



Tartószerkezetek méretezése tűzhatásra – Számítógépi módszerek, alkalmazások

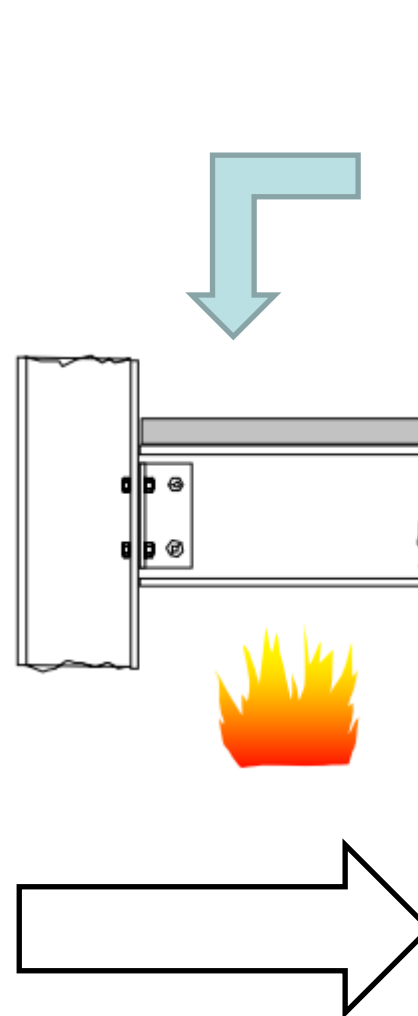
Dr. Horváth László

BME Hidak és Szerkezetek Tanszék

Tartalom

- Egyszerű célszoftverek
 - Hőmérsékletek számítása
 - Méretezés tűzhatásra – elemenkénti ellenőrzés
- Komplex tervező szoftverek (termikus és szerkezeti analízis)
- Fejlett tűzmodellezés alkalmazása
- Fejlett számítógépi módszerek a szerkezeti viselkedés követésére
- Konstruktív kérdések

Tartószerkezet számítógépi méretezése tűzhatásra

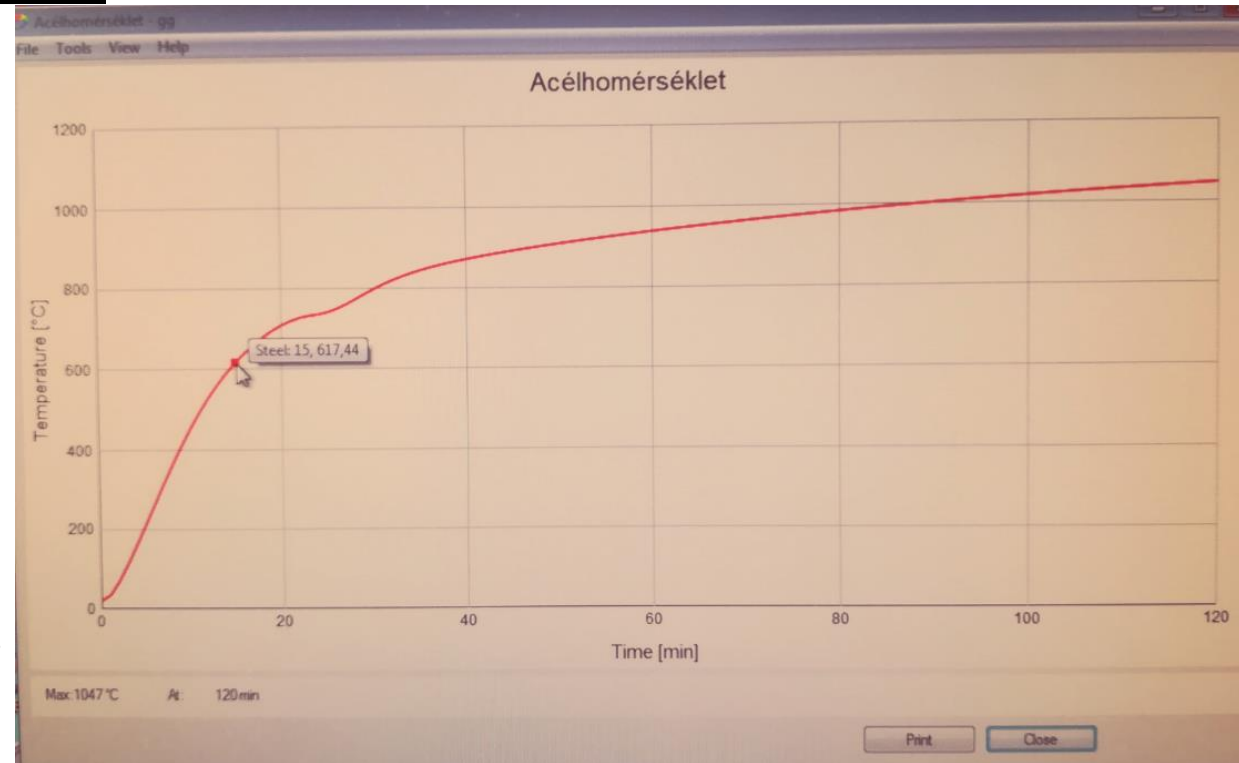


Acél elemek hőmérsékletének megállapítása

OZONE 3 szoftver (ArcelorMittal)



- Csak melegen hengerelt szelvények
- 3 vagy 4 oldali tűzhatásnak kitéve
- Védtelen profilokra és védelemmel ellátott szelvényekre is
- Tűzhatás: tűzhatásgörbék (ISO, ASTM, szénhidrogén) + lokális és zóna modellezés (TÚT!).
- Csak hőmérsékleti diagramot ad (gáz és acél), leolvasni nem egyszerű (belekattintani, egérmutatót a diagramra illeszteni)



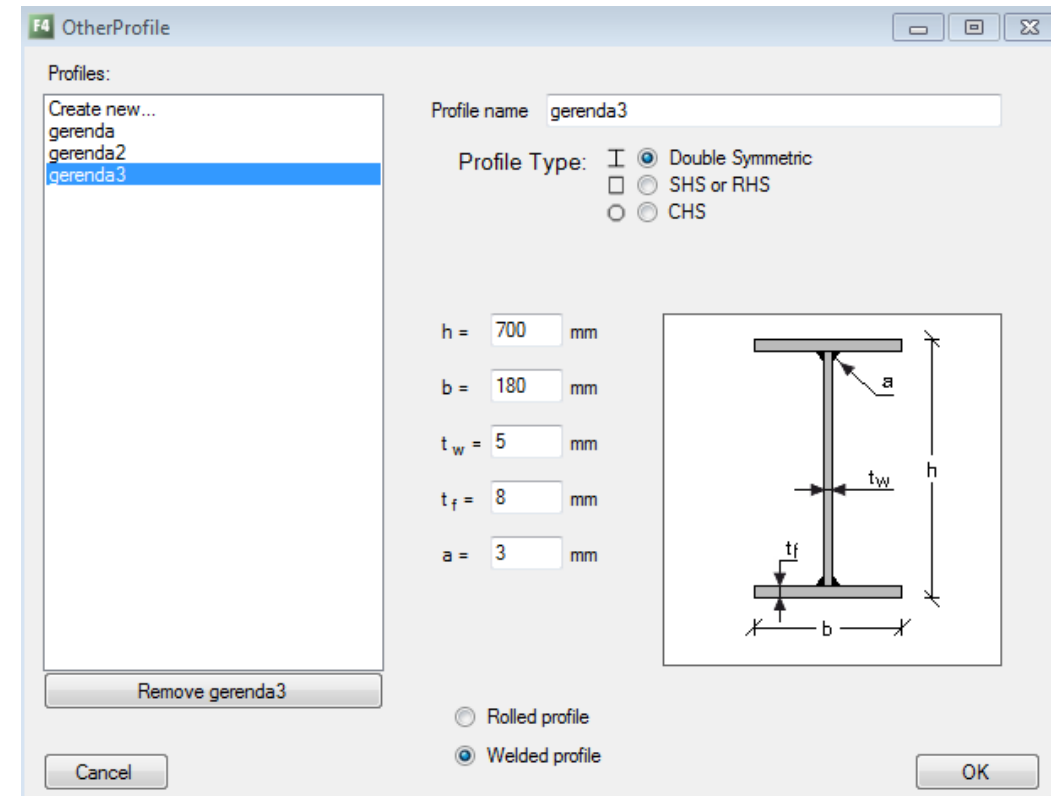
Acél elemek ellenőrzése tűzhatásra – egyszerű elemvizsgálat

FIDESC4 (CTICM)

FIDESC4
Fire Design of Steel Members with Welded or Hot-rolled Class4 Cross-sections



- Széles szelvényválaszték
 - Melegen hengerelt szelvények
 - Zártszelvények
 - Hegesztett profilok
 - Felhasználó által definiált méretekkel
 - Akár 4. osztályú szelvények is lehetnek!
- Csak ISO834 szabványos tűzhatás
- Tűzhatás alatti igénybevételeket beírva kritikus hőmérsékletet számol
- Szelvényhőmérsékletet beírva ellenállásokat számol és ellenőriz



Acél elemek ellenőrzése tűzhatásra – egyszerű elemvizsgálat

FIDESC4 (CTICM)

FIDESC4

Fire Design of Steel Members with Welded or Hot-rolled Class4 Cross-sections

Version: 1.0.1



F4 Results

File View Help

IPE 550 (Class 1)

C/S Details

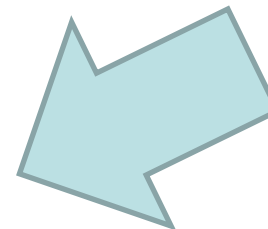
Critical Temperature: 420.0 °C (Reduction factor, $k_{y,\theta} = 0.626$)

Buckling resistance of the element
The interaction formula is verified! (Eq. 4.21 b), EN 1993-1-2)
 $0.901 < 1.0$

Resistance of the cross-section - Left End (Class 4)
The cross-sectional resistance is verified!
(Eq. 6.9, EN 1993-1-1, adapted for fire situation)
 $0.118 < 1.0$

Resistance of the cross-section - Right End (Class 4)
The cross-sectional resistance is verified!
(Eq. 6.9, EN 1993-1-1, adapted for fire situation)
 $0.118 < 1.0$

Back



F4 Bending and Compression

File Tools Help

Profile: IPE Cross-section: IPE 550 Steel: S235

Buckling:

about y - y axis

about z - z axis

about y - y or z - z axis

System length:

$L_y = 6000$ mm

$L_z = 6000$ mm

Buckling coefficients:

about y - y axis: $l_{y,fi}/L_y = 1$

about z - z axis: $l_{z,fi}/L_z = 1$

Axial force

Design axial compression load: $N_{fi,Ed} = 220$ kN

Bending diagrams

About major axis **Change** About minor axis **Define**

Lateral torsional buckling verification:

Is lateral torsional buckling allowed? Yes No

Consider factor f? Yes No

Elastic critical moment

Length between lateral restraints: 6000 mm

Loading: **Define**

Do you want to change the elastic critical moment? Yes No

Elastic critical moment: $M_{cr} = 454.743$ kNm

Calculation:

Critical temperature function of the loads

Buckling resistance function of steel temperature $\theta_a = 420$ °C

Main Menu **Next**

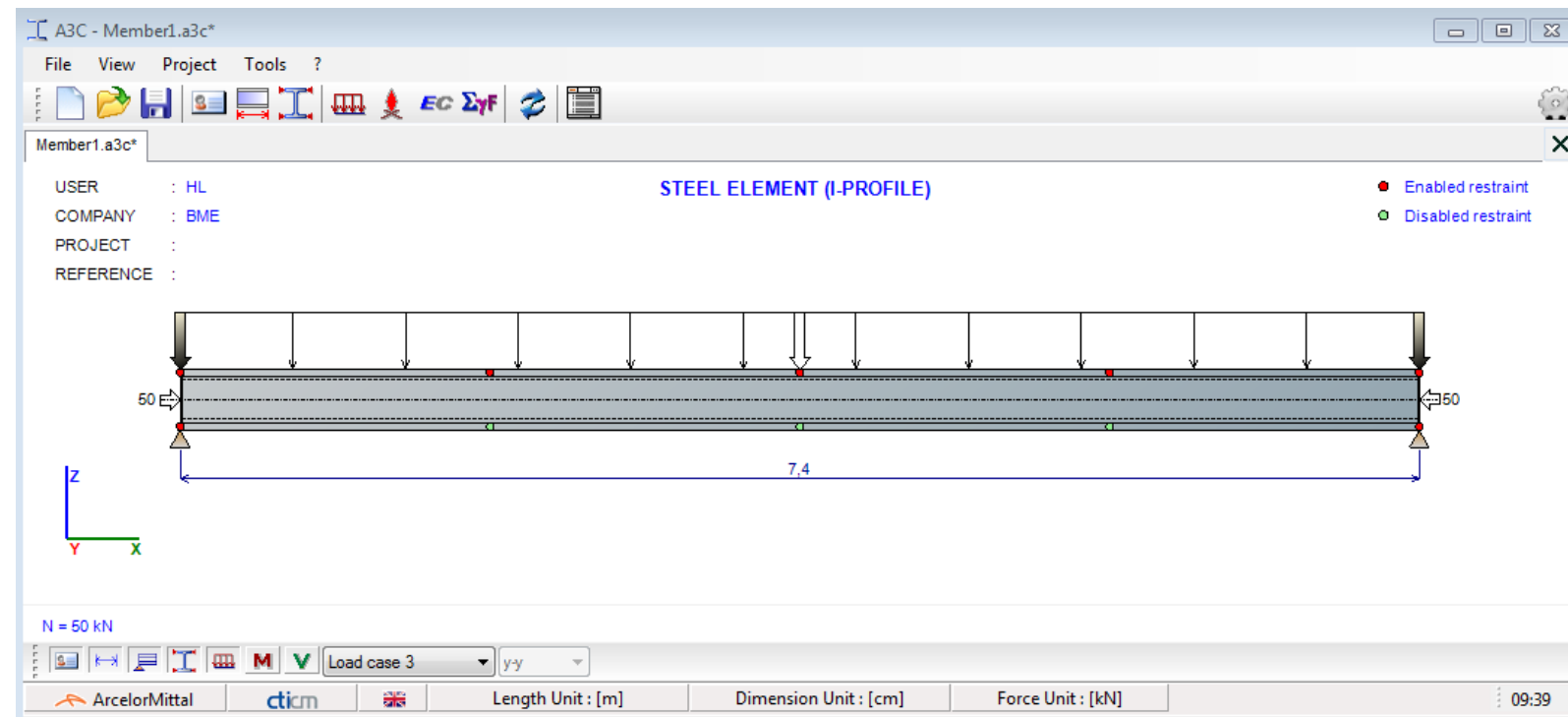
6/47

Acél elemek ellenőrzése tűzhatásra – egyszerű elemvizsgálat

A3C (Arcelor-Mittal)



- Hajlított, nyomott és hajlított-nyomott acél elemek teljeskörű statikai ellenőrzése – normál hőmérsékleten és tűzhatásra is EC szerint
- Igénybevételeket számol, stabilitási ellenőrzéshez megtámasztási viszonyok korrektül definiálhatóak

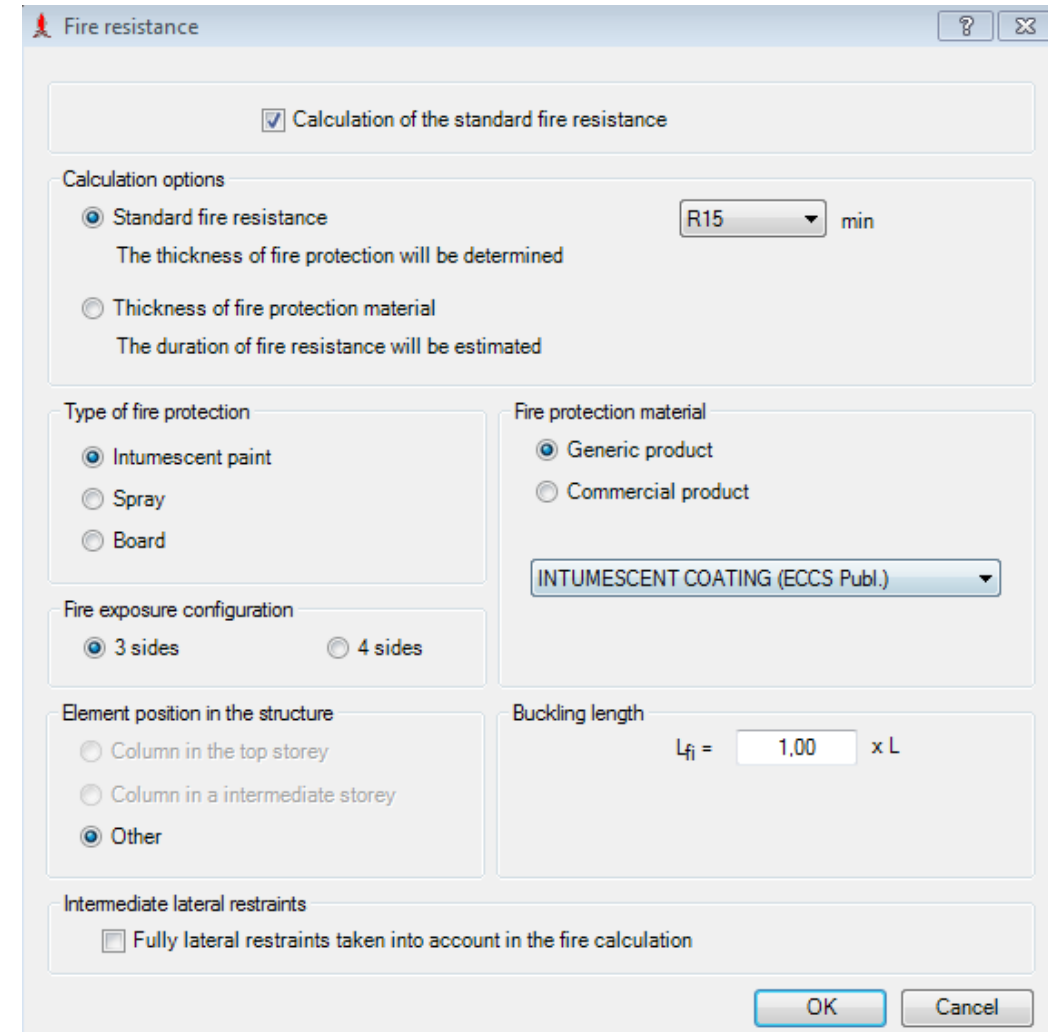


Acél elemek ellenőrzése tűzhatásra – egyszerű elemvizsgálat

A3C (Arcelor-Mittal)



