

# Elektromos járművek tűzoltási és tűzvizsgálati tapasztalatai



Farkas Flóra Anna

Okl. építésmérnök

Okl. tűzvédelmi tervezési szakmérnök

Dr. Takács Lajos Gábor

Okl. építésmérnök, építésügyi tűzvédelmi tervező



# Járművek tüzeinek jellemzői - tapasztalatok

2017.12.31 – 2018.01.01. Liverpool – nyitott  
gépjárműtároló  
sem automatikus tűzjelzés, sem  
tűzzakaszolás nem volt  
Oltóvízellátási problémák is felléptek  
1400 autó semmisült meg, egyes helyeken a  
vasbeton födémek súlyosan károsodtak





# Járművek tüzeinek jellemzői - tapasztalatok



2020.01.07 Stavanger Airport, Sola, Norvégia – acélszerkezetű gépjárműtároló 3000 jármű tárolására – nincs sprinkler, tűzszakaszolás van - 300 autó megsemmisült, az épület egy részén 5 emelet omlott össze, az aznapi összes járatot törölni kellett...

# Járművek tüzeinek jellemzői - tapasztalatok



2020.01.07 Stavanger Airport, Sola, Norvégia – acélszerkezetű gépjárműtároló 3000 jármű tárolására – nincs sprinkler, tűzszakaszolás van - 300 autó megsemmisült, az épület egy részén 5 emelet omlott össze, az aznapi összes járatot törölni kellett...



# Járművek tüzeinek jellemzői - tapasztalatok



2020.10.16 – Górczewska (Lengyelország) – nincs beépített tűzjelző, hő- és füstelvezetés, oltórendszer – 15 autó megsemmisült, a szerkezet javíthatatlanná vált, a csatlakozó lakóépület 2 hétre áram és víz nélkül maradt – a biztosító nem fizetett, mivel a biztosítás nem terjedt ki az elektromos autókra

# Járművek tüzeinek jellemzői - tapasztalatok



2020.10.16 – Górczewska (Lengyelország) – nincs beépített tűzjelző, hő- és füstelvezetés, oltórendszer – 15 autó megsemmisült, a szerkezet javíthatatlanná vált, a csatlakozó lakóépület 2 hétre áram és víz nélkül maradt – a biztosító nem fizetett, mivel a biztosítás nem terjedt ki az elektromos autókra



# Elektromos járművek - háttér és alapadatok

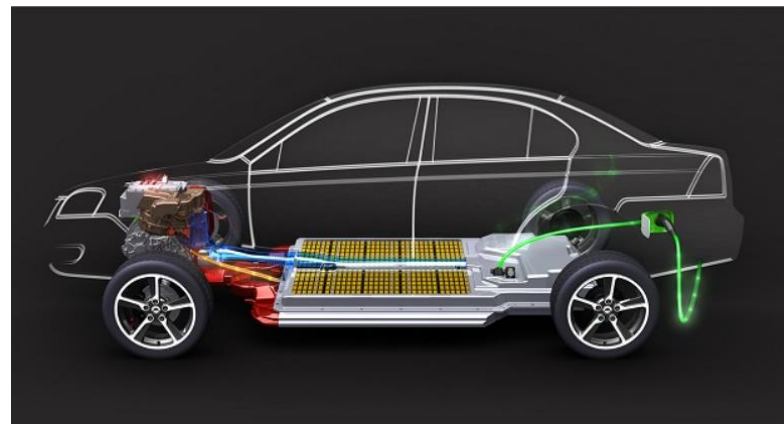
## Elektromos járművek aránya

### Magyarországon

- 2021. áprilisáig 14.411 tisztán elektromos autó, 2021. végére már 21.544 db
- Hibrid és elektromos (zöld rendszámú) autó 2021. végéig 42.633 db
- „Zöld busz” program – 2022-től a nagyvárosokban kizárólag elektromos autóbuszokat lehet forgalomba állítani

