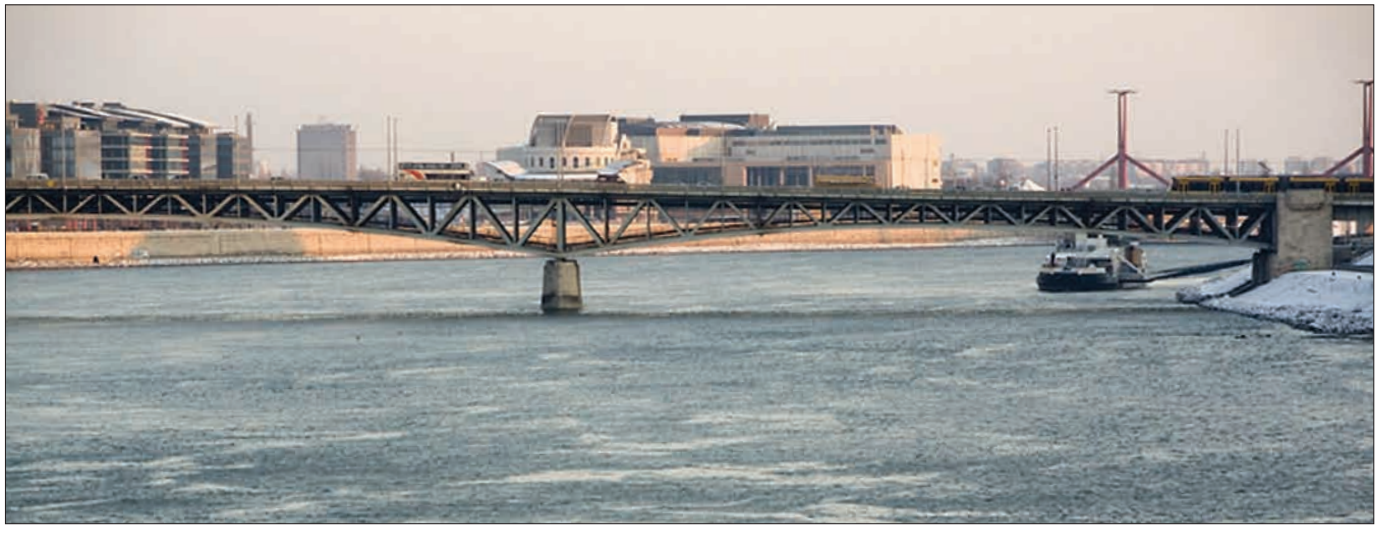
A mederhíd lényege, a világbajnok méretű kosárfüles ív a hídon és árnyéka a Duna vizén

Az esztergomi Mária Valéria Duna-híd legfontosabb ismertetőjegyeivel és helyszínének szimbólumával

A 813. sz. főút Klatsmányi Mosoni-Duna-hídján az ártéri szerkezet próbaterhelése előtt. A kosárfüles ív „lépcsőzése” vizuális feszültségben a két ívvel



A fotó előterében a budapesti Duna-hidak közül mostohán értékelt Petőfi híd



A karcsú Petőfi híd, gerendaszerkezet létére izgalmas rácsozattal

A karcsú Petőfi híd nem látványos, de harmonikus íveléssel, gerendaszerkezet létére izgalmas rácsozattal

Az alulnézet is tartogat érdekes látnivalót

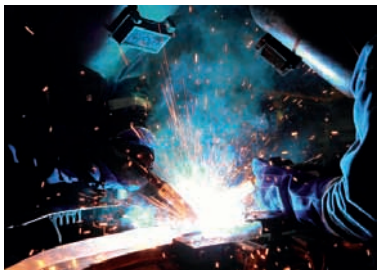
Kis terpeszben a Déli összekötő vasúti híd ferde rúdjai, nagy terpeszben a (Lágymányosi) Rákóczi híd ferde oszlopai

A (Lágymányosi) Rákóczi híd is egyéniség

A (Lágymányosi) Rákóczi híd egyedisége: a tompaszögű teherhordó oszlopok kontrasztja a világítást és díszítést szolgáló hegyesszögű, függőleges szakasszal

FERROKOV
VAS ÉS FÉMIPAR KFT.

TŰZIHORGANYZÁS – TÖKÉLETES FELÜLETVÉDELEM



A Ferrokov Vas- és Fémipari Kft. közel harminc évvel ezelőtt, 1991-ben alakult ipari vállalkozásként. A cég megalakulásakor acélszerkezetek bérmunkában történő tűzihorganyzása volt a fő profil. Az eltelt időszakban a vállalkozás dinamikus fejlődésnek indult, így jelentős fejlesztések valósultak meg.
A cégcsoportban végzett termelés EN 1090-1:2009+A1:2011 és a DIN EN ISO 3834-2 szabvány szerint történik.
A cégcsoport négy vállalatból áll:
a Ferrokov Kft., az Eko-Tur Kft., a Villacél Kft. és a Szendrő-Galva Kft.

Tevékenységeink:

ACÉLSZERKEZET-GYÁRTÁS

- lézervágás
- CNC élhajlítás
- CNC megmunkálás (esztergálás, marás)
- Fronius hegesztőtechnológia 3d hegesztőasztalokkal
- IMG rendszerű robothegesztés
- szemcseszórás

MODERN FELÜLETKEZELÉSI TECHNOLÓGIÁK

- tűzihorganyzás
- tűzihorganyzott kötőelemek gyártása
- galvanizálás
- porszórás
- festés hagyományos eljárással

Ferrokov Vas- és Fémipari Kft. • H–7562 Segesd, Pálmaház utca 1.
Fax: 06 82 598910 • Telefon: 06 82 598-900 • E-mail: info@ferrokov.hu • Web: www.ferrokov.hu

POWERTEC® i250C & i320C
FELKÉSZÜLTEN A JÖVŐRE

POWERTEC® i
inverter alapú kompakt hegesztőgépek
MIG/MAG és MMA hegesztéshez.

www.lincolnelectric.eu

Acélszerkezetek 2018/4. szám

LINCOLN® ELECTRIC

Dr. Jankelovics János

A KIKÖTŐ HÍD, AZ OPERAHÁZ ÉS TOVÁBBI KÜLÖNLEGES LÉTESÍTMÉNYEK: SYDNEY

1. rész

A 85 éves Kikötő híd és a 45 éves Operaház Sydney és egyben az ausztrál állam jelképei. Az 5 millió lakosú metropolis ezeken kívül számtalan építészeti érdekességet rejt magában. Cikkünkben a világváros emblematikus létesítményeiből mutatunk be néhányat. Összeállításunk szubjektív és a lap profiljához igazodik. Az írás első része a nagyváros hídjait és különleges acélszerkezeteit, míg a következő, második rész további látványosságokat tár az olvasó elé. Az írást – a forrással külön megjelölt 18. és 19. képek kivételével – a szerző 2018 tavaszán készített fényképei illusztrálják.

AUSZTRÁLIÁRÓL NÉHÁNY SZÓBAN

Az Európa méretű, közel 25 millió lakosú ötödik kontinens modern történelme mindössze 230 éves múltra tekint vissza. Ebből a rövid, de mozgalmas időszakból két meghatározó eseményt emelünk ki. Az első 1788, amikor az angolok fegyencgyarmatot alapítottak ki a földrészen, a második jelentős időpont 1900, ekkor alakult meg a jelenlegi Ausztrál Államszövetség. A közel 120 éve elfogadott alkotmány szerint a szabad államok szövetséget alkotnak, ezzel együtt deklarálják, hogy Ausztrália a Brit Nemzetközösség tagja marad, államfője a mindenkori brit királynő/király.

Az ausztrál gazdaság a világ legfejlettebbjei közé tartozik, a megtermelt GDP alapján a ranglista 13. helyén állt 2016-ban. Az ország nyersanyagokban gazdag, területén szinte valamennyi fontos ásványcikk megtalálható. A meghatározó iparágak a bányászat, az energetika, a vegyipar, a gyógyszeripar, a vaskohászat, a gépgyártás és az elektronika. Az ipar részesedése a GDP termelésében 27%. Az ugyancsak élvonalbeli agrárium a gépesített farmergazdaságokon alapul, hozzájárulása a hazai bruttó termeléshez 3%. A javak 70%-a kerül exportra, a legjelentősebbek a gyapjú-, búza-, cukor- és a hústermékek. A gazdaság meghatározó szektora a szolgáltatási szféra, amely a GDP 70%-át adja. Ausztrália aktív külkereskedelmi kapcsolataiban meghatározó a csendes-óceáni régió. Legfontosabb partnerei: Kína, Japán, az Egyesült Államok, Dél-Korea, Szingapúr és Új-Zéland.

Ausztrália jóléti állam, a lakosság életszínvonala magas. Az infláció alacsony (1,3%), a munkanélküliség szintje kezelhető. Az árszínvonal a nyugat-európait meghaladó, a fogyasztói árak a magyar turisták számára kimondottan magasak. A közbiztonság jó, az ausztrálok kedvesek, segítőkészek. A MERCER Quality of Living Survey évente közzé teszi „A világ legélhetőbb városa”-inak listáját. A 2018 évi rangsorban 231 város összevetésében Sydney az előkelő 10. helyen áll.

