



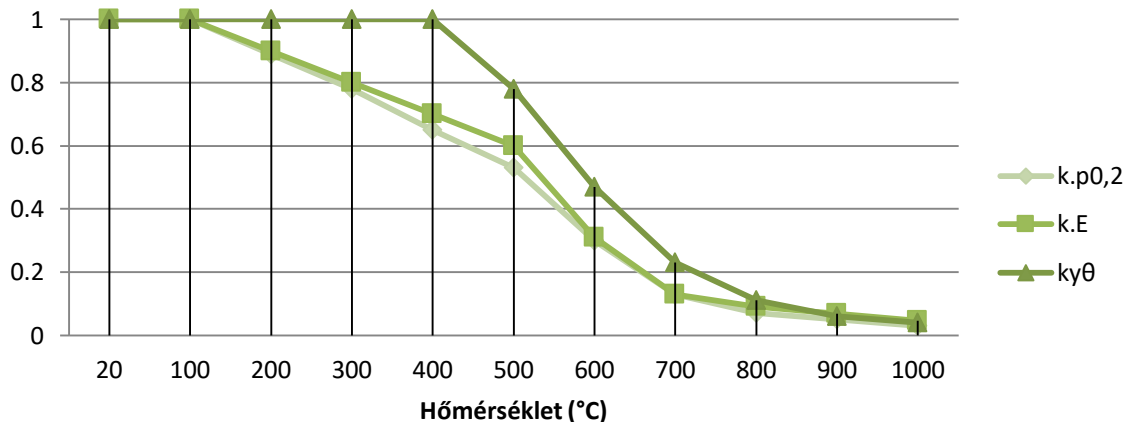
TŰZVÉDELMI RENDSZEREK ALKALMAZÁSA, MÉRETEZÉSE

I. BEVEZETÉS

A SZERKEZETI TŰZVÉDELEM CÉLJA ÉS FONTOSSÁGA

Tűzvédelem fontossága:

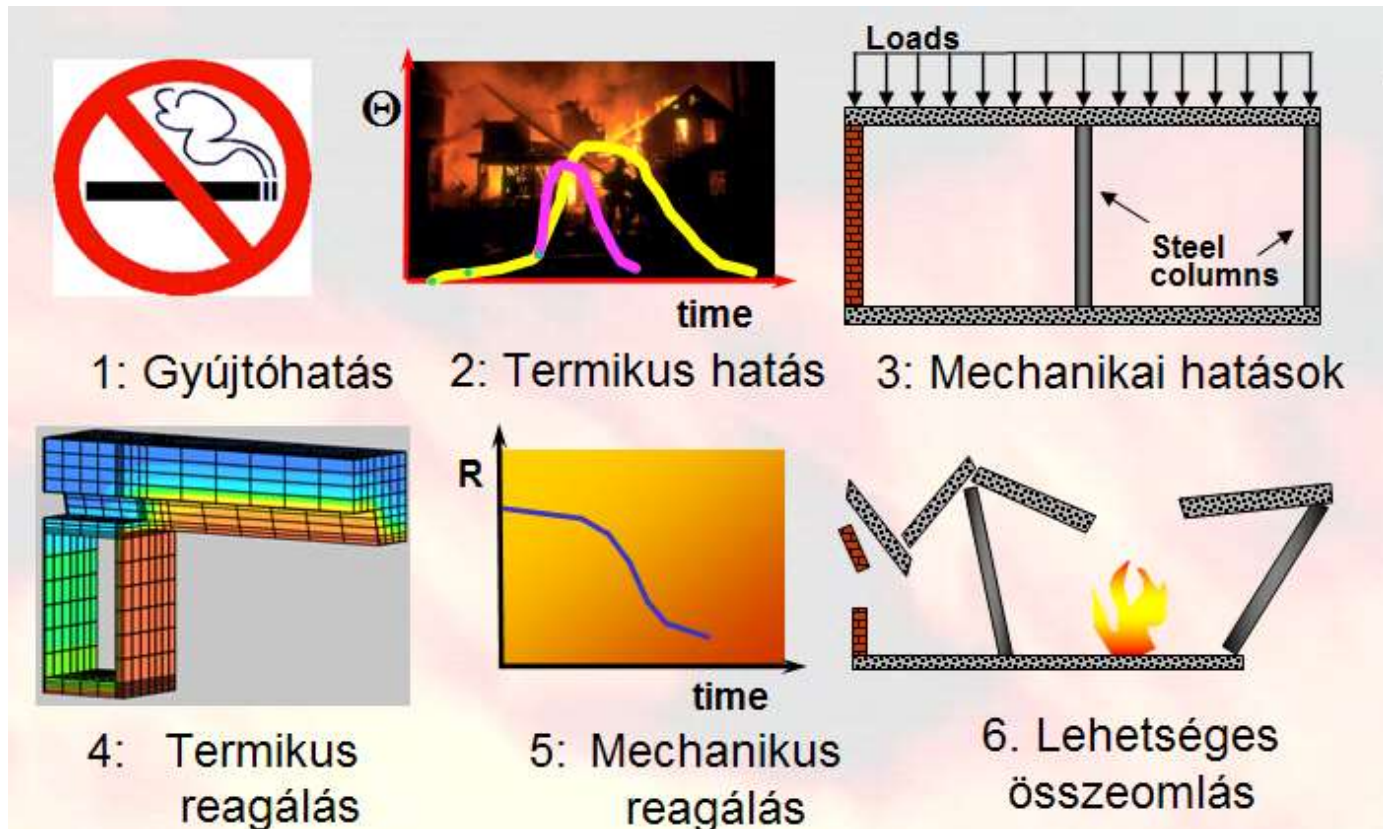
Az acélszerkezetek 400 °C felett rohamosan veszítik el a szilárdságukat és merevségüket. Ez a teherbírás-csökkenés súlyos károsodásokhoz vezethet a szerkezetben, amely akár a teljes tönkremenetelhez, összeomláshoz vezethet.



Tűzvédelem célja:

Az acél tűzvédelmének célja, hogy a szerkezet ne érje el azt a kritikus hőmérsékletét, amelynél bekövetkezhet tönkremenetel és eközben biztosítva legyen az épület kiürítése és tűzoltók beavatkozása.

VÉDELEM NÉLKÜLI ACÉLSZERKEZET TŰZESETI VISELKEDÉSE



Tűz keletkezése



Tűz érzékelés
(személy, vagy tűzjelző)

Tűzoltás oltókészülékkel

Automatikus beépített oltás

Tűzoltói beavatkozás

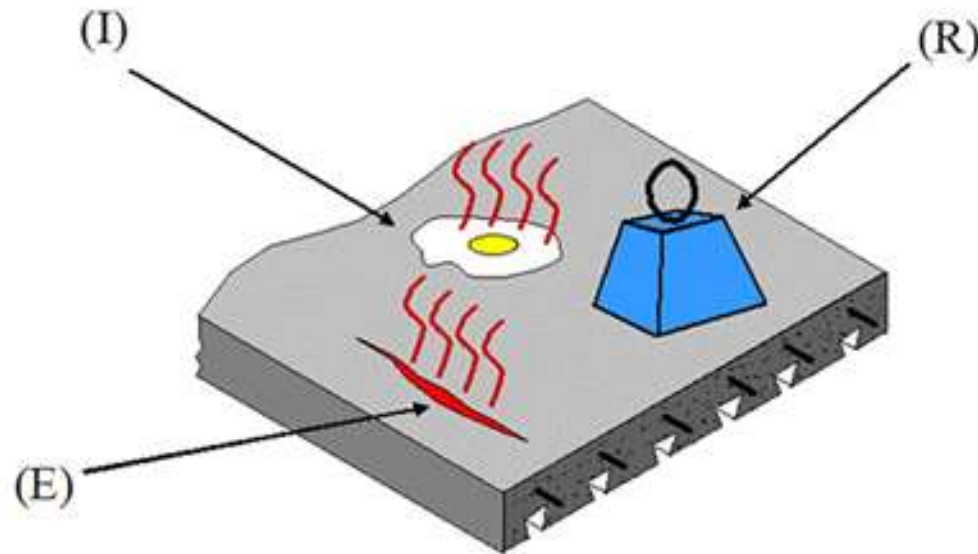
Passzív (építészeti) tűzvédelmi elemek

Működnek az előírt ideig

Tűzoltói beavatkozás



- **R** – teherhordó képesség (resistance): teherbírás
- **E** – integritás (integrity): lángáttörés
- **I** – hőszigetelés (insulation): hőátadás



Példa: REI 30

30 percen keresztül rendelkezik teherhordó, elválasztó és szigetelő funkcióval

MÓDSZER

EREDMÉNY

I.

FDS (CFD):
TERMIKUS HATÁS

EUROCODE alapú mechanikai
vizsgálat:
MECHANIKAI HATÁS
TERMIKUS REAGÁLÁS
MECHANIKUS REAGÁLÁS

Szerkezeti elemek
viselkedésének vizsgálata: mely
elemek védelme szükséges

II.

EN 13381-4 és -8
ISO834 tűzgörbe:
TERMIKUS HATÁS

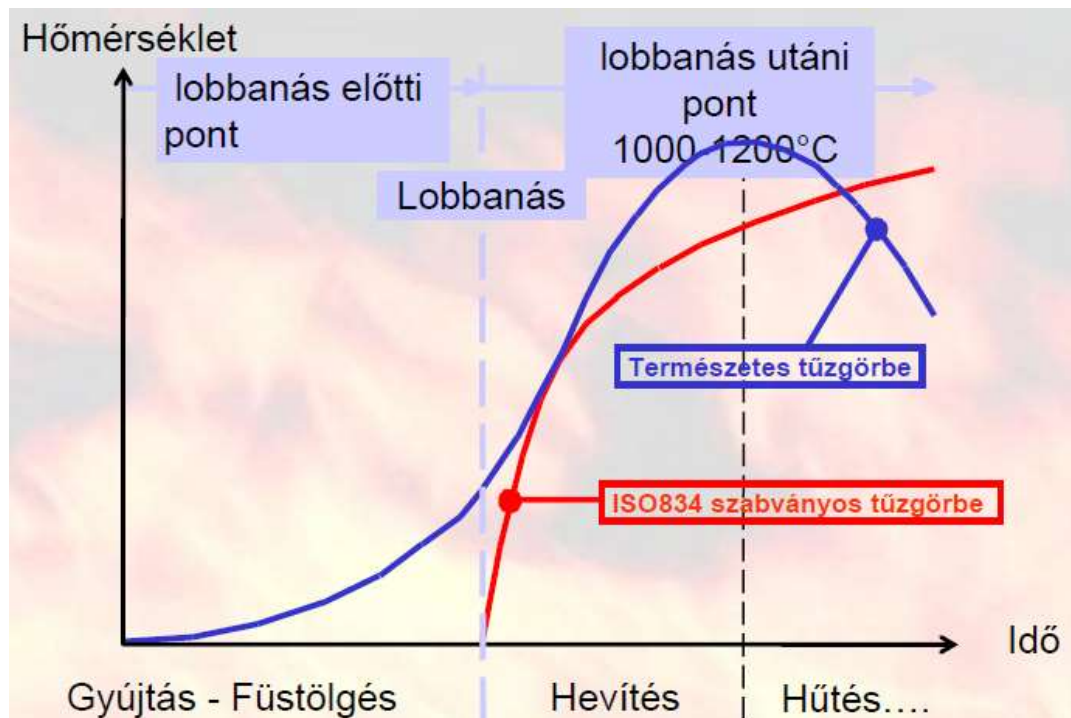
EUROCODE alapú mechanikai
vizsgálat:
MECHANIKAI HATÁS ÉS
REAGÁLÁS

Kritikus hőmérséklet:
Tűzvédelmi bevonat
rétegvastagsága

III.

SZÉNHIIDROGÉN tűzgörbe:
TERMIKUS HATÁS

Tűzvédelmi bevonat
rétegvastagsága



ISO834 szabványos tűzgörbe:

- Mérnöki megállapodáson alapszik, cellulóz alapú tüzekeztet modellez,
- Nincs figyelembe véve a lobbanáspont előtti szakasz, parázslás,
- „Flash over“-től, azaz a teljes lángaborulástól indul,
- Nem fog el az éghető anyag, azaz nincs hűlési szakasz sem figyelembe véve,
- A tűzvédelmi anyagok többsége erre a tűzgörbére van vizsgálva. Tűztesztek alatt ez a vizsgálati tűzgörbe, amelyet előállítanak.

SZERKEZETEK TŰZVÉDELMENEK OPTIMALIZÁLÁSÁNAK MÓDSZEREI

- Gyakran a tűzvédelem marad utoljára – rövid határidők, amelyekbe nem fér bele a komplex tűzvédelmi vizsgálat,
- Minél korábban csatlakozik a szerkezeti tűzvédelmi tervezés a projektbe, annál kedvezőbb tűzvédelmi budget érhető el,
- A legkisebb súlyra optimalizált acél tartószerkezet nem feltétlenül eredményezi a legolcsóbb szerkezeti megoldást a tűzvédelemmel együtt,
- A tartószerkezeti és a tűzvédelmi tervezés együttes kezelése eredményezi a leggazdaságosabb megoldást.

II. Passzív viselkedésű tűzvédelmi anyagok TŰZVÉDELMI LAP ÉS HABARCS

PASSZÍV TŰZVÉDELMI ANYAGOK

- Tűzvédelmi habarcs
- Tűzvédelmi lapburkolat



Passzív tűzvédelmi mód (állandó rétegvastagság)

Ezek az anyagok hőszigetelik az acélszerkezetet és nem engedik a felmelegedésüket

- alkalmazható rétegvastagság: 8,0- 60,0 mm
- tűzvédelmi teljesítmény: R15- R240 min

Előkészített felületre horható fel (tisztá, szennyeződés és korróziómentes, alapozott felület)



Előnyök – hátrányok a habarcs alkalmazásánál

- + versenyképes megoldás a tűzvédő burkolathoz és festékhez képest
 - + jó a tapadás érhető el még összetett szerkezeteken
 - + 240 perces tűzállóság is elérhető
 - + nagy rétegvastagság érhető el egy réteg felhordásával
 - + vízzel keverve általánosan használt habarcsszórókkal felhordható a felületre
 - + alacsony sűrűségük miatt kis önsúlyúak, ami nem terheli a szerkezetet összehasonlítva a tűzgátló lapokkal
-
- rusztikus felület keletkezik, amely nem minden esetben felel meg esztétikailag
 - alkalmanként a védett acél eltakarásra kerül, így nem jelent gondot a rusztikus felület

Felhordható:

- általános habarcsszórógéppel előkevert nedves állapotban vagy
- automata szórógéppel (előkeverés nem szükséges)

Kézi felhordás is lehetséges kis felületeken, esetleges javítások céljából. Zsaluzással sima felület is elérhető.