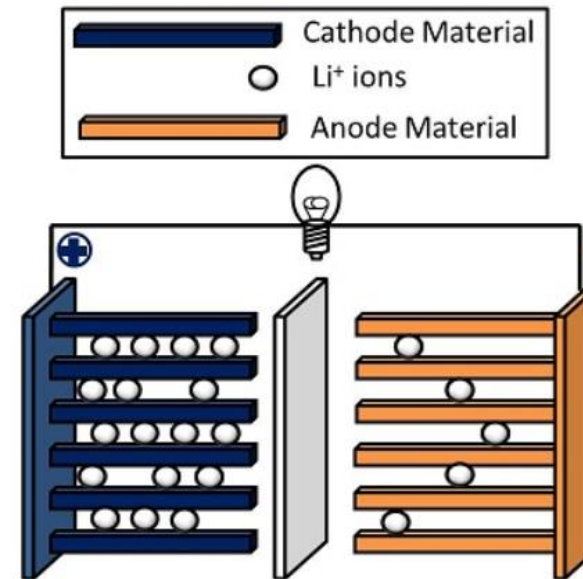
## Legfőbb különbségek a hagyományos autókkal szemben

- felhasználási szokások jelentősen eltérnek
- benzin/gázolaj ↔ li-ion akkumulátor
  - hatótáv
  - környezetbarát?! – lítium, kobalt, nikkel, mangán



# Li-ion akkumulátorok kialakítása és veszélyei

- A Li-ion akkumulátor érzékeny a külső sérülésekre és a szeparátor sérülésére
- A szeparátor sérülése esetén rövidzárlat keletkezik és nő a hőmérséklet – ha eléri a kritikus hőmérsékletet akkor hőtermelő kémiai folyamatok indulnak be (thermal runaway – hőmegfutás?), nő a nyomás, végül felhasad az akkumulátor, mérgező és gyúlékony gázok szabadulnak fel
- Az elektrolit gyúlékony – külső sérülés esetén, ha kifolyik meggyulladhat, illetve éghető gázokat fejleszt
- Túltöltés, különböző típusú töltők – elektronika figyeli és korlátozza
- A teljes kisütés utáni töltés szintén veszélyes!
- SOC – Töltöttségi szint



Anód: általában porózus szénből készül,  
Katód: lítiumvegyület

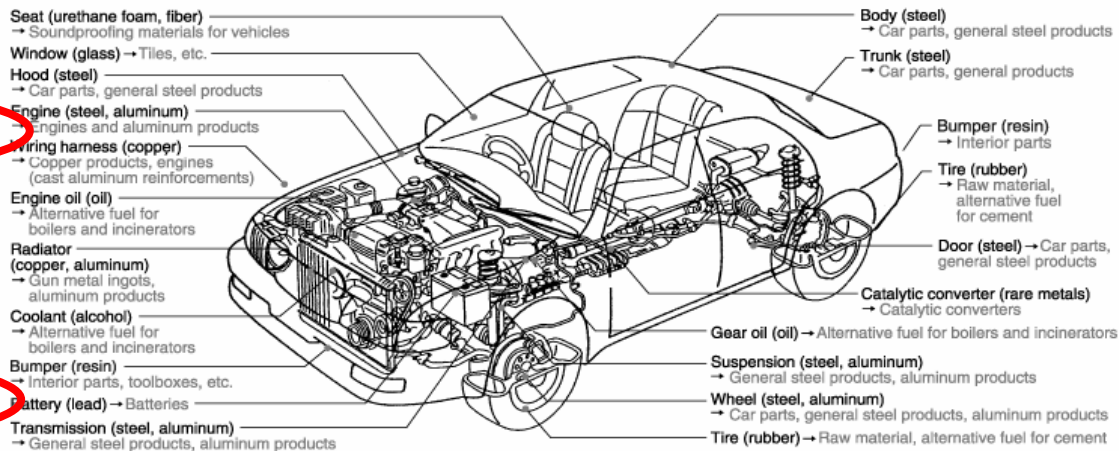
- Laptopok: lítium-kobalt-oxid -  $\text{LiCoO}_2$  vagy LCO,
- Nissan Leaf: lítium-mangán-oxid ( $\text{LiMn}_2\text{O}_4$  vagy LMO),
- Tesla Model S: lítium-nikkel-kobalt-alumínium-oxid ( $\text{LiNiCoAlO}_2$  vagy NCA)