- CSAK melegen hengerelt szelvények, CSAK S355-S460-S500 acélból
- Csak ISO834 szabványos tűzhatás
- Kiválasztott R... értékhez kritikus hőmérsékletet és tűzvédelmet számol
- Adott tűzvédelmi megoldáshoz tűzállósági időtartamot számol



Egyszerű segédsoftverek alkalmazása

- Ingyenesen hozzáférhetőek
- Az interneten számos további szoftver hozzáférhető (pl. az Arcelor-Mittal honlapján ABC, LUCA....)
- Általában nincs vagy csak kevés útmutatás a használathoz
- Korlátaik vannak
- Gyakorlást igényelnek
- Nem kapcsolódnak más szoftverekhez

Komplex acélszerkezeti tervezőszoftverek



- Termikus és szerkezeti analízis
- Szerkezeti elemek hőmérsékletének megállapítása névleges tűzhatás esetén (ISO834 szabványos és más tűzhatásgörbék)
- Adott hőmérséklet is beállítható mint tűzhatás
- Mechanikai jellemzők automatikus beállítása a hőmérséklethez
- Analízis és ellenőrzés tűzhatásra
- Későbbi előadásban a Consteel alkalmazása bemutatásra kerül (Vaszilievits-Sömjén Bálint)

Fejlett tűzhatásmodellezés

- A tűz nem a teljes tűzszakaszban működik, hanem lokalizálva a tűzfészekben
- Az ott lévő éghető anyagok mennyiségét és tulajdonságait figyelembe veszi a hőfejlődésnél
- A tűzszakaszban a gázhőmérséklet térbeli eloszlására információkat ad
- Ezen túl a modell pontosságától és lehetőségeitől függően tekintetbe veszi:
 - égés folyamata, sebessége
 - égés terjedése
 - oxigén mennyisége, légcsere, szellőzés
 - aktív tűzvédelmi rendszerek beavatkozásának következményei
 -

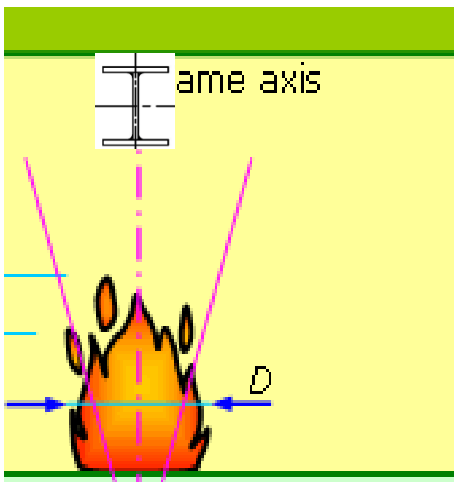
Lokális tűzhatásmodellek



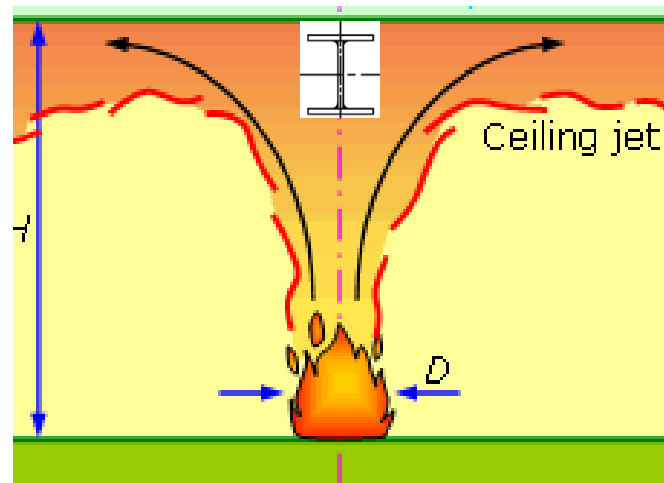
Tűzhatás szimulációja (FDS)

Lokális tűzmodellek

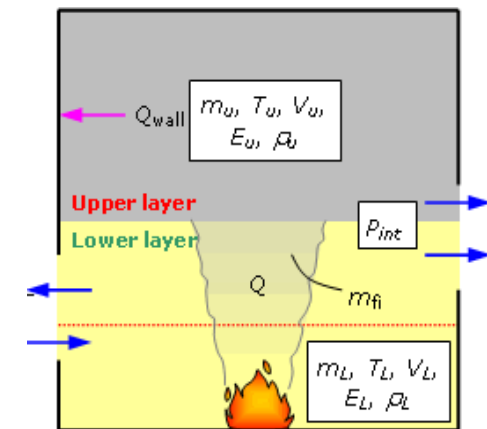
Hasemi



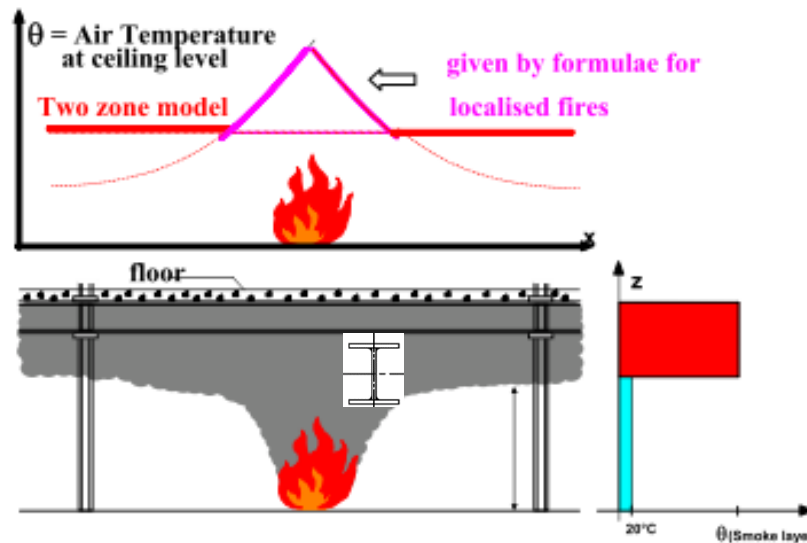
Heskestad



Zóna modell



Kombinált modell

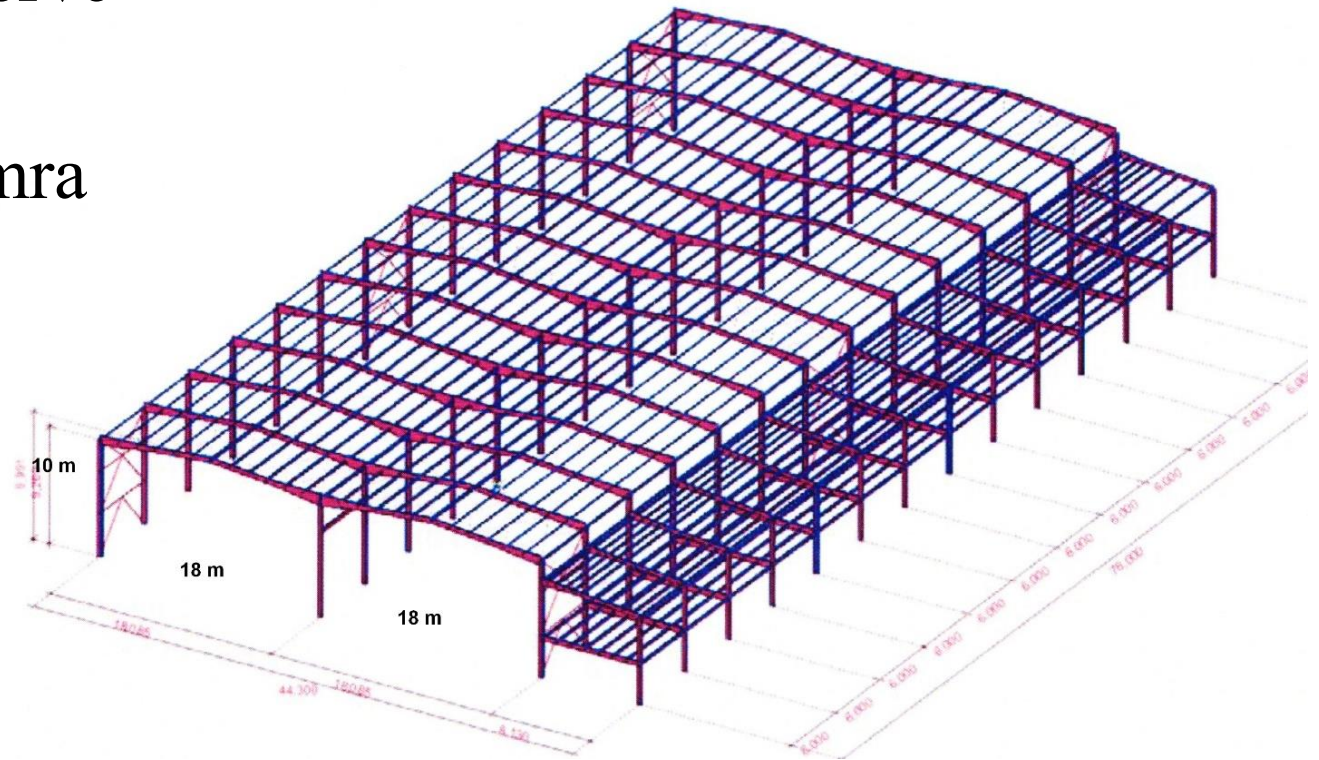


Használatuk egyszerűbb, célszoftver vagy akár Excel-MathLab.

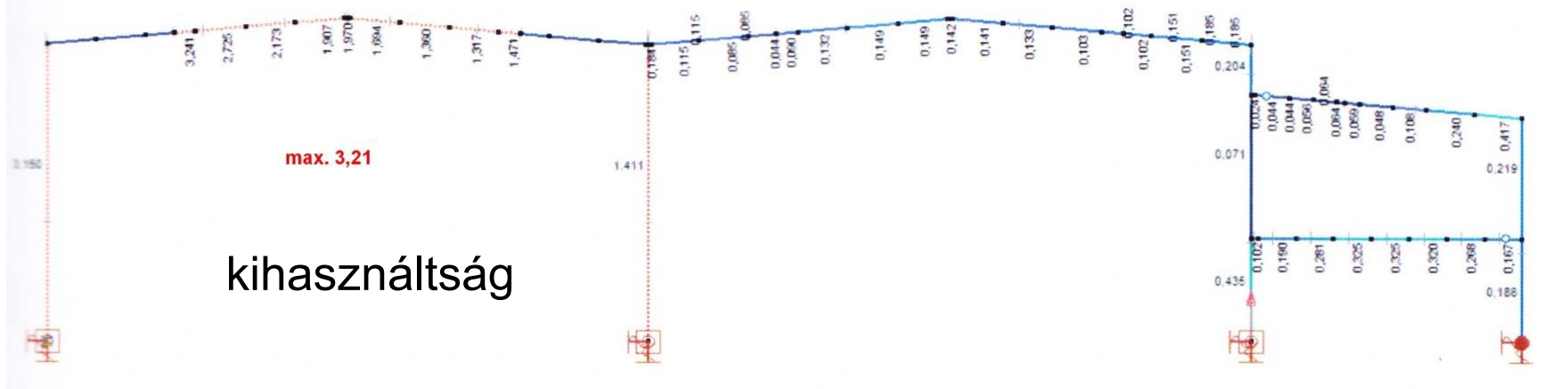
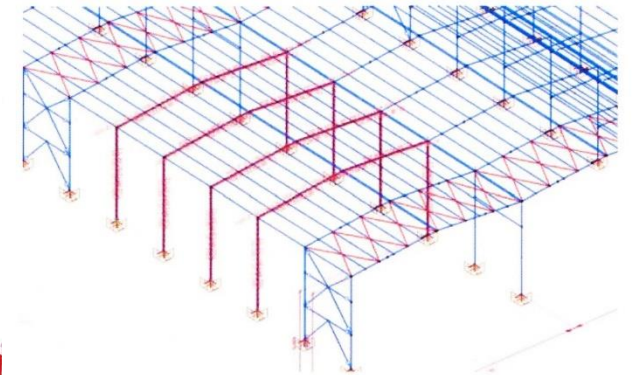
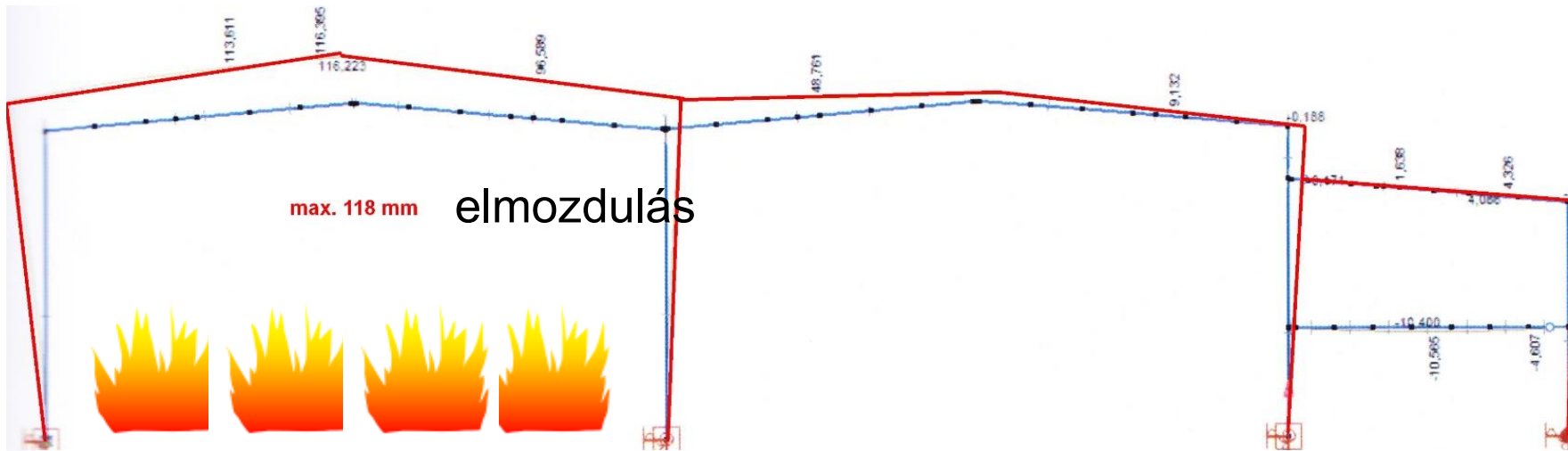
Eredmény: gázhőmérséklet eloszlása a tűzszakaszban