III. Reaktív viselkedésű tűzvédelmi anyagok HŐRE HABOSODÓ TŰZVÉDELMI FESTÉK

Működési mechanizmus:

220 -250 °C körül indul meg a kémiai reakció, a habképződés: szénbázisú hab, amely hőszigetelő képessége révén megvédi az acélt a kritikus felmelegedéstől,

- szinte láthatatlan bevonat – vékony száraz rétegvastagság: 0,2- 2,4 mm,
- hőhatásra duzzadás, hőszigetelő réteg: 40- 60x
- a felhabosodásnak helyigénye van, amelyet biztosítani szükséges, különben a védelem nem hatásos
- biztosítható tűzállósági határérték a szelvénytényező és a kritikus hőmérséklet függvényében: R15- R120 min



Vizsgálati módszerek szabványai

EN 13381-4 Acélszerkezetek járulékos passzív védelme

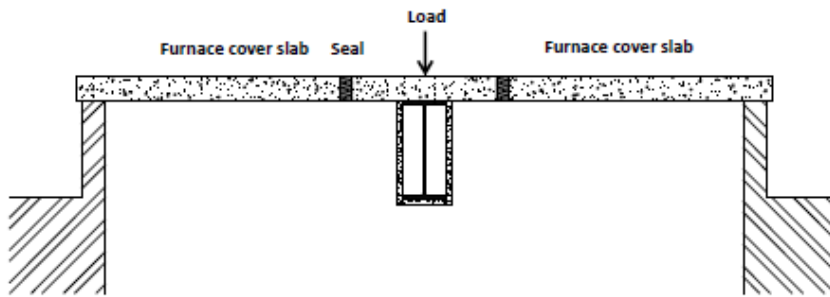
EN 13381-8 Acélszerkezetek járulékos reaktív védelme

Előírások:

- Kemence felfűtése, vizsgálati hőmérséklet: ISO834 szabványos tűzgörbe
- Vizsgálati mintadarab: nyitott keresztmetszetű (I- és H-szelvények) és zárt-szelvények: négyszögletes és csőszelvények
- Mintadarabok ellátása hőérzékelőkkel: terhelt és terheletlen oszlop és gerenda vizsgálata,
- A bevonat rétegvastagságának mérése: min, max és átlag

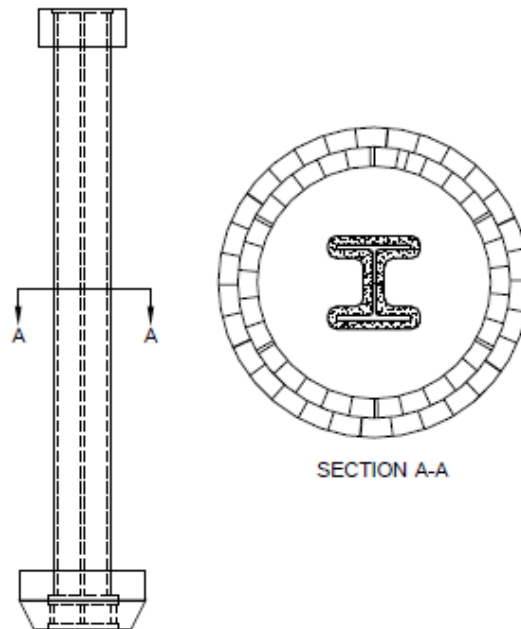


Figure 4 – General arrangement for fire tests on beams



**GERENDA (VASBETON
FÖDÉM ALÁ BEÉPÍTVE):**
3-oldali tűzhatás

Figure 5 – General arrangement for fire tests on loaded columns



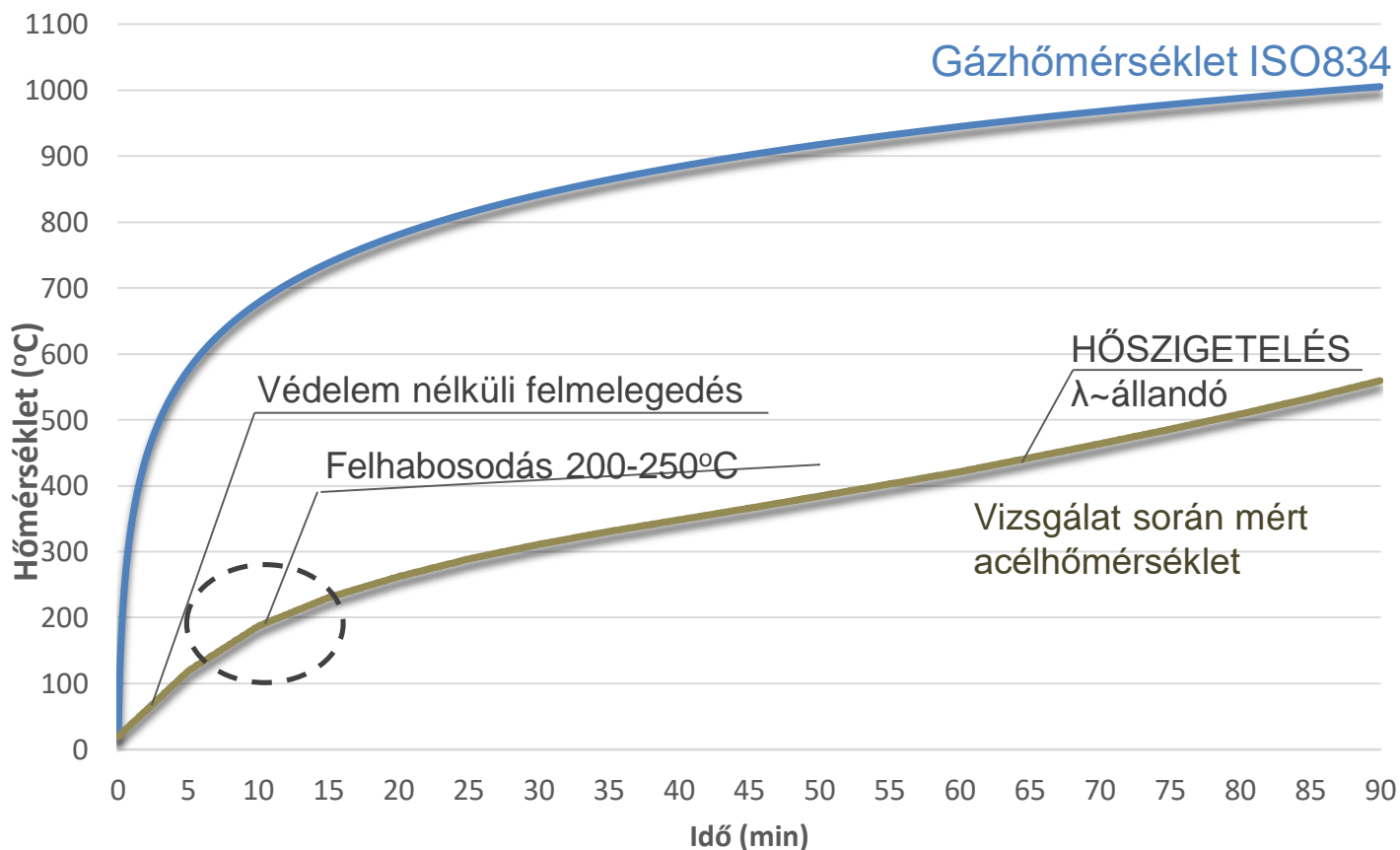
OSZLOP:
4-oldali tűzhatás

VIZSGÁLATI MÓDSZEREK

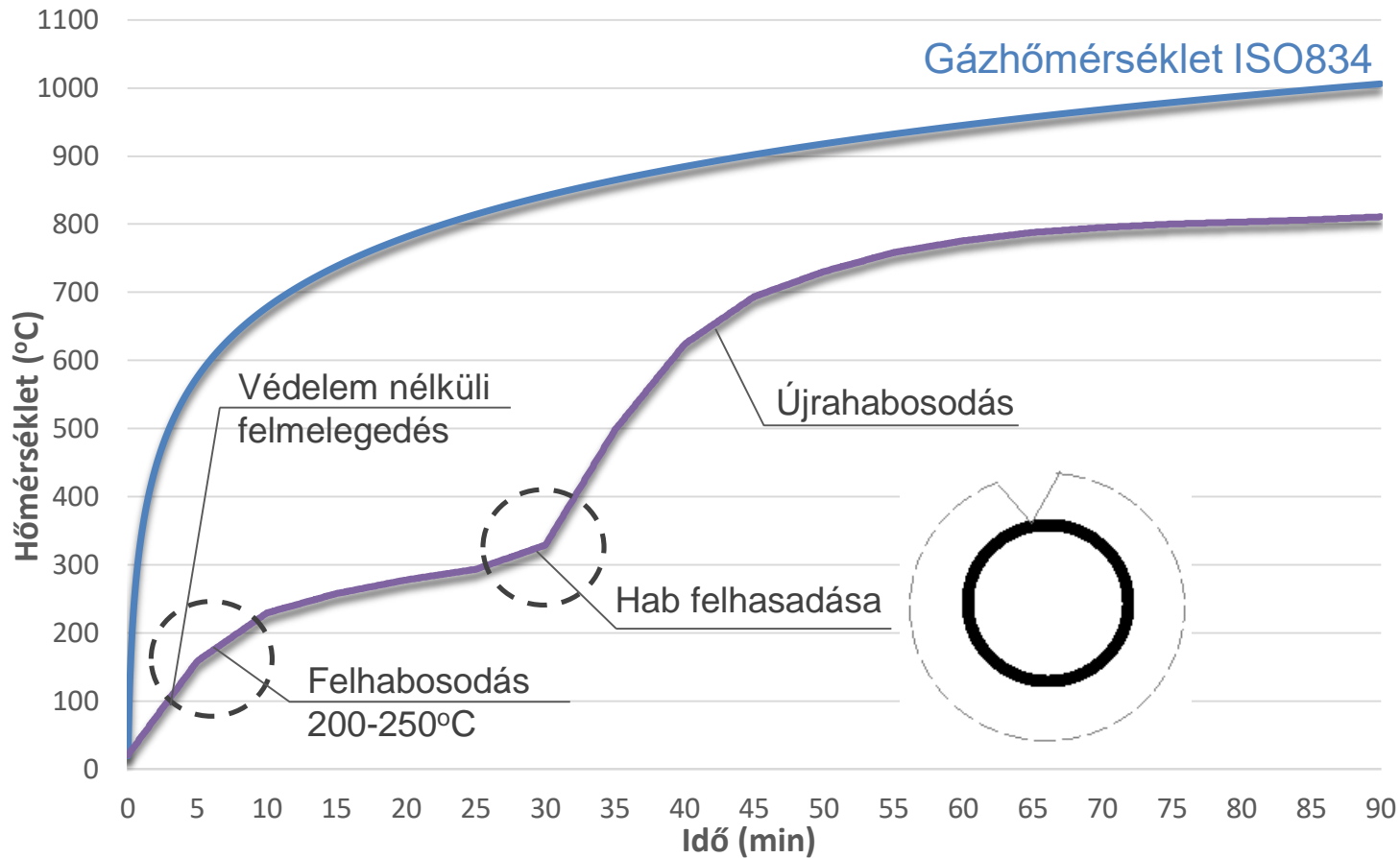
- A kész mintadarabok beépítése a vizsgálókemencébe,
- Az acél tartószerkezet hőmérsékleti adatait folyamatosan rögzítik a kemence felfűtése közben.



HŐHATÁSRA HABOSODÓ FESTÉK MŰKÖDÉSI MECHANIZMUS – NYITOTT SZELVÉNYEK



HŐHATÁSRA HABOSODÓ FESTÉK MŰKÖDÉSI MECHANIZMUS – CSŐSZELVÉNYEK



BEVONATRENDSZER FELÉPÍTÉSE:

- **korróziógátló alapozó réteg** – korróziógátlás és a megfelelő tapadás biztosítása
- **hőre habosodó tűzvédő festék** (profiltenyező és kritikus hőmérséklet függvényében)
- **fedőfesték** (szükség és igény szerint) – az acélszerkezet és a tűzvédő réteg védelmét biztosítja a környezeti behatások ellen (páratartalom, kémiai behatások, UV sugárzás, csapadék, fagy stb)
- színezést is biztosítja



HŐHATÁSRA HABOSODÓ FESTÉK

Termék	Polylack A	Polylack W
Leírás	oldószer bázisú	Vizes bázisú
Tűzállóság	R15- R60 profiltól és kritikus hőmérséklettől függően	
Szín	fehér, igény esetén néhány RAL tónus keverése lehetséges: 1015, 6019, 7035, 9002, 9010	
Száranyag-tartalom	76 ± 2 %	68 ± 2 %
Térfogat sűrűség	1,35 ± 0,06 g/cm ³	1,24 ± 0,06 g/cm ³
VOC- volatile organic compound	327 g/liter	0,00 g/liter
Száradási idő 23°C-on, 250- 300 µm rétegvastagságban	átfesthető önmagával 8 óra után, fogás biztos és kezelhető 24 óra után	
Ajánlott száraz vastagság 1 rétegben - ecsettel	250- 450 µm	200- 350 µm
Ajánlott száraz vastagság 1 rétegben - airless szórás	400- 800 µm	400-800 µm
Tárolási feltételek	12 hónapig hűvös, száraz helyen	12 hónapig hűvös, száraz, fagytól védett helyen
Rétegvastagság	ETA-17/0735	ETA-15/0801
Felhordási feltételek	-5 °C-tól + 40 °C-ig, relatív légnedvesség: max. 70%	+5 °C-tól + 40 °C-ig, relatív légnedvesség: max. 70%
Csomagolás	30 kg/ fém kanna	20 kg/ műanyag kanna

