

Major Zoltán¹, Szép János², Majorosné Lublói Éva Eszter³

GÉPJÁRMŰTÜZEK HŐMÉRSÉKLET KITÉTJÉNEK KÉZI SZÁMÍTÁSI LEHETŐSÉGEI AZ EUROCODE ALAPJÁN

POSSIBILITIES OF MANUAL CALCULATION OF TEMPERATURE EXPOSURE
OF CAR FIRES ON THE BASIS OF EUROCODE

KIVONAT / HUN

A tűzhatás számszerűsítésére két lehetőség áll a tervezők rendelkezésére. Az egyszerűbb lehetőség az előíró módszer, amely segítségével a tűzszakasz jellemzőinek ismerete nélkül lehet meghatározni az átlagos gázhőmérsékletet, amely a helyiség minden pontjában érvényesnek tekinthető. A teljesítményen alapuló módszer esetén már a helyiségre jellemző paraméterek ismerete minden esetben szükséges, a kialakuló gázhőmérséklet ennek függvénye. A szabvány az egészen egyszerű paraméteres hőmérséklet-idő görbe ismertetésén túl bemutatja a lokális tüzek hatásának vizsgálatát, és említést tesz a teljes tűzmodellek alkalmazásáról is. Cikkünk készítése során a teljes tűzmodellek vizsgálatának lehetőségétől eltekintünk, helyette a lokális tűzhatás részletes bemutatására szorítkozunk, amelynek segítségével az égő gépjárművek termikus hatása jól jellemezhető. A bemutatásra kerülő módszer alkalmas olyan speciális esetek vizsgálatára is, mint a hídszerkezetek alatt bekövetkező tüzek.

Kulcsszavak: gépjárműtűz, lokális tűzhatás, Eurocode, közelítő megoldás, Newton-módszer

ABSTRACT / ENG

Designers have two options for quantifying the effect of fire. The simpler option is the prescriptive method, which can be used to determine the average gas temperature without knowing the characteristics of the fire section, which can be considered valid at all points of the fire section. In the case of the performance-based method, the knowledge of the parameters specific to the compartment fire is necessary in all cases, the resulting gas temperature depends on this. In addition to the description of the very simple parametric temperature-time curve, the standard presents the examination of the effect of localised fires and also mentions the use of complete fire models. During the preparation of our article, we do not consider the possibility of examining the entire fire models, instead we limit ourselves to a detailed presentation of the localised fire effect, with the help of which the thermal effect of burning cars can be well characterized. The presented method is also suitable for investigating special cases such as fires under bridge structures.

Keywords: car fire, localised fire effect, Eurocode, approximate solution, Newton method

¹ okleveles infrastruktúra-építőmérnök, építőmérnök, gazdálkodási szakmérnök, tűzvédelmi szakmérnök, PhD, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem, Közlekedésépítési és Vízmérnöki Tanszék, e-mail: majorz@sze.hu

² okleveles szerkezet-építőmérnök, PhD, tanszékvezető egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem, Szerkezetépítési és Geotechnikai Tanszék, e-mail: szepj@sze.hu

³ okleveles építőmérnök, szerkezetépítő betontechnológus szakmérnök, tűzvédelmi tervező, DSc, habil., egyetemi tanár, Budapesti Műszaki és Gazdaság Tudományi Egyetem, Építőanyagok és Magasépítés Tanszék, e-mail: lubloy.eva@emk.bme.hu

1. | BEVEZETÉS

Az Országos Katasztrófavédelmi Főigazgatóság tájékoztatása alapján 2023-ban a forgalomban lévő több, mint 4,1 millió személygépkocsira 684 gépkocsitűz jutott, amelyek közül kettő elektromos meghajtású gépkocsiban alakult ki [1]. A gépkocsitűzek esetén az előíró módszer szerinti tervezés, vizsgálat elvégzése nem a legcélravezetőbb eljárás. Ebben az esetben a teljesítmény alapú módszerek közül a lokális tűzhatás vizsgálatával modellezhetjük leginkább a valós körülményeket. Ezzel a tűzhatással részletesen foglalkozik – nemcsak a gépkocsitűzek esetén – a Méretezés tűzterherre az Eurocode szerint: Vasbeton, acél-, fa-, falazott és öszvérszerkezetek tervezése című könyv [2].

