

# Tartószerkezetek (vb, fa, acél) tűzállósági teljesítményének meghatározása

---

Kulcsár Béla

# 1 – Tervezési folyamat

---

- tervezési elvek, együttműködés
- tervezési lépések a gyakorlatban

# Tűzvédelmi és statikus tervező együttműködése

## Tűzvédelmi tervező

- megállapítja a tűzvédelmi követelményeket
- javasol egy tűzmodellt / ISO-szabványos zárttéri modell ... részletes tűzmodell
- dönt: milyen módszer használható az igazoláshoz
  - táblázatos módszer → R, REI és REI-M
  - tűzállósági kísérletek adaptálása a konkrét projektre → R, REI és REI-M
  - statikai / hőtani számítás a tűzhatás idején (Eurocode) → R, (E)I
- a táblázatos módszert használatát és a kísérletek adaptálását önállóan végezheti
- tűzvédelmi burkolatot / bevonatot tervezhet – terméktáblázatok alapján

## Ha statikai számítás szükséges

- határterület, hogy ki állapítja meg a szerkezeti elem hőmérséklet-eloszlását azaz ki végez **termikus analízist** (tűzvédelmi tervező vagy a statikus)

## Statikus tervező

- igazolja a tartószerkezetek tűzállósági teljesítményét statikai számítással
- új (kedvezőbb) szerkezeti méreteket állapíthat meg a pontos számítással
- tűzvédelmi burkolatot / bevonatot tervezhet – számítással is



### Építész tervező:

- megtervezi az épület tereit, majd szerkezet választ a társtervezőkkel
- előírja (társtervezőkkel) az elemek teljesítmény-követelményeit
- igazolja (társtervezőkkel) a megfelelést – pl. energetika

### Statikus

- teljesítmény követelmények: teherbírás és használhatóság  
(ne szakadjon le/ károsodjon, ne repedjenek a válaszfalak, lengés korlátozott stb.)
- igazolja a főbb elemeket + dokumentál (*gond: jelenleg: ált. műszaki leírásban...*)

### Tűzvédelmi tervező / szakértő

- besorolja a szerkezeti elemet (pl. teherhordó fal)
- meghatározza a tűzvédelmi teljesítmény-követelményt (a szerkezetekre)
- és áttekinti hogy (elvben) a kiírt / tervezett szerkezettípussal ez megoldható-e (!)  
(*probléma: konkrét szerkezet/típus hiányában ez gyakran elmarad*)

### Tűzvédelmi hatóság

- ellenőrzi a jogszabályi tűzvédelmi teljesítmény-követelményt
- konkrét szerkezet / termék esetén ellenőrzi az igazolás meglétét  
(*probléma: pl. EI 15 válaszfal vállalható, de pl. REI 60-nak kiírt védelem nélküli acélváz, amit a statikus majd (...) igazol – de általában csak lenyilatkozza*)

# Tervezési fázisok - jelenleg

**Kiviteli terv**

## **Építész tervező:**

- kiválasztja a konkrét építési terméket

**Termékek  
alkalmazása**

## **Statikus tervező:**

- statikai számítás esetén méretez tűzhatásra (1)

## **Tűzvédelmi tervező / szakértő**

- igazolja az elemeket egyszerűsített módszerrel (1)  
(táblázatos módszer, kísérlettel segített tervezés)

(2) teljesítmény nyilatkozatok  
és a

(3) felelős műszaki vezető  
építési napló bejegyzése  
lesz együttesen az igazolás

**(Szak)hatóság:** használatbavételnél, építésfelügyeleti eljárásnál

- ellenőrzi (1) + (2) + (3) meglétét a teljesítmény-igazoláshoz

## **Tartószerkezet (elsődleges építményszerkezet része):**

- a szerkezeti elemeket és azok kapcsolatait is magába foglalja,

- csak a homlokzatot hordó tartószerkezet tűzvédelmileg a

„másodlagos építményszerkezet”, azaz a nem teherhordó homlokzat eleme

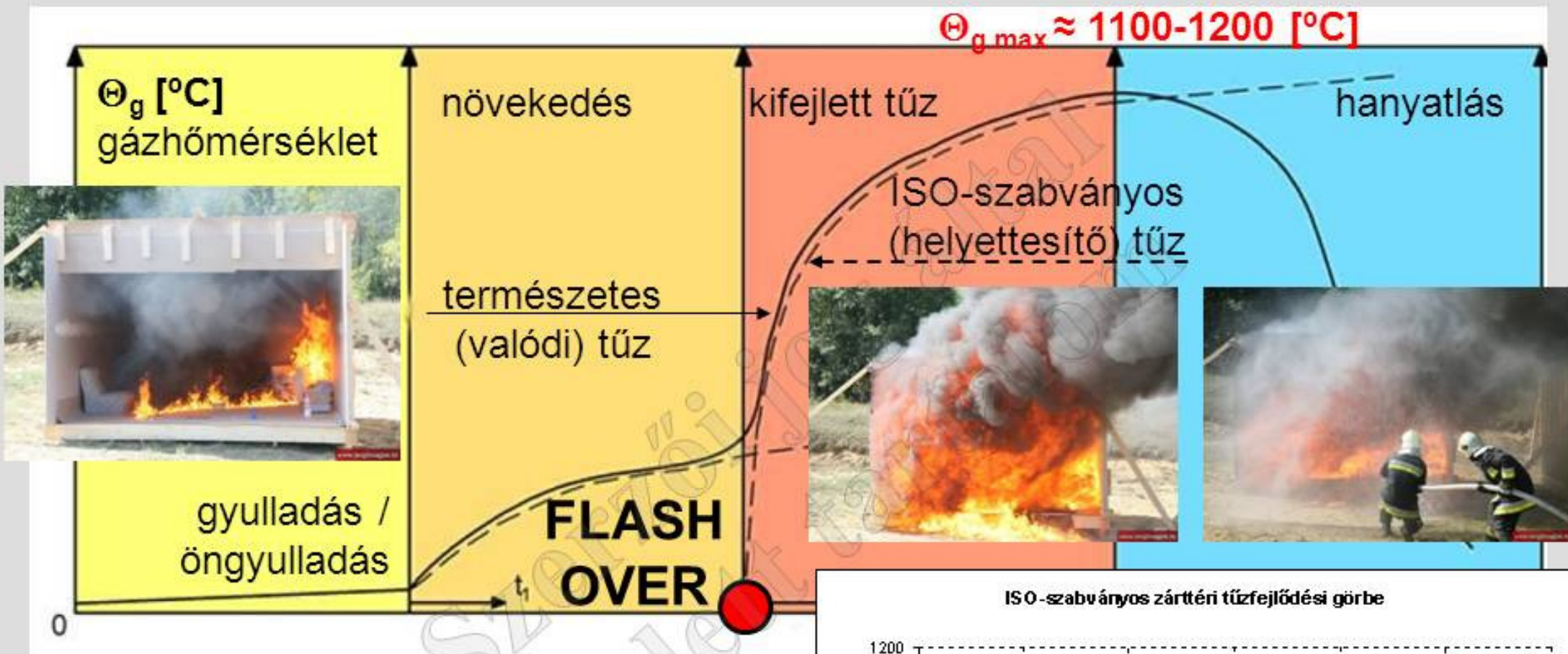


## 2 – Tűz és a szerkezetek tűzállósága

---

- tűzmodell és a tűzfolyamat
- tűzvédelmi osztály
- tűzállósági teljesítmény
- hazai követelmények (OTSZ 5.0)

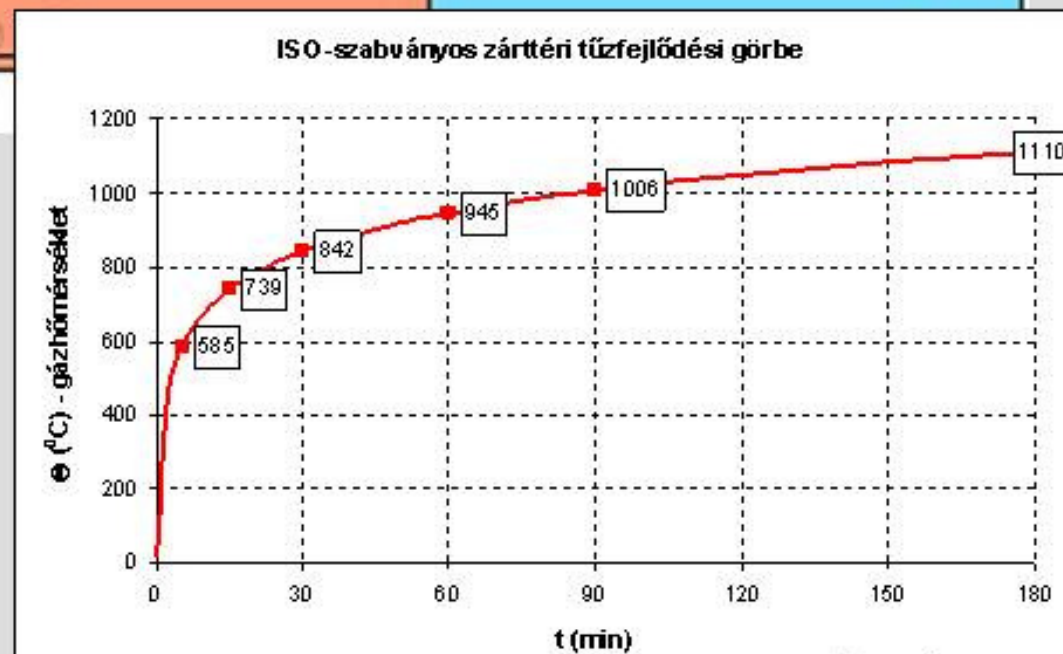
# Zárttéri természetes tűzfejlődés & modellezése



Tüzek legegyszerűbb modellje

## Szabványos zárttéri tűzfejlődési görbe

- elv: egyenletes tüztéri gáz hőmérséklet
- kísérletek alapján megállapított görbe
- általános, független a környezettől
- többnyire a biztonság javára téved