# Elektromos és hagyományos járművek összehasonlítása

Összehasonlítás	BMW 530i	Tesla Model S	Összegzés
Össz tömeg	1800 kg	2040 kg	
futómű	459 kg	465 kg	közeli azonos, jellemzően nem éghető
össztömeg %-a	26%	23%	
motor	476 kg	100 kg	jelentősen eltér
össztömeg %-a	26%	5%	
alkalmazott anyagok (műanyagok)	170 kg	300 kg	közeli azonos, jellemzően éghető
össztömeg %-a	9%	15%	
autó test	476 kg	365 kg	közeli azonos, jellemzően nem éghető
össztömeg %-a	26%	18%	
egyéb külső alkotóelemek	68 kg	90 kg	közeli azonos, jellemzően éghető
össztömeg %-a	4%	4%	
üveg felületek	51 kg	65 kg	közeli azonos, jellemzően nem éghető
össztömeg %-a	3%	3%	
üzemanyagtartály (teleltetve)akkumulátor	100 kg	540 kg	jelentősen eltér
össztömeg %-a	6%	26%	

6. ábra: Táblázatos összehasonlítása a két különböző meghajtású autó felépítésének



## Eddigi ismeretek

- Hagományos és elektromos járművek – mindkettőben jóval nagyobb a szintetikus anyagok mértéke a 30-40 évvel ezelőttihez képest
- Legfőbb eltérés a meghajtás és „üzemanyag” tárolásának módja

Az elektromos autók tüzeseteit vizsgálva (túlmelegedés; baleset; töltőállomáson bekövetkezett tűz), megállapítható, hogy a tűz lefolyása és annak eloltása a jelenlegi tapasztalatoktól eltérő. Az akkumulátor tüzeinek lefolyásából és annak elhelyezkedéséből adódó hosszabb és rengeteg vizet igénylő oltásából, hűtéséből adódó problémákra létesítési szinten is választ kellene adni a jövőben.

# Elektromos járművek tűzeseti példái

Feltehetően beszivárgó víz okozta zárlat miatt:

2018, Kína, Lifan 650, BEV



Ismeretlen okból:

2013, Kia Optima, hibrid





# Elektromos járművek tüzeseti példái



- 2013. november Tesla Model S (Kalifornia)
- Opel Ampera 2020. novembere (Németország)
- 2022. június: Tesla – ütközést követő 3. hét elteltével gyulladt ki



# Elektromos járművek tüzeseti példái



2021. április 18, Houston, Texas:  
2 ember meghalt miután az autójuk  
balesetet szenvedett és kigyulladt – senki  
sem ült a vezetőülésben – egy  
kanyarban egyenesen haladt tovább



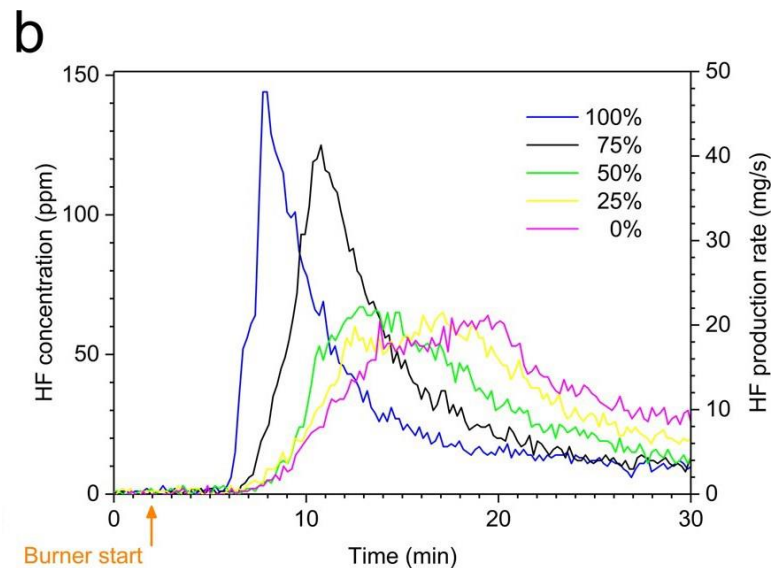
Elon Musk szerint az önvezető üzemmód  
nem volt engedélyezve és nem volt  
aktiválva

4 órán keresztül folyt a tűzoltás,  
23.000 gallon (87 m<sup>3</sup>) víz  
felhasználásával