A lokális tűzből származó hőmérsékleti hatások számításával az MSZ EN 1991-1-2:2005 [3] C. melléklete foglalkozik. Cikkünkben csak a födémeket és az azokat alátámasztó szerkezetek (gerendák) hőmérsékletváltozását vizsgáljuk a lokális tűzhatásra, a függőleges teherviselő szerkezetek (oszlopok) vizsgálatától eltekintünk.

A lokális tűzek alkalmazására csak abban az esetben van lehetőség, ha:

- a vizsgált tűz átmérője kisebb, mint 10 méter ($D \leq 10$ m),
- a vizsgált tűz hőkibocsátása kisebb, mint 50 MW ($Q \leq 50$ MW).

2. | A SZÁMÍTÁS MÓDSZER

A bemutatásra kerülő módszer nagy előnye, hogy nem csak zárttéri tűzek vizsgálatára alkalmas, hanem akár szabadtéren, hídstruktúrák alatt keletkező tűzekre is [4].

A problémakör megoldásához két módszer alkalmazása szükséges. Heskestad módszere írja le azt az esetet, amikor a láng nem éri el a helyiség födémjét, míg Hasemi módszere azt az esetet, amikor a láng eléri azt. Az első modellhez tartozó geometriai paramétereket az **1. ábra** szemlélteti.

Az ábra jelölései a következők:

- H : a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],
 L_f : a lokális tűz lángjának hossza [m],
 z : a láng tengelye mentén mért magasság [m],
 D : a tűz átmérője [m].

Heskestad módszere alkalmas nyílttéri tűz vizsgálatára is, ebben a gyakorlati esetben a H érték jelentőségét veszti, mivel nincs felső födém az alkalmazott modellben.

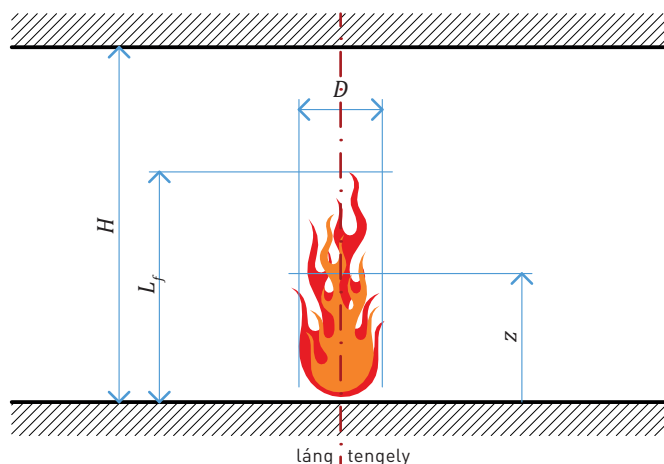
A gyakorlati számítás első lépéseként a láng hosszát kell meghatározni, amely az 1. képlet segítségével lehetséges.

$$L_f = -1,02 \times D + 0,0148 \times Q^{2/5} \quad [1]$$

ahol:

- L_f : a lokális tűz lángjának hossza [m],
 D : a tűz átmérője [m],
 Q : a tűz hőkibocsátása [W].

A tűz hőkibocsátásának ismeretében meghatározható annak konvekciós része, amelyet a szabvány alapján a tűz hőkibocsátásának 80%-val lehet közelíteni a 2. képlet alapján.



1. ÁBRA: Heskestad módszerének geometriai paraméterei

Valamint számítható a 3. képlet szerint a láng tengelyének z_0 kiindulópontja is.

$$Q_c = 0,8 \times Q \quad [2]$$

ahol:

- Q_c : a tűz hőkibocsátásának konvekciós része [W],
 Q : a tűz hőkibocsátása [W].

$$z_0 = -1,02 \times D + 0,00524 \times Q^{2/5} \quad [3]$$

ahol:

- z_0 : a láng tengelyének kiindulópontja [m],
 D : a tűz átmérője [m],
 Q : a tűz hőkibocsátása [W].