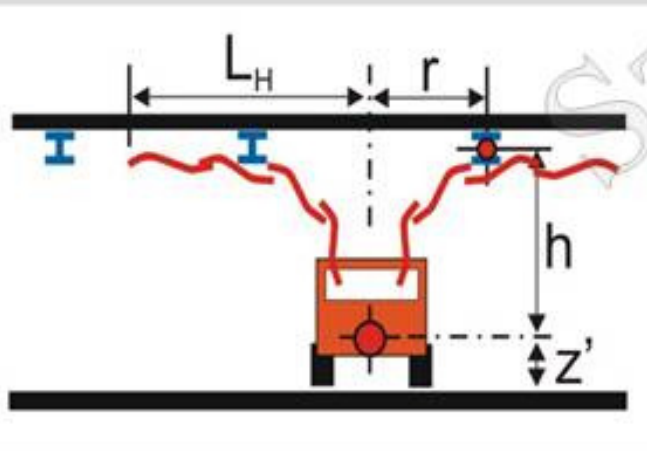


# Részletes tűzmodellek

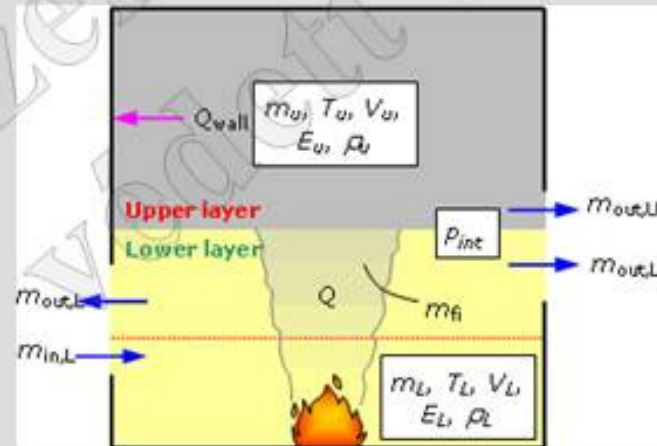
## Bemenő adatok:

- valamennyi lehetséges tűzfészek jellemzői
- éghető anyagok anyagjellemzőinek, konfigurációjának ismerete
- határoló felületek és a szellőzés összes jellemzője
  - adott tűzhelyszínrre és épületfunkcióra érvényesek
  - eredmény: láng- és füstterjedés, egyes elemekre jutó hőáramsűrűség

### Lokális tüzek

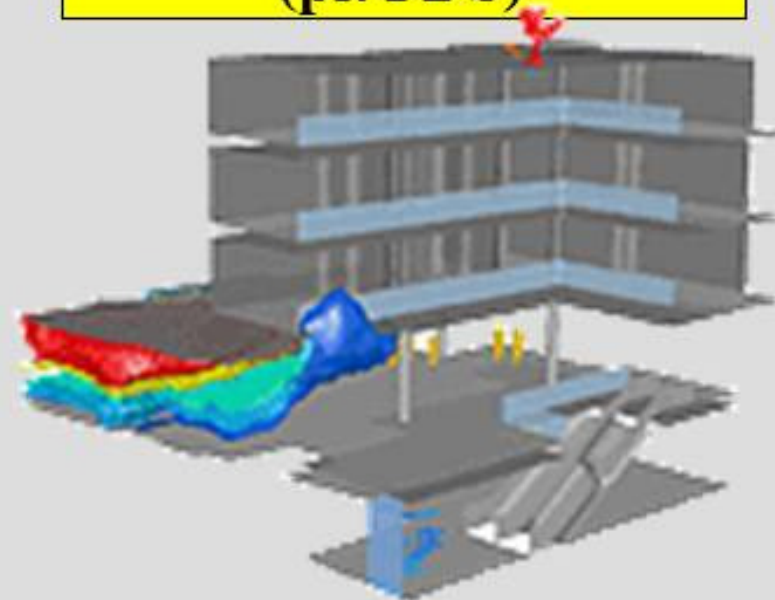


### Fejlődő tüzek



zónamodellek

### Égéselméleti és áramlástan modellek (pl: FDS)



cellamodellek



# Tűzvédelmi osztály - beton, acél, fa

A1

A2

B

C

D

E

F



**BETON**

- 450 °C - szilárdságvesztés kezdete
- 573°C - szilárdság drasztikusan csökken
- 700°C - CSH-bomlása, szilárdság ~ 0

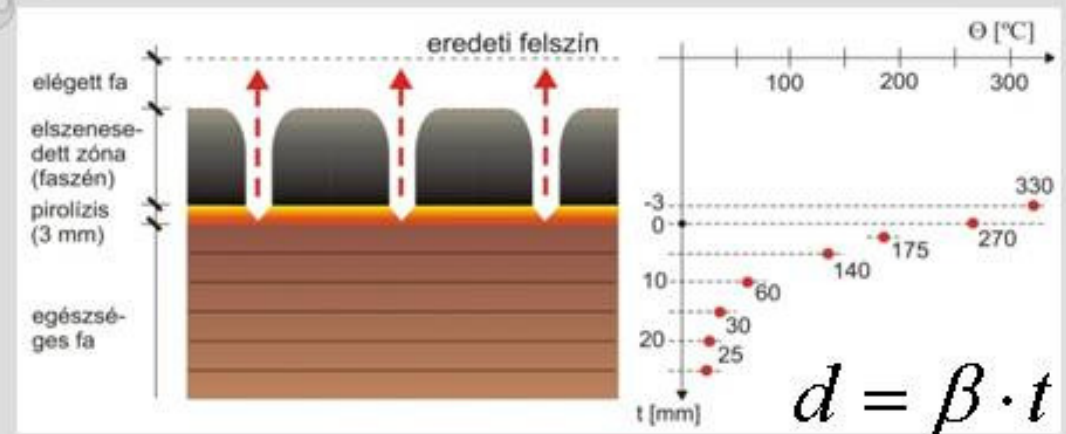


**ACÉL**

- jó hővezető anyag
- 500 °C – fizikai átalakulás
- 1538 °C – olvadáspont

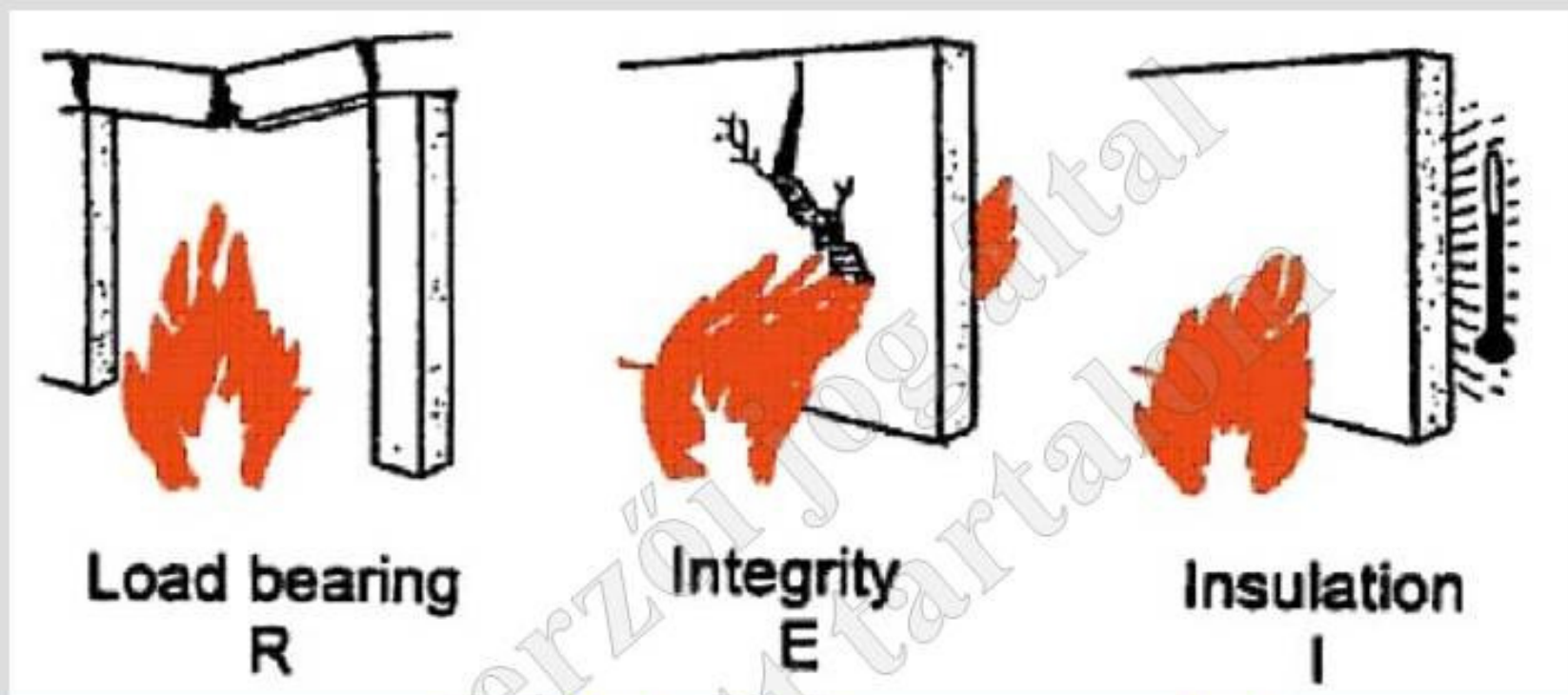


**FA**



- FF: ha  $\rho \geq 350 \text{ kg/m}^3$  és  $t \geq 22 \text{ mm}$
- RR: ha  $\rho \geq 380 \text{ kg/m}^3$  és  $d \geq 40 \text{ mm}$

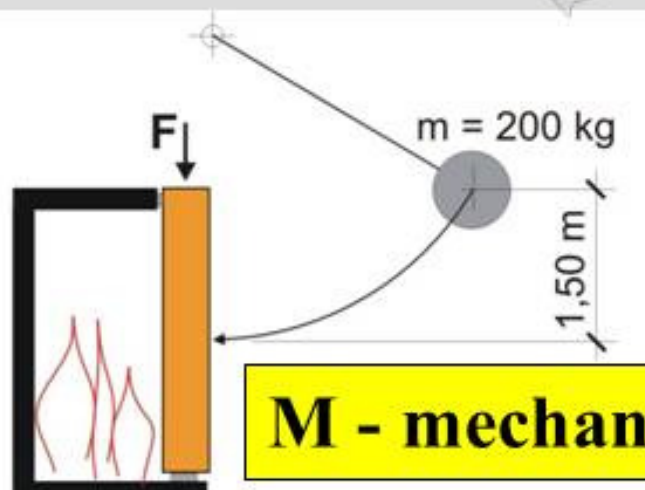
# Szerkezetek főbb tűzállósági teljesítményjellemzői