SYDNEY IKONIKUS HÍDJAI

A Budapesttől 17 ezer km távolságra fekvő várost páratlan fekvése miatt a turisták Rio és San Francisco vetélytársaként emlegetik.

A sziklás, homokos öblökkel szabdalt partvonal és a Sydneyt nyugat–keleti irányban átszelő, Csendes-óceánba ömlő, kanyargós Parramatta folyó hatalmas feladat elé állítja a városrendezőket és a közlekedésszervezőket. A forgalom zavartalan lebonyolításában kulcsszerepe van az alagutaknak, a hidaknak és természetesen a metrónak. A legfontosabb közúti alagút a 2,3 km-es Sydney Harbour Tunel, amely az üzleti negyedet köti össze a város északi szektorával. Ugyanakkor Sydney a szép hidak városa, közülük a leghíresebb és legimpozánsabb a Harbour Bridge, míg az egyik legrégebbi a Pyrmont Bridge.

1. kép: A Kikötő híd látványa nyugati irányból

Harbour Bridge

A Port Jackson feletti áthidalás igénye már az 1800-as években felmerült. Konkrét tervek azonban csak 1915-ben készültek, főtervezője John Bradfield (1867–1943). A mérnököt 1912-ben nevezték ki a város vasútépítési főmérnökévé, aki egy komplex tervet tett le a döntéshozók asztalára Sydney vasúthálózatának fejlesztésére. Ennek egyik elemét képezte a Kikötő híd, amelynek helyét a déli oldalon a Dawes Point-nál, északon a Milsons Point-nál jelölték ki. A tervező, az 1912–1916 között épült New York-i Hell Gate Bridge ívhíd tervét vette alapul. Az I. világháborút követő pénzhiány miatt a létesítésre vonatkozó végső döntést csak 1922-ben hozták meg. A kivitelezési munkák 1923 nyarán kezdődtek. A kiírt pályázat győztese az 1875-ben alapított Dorman Long and Co. Ltd. brit cég volt, amely számos acélhidat épített szerte a világon. (Megjegyezzük, hogy a cég ugyanebben az időben az ausztráliai Grafton városban a Clarence folyón is épített rácsos szerkezetű átkelőt.) A munka kilenc évig tartott, az ünnepélyes átadást 1932 januárjában tartották.

A méretek lenyűgözőek: a híd teljes hossza: 1149 méter, melyből a középső nyílás: 503 méter, a szélessége: 49 méter, a hídpálya magassága az átlagos tengerszinttől: 52 méter a felépítmény közepén a legnagyobb magasság 140 méter a víz felett. A híd teljes tömege 53 ezer tonna, ebből a hatalmas ív közel 40 ezer tonnát tesz ki. A négy pilon egyformán 89 méter magas.

A délkeleti torony turisztikai attrakciója, hogy terasza látogatható, és csodálatos kilátást nyújt az Operára, az öbölre és a városra. Egy kisebb kiállítás az építés történetét mutatja be. A hazai és külföldi látogatók között népszerű program a „hídmászás”. A háromórás túra résztvevői – vezetővel, speciális ruhában, biztosítókötéllel – a keleti ív legmagasabb pontjáig lépcsőznek fel, majd átkelnek a nyugati ívhez, és onnan térnek vissza a szerkezet pályaszintjére.

A hídon nyolc forgalmi sávot jelöltek ki a közúti járművek számára, ezek közül öt állandó irányú, míg három sáv közlekedését a mindenkori igények szerint változtatják. A vonatpályán a T1 városi vasút halad át. Külön-külön utakat alakítottak ki a gyalogosok és a kerékpárosok számára. A keleti oldalon futó gyalogút magas kerítések között vezet, amely megnehezíti ugyan a fotósok dolgát, azonban lehetővé teszi a biztonságos átkelést, és akadályt állít az öngyilkosjelölteknek.

A Harbour Bridge átadásakor a világ leghosszabbjai közé tartozott, ma már forgalomban állnak ennél hosszabbak, szélessége tekintetében azonban változatlanul az élvonalban van. Több Internetes összeállítás a hidat a földkerekség 10 legszebbje közé sorolja.

2. kép: A Kikötő híd északi bejárata

3. kép: Az elkülönített gyalogospálya

4. kép: Hídszerkezet 1.

5. kép: Hídszerkezet 2.

6. kép:
Hídmászók

7. kép: Napnyugta

8. kép: Esti fények

Pyrmont Bridge

A Sydney belvárosához közeli Darling kikötőben 160 éve – 1858-ban – építették az első fából ácsolt szerkezetet. Ennek érdekessége volt a hajózást biztosító – acélból készült – felnyitható középső pályaelem. A híd 1902-ig állt forgalomban.

A ma látható acélhidat 115 éve, 1912-ben avatták fel. A híd főtervezője Percy Allan (1861–1930) mérnök volt, akinek tervei alapján készült a szerkezetében hasonló és ugyancsak ebben az időben épült Globe Island Bridge is. (Megjegyezzük, hogy mindkét műtárgy tervezésében részt vett John Bradfield, a Kikötő híd főtervezője is.) A műtárgy különlegessége az elektromos motorral elfordítható, a hajózást biztosító hídelem volt. Ez abban az időben világújdonságnak számított. Az elektromos meghajtás lehetővé tette a gyors, mindössze 60 másodperces elfordítást. A híddal kapcsolatos néhány fontosabb adat: teljes hossz: 369 méter, szélesség: 15 méter és az elfordítható elem hossza: 68 méter.

Azt követően, hogy 1981-ben megépült a kikötőtől délre futó, városon belüli gyorsforgalmi út, felmerült a híd elbontásának terve is. Végül az átkelőn csak a járművek áthaladását tiltották meg, így kizárólag a gyalogosoké és a kerékpárosoké lett az átkelő. 1984-ben állásfoglalás született az öböl turisztikai, szabadidős és szórakoztató hasznosításáról, ezzel egyidejűleg a kereskedelmi kikötőket megszüntették.

A híd történetében újabb változást hozott a város egysínű magasvasútjának (Sydney Monorail) forgalomba állítása 1988-ban. A 3,6 km hosszú, 7 állomásos „körjárat” a Pyrmont Bridge felett haladt át oly módon, hogy a pályát tartó oszlopokat a szerkezeten helyezték el.

2013-ban a magasvasutat leállították, az oszlopokat leszerelték és a hidat felújították. A műtárgy ma is alkalmas a hajók áthaladásának biztosítására, azonban kedvező fekvésének köszönhetően idegenforgalmi látványosság, a promenád része, megkönnyíti a Nemzeti Tengerészeti Múzeum és a Harbourside Bevásárlóközpont megközelítését.

9. kép: Az elfordítható hídelem

10. kép: A Pyrmont Bridge képe a kikötő bejárata felől

11. kép: Hídszerkezet 1.

12. kép: Hídszerkezet 2.

13. kép: A Pyrmont hídtól délre épített útpálya

Anzac Bridge

Az Anzac Sydney második leghosszabb és egyben Ausztrália leghosszabb kábelhídja, amely a Johnstons-öböl felett ível át, összekötve Pyrmont és Rozelle kerületeket. Az átkelő az I. világháborúban harcolt Ausztrál Új-Zélandi Hadtestről – Australia and New-Zealand Army Corps – kapta nevét. Ennek emlékére a keleti pilonon az ausztrál, a nyugatin az új-zélandi zászló leng.

A jelenlegi átkelővel párhuzamosan 65 méterrel északra ma is áll az 1901–1995 között működtetett Glebe Island Bridge. Az elfordítható híd a város járműforgalmának gyors fejlődésével egyre nagyobb problémát jelentett. A hajók áthaladásakor szükségszerűen leállított autók folyamatos dugókat eredményeztek. A város északnyugati terjeszkedése és a 2000. évi olimpia alkalmából épülő létesítményei egyre sürgetőbbé tették egy új, nagy áteresztőképességű híd létesítését.

Az átkelő teljes hossza 805 méter, szélessége 32 méter, amelyen 8 forgalmi sávot, gyalogos- és kerékpárospályát jelöltek ki. A két pilon közötti áthidalás 345 méter. A 120 méter magas, kecses, vasbeton kábeltartó tornyok a város számos pontjáról láthatók. Az elkészült hidat 1995-ben adták át, ezzel egyidejűleg a Glebe Island Bridge-n leállították a forgalmat és nyitott helyzetben, közlekedési emlékként őrizték meg.

Az Anzac vezeti át az A4-es autópálya forgalmát. A híd áteresztő kapacitása 60 km/óra sebességkorlátozás mellett 180 ezer jármű/nap. Ezt a terhelést 2002-re érték el.

14. kép: Az Anzac híd látványa a Kikötő hídról

15. kép: Felhajtás a hídra

16. kép: Átkelés az Anzac hídon

Iron Cove Bridge

Az Iron Cove Bridge az Anzac hídtól északnyugatra mintegy 2 km-re, az A40-es út része és a Drummoyne, valamint a Rozelle elővárosok közötti tengeröböl felett ível át. Az első híd 1878–1882 között épült rácsos szerkezettel. Egy nagyobb kapacitású átkelő létesítéséről már 1939-ben döntés született. A II. világháború okozta erőforráshiány miatt a kivitelezést csak 1947-ben kezdték meg. A hídavatás 1955-ben volt. Az Iron Cove volt az egyik utolsó rácsos szerkezetű átkelő, melyet Ausztráliában építettek. A szerkezet hossza 460, szélessége 14, magassága 12 méter. A 2000-es években a forgalom növekedése szükségessé tette a híd áteresztő kapacitásának bővítését. Ezt sajátos módon, egy második híd építésével oldották meg. A munkálatok 2009-ben kezdődtek, az avatás 2011-ben volt.