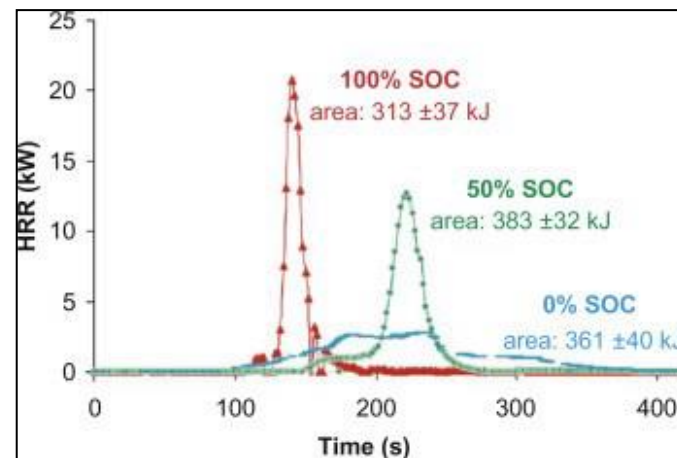


# Mérgező gázok felszabadulása

- Elektrolit gyúlékony → lítium-hexafluorofoszfát (PiPF6), vagy más Li-sókat tartalmaz
- CO és CO<sub>2</sub> is felszabadul – mindkettő mérgező
- Elektródák anyaga polivinilidén-fluorid (PVdF) -> égés közben hidrogénfluoridot (HF) képez
- A hidrogénfluorid felszabadulás mértéke az akkumulátor kapacitásától és annak töltöttségétől is függ
- A fluoridgáz belégzése halálos is lehet, bőrre kerülve égési sérüléseket okoz kis mennyiségben is

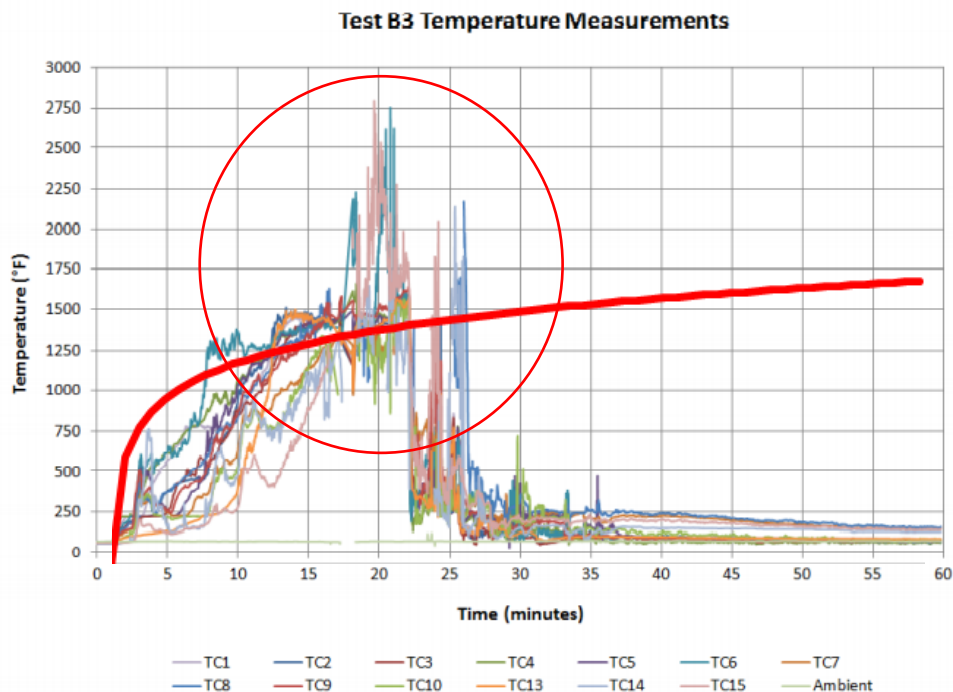


Hidrogénfluor felszabadulása különböző töltöttségi szinteken



Idő-hő kibocsátási diagram, egy 2,9 Ah li-ion akkumulátor égése különböző töltöttségi szinteken