Kéthajós ipari csarnok ellenőrzése tűzhatásra

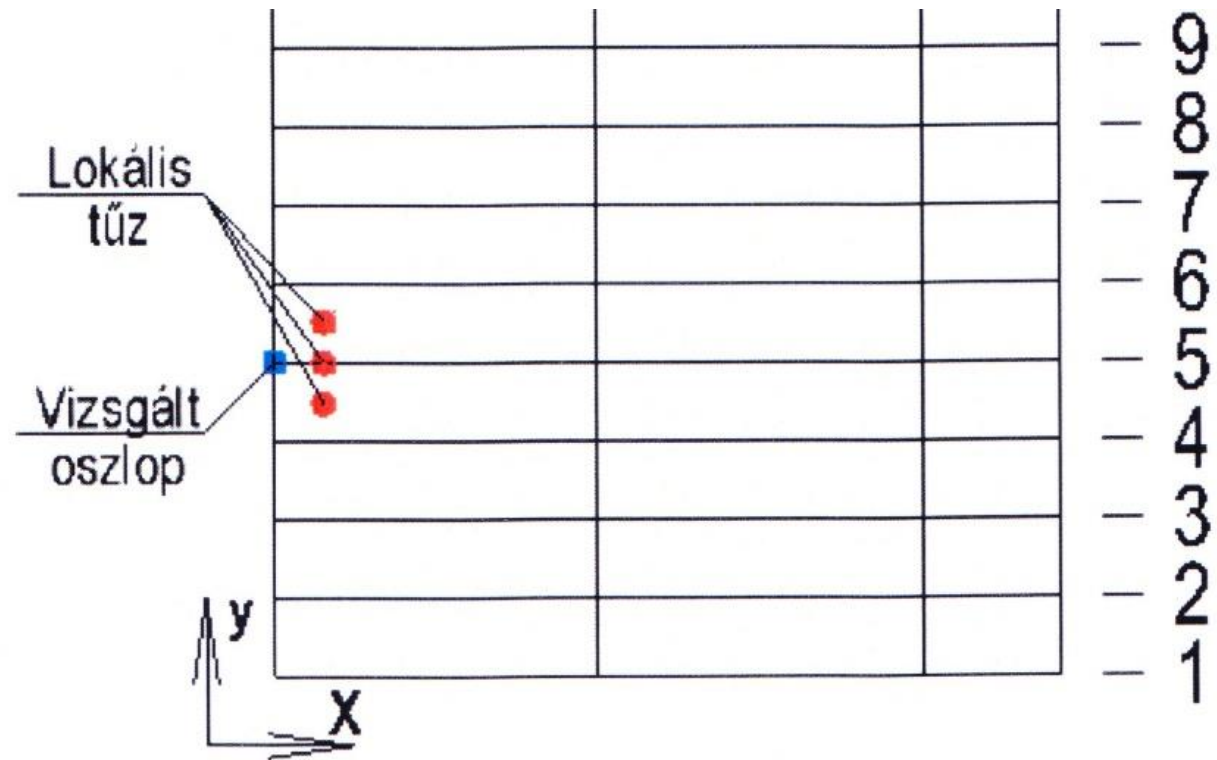
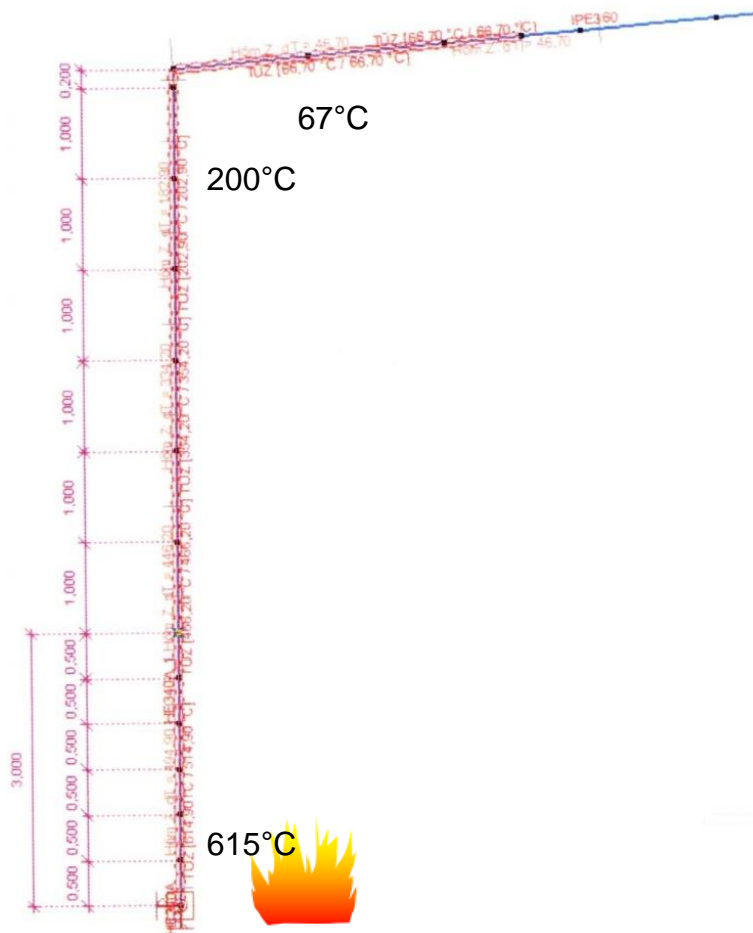
- Zseránszky Nándor MSc diplomaterve (2019)
- Vizsgálat R15 tűzállósági időtartamra
- Lokális tűzhatásmodellek és ISO tűzhatásgörbe alkalmazása, eredmények összevetése
- Lokális tűzhatások számításában Szikra Csaba TŰSZ (BME) közreműködött



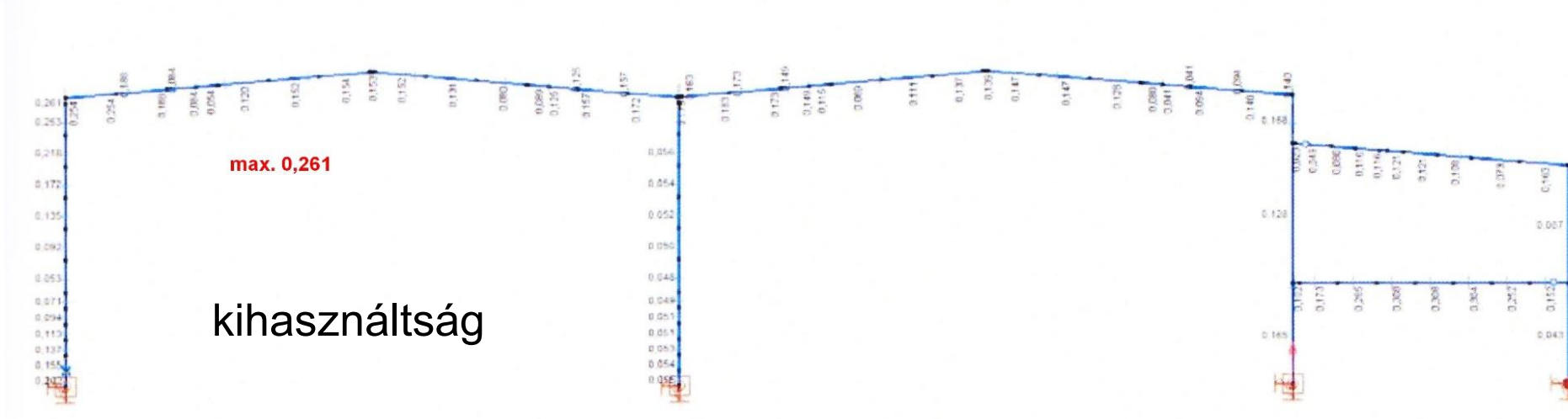
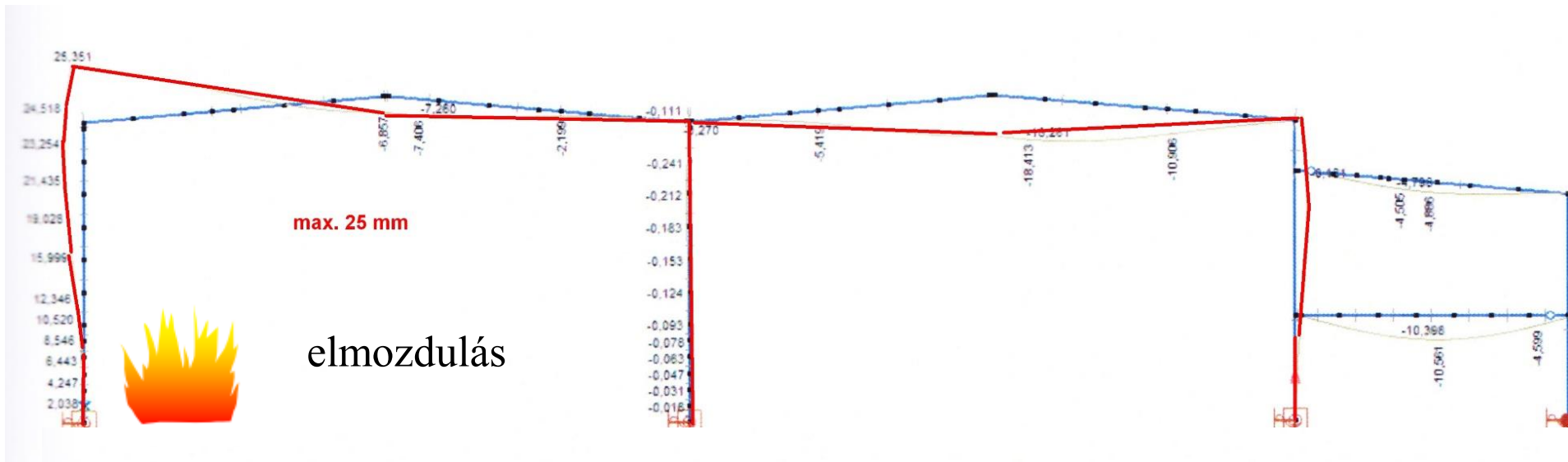
ISO szabványos tűz



Lokális tűz a szélső oszlopnál

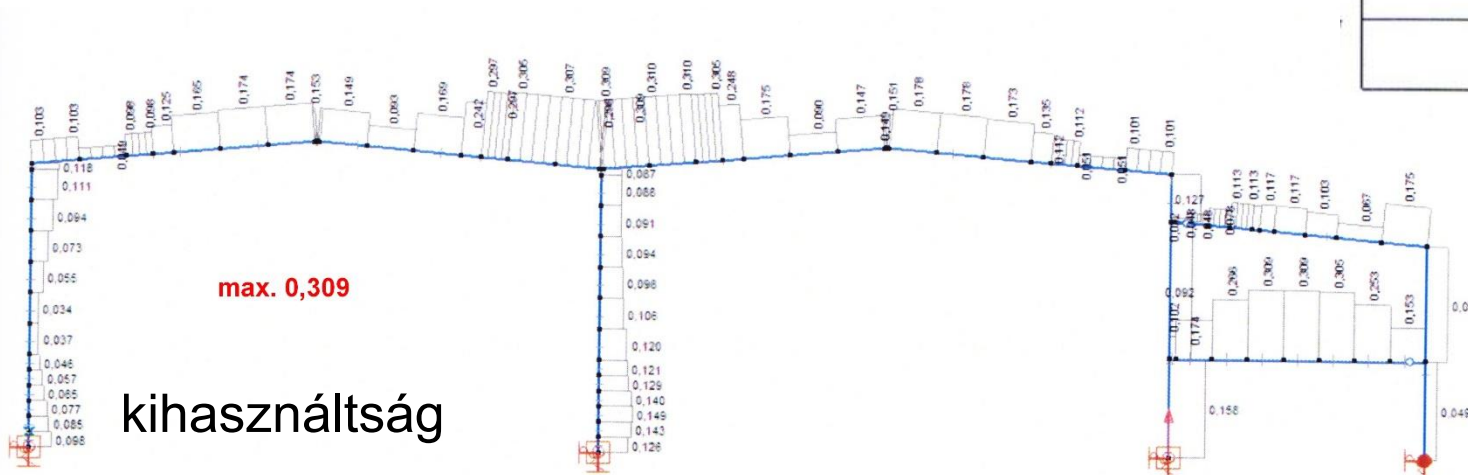
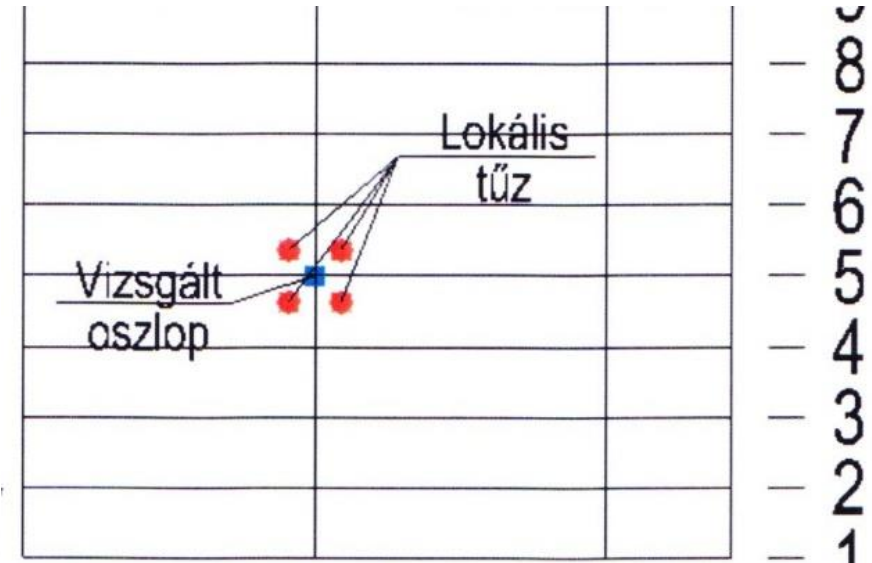
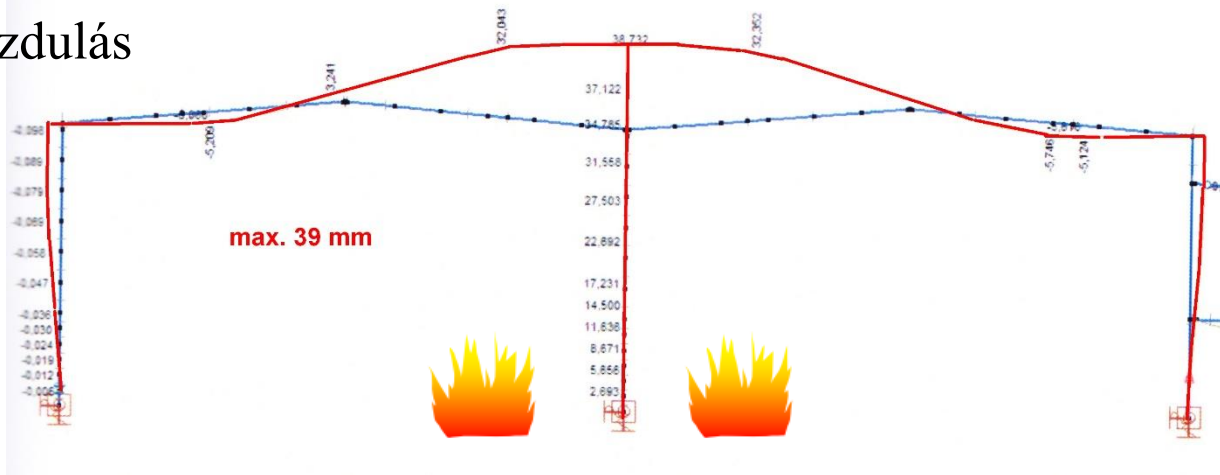


Lokális tűz a szélső oszlopnál

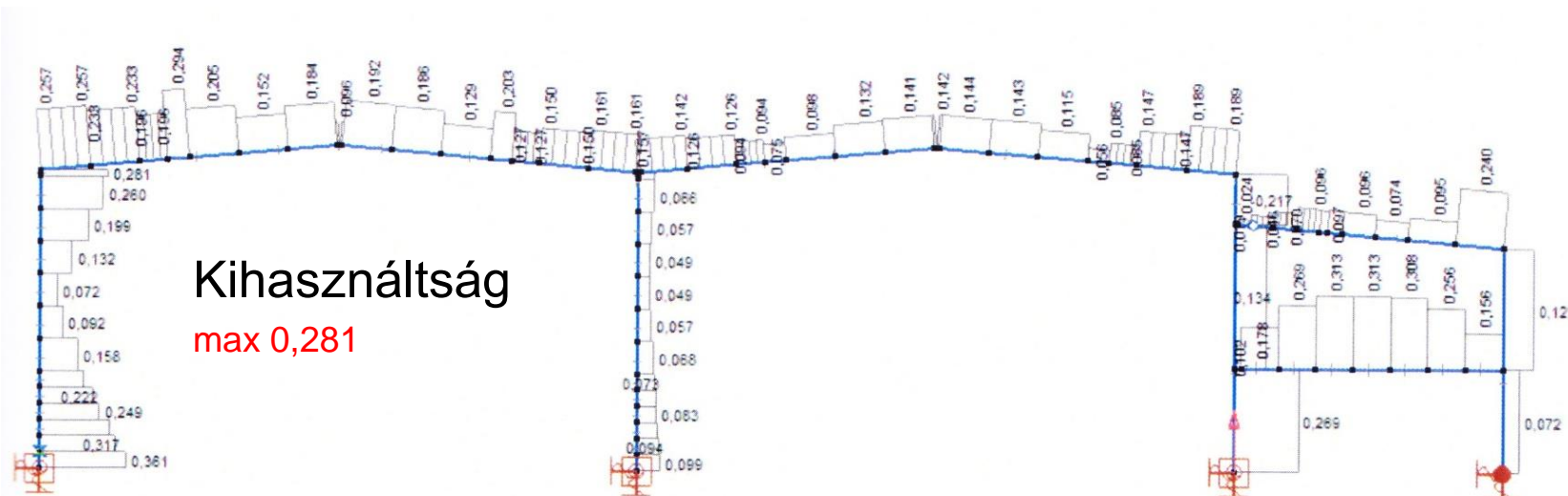
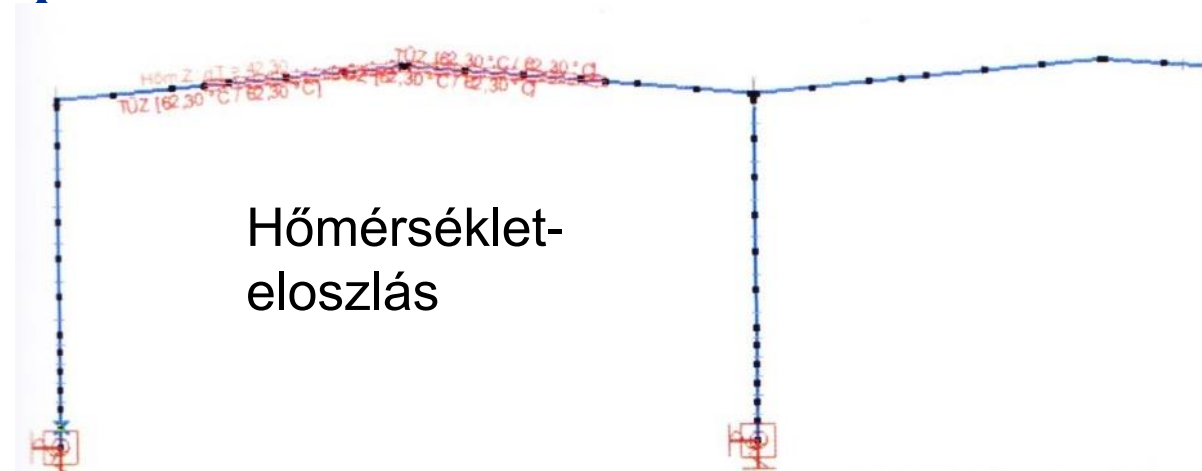
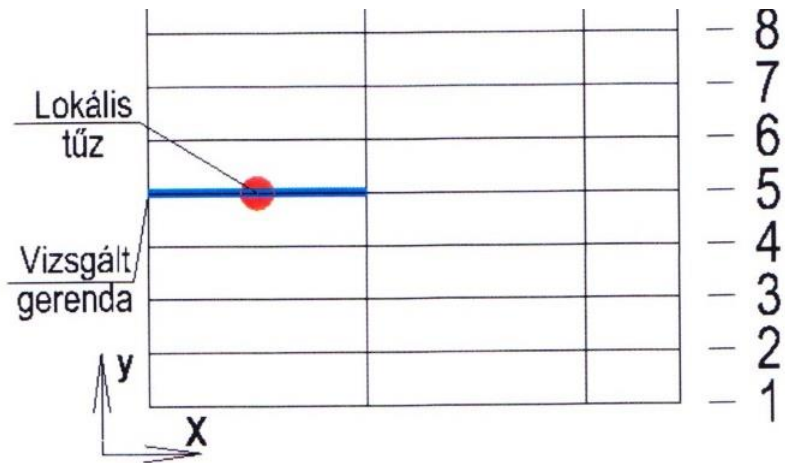