<p>Környezeti kitettség EN16623 alapján, festékrendszer ETA engedélyében</p>	<p>Korróziós követelmény ISO12944-2 alapján</p>
<p>Z2: Beltér, 85%-nál alacsonyabb páratartalom, nincs fagy</p>	<p>C1: Fűtött épület, beltér, tiszta környezet</p>
<p>Z1: Beltér, 85%-nál magasabb páratartalom, nincs fagy</p>	<p>C2: Fűtetlen épület, alacsony szennyezettség, páralecsapódás előfordulhat</p>
<p>Y: Beltér vagy részlegesen kitett kültéri körülmények, fagypont alatti hőmérséklet, esőtől védett, UV-sugárzásnak korlátozottan vagy alkalmanként kitéve</p>	<p>C2: Kültér, alacsony szennyezettség; C3 közép: Beltéri gyártási körülmények, magas páratartalommal</p>
<p>X: Kültér, időjárásnak kitéve</p>	<p>C3 magas/C4: Kültér, városi és ipari körülmények C5 kivételével</p>
<p>Nem alkalmazott kategória az EN16623 szabványban</p>	<p>C5: Ipari területek magas páratartalommal és agresszív szennyeződésekkel</p>
	<p>C5-X: Offshore műtárgyak magas sótartalomnak kitével és extrém körülményeknek kitétt ipari területek</p>

ALKALMAZÁS TECHNIKA



Gyártói alkalmazási útmutató szerint, illetve TvMI 11. Építményszerkezetek tűzvédelmi jellemzői, H melléklet: Építményszerkezetek tűzállósági teljesítményének biztosítása járulékos tűzvédelmi megoldásokkal (tűzvédelmi bevonatokkal és burkolatokkal)

A festék megfelelően előkészített felületre vihető fel:

- a tiszta, száraz, korróziómentes és megfelelő alapozófestéssel ellátott felület elengedhetetlen,
- tüzhorganyzott felületen: kétkomponensű epoxi alapozóval



• **Kézi felhordás: ecset, henger**

- + alacsonyabb felhordási veszteség: max. 5-20%
- + tisztábban tartható a környezet a munka idejében
- vékonyabb száraz réteg vastagság egy réteggel: 200 - 400 μm (400-750 μm nedves rétegvastagság)
- durvább, egyenetlenebb felület

• **Gépi felhordás: airless szórás**

- + vastagabb száraz vastagság egy réteggel: 400 - 800 μm (1000 – 2000 μm nedves rétegvastagság)
- + simább, egyenetlenebb felület
- + a szóráshoz ajánlott pumpás gépet használni 200 bar nyomáson és 0,48-0,63 mm fúvóka mérettel, max 15-20m tömlőhosszal, a szűrő eltávolítása javasolt
- Magasabb felhordási veszteség: min. 10-40%
- Szükséges a környezet védelme a szóródó festék miatt

ALKALMAZÁS TECHNIKA



Felhordás közbeni és utáni feladatok:

- megfelelő rétegvastagságok kiválasztása és mérése
- megfelelő felhordási mód kiválasztása:
(nagy felületek, széles oszlopok esetén: szórás;
Kisebb felületek, különösen íves felületek esetén: kézi felhordás)

TvMI javaslatai:

- Védelemmel ellátott és védelem nélküli elemek csatlakozásánál: a tűzvédő anyaggal áthúzni a védelem nélküli elemet kb. 50 cm-en a hőátadás kontrollálása érdekében.
- Különböző tűzvédelmi követelményű elemek vagy különböző tűzvédelmi módon védett elemek csatlakozásánál: lehetséges közvetlenül összekapcsolni őket.



ALKALMAZÁS TECHNIKA



Rétegvastagság mérési jegyzőkönyv (DFT), TvMI javaslatai:

- ellenőrző mérések készítése a felhordás közben, akár a rétegek között is (mérőfésű alkalmazásával) vagy teljes száradás után ultrahangos mérőkészülékkel,
- dokumentáció vezetése – mérési adatok a nedves és száraz rétegvastagságokról
- Mérési pontok: 1-1 mérési pont a szelvény minden felületén méterenként.
- Elfogadási feltételek:
 - A mért átlagos száraz rétegvastagság minden egyes elemen nagyobb vagy egyenlő, mint a megadott névleges érték,
 - Bármely acélszelvény bármely felületén az átlagos mért száraz rétegvastagság nem lehet kevesebb a névleges érték 80%-nál.
- Duzzadási hatásvizsgálat: kiszáradt festékmintákat laboratóriumban (izzítókemencében) habosodási vizsgálat alá veti összehasonlítva a bontatlan termékből vett minta habosodásával.



IV. RÉTEGVASTAGSÁG MEGHATÁROZÁSA

SZELVÉNYTÉNYEZŐ SZÁMÍTÁSA

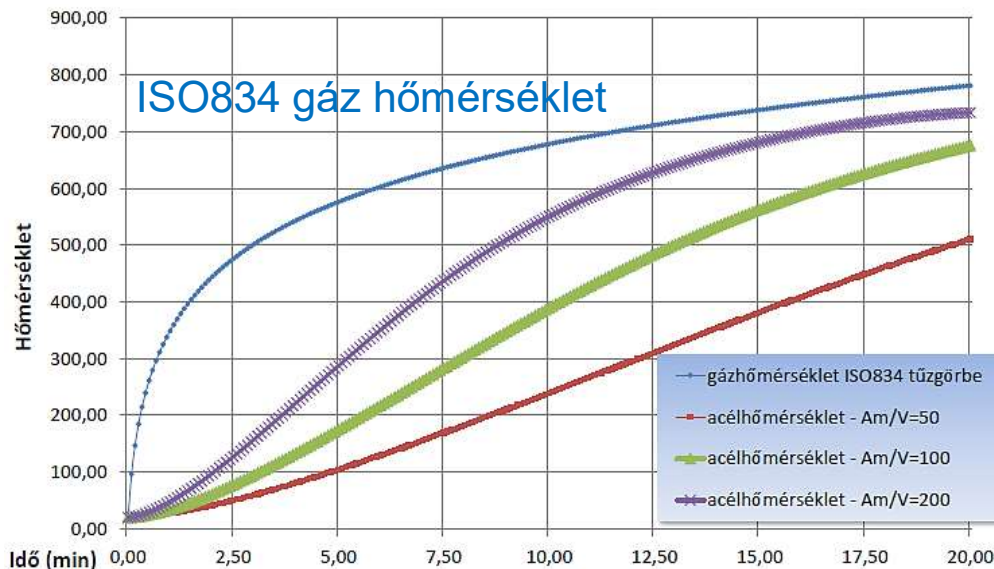
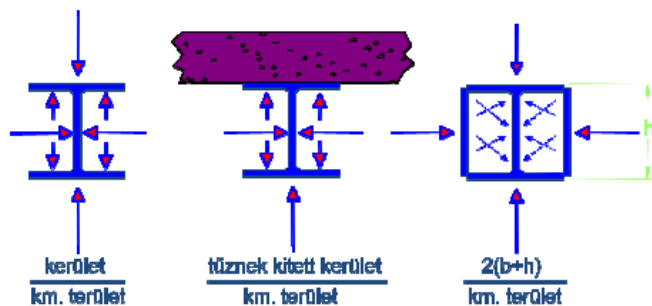
Szelvénytényező =

A_m/V [m⁻¹] (Angloszaxon terminológia)

U/A [m⁻¹] (Német terminológia)

A_m (**U**) a tűz által támadott oldalhosszak összege, kerület [m] (négy- vagy háromoldali tűzhatás)

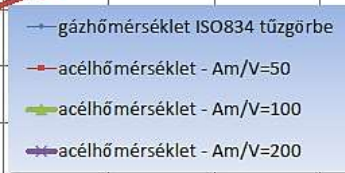
V (**A**) keresztmetszet területe [m²]



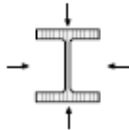
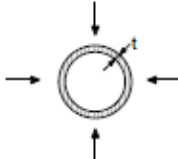
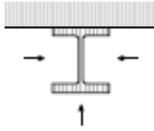

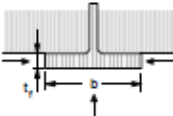
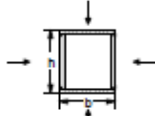
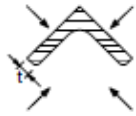
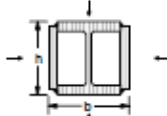
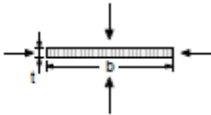
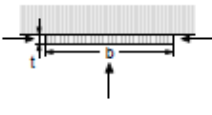
$A_m/V=200$ 1/m
(vékonyfalú szelvény)

$A_m/V=100$ 1/m

$A_m/V=50$ 1/m
(vastagfalú szelvény)



4.2. táblázat: Védelem nélküli acélelemek A_m/V szelvénytényezői

<p>Nyitott szelvény minden oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{kerület}}{\text{keresztmetszeti terület}}$ 	<p>Cső körkörös tűzhatásnak kitéve:</p> $A_m/V = 1/t$ 
<p>Nyitott szelvény három oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{\text{tűznek kitétt felület}}{\text{keresztmetszeti terület}}$ 	<p>Zárt szelvény (vagy állandó falvastagságú hegesztett szelvény) minden oldalán tűzhatásnak kitéve: ha $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t$</p> 
<p>I szelvény övelemeze három oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $A_m/V = (b+2t)/(b-t)$ <p>ha $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t$</p> 	<p>Hegesztett zárt szelvény minden oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{keresztmetszeti terület}}$ <p>ha $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t$</p> 
<p>Szögacél minden oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $A_m/V = 2/t$ 	<p>I szelvény zárt szelvénné alakítva, minden oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $\frac{A_m}{V} = \frac{2(b+h)}{\text{keresztmetszeti terület}}$ 
<p>Laposacél minden oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $A_m/V = 2 \cdot (b+t)/(b-t)$ <p>ha $t \ll b$: $A_m/V \approx 2/t$</p> 	<p>Laposacél három oldalán tűzhatásnak kitéve:</p> $A_m/V = (b+2t)/(b-t)$ <p>ha $t \ll b$: $A_m/V \approx 1/t$</p> 

MÉRETEZÉSI TÁBLÁZAT

Vizsgálati adatok értékelése

A rétegvastagságokat tartalmazó vizsgálati táblázatok közül a következő adatok szerint kell választani:

Nyitott-, zárt- és csőszelvények

Tűzállóság:

R15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 240

Tűzkitettség típusa:

GERENDA: 3-oldali tűzkitét

OSZLOP: 4-oldali tűzkitét

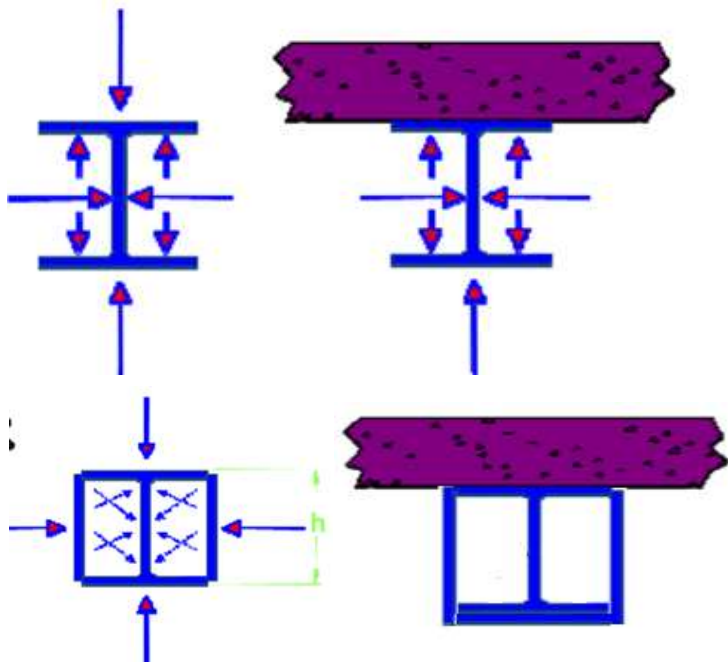
**AMENNYIBEN A GERENDA
NÉGYOLDALI
TŰZHATÁSNAK VAN
KITÉVE, OSZLOPKÉNT
VEENDŐ FIGYELEMBE!**

PW R60 – Nyitott szelvényű gerendák

Θ_{cr} [°C]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
A_m/V [1/m]	Szükséges rétegvastagság adott tervezési hőmérséklethez [mm]								
80	-	0,938	0,871	0,707	0,614	0,502	0,350	0,248	0,248
90	-	1,020	0,880	0,782	0,691	0,558	0,421	0,300	0,248
100	-	1,103	0,940	0,858	0,766	0,615	0,492	0,358	0,248
110	-	1,185	0,999	0,917	0,842	0,675	0,563	0,415	0,248
120	-	1,267	1,058	0,974	0,905	0,736	0,629	0,472	0,273
130	-	1,350	1,118	1,030	0,959	0,796	0,671	0,529	0,323
140	-	-	1,177	1,086	1,014	0,857	0,714	0,586	0,374
150	-	-	1,237	1,142	1,069	0,915	0,757	0,635	0,425
160	-	-	1,296	1,199	1,124	0,971	0,799	0,670	0,475
170	-	-	1,355	1,255	1,178	1,028	0,842	0,705	0,526
180	-	-	-	1,311	1,233	1,085	0,889	0,740	0,576
190	-	-	-	1,368	1,288	1,142	0,947	0,775	0,624
200	-	-	-	-	1,343	1,199	1,005	0,810	0,648
210	-	-	-	-	1,397	1,256	1,062	0,845	0,672
220	-	-	-	-	-	1,313	1,120	0,886	0,696
230	-	-	-	-	-	1,370	1,178	0,944	0,721
240	-	-	-	-	-	-	1,235	1,001	0,745
250	-	-	-	-	-	-	1,293	1,058	0,769

MÉRETEZÉSI TÁBLÁZAT

Szelvénytényező A_m/V - Megmutatja a szelvény masszivitását és beépítés módját: A tűzzel támadott terület és a keresztmetszeti felület hányadosaként számítható