# ISO 834 zárttéri hőmérséklet-idő kitéti görbe és valós léptékű tűztesztek tapasztalatai



TC14, TC15 az akkumulátor belsejében méri a hőmérsékletet

TC8 – akkumulátor külső felületén

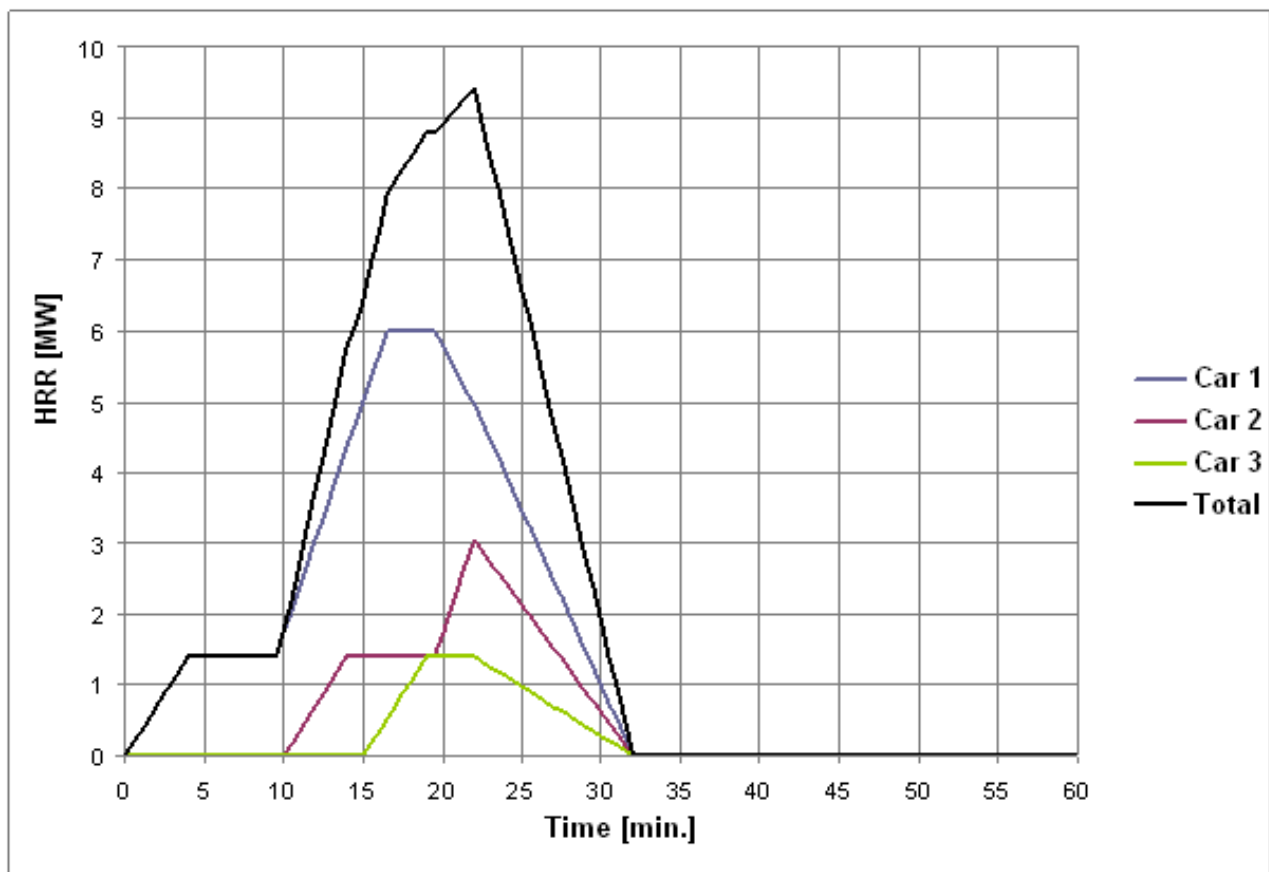
TC10 – 10 ft (3,048 m) magasságban

A görbék jelentős csökkenése az oltás megkezdése miatt történt

- The Fire Protection Research Foundation keretein belül, 2013-ban valós akkumulátor tűztesztek
- „B” típusú akkumulátor – 16 kWh, ami megfelel egy kiterjesztett hatótávolságú elektromos autó akkumulátorának
- Az akkumulátor felületén és közvetlen környezetében akár 800-1500 °C közötti hőmérsékletek is mérhetők → magasabb hőmérsékletek alakulnak ki, mint az ISO 834 zárttéri görbén
- Vb. Szerkezet: a magas hőmérséklet, illetve annak hirtelen emelkedése miatt spalling kialakulása komoly veszély