A második műtárgy betonból készült, és méretei csak minimálisan haladják meg az elsőét. A régi átkelő a városba beáramló, míg az új a városból kivezető forgalmat bonyolítja le, kétszer 3 sávon, elkülönített kerékpár- és gyalogosúton. Érdekességként jegyezzük meg, hogy az átkelő megkettőzése ellen a helybeli lakosság tiltakozott, és hosszú ideig akadályozta a munkálatok megkezdését.

A Parramatta folyó hídjai

A mintegy 20 km hosszú Parramatta folyó nyugat–keleti irányban szeli át a várost, partvonala szabdalt, és leginkább fjordhoz hasonlítható. Mindkét partja a nagyváros kedvelt lakóövezetei közé tartozik. Folyamatosan adják át az új fejlesztéseket, az ingatlanok árai magasak. A folyón való átkelést hidak és kompok teszik lehetővé. A folyó hídjai közül nyugatról kelet felé hajózva mutatunk be hármat lapunk olvasóinak.

A **Meadowbank Bridge** Sydney két elővárosát, Rhodest és Meadowbankot köti össze. Az elsőként épített, egyvágányú vasúti hidat 1886-ban helyezték forgalomba a Northern Vasútvonal részeként. Az átkelő tervezője a John Whitton (1820–1898) mérnök volt. A acélból készített műtárgy 294 méter hosszú, a leghosszabb áthidalása 48 méter. Az átkelőt 1980-ban vonták ki a forgalomból, és nemzeti műemlékké nyilvánították. A második hidat – az első átkelő tervezőjéről, **John Whitton**-ról – nevezték el.

A betonacélból épített, kétvágányú szerkezetet közvetlenül a korábbi mellé építették. 2000-ben a híd korszerűsítésével egyidejűleg, elkülönített kerékpárpályát és gyalogossávot alakítottak ki.

A Meadowbank Bridge-től 600 méterre keletre létesítették a **Ryde Bridge**-t. Az A3-as főút forgalmát Ryde és Rhodes elővárosok között átvezető első hidat 1935-ben nyitották meg. A 340 méter hosszú beton- és acélszerkezetű híd különlegessége a 40 méter hosszú függőlegesen felemelhető elem. Ez a megoldás Ausztráliában ritka, a hidakat főleg elfordítható elven teszik alkalmassá a hajók átbocsátására. A híd műemléki védettségű, bár az emelőszerkezetet a 90-es évek végén eltávolították.

Az átmenő forgalom növekedését a 11 méteres pályán kialakított 3 járműsáv már nem volt képes lebonyolítani, ezért egy új híd építéséről született döntés. A betonszerkezetű második híd 1988-ra készült el az elsőtől keletre, a 16 méter széles pályatesten, 4 forgalmi sávval. Az átadást követően az első hidat a városból kifelé, míg az újat a város felé egyirányúsították.

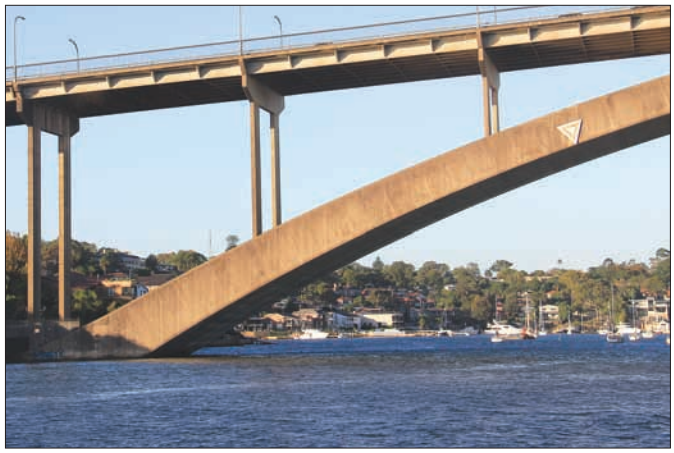
17. kép: A régi Iron Bridge látványa az új hídpályáról

18. kép: A Meadowbank Bridge (forrás: Internet)

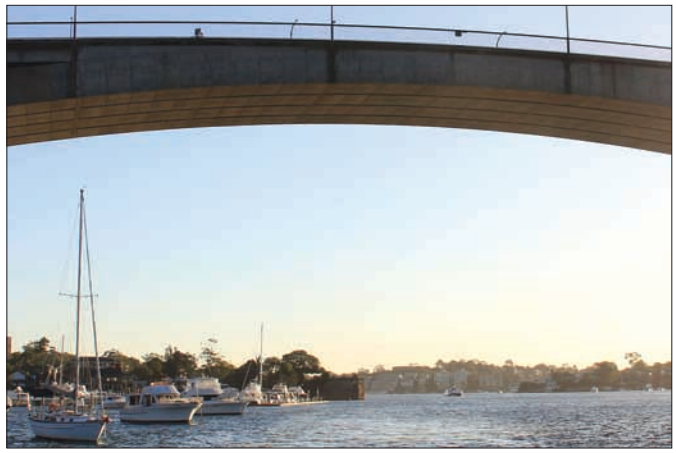
19. kép: A John Whitton Bridge (forrás: Internet)

20. kép: A Ryde Bridge látványa a Parramatta folyóról

21. kép: A Gladeswille Bridge látványa a Parramatta folyóról



22. kép: A híd déli hídfője



23. kép: A Gladeswille Bridge folyó feletti íve

A Parramatta folyó legimpozánsabb és egyben leghosszabb hídját, a **Gladesville**-t 1964-ben adták át a forgalomnak. Az impozáns betonszerkezet a forgalmas A40 – Victoria – északnyugati autópálya részét képezi. A jelenlegi átkelőtől mintegy 300 méterre nyugatra 1881-ben építettek hidat. A Parramatta River Bridge teljes hossza 270 méter, a leghosszabb áthidalóelem 46 méteres volt. Egy-egy forgalmi sávon haladt a közlekedés. Az acélszerkezetű híd déli szelvényében lévő első elem elfordítható volt, ezáltal lehetővé vált a magasabb építésű hajók áthaladása. Az átkelő 1964-ig állt forgalomban.

A Gladeswille híd tervezője a brit Guy Maunsell (1884–1961) volt. A betonból épült, kecses szerkezet teljes hossza 580 méter, szélessége 30 méter, a legnagyobb áthidalása 305 méter. A folyó szintjétől mért legnagyobb magassága 45 méter. Avatásakor ez volt a világ leghosszabb ívű hídja. A forgalom 7 sávon halad.

A METROPOLIS KÉT IKONIKUS ACÉLSZERKEZETE

A fejlett vas- és acéliparral rendelkező Ausztráliában komoly hagyományai vannak az acél magasépítészeti alkalmazásának. Az alábbiakban a város legmagasabb építményét és Központi pályaudvarát – ezzel összefüggésben gyorsvasúti közlekedését – mutatjuk be.

Sydney Tower

A Sydney központjában álló 309 méter magas torony a nagyváros szinte valamennyi pontjáról jól látható. A szerkezet idegenforgalmi és távközlési funkciókat egyaránt ellát, érdekessége, hogy azt egy bevásárlóközpont, irodaház komplexumra építették rá. A nyolcszintes objektum jelenlegi tulajdonosa a Westfield Csoport, amelynek hatalmas kivilágított logója a torony tetején látható.

Az objektum Donald Crone (1940–2016) ausztrál építészmérnök terve alapján létesült. A tervet 1968-ban mutatták be. A torony alatti irodaház építését 1970-ben, a kilátóét 1975-ben kezdték. Az ünnepélyes átadás 1981-ben volt. A hatalmas acélszerkezetet 56 sodronykötél feszíti meg, illetve stabilizálja. 2009-ben rekonstrukciók kezdődtek az irodaházban, ennek eredményeként a kereskedelmi területeket kibővítették, és hidakkal kapcsolták össze a környék üzletházaival.

