

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELMI TERVEZÉSE WORKSHOP

## KÖNNYŰSZERKEZETEK OPTIMÁLIS TŰZVÉDELMI MEGOLDÁSAI

**Dunamenti Tűzvédelem**  
member of **mercor** group



*Már 35 éve a tűzvédelem szolgálatában!*

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## TŰZÁLLÓSÁG ÉS SZÜKSÉGES RÉTEGVASTAGSÁG MEGHATÁROZÁSÁNAK LÉPÉSEI

I. **TERMÍKUS HATÁS FELVÉTELE:** gázhőmérséklet [EC1-1-2]

*Tűzmodell, szimuláció*

*Szabványos tűzgörbék*

(rétegvastagság meghatározása)

II. **TERMÍKUS REAGÁLÁS:** acél szerkezeti elem hőmérséklete [EC3-1-2]

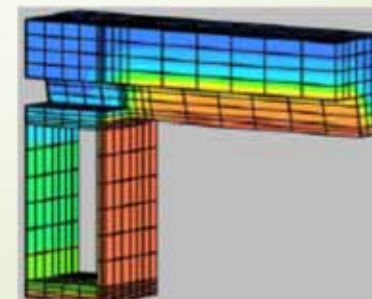
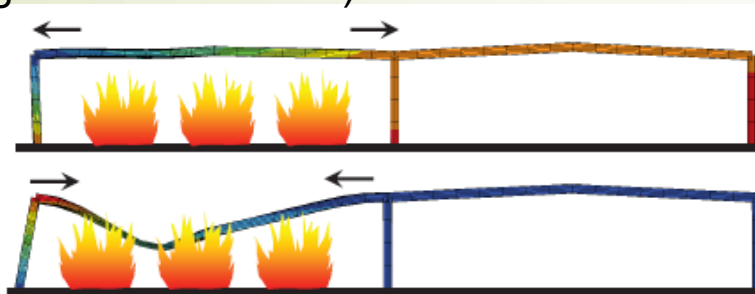
II. **MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

III. **MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

III. **MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2]

IV. **MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2] és a közvetett hatások figyelembevételével (gátolt alakváltozás)

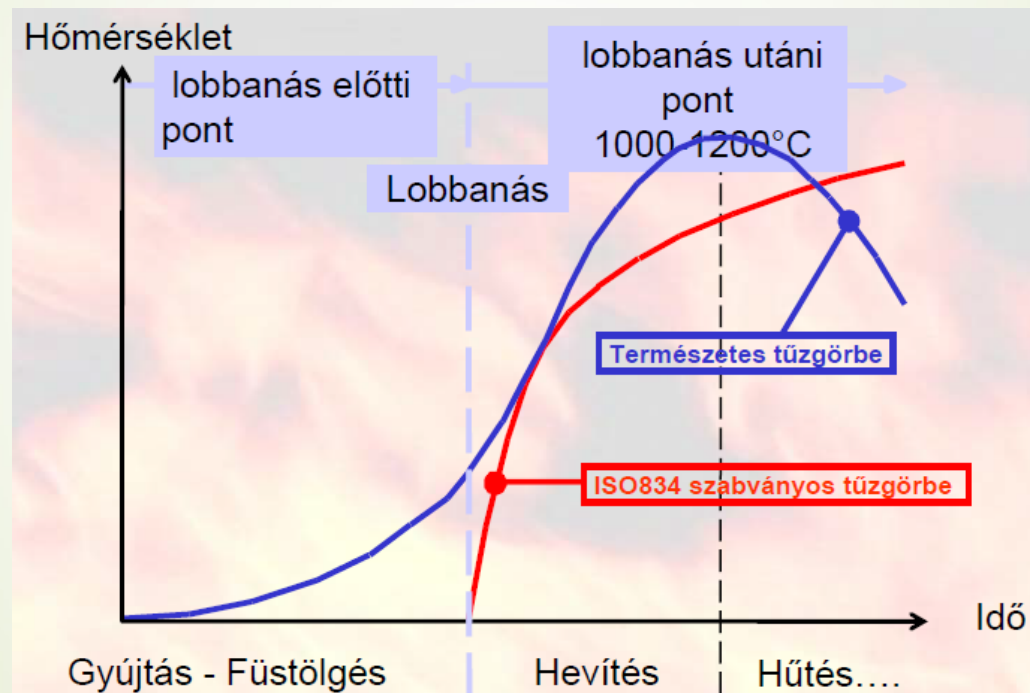
**KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET ÉS PROFIL TÉNYEZŐ:** rétegvastagság



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## I. TERMIKUS HATÁS – EC1-1-2

- Természetes tűzfejlődés zárt térben: „flash-over” fogalma



- Egyszerűsített tűzmodellek: szabványos tűzgörbék, paraméteres tűzgörbe
- Részletes tűzmodellek: FDS Fire Dynamics Simulator

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## TŰZÁLLÓSÁG ÉS SZÜKSÉGES RÉTEGVASTAGSÁG MEGHATÁROZÁSÁNAK LÉPÉSEI

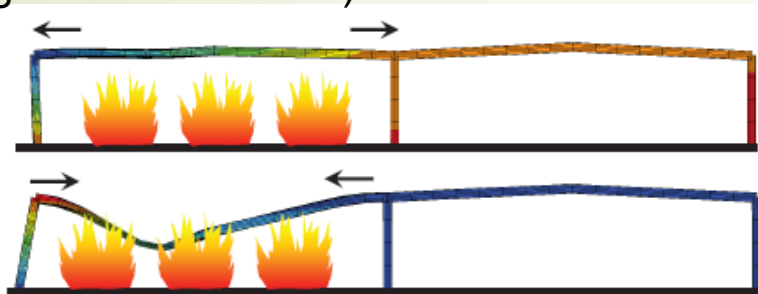
- ✓ **TERMIKUS HATÁS FELVÉTELE:** gázhőmérséklet [EC1-1-2]