Lokális tűz középső oszlopnál

elmozdulás



Lokális tűz a bal hajó közepén



Tűzhatás szimulációja (tűzszimuláció)

- Modellezi a tűz égésének folyamatát, a hő- és füstfejlődést és előbbieket terjedését a tűzszakaszban.
- Módszer: 3D áramlási szimuláció (hasonló a 3d testmodelles FEM-hez)

Program:

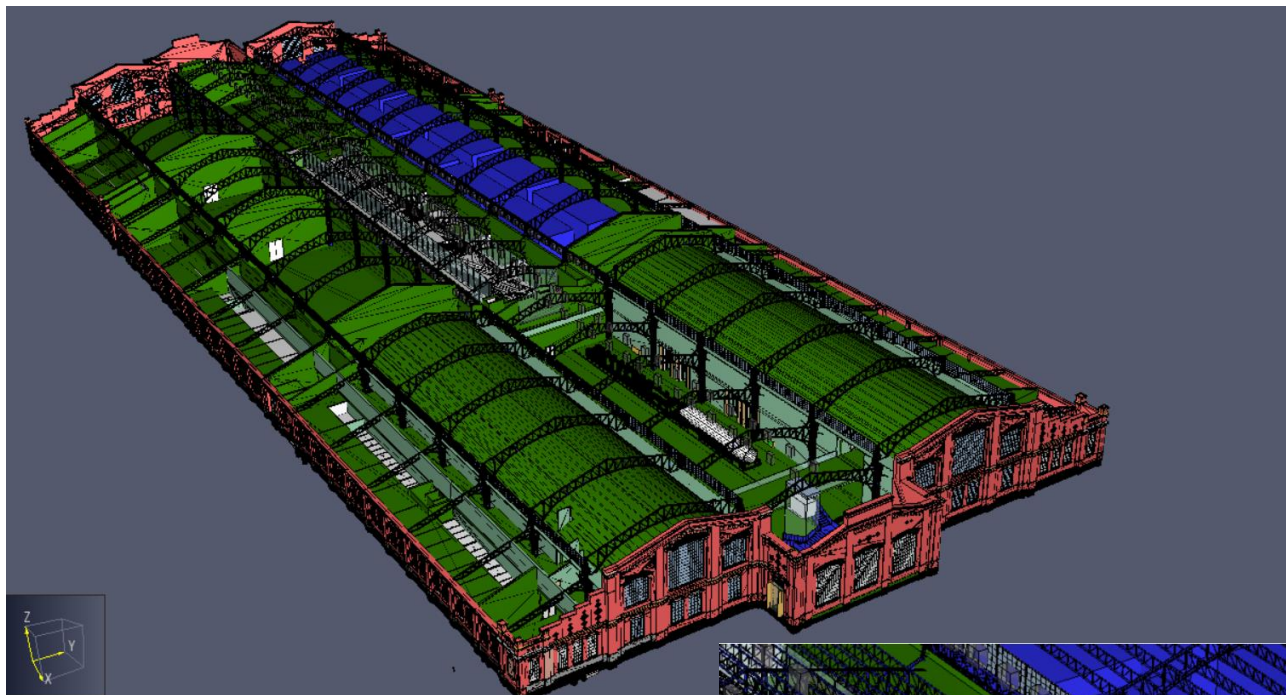
- NIST Fire Dynamics Simulator FDS V6.1.2 —(<https://pages.nist.gov/fds-smv/>)
- Smokeview – az eredmények vizualizálásához
- PyroSym Pre- és Postprocesszor - Modellépítés, eredmények analízálása

Tűzhatás szimulációja

- Tűzszakaszonként több tűz-szenárió
- Változó: tűzforrás helye, oka, tűzterhelés mértéke
- Légtér cseré feltételei (levegő be- ki)
- Sprinkler bekapcsolás
- CFD-számítás 3D modellen
- Eredmények: **Gáz hőmérsékletek**, füstkeletkezés, láthatóság
- KELL: gyakorlott, tapasztalt TŰ szakértők, mert validálni kell a modelleket! (OKF jóváhagyás kell)
- FONTOS: egyeztetni velük, hova tegyenek „hőmérőt” – a szerkezet mely pontjai környezetében kellene gáz hőmérsékletek?

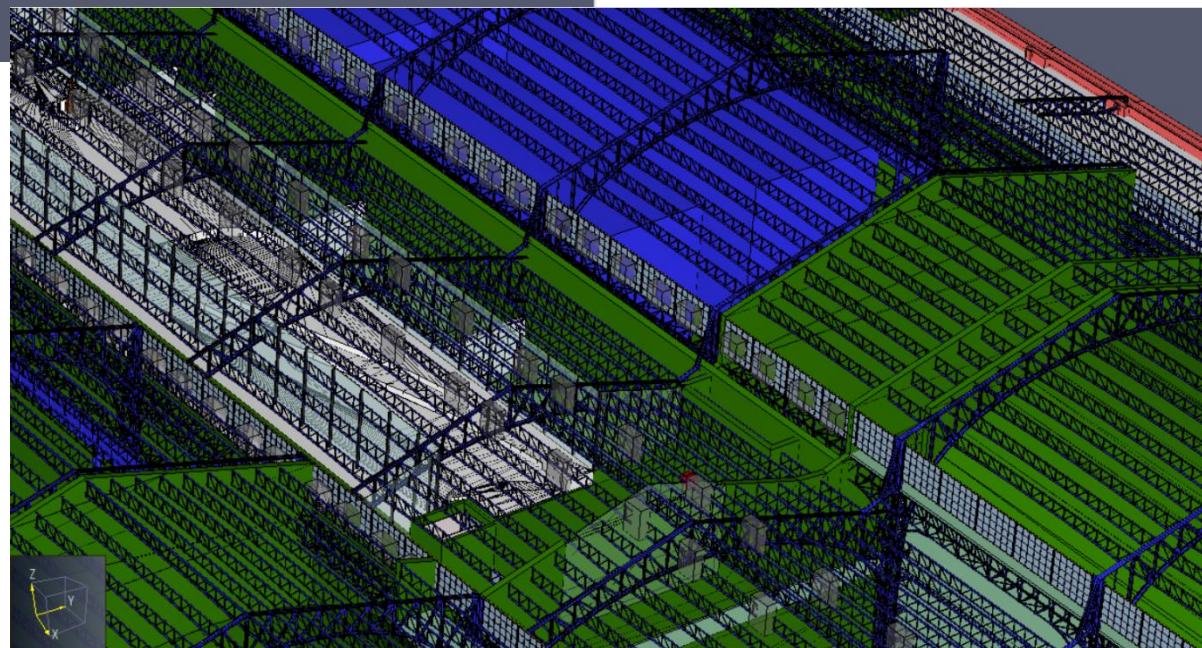
Tűzszimuláció egy rácsos acélszerkezetű csarnokban

- Tűzszakaszok megállapítása - TT
- Követelmények: R30 – R45 TT
- Tűzhatás: tűzhatás szimulációs számítása FDS szoftverrel – Tűzvédelmi szakértők, specialisták (BME Épületszerkezettani Tanszék, Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba)

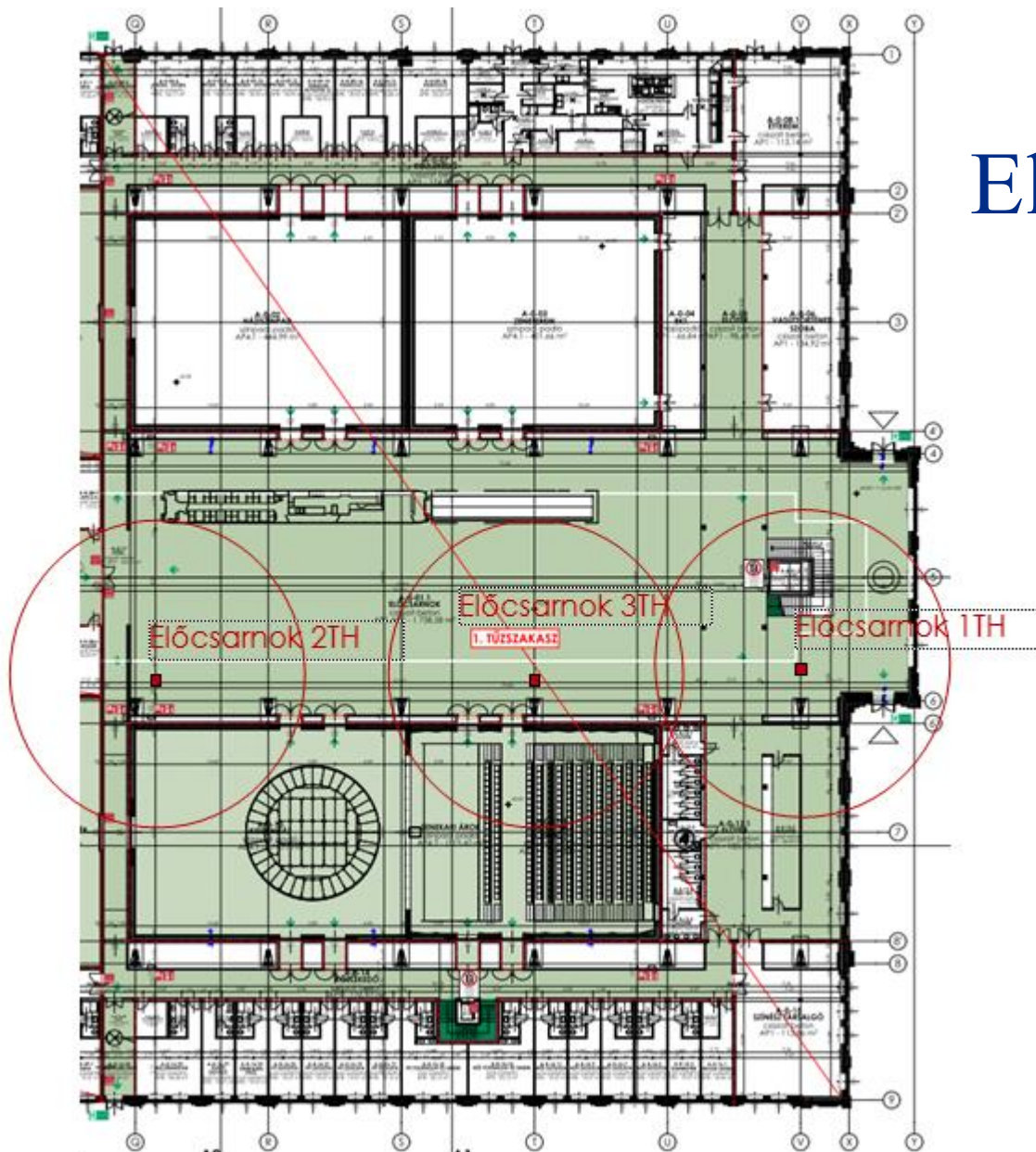


Létesítmény 3D modellje

[BME Épületszerkeztani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

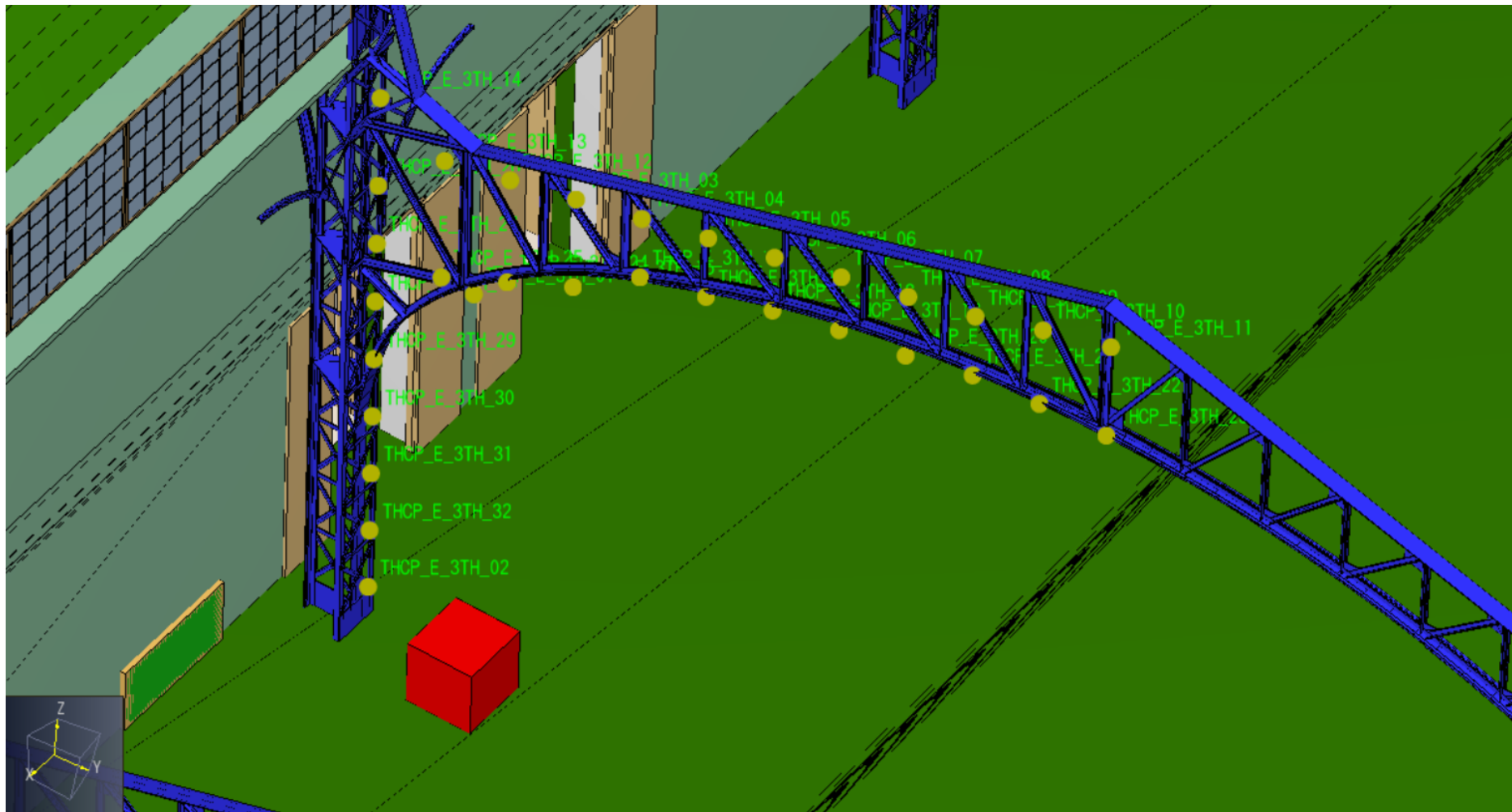


Előcsarnok tűzszcenáriók



[BME Épületszerkeztani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

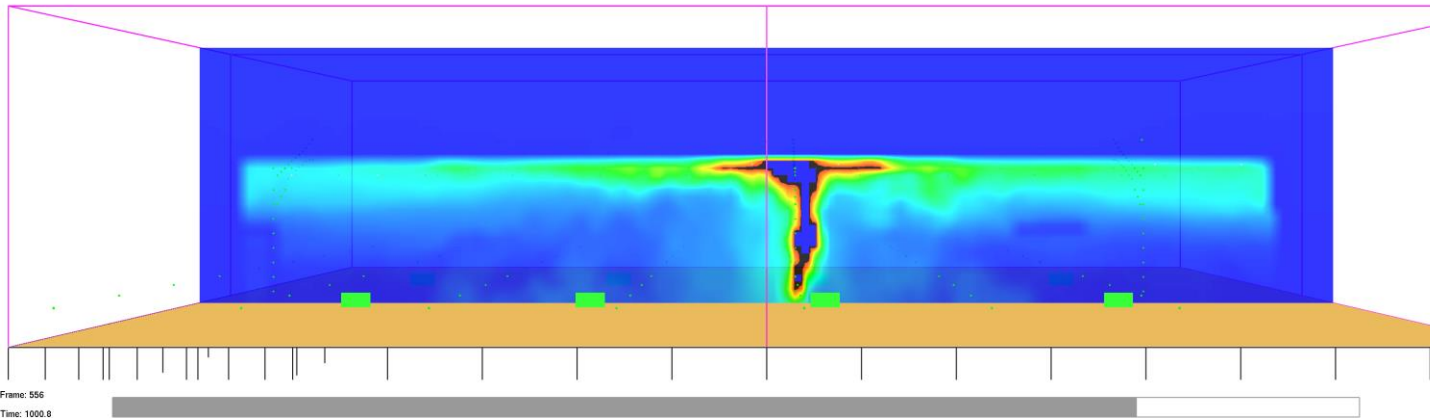
Előcsarnok 3 – Hőmérők az acélszerkezeten