PW R60 – Nyitott szelvényű gerendák

θ_{ct} [°C]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
A_m/V [1/m]	Szükséges rétegvastagság adott tervezési hőmérséklethez [mm]								
80	-	0,938	0,871	0,707	0,614	0,502	0,350	0,248	0,248
90	-	1,020	0,880	0,782	0,691	0,558	0,421	0,300	0,248
100	-	1,103	0,940	0,858	0,766	0,615	0,492	0,358	0,248
110	-	1,185	0,999	0,917	0,842	0,675	0,563	0,415	0,248
120	-	1,267	1,058	0,974	0,905	0,736	0,629	0,472	0,273
130	-	1,350	1,118	1,030	0,959	0,796	0,671	0,529	0,323
140	-	-	1,177	1,086	1,014	0,857	0,714	0,586	0,374
150	-	-	1,237	1,142	1,069	0,915	0,757	0,635	0,425
160	-	-	1,296	1,199	1,124	0,971	0,799	0,670	0,475
170	-	-	1,355	1,255	1,178	1,028	0,842	0,705	0,526
180	-	-	-	1,311	1,233	1,085	0,889	0,740	0,576
190	-	-	-	1,368	1,288	1,142	0,947	0,775	0,624
200	-	-	-	-	1,343	1,199	1,005	0,810	0,648
210	-	-	-	-	1,397	1,256	1,062	0,845	0,672
220	-	-	-	-	-	1,313	1,120	0,886	0,696
230	-	-	-	-	-	1,370	1,178	0,944	0,721
240	-	-	-	-	-	-	1,235	1,001	0,745
250	-	-	-	-	-	-	1,293	1,058	0,769

MÉRETEZÉSI TÁBLÁZAT

Tervezési (kritikus) hőmérséklet (°C) az a hőmérséklet, amelyig felmelegedhet az acél a tűzhatás ideje alatt

Száraz rétegvastagság (mm), amely hőszigetelést biztosít az acél felmelegedése ellen

Magasabb tűzállósági követelmény esetén a védendő profil kiválasztása kiemelten fontos, hogy legyen rá rétegvastagság: **TERVEZÉS!**

G_{cr} [°C]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
A_m/V [1/m]	Szükséges rétegvastagság adott tervezési hőmérséklethez [mm]								
80	-	0,938	0,871	0,707	0,614	0,502	0,350	0,248	0,248
90	-	1,020	0,880	0,782	0,691	0,558	0,421	0,300	0,248
100	-	1,103	0,940	0,858	0,766	0,615	0,492	0,358	0,248
110	-	1,185	0,999	0,917	0,842	0,675	0,563	0,415	0,248
120	-	1,267	1,058	0,974	0,905	0,736	0,629	0,472	0,273
130	-	1,350	1,118	1,030	0,959	0,796	0,671	0,529	0,323
140	-	-	1,177	1,086	1,014	0,857	0,714	0,586	0,374
150	-	-	1,237	1,142	1,069	0,915	0,757	0,635	0,425
160	-	-	1,296	1,199	1,124	0,971	0,799	0,670	0,475
170	-	-	1,355	1,255	1,178	1,028	0,842	0,705	0,526
180	-	-	-	1,311	1,233	1,085	0,889	0,740	0,576
190	-	-	-	1,368	1,288	1,142	0,947	0,775	0,624
200	-	-	-	-	1,343	1,199	1,005	0,810	0,648
210	-	-	-	-	1,397	1,256	1,062	0,845	0,672
220	-	-	-	-	-	1,313	1,120	0,886	0,696
230	-	-	-	-	-	1,370	1,178	0,944	0,721
240	-	-	-	-	-	-	1,235	1,001	0,745
250	-	-	-	-	-	-	1,293	1,058	0,769

KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET MEGHATÁROZÁSA [EUROCODE]

Minél magasabb a kritikus hőmérséklet, annál vékonyabb hőszigetelő réteg elegendő a szerkezeti elem védelmére!

a. Mechanikai hatások tűz esetén

A rendkívül magas hasznos vagy meteorológiai terhek és tűz jelenlétének alacsony a valószínűsége. A tűz időtartama a szokásos tervezési (50-100év) időtartamhoz viszonyítva igen rövid.

Példák terhelési esetekre:

Iroda, közbelső födém:

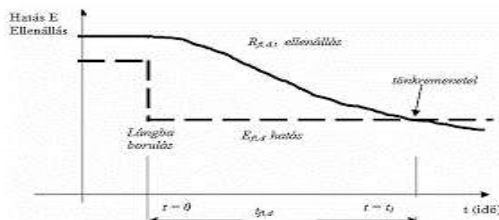
Feltételezve, hogy a benntartózkodók kimenekülnek és csak a bútorok maradnak

50% hasznos teher

Ipari csarnok, tető:

Feltételezve, hogy az 50 évente előforduló legnagyobb szél és hó nem lép fel egyszerre tűz esetén

20% hóteher + 0% szél



$$E_{\text{od}} = A_d + \sum G_{ki} + \psi_{1.1} Q_{k1} + \sum \psi_2 Q_{ki}$$

A1.1. táblázat: Az épületekre vonatkozó ψ tényezők ajánlott értékei

Hatás	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Épületek hasznos terhei kategóriák szerint (lásd az EN 1991-1-1-et)			
A kategória: lakások, lakóépületek	0,7	0,5	0,3
B kategória: irodák	0,7	0,5	0,3
C kategória: gyülekezésre szolgáló területek	0,7	0,7	0,6
D kategória: üzletek	0,7	0,7	0,6
E kategória: raktárak	1,0	0,9	0,8
F kategória: járműforgalom, járműsúly ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
G kategória: járműforgalom, 30 kN $<$ járműsúly ≤ 160 kN	0,7	0,5	0,3
H kategória: tetők	0	0	0
Épületek hóterhei (lásd az EN 1991-1-3-at)*			
Finnszág, Izland, Norvégia, Svédország	0,7	0,5	0,2
A többi $H > 1000$ m tengerszint feletti magasságban lévő CEN-tagállam	0,7	0,5	0,2
A többi $H \leq 1000$ m tengerszint feletti magasságban lévő CEN-tagállam	0,5	0,2	0
Épületek szélterhei (lásd az EN 1991-1-4-et)	0,6	0,2	0
Hőmérsékleti (nem tűz)hatások épületekben (lásd az EN 1991-1-5-öt)	0,6	0,5	0
MEGJEGYZÉS A ψ tényezőket a nemzeti mellékletben lehet megadni.			
* A következőkben nem említett országokban a helyi adottságok szerint kell meghatározni.			

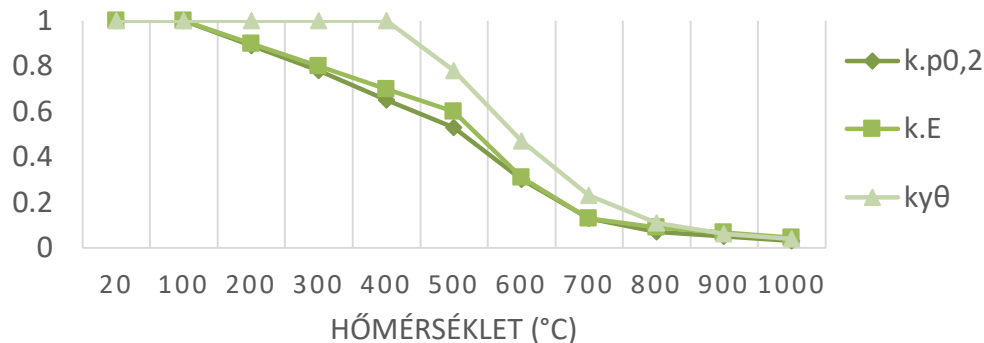
Más független rendkívüli hatásokkal nem kell egyidejűséget feltételezni (pl. földrengés).

KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET MEGHATÁROZÁSA [EUROCODE]

b. Szerkezet mechanikai reagálása

A felmelegedés közben csökkennek az acél mechanikai jellemzői. A csökkenés mértékét csökkentő tényezők adják meg a folyáshatárra és a rugalmassági modulusra, amely a tűzeseti érték és a normál hőmérsékleti érték hányadosa.

Mechanikai csökkentő tényezők:



TŰZÁLLÓSÁG ÉS KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET [EC3-1-2]

Az a hőmérséklet, amelynél a csökkentett tűzeseti teherkombinációból keletkező igénybevételek még éppen nem haladják meg a felmelegedéstől lecsökkent teherbírást.

c. Közvetlen és közvetett hatások

MSZ EN 1991-1-2 alapján; 4. Mechanikai hatások az erőtani vizsgálathoz; 4.1. Általános elvek:

(1) A tűzhatás miatti hőmérséklet-változások okozta meggátolt kényszertágulások és alakváltozások igénybevételeket: erőket és nyomatékokat okoznak, amelyeket a következő esetek kivételével mindig figyelembe kell venni:

- ha előre tudható, hogy ezen igénybevételek hatása elhanyagolható vagy kedvező;
- ha ezen igénybevételek hatását biztonságos módon megválasztott megtámasztási modellek és peremfeltételek révén számításba vesszük, illetve biztonságos módon megválasztott tűzállósági követelmények már magukba foglalják.

(4) Nem kell figyelembe venni a szomszédos szerkezeti elemekről átadódó közvetett hatást, ha a tűzállósági követelmények szabványos tűzhatásnak kitett szerkezeti elemre vonatkozik.

KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET MEGHATÁROZÁSA [EUROCODE]

SZÜKSÉGES ADATOK kritikus hőmérséklet számításához:

- **KIVITELI TERVDOKUMENTÁCIÓ** – az épület, szerkezeti elemek geometriája, statikai váza és terhelési mező meghatározása,
- **TERHEK KARAKTERISZTIKUS ÉRTÉKEI: G , Q , S , W** – rendkívüli teherkombináció összeállítása



MEGTAKARÍTÁS EGY PROJEKTEN - PÉLDA

Nyomadaipari és csomagoló üzem:

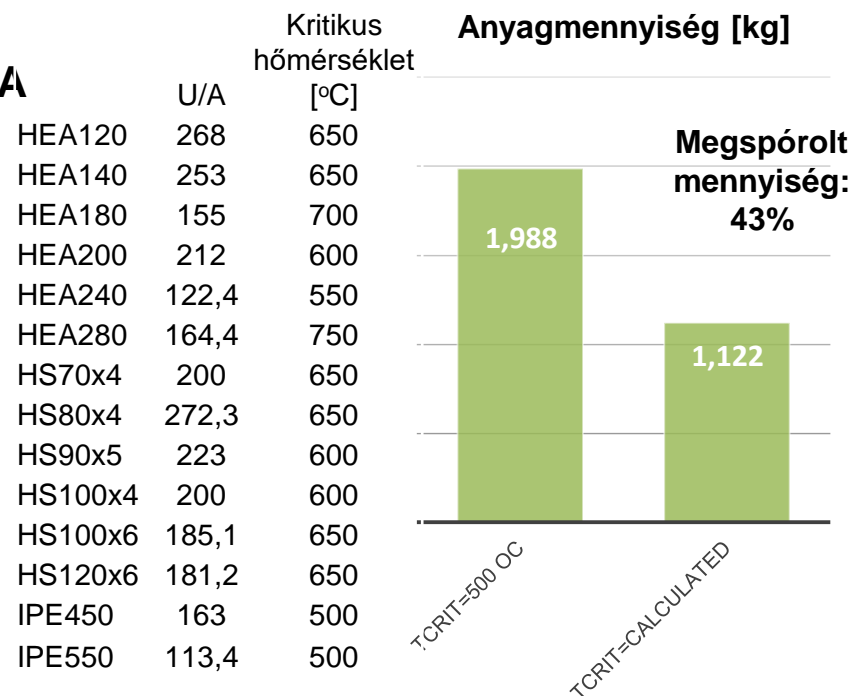
~ **10 000 m² ipari terület** – rácsos gerendák L=30m;

~ **1600 m² iroda** – I-gerendák L=10m;

2800 m² festett felület;

110 t acélszerkezet;

Tűzállósági követelmény: R30



SZELEMENEK TŰZVÉDELME

- **SZELEMENEK** – vékonyfalú szelvények (Z, C), normál hőmérsékleten is bonyolult a méretezésük, rendkívül magas profiltényező (800-1000 1/m),

MILYEN KÖVETELMÉNYEK VONATKOZNAK A MÁSODLAGOS TARTÓSZERKEZETEKRE? [OTSZ]

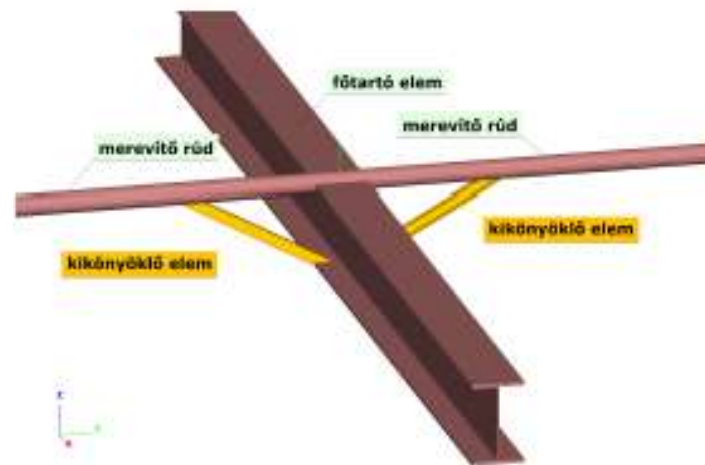
- TETŐFÖDÉM TARTÓSZERKEZETEI ÉS MEREVÍTÉSEI vagy,
- TETŐFÖDÉM TÉRELHATÁROLÓ SZERKEZETEI.



ISMERNI KELL AZ ÉPÜLET GLOBÁLIS TARTÓ- ÉS MEREVÍTŐRENDSZERÉT!

Részt vesznek a főtartószerkezet állékonyságának, stabilitásának biztosításában?

Ha igen, akkor tönkremenetelük a főtartó tönkremenetelét is okozza – pl. a főtartó alsó, nyomott övének kikönyöklése a szelemenhez.