*Tűzmodell, szimuláció*

**II. TERMIKUS REAGÁLÁS:** acél szerkezeti elem hőmérséklete [EC3-1-2]

**III. MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

**IV. MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2] és a közvetett hatások figyelembevételével (gátolt alakváltozás)

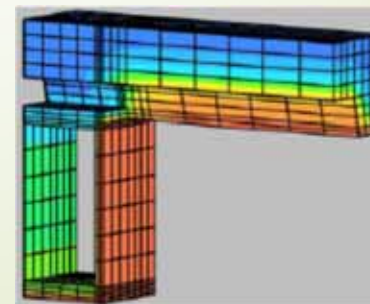


*Szabványos tűzgörbék  
(rétegvastagság meghatározása)*

**II. MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

**III. MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2]

**KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET ÉS PRFOIL TÉNYEZŐ:** rétegvastagság



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

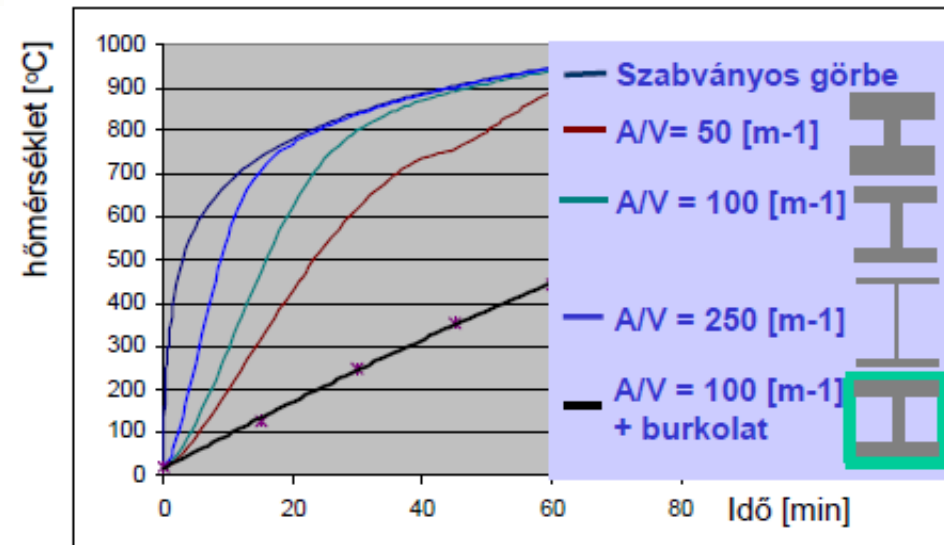
## II. TERMIKUS REAGÁLÁS – EC3-1-2

### Védelem nélküli szerkezeti elem hőmérséklete

Differenciál módszer – 5 s-es lépésenkénti megoldás:

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

$\theta_a$	acél hőmérséklete	[°C]
$t$	idő	[s]
$\rho_a$	acél sűrűsége	[kg/m <sup>3</sup> ]
$c_a$	fajhő	[J/kg]
$\dot{h}_{net,tot}$	acél elem teljes hőfluxusa	[W/m <sup>2</sup> ]
$A_m$	az acélelem tűznek kitett felülete	[m <sup>2</sup> /m <sup>3</sup> ]
$V$	az acélelem térfogata	[m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> ]
$k_{sh}$	árnyékhatás korrekciós tényezője	
$\dot{h}_{net,d}$	a burkolatlan acél felületre eső hőfluxusa $\epsilon_a = 0.7$ és $\epsilon_{ff} = 1.0$	[W/m <sup>2</sup> ].



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## TŰZÁLLÓSÁG ÉS SZÜKSÉGES RÉTEGVASTAGSÁG MEGHATÁROZÁSÁNAK LÉPÉSEI

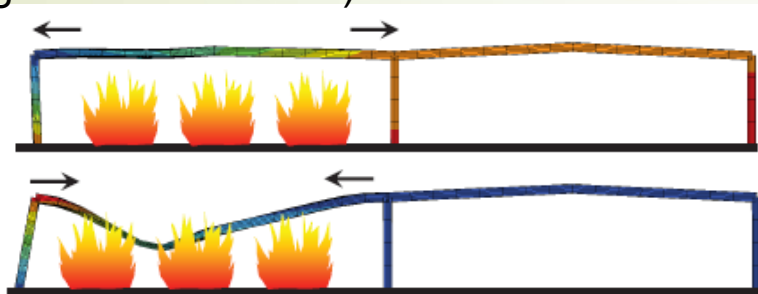
- ✓ **TERMÍKUS HATÁS FELVÉTELE:** gázhőmérséklet [EC1-1-2]

*Tűzmodell, szimuláció*

- ✓ **TERMÍKUS REAGÁLÁS:** acél szerkezeti elem hőmérséklete [EC3-1-2]

**III. MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

**IV. MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2] és a közvetett hatások figyelembevételével (gátolt alakváltozás)