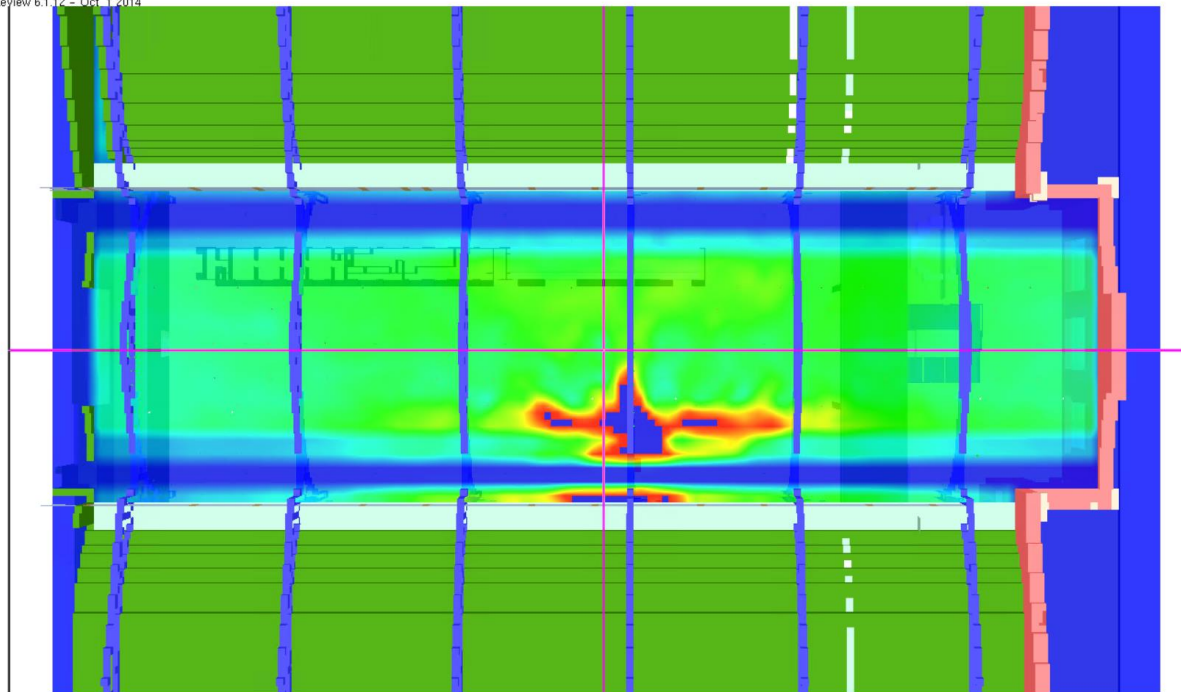
[BME Épületszerkeztani Tanszék, Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

24/47

Smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



smokeview 6.1.12 - Oct 1 2014



Hőmérséklet-
eloszlás a 3.
szcenárióban
egy
időpillanatban

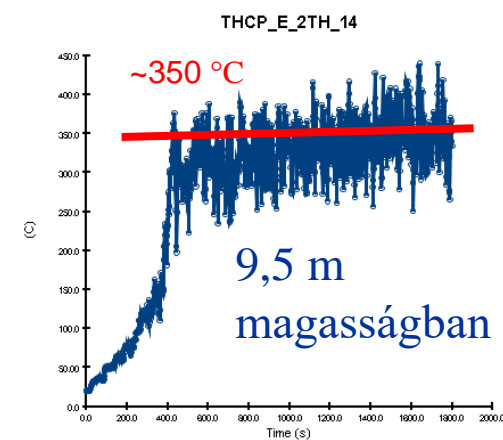
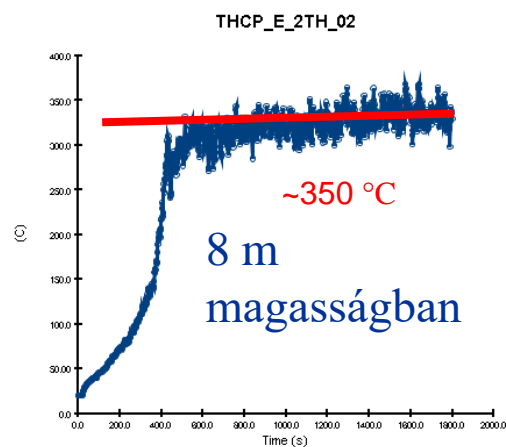
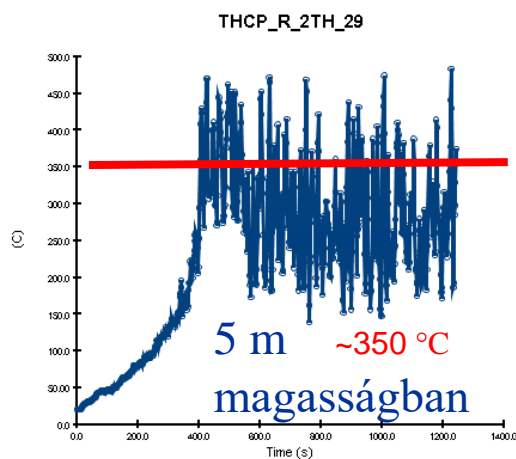
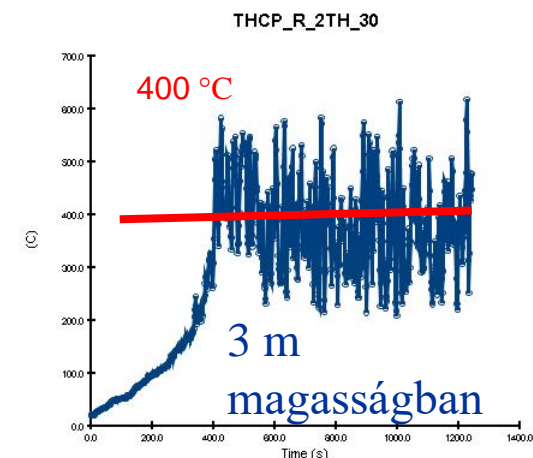
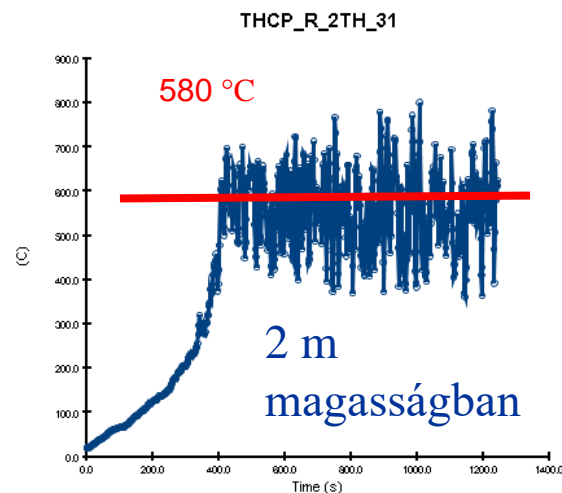
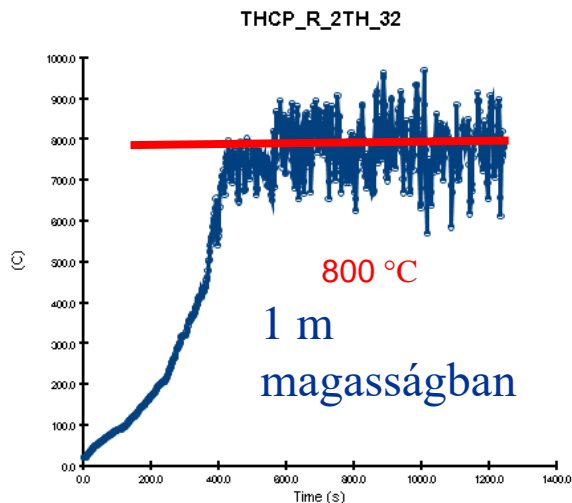
[BME Épületszerkezettani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

25/47

Hőmérők adatai Előcsarnok 3

[BME Épületszerkezettani Tanszék,
Dr. Takács Lajos és Szikra Csaba]

Oszlopok



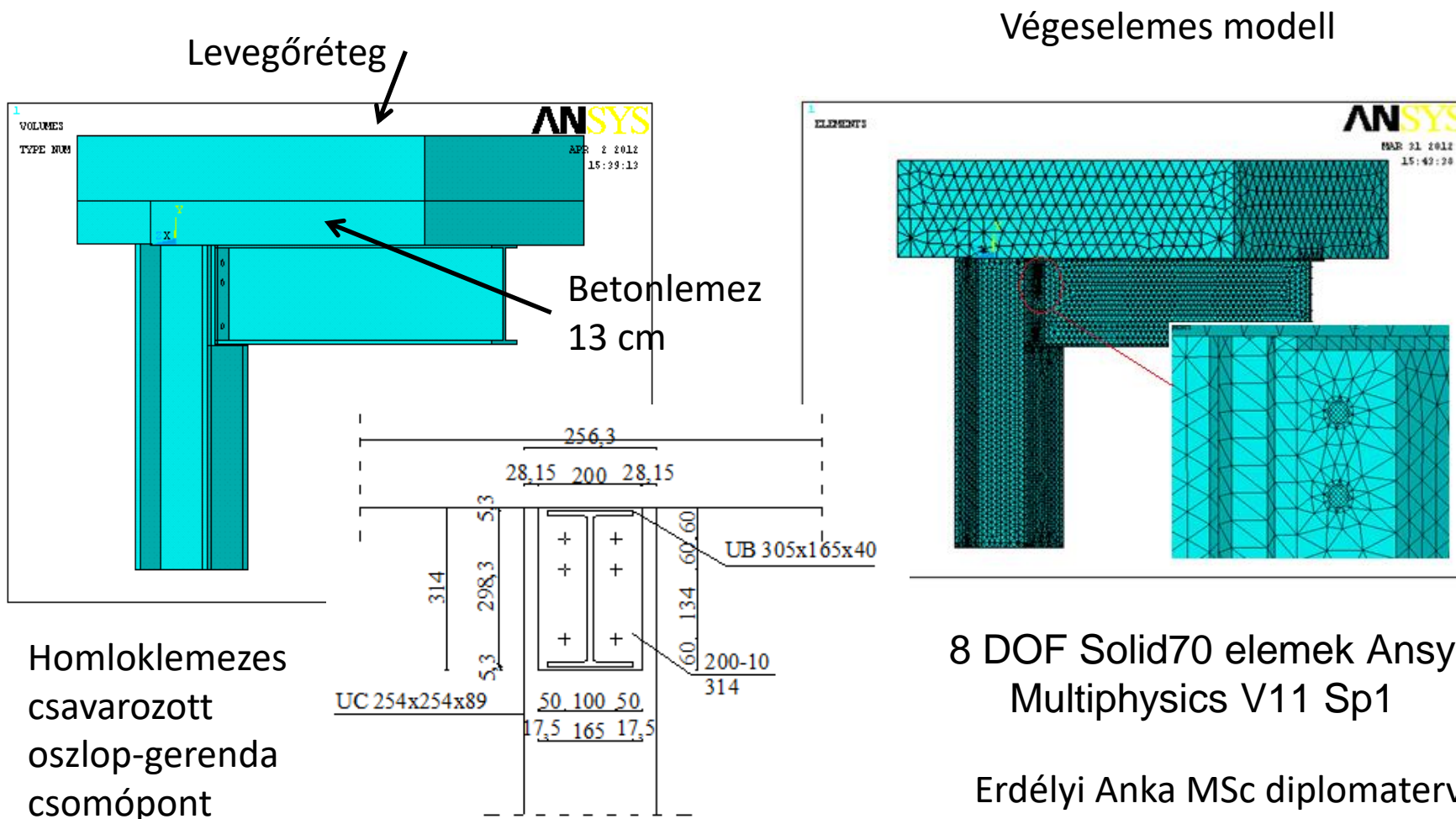
gerendák

Fejlett számítógépi módszerek és modellek – szerkezeti analízis

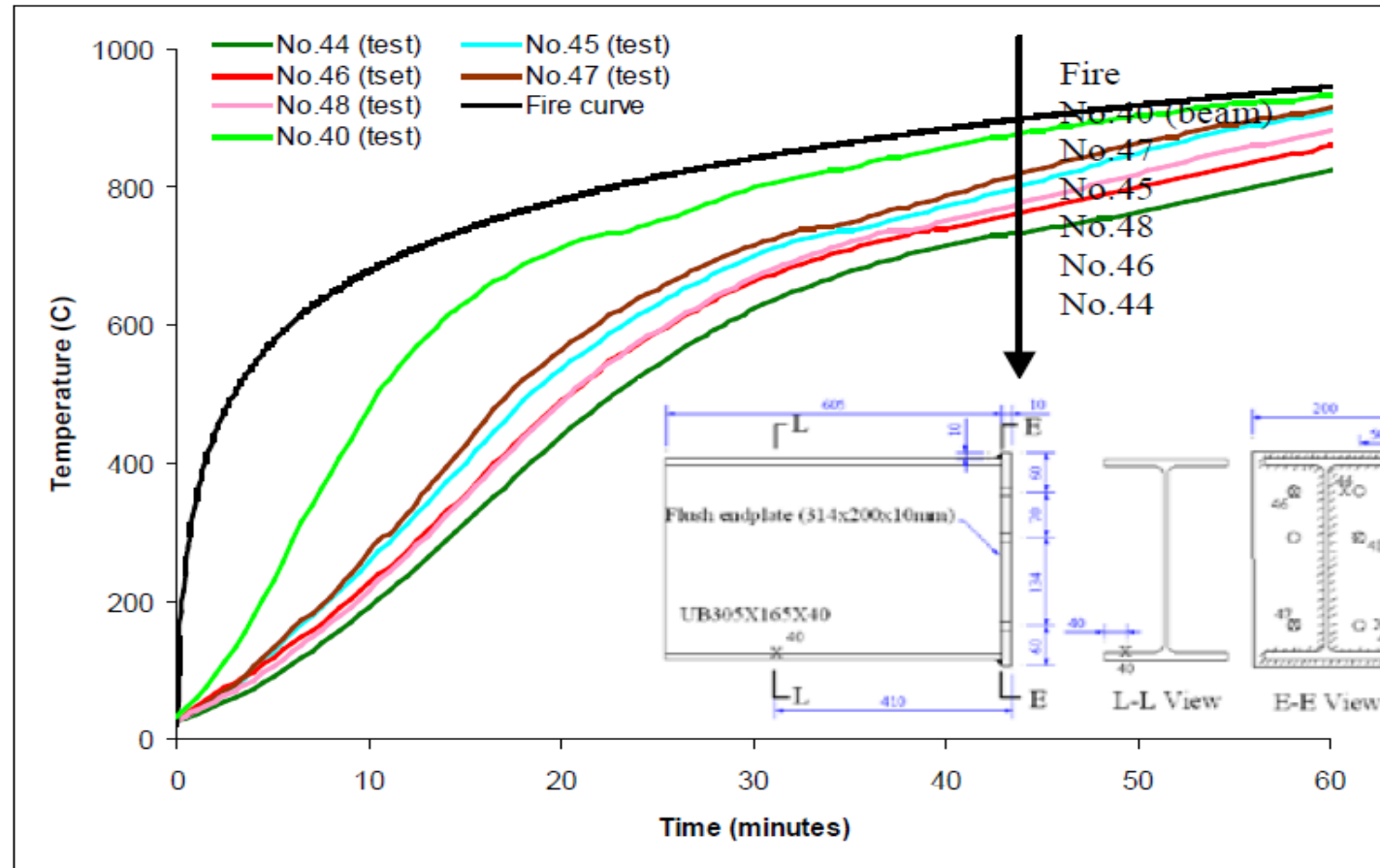
- Szerkezeti csomópont termikus és teherbírási elemzése
- Teljes tartószerkezet vizsgálata fejlett tűzhatásmodellel, szerkezeti viselkedés követése tűzhatás alatt

Speciális probléma: acélszerkezeti csomópont vizsgálata

Kérdés a csomópont hőmérséklet-eloszlása, csomóponti viselkedés tűzhatás esetén

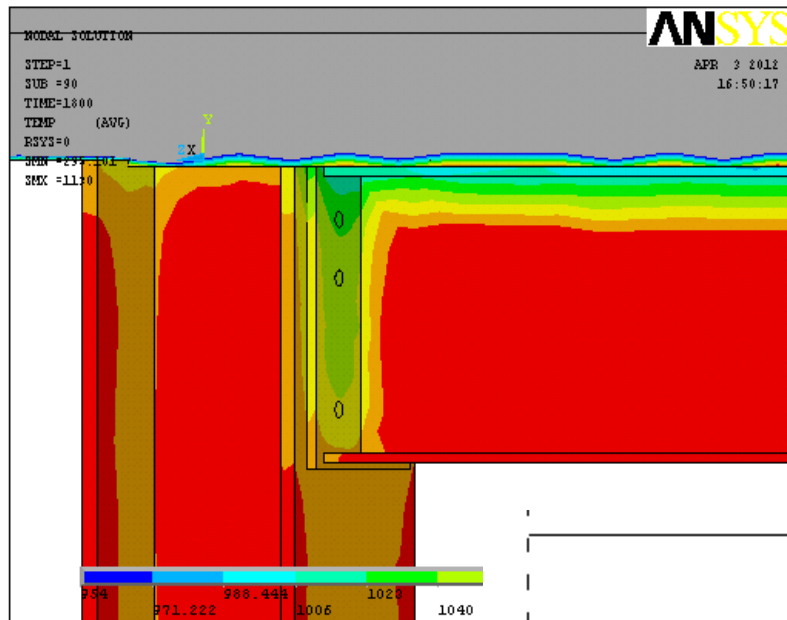


Kísérlet - ISO 834 tűzhatásra

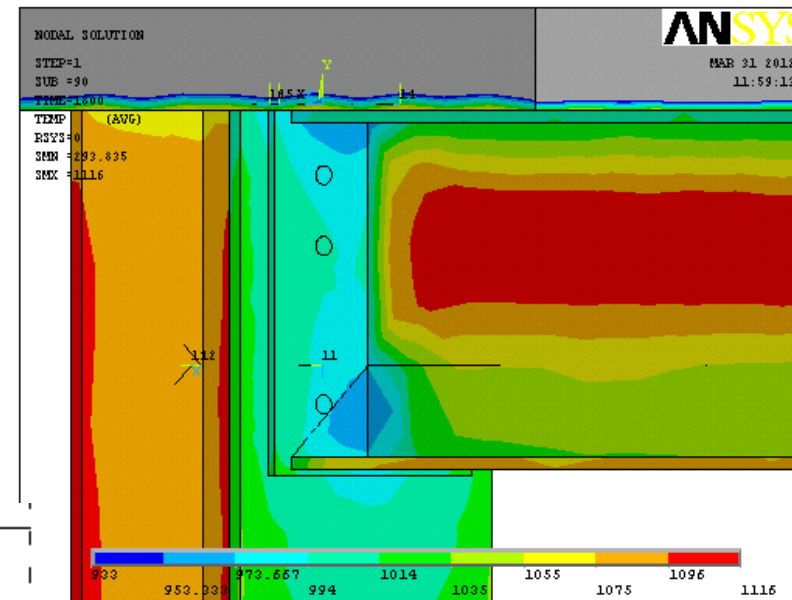


Dai XH, Wang YC, Bailey CG(2007): Temperature Distribution in Unprotected Steel Connections in Fire.