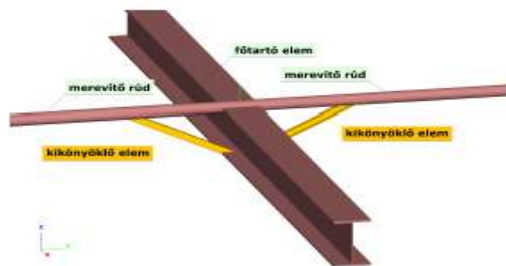
SZELEMENEK TŰZVÉDELME

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Mértékadó kockázati osztály		NAK	NAK	NAK	AK	AK	AK	KK	KK	KK	MK	MK	MK
3	Építményszerkezet	Kritérium	Elvárt tűzállósági teljesítmény és tűzvédelmi osztály											
4	Teherhordó építményszerkezetek, a födémek és a legfelső szint lefedését biztosító szerkezet kivételével - a tűzterjedésgátlásban szerepet játszó falakra EI kritérium is vonatkozik - a pincszinti szerkezetek tűzvédelmi osztálykövetelménye legalább A2, tűzállósági teljesítménykövetelménye legalább R30	R	15 D	30 D	60 D	30 D	30 C	60 A2	30 A2	60 A2	90 A2	60 A2	90 A2	120 A2
6	Tetőfödémek és a legfelső szint lefedését biztosító teherhordó szerkezetek - a szerkezetre vonatkozó EI kritériumtól el lehet tekinteni, ha a szerkezet megnyílása, átmelegedése a szerkezet környezetét nem veszélyezteti és a szerkezet vagy valamelyik részének meggyulladás nem jár a tűz jelentős tetőfelületre való kiterjedésének veszélyével	REI	15 D	15 D	30 D	15 D	15 D	30 A2	30 D	30 A2	60 A2	30 A2	60 A2	60 A2

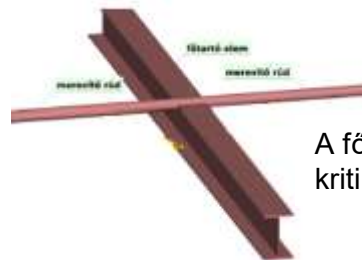
- **R15** – számítás kötélmódszerre vékonyfalú szelvény estén vagy tűzvédő festés szakintézeti állásfoglalással,
- **R30** – gazdaságosan vékonyfalú szelvényel nem megoldható – melegen hengerelt I-szelvény használható, megfelelő védelemmel gazdaságosan elláthatóak,
- **Követelmény megváltoztatása:** tűzben a merevítő szerepe nincs figyelembe véve a főtartó stabilitásának biztosítására – főtartó védelmének növelése: alacsonyabb kritikus hőmérséklet, vastagabb tűzvédő bevonat R30-ra; a szelemen R15-re védve.

Például:

Normál hőmérsékleten:



Tűzhatás esetén 30 perc után:

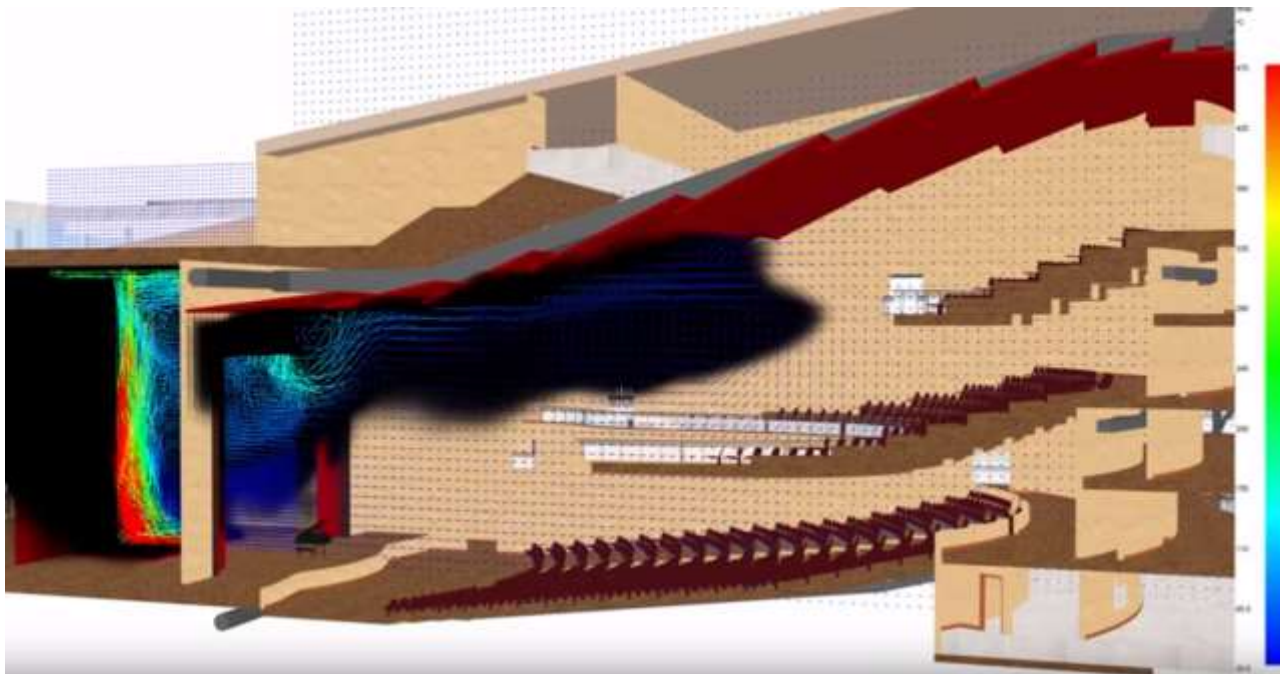


A főtartó 600°C helyett 400°C-os kritikus hőmérsékletre védve.

V. KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT ACÉLSZERKEZETRE

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMÍKUS HATÁS

- Az FDS egy általános CFD alapokra épülő áramlástani szoftver.
- A CFD modell lényege, hogy a modellezett tér, épület derékszögű kis méretű számítási egységekre cellákra bontható legyen.
- A modell az egyes cellák fizikai jellemzőit külön-külön számítja ki, a cellák geometriai középpontjára nézve. Az áramlásokat a cellák falán keresztül vizsgálja, úgy hogy figyelembe veszi a cella belsejében jelen levő forrást, vagy nyelőt is.
- A modell a sűrűséggel, a sebességgel, a hőmérséklettel, a nyomással és különböző anyagok koncentrációjával számol.



KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMIKUS HATÁS

Tűzvédelmi Műszaki Iránvelv

TvMI 8.4:2020.01.22.

2F MELLÉKLET

ÉPÍTMÉNSZERKEZETEK MODELLEZÉSE

1. Építményszerkezetek tűzállósági teljesítményének igazolása a vonatkozó Eurocode-szabványok alapján történhet. A teljesítmény igazolásának felelőse a statikus tervező, aki a tűzvédelmi tervező, vagy tűzvédelmi szakértő által megszabott adatok és tűzhatásgörbe alkalmazásával vagy a tűzmodell eredménye alapján végzi el a számításokat. Az alkalmazandó tűzmodellt és annak alkalmazásához szükséges adatokat az éghető anyagok ill. az építmény tereinek rendeltetése alapján a tűzvédelmi tervező vagy tűzvédelmi szakértő állapítja meg.

2. Az építményszerkezetek tűzállósági teljesítményének igazolása során a hő- és füstterjedéshez képest más típusú és eltérő helyzetű tűzfészek figyelembevétele válhat szükségessé.

3. Az építményszerkezetek a modellezés során – a tűzfolyamatot lényegesen nem torzító módon – egyszerűsíthetők, a cellahálózathoz igazíthatók. A minél pontosabb adatbevitel érdekében a program modelltereiben az egyes építményszerkezeti elemek esetén cellamérettől függően legfeljebb 1/2 cella nagyságú tűrés megengedett.

4. Az építményszerkezetek anyagait valóságként, hőmérsékletfüggő anyagjellemzőkkel javasolt figyelembe venni. Építményszerkezetek generálása során a modellben a tűzfejlődést és a hőmérsékletmezőt érdemben meghatározó elemeken – mint: falak, födémek, tetők, tartószerkezetek elemei továbbá ezek bármilyen burkolata – inert vagy adiabatikus anyag nem használható.

5. A cellák mérete a tűzfészek és a vizsgált szerkezeti elemek környezetében legfeljebb 0,25 m x 0,25 m x 0,25m lehet, de egyedi mérlegelés alapján szükségessé válhat kisebb cellaméretet választása is. A tűzfészek és a vizsgált szerkezeti elemek közötti térfogati részben a cellaméret nem növelhető.

EC 1-1-2: A tartószerkezeteket érő hatások,
A tűznek kitett szerkezeteket érő hatások
EC 3-1-2: Acélszerkezetek tervezése,
Szerkezetek tervezése tűzhatásra

A tartószerkezet szempontjából kritikus melegedési pontok nem feltétlenül esnek egybe a hő- és füstelvezetés szempontjából mértékadónak mondható tűzhelyszínnel.

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMÍKUS HATÁS



Lehetséges tűzhelyszínek kijelölése:

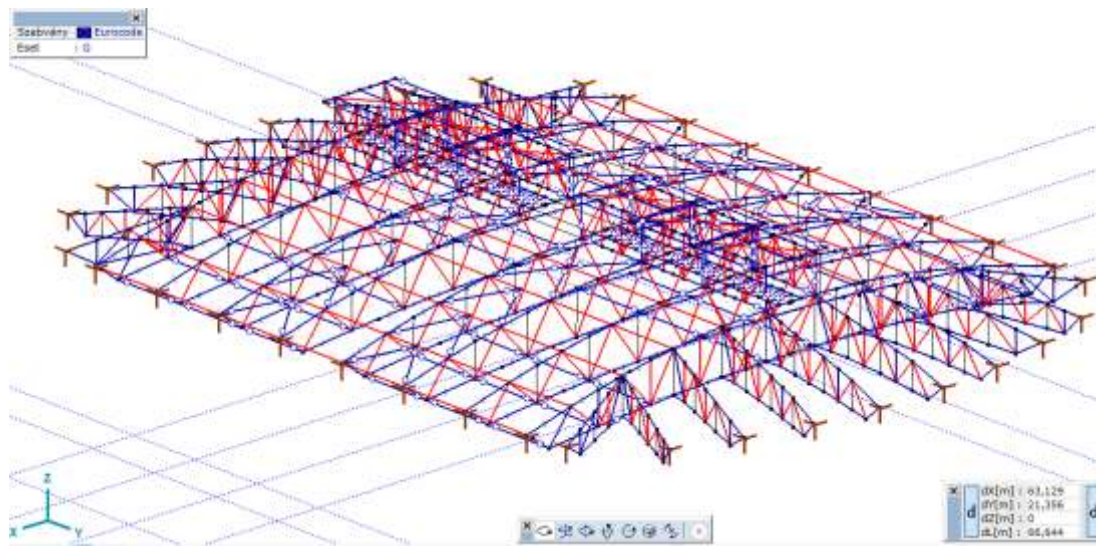
- **Éghető anyagok** kijelölése, amelyekből tűz keletkezhet: validált tűzteszt eredményei: HRR görbe
- **Tűz gócpontok elhelyezése** a szerkezet szempontjából kritikus, de valós helyekre.

Például:

Széktűz: 12 db szék együttes égésével **2,2 MW**
(Polyurethane/Foam)

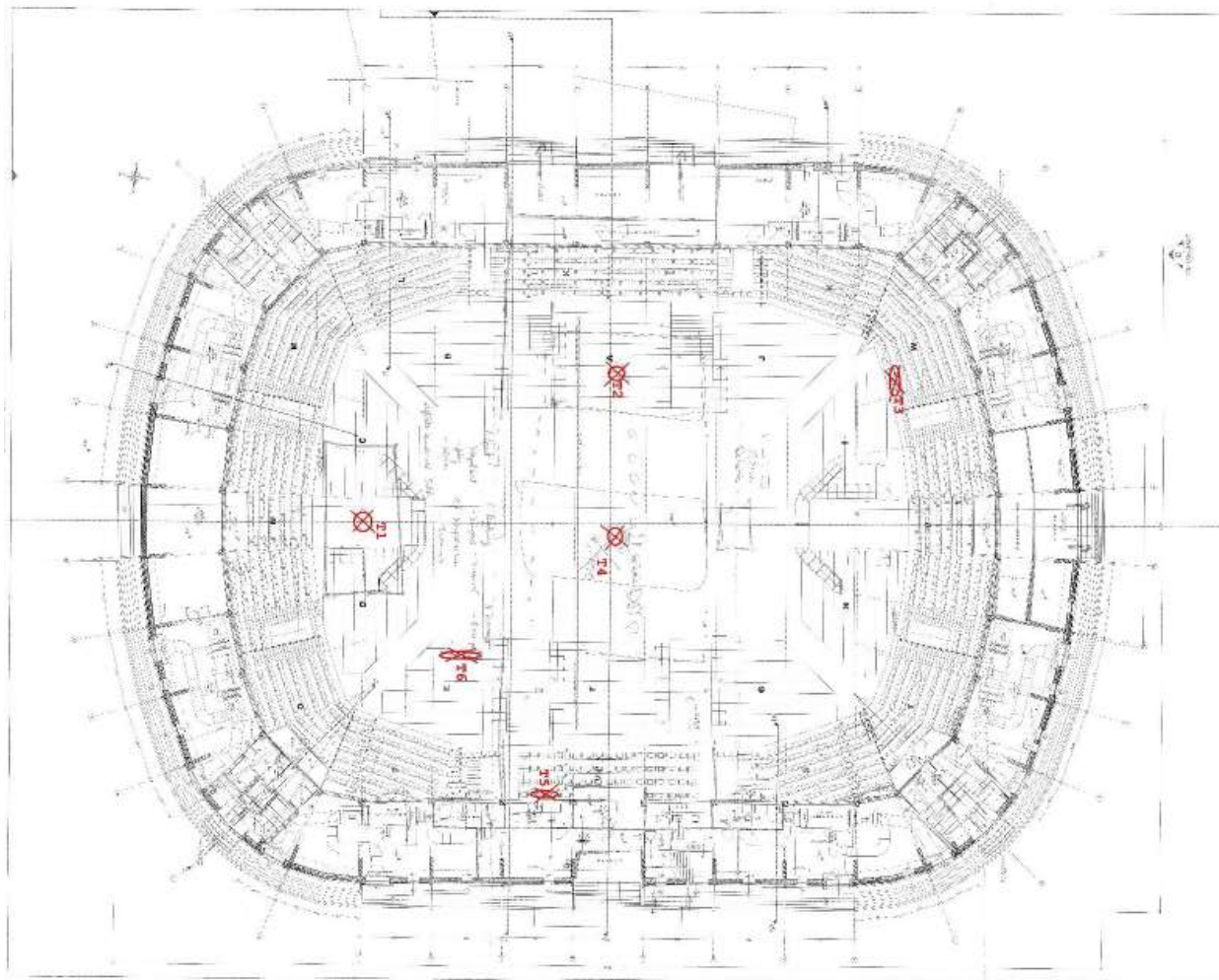
Színpadtűz: színpad kigyulladásával **4,7 MW** (Wood Oak)

Thermocouple pontok (hőmérőpontok) elhelyezése közvetlenül az acélszerkezet alá, amelyek a tartószerkezeti vizsgálat során elemzésre kerülnek.