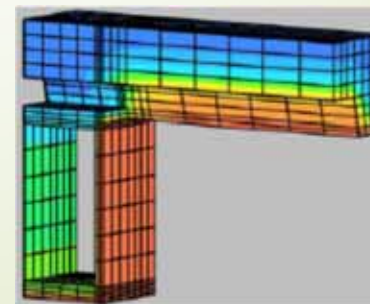


*Szabványos tűzgörbék  
(rétegvastagság meghatározása)*

**II. MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

**III. MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2]

**KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET ÉS PRFOIL TÉNYEZŐ:** rétegvastagság



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

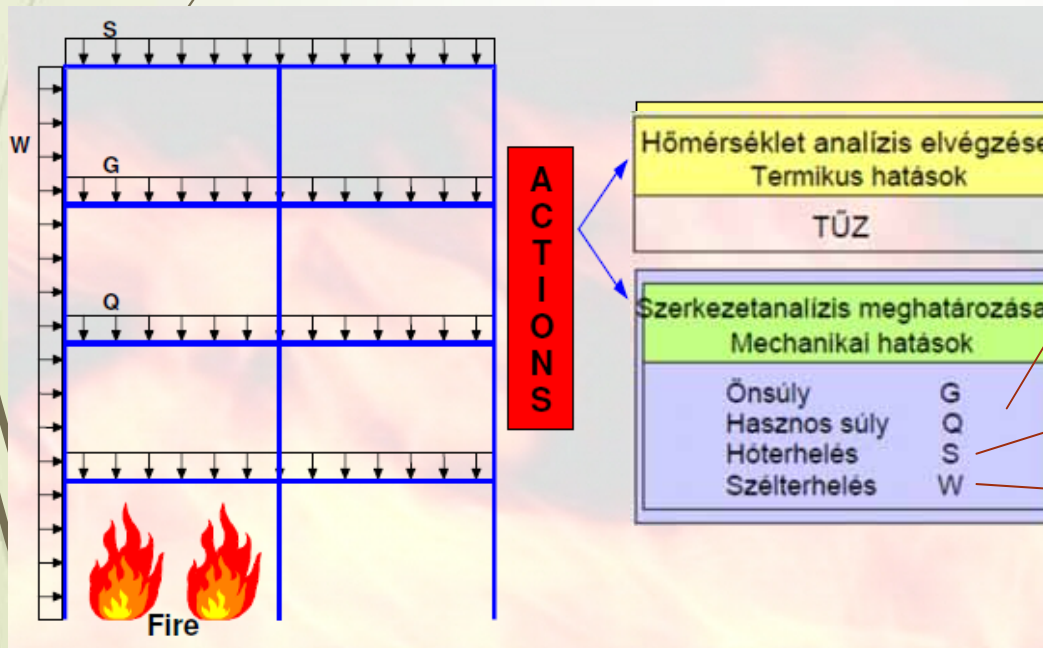
## III. MECHANIKAI HATÁS – EC1-1-2

Milyen hatások érik a szerkezetet rendkívüli helyzetben, tűzhatás idején (15-120 perc)?

$$E_{\Theta d} = A_d + \Sigma G_{ki} + \psi_{1,1} Q_{k1} + \Sigma \psi_2 Q_{ki}$$

ahol,

$A_d$	a magas hőmérsékleti hatás
$G_{k,j}$	az állandó hatások jellemző értéke
$Q_{k,1}$	változó hatások jellemző értéke
$Q_{k,i}$	változó hatások járulékos jellemző értékei
$\psi_{1,1}$	változó hatások gyakoriság-tényezőjének értéke
$\psi_{2,i}$	változó hatások kvázi-állandó tényezőjének értéke



**Példák terhelési esetekre:**

**Állandó hatások (önsúly):**  
Teljes alapértékükön szerepelnek, nem csökkenthetők

**Iroda, közbelső 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**

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

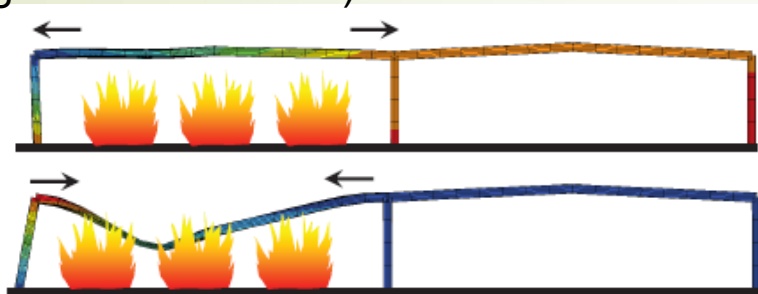
## TŰZÁLLÓSÁG ÉS SZÜKSÉGES RÉTEGVASTAGSÁG MEGHATÁROZÁSÁNAK LÉPÉSEI

- ✓ **TERMÍKUS HATÁS FELVÉTELE:** gázhőmérséklet [EC1-1-2]

*Tűzmodell, szimuláció*

- ✓ **TERMÍKUS REAGÁLÁS:** acél szerkezeti elem hőmérséklete [EC3-1-2]
- ✓ **MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

**IV. MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2] és a közvetett hatások figyelembevételével (gátolt alakváltozás)

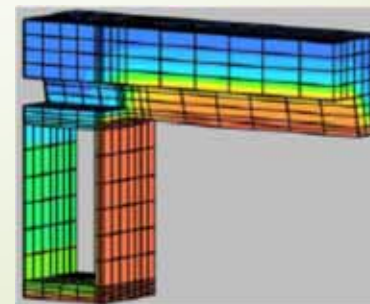


*Szabványos tűzgörbék*  
(rétegvastagság meghatározása)

- ✓ **MECHANIKAI HATÁS:** rendkívüli teherkombináció [EC1-1-2]

**III. MECHANIKAI REAGÁLÁS:** szerkezeti elem teherbírása a redukált szilárdsági jellemzőkkel [EC3-1-2]

**KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET ÉS PRFOIL TÉNYEZŐ:** rétegvastagság

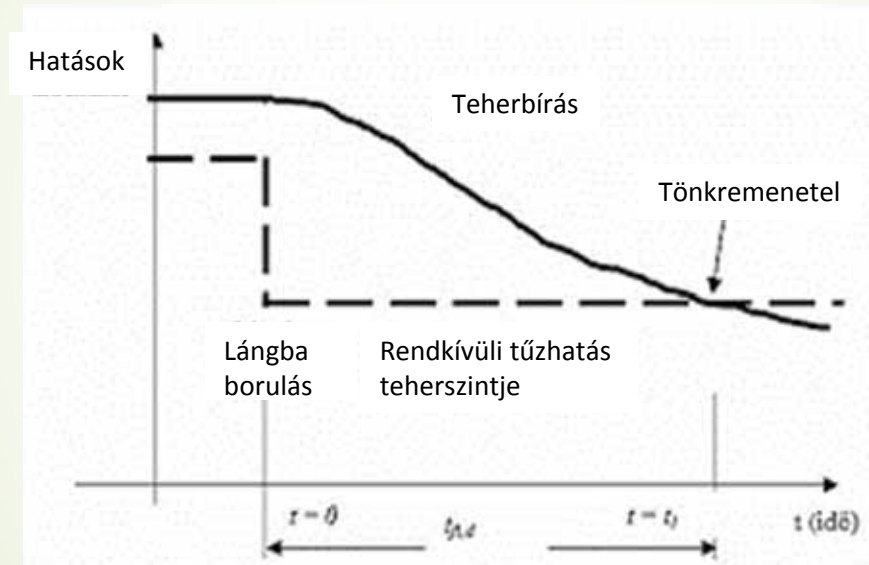




# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## IV. MECHANIKAI REAGÁLÁS [EC3-1-2]

Az acélelem felmelegedése közben veszít szilárdsági jellemzőinek értékéből. A csökkentő tényezők mutatják a mechanikai jellemzők (folyáshatár, rugalmassági modulus) csökkenésének mértékét a normál hőmérsékleti értékükhöz képest.



