

# VIII. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok



## LÍTIUM-ION AKKUMULÁTOROK TŰZVÉDELMI HATÁSAI

**Készítette:** Kövecz Kornél tűzvédelmi szakember  
Boda Zoltán tűzvédelmi mérnök



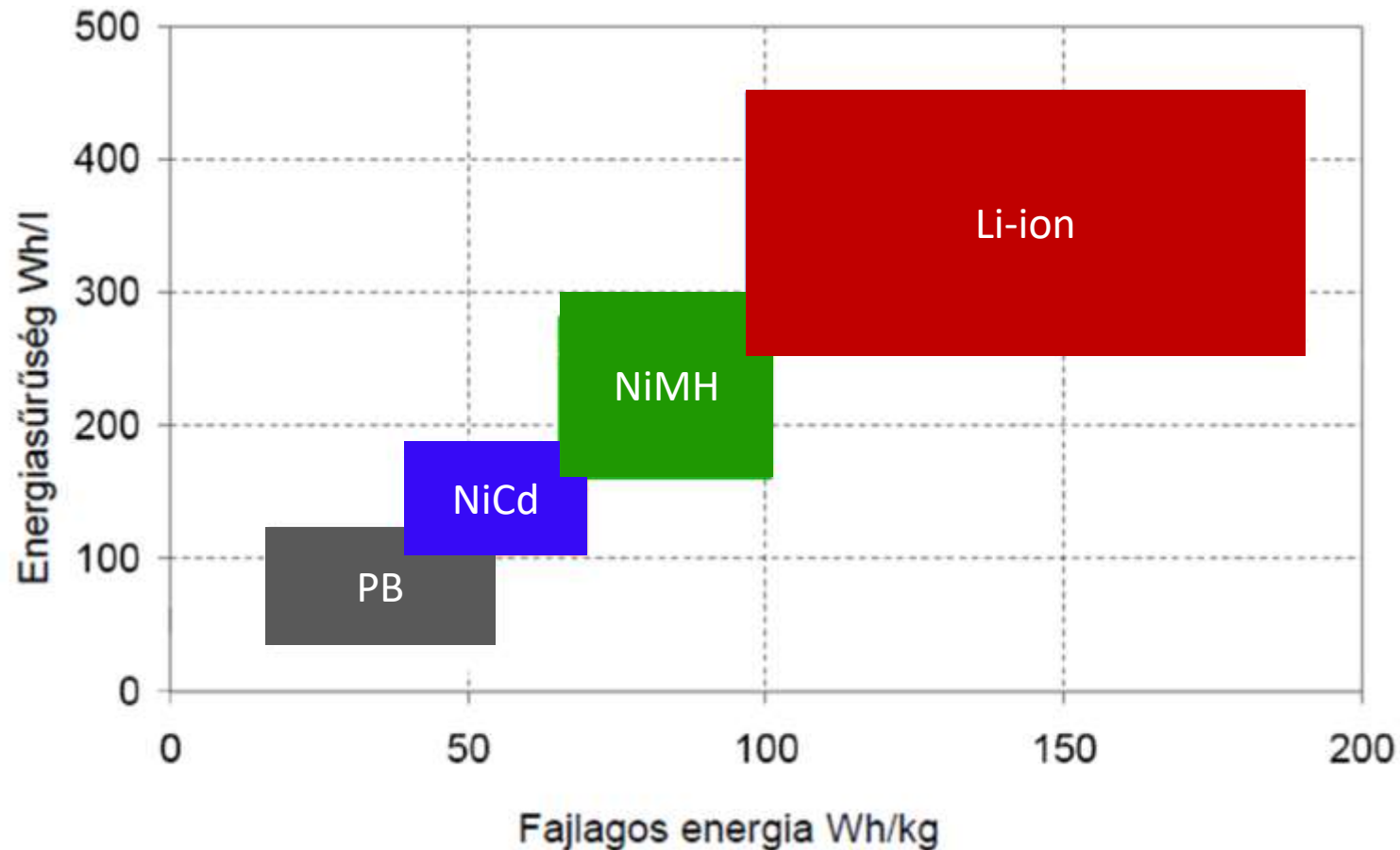
# LÍTIUM-ION AKKUMULÁTOROK ELTERJEDÉSE

A lítium akkumulátorok a mindennapi élet szerves részét képezik.