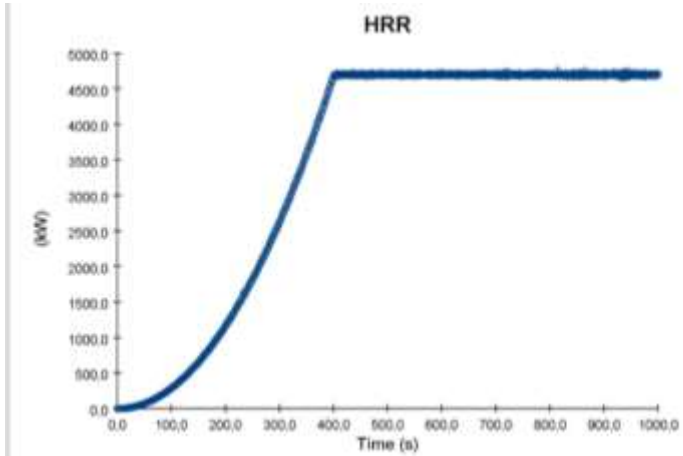


KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMIKUS HATÁS

Tűzhelyszínek elhelyezkedése:

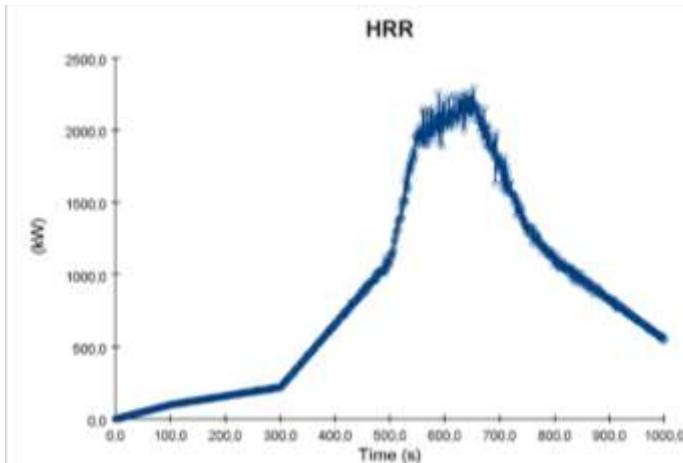


KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMÍKUS HATÁS



Színpadtűz HRR görbéje

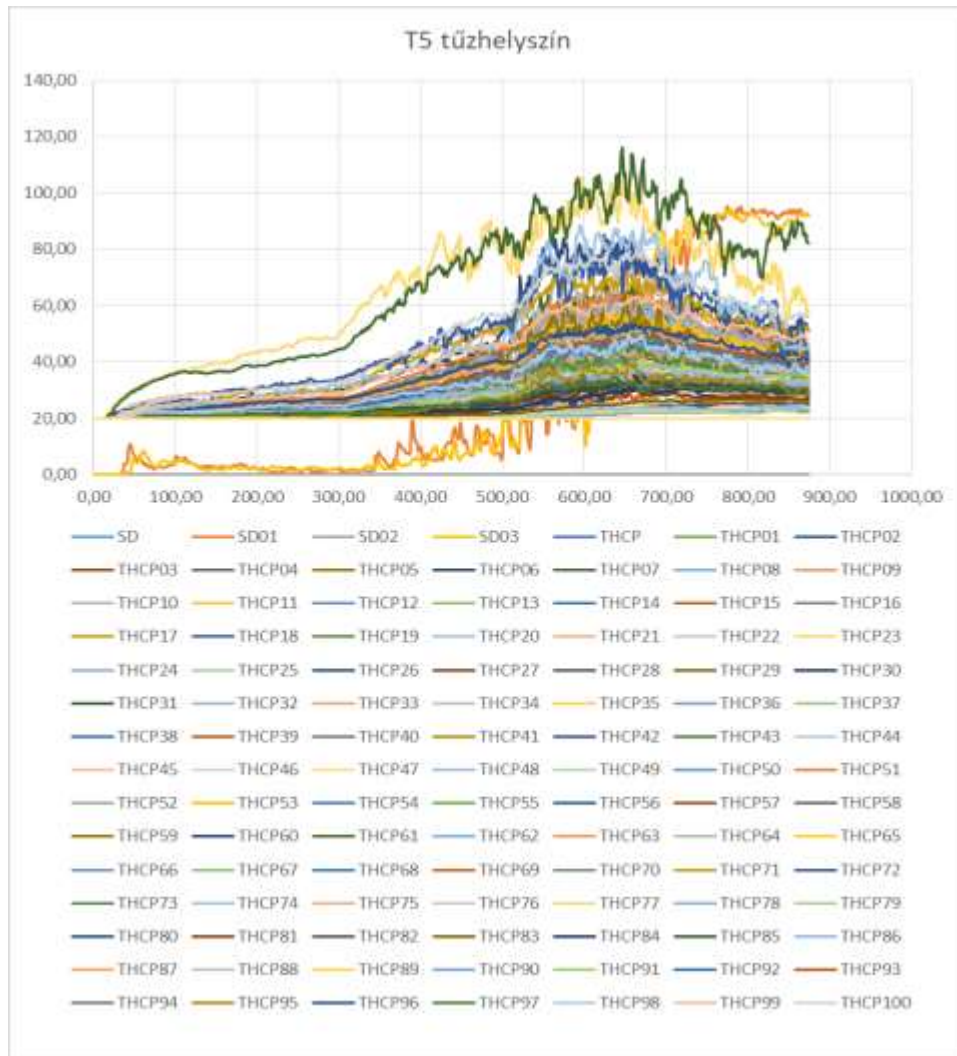
színpad kigyulladásával **4,7 MW** (*Wood Oak*)



Széktűz HRR görbéje

12 db szék együttes égésével **2,2 MW** (*Polyurethane/Foam*)

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMÍKUS HATÁS



Hőmérőpontok (gázhőmérséklet) adatainak grafikus és **Excel táblás** megjelenítése

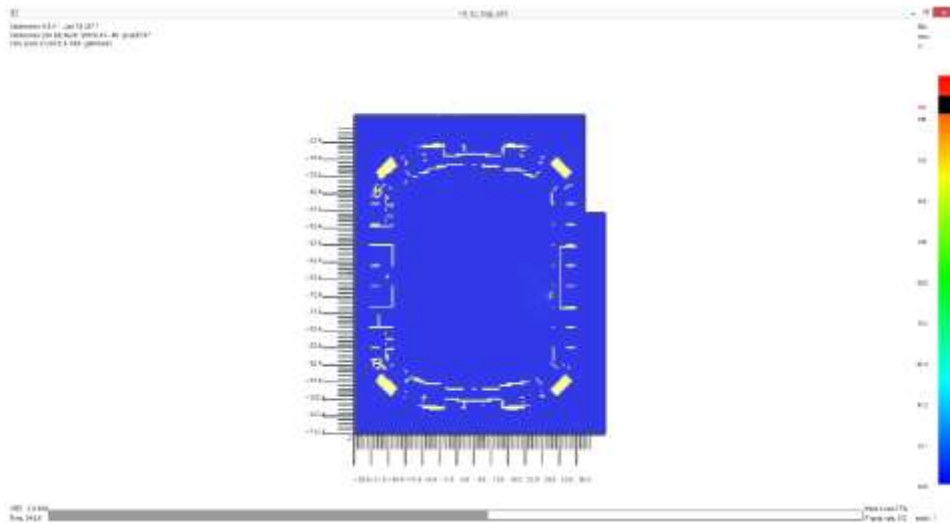
T5: Széktűz a lelátó magassvonalában



Acél felmelegedése a gázhőmérsékleti adatokból EC alapján számítandó!

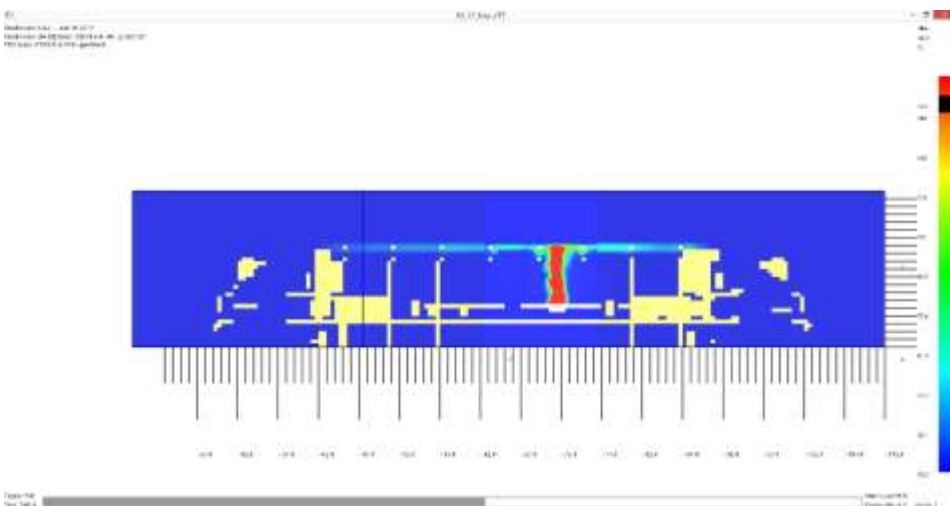
Az FDS szoftver nem validált a modell cellaméreténél jóval kisebb elemekből álló acélelem hőmérsékletének megadására.

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMÍKUS HATÁS



T5: Széktűz a lelátó magasságában

Gázhőmérséklet ábrázolása Z vizsgálati síkon 9 m magasan a maximális hőmérséklet elérésekor



Gázhőmérséklet ábrázolása Y vizsgálati síkon a maximális hőmérséklet elérésekor

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – TERMIKUS REAGÁLÁS

Védelem nélküli acélelem számítása EC szerint

Differenciál módszer – 5 s-es lépésenkénti megoldás:

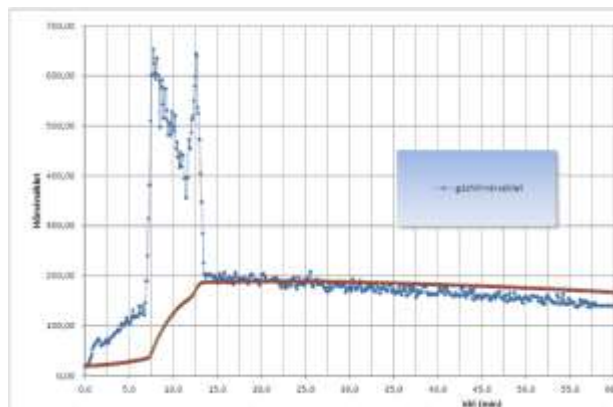
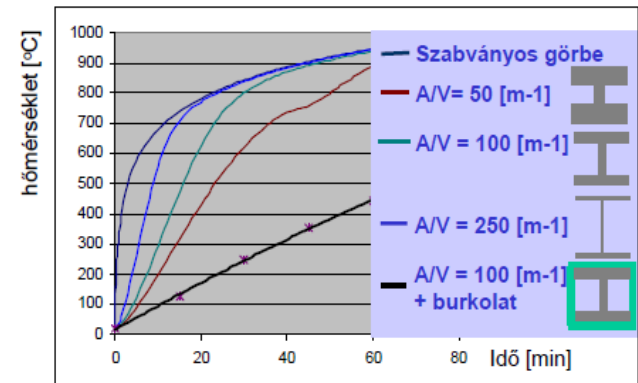
4.2.5.1. Védelem nélküli beltéri acélszerkezetek

(1) Védelem nélküli acélelemben, a keresztmetszeten belüli egyenletes hőmérséklet-eloszlás esetén, Δt időköz alatt bekövetkező $\Delta\theta_{a,t}$ hőmérséklet-emelkedést a következők szerint kell meghatározni:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh} \cdot \frac{A_m/V}{c_a \cdot \rho_a} \dot{h}_{net,d} \cdot \Delta t$$

ahol

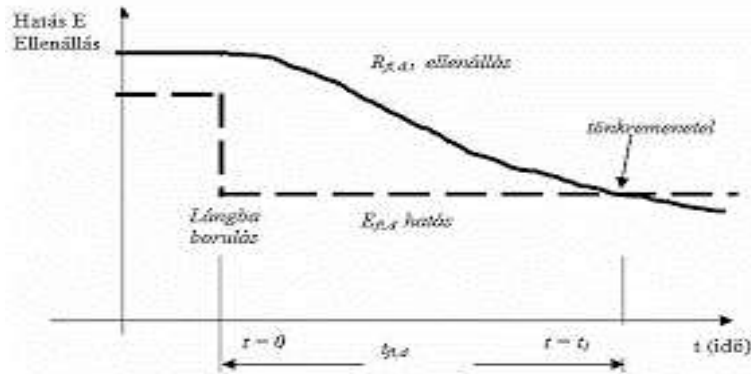
- k_{sh} az árnyékhataás módosító tényezője, lásd a (3) bekezdést;
- A_m/V a védelem nélküli acélelem szelvénytényezője [1/m];
- A_m az elem felszínének egységnyi hosszra jutó területe [m²/m];
- V az elem egységnyi hosszra jutó térfogata [m³/m];
- c_a az acél fajhője a 3. fejezetből [J/kgK];
- $\dot{h}_{net,d}$ az egységnyi felületre jutó ténylegesen elnyelt hőáram tervezési értéke [W/m²];
- Δt az időköz [másodperc];
- ρ_a az acél sűrűsége a 3. fejezetből [kg/m³].



KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – MECHANIKAI HATÁS

Rendkívüli teherkombináció EC1-1-2:

$$E_{\Theta d} = A_d + \Sigma G_{ki} + \psi_{1.1} Q_{k1} + \Sigma \psi_2 Q_{ki}$$



A1.1. táblázat: Az épületekre vonatkozó ψ tényezők ajánlott értékei

Hatás	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Épületek hasznos terhei kategóriák szerint (lásd az EN 1991-1-1-et)			
A kategória: lakások, lakóépületek	0,7	0,5	0,3
B kategória: irodák	0,7	0,5	0,3
C kategória: gyülekezésre szolgáló területek	0,7	0,7	0,6
D kategória: üzletek	0,7	0,7	0,6
E kategória: raktárak	1,0	0,9	0,8
F kategória: járműforgalom, járműsúly ≤ 30 kN	0,7	0,7	0,6
G kategória: járműforgalom, $30 \text{ kN} < \text{járműsúly} \leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
H kategória: tetők	0	0	0
Épületek hőterhei (lásd az EN 1991-1-3-at)*			
Finnország, Izland, Norvégia, Svédország	0,7	0,5	0,2
A többi $H > 1000$ m tengerszint feletti magasságban lévő CEN-tagállam	0,7	0,5	0,2
A többi $H \leq 1000$ m tengerszint feletti magasságban lévő CEN-tagállam	0,5	0,2	0
Épületek szélterhei (lásd az EN 1991-1-4-et)	0,6	0,2	0
Hőmérsékleti (nem tűz)hatások épületekben (lásd az EN 1991-1-5-öt)	0,6	0,5	0
MEGJEGYZÉS A ψ tényezőket a nemzeti mellékletben lehet megadni. * A következőkben nem említett országokban a helyi adottságok szerint kell meghatározni.			

Példák terhelési esetekre:

Állandó hatások (önsúly):

Teljes alapértékükön szerepelnek, nem csökkenthetőek

Iroda, közbenső födém:

Feltételezve, hogy az emberek már kimenekültek, már nem terhelik a födémeket:

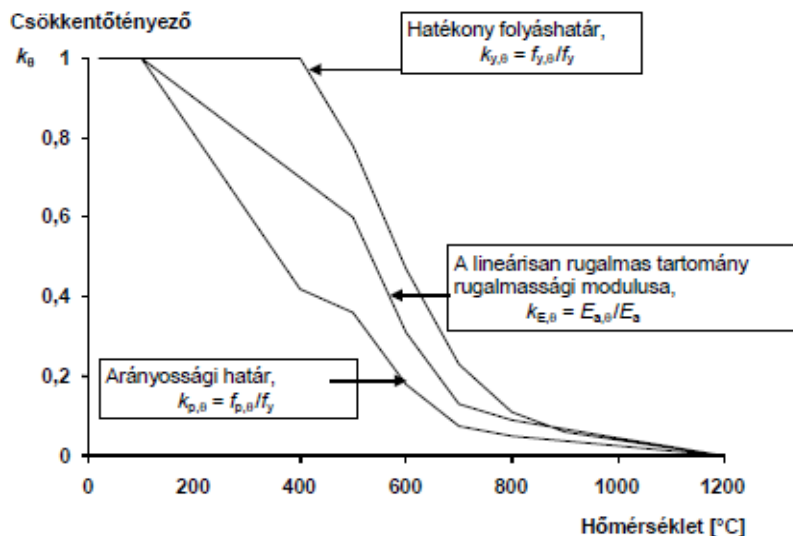
50% hasznos teher

Ipari csarnok, tető:

Feltételezve, hogy az 50 évente előforduló legnagyobb szél és hó nem lép fel egyszerre tűz esetén:

20% hó + 0% szél

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – MECHANIKAI REAGÁLÁS



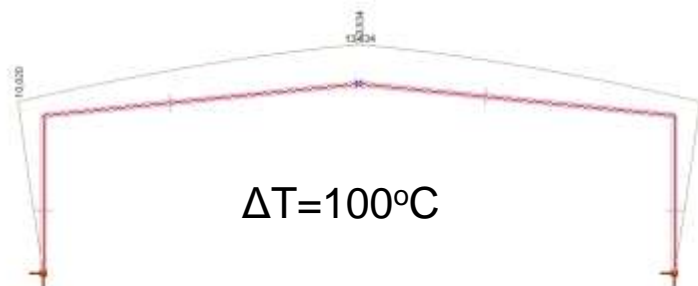
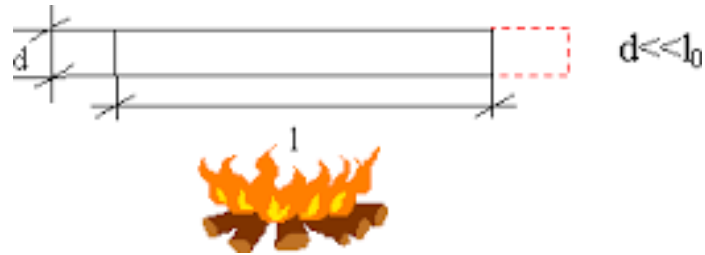
3.2. ábra: Szénacélok feszültség-alakváltozás összefüggésének csökkentőtényezői magas hőmérsékleten

Hőmérséklet	$k_{y,\theta}$ csökkentő tényező (a folyáshatárhoz) $k_{y,\theta} = f_{y,\theta} / f_y$	$k_{p,\theta}$ csökkentő tényező (az arányossági határhoz) $k_{p,\theta} = f_{p,\theta} / f_y$	$k_{E,\theta}$ csökkentő tényező (a rugalmassági moduluszhoz) $k_{E,\theta} = E_{a,\theta} / E_a$
20	1,000	1,000	1,000
100	1,000	1,000	1,000
200	1,000	0,807	0,900
300	1,000	0,613	0,800
400	1,000	0,420	0,700
500	0,780	0,360	0,600
600	0,470	0,180	0,310
700	0,230	0,075	0,130
800	0,110	0,050	0,090
900	0,060	0,0375	0,0675
1000	0,040	0,0250	0,0450
1100	0,020	0,0125	0,0225
1200	0,000	0,0000	0,0000

Megjegyzés: a közbenső értékek lineáris interpolációval kiszámíthatók.

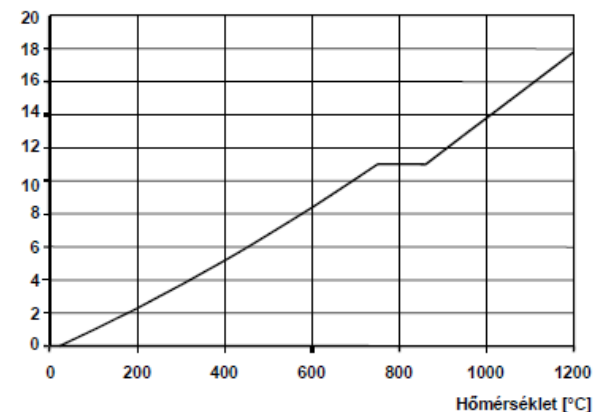
KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – MECHANIKAI REAGÁLÁS

Hőtágulás nem elhanyagolható részletes mechanikai vizsgálat esetén:



- $20^\circ\text{C} \leq \theta_s < 750^\circ\text{C}$
 $\Delta l = 1,2 \times 10^{-5} \cdot \theta_s + 0,4 \times 10^{-8} \cdot \theta_s^2 - 2,416 \times 10^{-4}$
- $750^\circ\text{C} \leq \theta_s \leq 860^\circ\text{C}$
 $\Delta l = 1,1 \times 10^{-2}$
- $860^\circ\text{C} < \theta_s \leq 1200^\circ\text{C}$
 $\Delta l = 2 \times 10^{-5} \cdot \theta_s - 6,2 \times 10^{-3}$

Hőtágulás Δl [$\times 10^{-3}$]



3.3. ábra: Szénacél hőtágulása a hőmérséklet függvényében

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – VÉDELEM SZÜKSÉGESSÉGE, RÉTEGVASTAGSÁGA

Részletes mechanikai vizsgálat eredménye a szerkezeti elemre



Szükséges járulékos védelemmel ellátni – adott a részletes vizsgálatból származtatható hőmérséklet, amelyet nem érhet el a szerkezet (pl. gátolt hőtágulásból származó korlát)



Megoldási lehetőségek: passzív viselkedésű anyagok fizikai tulajdonságai
EC alapján védelemmel ellátott acélelemek hőmérsékletének számítása a tűzszimuláció felmelegedési adatai alapján



Szükséges járulékos védelemmel ellátni – kritikus hőmérséklet számítása:



Megoldási lehetőségek: tűzvédelmi festékek, habarcsok, lapok engedély alapján méretezve EN 13381-4 és EN 13381-8 vizsgálati szabványok alapján



Járulékos védelem szükséges rétegvastagsága



Nem szükséges járulékos tűzvédelemmel ellátni

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLAT TŰZSZIMULÁCIÓVAL – VÉDELEM SZÜKSÉGESSÉGE, RÉTEGVASTAGSÁGA

KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET (rétegvastagság optimalizálás):

- Szabványos tűzgörbék alkalmazása: magas hőterhelés
- Közvetett hatásokból, támaszeltolódásokból, gátolt hőtágulásból keletkező hatások elhanyagolhatóak ennél az egyszerűsített módszernél
- Csavarozott vagy hegesztett csomópontok tűzhatással szembeni ellenállása megfelelő, ha
 - A csomópontban alkalmazott tűzvédő anyag hővezetési ellenállása legyen egyenlő vagy nagyobb, mint az összekapcsolt elemek bármelyikén alkalmazott tűzvédő anyag hővezetési ellenállásának legkisebb értéke;
 - A csomópont kihasználtsága legyen egyenlő vagy kisebb, mint az összekapcsolt elemek bármelyikének legnagyobb kihasználtsága.
- Kritikus hőmérséklet függ: befogási viszonyoktól, igénybevétel típusától, elem karcsúságától, az állandó és az esetleges hatások egymáshoz viszonyított arányától (funkció)
- Gazdaságossági szempontból is kiemelten fontos a kritikus hőmérséklet vizsgálata: 30-40% megtakarítás elérhető.

KOMPLEX TŰZVÉDELMI VIZSGÁLATOK (védelem szükségessége, rétegvastagság optimalizálása):

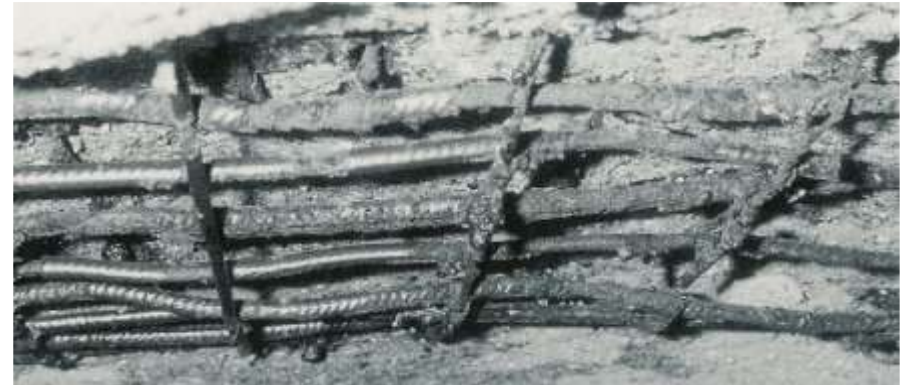
- A tűzállósági teljesítmények és megoldások komplex vizsgálata jellemzően alacsonyabb hőterhelés mellett részletesebb mechanikai vizsgálatokat követel a szerkezettel szemben, így biztosítva a megfelelő biztonsági szintet.
- Tűzvédelmi megoldás megfelelőségének (rétegvastagságának) számítása EC szerint az egyedi tűzgörbének megfelelően: tűzgátló habarcs, burkolat, hőszigetelés
- Megtakarítás: szerkezeti tűzvédelem szükségességének vizsgálata.

VI. VASBETON SZERKEZETEK TŰZVÉDELMI MEGOLDÁSAI

MAGAS HŐMÉRSÉKLET HATÁSA

Anyagtulajdonságok magas hőmérsékleten

- **100 °C** fizikailag kötött víz távozása a makropórusokból: tömegveszteség,
- **200 °C** kémiaailag kötött víz távozásának kezdete,
- **100 – 400 °C** réteges leválás („spalling”) szempontjából kritikus tartomány,
- **500 °C** **portlandit (kalcium-hidroxid) bomlása, nő a porozitás, a beton szilárdságvesztésének kezdete,**
- **570 °C** a kvarcalkotó (kavicsok) kristályátalakulása miatt térfogatnövekedés jelentkezik, ami a beton lényeges károsodását eredményezheti,
- **600 °C** beton kúszásának erőteljes növekedése,
- **700 °C** a CSH (kalcium-szilikát-hidrát) vegyületek vízleadással bomlanak, ami szintén térfogat-növekedéssel szilárdságcsökkenéssel jár,
- **1200 °C** az olvadás kezdete.