### ACÉL ELEM TŰZÁLLÓSÁGA ÉS KRITIKUS HŐMÉRSÉKLETE [EC3-1-2]

**Kritikus hőmérséklet:** egy szerkezeti elem az adott teher alatt adott redukált anyagjellemzőkkel éppen még megfelel védelem nélkül.

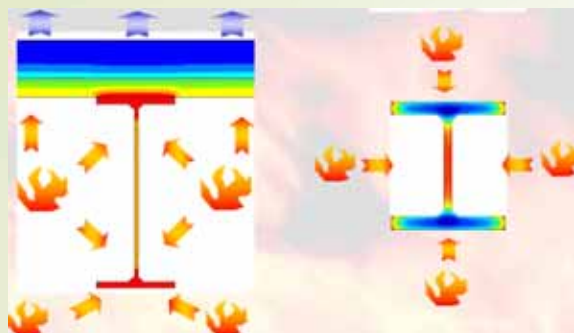
# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐI

- **ÉPÜLET FUNKCIÓJA** – az állandó hatások és változó hatások egymáshoz viszonyított aránya; csökkentés mértéke a rendkívüli tűzhatáskor,
  - Irodai födémgerendája: kb. az eredeti teher 2/3-a működik tűzben,
  - Ipari csarnok tetőgerendája: kb. az eredeti teher 1/3-a működik tűzben,
- **A KIHASZNÁLTSÁG MÉRTÉKE NORMÁL HŐMÉRSÉKLETEN** – mennyi teherbírasi tartalék marad a szerkezetben a rendkívüli tervezési állapotra,
  - 80-100%-os kihasználtság – 20%-os intervallum kb. 40°C-os különbséget okoz a kritikus hőmérsékletben
- **SZERKEZETI ELEM TÍPUSA** – milyen igénybevételek működnek a szerkezeten, stabilitásvesztés esélye fennáll-e.

Melegen hengerelt profilok (1. és 2. keresztmetszeti osztályúak)	Gerenda típusok (jellemző tönkremenetel: kifordulás)	irodai közbenső födém		ipari csarnok tető	
		vb. födém + hasznos teher; $\psi=0,50$		könnyű burkolat + hóteher; $\psi=0,20$	
		Karcsúság $\lambda$	$\Theta_{cr}$ [°C]	Karcsúság $\lambda$	$\Theta_{cr}$ [°C]
Kétcsuklós gerenda	<50	500	<50	600	
	>50	450	>50	600	
Konzolos gerenda	<50	500	<50	550	
	>50	450	>50	550	

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME RÉTEGVASTAGSÁG OPTIMALIZÁLÁSA



➤ Minél nagyobb a profiltényező ( $A_m/V$ ), annál karcsúbb a szerkezet, annál könnyebben melegszik fel a környezeti hőmérsékletre, így nagyobb rétegvastagság szükséges.

➤ Minél nagyobb a megengedett kritikus hőmérséklet ( $\Theta_{cr}$ ), annál vékonyabb a szükséges rétegvastagság! **EZÉRT FONTOS ISMERNI A PONTOS KRITIKUS HŐMÉRSÉKLETET!**

$\Theta_{cr}$ [°C]	350	400	450	500	550	600	650	700	750
$A_m/V$ [1/m]	Adott kritikus hőmérséklethez tartozó rétegvastagságok értékei [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	1,088	1,014	0,837	0,714	0,568	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

PolylackW R60

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME RÉTEGVASTAGSÁG OPTIMALIZÁLÁSA – PÉLDA



Uszoda rekonstrukciója,  
Szombathely

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME RÉTEGVASTAGSÁG OPTIMALIZÁLÁSA – PÉLDA