# Különböző járművek valós tűztesztjeinek összehasonlítása



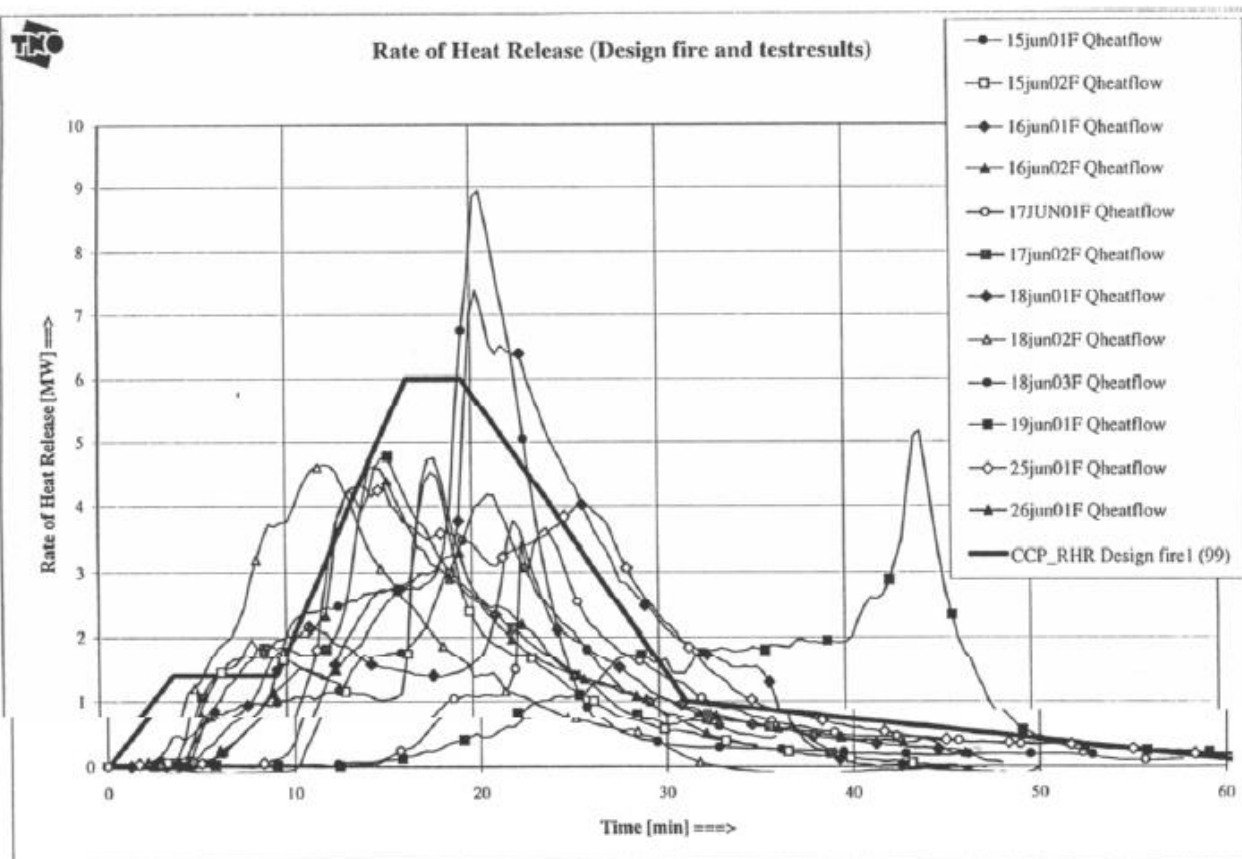
Jelenlegi szimulációs gyakorlat: 4-6 MW közötti tűzfészek

Holland szabvány: NEN 6098 (2013)

A tűz terjedését és teljesítményét két körülmény befolyásolja:

- Beépített oltóberendezés
- Tűzjelzés és időben megkezdett beavatkozás (10 percen belül nincs lényeges különbség!)