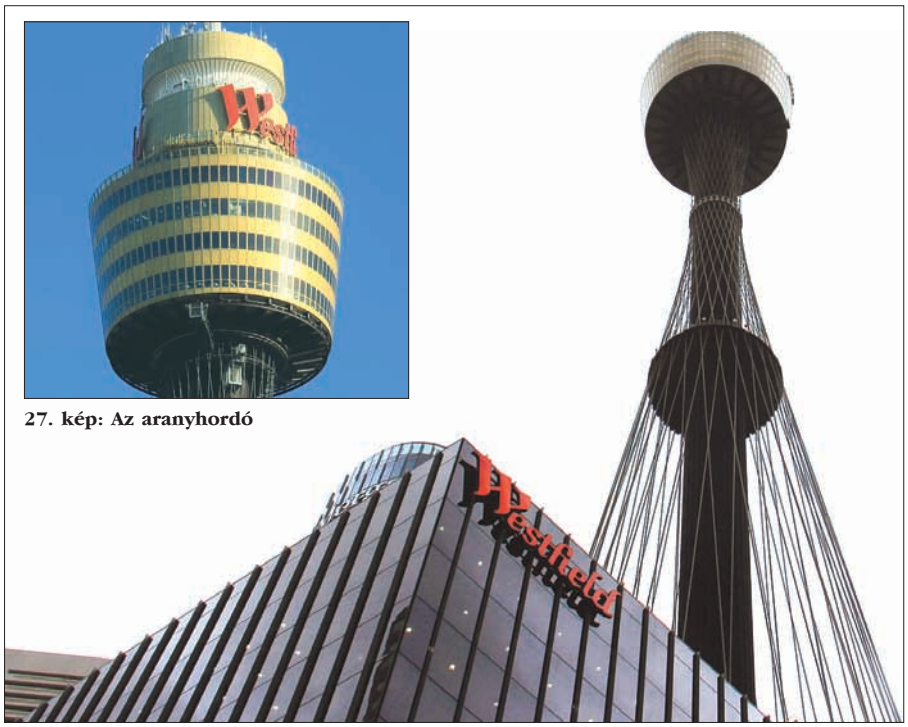
A torony „aranyhordója” három kétszintes gyorslifttel érhető el, a 8–10 főt szállító felvonók menetideje 45 másodperc. A látogatók részére megnyitott négy szinten egyszerre 960 fő tartózkodhat. Az 1–2. szinten étterem, a 3–4-en kilátó várja a vendégeket. A további 5 – elkeskenyedő – emeleten kiszolgáló létesítmények, gépházak vannak, a két legfelső szint a távközlésé.

24. kép: A Sydney Tower látványa a tenger felől

25. kép: A torony és környezete, 1.

26. kép: A torony és környezete, 2.

27. kép: Az aranyhordó



29. kép: A torony művészi megfogalmazása, Esme Timbery alkotása

28. kép: A Sydney Tower és az alapját képező komplexum

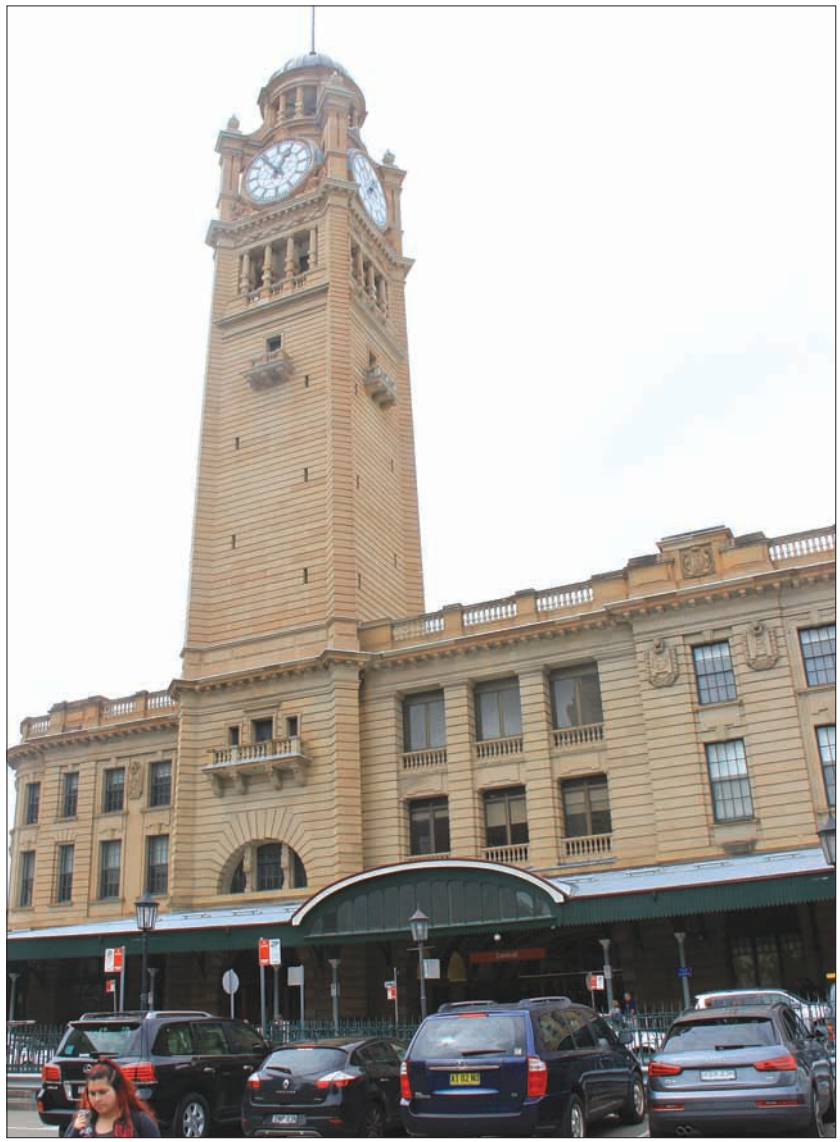
A létesítmény új attrakciója az ötödik szinten kialakított külső, nyitott erkély, a „Skywalk”. Az üvegből készült járólapokon a látogatók szinte a város felett sétálnak. A túra résztvevői speciális védőruhát és biztosítókötelet viselnek.

A torony színe és buzogányformája időről időre megihleti a művészeket, ennek szép példája látható az „Art Gallery of New South Wales”-ben. Esme Timbery – „a kagyló-lady” –, nevéhez méltóan apró kagylókból formázta meg a szerkezetet.

Central Station

Sydney főpályaudvara fontos szerepet tölt be a metropolis közlekedési infrastruktúrájában. Az állomás építését 1901-ben kezdték, és 1906-ban adták át a forgalomnak. Az épület tervezője Walter Liberty Vernon (1846–1914), korának sztárépítésze volt, aki tevékenységéhez több, ma is álló középület fűződik.

A neoreneszánsz stílusú állomásépület központi egysége az utasforgalmi csarnok, melyet a záróvágányokra merőlegesen építettek. Az acélszerkezetű csarnok mérete 100 x 22 méter, ahol a pénztárakat, a várótermet és a poggyászkezelést helyezték el. A pályaudvar északnyugati sarkán látható monumentális, 86 méter magas óratornyot 1921-ben emelték. A vasútállomás tervezőjének előrelátását dicséri, hogy a létesítményt a 100 évvel ezelőtti forgalomnál lényegesen nagyobb kapacitásúra méretezték.



30. kép: Central Station

32. kép: A Central Station utasforgalmi csarnoka

31. kép: A csarnok kijárata

33. kép: A Circular Quay állomás látványa

34. kép: Kilátás a Circular Quay állomásról

A Central Station sajátossága, hogy integrálja a fej- és az átmenő állomások funkcióját. A vasúti létesítmény 10 átmenő és 15 fejvágányon bonyolítja le a forgalmat.

A pályaudvar alatt építették ki a városi közlekedés gerincét alkotó „Sydney Train" egyik legforgalmasabb állomását. A „Sydney Train" hazai fogalmaink szerint a budapesti HÉV és a metró egyesítése oly módon, hogy a zsúfolt belvárosban a föld alatt, míg azon kívül elkülönített pályán közlekednek az emeletes szerelvények. A nyolc T-vonal közül négy érinti a Central állomást. Jelenleg folyamatban van a hálózat fejlesztése, várhatóan még az idén átadják az új, délnyugati szakaszt. A bővítést élénk PR kampány kíséri.

A világ minden bizonnyal egyik legszebb fekvésű állomása a Sydney Train „Circular Quay" megállója, ahonnan csodálatos rálátás nyílik az öbölre, a Kikötő hídra és a luxus óceánjárókat kiszolgáló terminálra.

A SZERZŐ SZUBJEKTÍV VÉLEMÉNYE

Az Acélszerkezetek 2018/2. számában publikált írásomban a neves hidászra, Feketeházy Jánosra emlékezve több hazai híd történetét követtem nyomon. Hazánkban – az új hidak építése mellett – gyakori volt a háborús pusztításokat követő helyreállítás. Ausztráliában némi irigységet éreztem, amikor azt láttam, hogy nem a rombolás helyreállítása, hanem a növekvő forgalom igénye determinálta a hídépítést.

WEINBERG

ACÉLSZERKEZET-GYÁRTÁS

FORGÁCSOLÁS ÉS FELÜLETKEZELÉS

FELÜLET ELŐKÉSZÍTÉS

FORGÁCSOLÁS

FESTÉS

WAGNER

PROFESSZIONÁLIS SZÓRÁSTECHNIKA

Ha a **tartósság** a cél.