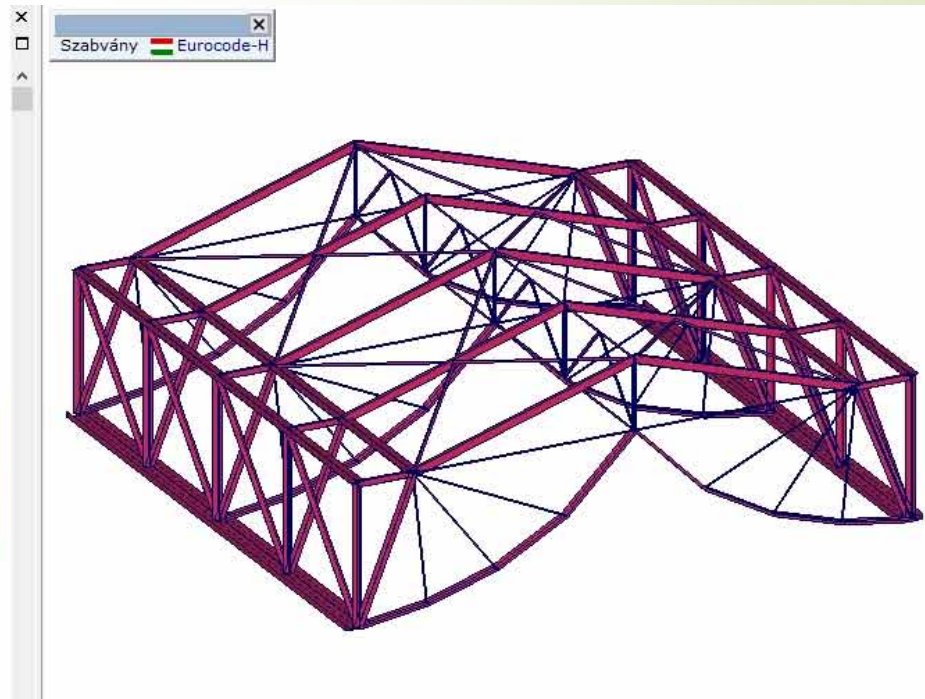
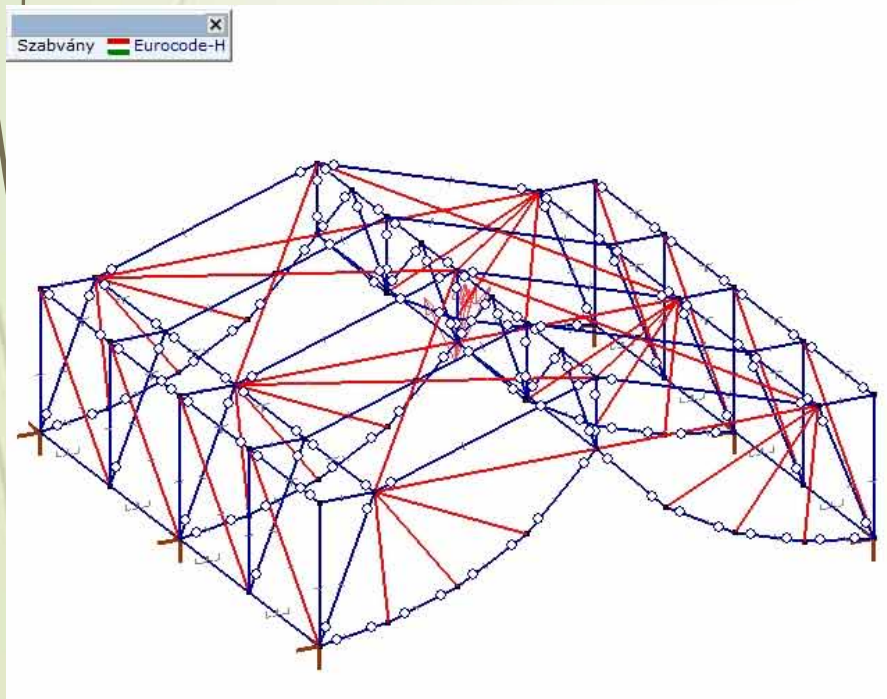


Uszoda  
rekonstrukciója,  
Szombathely



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME RÉTEGVASTAGSÁG OPTIMALIZÁLÁSA – PÉLDA

- Kéttámaszú, konzolos acél rácsos tartók, amelyekhez az álmennyezet ferde köracélokkal van felfüggesztve,
- Tűzállósági követelmény: R30
- Tűzvédelmi követelmény megoldása: Polylack W vizes bázisú hőre habosodó festék.



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

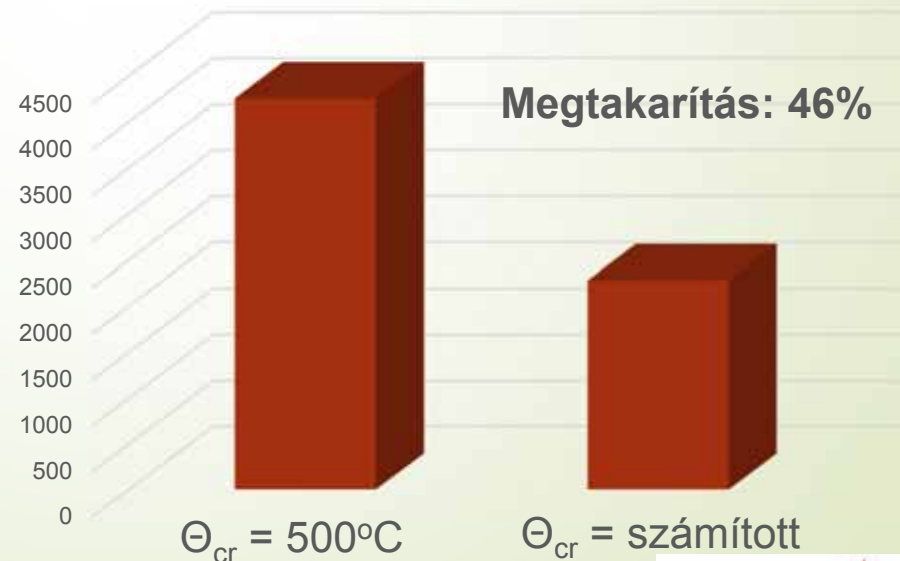
## RÉTEGVASTAGSÁG OPTIMALIZÁLÁSA – PÉLDA

- Tűzállósági követelmény: R30
- Vizes bázisú hőre habosodó festék került alkalmazásra
- Több mint 4000m<sup>2</sup> festett felület



Alkalmazott festékmennyiség

Szelvény	Kritikus hőm.
Lp 10x20	650 °C
2xU80x40x6	650 °C
I140	500 °C
I100	600 °C
L40x4	600 °C
2x L40x4	650 °C
2x L80x6	650 °C
2x L120x10	600 °C
4x L100x8	650 °C



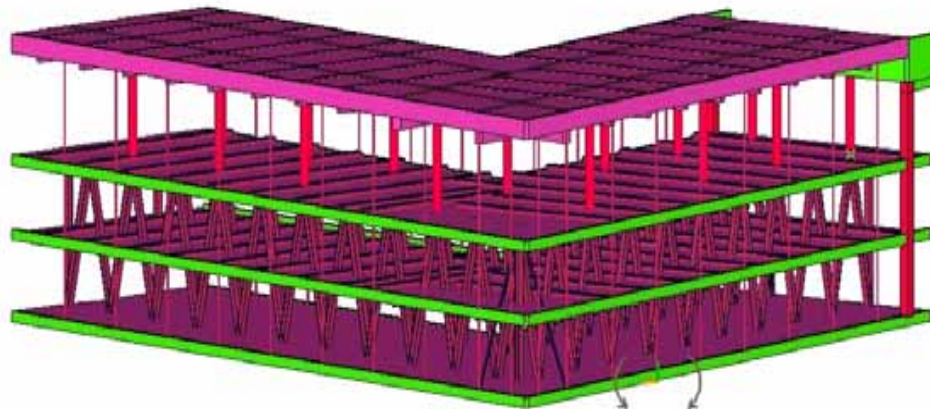
# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## Komplex tűzvédelmi vizsgálat