# LÍTIUM-ION TECHNOLÓGIA

## Miért a lítium?



A lítiumnak van a legnegatívabb potenciálja

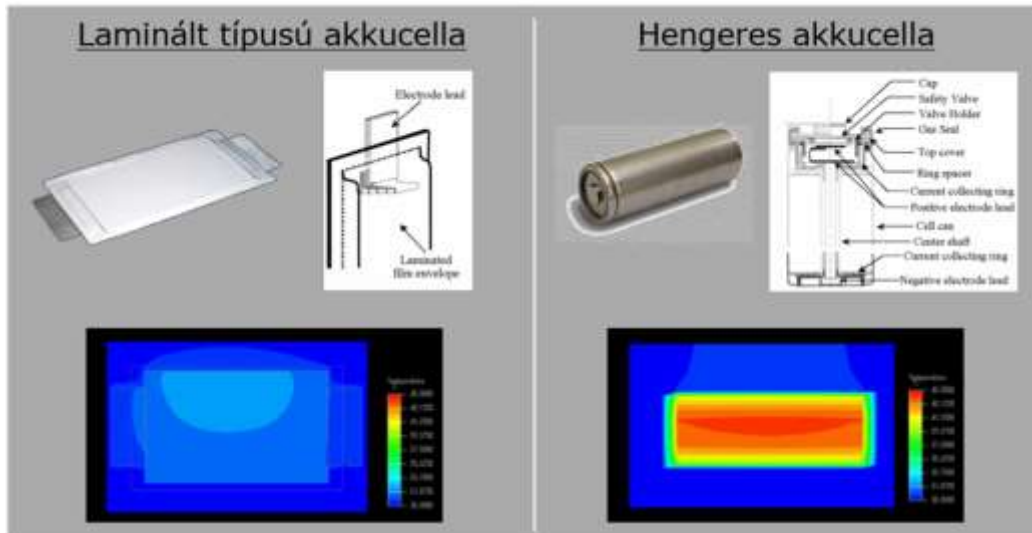
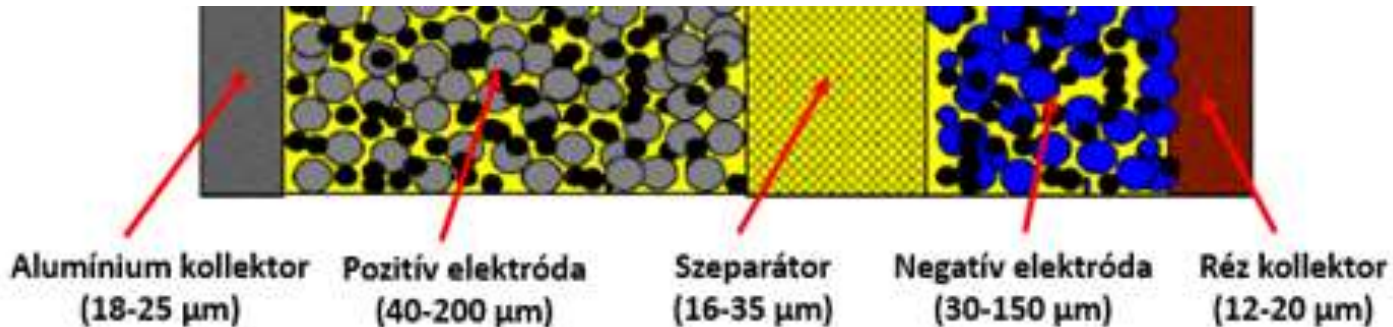
nagy cellafeszültség