Wagner magasnyomású pumpák és szórópisztolyok

- Kimagasló teljesítmény a vastag bevonatokhoz
- Masszív, megbízható kialakítás
- Könnyű tisztítás és karbantartás
- Szakszervíz

M.L.S. Magyarország Kft. | 2310 Szigetszentmiklós, Sellő u. 8.

www.wagnerszorastechnika.hu | facebook.com/wagnerszorastechnika | tel: (06 20) 555 0709

Svédacél termékek változatos felhasználási területeken

- Lakó- és középületek fémlemezfedései és bádogos anyagai
  Homlokzatburkolatok és felújítások
- Ipari és mezőgazdasági csarnokok tető- és falburkolati rendszerei
  hőszigetelt és egyrétegű, hőszigetelés nélküli változatokban is
  (szendvicspanelek, szinusz- és trapézlemezek)
- Könnyűszerkezetes tartószerkezetek, komplett csarnokok
  (szelemen, falváz, födémgerendák és keretszerkezetek)

magas minőségű alapanyag
modern gyártástechnológia
pontos szelvényméretek
hosszútávú garancia
teljeskörű piaci szolgáltatás

tudastar.swedsteel.hu www.swedsteel.hu

Swedsteel-Metecno Kft. • 2051 Biatorbágy, Tormásrét u. 11.

CSARNOK SVÉDACÉLBÓL

Árvai István művészeti vezető
K-ARTS Művészeti Alapítvány

A METÁLT BÍROD?

A KASZ+2018 – XV. Kecskeméti Acélszobrászati és Képzőművészeti Szimpozion, nemzetközi alkotótábort ebben az évben szokatlan időpontban, nem nyáron, hanem ősszel rendezték meg. Ez a módosulás azonban nem befolyásolta a programot, az alkotók terveit.
Tizenötödik alkalommal találkoztak a szobrászat spe-ciális területének művelői a KÉSZ Csoport kecskeméti acélszerkezet-gyártó bázisán. A vas, az acél sokféle formája, az izzó plazma, a lézervágóval precízen kivágott alkatrészek, a hegesztés különböző módozatai, a programvezérelt CNC-gépek, vagy éppen a szemcseszóró tisztítóereje a művészek lehetőségeit sokszorozták.

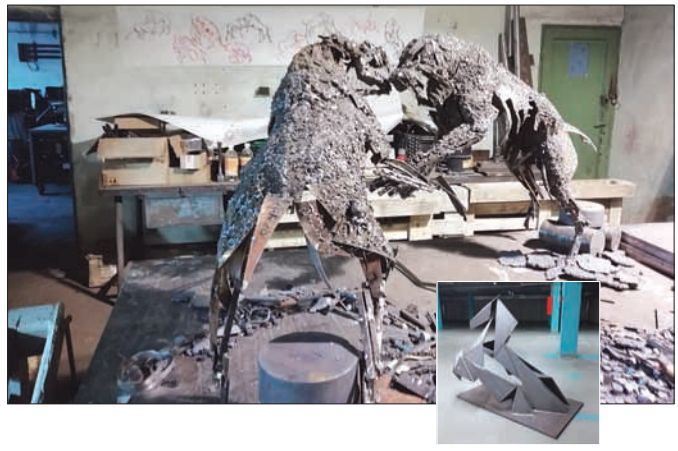
A KASZ+2018 alkotói voltak: Majoros Gyula képzőművész • Korompai Péter iparművész • Kosik Márk Titusz szobrász-restaurátor • Szirmai Nóra szobrászművész • Szabó András grafikusművész • Szabó Ottó szobrászművész • Dóra Emese szobrászművész • Ecsedi Zsolt szobrászművész • Demcsák Dóra Vanda szobrászművész • Fukui Yusuke festőművész • Fülöp Gábor szobrászművész • Berlekovity Iván szobrász-restaurátor.

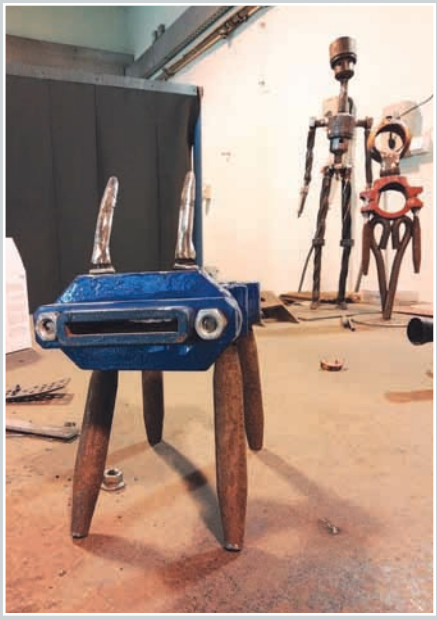
Ahogy az előző években már szokássá vált, a szimpozion művészei figyelmébe két, nem kizárólagos, alkotói témát ajánlottak a szervezők. Az egyik a „MECHANIZMUS”, a másik „A KECSKE!”. Ez utóbbi, humort sem nélkülöző felvetés aktualitását az adta, hogy Kecskemét városa ebben az évben 650 éves. Az ünnepi év eseményeihez azzal csatlakozott a KASZ, hogy a város címerállatát, egyik jelképét is megformázhatták az alkotók.

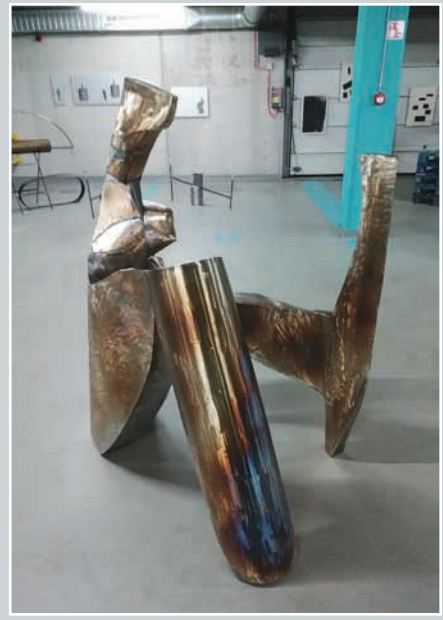
Szabó András grafikusművész Kolozsvárról érkezett. Különleges módszerrel hívta elő fotorealisztikus képeit. A feketére festett műanyag lemezbe karcolta vízióit. Az iparterlep látványa, hangulata nagyon megfogta, három képén is a telephelyen található hatalmas gépek (pl. szemcseszóró berendezés) adtak alaptémát.

Demcsák Dóra Vanda fiatal szobrász egymással küzdő harci kutyákat hegesztett mindenféle acéldarabkákból, elgondolkodtató címet (Közhangulat) adva művének. Másik kompozíciója két egymás felé ugró, elrugaszkodó lóforma. Ennél a munkánál CAD-tervezéssel, mérnöki segítséggel születtek az elemek rajzai, aztán lézervágással az alkatrészek. A mű itt is hegesztéssel állt össze, rögzült a súlyos talplemezekhez.

Berlekovity Iván a saját mellkasáról vett gipszforma segítségével készítette rozsdamentes acéllemezből testtorzóit AWI hegesztéssel. A kiállítás orvos látogatói szerint egyetemi hallgatók számára testtanulmányként is igen jól működnének ezek az alkotások.







Szabó Ottó, művésznevén Robottó igazi ezermesterként, kiváló képzelőerővel állította össze a legváratlanabb talált tárgyakból, ipari alkatrészekből, fémhulladékból szobrait. Némelyik figura mozgatható, bábszerű mozdulatokra képes, melyeket a közösségi médiákban is jól ábrázolt rövid videóival.

Ecsedi Zsolt szobrász hagyományos acélból és rozsdamentes acéllemezből is dolgozott. Tanulmányai egy-egy emberi mozdulatra, kitekert pózra emlékeztetnek. Kecskeformákat „varrt" hegesztővel acélkörökbe, így alakítva ki míves érmeformákat. A főműve egy fémes színorgia. Az ülő alakot rozsdamentes lemezből hegesztette, aztán különböző tónusokra edzette a szobor felszínét.

Szirmai Nóra kecskeméti szobrászművész elsősorban természetből vett formákat alkotott, nagyon érzékeny, kikönnyített ívekkel. A levelek, pálmalevél, fűszálak elemei részben programozott lézervágással születtek, de más műveinél a mesterek segítették az alkatrészek kivágásában. Az organikus sort egy nagyméretű alkotás egészíti ki, amely leginkább egy szélfújta vitorlát juttat az eszünkbe.

Kosik Márk Titusz szobrász-restaurátor korábban, egyetemi hallgatóként már járt az alkotótáborban gyakorlaton. Az ifjú művész ezúttal felnagyított kézmozdulatokat készített acéllemez csíkokból hegesztéssel. Az egyik egy „fityisz", a másik is egy provokatívabb, revolverező kézmozdulat. Két kisméretű acélfigurája meglehetősen ironikus hangvételűre sikeredett, talán az alkotás „kínjait" is kifejezik.

Korompai Péter iparművész az idősebb korosztályt képviselte. 2006-ban járt már a KÉSZ Ipari Parkban, sőt annak idején köztéri acél emlékművét is az acélszerkezetgyártó központban készítették el. Péter a fizika törvényszerűségét vette alapul plasztikái elkészítéséhez. Az ívelt alapokkal rendelkező acéllemeztestek egy-egy mélyedést, tartályt foglalnak magukban. A kerti szobrokként elképzelt művek az időjárásnak megfelelően változtathatják pozíciójukat, ugyanis a beléjük folyó esővíz súlya megváltoztatja a súlypontjukat, és átbillennek egy másik helyzetbe. Ezek az elgondolkodtató művek a változásra, a való élet kibillenéseire, nem várt nehézségeire is felhívják a figyelmet.