THQ székház,  
átjáró acélhíd



Tűzállósági  
követelmény:  
R120





# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

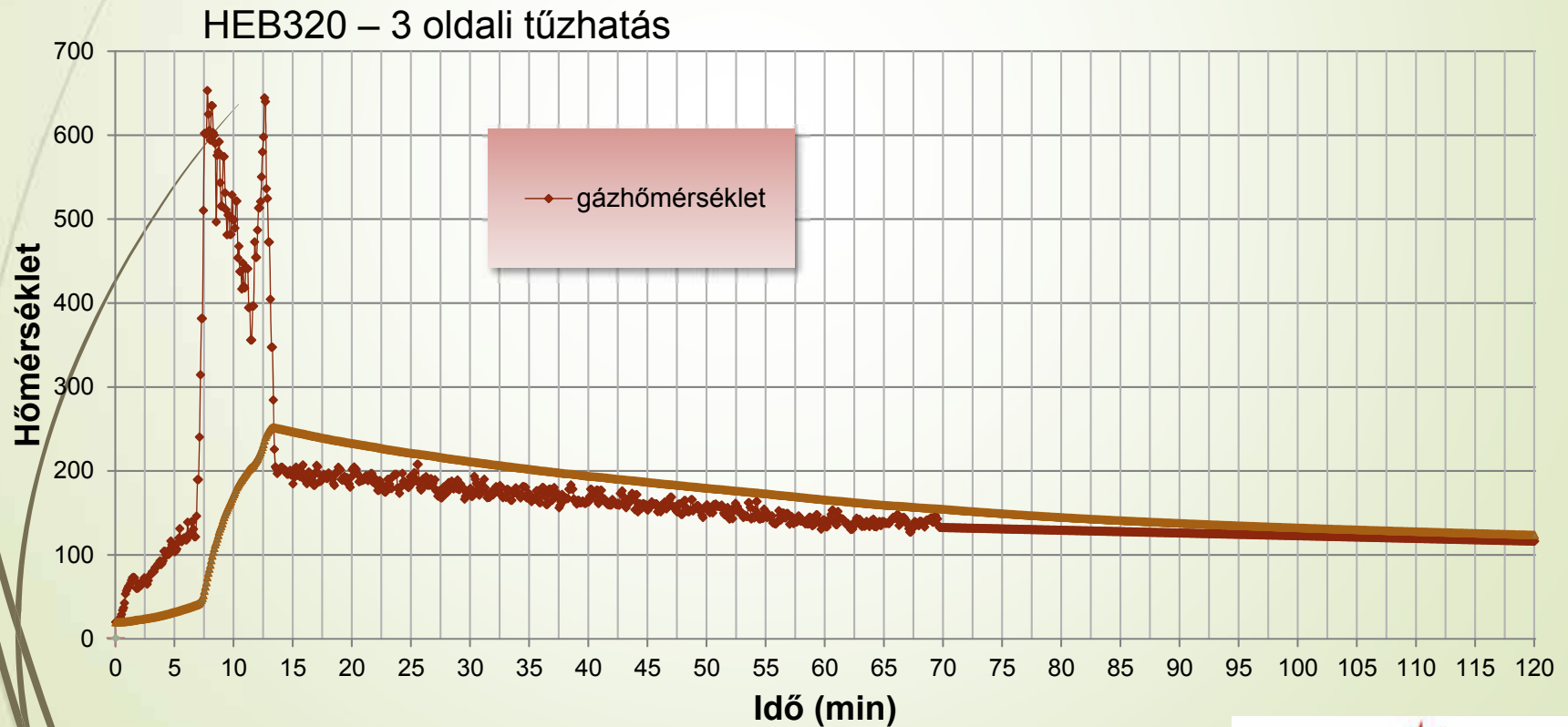
## Komplex tűzvédelmi vizsgálat



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## Komplex tűzvédelmi vizsgálat

- Beépített tűzjelző riasztásának és az oltóberendezések működésének figyelembe vétele,
- Éghető anyagok mennyiségének figyelembe vétele,
- NFPA által validált valós széktűz.