Meghatározva a 2. és 3. képletek szerinti segédmenyiségeket, számíthatóvá válik a 4. képlet szerint a láng függőleges tengelye mentén az izzó gáz hőmérséklete. A képlet abban az esetben igaz, ha a láng nem éri el a födém, vagy nyílttéri tűz vizsgálatára van szükség.

$$\theta_{(z)} = 20 + 0,25 \times Q_c^{2/3} \times (z - z_0)^{-5/3} \leq 900 \quad [4]$$

ahol:

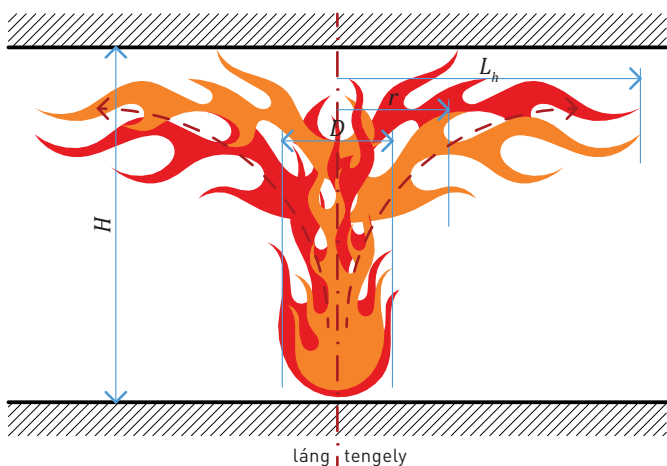
- $\theta_{(z)}$: a láng tengelye mentén izzó gáz hőmérséklete a vizsgált z magasságban [m],
 Q_c : a tűz hőkibocsátásának konvekciós része [W],
 z : a láng tengelye mentén mért magasság a vizsgált pontban [m],
 z_0 : a láng tengelyének kiindulópontja [m].

Mivel cikkünkben a födémekre és az azokat alátámasztó szerkezetekre alkalmazzuk a lokális tűzhatást, így a 4. képlet a $z = H$ helyettesítés révén az 5. képletre módosul.

$$\theta_{(H)} = 20 + 0,25 \times Q_c^{2/3} \times (H - z_0)^{-5/3} \leq 900 \quad [5]$$

ahol:

- $\theta_{(H)}$: az izzó gáz hőmérséklete a födém alsó síkján [m],
 H : a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m].



2. ÁBRA: Hasemi módszerének geometriai paraméterei

Amikor a láng eléri a felső födém, abban az esetben Hasemi módszerét kell alkalmazni. A modellhez tartozó geometriai paramétereket a 2. ábra szemlélteti.

Az ábra jelölései a következők:

- H : a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],
 L_h : a lokális tűz lángjának vízszintes hossza [m],
 r : a láng tengelyétől a mennyezet azon pontjáig mért vízszintes távolság, ahol a hőáram számítása történik [m],
 D : a tűz átmérője [m].

Ebben az esetben az y paraméter függvényében a födém egységnyi felületére átadódó hőáramot [W/m²] a 6. képlet alapján lehet figyelembe venni.

$$\dot{h} = 100000 \quad \text{ha } y \leq 0,3 \quad [6a]$$

$$\dot{h} = 136000 - 121000 \times y \quad \text{ha } 0,3 < y < 1,0 \quad [6b]$$

$$\dot{h} = 15000 \times y^{3,7} \quad \text{ha } 1,0 \leq y \quad [6c]$$

Az y paraméter a 7. képlet segítségével határozható meg.

$$y = (r + H + z') / (L_h + H + z') \quad [7]$$

ahol:

- H : a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],
 L_h : a lokális tűz lángjának vízszintes hossza [m],
 r : a láng tengelyétől a mennyezet azon pontjáig mért vízszintes távolság, ahol a hőáram számítása történik [m],
 z' : a virtuális hőforráshoz képest mért helykoordináta [m].

A láng vízszintes kiterjedése a 8. képlet alapján vehető számításba.

$$L_h = (2,9 \times H \times (Q_H^*)^{0,33}) - H \quad [8]$$

ahol:

- H : a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],
 L_h : a lokális tűz lángjának vízszintes hossza [m],
 Q_H^* : a helyiség H magasságához tartozó hőkibocsátási együttható [-].

Q_H^* értéke a 9. képlet alapján számítható.

$$Q_H^* = Q / (1,11 \times 10^6 \times H^{2,5}) \quad [9]$$

ahol:

- H : a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],
 Q : a tűz hőkibocsátása [W],
 Q_H^* : a helyiség H magasságához tartozó hőkibocsátási együttható [-].