A lítium a legkisebb atomsúlyú fém

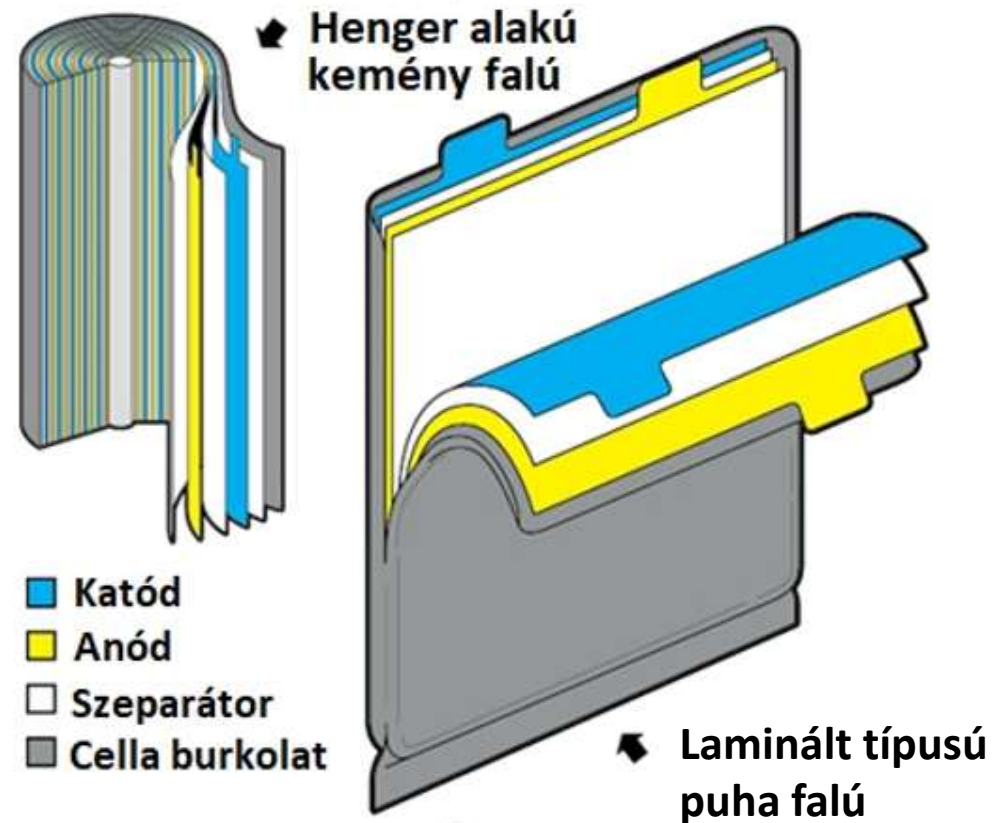
nagy fajlagos energia

# LÍTIUM-ION TECHNOLÓGIA

## Lítium-ion