**R - teherhordó képesség**

**E - lángáttörés**

**I - hőszigetelés**



**M - mechanikai hatás**

**Tűzállósági határérték (= „bizonyos idő”)**

A tűzállósági vizsgálat kezdetétől számított, a vizsgált szerkezet tűzállósági határállapota valamelyikének eléréséig eltelt idő, percben kifejezve (jele:  $T_H$ )



# Szerkezetek tűzvédelmi teljesítménye

Egy teherhordó fal lehetséges tűzvédelmi osztálya és teljesítménye:

**B – REI M 60**

szerkezet anyagának  
tűzvédelmi osztálya  
(éghetőségi csoport)

teherbírás

lángáttörés

hőszigetelés

mechanikai ütéssel szembeni ellenállás

tűzállósági határérték:  $T_H$  (min)

Pillér/gerenda egy lehetséges tűzvédelmi osztálya és teljesítménye:

**A1 – R 90**



# OTSZ 5.0 – 2013. júliusi tervezet

Mértékadó kockázati osztálya	NAK	AK	KK	MK
Földszinti és emeleti teherhordó falak és merevítéseik;	D REI 30	C REI 30 Pince+Földszint+ max. 2 emelet esetén, egyéb esetben A2 REI 45	A2 REI 60 Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén, egyéb esetben A1 REI 90	Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén A1 REI 60 egyéb esetben A1 REI 90
Földszinti és emeleti teherhordó pillérek és merevítéseik;	D R 30	C R 30 Pince+Földszint+ max. 2 emelet esetén, egyéb esetben A2 R 45	A2 R 60 Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén, egyéb esetben A1 R 90	Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén A1 R 60 egyéb esetben A1 R 90
Pinceszinti teherhordó falak és merevítéseik	A2 REI 30	A2 REI 45	Pinceszint+Földszint+ max. 4 emelet esetén A2 REI 60 egyéb esetben A2 REI 90	Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén A1 REI 90 egyéb esetben A1 REI 120
Pinceszinti pillérek és merevítéseik	A2 R 30	A2 R 45	Pinceszint+Földszint+ max. 4 emelet esetén1 pinceszint esetén A2 R 60 egyéb esetben A2 REI 90	Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén A1 R 90 egyéb esetben A1 R 120
Pinceszint feletti földem	A2 REI 30	A2 REI 45	Pinceszint+Földszint+ max. 4 emelet esetén A2 REI 60 egyéb esetben A2 REI 90	Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén A1 REI 60 egyéb esetben
Emeletközi, tetőföldem		+Földszint+ esetén, egyéb REI 45	A2 REI 60 Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén, egyéb esetben A2 REI 90	2. Pince-szinti tartószerkezetek
lépcsőházi földem tartószerkezete	D REI 30	C REI 30 Pince+Földszint+ max. 2 emelet esetén, egyéb esetben A2 REI 45	A2 REI 60 Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén, egyéb esetben A1 90	Pince+Földszint+ max. 4 emelet esetén A1 REI 90 egyéb esetben A1 REI 120
Lépcsők és lépcsőnyelők tartás- és támasztó szerkezetei				Egy csoporton belül egységes követelmények, tűzfal max. REI-M 180

1. Földszinti és emeleti tartószerkezetek

2. Pince-szinti tartószerkezetek

Egy csoporton belül egységes követelmények, tűzfal max. REI-M 180

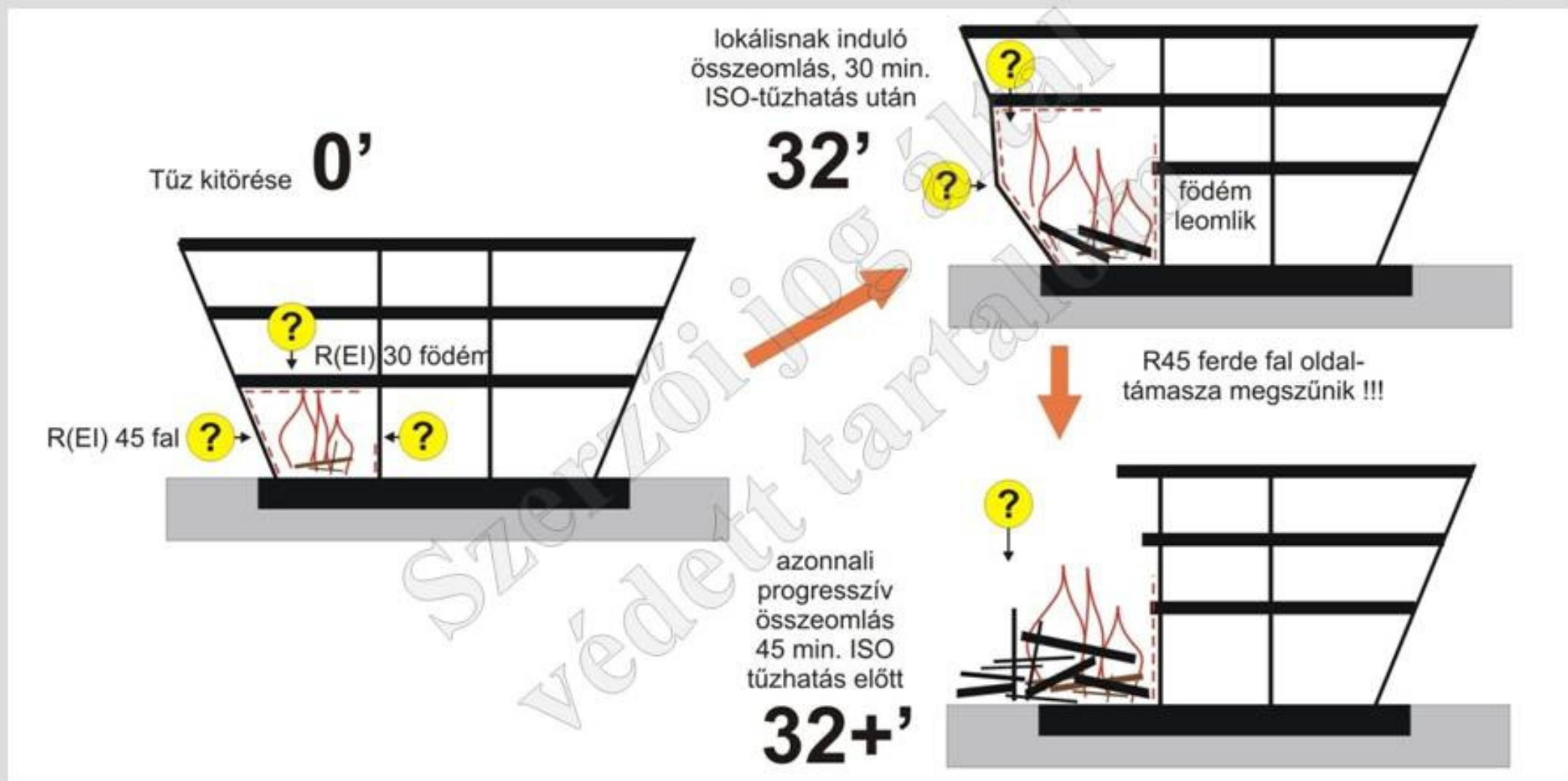
# OTSZ 5.0 – 2013. októberi tervezet

Mértékadó kockázati osztály	NAK	AK			KK			MK			
		Pince+ föld-szint	Pince+ föld-szint+ max. 2 emelet	egyéb esetben	Pince+ föld- szint	Pince+ föld- szint+ max. 4 emelet	egyéb esetben	Pince+ föld- szint	Pince+ föld-szint+ max. 4 emelet	egyéb esetben	
Teherhordó falak és merevítéseik ált.	D REI 15	D REI 30	C REI 30	A2 REI 45	A2 REI 30	A2 REI 60	A1 REI 90	A1 REI 60	A1 REI 90	A1 REI 120	
Teherhordó pillérek és merevítéseik ált.	D R 15	D R 30	C R 30	A2 R 45	A2 R 30	A2 R 60	A1 R 90	A1 R 60	A1 R 90	A1 R 120	
Pinceszinti teherhordó falak és merevítéseik	A2 REI 30	A2 REI 30	A2 REI 45	A2 REI 60	A2 REI 45	A2 REI 60	A2 REI 90	A1 REI 60	A1 REI 90	A1 REI 120	
Pinceszinti pillérek és merevítéseik	A2 R 30	A2 R 30	A2 R 45	A2 R 60	A2 R 45	A2 R 60	A1 R 90	A1 R 60	A1 R 90	A1 R 120	
Pinceszint feletti födém	A2 REI 30	A2 REI 30	A2 REI 45	A2 REI 60	A2 REI 45	A2 REI 60	A1 REI 90	A1 REI 60	A1 REI 90	A1 REI 120	
Emeletközi födém	D REI 15	-	C REI 30	A2 REI 45	-	A2 REI 45	A1 REI 60	-	A1 REI 60	A1 REI 90	
Tetőfödém tartószerkezete	D REI 15	D REI 15	C REI 15	A2 REI 30	C REI 30	A2 REI 45	A2 REI 60	A2 REI 45	A2 REI /60	A2 60	
Tetőfödém térelhatároló szerkezete (60 kg/m <sup>2</sup> -ig)	D REI 15	D REI 15	D REI 15	A2 REI 30	D REI 15	A2 REI 30	A2 REI 30	A2 REI 30	A2 REI 45	A2 REI 60	
Fedélszerkezet	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	
Menekülési út lépcső- és járőfelületeinek tartószerkezetei	D R 15	D R 30	C R 30	A2 R 45	A2 R 45	A2 R 60	A1 R 90	A1 R 60	A1 R 90	A1 R 90	
Tűzgátló alapszerkezet	Tűz- fal	A1 REI-M 120	A1 REI-M 120	A1 REI-M 120	A1 REI-M 120	A1 REI-M 180	A1 REI-M 180	A1 REI-M 180	A1 REI-M 240	A1 REI-M 240	A1 REI-M 240



# Mérnöki megfontolások - összeomlások lefolyása

Kellően sok idő után a tűzben minden szerkezet összedől. De nem mindegy, hogyan!



**Ferde falak** nem csak a födémeket tartják, hanem a födémek is megtámasztják őket!

Födém tűzvédelmi jellemzői nem lehetnek rosszabbak a ferde falénál!

De miért lenne eltérő?



