

Farkas, Flóra- Takács, Lajos Gábor-Szikra, Csaba: Dangers of storing and charging electric vehicles in buildings

Citation: *Metszet*, Vol 13, No 6 (2022), pp 58-61, <https://doi.org/10.33268/Met.2022.6.8>

Received: 03 November 2022

Accepted: 07 November 2022

Published: 22 November 2022

The fire risk presented by all forms of vehicles is very high, yet in recent years the risk level has increased with the advent of electrically powered vehicles, due to charging methods and battery technology. How to assess the fire risk forms the content of this study and how to approach fire prevention technology, the risk of damage to structure and other material assets.

- 01 New York, elektromos autó tüzesete, fotó: Brooke Novak
- 02 Az ISO 834 szerinti hőmérséklet-idő kitéti görbe

ELEKTROMOS JÁRMŰVEK TÁROLÁSÁNAK ÉS TÖLTÉSÉNEK VESZÉLYEI ÉPÜLETEKBEN

SZERZŐ | AUTHOR

Farkas Flóra

Szikra Csaba

Dr. Takács Lajos Gábor

1. BEVEZETÉS

—2020-ban ugrásszerűen, 66%-kal bővült az új elektromos autók piaca – a 3047 tisztán elektromos modell forgalomba helyezéséhez számottevően hozzájárult a 2020. május 20-án, majd ismételtén 2021. május 17-én bejelentett vásárlási támogatás is. [1] A Magyarországon futó több mint 30 ezer zöld rendszámú autó közül 2021. április végéig 14 411 volt tisztán elektromos gépjármű. A Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal (MEKH) március végén közzétett összesítése szerint a magyarországi elektromos autókba 7,1 gigawattóra (GWh) energiát töltöttek az autósok a nyilvános elektromos töltőállomásokon tavaly. Az egy évvel korábbi adatokhoz képest 25%-kal nőtt a töltések száma, és 30%-kal a töltésekre fordított energia mennyisége. Ha az elektromos vagy plug-in hibrid autók száma a tervek szerint rövid időn belül ugrásszerűen megnő, akkor a villamos töltésükhöz szükséges energia egyre inkább vetekszik a magyarországi beépített villamos energia kapacitásának nagyságával.

—Magyarországon az elektromos áramtermelés 90%-a szén-dioxid-mentes lesz 2030-ra, a teljes karbonsemlegességet pedig 2050-re kell elérni. A 25 ezer főnél nagyobb lélekszámú városokban kizárólag

elektromos buszokat lehet forgalomba állítani 2022-től. A kormány elindította a „Zöld busz program”-ot, így minden második autóbusz környezetbarát lehet a nagyvárosok helyi közlekedésében 2030-ra. Ennek azonban infrastrukturális igénye is van, vagyis ki kell építeni a szükséges töltőhálózatot, ám sok esetben nincs elegendő elektromos teljesítmény, ezért a helyi villamos hálózatot is fejleszteni kell.

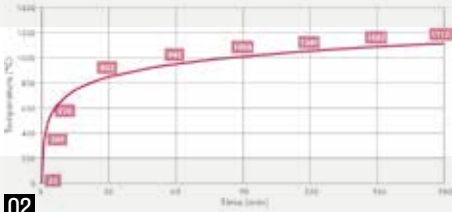
—Jelen cikkünk célja a villamos járművek tüzeseteinek épületszerkezetekre gyakorolt hatásainak tisztázása, különös tekintettel az eltérésekre hagyományos gépjárművek tüzeseteinek lefolyásához képest.

2. GÉPJÁRMŰVEK TÜZESEINEK VIZSGÁLATA

2.1. Hagományos gépjárművek tüzesete

—A különböző tüzek épületszerkezetekre gyakorolt hatását azok teljesítmény-idő diagramjaival, vagy a hőmérséklet-idő kitéti görbékkel lehet legjobban leírni. A tartószerkezetek tüzeseti méretezésénél a hőmérséklet-idő kitéti görbék használata elterjedtebb, ezeket támogatják a tartószerkezetek tüzeseti méretezését tartalmazó Eurocode szabványok.