cellák felépítése

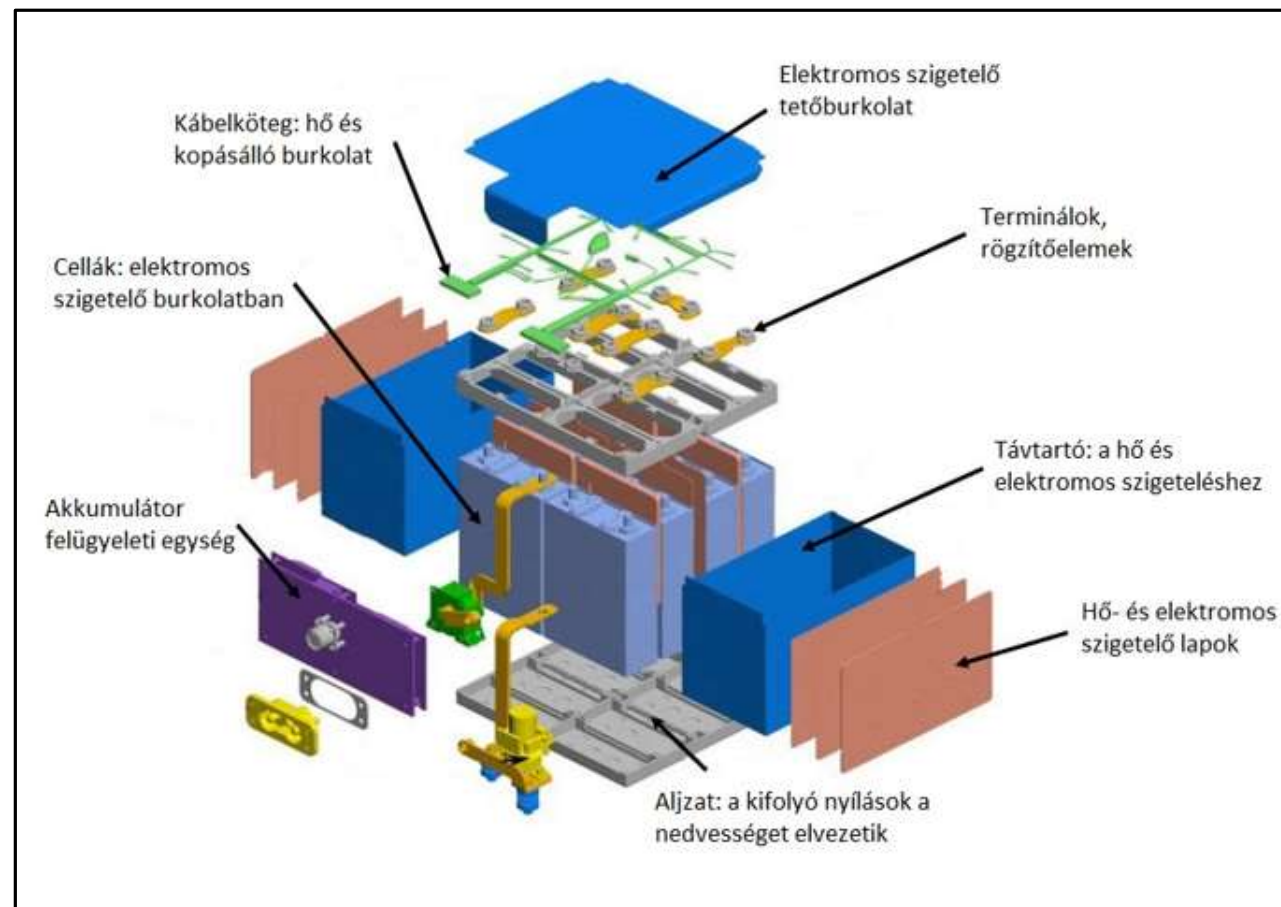
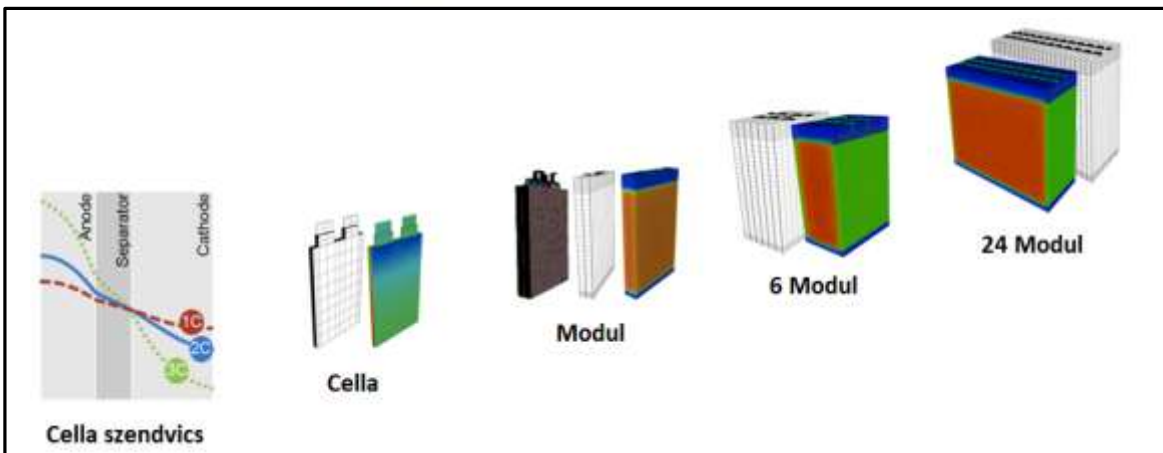
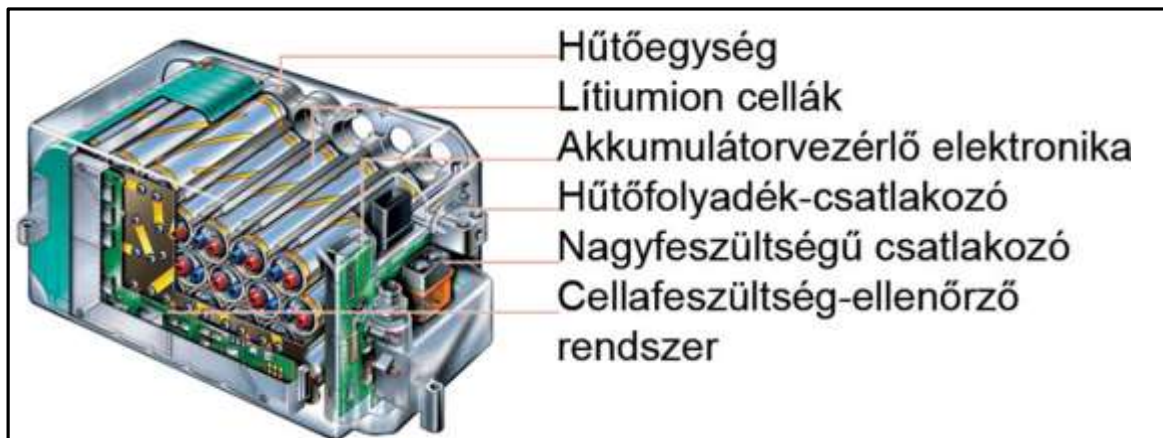