# 3 – Tűzállósági teljesítmény igazolása

---

- tűzvédelmi osztály
- tűzállósági teljesítmény
- hazai követelmények (OTSZ)

# Tűzállósági teljesítmény igazolása

---

## Eurocode-szerinti tervezéssel

- **egyszerűsített módszer, tervezési táblázatok**  
→ csak egyes tartószerkezetekre léteznek elfogadott eljárások
- **hőtani és/vagy statikai számítással**  
→ tartószerkezetek döntő többségére léteznek elfogadott eljárások

## Tűzállósági kísérlettel segített tervezéssel

- **szerkezeti elemek:**  
akkreditált **labor**beli **tűzállósági vizsgálat alapján / kiterjesztéssel**  
- ÉMI / kijelölt vizsgálószerv + honosító irat
- **bevonatok (amit az EC nem tárgyal):**  
akkreditált **labor**beli **tűzállósági vizsgálatok kiterjesztésével**

# EC szerinti táblázatok – egyszerűsített módszer

## Vasbeton gerenda (kéttámaszú)

Követelmény	Minimális méretek [mm]						
	a (tengelytávolság) és $b_{min}$ (gerenda szélesség) lehetséges kombinációi				Gerinc-vtg, $b_w$		
					WA oszt	WB oszt	WC oszt
R 30	$b_{min} = 80$	120	160	200	80	80	80
	$a = 25$	20	15*	15*			
R 60	$b_{min} = 120$	160	200	300	100	80	100
	$a = 40$	35	30	25			
R 90	$b_{min} = 150$	200	300	400	110	100	100
	$a = 55$	45	40	35			

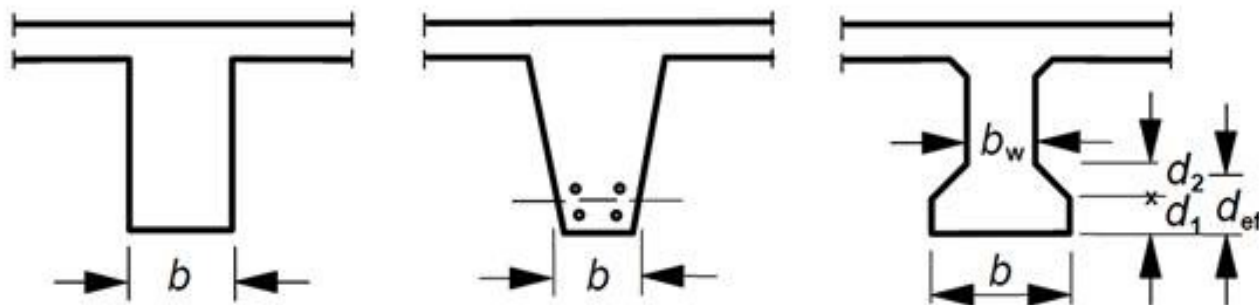
Feszített gerendáknál kiegészítő szabályok alkalmazandók

táblázati részlet

### Kötött tervezés:

- adalékanyag
- szélesség
- acélbetétek
- tengely-távolsága
- pászmák /
- feszítőhuzalok helye
- stb.

Tűzfolyamat:  
ISO zárttéri  
tűzhatás





# EC szerinti táblázatok – egyszerűsített módszer

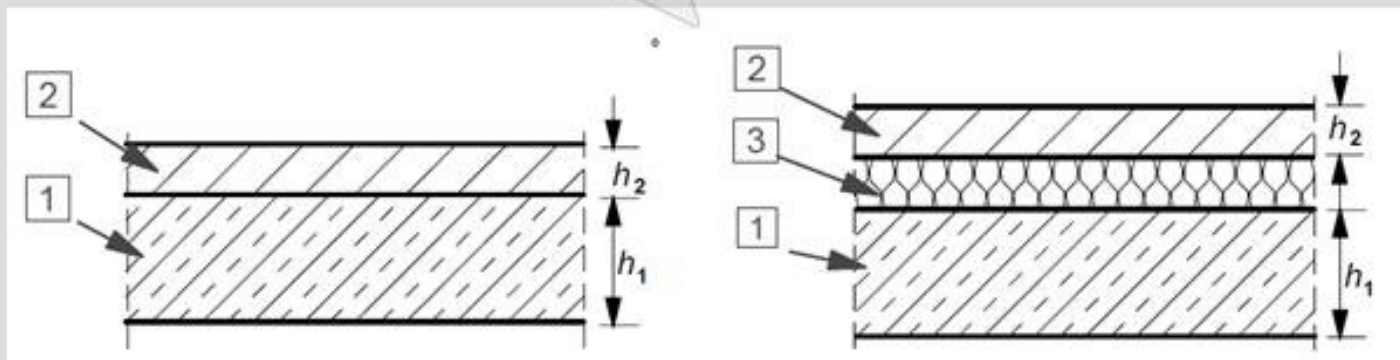
## Vasbeton födém (kéttámaszú lemez)

Követelmény	Minimális méretek (mm)		
	Födémvtg, $h_s$ (mm)	Tengelytávolság, $a$	
		egy irányban teherhordó	két irányban teherhordó $l_y/l_x \leq 1,5$
REI 30	60	10*	10*
REI 60	80	20	10*
REI 90	100	30	15*

Feszített gerendáknál kiegészítő szabályok alkalmazásával használható  
Figyelembe veendő fesztáv a szabvány vonatkozó szakaszai alapján

**Tűzfolyamat:**  
**ISO**  
**zárttéri**  
**tűzhatás**

táblázati  
részlet



# EC szerinti táblázatok – egyszerűsített módszer

## Vasbeton falak (REI)

Követelmény	Minimális méretek (mm)			
	fal $b_{\min}$ szélessége / a fő acélbetétek a tengelytávolsága			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	egyoldali tűzhatásnak kitett	kétoldali tűzhatásnak kitett	egyoldali tűzhatásnak kitett	kétoldali tűzhatásnak kitett
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

\* magasság / falvastagság max. 40, a kihasználtság az EC 2-1-2 szerint

**Tűzfo-  
lyamat:  
ISO  
zárttéri  
tűzhatás**

táblázati  
részlet

## Vasbeton falak (+M)

a fentieken túl: - 200 mm beton fal  
- 140 mm teherhordó vasbeton fal

**Falazatok → következő előadás**



# EC szerinti számítás

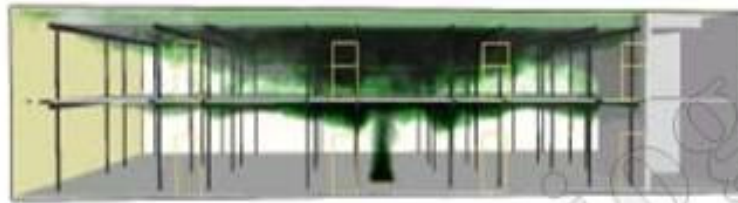
## Teherbírás

0. lépés

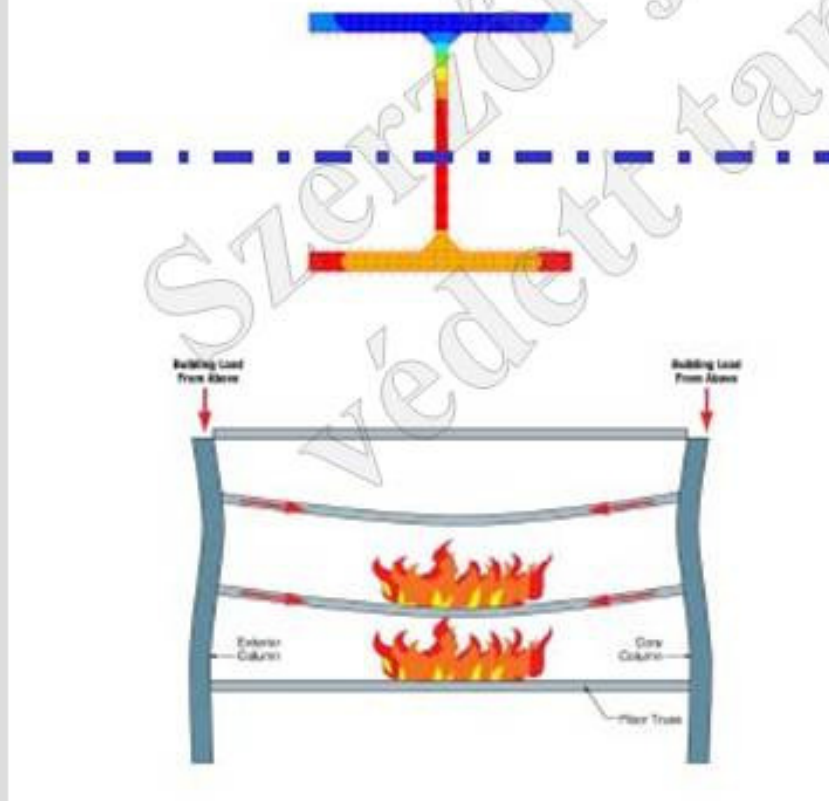
1. lépés

2. lépés

3. lépés



Tűzfolyamat választása  
(lokális / növekvő / kifejlett tűz)  
és tűzmodell-számítás



Szerkezet / elem  
termikus analízise

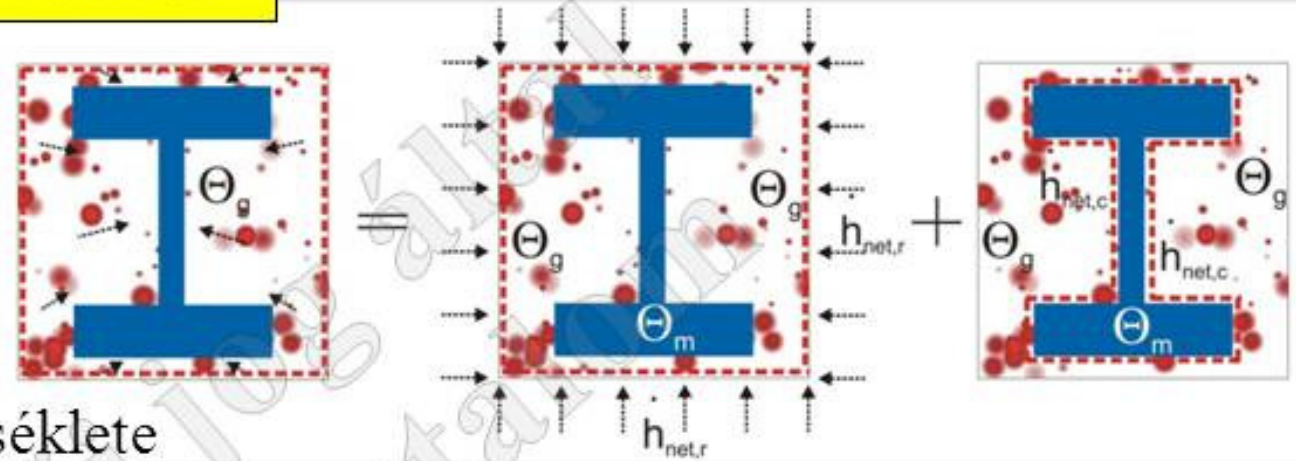
Magas hőmérsékletű  
(„forró”) szerkezet/elem  
mechanikai analízise,  
teherbírás igazolás