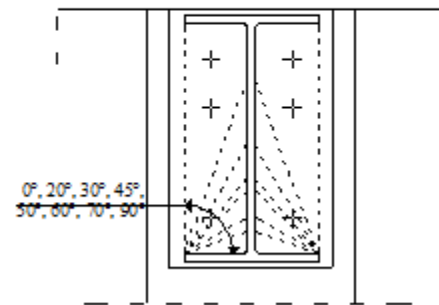
Egyéb hatások figyelembevétele



Árnyékolás nélkül



Árnyékhatás 45°



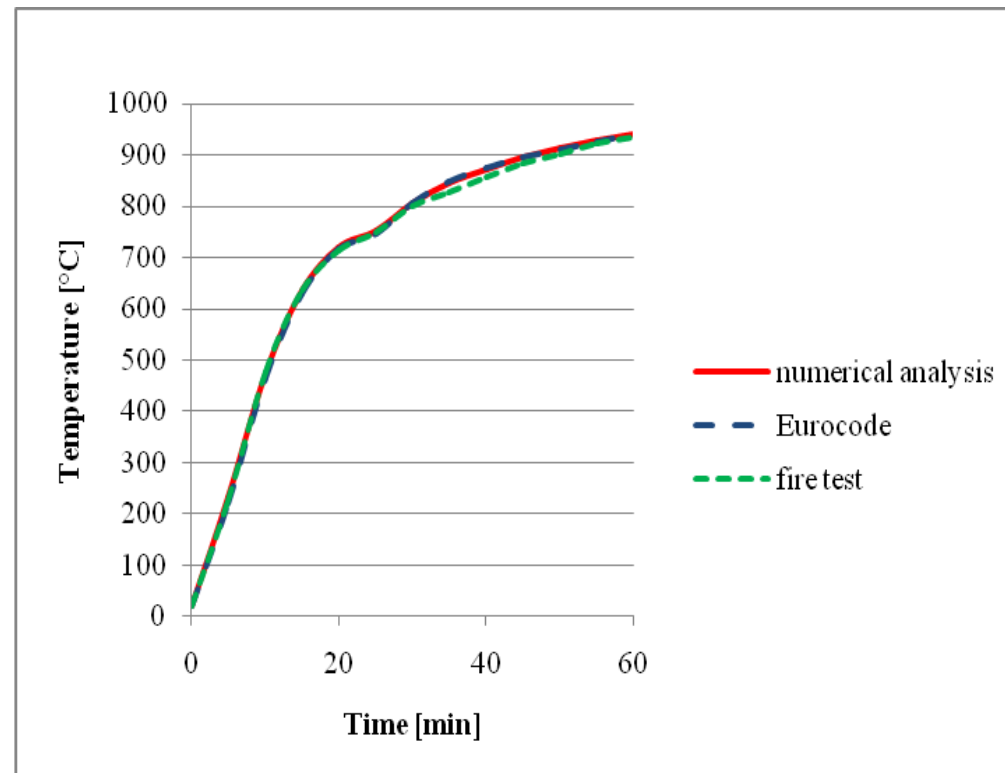
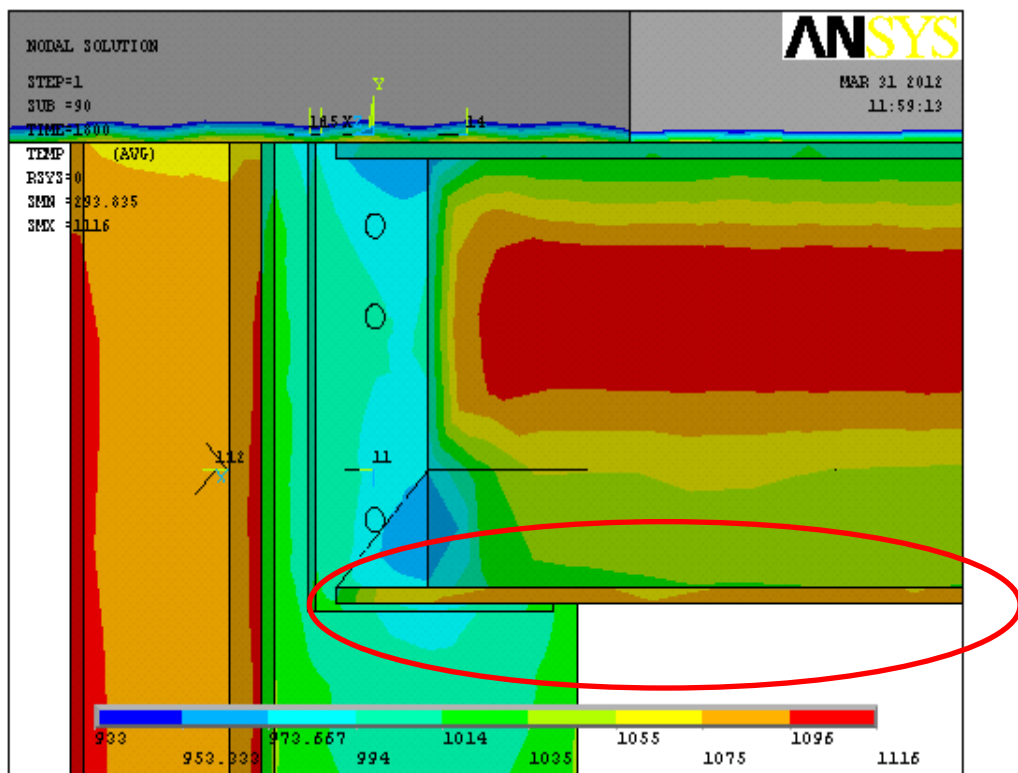
Árnyékhatás figyelembevétele



Erdélyi Anka diplomatervéből

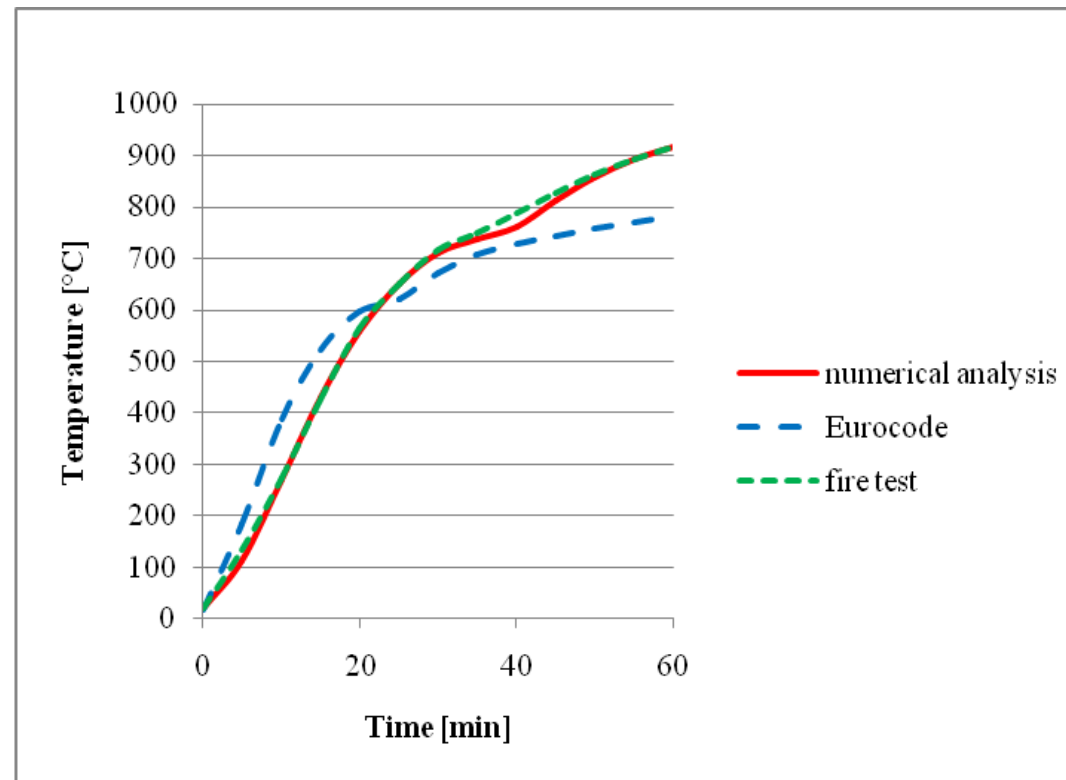
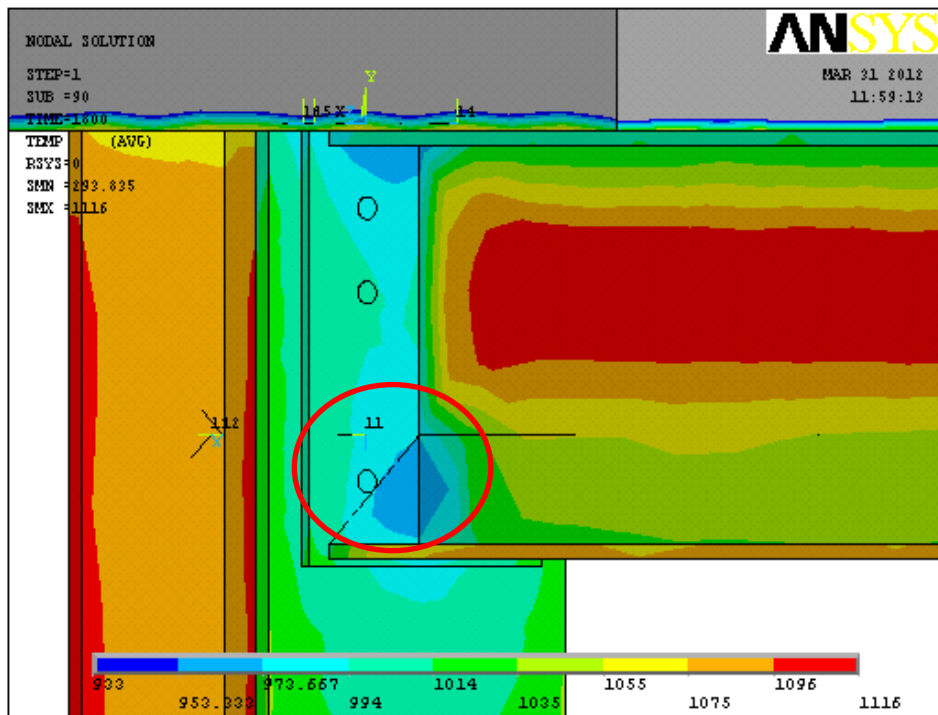
Hőmérséklet-eloszlások összehasonlása

Gerenda alsó övének hőmérséklete



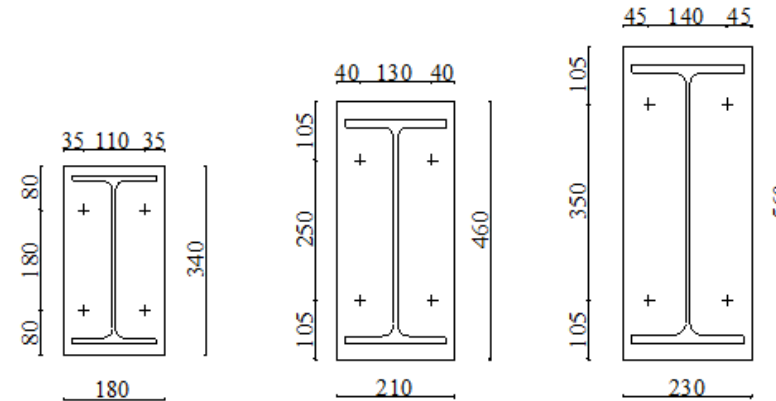
Hőmérséklet-eloszlás összehasonlítása

Alsó csavarsor csavarjainak hőmérséklete



Csomóponti ellenállás és gerenda ellenállás viszonya

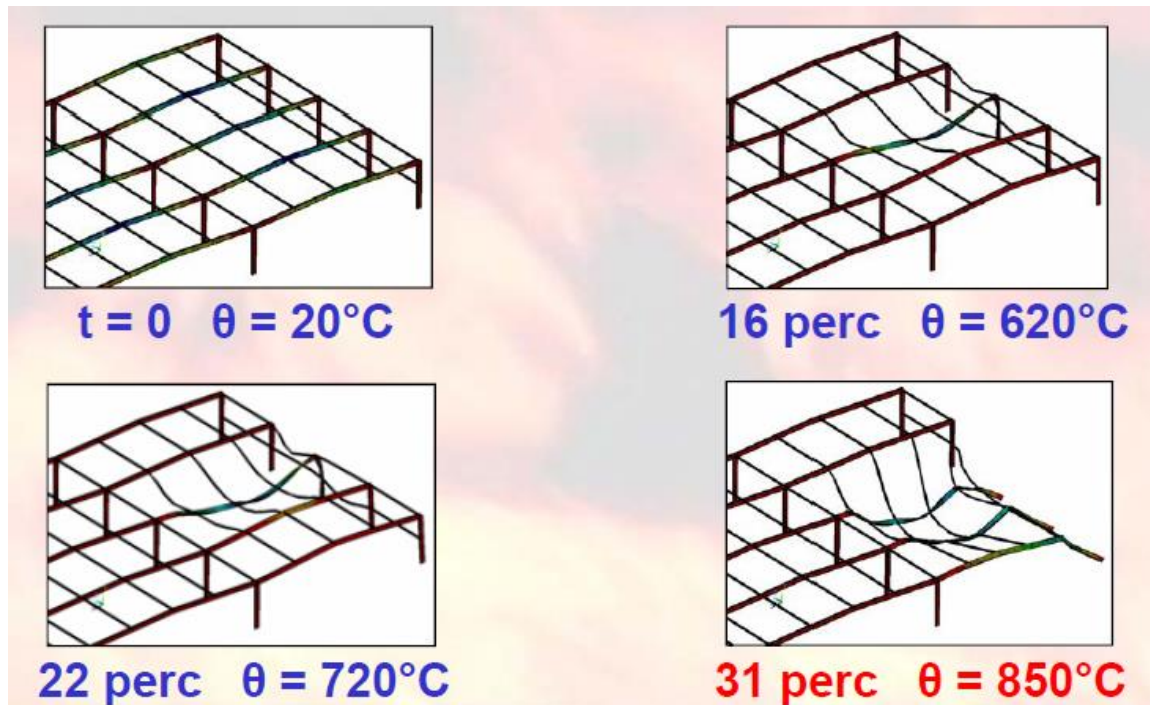
$$M_{\text{conn,Rd,fi}} / M_{\text{beam,Rd,fi}}$$



	Normál hőmérsékletre tervezésnél	Tűzhatás időtartama (min)			
		15	30	45	60
IPE300	68%	108%	94%	76%	-
IPE 400	63%	80%	94%	78%	65%
IPE 500	64%	73%	103%	77%	68%

Mindegyik vizsgált esetben a gerenda ellenállása gyorsabban csökken mint a csomóponté

Teljes szerkezet tönkremeneteli folyamatának vizsgálata

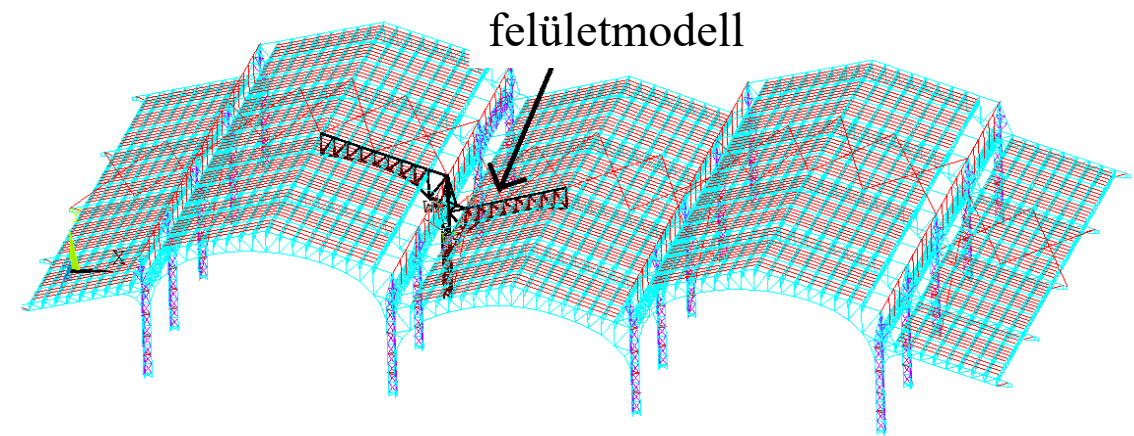


Fejlett FEM szoftverek alkalmazása kell, időigényes– általános FEM szoftverek (ANSYS, Abacus...) kiegészítőkkel vagy speciális célszoftver (pl. SAFIR)