# Különböző járművek valós tűztesztjeinek összehasonlítása



Jelenlegi szimulációs gyakorlat: 4-6 MW közötti tűzfészek

Holland szabvány: NEN 6098 (2013)

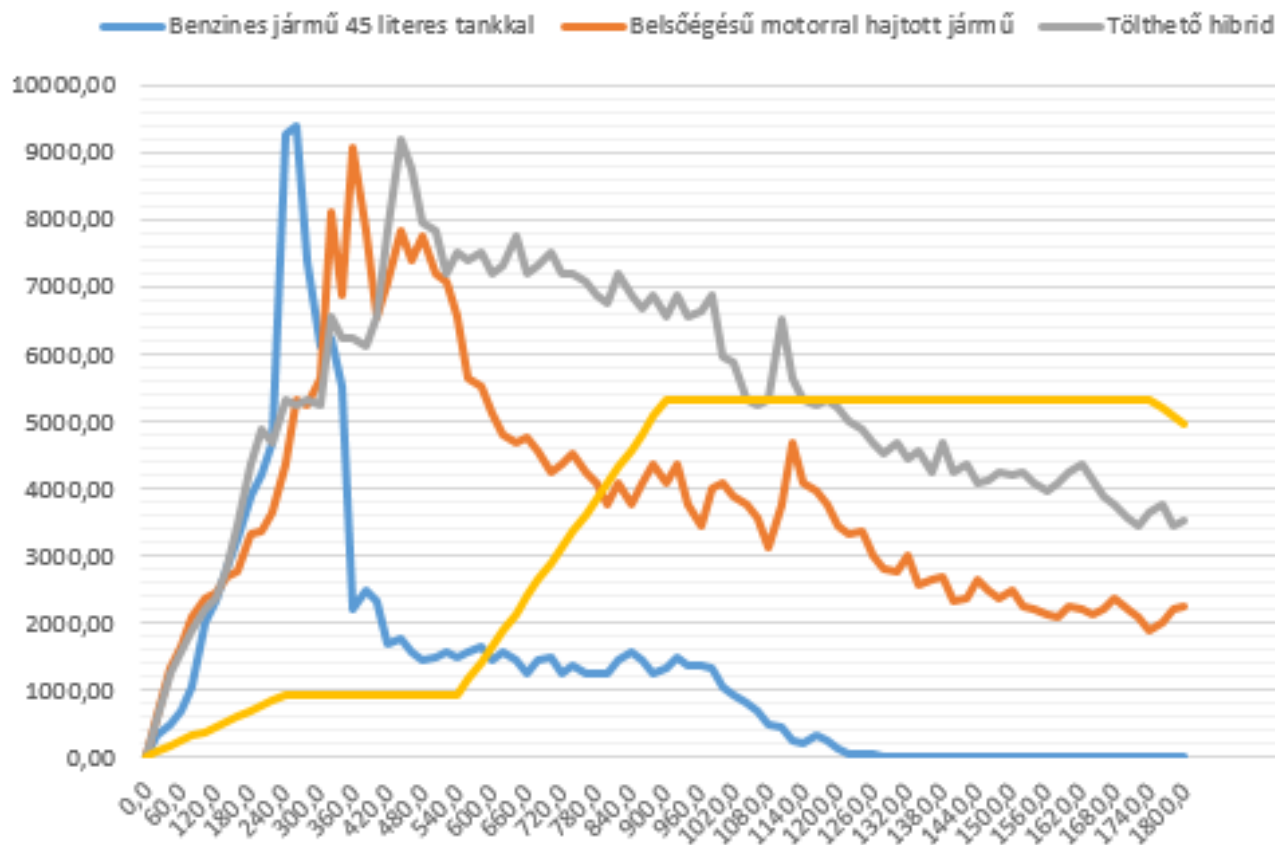
A tűz terjedését és teljesítményét két körülmény befolyásolja:

- Beépített oltóberendezés
- Tűzjelzés és időben megkezdett beavatkozás (10 percen belül nincs lényeges különbség!)

Project 'Safety Test' Report on Fire Tests – 2002, Utrecht

# Különböző járművek valós tűztesztjeinek összehasonlítása

## Járművek tüzeinek összehasonlítása



Jelenlegi szimulációs gyakorlat: 4-6 MW közötti tűzfészek

Belga szabvány (NBN S 21-208-2/A1:2010): 1 jármű 4,0 MW, 2 jármű 5,3 MW (koromtartalom: 22 %)

A tűz terjedését és teljesítményét két körülmény befolyásolja:

- Beépített oltóberendezés
- Tűzjelzés és időben megkezdett beavatkozás (10 percen belül nincs lényeges különbség!)