A laminált típusú cella hatékonyabb hűtést tesz lehetővé



# LÍTIUM-ION TECHNOLÓGIA

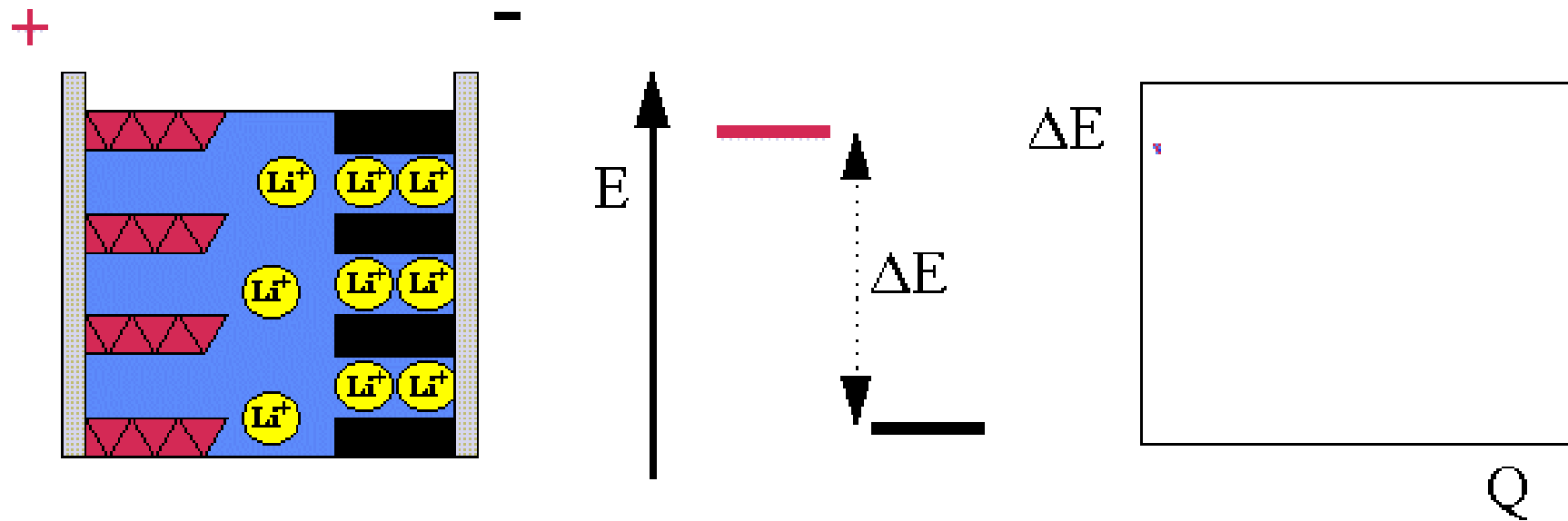
## Lítium-ion akkumulátorok felépítése



# LÍTIUM-ION TECHNOLÓGIA

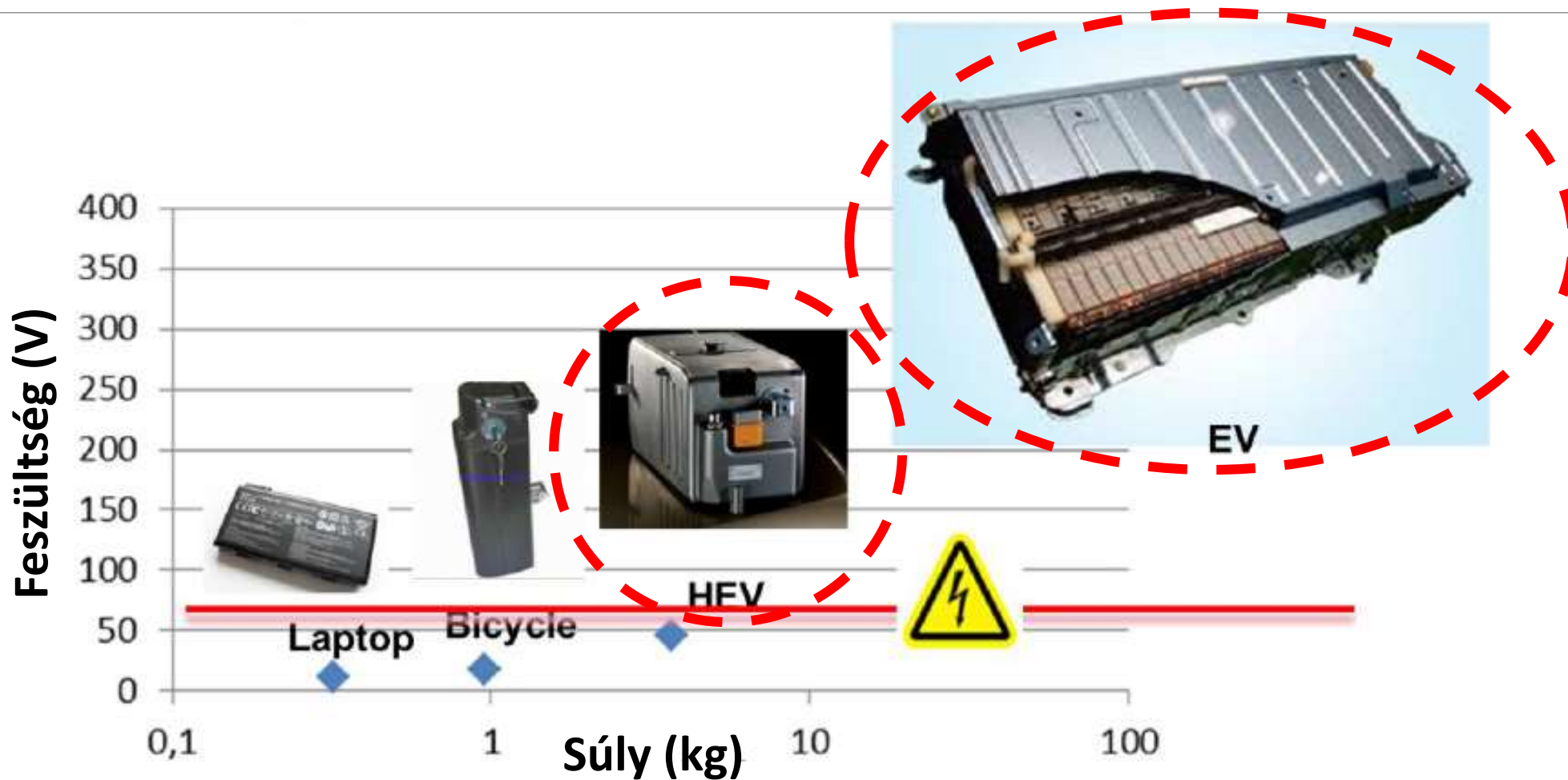
## Lítium cella elvi működése

A lítium-ionok töltéskor a negatív szénalapú elektródához, kisütéskor pedig a pozitív fém-oxid elektródához vándorolnak.



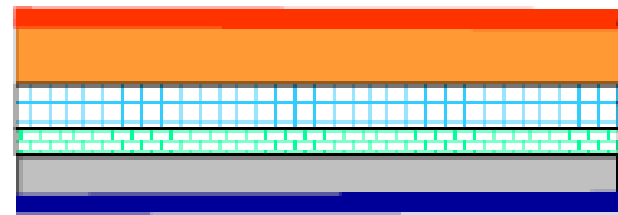
# LÍTIUM-ION TECHNOLÓGIA

## Feszültség/súly



## Cellaszintű beavatkozó eszközök

**HRL – Heat Resistant Layer** (Hőálló réteg)



Katód kollektor  
Pozitív elektróda  
Szeparátor  
HRL kerámia  
Negatív elektróda  
Anód kollektor

**CID – Current Interruption Device** (Megszakító eszköz) megállítja a töltést ahogy növekszik a nyomás a cellában, és egy piciny nyíláson keresztül a nyomás folyamatosan távozhat a cellából.