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

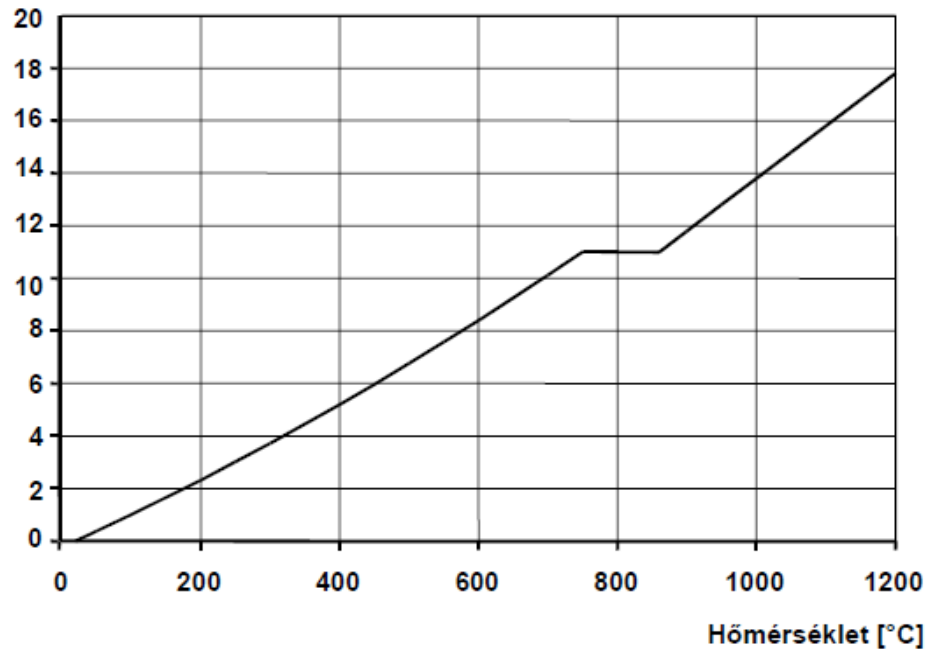
## Komplex tűzvédelmi vizsgálat

Profil	Tartószerkezeti funkció	U/A [1/m]	Tűzkitettség	T <sub>max</sub> [°C]
HEB320	rácsrúd	110	4 oldal	281,07
HEB320	felső öv	93	3 oldal	251,81
HEM340	rácsrúd	61	4 oldal	189,37
HEM280	rácsrúd	70	4 oldal	206,82
HEM300	rácsrúd	60	4 oldal	187,72
UPE300	közbenő födém gerenda	156	3 oldal	254,93
HEA400	alsó öv	103	3 oldal	269,42
HEA320	rácsrúd	142	4 oldal	328,11
SHS150x12,5	függesztő rúd (nyomott, sarkon)	85	4 oldal	236,86
SHS150x12,5	függesztő rúd (húzott)	85	4 oldal	236,86

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## Komplex tűzvédelmi vizsgálat

Hőtágulás  $\Delta l/l$  [ $\times 10^{-3}$ ]



(1) Az acél hőhatásra bekövetkező  $\Delta l/l$  fajlagos megnyúlását a következők szerint kell számítani, ha

–  $20\text{ °C} \leq \theta_a < 750\text{ °C}$

$$\Delta l/l = 1,2 \times 10^{-5} \cdot \theta_a + 0,4 \times 10^{-8} \cdot \theta_a^2 - 2,416 \times 10^{-4}$$

–  $750\text{ °C} \leq \theta_a \leq 860\text{ °C}$

$$\Delta l/l = 1,1 \times 10^{-2}$$

–  $860\text{ °C} < \theta_a \leq 1200\text{ °C}$

$$\Delta l/l = 2 \times 10^{-5} \cdot \theta_a - 6,2 \times 10^{-3}$$

ahol

$l$  a  $20\text{ °C}$  hőmérsékleten mért hossz;

$\Delta l$  hőtágulás;

$\theta_a$  az acél hőmérséklete [°C].

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## Komplex tűzvédelmi vizsgálat Szükséges védelem kiválasztása

- **HŐRE HABOSODÓ TŰZGÁTLÓ FESTÉK**
  - (VIZES- VAGY OLDÓSZER BÁZISÚ) [R15-R120]
  - Reaktív anyag: 200-250 °C között indul meg a kémiai reakció: szénbázisú hőszigetelő hab
  - 40-60x-ra duzzad: helyigénye van a habosodásnak
  
- **TŰZVÉDELMI HABARCSOK [R30-R240]**
  - Rusztikus megjelenés – esztétikai szempont
  - Tűzgátló lapok önsúlyuk miatt nem alkalmazhatók
  - Egyenletes rétegtépképzés bonyolult szerkezetek esetén is
  
- **TŰZGÁTLÓ LAPOK [R30-R180]**

### RÉTEGVASTAGSÁG MEGHATÁROZÁSA:

#### SZABVÁNYOS TŰZGÖRBÉK (vizsgálat):

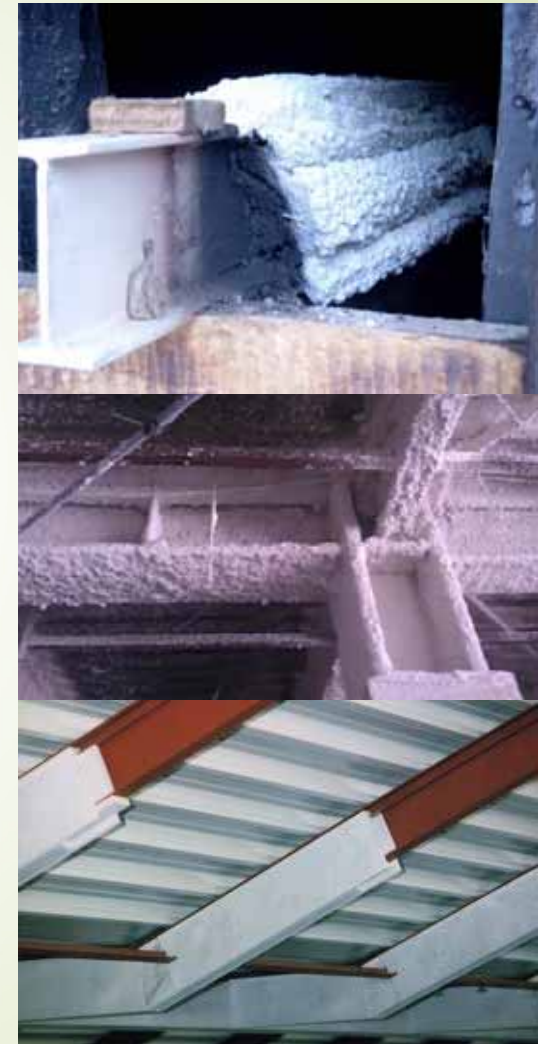
EN 13381-4 Acélszerkezetek járulékos passzív védelme

EN 13381-8 Acélszerkezetek járulékos reaktív védelme

#### EGYEDI TŰZGÖRBÉK:

Védett elem hőmérsékletének számítása [EC3-1-2]