Majoros Gyula képzőművész a KASZ alapító tagjaként már nagy gyakorlattal készíti látszólag csak egy-egy geget mutató műveit. Aztán a figyelmesebb szemlélő számára újabb üzenetek, az élet ironikus megállapításai, alapvetései is előfénylenek a felcsiszolt acél- és alukompozitlemezek mögül. A lézervágóközpontból származó fűrészfogas mintázatú hulladékanyagot tényleges fűrésszé alakította három művében is. Villanykörtékkel kombinálta a fűrészimitációkat. A sors kettévágott, megsebzett jeleneteit alumínium kompozit lemezből készített, egy-egy talált tárgyat, például olajozót, félbevágott locsolókannát hordozó táblaképek, reliefek teszik még kifejezőbbé.

Fülöp Gábor egy fából faragott nőfigurát borított be corten acéllemezből lézerrel kivágott, apró pikkelyekkel. AWI-hegesztővel több ezer darab lemezkét rögzített a fában megbúvó acélvázhoz. A rendkívül munkaigényes, nagy türelemmel, precizitással készült mű az idei szimpozion egyik meghatározó alkotása.

Fukui Yusuke japán festőművész nagyméretű festményeivel, amiket sajátságos technikával alkotott, emelte az alkotótelep színvonalát. Lenvászonra festett az acélmű melléktermékével, a vasporral, valamint acélszemcsékkel. A különböző anyagokkal kikevert, feloldott vaskencével festett, gyönyörű, barna tónusú képeivel megalkotta a hullámzó vastengert a tengerábrázolásaikról híres, japán fametsző mester elődöket is egy kicsit megidézve. Yusuke az acéllemez ívesítésére szolgáló hengerítőgépet is használta papírnyomatok készítésére. Ezeken felül elkészült egy látványos kalligramja is (yagi, a kecske) 25 mm vastagságú acéllemezből.

Dóra Emese szobrászművész az őszi faleveleket ragadta meg egy műben. Az énekesként is tevékenykedő művész a szobor címével (Autumn Leaves) több híres dalra, dalszövegre is utalást tett, ahogy talán egy kicsit az alkotótábor befejeztét is némi bánattal konstatálta.

Az idei szimpozion jelentősége is talán abban van, hogy a művészek itt igazi gyári környezetben próbálhatták ki magukat, ismerkedhettek az új anyagokkal, számukra nehezen elérhető technikákkal, eszközökkel.

Az alkotótábor változatos munkáját összegző, bemutató kiállítás 2018. október 5-én nyílt, és november 4-ig tekinthető meg minden nap 8.00–17.00 óráig a KÉSZ Csoport telepén, az IQ Kecskemét Kft. mélygarázsában, Kecskemét, Izsáki út 8/a (A Four Points by Sheraton Hotel mögött). Aki bírja a metált, feltétlenül nézze meg!

DUTRADE

ACÉLTERMÉKEK HASÍTÁSA, DARABOLÁSA, ÉRTÉKESÍTÉSE

Magas színvonalú, komplex szolgáltatás az acéltermékek továbbfeldolgozásában és gyártás-előkészítésében

VEVŐSPECIFIKUS KISZOLGÁLÁS

– egyedi méretre történő gyártás
– egyedi csomagolás
– egyedi termékazonosítás
– speciális tárolóeszközök kialakítása
– termékfejlesztés
– vevői konszignáció
– vevői rendelés követése

Dunaújváros, Papírgyári út 49. • Tel.: (25) 586-902 • Fax: (25) 586-900

www.dutrade.hu • dutrade@dutrade.hu

MCE
NYÍREGYHÁZA

MCE Nyíregyháza
hidak kivitelezője

www.mce-hg.com

Hegyeshalom térségében a Lajta bal parti csatorna fölött kivitelezett híd felújításához egyben szállítottuk az új gyártású hidat Nyíregyházáról a helyszínre. A 6,3 m széles és 29 m hosszú alsó pályás, rácsos tartós hidat néhány napja toltuk a helyére, sikeres próbaterhelés után forgalom alá helyezték. A fénykép a szállítás utolsó méterei megtétele közben készült.

HABAU GROUP

CLOOSer to the future

A digitalizáció és a hálózatba kapcsolt rendszerek a hegesztéstechnikában is egyre hangsúlyosabb szerepet töltenek be. Világszerte a CLOOS hegesztőrendszerekben a robotok, az áramforrások, a készülékek és az ezekhez rendelt vezérlések sikeresen kommunikálnak egymással. Különleges erősségünk a kompetenciák széles körében rejlik. A hegesztéstechnológiától és robotmechanikától kezdve a vezérléseken át egészen a szoftverekig és szenzorokig a CLOOS mindent egy kézből kínál. Termékeinkkel és megoldásainkkal hatékonyabbá, gazdaságosabbá és rugalmasabbá tesszük Önöket – így támogatjuk a „jövő termelését".

www.cloos.hu

CLOOS
Weld your way.

CROWN
INTERNATIONAL KFT.

Szerző: ***Stefanie Nüchtern-Baumhoff***
Carl Cloos Schweisstechnik GmbH
Fordította: ***Janda Zsolt***
Crown International Kft.

Sikertörténet

CLOOS CSÚCSTECHNOLÓGIA

Henan Junton Vehicle – befektetés az automatizált hegesztéstechnikába

SANMENXIA/HAIGER – A kínai vállalatok egyre növelik befektetéseiket a magas automatizáltsági fokú rendszerekbe. A haszongépjárművek gyártására specializálódott Henan Junton Vehicle már évek óta támaszkodik a CLOOS hegesztéstechnológiájára. A teljesen automatizált hegesztőrobot-rendszereivel a cég képes tovább növelni termelési hatékonyságát és ezáltal versenyképességét is.

A Henan Junton Vehicle Co., Ltd. céget 2005-ben alapították, és azóta is folyamatosan fejlődik. Mára a vállalat egész Kínában a legnagyobb termelési kapacitással bír a haszongépjármű-gyártás területén.

Termékportfóliójukban többek között megtalálhatók az emelődarus tehergépkocsik és az ipari szállítójárművek. Összességében a Junton vállalat 200 különböző terméket állít elő.

A gyártás és a fejlesztés egy része a cég Sanmenxia-i székhelyén zajlik, mely Közép-Kína egyik tartományában, Henanban található. Itt 1500 munkatársuk közel 80000 járművet gyárt évente, egy több mint 1 millió négyzetméteres gyártási területen. A kutatás-fejlesztési központ Xi´an-ban található, Shaanxi tartományban. A vállalat a járműveket mind Kína egész területén, mind pedig Délkelet-Ázsiában, Afrikában, Közép-Ázsiában és Dél-Amerikában forgalmazza.

„Szeretnénk továbbfejleszteni termékeink minőségét és fokozni a termelékenységet az automatizált hegesztéstechnikába való folyamatos befektetéseinkkel”, magyarázza Jianfeng Pan, a Henan Junton Vehicle Co., Ltd. ügyvezető igazgatója és egyben tulajdonosa. *„Szeretnénk átalakítani termelésünket úgy, hogy világviszonylatban is a legmodernebb legyen a digitalizáció és a gyártósorok, vagyis Ipar 4.0 tekintetében.”* A Henan Junton Vehicle összesen 39 CLOOS hegesztőrobotot üzemeltet. További 26 robotrendszer rendelése folyamatban van, melyeket hamarosan telepítenek. Az elkövetkező 3 évben még 60 CLOOS hegesztőrobot érkezik.

1. kép: Az összetett robotrendszer, mely billenőputtonyokat hegeszt 4 hegesztőállomáson összesen 12 hegesztőrobottal

Összetett robotrendszer intelligens munkadarab hozzárendeléssel

A modern termelőüzemben naponta több, mint 100 billenőputtonyt hegesztenek teherautók számára egy összetett gyártósoron. A rendszer 4 hegesztőállomásból áll, összesen 12 darab QRC-410-E típusú hegesztőrobottal. A 6 tengelyes, csuklós karú robotnak van egy excenter 7. tengelye, amelyet a robotzsámoly és az 1-es tengely forgáspontja közé integráltak.

2. kép: A 6 tengelyes csuklós karú robotnak van egy excenter 7. tengelye, amely bővíti a robot munkatartományát és a hegesztőpisztoly optimális pozicionálását teszi lehetővé

A 7. tengely megnövelve a robot munkatartományát, biztosítja az optimális hozzáférhetőséget. Két olyan állomás van, ahol állomásonként 2 robot dolgozik, és másik 2 állomáson működik még 4–4 robot. Az állórobotok utazópályán mozognak. Szekátorok mozgatják a robotokat vízszintes irányban, amely megkönnyíti a hosszú munkadarabok hegesztését.

Egy központi rendszer vezérli a készülékek mozgatását.

Amint a készülék előkészítése befejeződött, egy dolgozó betölti a munkadarabokat. Ezután küldi a vezérlő az automatizáltan irányított szekátort a készülékért és a munkadarabért.