# EC szerinti számítás

## Tűzmodell: a tűzfolyamat leírása

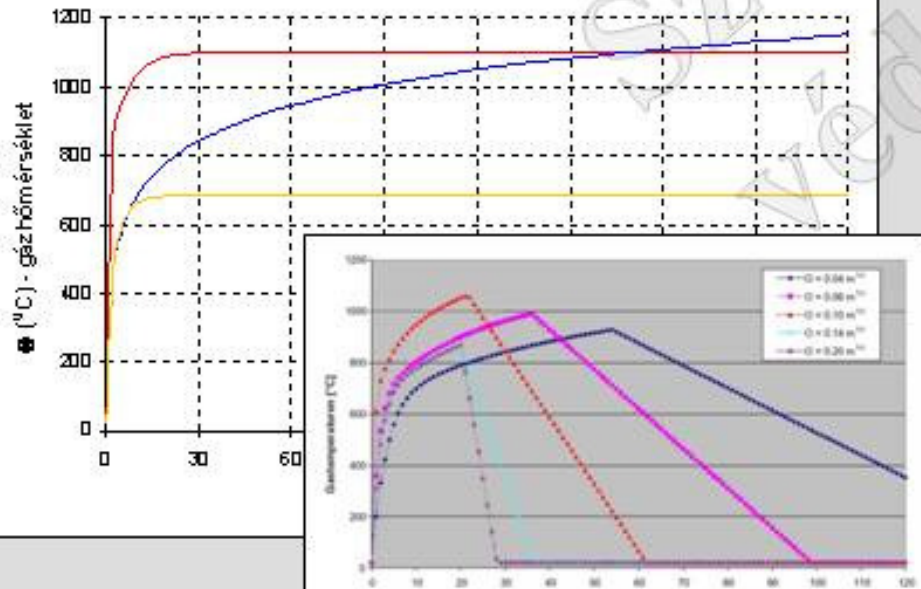
### Cél:

- tűztéri mikro-környezet leírása
- hősugárzás hatása
- gázkörnyezet hőmérséklete
- szerkezeti elem felszíni hőmérséklete

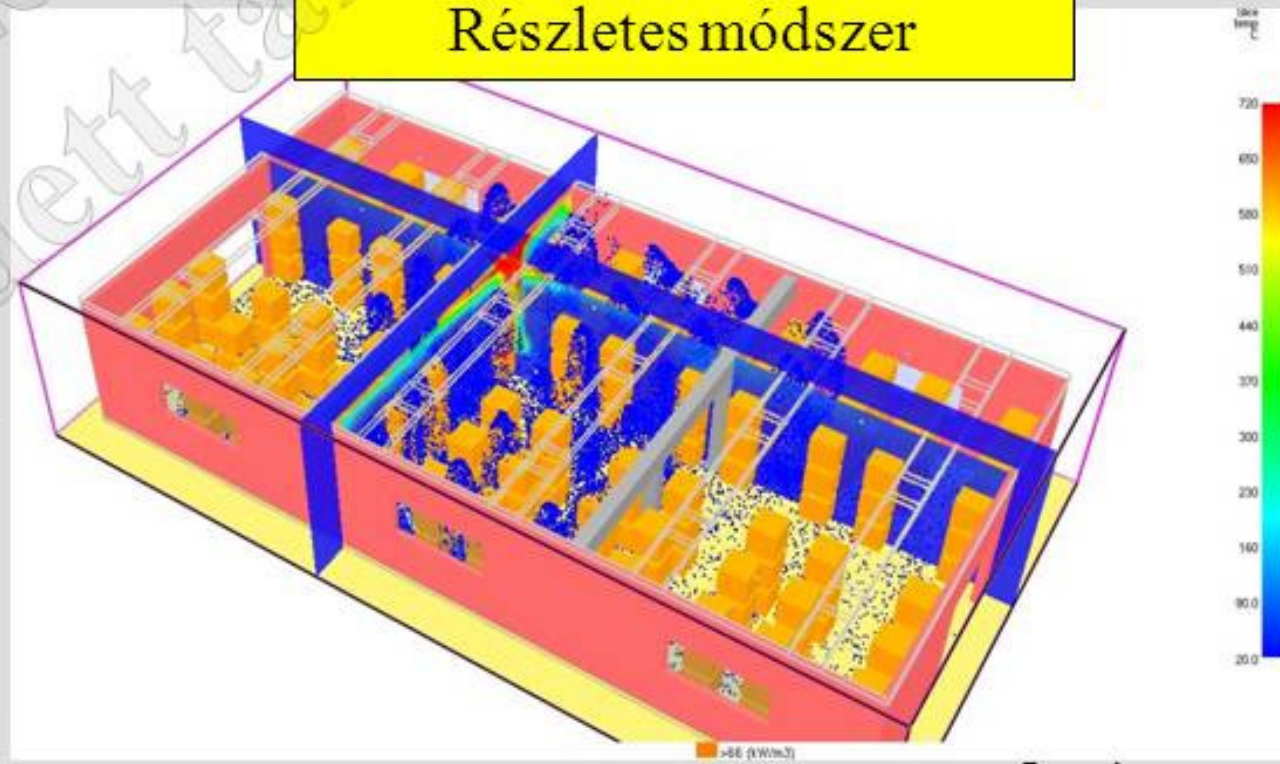


## Egyszerűsített módszer

ISO-szabványos tűz-fejlődési görbék



## Részletes módszer



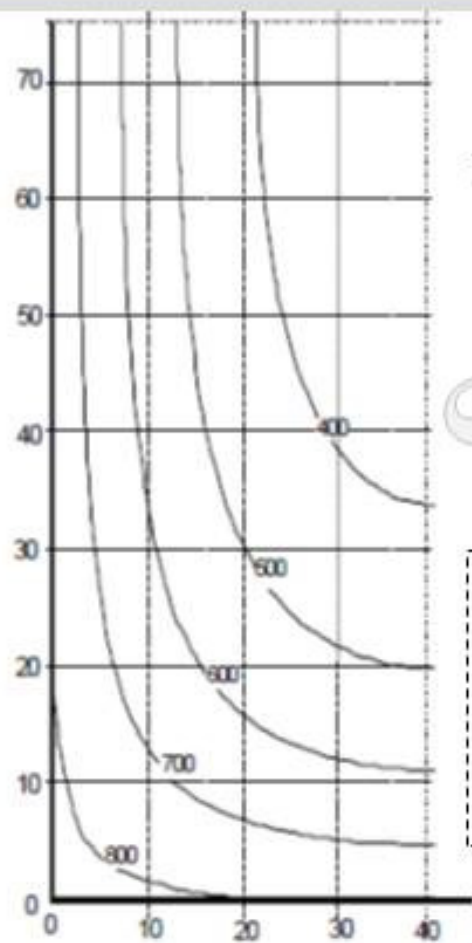


# EC szerinti számítás

**VASBETON**

**Termikus analízis**

**Egyszerűsített módszerek**



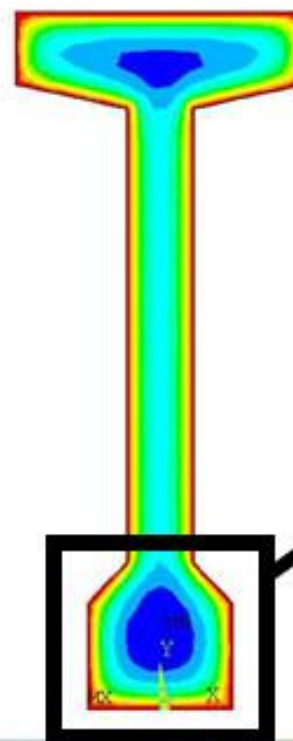
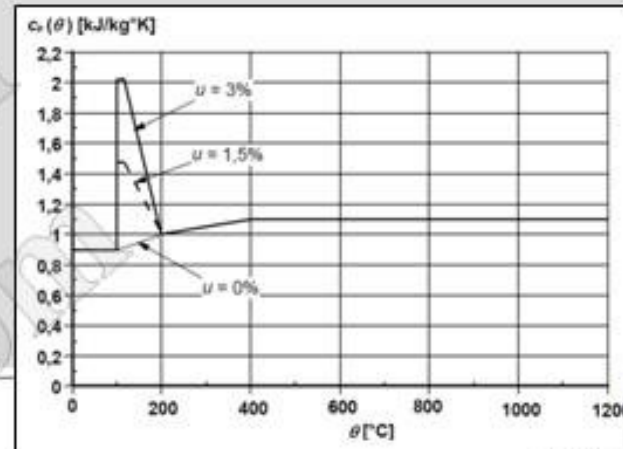
referencia-  
izoterma-  
görbék