Rácsos acélcsarnok vizsgálata

Statikai modell - Ansys

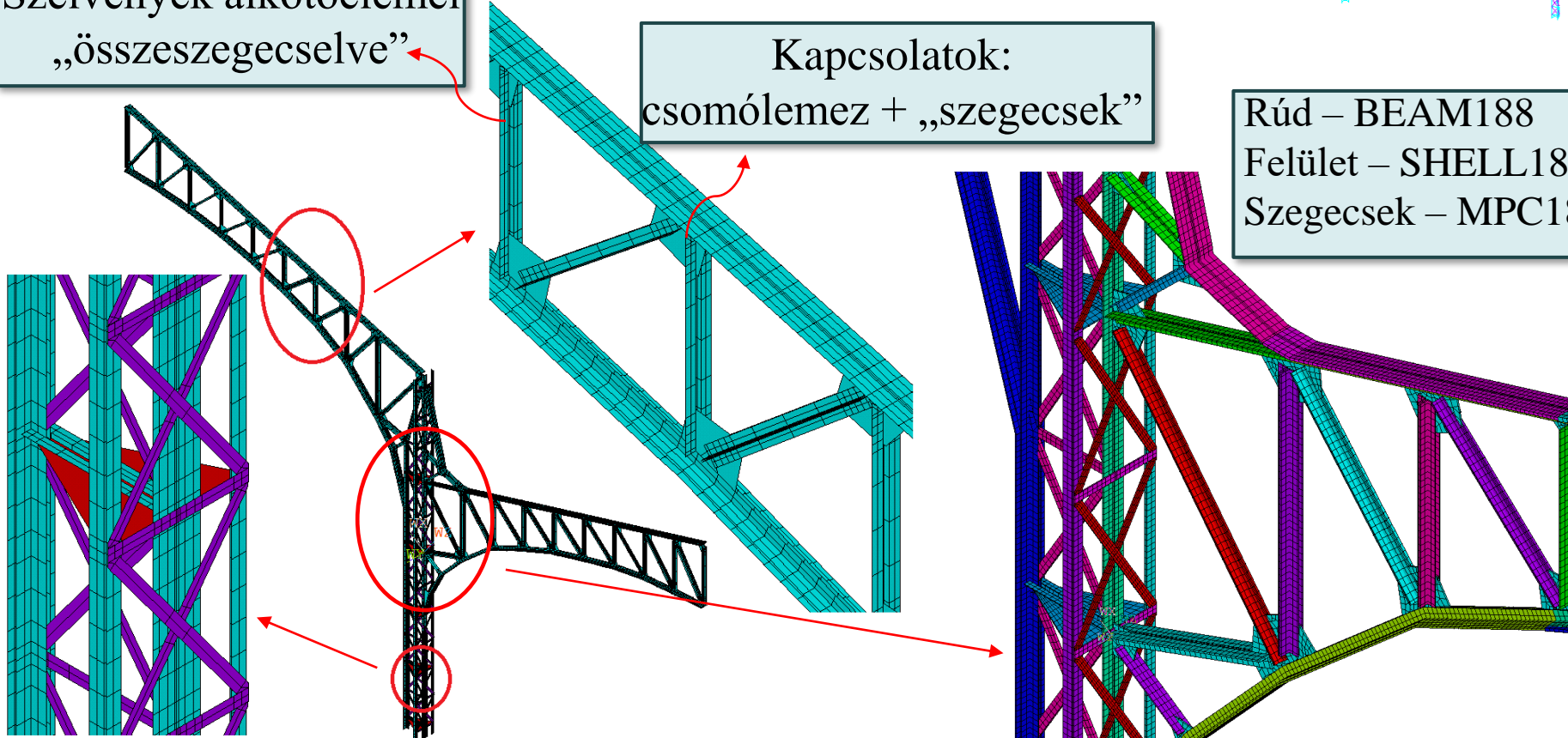
- 5 keretállás vizsgálata
- rúdmodell + felületmodell



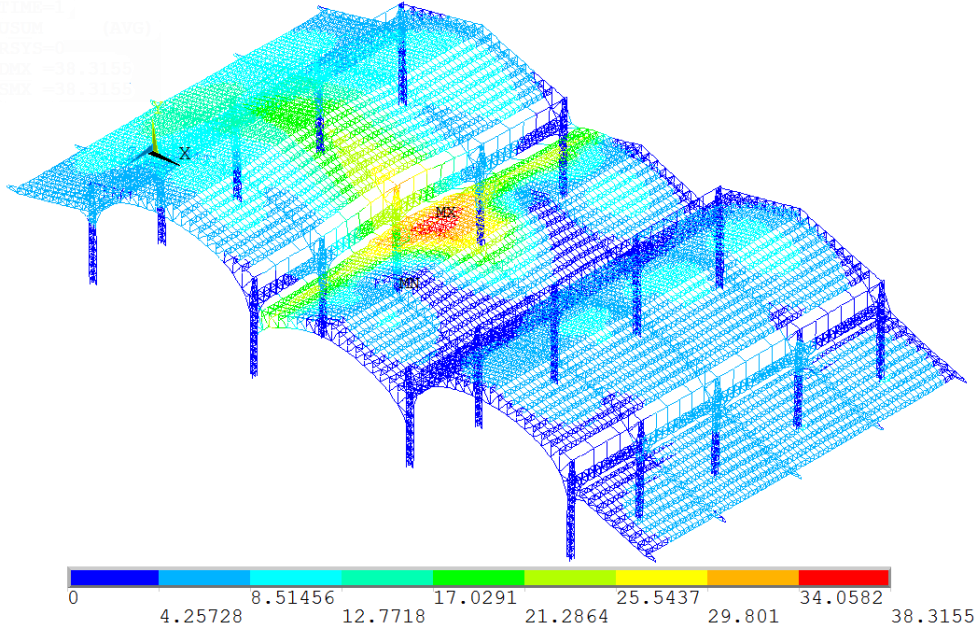
Szelvények alkotóelemei
„összeszegecselve”

Kapcsolatok:
csomólemezek + „szegecskek”

Rúd – BEAM188
Felület – SHELL181
Szegecskek – MPC184



Teherbírásvizsgálat tűzhatásra

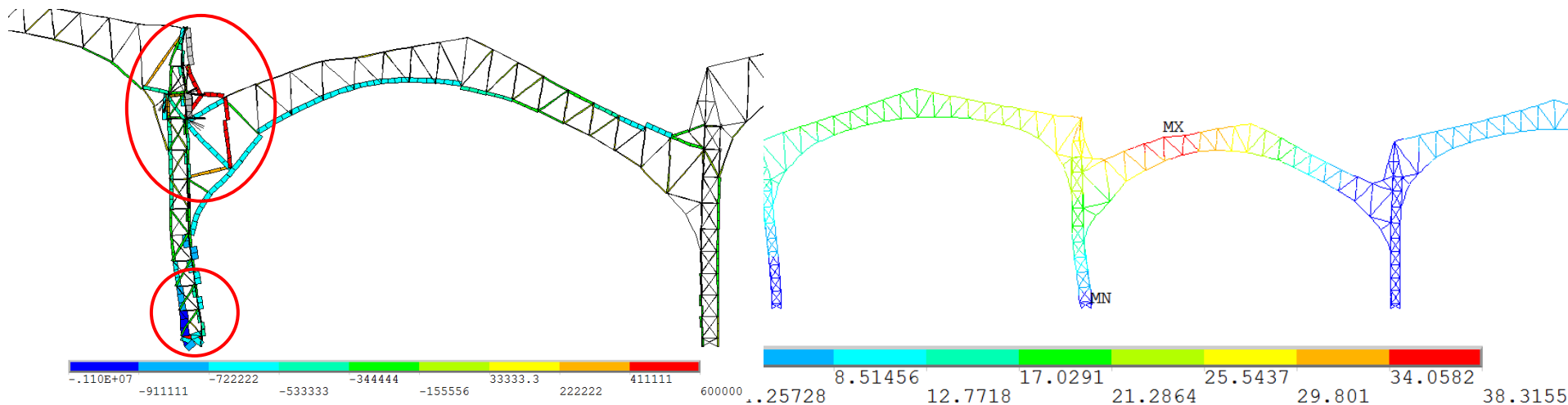


Foyer 3. tűzscenárió

Veszélyes: oszlop alsó 3,5 métere, B és C hajók csatlakozásánál lévő jelentősen húzott rudak

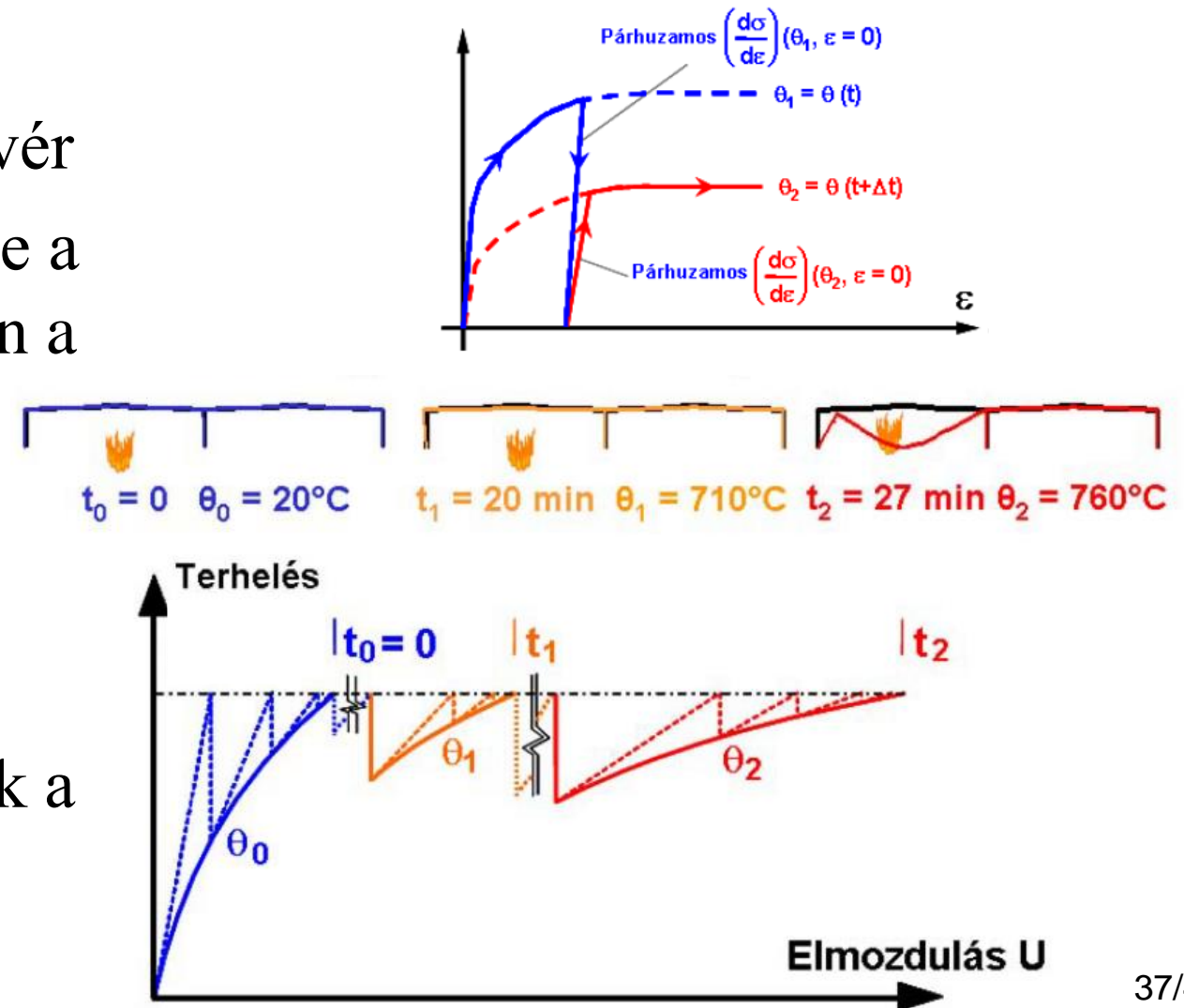


Bevonatolás 350°C hőmérsékletre – de csak ezeken a területeken!

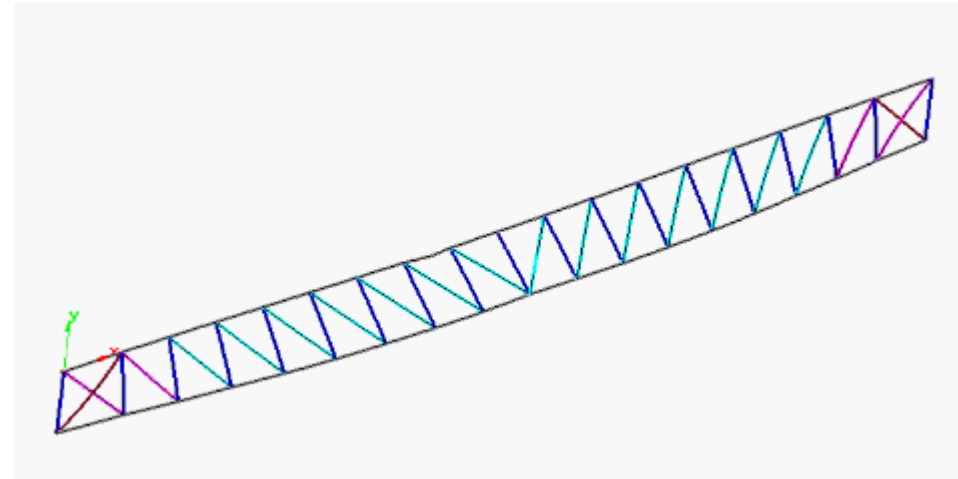
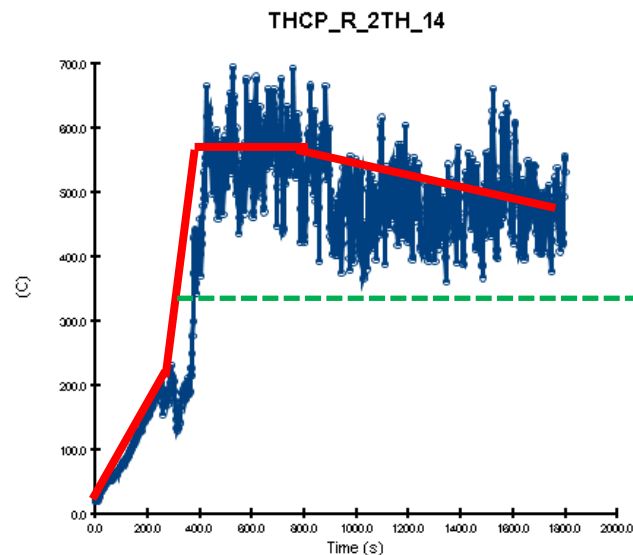


SAFIR – Célszoftver tűzhatásnak kitett tartószerkezetek méretezésére

- Nemcsak acél, hanem vasbeton, öszvér
- Lépésenkénti steady-state analízis, de a terhelt szerkezeten emeli fokozatosan a hőmérsékletet és változtatja az anyagjellemzőket
- Ilyen módon végigköveti a folyamatokat
- A kapott alakváltozások jól egyeznek a kísérletekkel
- Használata nehézkes, gyakorlat kell



Szelemen viselkedésének követése a tönkremenetelig



Tönkremenetel: 440 sec; nincs tönkremenetel ha max. 350 °C

Csak ott kell bevonatolni, ahol a tűzhatásból > 350 °C lesz

Fejlett tűzmodellezés (lokális vagy FDS) alkalmazásának előnyei

- Részletes hőmérséklet-eloszlást kapunk a tűzszakaszban
- Kiválaszthatók a kritikus szerkezeti elemek
- Meghatározhatóak azok, amelyek védelem nélkül is megfelelnek
- Amelyeknél védelem kell, ott is lehet differenciálni a hőmérséklet ismeretében
- Mindez költségmegtakarítást jelent, amivel szemben áll a TÚT költsége, valamint a számításhoz szükséges idő (plusz engedélyezés)
- „Irreguláris” épületeknél (bevásárlóközpont, kiállítócsarnok, színház...) általában nem elkerülhető a fejlett modellezés (kiürítés-számítás, tűzoltók beavatkozási időtartamának meghatározása)
- Egyeztetni kell a TÚT-tel – hol érdekel minket a hőmérséklet ?

Konstrukciós és egyéb kérdések

- OTSZ V. fejezet
- Fogalmi meghatározások, magyarázatok – 11. TvMI
- Konstrukciós szempontok

OTSZ V. fejezete – Tűzeseti szerkezeti állékonyság

- 15. par. (2) bek: Milyen építményekkel szemben nincs tűzvédelmi követelmény?
- Milyen esetekben van „könnyítés” a követelményekben?
- 16. par. (6) bek: Szerkezet állékonyságának biztosítása tűzhatás esetén

☞(6)¹ Az egyes építményszerkezetekre vonatkozó követelményeket az építményszerkezetek építményen belül betöltött statikai szerepének, a teherátadás rendjének, az építményszerkezet tönkremenetele által más építményszerkezetre gyakorolt hatások figyelembevételével kell meghatározni. Egy építményszerkezet alátámasztására, gyámolítására, függesztésére, merevítésére nem alkalmazható az adott szerkezet tűzállósági követelményénél kisebb tűzállóságú szerkezet. Az épület, illetve az épület egy dilatációs egységének globális merevségét biztosító építményszerkezetek, így különösen a pillérek, földemelemek, keretszerkezetek, merevítések elemei mindegyikére a merevítésben részt vevő, legnagyobb tűzállósági követelményű szerkezeti elem tűzállósági teljesítményét kell alkalmazni.