A virtuális hőforráshoz képest mért helykoordináta a 10. képlet szerint határozható meg.

$$z' = 2,4 \times D \times (Q_D^{2/5} - Q_D^{2/3}), \quad \text{ha } Q_D^* < 1,0 \quad [10a]$$

$$z' = 2,4 \times D \times (1,0 - Q_D^{2/5}), \quad \text{ha } Q_D^* \geq 1,0 \quad [10b]$$

ahol:

- z' : a virtuális hőforráshoz képest mért helykoordináta [m],
 D : a tűz átmérője [m],
 Q_D^* : a lokális tűz D átmérőjéhez tartozó hőkibocsátási együttható [-].

Q_D^* értéke a 11. képlet alapján számítható.

$$Q_D^* = Q / (1,11 \times 10^6 \times D^{2,5}) \quad [11]$$

ahol:

- D : a tűz átmérője [m],
 Q : a tűz hőkibocsátása [W],
 Q_D^* : a lokális tűz D átmérőjéhez tartozó hőkibocsátási együttható [-].

Hasemi módszerének nagy előnye, hogy több, egymástól elkülönített lokális tűz hatását is képes számszerűsíteni. Ez a tulajdonsága rendkívül jól alkalmazható például fedett parkolóházak tűzvédelmi tervezése során is. Ilyen vizsgálat esetén a födém alsó síkján értelmezett teljes hőáram értéke az egyes lokális tüzekből származó hőáramok összege alapján határozható meg a 12. képlet alapján.

$$\dot{h}_{tot} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 + \dots \leq 100000 \quad [12]$$

ahol:

- $\dot{h}_{tot}$: a teljes hőáram [W/m²],
 $\dot{h}_1$: az 1 jelű lokális tűzből származó hőáram [W/m²],
 $\dot{h}_2$: a 2 jelű lokális tűzből származó hőáram [W/m²].

A mennyezet szintjén a tűznek kitett, egységnyi felületre érkező ténylegesen elnyelt hőáram a 13. képlet alapján számítható.

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c \times (\theta_m - 20) - \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \times [(\theta_m + 273)^4 - 293^4] \quad [13]$$

ahol:

- $\dot{h}_{net}$: az egységnyi felületre jutó ténylegesen elnyelt hőáram [W/m²],
 $\dot{h}$: az egységnyi felületre jutó hőáram [W/m²],
 α_c : a konvekciós hőátadás együtthatója [W/m²K],
 θ_m : a szerkezeti elem felületének hőmérséklete [°C],
 σ : a Stefan-Boltzmann-állandó [W/m²K⁴],

Φ : az elrendezési tényező [-],
 ε_f : a tűz emissziós tényezője [-],
 ε_m : a szerkezeti elem felületének emissziós tényezője [-].

Az egyes paraméterek értéke a következő:

- egyszerű tűzmodell esetén: $\alpha_c = 35 \text{ W/m}^2\text{K}$ [3],
- konzervatív közelítésként $\Phi = 1,0$ és $\varepsilon_f = 1,0$ értékű,
- a Stefan-Boltzmann-állandó értéke $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2\text{K}^4$,
- $\varepsilon_m = 0,8$ értékű az [3] alapján, amennyiben a tartószerkezeti szabványok másképp nem rendelkeznek.

A szabvány ezen a ponton elengedi a tervező kezét, és magára hagyja a probléma kezelésével. Ahhoz, hogy a tervezési feladatot meg tudja oldani, meg kellene tudnia határozni a θ_m értéket, amelynek módjáról a szabvány már nem rendelkezik. A kérdés megoldása során abból a feltevésből indultunk ki, hogy a szerkezeti elem nyeli el a fűdémre ható teljes hőáramot. Ebben az esetben h_{net} értéke zérus, ahogy azt a 14. képlet szemlélteti. Rendezve az egyenletet, a 15. képlet szerinti összefüggést kapjuk.

$$0 = h - \alpha_c \times (\theta_m - 20) - \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \times [(\theta_m + 273)^4 - 293^4] \quad [14]$$

$$h = \alpha_c \times (\theta_m - 20) + \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \times [(\theta_m + 273)^4 - 293^4] \quad [15]$$

A 15. képletben megfogalmazott probléma megoldását cikkünk következő fejezetében mutatjuk be részletesen.