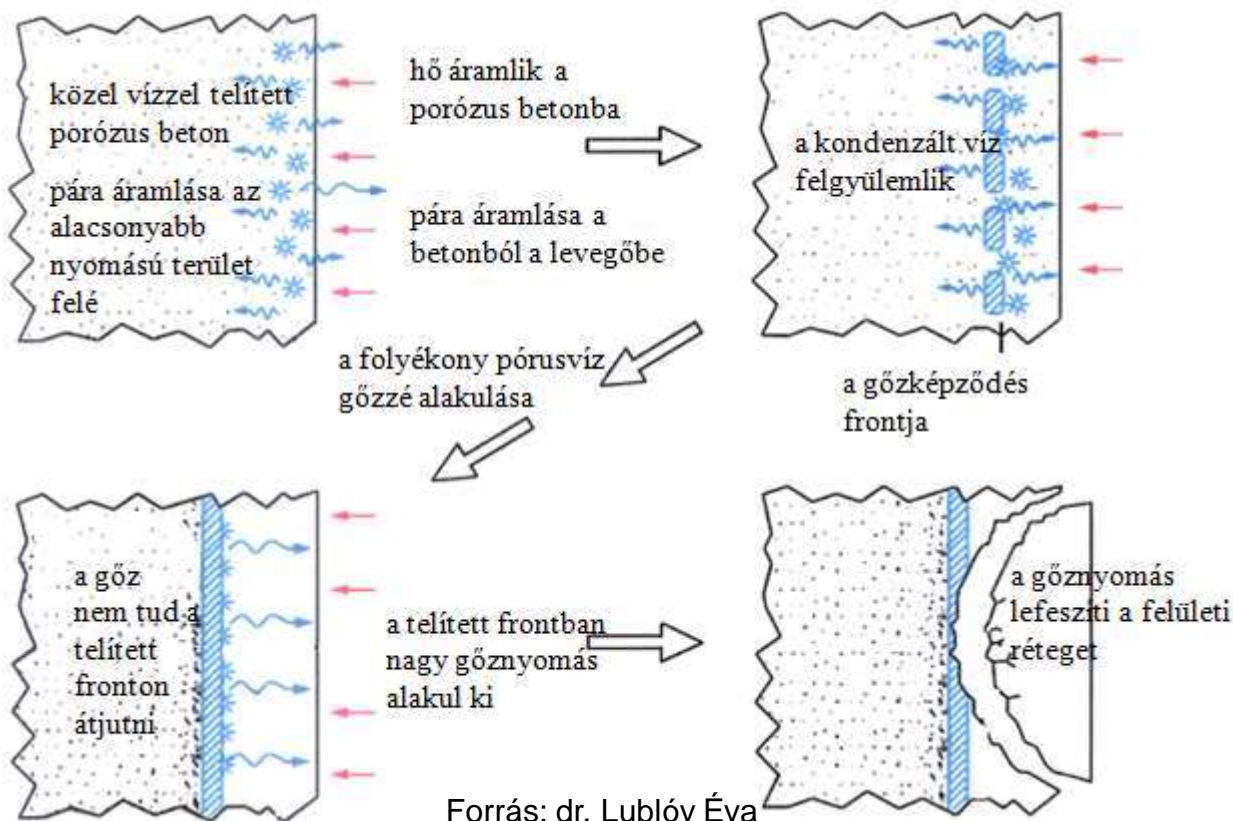


Forrás: dr. Lublós Éva

MAGAS HŐMÉRSÉKLET HATÁSA

Anyagtulajdonságok magas hőmérsékleten

„Spalling”

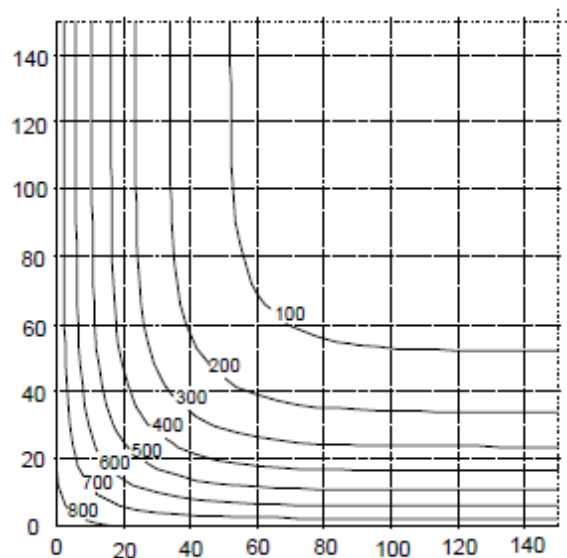


MAGAS HŐMÉRSÉKLET HATÁSA

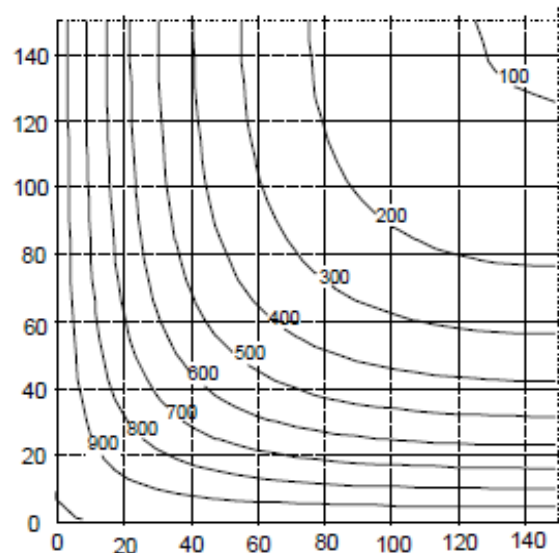
Anyagtulajdonságok magas hőmérsékleten „Spalling” befolyásoló tényezői

- Áteresztő-képesség, légpórus-tartalom
tömörebb szerkezet, kisebb porozitás → nagyobb kockázat
- Beton kora
idősebb beton → kisebb nedvességtartalom → kisebb kockázat
- Beton szilárdsága
Nagyobb szilárdság → tömörebb szerkezet → nagyobb kockázat
- Adalékanyag típusa
Kisebb lineáris hőtágulás → kisebb kockázat
Könnyű ad.a. < bazalt < mészkő < kvarckavics
- Adalékanyag szemnagysága
Nagyobb szemnagyság → nagyobb kockázat
- Repedések
Mikrorepedés → segít; makrorepedés → nagyobb kockázat
- Betonfedés
Nagyobb betonfedés → nagyobb kockázat

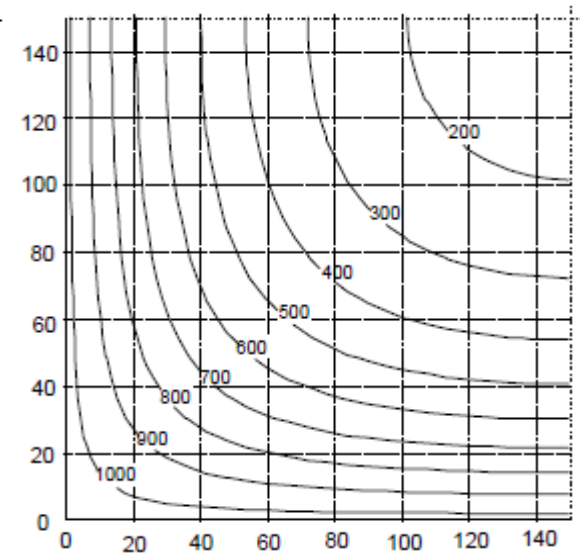
- Zömök keresztmetszet: egyenlőtlen, lassú felmelegedés
- Az EC szabványos **ISO834 tűzgörbére** megadja a felmelegedés mértékét a belső rétegekben: izotermák,
- Négyoldali tűzhatás: R30, R60, R90, R120
- Adott szerkezeti típusokra: oszlop, gerenda, lemez
- Adott keresztmetszeti geometriára: négyzetes, téglalap, kör



A11. ábra: Hőmérséklet-eloszlás (°C) oszlopban,
 $h \times b = 300 \times 300$ mm, R 30



A13. ábra: Hőmérséklet-eloszlás (°C) oszlopban,
 $h \times b = 300 \times 300$ mm, R 90

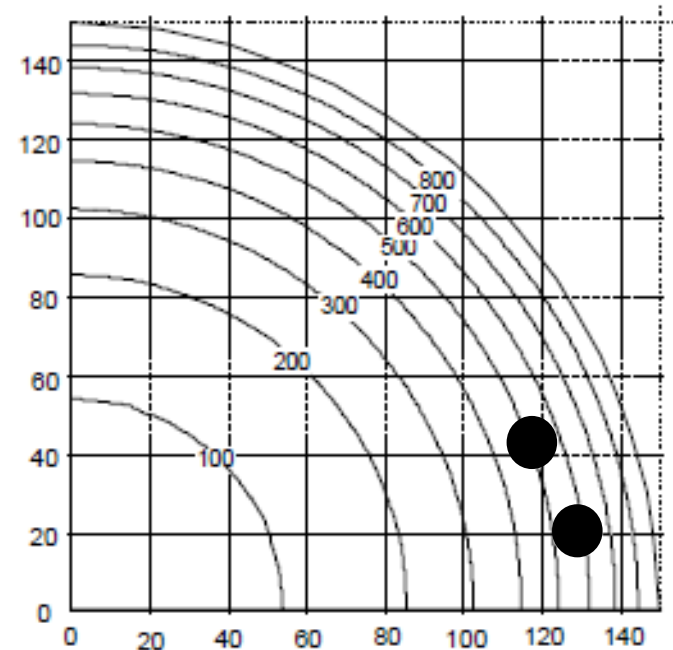


A14. ábra: Hőmérséklet-eloszlás (°C) oszlopban,
 $h \times b = 300 \times 300$ mm, R 120

TŰZÁLLÓSÁG NÖVELÉSE BETONFEDÉS SZEREPE

Betonfedés és az acélbetét-tengelytávolság szerepe:

- Gyakorlatilag az acélbetétek hőszigetelését látja el a betonfedés, késlelteti a felmelegedésüket
- Így nagyobb a „maradó” szilárdsága az acélbetéteknek
- Nagyobb teherbírás változatlan TH mellett
- Kissé csökken a hatékony magasság, tehát a teherbírás, de nem jelentős.
- A betonfedés nem növelhető korlátlanul – spalling veszélye nő
- Körülbelül 40-45 mm-ig növelhető a betonfedés
- 50 mm-es betonfedés felett pót huzalháló elhelyezése javasolt.



A17. ábra: Hőmérséklet-eloszlás (°C) kör keresztmetszetű oszlopban, $d = 300$ mm, $R 60$

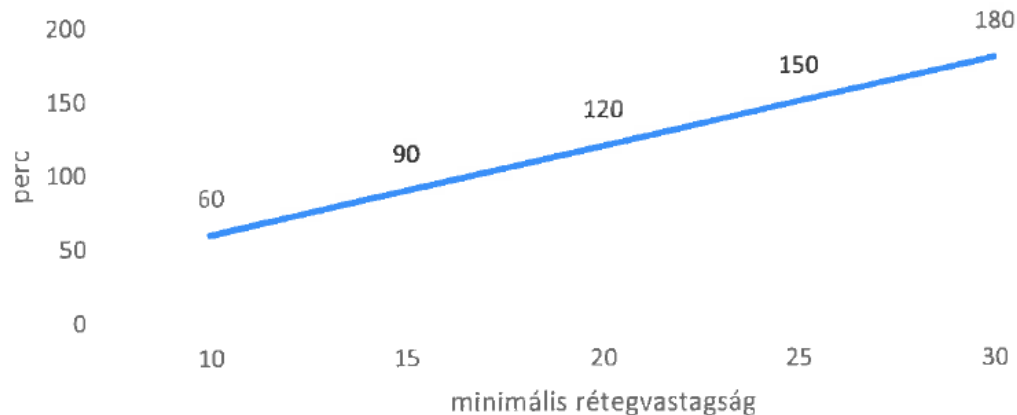
TŰZVÉDELMI MEGOLDÁSOK

TŰZVÉDELMI HABARCS

Főleg meglévő szerkezetek esetén fordul elő a tűzállóság utólagos növelésének igénye:

- 10-50 mm hőszigetelőréteg R180-ig, amely nem veszi figyelembe a betonszerkezet saját tűzállóságát a biztonság javára,
- Gépi szórással történik a felhordás (általános vakológép)
- A betonfelületről a szennyeződések el kell távolítani

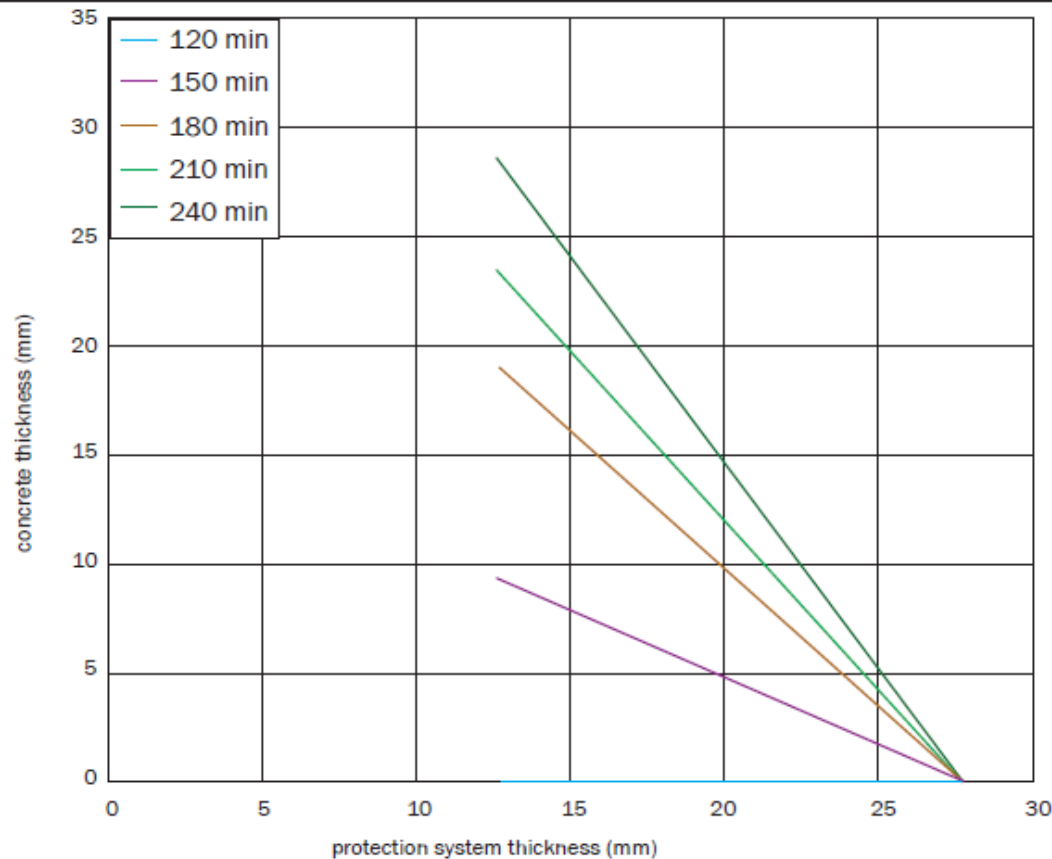
Polyplast G tűzvédő habarcs kiegészítő tűzállósági teljesítménye vasbeton födémen (a födémszerkezet saját tűzállósági teljesítménye nélkül)



TŰZVÉDELMI MEGOLDÁSOK

TŰZVÉDELMI LAP

**FIRE PROTECTION THICKNESS CURVE ACCORDING TO CONCRETE THICKNESS.
CRITICAL TEMPERATURE AT 500 °C. SLABS.**



Köszönöm megtisztelő
figyelmüket!