01



02

—A különféle épületszerkezeteken végzett szabványos tűzvédelmi vizsgálatokat az ISO 834 ún. cellulóz hőmérséklet-idő görbe szerint végzik. Eszerint 30 perc elteltével 842 °C, 60 perc elteltével 945 °C, 90 perc eltelével 1006 °C a hőmérsékletkítét, amely a szabványos vizsgálatoknál egyenletesen, 5% túréssal belül éri a vizsgált szerkezetet.

—Hu, Y., Zhou, X., Cao, J kutatásukban egy kisbusz tüzesetének hőmérséklet-idő kitéti diagramját mutatják be. [2] A tűz a kísérlet tapasztalatai alapján 750 s, azaz már 12,5 perc elteltével elérte az 1000 °C-ot, és hosszú percekken át, 1600 s-ig tartja is. A kísérlet alapján már a hagyományos járművek tüze során mérhető hőmérsékletek is az ISO 834 zárt téri hőmérséklet-idő kitéti görbék fölött futnak, ami két problémát vetít elő: az egyik az ilyen magas hőmérsékletek tartószerkezetekre gyakorolt hatása, a másik a tartószerkezetek méretezési problémái az ISO 834 zárt téri hőmérséklet-idő kitéti görbénél magasabb hőmérsékletekre; az Eurocode szabványok méretezési módszerei ugyanis általában az ISO 834 kitéti görbe szerintiek.

2.2. Elektromos járművek tüzeseti viselkedése

—Az amerikai The Fire Protection Research Foundation 2013-ban készített átfogó kutatást a lítium-ion akkumulátorokkal összefüggésben. [3] Ennek keretén belül többféle vizsgálat zajlott, volt amelyek kizárólag az akkumulátor és annak tűzben való viselkedését vizsgálta (pl. tűz közben felszabaduló gázok), voltak továbbá járművek, illetve járművek modelljeinek valós léptékű tüztesztjei is. Felépítettek egy valós léptékű autómodellt (VFT – Vehicle Fire Trainer), amelynek a kialakítása nagyban hasonlít az elektromos autóéra. A modell 150 cm magas, 178 cm széles és 520 cm hosszú. Hasonló a kialakítása, mint egy városi terepjáróé, és hátul hozzáférhető. Két különböző akkumulátorral is elvégezték a kísérleteket. Mind a két akkumulátor lítium-ion technológián alapul. Az egyik vizsgált akkumulátor 4,4 kWh teljesítményű volt, amit a csomagtartó alá helyeztek el. Ez egy tölthető hibrid jármű (Plug-in hibrid) esetén tipikus jellemző akkumulátor. A másik vizsgált akkumulátor egy 16 kWh-s, amelyet a padlólemez alá hosszában helyeztek el T alakban kialakítva, a hatótávnyelző robbanómotorral rendelkező elektromos autóban alkalmazott akkumulátorokhoz hasonlóan. Mind a két akkumulátort 100%-os töltöttségi szinttel látták el a kísérlet során.

—A tüzteszt során az akkumulátorok felületén mért maximális hőmérsékletek 797 °C és 1513 °C között mozogtak. Az eredmények összefoglalva:

- A mért hőmérsékletek magasabbak voltak, mint a hagyományos járművek tüzeire jellemző hőmérsékletek, illetve jelentősen meghaladták az ISO 834 zárt téri hőmérséklet-idő kitéti görbét (a vizsgálat 7,5–22. percei között).
- Minden tesztben pattogó hangok voltak megfigyelhetők, valamint fehér füst jelent meg a sérült akkumulátorokból szivárgó elektrolitok égése miatt.
- Vizet használtak az oltás során, több időre és jóval több vízre volt szükség az oltáshoz, mint egy hagyományos jármű esetében.