ISO  
zárttéri  
tűzhatás

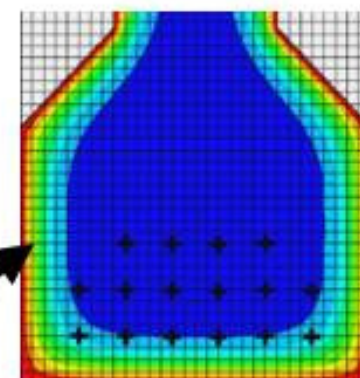
**Részletes  
módszerek**

```
1 NODP  
STEP=1  
SUB =120  
TIME=3600  
TEMP (AVG)  
RSYS=0  
SMN =357.135  
SMX =1218
```

tetsző-  
leges  
tűzhatás



Vb gerenda:  
**termék**

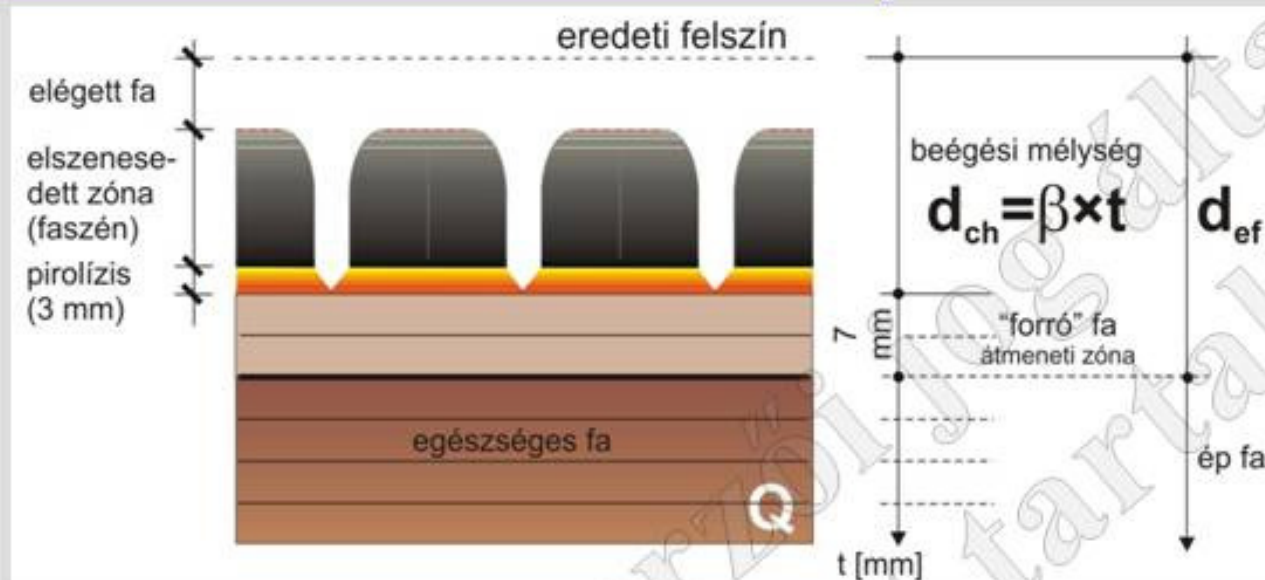


357.135 452.786 548.438 644.089 739.74 835.392 931.043 1027 1122 1218

# EC szerinti számítás

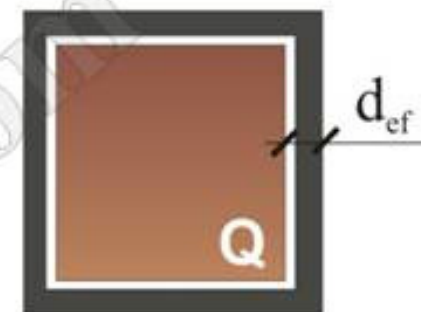
FA

## Termikus analízis



ISO - zárttéri tűzhatás

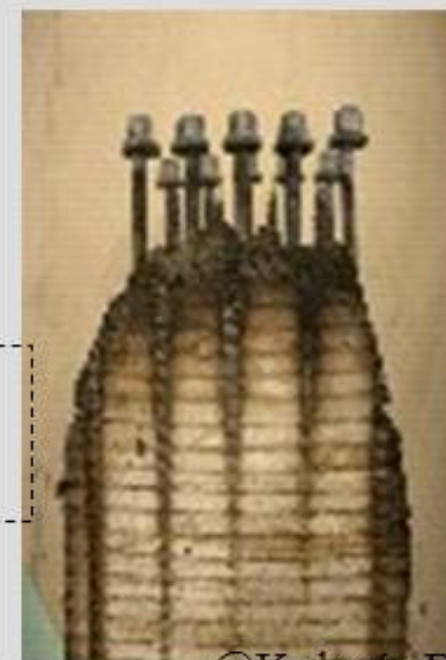
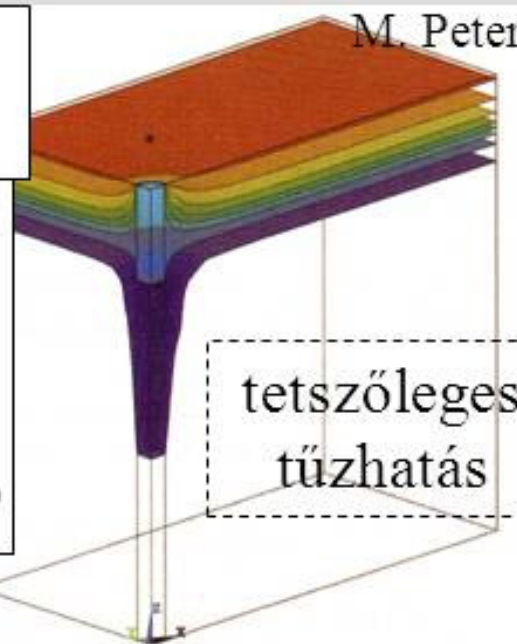
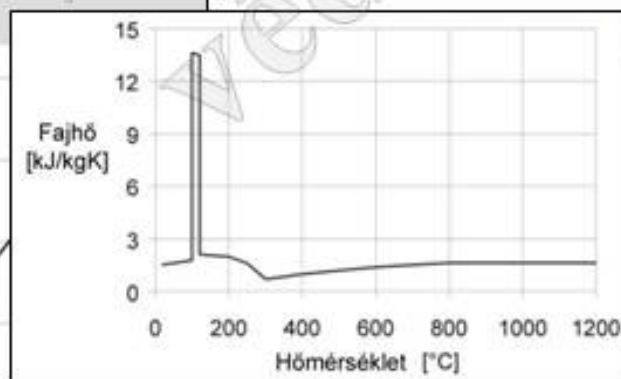
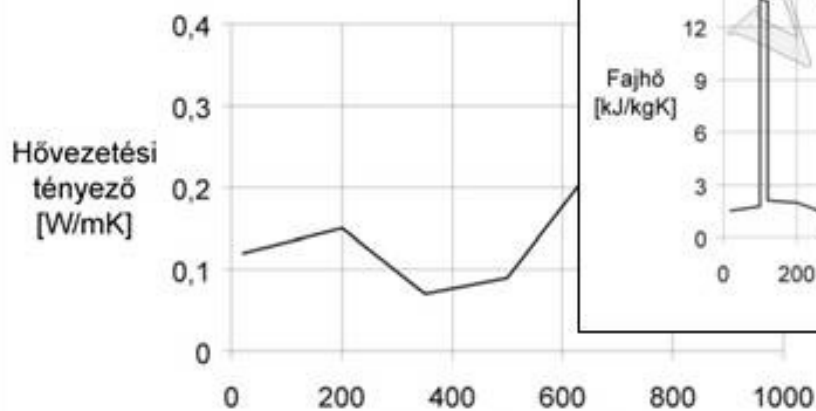
Pillér-keresztmetszet



Egyszerűsített módszerek

## Részletes módszerek

Kapcsolóelem:  
termék





# EC szerinti számítás

---

## **Tűzállósági teljesítmény igazolása (R)**

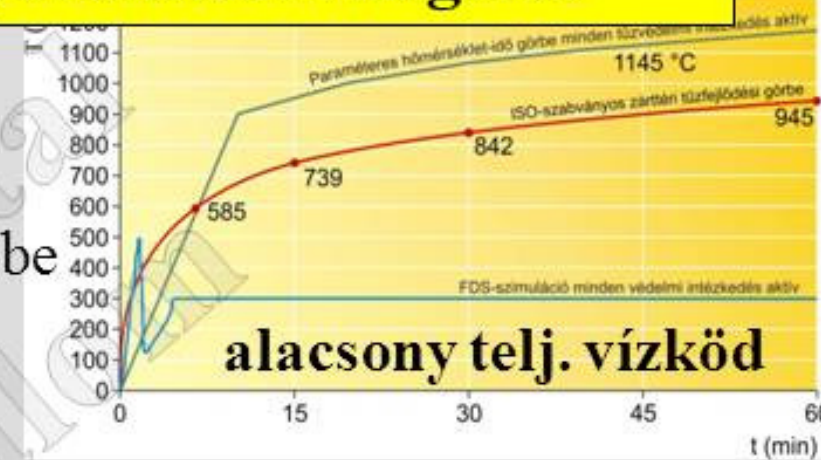
**Statikai számítás (magas hőmérsékleti)**  
mechanikai ellenállás (teherbírás) igazolása  
a vonatkozó Eurocode X-1-2 részek szerint

# EC szerinti számítás

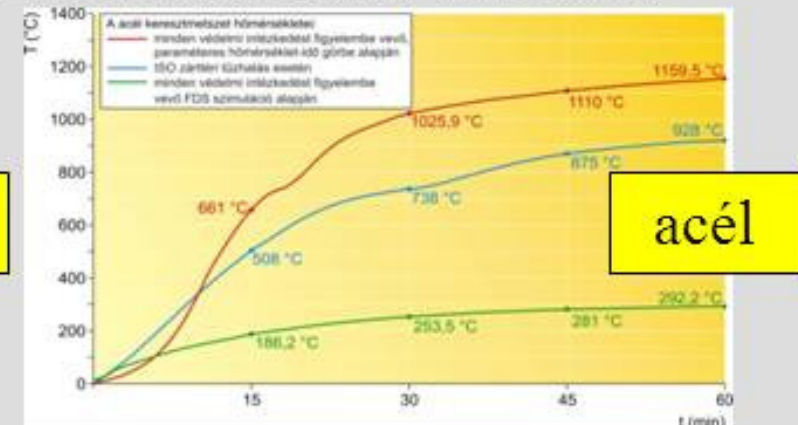
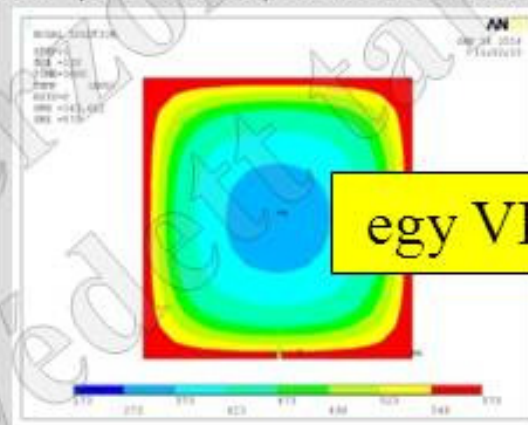
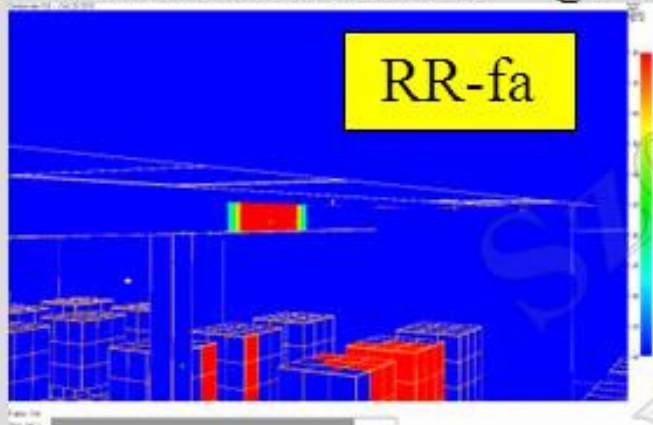
## Tűzállósági teljesítmény igazolása - paramétervizsgálat