Követelmények OTSZ 2. melléklet

1. táblázat, a Tüzeseti szerkezeti állékonyság alcímhez

Építményszerkezetek tűzvédelmi osztályára és tűzállósági teljesítményére vonatkozó követelmények

	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
2	Épület, önálló épületrész szintszáma [a 12. § (4) bekezdése alapján]		1-2 Ipari, mezőgazdasági, tárolási alaprend. esetén	3 Ipari, mezőgazdasági, tárolási alaprend. esetén	4	1-2	3	4-7	1-2	3-6	7-15	1-2	3-15	>15
			1-3 lakó alaprend. esetén	1-3 Községi alaprend. esetén										
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 pinceszinti 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
5	Pinceszint feletti, emeletközi, tetőtér alatti és padlásfödémek - a tűzterjedésgátlásban szerepet játszó födémekre EI kritérium is vonatkozik - a pinceszint feletti 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	90 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 - a szerkezetre csak a táblázat szerinti D, de legfeljebb C tűzvédelmi osztály követelmény vonatkozik, ha be nem épített tetőtér, padlásteret, emberi tartózkodásra nem alkalmas teret határol el a külső légtértől - a felülvilágító tartószerkezetére csak tűzvédelmi osztály követelmény vonatkozik	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

11. TvMI

Tűzvédelmi Műszaki Irányelv

TvMI 11.2:2020.01.22.

TARTALOMJEGYZÉK

1. BEVEZETÉS	3
2. FOGALMAK	4
3. ÉPÍTMÉNYSZERKEZETEK TŰZVÉDELMI OSZTÁLYA	5
4. ÉPÍTMÉNYSZERKEZETEK TŰZÁLLÓSÁGI TELJESÍTMÉNYE	26
5. AZ OTSZ 2. MELLÉKLET 1. TÁBLÁZATÁNAK ALKALMAZÁSA	36
AZ IRÁNYELVBEN HIVATKOZOTT ÉS FELHASZNÁLT JOGSZABÁLYOK ÉS SZABVÁNYOK JEGYZÉKE	38
A melléklet	
Tűzállósági vizsgálati módszerek	46
B melléklet	
Tűzhatás kitéti görbéi	47
C melléklet	
Tűzvédelmi követelmények megállapítása egyes összetett szerkezetek esetén	49
D melléklet	
Meglévő építményszerkezetek táblázatos tervezési értékei	51
E melléklet	
Alacsony energiaigényű épületek tűzvédelmi szempontból megfelelő kialakítása	60
F melléklet	
ETAG-ok és EAD-ok elérhetősége	68
G melléklet	
Az Európai Bizottság jelen irányelv szempontjából fontosabb határozatai és rendeletei	69

C1. A tartószerkezetek tűzvédelmi követelményeinek megállapítása során az egyes tartószerkezeti elemeknek az építményen belül betöltött szerepe és a teherátadás rendjét figyelembe vételével szükséges eljárni.

C1.1 Csarnoképületek esetében általában tetőfödém tartószerkezetének minősülnek az épület főtartóinak gerendái, míg tetőfödém térelhatároló szerkezeteinek minősülnek a tetőfödém tartószerkezeteire támaszkodó, könnyűszerkezetes kialakítású, legfeljebb 80 kg/m^2 felület-tömegű burkolatok (amelyek általában szendvicspanelek, vagy szelemenekre támasztott trapézlemez rendszerek).

Vasbeton tetőelemekkel fedett csarnokok esetén a tetőpanelekre is a tetőfödém tartószerkezeteire vonatkozó követelmények érvényesek.

Építményszerkezetek tűzvédelmi osztályára és tűzállósági teljesítményére vonatkozó követelmények

	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
7	A legfelső szint lefedését biztosító, nem teherhordó szerkezet - 80 kg/m^2 feletti felület-tömeg esetén a 8. sor szerinti követelményt kell teljesíteni - a szerkezetre vonatkozó EI kritériumtól el lehet tekinteni, ha a szerkezet megnyílása, átmelegedése a szerkezet környezetét nem veszélyezteti és a szerkezet vagy valamelyik részének meggyulladása nem jár a tűz jelentős tetőfelületre való kiterjedésének veszélyével - a szerkezetre vonatkozó REI kritériumtól el lehet tekinteni, ha a szerkezet megnyílása, átmelegedése a szerkezet környezetét nem veszélyezteti, a szerkezet vagy valamelyik részének meggyulladása nem jár a tűz jelentős tetőfelületre való kiterjedésének veszélyével és a tönkremenetele nem veszélyezteti a teherhordó szerkezetek állékonyságát	REI	15 D	15 D	15 D	15 D	15 D	15 A2	15 D	30 A2	30 A2	30 A2	30 A2	60 A2

C2.2. **1**Különösen csarnokok tetőfödém tartószerkezete esetén valamennyi, a főtartók oldalirányú stabilitását biztosító elem tűzvédelmi követelményei a tetőfödém tartószerkezetének tűzvédelmi követelményeivel egyeznek meg (80 kg/m^2 felülettömeg alatt is):

A főtartók oldalirányú stabilitását biztosító elemek az alábbiak lehetnek:

- a tetősíki merevítések, kivéve, ha csak földrengésre tervezettek,
- az épület hosszában végigfutó hosszanti dűcök, ennek hiányában a tetősíki merevítéshez kapcsolódó és a főtartók stabilitásának biztosításában részt vevő valamennyi szelemen az építmény teljes hosszában,
- a főtartó alsó síkját oldalirányban biztosító ferde **kitámasztások**, lekötések

Megjegyzés:

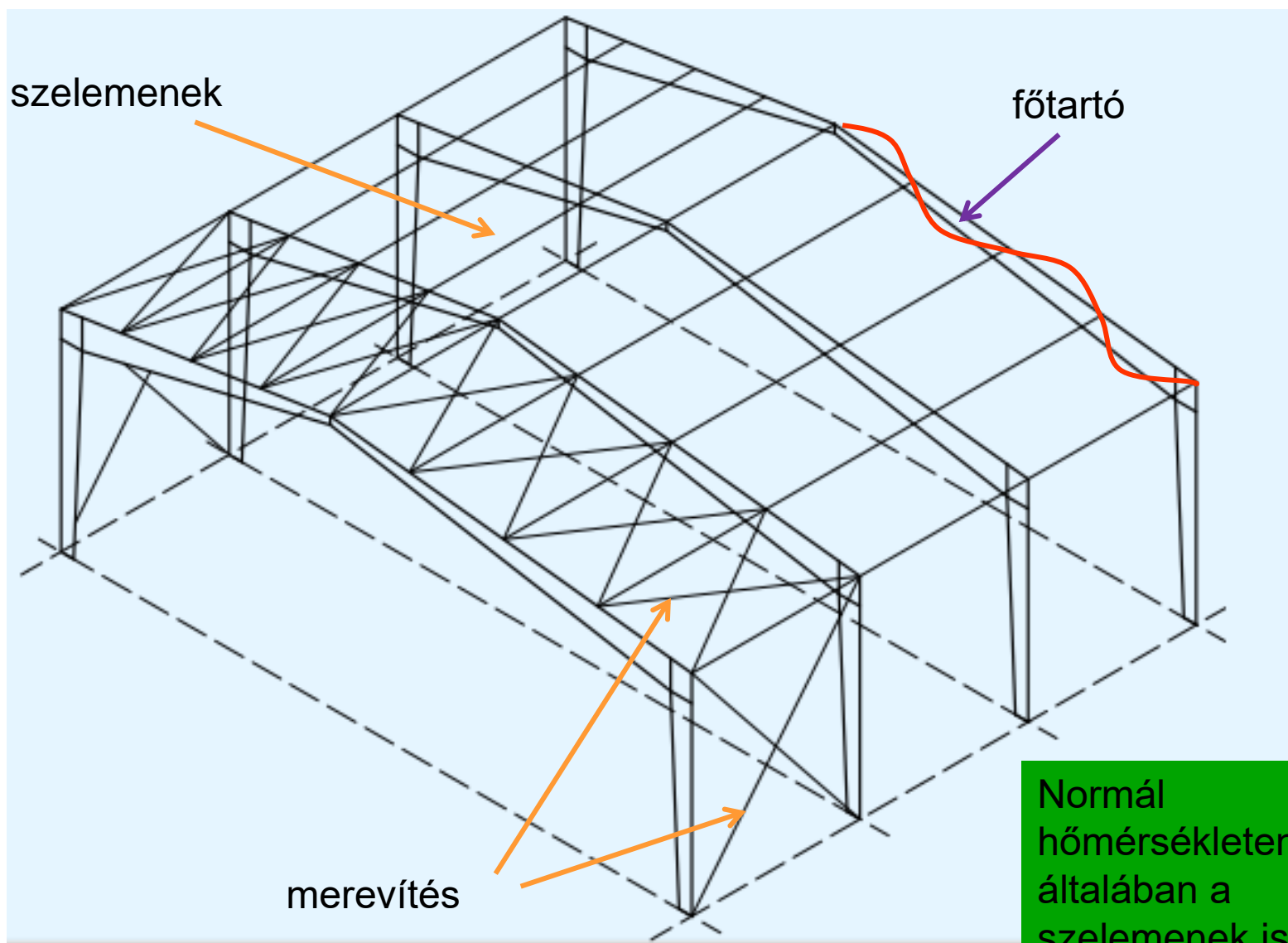
Vékonyfalú acélszelemenek, különösen Z és C szelemenek, faanyagú I szelemenek és rácsos szelemenek alkalmazása esetén figyelembe kell venni, hogy a szelemen alkalmas-e merevítő elemnek, dűcnek. A ilyen kialakítású szelemenek erre például duplázva, szimmetrikus keresztmetszeti kialakítással tervezhetők, ha a tűzállósági teljesítmény igazolásra kerül.

C2.3. **1**Különösen csarnokok esetén, ha a tetőfödém térelhatároló szerkezete (80 kg/m^2 felülettömeg alatt) követelményei a szelemenek mellett a szelemenek oldalirányú megtámasztásához esetlegesen szükséges tetőfödém-elemek követelményeivel is megegyeznek.

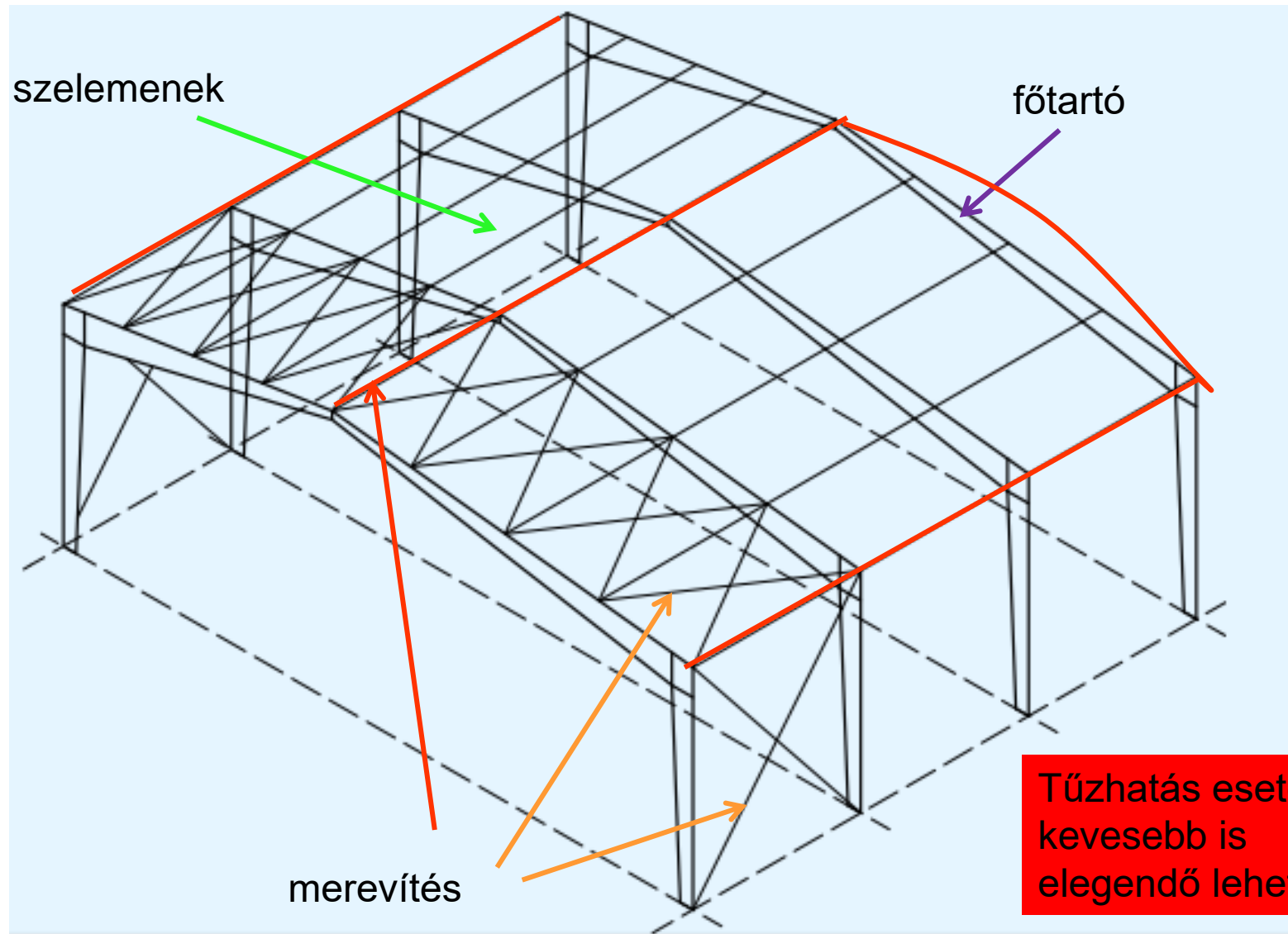
Megjegyzés:

Vékonyfalú acélszelemenek, különösen Z és C szelemenek, faanyagú I szelemenek és rácsos szelemenek alkalmazása esetén gyakori, hogy azok csak az oldalirányú megtámasztásukat biztosító tetőfödém-elemekkel, pl. trapézlemezzel vagy szendvicspanellel együtt tudják biztosítani ez előírt tűzállósági teljesítményt. Ekkor a Z- és C-szelemenekkel együtt minősített trapézlemez vagy szendvicspanel rendszert szükséges alkalmazni a tetőfödém térelhatároló szerkezeteként.

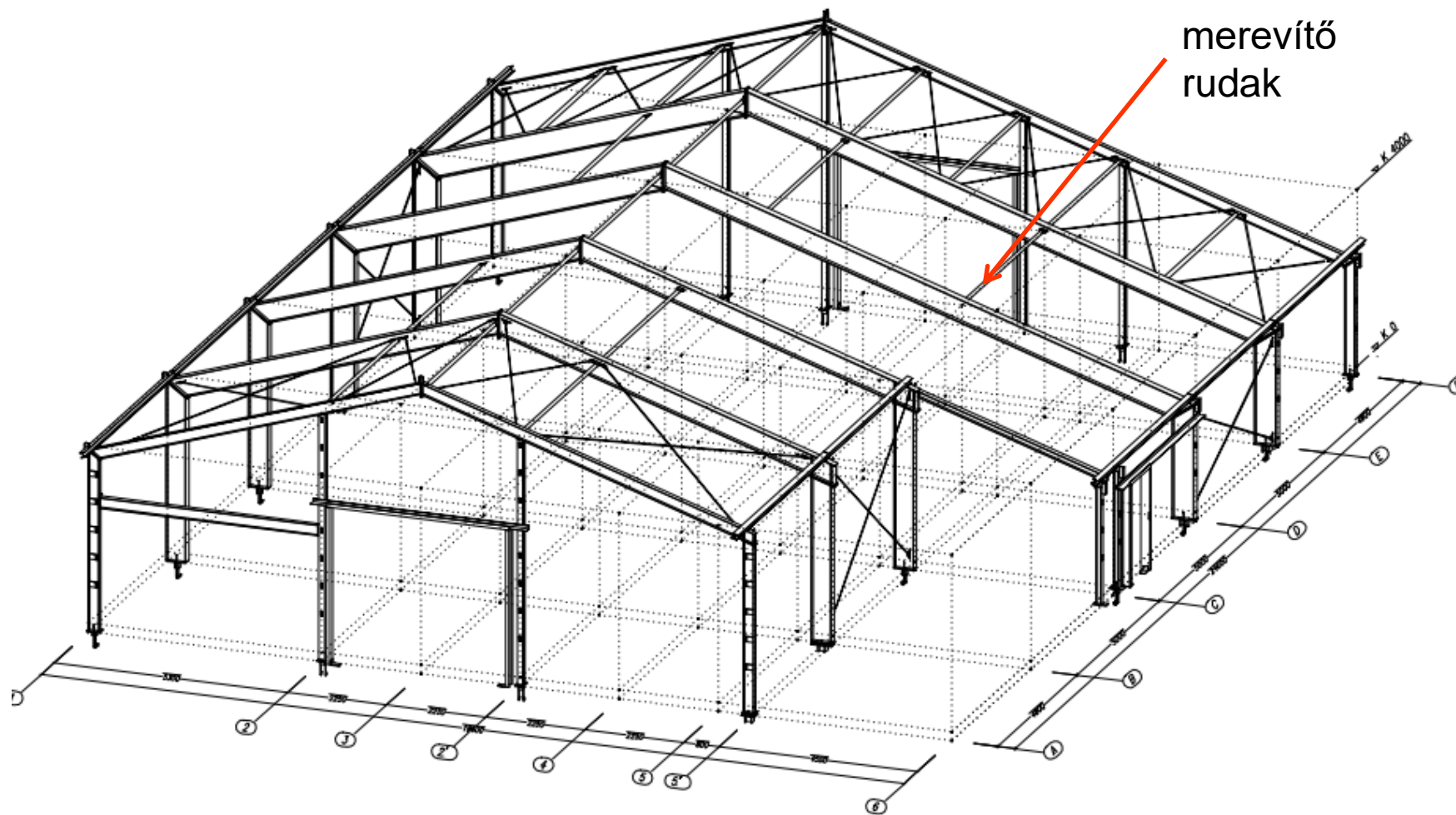
Tartószerkezet elemei és funkciójuk



Tartószerkezet elemei és funkciójuk



Korszerű csarnok tartóváza



Köszönöm a figyelmet!

- CTICM – logiciels - FIDESC4
 - <https://www.cticm.com/logiciel/fidesc4/>
- OZONE, A3C
 - https://sections.arcelormittal.com/design_aid/design_software/EN
oldalon Fire Calculations rovatban