3. A HAGYOMÁNYOS BELSŐ ÉGÉSŰ MOTORRAL HAJTOTT ÉS AZ ELEKTROMOS AUTÓK ÉGÉSI JELLEMZŐINEK ÖSSZEHOSONLÍTÁSA

—Minden jármű nagy mennyiségű éghető anyagot tartalmaz, beleértve az energiaellátó rendszert vagy az üzemanyagot és az éghető műanyag alkatrészeket. [4] A mai járművek esetében a járműben használt műanyagok tömege 100 és 200 kg között van, ami több, mint a folyékony üzemanyag (benzin vagy gázolaj). Az égéskésleltetés nélküli műanyagok égési hője (pl. 38,4 MJ/kg a polietilén és 27 MJ/kg a polisztirol esetében) nem sokban különbözik a benzintől (47 MJ/kg), így az égő műanyag alkatrészekből származó teljes hőkibocsátás jelentős mértékben hozzájárulhat a jármű tüzéhez.

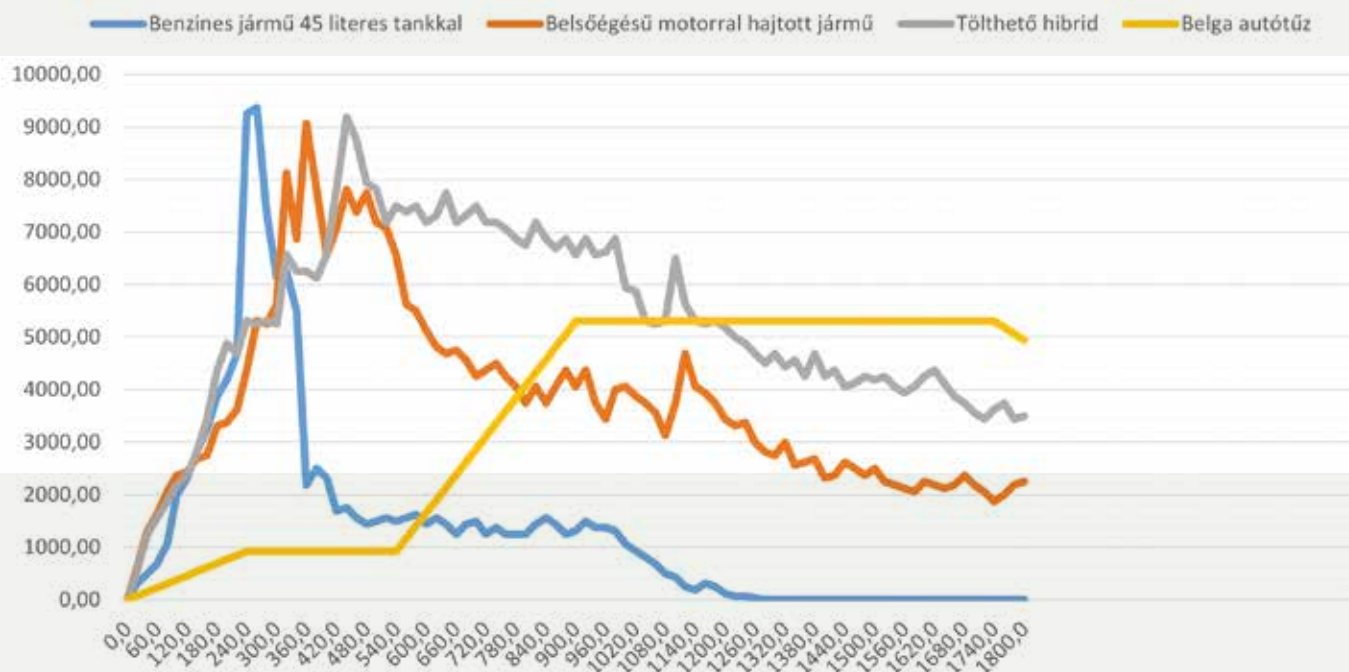
—Sun, Peiyi et al [5] tanulmánya alapján az akkumulátortüzek 5-10-szer több energiát szabadíthatnak fel a tárolt elektromos energiából, attól függően, hogy milyen az akkumulátor töltöttségi szintje.