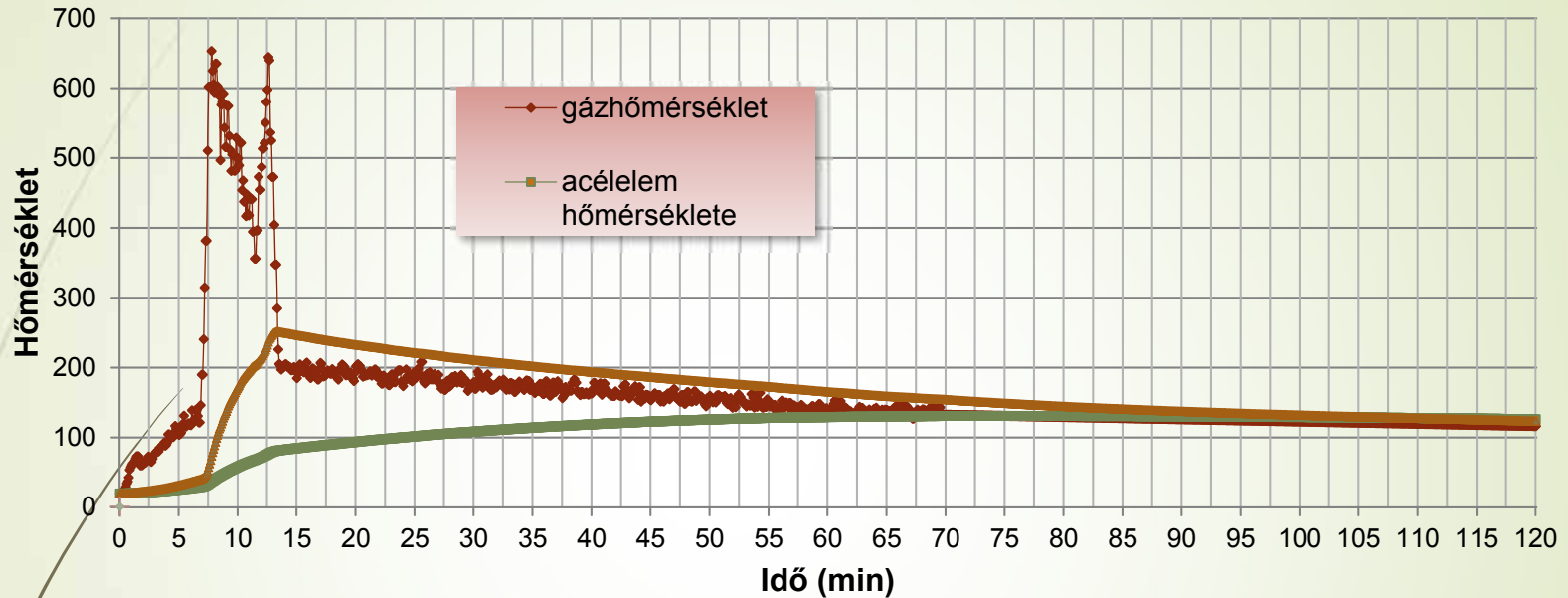
Állandó vastagságú és hőszigetelő-képességgel rendelkező anyag:  
tűzgátló habarcsok és lapok.



# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## Komplex tűzvédelmi vizsgálat

### Szükséges védelem számítása [EC3-1-2]



Differenciál módszer –  
15 s-es lépésenkénti megoldás:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p \cdot A_p / V (\theta_{g,t} - \theta_{a,t})}{d_p \cdot c_a \cdot \rho_a (1 + \phi/3)} \Delta t - (e^{\phi/10} - 1) \Delta\theta_{g,t} \quad (\text{de } \Delta\theta_{a,t} \geq 0, \text{ ha } \Delta\theta_{g,t} > 0)$$

$$\text{és } \phi = \frac{c_p \cdot \rho_p}{c_a \cdot \rho_a} d_p \cdot A_p / V$$

- $A_p/V$  a tűzvédő anyaggal burkolt acélelem szelvénytényezője;
- $A_p$  a tűzvédő anyag felszínének egységnyi hosszra jutó területe [ $\text{m}^2/\text{m}$ ];
- $V$  az elem egységnyi hosszra jutó térfogata [ $\text{m}^3/\text{m}$ ];
- $c_a$  az acél hőmérséklettől függő fajhője a 3. fejezetből [ $\text{J}/\text{kgK}$ ];
- $c_p$  a tűzvédő anyag hőmérséklettől független fajhője [ $\text{J}/\text{kgK}$ ];
- $d_p$  a tűzvédő anyag vastagsága [ $\text{m}$ ];
- $\Delta t$  időköz [ $\text{másodperc}$ ];
- $\theta_{a,t}$  az acél hőmérséklete  $t$  idő elteltével [ $^{\circ}\text{C}$ ];
- $\theta_{g,t}$  a környezeti gázhőmérséklet  $t$  idő elteltével [ $^{\circ}\text{C}$ ];
- $\Delta\theta_{g,t}$  a környezeti gázhőmérséklet emelkedése  $\Delta t$  időköz elteltével [ $^{\circ}\text{K}$ ];
- $\lambda_p$  a tűzvédő rendszer anyagának hővezetési tényezője [ $\text{W}/\text{mK}$ ];
- $\rho_a$  az acél sűrűsége a 3. fejezetből [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ];
- $\rho_p$  a tűzvédő anyag sűrűsége [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ].

# ACÉLSZERKEZETEK TŰZVÉDELME

## ÖSSZEFOGLALÁS

### **KRITIKUS HŐMÉRSÉKLET** (rétegvastagság optimalizálás):

- Szabványos tűzgörbék alkalmazása: magas hőterhelés
- A kritikus hőmérséklet értékének általános megállapításához további vizsgálatokat igényelnek még: kihajlási tönkremenetel és a stabilitásvesztés interakciói.
- Kritikus hőmérséklet függ: befogási viszonyoktól, igénybevétel típusától, elem karcsúságától, az állandó és az esetleges hatások egymáshoz viszonyított arányától (funkció) és a tervezett kihasználtságtól – számos vizsgálati kombináció!
- 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
- Megtakarítás: szerkezeti tűzvédelem szükségességének vizsgálata

Köszönöm megtisztelő  
figyelmüket!

**Dunamenti Tűzvédelem**  
member of  mercor group



*Már 35 éve a tűzvédelem szolgálatában!*