### 1. Tűzfolyamat:

- ISO-tűzgröbe
- paraméteres tűzgröbe
- FDS



### 2. Termikus analízis – gerenda (termék) keresztmetszeti hőmérséklet-eloszlása



### 3. Tűzállósági teljesítmény - EC (Mechanikai analízis) (R60 – részletes módszer)

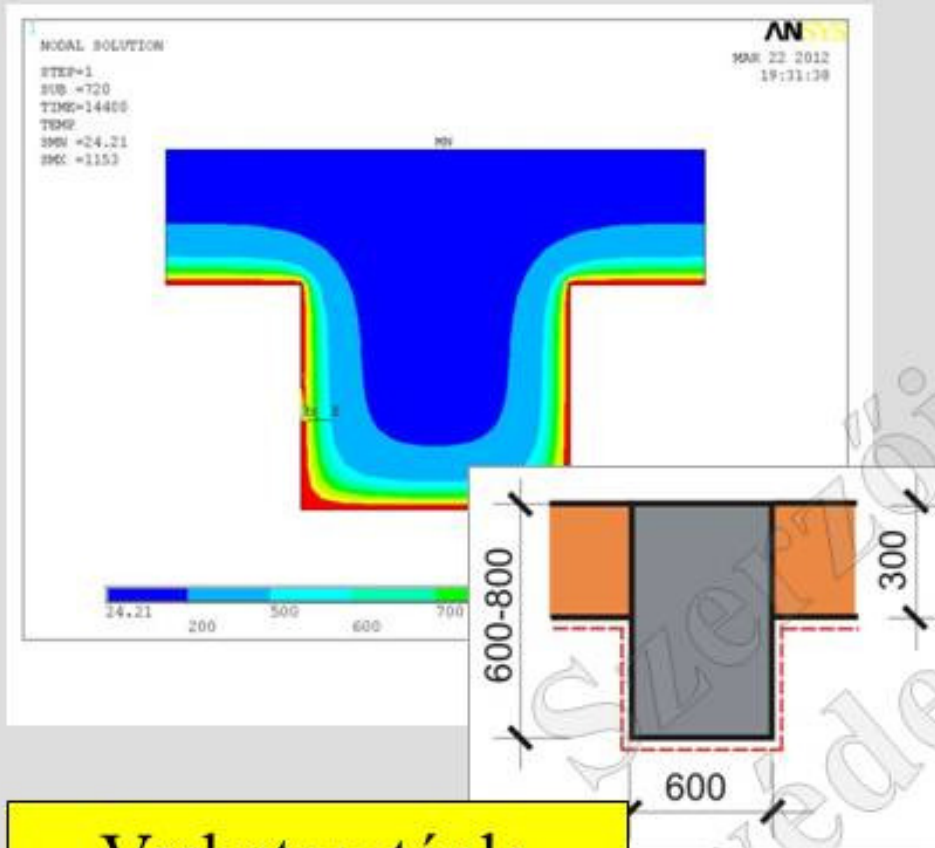
Tűzfolyamat modellje (R60)	RR-fa, GL24h (20 x 45 cm)	Vasbeton, C25 – B500 (30x 30cm, a <sub>s</sub> ≈ 40 mm)	Acél, S235 (HEA 220)
ISO zártéti tűzhatás	megfelelt	megfelelt	nem felelt meg
paraméteres tűzgröbe	-	megfelelt	nem felet meg
FDS szimuláció	megfelelt	megfelelt	megfelelt



# EC szerinti számítás

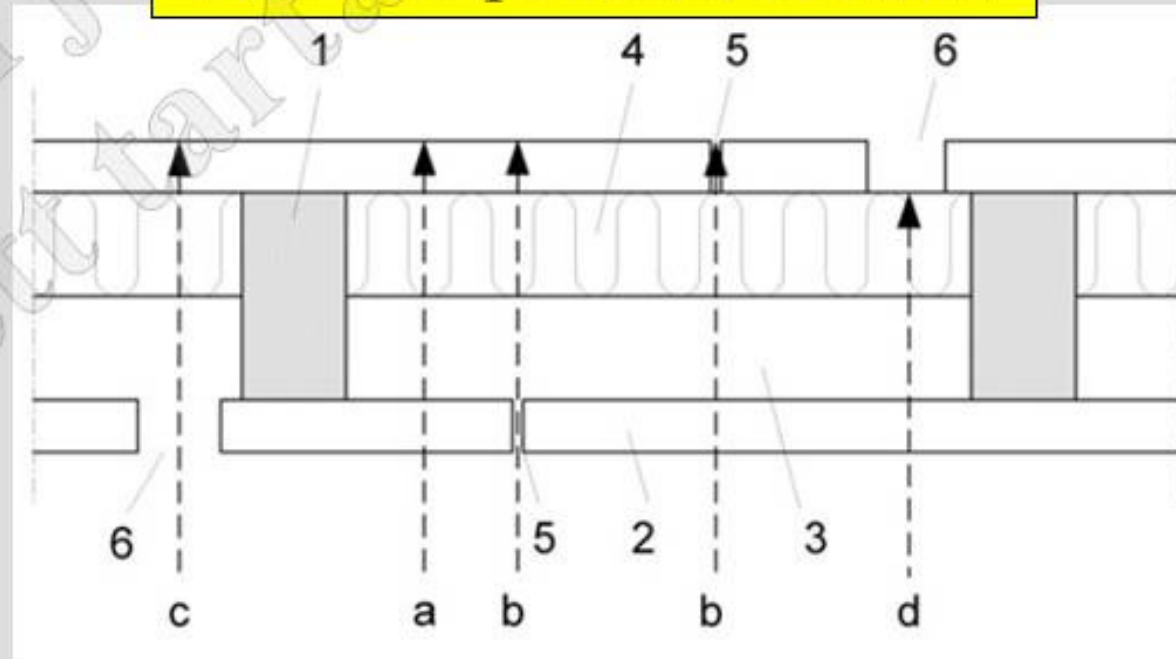
## Hőszigetelés (I)

## és integritás (E)



Vasbeton-tégla  
kombinált tűzfal

Szerel fa panelek: termék



$$t_{\text{ins}} = \sum_i t_{\text{ins},0,i} k_{\text{pos}} k_j$$

## 4 – Kísérlettel segített tervezés

---

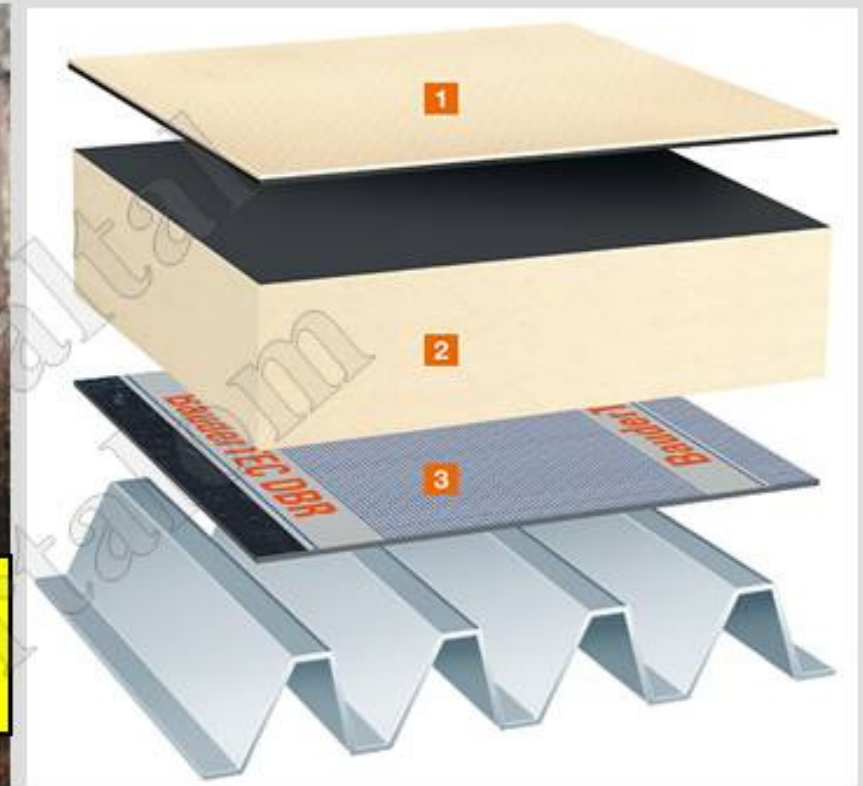
- szerkezeti elemek
- bevonatok / burkolatok
- R / EI / M jellemzők is megállapíthatók



# Acéltrapézlemezek – magas hőmérséklet



Teherbírási határállapotban:  
horpadások (öv + gerinc)



- lemezvastagság:  $t \approx 1 \text{ mm} \ll 5 \text{ mm} \rightarrow$  R15 ökölszabály nem használható

**$\rightarrow$  tűzállósági kísérlettel megállapított tűzállósági határérték ( $T_H$ )**

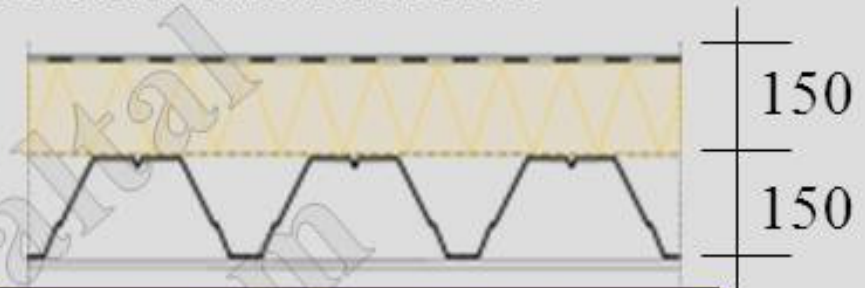
- kísérlet kötöttségei:
  - egy kísérlet 1 db próbatesten
  - a próbatest egy fix elem/építési rendszer része – kötött rétegrendi felépítéssel
  - kötött fesztáv  $\rightarrow$  vizsgálókemence mérete (ált. 4-6 m, intézetenként egyféle)
  - **egyféle többletterhelés felvitele lehetséges!**