—Feltételezve, hogy a lángoló égés hője hétszerese a tárolt elektromos energia szorzatának, egy tisztán elektromos jármű 400 km megtételére alkalmas 90 kWh-s EV akkumulátorcsomagjának elégetéséből származó teljes hőmennyiség: $QLIB = 90 \text{ kWh} \times 7 \times 3,6 = 2,3 \text{ GJ}$

—Összehasonlításképpen egy tipikus benzin üzemanyagú jármű esetén, ha az üzemanyag-fogyasztása 7,5 l/100 km, ugyanazon 400 km-es hatótávolsághoz szükséges benzin térfogata 30 liter, az égés során felszabaduló teljes hőmennyiség: $QG = 30 \text{ l/100 km} \times 47 \text{ MJ/kg} \times 0,75 \text{ kg/l} = 1,057 \text{ GJ}$

—Fentieknek megfelelően az akkumulátorok égése során felszabaduló teljes hőmennyiség több mint

Járművek tüzeinek összehasonlítása



03

03 Különböző járművek valós léptékű tűztesztjeinek összehasonlítása

kétszerese a benzintankból felszabaduló teljes hőmennyiségnek.

—A tűzvédelmi mérnöki gyakorlatban az égés során felszabaduló teljes hőmennyiség helyett a hőfelszabadulás (Heat Release Rate, HRR) jobban írja le a tűz intenzitását és az ebből adódó kitétet. A hőfelszabadulás (HRR) az alábbiak szerint fejezhető ki:

$$HRR [MW] = \dot{m}\Delta H_e = A_f \dot{m}'' \eta \Delta H_c$$

ahol

ΔH_e az égéshő (MJ/kg)

A_f a tűz kiterjedése, területe (m^2)
fajlagos tömegvesztés sebessége ($kg/s.m^2$)

n égés hatékonysága, amely függ az oxigénellátottságtól

H_c akkumulátorokra vonatkozó égéshő, amely függ az akkumulátor összetételétől és a töltöttségi szinttől

—A hőfelszabadulás mellett annak időbeli eloszlása a tűzvédelmi mérnöki gyakorlatban – a szimulációk bemenő adataként – a legfontosabb információ. Sun, Peiyi et al [5] tanulmányának 3.2. pontjában közölnek egy összehasonlítást hagyományos benzinüzemű és különböző elektromos járművek valós léptékű tűztesztjeiből. Az eredményeket összevetettük a hazai tűzszimulációs gyakorlatban is alkalmazott belga NBN S 21-208-2:2014 szabványban [6] foglalt, tűzmodellézésnél figyelembe vehető hőfelszabadulás időbeli eloszlásával, amelynek csúcserőtelje 5,3 MW; ezt a görbe 900 s elteltével éri el.

—A 3. ábrán látható görbék közül a kék és a narancs színű benzin üzemanyagú, hagyományos kialakítású járművek, a szürke pedig egy tölthető hibrid jármű tűztesztjeinek eredménye. A görbék csúcserőtelje hasonló, 9 MW körüli, ami a korábbi, 1980-as és 1990-es években elvégzett valós léptékű jármű-tűztesztetekhez képest nemcsak magasabb, hanem az időbeli lefolyásuk is erősen eltérő. Különösen jellemző a tölthető hibrid jármű tűzteljesítményének lassú csökkenése; még fél óra elteltével is közel 4 MW. Összességében megállapítható hogy a tartószerkezetekre mind a mai hagyományos járművek, mind az elektromos járművek tüze esetén nagyobb tűzteljesítmény, ezen keresztül jelentősebb tűzeseti hőmérsékletkitétet hat.