3. | MEGOLDÁSI JAVASLAT A MÓDSZER PROBLÉMÁJÁRA

A 15. képletben θ_m értéke °C-ban értelmezett. A könnyebb kezelhetőség érdekében áttérünk K-ban történő számításra, így az egyenlet a 16. képlet szerinti alakot ölti.

$$h = \alpha_c \times (\theta_{m,K} - 293) + \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \times (\theta_{m,K}^4 - 293^4) \quad [16]$$

Annak érdekében, hogy még egyszerűbb legyen az egyenlet kezelhetősége, bevezetjük a β segédmenyiséget a 17. képlet szerint. Az egyenlet így a 18. képletre módosul.

$$\beta = \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \quad [17]$$

$$h = \alpha_c \times (\theta_{m,K} - 293) + \beta \times (\theta_{m,K}^4 - 293^4) \quad [18]$$

Elvégezve a jobb oldalon álló műveletet, a 19. képlet szerinti összefüggést kapjuk.

$$h = \alpha_c \times \theta_{m,K} - \alpha_c \times 293 + \beta \times \theta_{m,K}^4 - \beta \times 293^4 \quad [19]$$

Az egyenletben bal oldalra rendezve a konstans értékeket, a 20. képletet kapjuk.

$$h + \alpha_c \times 293 + \beta \times 293^4 = \alpha_c \times \theta_{m,K} + \beta \times \theta_{m,K}^4 \quad [20]$$

A bal oldalon álló összeget C -nek elnevezve, az egyenlet a 21. képlet szerinti lesz.

$$C = \alpha_c \times \theta_{m,K} + \beta \times \theta_{m,K}^4 \quad [21]$$

Rendezve és β -val elosztva az egyenlet mindkét oldalát, a 22. képlet szerinti hiányos negyedfokú egyenletet kapjuk.

$$\theta_{m,K}^4 + (\alpha_c/\beta) \times \theta_{m,K} - (C/\beta) = 0 \quad [22]$$

Ezen a ponton a tervező ismét magára marad. A negyedfokú egyenlet megoldására nincs megoldó képlet, visszavezetése másodfokú egyenletre sem éppen egyszerű. Ebben az esetben célravezetőbbé válik a pontos megoldás meghatározása helyett egy kellően pontos közelítő megoldás meghatározása. Mivel esetünkben – polinom függvényről lévén szó – jól alkalmazható a Newton-módszer. Ennek alkalmazásához a függvény ismeretére, annak első deriváltjára és egy kellően közeli kiindulási értékre van szükség. Megvizsgálva a függvényt, a kiindulási értéknek egy felülről közelítő konzervatív értéket tudunk megválasztani a 23. képletnek megfelelően. A módszer alkalmazásához szükséges függvény a 24. képlet szerinti, míg annak első deriváltja a 25. képlet alapján vehető számításba.

$$\theta_{m,K,0} = \sqrt[4]{(C/\beta)} \quad [23]$$

$$f(\theta_{m,K}) = \theta_{m,K}^4 + (\alpha_c/\beta) \times \theta_{m,K} - C \quad [24]$$

$$f'(\theta_{m,K}) = 4 \times \theta_{m,K}^3 + (\alpha_c/\beta) \quad [25]$$

A módszer alkalmazása iteratív, minden iteráció során a 26. képletnek megfelelően kell eljárni.

$$\theta_{m,K,i} = \theta_{m,K,(i-1)} + [f(\theta_{m,K,(i-1)}) / f'(\theta_{m,K,(i-1)})] \quad [26]$$

A [K] meghatározott eredmény [°C]-ban történő kifejezése a 27. képlet alapján történik.

$$\theta_{m,i} = \theta_{m,K,i} - 273 \quad [27]$$

Tapasztalatunk alapján a vizsgált függvény már két iterációs lépés alapján kellően pontos eredményt képes szolgáltatni, míg öt lépés után gyakorlatilag a pontos eredményt adja vissza. A bemutatott számítási módszer MS Excel környezetbe könnyen implementálható. Annak érdekében, hogy a levezetés helyességét bizonyítsuk a következő fejezetben a modell validációját mutatjuk be.