A vezérlő informálja a szekátort arról, hogy melyik munkadarabról, melyik hegesztőállomásról van szó, és melyik állomásra kell továbbítani. Amint a pozicionáló átvette a

3. kép: Automatizált vezérlésű szekátorok mozgatják a készülékeket a munkadarabokkal együtt az egyes hegesztőállomások között

készüléket a munkadarabbal, az összehangolt robotok parancsot kapnak a vezérlőtől, és a hegesztés automatikusan elkezdődik. A hegesztési folyamat után a robotok jelet küldenek a vezérlőnek, hogy a szekátorok ismét felvegyék a készüléket. Végül egy dolgozó kiveszi a hegesztett munkadarabot. Az üres készülék a hegesztősor felett egy szállítószalagon visszaküldik a végpontról a kezdőpontra. Ezután az eljárás újraindul, és a vezérlő a szekátort a következő munkadarabhoz küldi.

4. kép: Egy további gyártósoron intelligens shuttle-rendszerrel 5 robot hegeszt több mint 60 különböző kisebb alkatrészt és tartozékot a teherautó-billencsekhez

A teljes gyártási folyamat az intelligens logisztikával és hegesztési megoldással egy szinte teljesen kezelőmentes termelést biztosít. *„A gyárlátogatások során ügyfeleink megcsodálják a legmodernebb gyártási technológiát, és nagyra becsülik a termékeink mögött meghúzódó automatizálás magas fokát”* hangsúlyozza Pan. *„Összességében jelentősen tudtuk növelni a piaci teljesítményünket a minőség és a hatékonyság terén.”*

Robotrendszer intelligens shuttle-megoldással

Egy másik CLOOS robotberendezés intelligens shuttle-rendszerrel hegeszt kisebb komponenseket és tartozékokat teherautó-billencsekhez. Öt QIROX QRC-350 típusú robot több, mint 60 különféle típusú munkadarabot hegeszt. A rendszer középpontjában az intelligens shuttle-megoldás van, amely a munkadarabokat a készülékek segítségével automatikusan elosztja a különböző hegesztőrobotok között. A shuttle-rendszer a betöltési területen automatikusan felismeri, hogy a munkadarab melyik hegesztési állomásra küldendő. A hegesztőrobot a készülék által be tudja azonosítani, hogy melyik hegesztőprogram a megfelelő az adott komponenshez. A shuttle-rendszer ingát dupla megfogószerkezettel látták el, ami lehetővé teszi, hogy szinte egy időben történjen az elemek betöltése és kiürítése.

„A CLOOS rendszerével sikerült jelentősen fejleszteni a termelés minőségét és a munkakörnyezetet, valamint fokozni az ismétlési pontosságot” mondja Wu Junli, az alkatrészek és tartozékok termelési igazgatója. *„Az intelligens munkadarab-felismerés is nagymértékben segíti a termelést.”*

Gyártósor automata raktározó rendszerrel

Egy másik, rendkívül összetett összekapcsolt rendszer darutartókat és kisebb forgótornyokat hegeszt. Ez a berendezés 4 QIROX QRC-410-E hegesztőrobotot és tárolórendszert tartalmaz. Ennél a folyamatnál három robot különféle darutartókat hegeszt, míg egy robot kizárólag kisebb forgótornyokat. A készülékek betöltése manuálisan történik. Végül a dolgozó beszkenneli a készüléken található vonalkódot. Először átmenetileg tárolják a tárolórendszerben. Amint a

5. kép: Egy további gyártósor 4 hegesztő robottal és egy összetett raktározási rendszerrel

megfelelő hegesztőrobot felszabadul, a lineáris hosszpályára helyezett hordozó a munkadarabot elszállítja a hegesztőállomásra. Hegesztés után a hordozó újra felveszi a munkadarabot, és átmenetileg tárolja, hogy az lehűlhessen. Amikor az alkatrész visszahűlt, automatikusan elszállítják a kiürítő állomásra. Kiürítés után az üres készüléket ismét visszaszállítják az átmeneti tárolóhelyre.

Az intelligens berendezés előnyei egyértelműek. Köszönhetően az automatizált logisztikai megoldásnak, a hibás alkatrész-hozzárendelésből adódó hiba teljesen elkerülhető. Ezáltal a Junton rengeteg időt, helyet és költséget takarít meg, emellett az ütemidőket is jelentősen sikerült csökkenteni. Ehhez járul még hozzá a humán költségek minimalizálása, miközben az operátorok munkakörülményei jelentősen javultak.

Az automatizált hegesztő-gyártósorok megfelelnek a magas követelményeknek

A magasan automatizált hegesztési technológiák alkalmazásával a vállalat jelentősen képes növelni a versenyképességét. Elsősorban a termelés növekedett a rugalmas CLOOS robotrendszerekkel: a Henan Junton Vehicle vállalat jelenleg 20 mobil darut és 100 billencset gyárt naponta. Másodsorban jelentősen növekedett a produktivitás. A kézi hegesztésről automatizálásra váltásnak köszönhetően a hegesztési idők a felére csökkentek. Ezen felül a kézi hegesztéssel összehasonlítva itt nincsenek állásidők. Mindent összevetve, a Henan Junton nagymértékben csökkenteni tudta a termelési költségeket – és ezzel egy időben – javítani a minőséget.

„A CLOOS egy nagy hagyományokkal rendelkező cég, amely csúcstechnológiát nyújt”, hangsúlyozza Pan. *„Célunk az elkövetkezendő években tovább erősíteni az együttműködést a CLOOS-szal, hogy termelésünket tovább modernizálhassuk, és hogy világviszonylatban az elsők lehessünk a haszongépjármű- és daruiparban.”*

6. kép: A berendezésben darutartókat és kisebb forgótornyokat hegesztenek

Katt és vas: acelbolt.hu

Vas és acéltermékeket keres?
Online boltunk a nap 24 órájában, a hét minden napján nyitva áll. Széles termékválaszték, kedvező ár. A rendelt terméket átveheti lakóhelyéhez közel, de kiszállítást is kérhet.
Rendeljen online: acelbolt.hu
A Salzgitter Mannesmann garanciájával

SALZGITTER
MANNESMANN
ACÉLKERESKEDELEM
A Salzgitter Csoport vállalata

SIKA KORRÓZIÓ -ÉS TŰZVÉDELMI BEVONATRENDSZEREK
GAZDASÁGOS - GYORS - ELLENÁLLÓ

SikaCor® korrózió elleni védőbevonatok a **Szerkezetépítésben**

SikaCor® korrózió elleni védőbevonatok a **Hídépítésben**

Sika® PermaCor® Tartálybevonatok és ipari korrózió elleni védelem

Sika® Unitherm® Tűzvédelmi bevonatok

SikaCor® és Sikalastic® Bevonatszigetelési rendszerek

SikaCor® és PermaCor® korrózió elleni védőbevonatok a **Vízépítésben**

BUILDING TRUST

THE LINDE GROUP

Linde

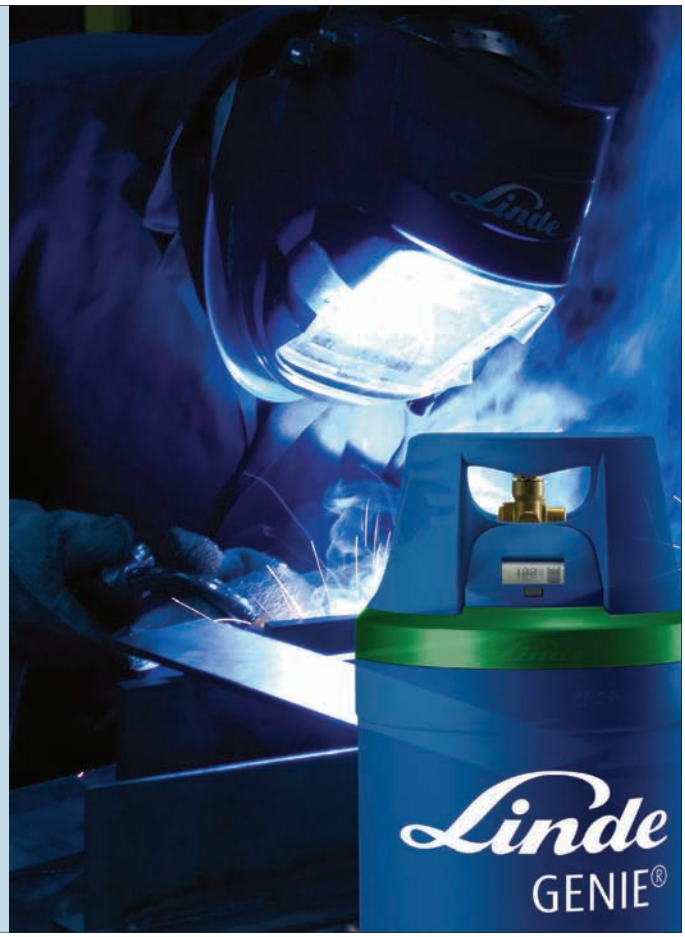
GENIE®

A jövő gázpalackja

Innovatív, intelligens, hordozható

Könnyebb, de 30%-kal több gázt tartalmaz, mint a hagyományos palack.