# Kísérleti eredmények - vizsgálóintézeti értékelés

## XY gyártó – védelem nélküli - acéltrapézlemez es födémrendszere:

- műanyag vízszigetelés (EPDM, PVC)
  - lépésálló hőszigetelés + párafékező réteg
  - acél trapézlemez  $t = 0,88 \text{ mm}$ ,  $h \approx 150 \text{ mm}$
- $\Sigma g_k \approx 0,40 \text{ kN/m}^2$



kötött rétegrendi felépítés

## Tűzállósági vizsgálat (ÉMI) adatai XY gyártó fenti acéltrapézlemez födémére:

- vizsgálati fesztáv:  $L_0 = 4,0 \text{ m}$  – kéttámaszú tartóként
  - többlet-teher:  $\Delta p = 1,6 \text{ kN/m}^2$
- $\rightarrow p_{\text{exp}} = g_k + \Delta p = 0,4 + 1,6 = 2,0 \text{ kN/m}^2$

Az 1 db kísérlettel igazolt tűzállósági teljesítmény: **REI 15**

$\rightarrow$  a sokszori felhasználás miatt: ISO-zárttéri tűzhatás (tűzhelyszín-független)

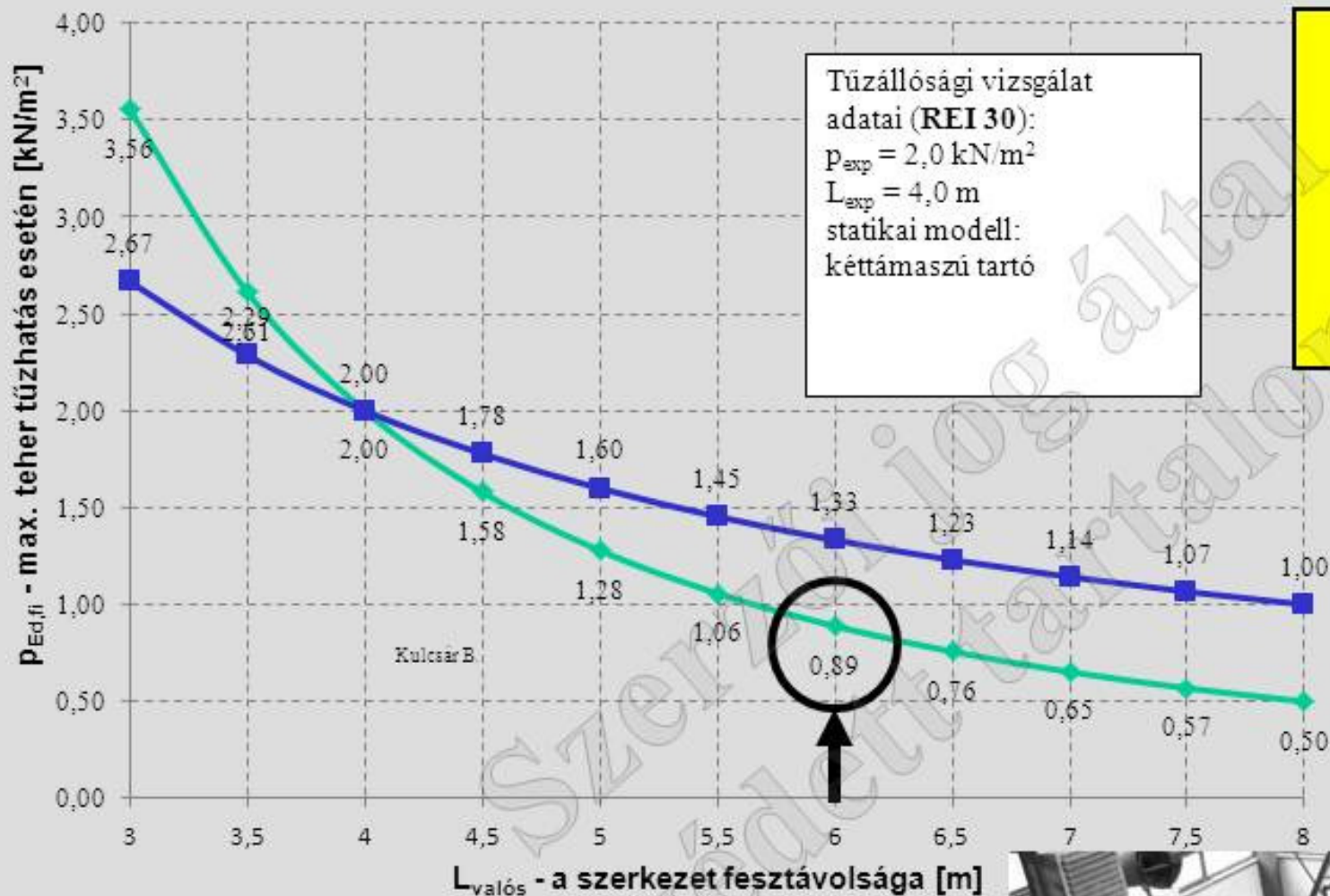
Az alábbi nyomatéki és támaszerő / nyírás ellenállás (teherbírással) mellett

$$M_{Rd,fi,15\text{min}} = \frac{p_{\text{exp}} \cdot L_0^2}{8} = \frac{2 \cdot 4^2}{8} = 4,0 \text{ kNm/m} \quad R_{d,fi,15\text{min}} = \frac{p_{\text{exp}} \cdot L_0}{2} = \frac{2 \cdot 4}{2} = 4,0 \text{ kN/m}$$

$\rightarrow$  nagyobb fesztáv esetén kisebb teher vehető figyelembe



# Acéltrapézlemezek – kiterjesztés és diagram



**Mechanikai számítások helyett: tervezési táblázat / diagram az ÉME-ben / NMÉ -ben**

**Rendkívüli teher:**

$$p_{d,fi} = 0,40 + 0,25 + 0,2 \cdot 1,0 = 0,85 \frac{kN}{m}$$

$$p_{d,fi} = 0,85 \frac{kN}{m} \leq \max p = 0,89 \frac{kN}{m} \rightarrow \text{OK}$$



# Tűzvédő festés – védő bevonat

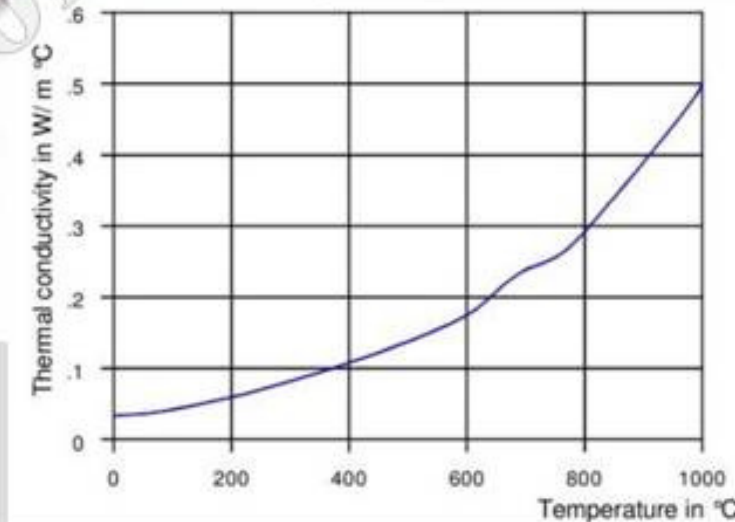


## Hőre habosodó festés (a szerkezet A1 tűzvédelmi osztályú marad)

- 0,3-2,0 mm vastag festékbevonati rendszer
- 3 réteg: alapozás (korrózióvédelem), hőre habosodó réteg, fedőlakk
- kb. 200 °C-on hőre habosodva vékony hőszigetelő réteget képez
- **főbb komponensei:** szénforrás, szenesítő, habosító (kb. 10-15 komponens)
  - nagy széntartalmú por égés közben tovább szenesedik, s a habosítóból égés közben felszabaduló gázok hozzák létre a szénbázisú habot
- a hőszigetelő hab vastagsága a szárazvastagság kb. 30-50-70-szerese



# Kőzetgyapot – tűzvédelmi burkolatok



## Magas hőmérsékletet is álló hőszigetelő anyagok

- tűzhatás ellen csak az arra minősített termékek építhetők be (ált. HT jelzés)
- nagy testsűrűségű lemezek ill. csőhéjak,  $\rho = 150 - 300 \text{ kg/m}^3$
- mechanikai rögzítés, toldás biztosítása hőálló ragasztóval ill. toldósávval

## Alkalmazás

- beltéri alkalmazás: ált. alu-kasírozással, álmennyezeti terek: csupasz kivitel

# Bevonat és burkolat tervezése



Hőre habosodó festék-réteg jellemző vtg (termékfüggő)

Szelvény-tényező $A_m/V$ [1/m]	Süks. rétegvastagság ( $\mu\text{m}$ )	
	R30	R60
100	265	650
150	300	950
200	340	1400
250	380	-
300	425	-

Pl.  
 $\Theta_{cr} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$

Több kísérleti pont közti kiterjesztéssel

**Bevonat / burkolat vastagsága függ:**

- acélelem-melegedés geometriai jellemzőjétől: a szelvény-tényezőtől ( $A_m/V$ )
- tűzkitéti időtől ( $T_H$ )
- acélelem kritikus hőmérsékletétől ( $\Theta_{cr}$ )

**Tűzvédő festés (bevonat)**

- Magyarországon R30 és R60 minősített bevonati rendszereket járatosak
- léteznek R90-R120 minősítések is, mintegy 3-6 mm festék-rétegvastagsággal ...

**Burkolatok:** azonos felépítésű táblázatok készültek / pl. kőzetgyapotra is



# Összefoglalás

---

## **Tervezési folyamat**

- statikus és a tűzvédelmi tervező együttműködése
- teljesítmény-igazolás a tervezési fázisokban

## **Teljesítmény-igazolás módja**

- tűzvédelmi tervező végezheti:
  - EC szerinti táblázatos (egyszerűsített) tervezés
  - kísérlettel segített tervezés a vizsgálati jelentések adaptálásával
- statikus végzi:
  - részletes statikai számítás (magas hőmérsékleti) – ált. R
  - általában ha az előbbiek nem vezettek eredményre