4. | A MEGOLDÁSI JAVASLAT VALIDÁCIÓJA

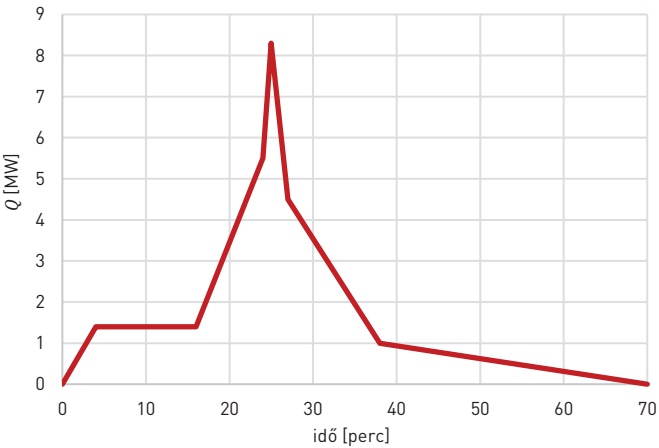
Annak érdekében, hogy bizonyítani tudjuk a kidolgozott módszerünk helytállóságát, igyekeztünk validálni azt és kipróbálni, hogy Heskestad és Hasemi módszere egy számításban alkalmazva milyen eredményt szolgáltat. Brüsszelben 2012. novemberében a „Structural Fire Design of Buildings according to the Eurocodes” elnevezésű workshopon elhangzott egy előadás, melynek címe „Worked examples of EN1991-1-2 Fire part of Eurocode 1” volt [5]. Ezen előadás diái az interneten elérhetőek és tartalmazznak egy mintapéldát is. Az előadó ebben egy gépkocsitüzet vizsgál az 1. táblázat szerinti bemenő paraméterekkel. Számítása során egy védelem nélküli, IPE 550 szelvényből kialakított acél gerenda felmelegedését határozza meg a lokális tűzhatás során.

1. TÁBLÁZAT: A Structural Fire Design of Buildings according to Eurocodes workshopon bemutatott mintafeladat bemenő paraméterei [5]

változó	érték	mértékegység
D	2,0	[m]
H	2,7	[m]
r	0,0	[m]
ε_f	1,0	[-]
ε_m	0,7	[-]
σ	$5,67 \times 10^{-8}$	[W/m ² K ⁴]
Φ	1,0	[-]
α_c	25	[W/m ² K]
ρ	7850	[kg/m ³]
szelvény		IPE 550
A_m/V	140,1	[m ⁻¹]

2. TÁBLÁZAT: A mintafeladatban alkalmazott személygépkocsi tűz hőkibocsátás-idő grafikonjának karakterisztikus pontjai [5]

idő [perc]	0	4	16	24	25	27	38	70
Q [MW]	0	1,4	1,4	5,5	8,3	4,5	1,0	0

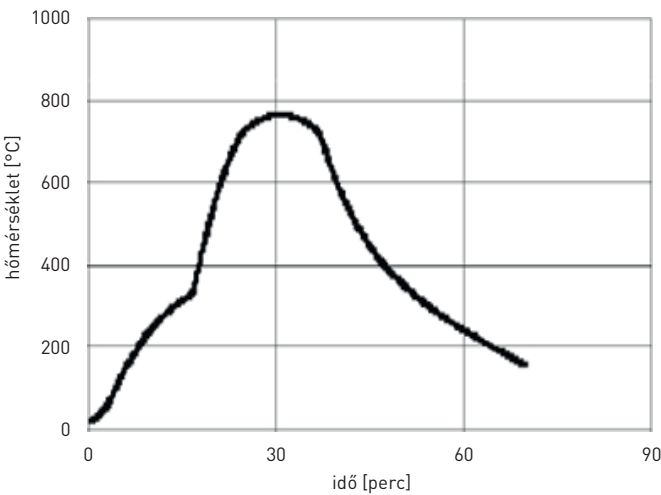


3. ÁBRA: A személygépkocsi tűz hőkibocsátás-idő grafikonja

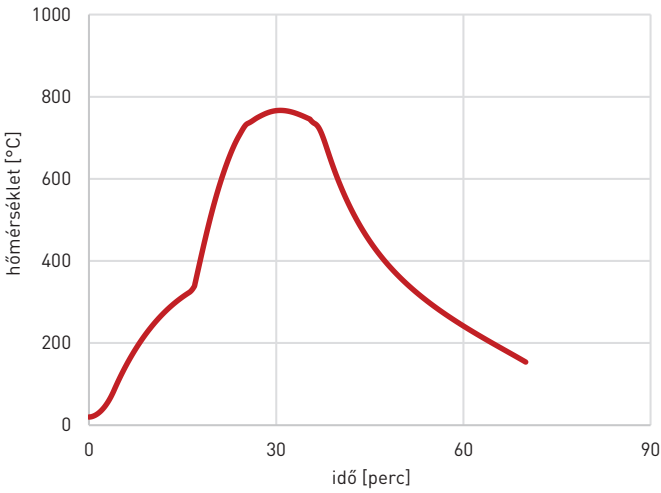
A minta számításban [5] alkalmazott személygépkocsi tűzre jellemző hőkibocsátás-idő grafikon a **3. ábra** szemlélteti. A grafikonra jellemző karakterisztikus pontokat a **2. táblázat** foglalja össze.