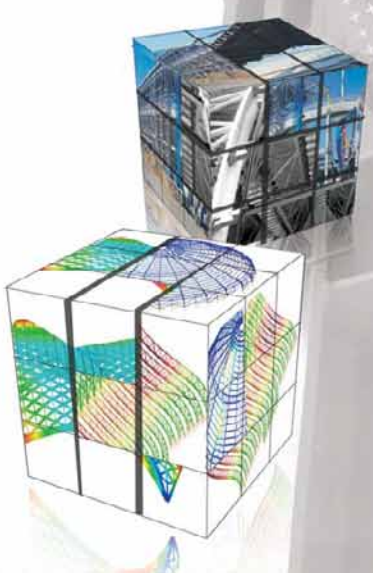
Linde Gáz Magyarország Zrt.
9653 Répcelak, Carl von Linde út 1.
www.lindegas.hu



CONSTEEL

A 21. SZÁZAD SZOFTVERE

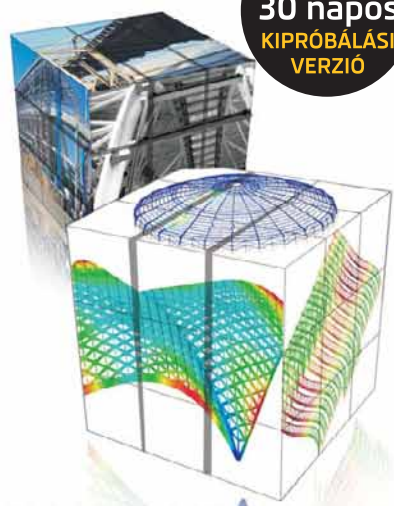
TELJES KÖRŰ MEGOLDÁS ACÉL ÉS ÖSZVÉRSZERKEZETEK TERVEZÉSÉHEZ



Statika + 3D stabilitás + kapcsolatok egy programban

- Látványos 3D grafikus felhasználói felület
- Automatikus szél és hóteher generálás
- Első és komplex másodrendű analízis
- Globális stabilitási analízis
- 100% EuroCode kompatibilis
- Csavarozott és hegesztett kapcsolatok ellenőrzése
- Teljes modellexport Tekla Structures modellező programba

LETÖLTHETŐ 30 napos KIPRÓBÁLÁSI VERZIÓ



www.consteel.hu

CONSTEEL

AZ ESAB BEMUTATJA AZ ÚJ HEGESZTŐ TRAKTORT,
AMELYET AZ ÖN IGÉNYEIT SZEM ELŐTT TARTVA TERVEZTEK.
A hegesztő szakemberek körében végzett széleskörű igényfelmérés eredményeként megterveztük a Versotrac-ot - a legsokoldalúbb és leginkább felhasználóbarát traktort a piacon.
VERSOTRAC
Tekintse meg a Versotrac traktort munka közben: esab.com/versotrac.
ESAB / esab.com
zetek
GLOBALLY CERTIFIED

MEGRENDELŐLAP

Előfizetésben megrendelem a MAGÉSZ Acélszerkezetek című folyóiratot . . . . . példányban.

Előfizetési díj: 1 évre 10 000 Ft+áfa és postaköltség.

Megrendelő: . . . . . .

. . . . . .

Számlázási cím: . . . . . .

. . . . . .

Postacím: . . . . . .

Telefon/fax/e-mail: . . . . . .

Kelt: . . . . . .

P.H.

. . . . . .
aláírás

A megrendelőlapot
MAGÉSZ 1161 Budapest, Béla utca 84.
Tel./fax: 1/405-2187 E-mail: magesz@t-online.hu
címre kérjük.

HIRDETÉS

1 oldal (A/4) színes:
MAGÉSZ tagoknak 100 000 Ft+áfa
külső cégeknek 140 000 Ft+áfa

1/2 oldal (A/5) színes:
MAGÉSZ tagoknak 50 000 Ft+áfa
külső cégeknek 70 000 Ft+áfa

Nagy József
Telefon:
06 20 468-4680
Telefon/fax:
06 25 581-623
E-mail:
jnagy62@freemail.hu

Azon partnereink részére,
akik minden számban hirdetnek (4 db/év),
10% kedvezményt adunk.

MAGÉSZ®
ACÉLSZERKEZETEK
Magyar Acélszerkezeti Szövetség lapja – Journal of the Hungarian Steel Structure Association

www.magesz.hu

Kiadja a Magyar Acélszerkezeti Szövetség, 1161 Budapest, Béla u. 84.
Mobil: +36 30 946-0018, E-mail: magesz@t-online.hu, Fax: (1) 405-2187

Felelős kiadó: a MAGÉSZ elnöke
Felelős szerkesztő: Dr. Csapó Ferenc
A szerkesztő munkatársa: Nagy József

Kérjük szerzőinket, hirdetőinket, hogy a fényképeket, ábrákat ne Word-be ágyazva küldjék. Ajánlott formátum fotóknál: eredeti jpg, tif; ábráknál: eps, pdf. A képek jó minőségét csak így lehet biztosítani.

ISSN: 1785-4822

A tördelést és a nyomdai munkákat a TEXT Nyomdaipari Kft. készítette.
2400 Dunaújváros, Papírgyári út 49., 2401 Pf. 262
Telefon: 25/283-019, E-mail: studio@textnyomda.hu; andrea@textnyomda.com

ÉMI-TÜV

Válassza a biztonságot
Teremtsen értéket

Szolgáltatások hegesztőüzemek számára

Akkreditált, notifikált státuszban, illetve nemzeti kijelölés alapján kiadott tanúsítványok

Milyen szolgáltatást kínál az ÉMI-TÜV SÜD?

- **Személytanúsítás**
  Hegesztők, forrasztók, gépkezelők, műanyaghegesztők
  ÚJ! minősítése, vizsgáztatása, tanúsítása, jóváhagyása, tanúsítványok meghosszabbítása
  Választható érvényességi idő *ÚJ!*
  – EN ISO 9606-1/2/3/4/5
  – EN ISO 14732
  – EN ISO 13585
  – EN 13067
  – EN ISO 17660-1
  – AD 2000 HP3
  – 2014/68/EU - PED-2014 / 44/2016 (XI.28) NGM rendelet
- **Hegesztés-, forrasztástechnológiák vizsgálata, ellenőrzése, jóváhagyása**
  – MSZ EN ISO 15614-1:2017 *ÚJ!*
- **Hegesztőbázisok, képzőhelyek tanúsítása**
- **Hegesztőüzemi tanúsítások**
  – EN ISO 3834-2/3/4
  – 8/2018. (VIII. 17.) ITM rendelet *ÚJ!*
  – 1/2016 (I.5.) NGM rendelet
  – CPR/EN 1090-1 – CE jel
  – EN 1090-2/EN 1090-3
  – 2014/68/EU (PED-2014)
  – EN 15085-2

További szolgáltatások hegesztőüzemek számára:

- 2014/68/EU/ 44/2016 (XI.28) NGM rendelet szerinti megfelelőség tanúsítás - CE jel
- TPED/ADR/RID
- MIR (ISO 9001:2015), KIR (ISO 14001:2015) *ÚJ!*
- EMAS-2017 *ÚJ!*
- Energiagazdálkodási Irányítási Rendszer, EIR (ISO 50001:2011)
- MEBIR/OHSAS és SCC
- Információbiztonsági Irányítási Rendszer, IBIR (ISO 27001)
- Szakvélemény készítés, szakértői közreműködés, állásfoglalások készítése
- Komplex műszaki felügyeleti tevékenység
- Állapotfelmérés, káresemények kivizsgálása

ÉMI-TÜV SÜD Kft. 2000 Szentendre, Dózsa György út 26.
(+36) 26 501 120 info@emi-tuv.hu www.emi-tuv.hu

TÜV®

A REHM FOCUS.Puls alkalmazásával jelentős költséget takaríthat meg

▶ A termelékenység növelése érdekében:

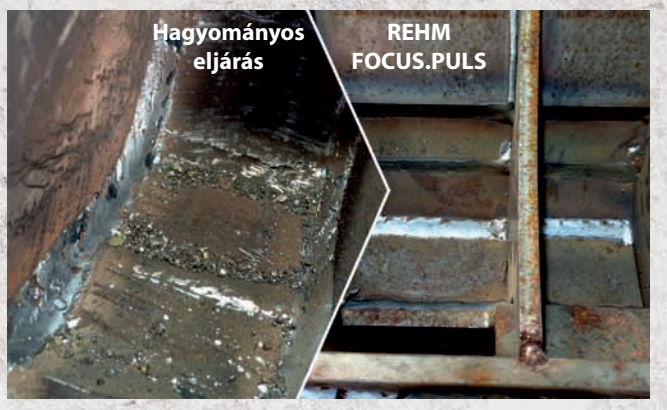
- **30%-kal nagyobb leolvadási teljesítmény**

▶ Költségcsökkentés és a minőség javítása érdekében:

- **90%-kal kevesebb fröcskölés**
- **30%-kal kisebb hőbevitel**
- **30%-kal kisebb deformáció**
- **30%-kal kisebb energiafelhasználás**

▶ Az egészség érdekében:

- **70%-kal alacsonyabb füstképződés**



Az utómunkálatok mértéke a töredékére csökken

REHM Hegesztéstechnika

REHM Hegesztéstechnika Kft.
2766 Tápiószele, Jászberényi út 4.
Tel.: +36 (53) 380 078; +36 (30) 241 77 99
E-mail: rehm@rehm.hu; Web: www.rehm.hu