**Kombinált védelmi egység minden cellában**

- **túlnyomás szelep** megakadályozza túlnyomás és ezáltal robbanás kialakulását
- **olvadó biztosító** megakadályozza meg nem engedett túláramok kialakulását, a cella túlmelegedését
- **elektronikus védelem** cellafeszültség ellenőrzés (megakadályozza a cella túltöltését) töltőáram függő lekapcsolási folyamat





## Rendszerszintű akkumulátor felügyelet

**BMS - Battery Management System** (Akkumulátor Felügyeleti Rendszer)

Az akkumulátor felügyeleti rendszer egy adatgyűjtő, adatfeldolgozó és beavatkozó elektronikus egység, amelynek feladata a telep üzemének ellenőrzése.

**Három alapvető funkciója:**

- a biztonságos üzemelés (mélykisütés, túláram elleni védelem, alsó-felső hőmérsékleti védelem)
- az optimális működés (a cellák azonos mértékben legyenek feltöltve)
- a külső, belső kommunikáció biztosítása (master – slave)



# MÁSODLAGOS BIZTONSÁGI RENDSZER

## Független, analóg rendszer

---

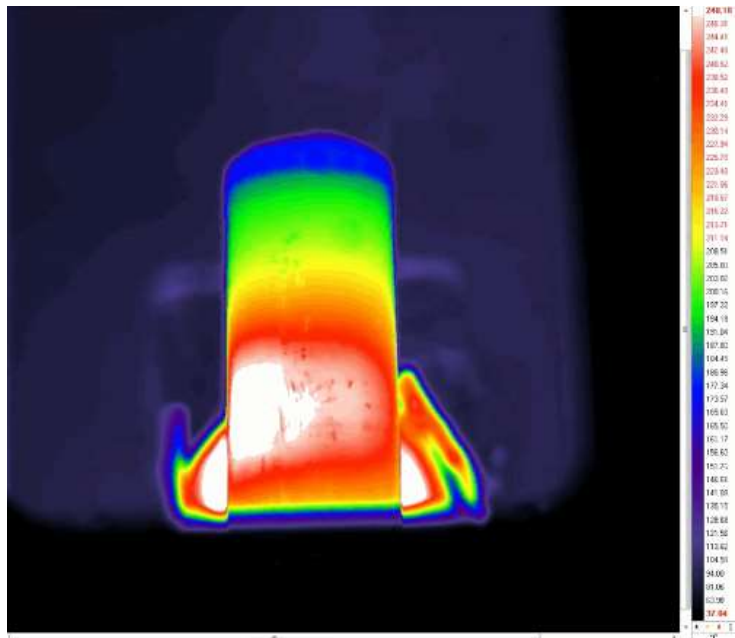
A BMS mellett létezik egy attól **másodlagos biztonsági rendszer** is, amely:

- önállóan ellenőrzi a kritikus rendszeradatokat (feszültségeket, hőmérsékleteket, áramot)
- ellenőrzi a cellafeszültségeket
- kritikus, meg nem engedett helyzetet érzékelve közvetlen rendszer lekapcsolást tud végrehajtani
- közvetlenül ellenőrzi a telepkapcsoló állapotát

# BELSŐ KOCKÁZATI TÉNYEZŐK

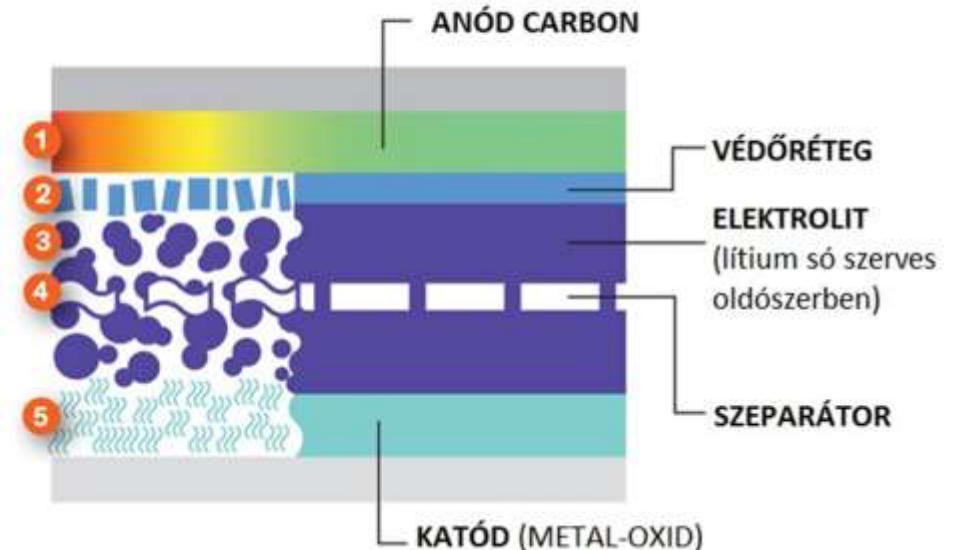
## Nem megfelelő elektrokémia megválasztása