Az **1. táblázat** szerinti értékek alapján meghatároztuk a védelem nélküli acélszelvény felmelegedését. Az előadásban nyomon érhető eredményt a **4. ábra** szemlélteti, míg az általunk bemutatott számítási modell alapján kalkulált eredményt az **5. ábra**.

Az előadás alapján a függvény maximumát 31,07 percnél éri el, melynek értéke 770 °C. Az általunk bemutatott számítási modell alapján 30,67 percnél éri el a függvény a maximális 766,67 °C-os értéket. Mind a grafikus megjelenítésen, mind a maximum értékek alapján belátható, hogy a két módszer egyenértékűnek tekinthető.



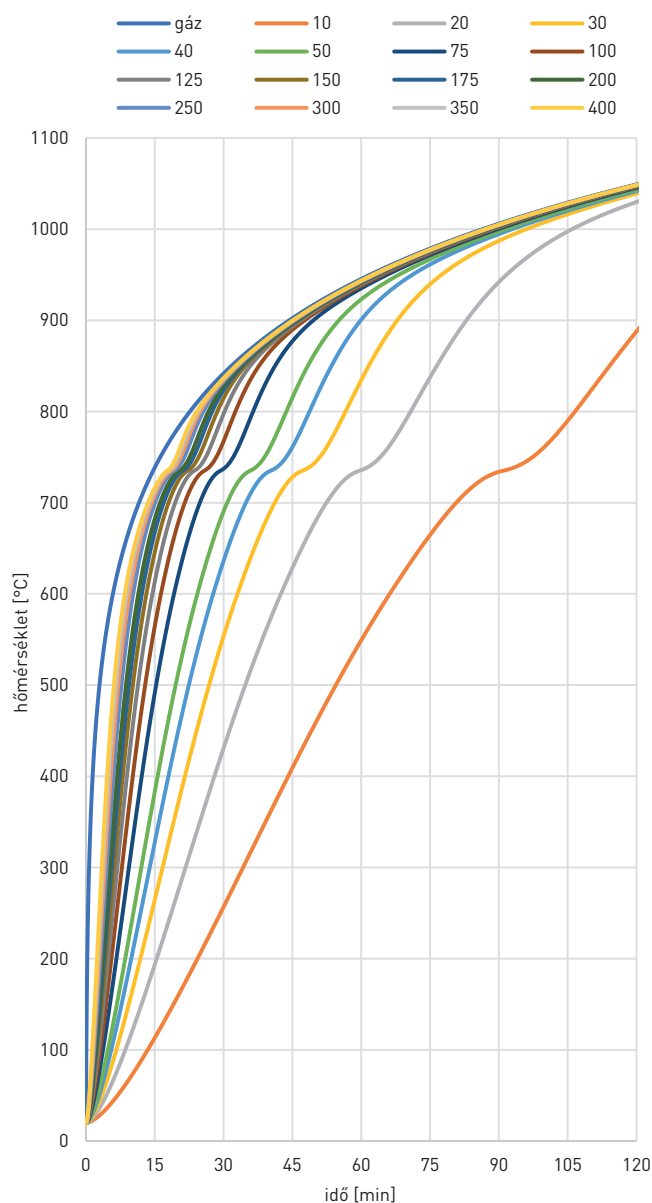
4. ÁBRA: Az előadás szerinti eredmény [5]