# Tűzjelzési és tűzoltási kérdések

Tűzkeletkezést megelőző melegedési folyamat során a beavatkozás még nagyobb károk nélkül megoldható:

- Melegedés jelzése – az akkumulátorok elhelyezkedése miatt hagyományos pontszerű hő- vagy hősebesség érzékelők helyett infra tartományban működő hőkamerák (drága opció)
- Melegedés esetén az akkumulátor vagy jármű eltávolítása

Hibrid és elektromos autók akkumulátor tűzének eloltásához szükséges vízmennyiség (példák – a valóság ezektől erősen eltérhet):

- hibrid: 2240 l víz, 39 perc
- hibrid: 16 kWh akkumulátorral ellátott jármű – 11000 l víz
- tisztán elektromos: 6400 l víz, 50 perc

Oltást nehezítő körülmények (akkumulátor elhelyezkedése)

További következmények:

- zárt térben gyorsan és észrevétlenül terjednek a mérgező gázok – védőfelszerelés
- vb. szerkezetek tűzállósági méretezésének újragondolása



## OTÉK előírások 2016 óta léteznek!

### 42.§ (10)

A kereskedelemről szóló törvény szerinti napi fogyasztási cikket értékesítő, 300 m<sup>2</sup>-nél nagyobb bruttó alapterületű üzlet esetében:

a) az árusítótér minden megkezdett 10 m<sup>2</sup> nettó alapterülete után egy személygépkocsi elhelyezését kell biztosítani

### 42. § (15)

A meglévő, (10) bekezdés a) pontjában meghatározott minden megkezdett 100 várakozó- (parkoló) helyből legalább kettőt elektromos gépjármű töltőállomással kell ellátni

42. § (17) Az ellenérték fejében várakozó- (parkoló) hely értékesítését szolgáló, meglévő építmények esetén minden megkezdett 100 várakozó- (parkoló) helyből 2017. január 1-jéig legalább egyet, 2019. január 1-jéig legalább kettőt elektromos gépjármű töltőállomással kell ellátni.

## Létesítési javaslatok





- **Tulajdonosok tájékoztatója** a tűz észlelését követően a tűzoltók kiérkezéséig a teendőkről
- Mélygarázs vagy általános parkolóházi szint helyett – **tetőszinti töltőpontok**
- Töltőpontok és épületek és benzinkutak között **megfelelő védőtávolság** betartása, ahol lehetséges ott oltási konténer elhelyezése
- A töltők megfelelő használata: **villámtöltőt** nem javasolunk épületben
- **Épületszerkezetek megfelelő kialakítása (spalling megelőzése)** a várható tűz teljesítményre, illetve hőmérséklet-idő kitépre
- **Légcsatornák** hőmérsékletállósága:
  - Single (vízzel oltóval): 300 °C
  - Single (vízzel oltó nélkül): 600 °C
  - Multi: kívül-belül ISO 843 zárttéri hőmérséklet-idő kitép szerint (legalább utóbbi indokolt)
- IFK (Ingatlanfejlesztő Kerekasztal)-felkérésre egy tanulmányt készítünk az elektromos járművekkel kapcsolatos tervezési kérdésekről – cél: javaslat megfelelő tervezési módszerekre, nem a tiltás!

# Létesítési javaslatok





# Szakirodalom

Heizler György: Lítium akkumulátorok tűzvédelmi kérdései. Védelem Katasztrófavédelmi Szemle, XXVI. évfolyam, 1. szám, p.21-24.

Lítiumion-akkumulátorok – lehet vízzel is? Védelem Katasztrófavédelmi Szemle, XXVI. évfolyam, 1. szám, p.25-26.

Development of Protection Recommendations for Li-Ion Battery Bulk Storage: Sprinklered Fire Test – Benjamin Ditch, October 2016, FM Global.

VdS 3103:2016-05 (02) Lithium – Batterien

<http://www.vedelemtudomany.hu/articles/06-szabo-molnar-nagy.pdf>

[Best Practices for Emergency Response to Incidents Involving Electric Vehicles Battery Hazards: A Report on Full-Scale Testing Results \(energy.gov\)](#)

[Peak Heat Release Rate - an overview | ScienceDirect Topics](#)

[Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires | Scientific Reports \(nature.com\)](#)

[Battery Aspects on Fires in Electrified Vehicles \(core.ac.uk\)](#)