—A fenti, valós léptékű tűztesztetekkel mért hőfelszabadulás-idő diagramokat jellemzően 1 jármű tüzesetével vizsgálták. Amennyiben egy gépkocsitárolóban nincs beépített oltóberendezés, nem zárható ki a tűz áttérjedése a szomszédos járműre vagy járművekre, ami jelentősen növelheti a hőfelszabadulást. A fenti görbéket a tűzszimulációs gyakorlatban tehát csak akkor szabad alkalmazni, ha a tűz áttérjedését a szomszédos gépjárművekre beépített oltóberendezés korlátozza vagy megakadályozza. Ez fokozottan érvényes az elektromos járművek akkumulátoraira, amelyek jellemzően a járművek alvázának magasságában, ütközések esetén a legvédehetőbb helyen találhatók. Megjegyzendő, hogy egy jármű tüzeinek teljesítményét hagyományos sprinkler beépített oltóberendezés általában nem tudja jelentősen befolyásolni, mivel a jármű éghető anyagai

03

a jármű belsejében található, ahol a sprinkler oltóhatása korlátozott a járművek fémtesteje és a motorháztető oltóanyag bejutását korlátozó hatása miatt. Mindez elektromos járművek tüzeinek modellezésénél fokozott óvatosságot és az egyes szimulációs feladatoknál konzervatív megközelítést, széles körű szakirodalmi kutatást és az egyre gyarapodó eredmények figyelembevételét igényli. A vízköddel oltó rendszerek elektromos járműtüzekre vonatkozó valós léptékű tűztesztje elektromos járművekkel várhatóan az idei évtől kezdődik meg.

4. GÉPJÁRMŰTÁROLÓK TARTÓSZERKEZETEINEK TŰZÁLLÓSÁGI MÉRETEZÉSI KÉRDÉSEI

—A gépjárműtárolók leggyakrabban alkalmazott szerkezeti anyaga a monolit vagy előregyártott vasbeton, de acélszerkezetek és egyes esetekben faszerkezetek alkalmazására is van példa. A monolit és az előregyártott vasbeton szerkezetű épületrészek, épületek vagy építmények esetén a tartószerkezetek tűzállósági méretezése az MSZ EN 1992-1-2 (Eurocode 2) szabvány szerint lehetséges. A méretezés legegyszerűbb módja a táblázatos értékek alkalmazása (minimális szerkezeti méretek, illetve fővasalás tengelyéig értelmezett beton-fedés minimum értékeinek biztosításával), de lehetséges az izotermás módszer szerinti méretezés is. A tervezés során különös tekintettel kell lenni az alábbiakra:

- az előregyártott szerkezeteknél az általános keresztmetszeti méretezés mellett kiemelt figyelmet kell fordítani az elemkapcsolatok megfelelő tervezésére;
- különösen a nagyszilárdságú előregyártott szerkezeteknél és az öntömörödő betonoknál ügyelni kell a betonreceptúrára, a spalling (hirtelen betonfedés-leválás) megelőzésére; szükség esetén műanyagszálak keverésével kell elérni a betonszerkezet esetén, hogy a tűz során keletkező gőz spalling okozása nélkül le tudjon vezetődni; ez különösen fontos azon helyeken, ahol az ISO 834 zárt téri hőmérséklet-idő kitéti görbénél nagyobb hőmérsékletek várhatók (pl. elektromos járművek töltői melletti pillérek, falak alsó részeinél);

• amennyiben numerikus tűzszimulációval határozzák meg a tartószerkezetekre jutó hőmérséklet-idő kitéti görbéket, a szokásos helyek, például a födémelek és gerendák alsó síkja mellett a pillérek teljes magasságában meg kell határozni a hőmérsékleti adatokat (különösen elektromos járművek tüzeinél az akkumulátor tüze oldalirányban szúrólángot okozhat, a pillérek, falak alját a megszokottnál nagyobb igénybevételnek kitéve).