5. ÁBRA: A bemutatott számítási modell szerinti eredmény

5. | ALTERNATÍV MEGOLDÁSI LEHETŐSÉG

Az általunk bemutatott módszeren túl van egy közelítő megoldásra is lehetősége a vizsgálatot végző tervezőnek. Itt abból kell kiindulni, hogy a 13. képlet alapján meghatározott hőáram segítségével meg lehet határozni a védelem nélküli acélszerkezetek hőmérsékletét az idő függvényében [6]. Ha a tervező a profiltényező értékét a numerikus stabilitás határain belül emeli, akkor a vizsgált fiktív elem hőmérséklete meg fog egyezni a kialakuló gázhőmérséklettel. Ezt az elképzelést jól szemléltetik a gyakorlatban fellelhető nomogramok is [7]. Erre mutat példát a **6. ábra**, az ezen feltüntetett legnagyobb profiltényező értéke 400 m⁻¹, amely érték akár tovább növelhető a kellő pontosság érdekében. A számított fiktív gázhőmérsékletet pedig fel lehet használni a további számításokba is, ahol már nem csak védelem nélküli acélszerkezetek számítására lesz lehetőség, hanem akár vasbeton alagútfalazatok vizsgálatára is [8].



6. ÁBRA: Tervezési nomogram szénacél szerkezetek esetén, a számított fiktív gázhőmérséklet és a különböző profiltípusok hőmérsékleti görbéi

6. | ÖSSZEFOGLALÁS

Cikkünkben a gépjárműtüzek vizsgálatakor megbízhatóan alkalmazható lokális tűzhatás bemutatásával foglalkoztunk részletesen. A szabvány által érthető módon közölt és a gyakorlatban egyszerűen használható összefüggések bemutatását követően érdemben Hasemi módszerének nehezen kezelhető megoldásával foglalkoztunk részletesen. A megoldás olyan speciális ismeretekre támaszkodik, mint a közelítő matematikában alkalmazott Newton-módszer. A levezetéseink alapján létrehozott megoldást eredményesen validáltuk a fellelhető példán keresztül egy gépkocsitűz bemutatásával. További kutatásunk során egyéb gépjármű tüzek vizsgálatával is kívánunk foglalkozni. Vizsgálatunkat elsősorban az újonnan megjelent elektromos járművek esetére kívánjuk fókuszálni, mivel ezekkel kapcsolatban kellő tapasztalat nem áll rendelkezésre a szakma számára.

HIVATKOZÁSOK

- [1] **Csernátó Csaba:** Egy tüzeset is sok, de valóban egymás után gyuladnak ki a villanyautók? TotalCar, 2024.01.22. <https://totalcar.hu/magazin/kozelet/2024/01/22/kigyullado-autok-statisztika-katasztrofavedelem-hogyan-keruljuk-el-az-autotuzet/>
- [2] **Lublóy Éva, Major Zoltán, Szép János, Hlavicka Viktor, Biró András:** Méretezés tűzterhe az Eurocode szerint: Vasbeton, acél-, fa-, falazott és öszvérszerkezetek tervezése. TERC, Budapest, 2023.
- [3] **MSZ EN 1991-1-2:2005 Eurocode 1:** A tartószerkezeteket érő hatások, 1-2. rész: Általános hatások. A tűznek kitett szerkezeteket érő hatások, MSZT, Budapest, 2005.
- [4] **Lublóy Éva, Hlavicka Viktor, Czoboly Olivér, Biró András, Cimer Zsolt:** Bridges after the fire – Experiences, tests and repair methods. Ain Shams Engineering Journal 14(11), 2023, 102519, <http://doi.org/10.1016/j.asej.2023.102519>
- [5] **[1]:** „Worked examples of EN1991-1-2 Fire part of Eurocode 1” című előadás diásora, „Structural Fire Design of Buildings according to the Eurocodes” workshop, Brüsszel, 2012. november 27-28., letöltve: 2021.12.14. https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/2012_11_WS_fire/presentations/03b-VAS-SART-EC-FireDesign-WS.pdf
- [6] **MSZ EN 1993-1-2:2013 Eurocode 3:** Acélszerkezetek tervezése, 1-2. rész: Általános szabályok. Szerkezetek tervezése tűzhatásra, MSZT, Budapest, 2013.
- [7] **Major Zoltán, Bodnár László, Merczel Dániel Balázs, Szép János, Lublóy Éva:** Analysis of the heating of steel structures during fire load. Emerging Science Journal 8(1), 2024, 1–16. <http://doi.org/10.28991/ESJ-2024-08-01-01>
- [8] **Dr. habil Dr. Majorosné Lublóy Éva Eszter, Dr. Major Zoltán:** Alagútfalazatok termikus vizsgálata (1. rész) Elméleti alapok. Sínek Világa, 2023/3, 14–23. <https://www.sinekilaga.hu/alagutfalazatok-termikus-vizsgalata-1-resz-elméleti-alapok>