5. ÖSSZEFOGLALÁS

—A közeljövőben várható az elektromos üzemű járművek további elterjedése, emellett az akkumulátorok kapacitásának növekedése várható.

—Elektromos járművek valós léptékű tűztesztjei során kiderült, hogy az akkumulátorcsomag felületén mérhető hőmérsékletek lényegesen magasabbak, mint az ISO 834 zárt téri hőmérséklet-idő kitéti görbe szerinti. Mivel az Eurocode szabványsorozat tartószerkezetek tűzállósági méretezési módszerei közül a táblázatos és az izotermás módszerek alapvetően ez utóbbin alapulnak, elektromos járművek tárolására szolgáló épületek, építmények esetén felül kell vizsgálni a tartószerkezetek tűzállósági méretezésének jelenlegi gyakorlatát.

—A tűzvédelmi mérnöki gyakorlatban a szimulációs bemenő adatként a hófelszabadulás időbeni lefolyása a legfontosabb információ. Az elektromos járművek valós léptékű tűztesztjei során e tekintetben is magasabb csúcserőtelmek adódnak: a hagyományos járművek esetén szokványos 5,3-9 MW közötti csúcserőtelmek helyett 9 MW körüli csúcserőtelmekkel kell számolni; ami még fontosabb, hogy a tűzkeletkezést követő 300 s után a hófelszabadulás – különösen a nagyobb akkumulátorcsomaggal rendelkező tölthető hibrid vagy elektromos járműveknél – 1200 s-ig jellemzően 6 MW fölött, azaz az 5–20. perc közötti időtartamban végig jelentős mértékben a hagyományos üzemű járművek tűztesztjei során mért hófelszabadulás fölötti. Mindez a tartószerkezetekre jutó tűzterhelés, illetve hőmérséklet-idő kitéti görbék érvényességének átgondolását, illetve további vizsgálatát teszi szükségessé.

IRODALOM / REFERENCES

- [1] Annon: „Újraindul az e-autó-láz Magyarországon: sokan akarnak ilyen autót vásárolni”, *Pénzcentrum*, 2021-05-17, hozzáférhető: <<https://www.penzcentrum.hu/vasarlas/20210517/ujra-indul-az-e-auto-laz-magyarorszagon-sokan-akarnak-ilyen-autokat-vasarolni-1114681>> [utolsó belépés: 2022-11-03].
- [2] Hu, Y - Zhou, X - Cao, J, et al: „Interpretation of Fire Safety Distances of a Minivan Passenger Car by Burning Behaviors Analysis”, *Fire Technology*, 56, 1527-1553 (2020), hozzáférhető: <<https://doi.org/10.1007/s10694-019-00938-1>> [utolsó belépés: 2022-11-03].
- [3] R Thomas, Long Jr, et al: „Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results”, *Final Report*, June 2013, Fire Protection Research Foundation, hozzáférhető: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/02/f8/final_report_nfpa.pdf> [utolsó belépés: 2022-11-03].
- [4] Thenepalli, Thriveni - Jun, Ahn - Han, Choon - Chilakala, Ramakrishna - Ahn, Ji-Whan: „A strategy of precipitated calcium carbonate (CaCO₃) fillers for enhancing the mechanical properties of polypropylene polymers”, *Korean Journal of Chemical Engineering*, (2015), 32, DOI: <10.1007/s11814-015-0057-3> [utolsó belépés: 2022-11-03].
- [5] Sun, Peiyi - Bisschop, Roeland - Niu, Huichang - Huang, Xinyan: „A Review of Battery Fires in Electric Vehicles”, *Fire Technology*, (2020), 1-50, DOI: <10.1007/s10694-019-00944-3> [utolsó belépés: 2022-11-03].
- [6] NBN S 21-208-2:2014 Fire protection in buildings - Design of smoke and heat exhaust ventilation systems (SHEV) for enclosed car park.