- Az eszközben keletkező disszipációs teljesítmény megnöveli annak hőmérsékletét, a hőmérséklet növekedése az átfolyó áramot, s ez újra a disszipációs teljesítményt.
- Ha az így létrejövő hőmérsékletnövekedés nagyobb, mint a kiindulási hőmérsékletnövekedés, a folyamat önmagát erősíti, s végül túlmelegedés miatt az eszköz tönkremegy.



### Termikus megfutás folyamata lítium akkumulátoroknál

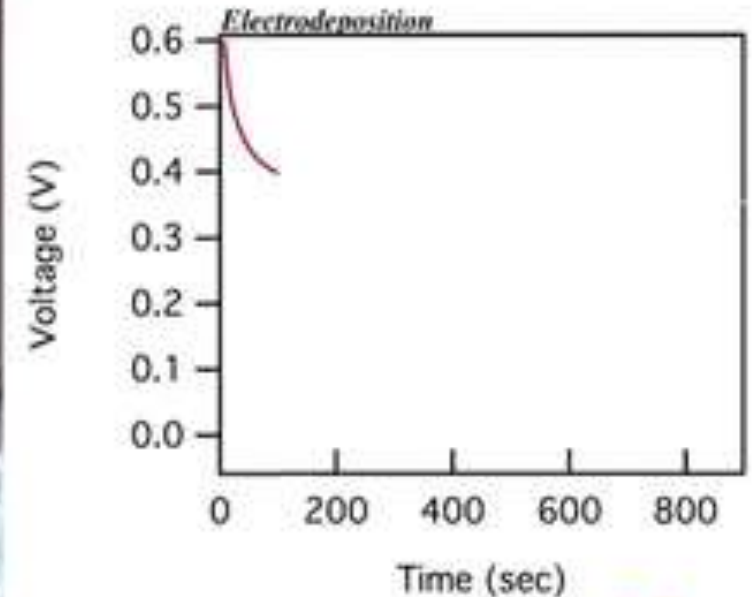
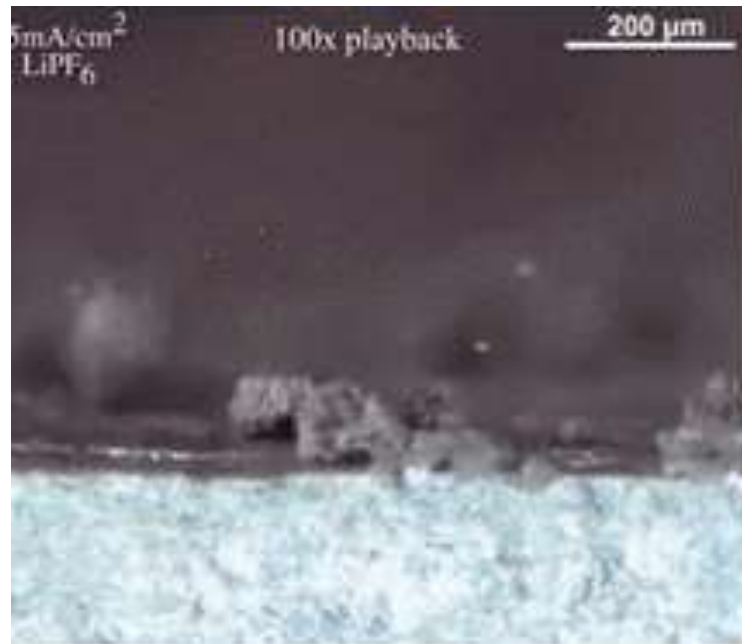
1. Felmelegedés kezdete
2. Védőréteg lebomlik
3. Az elektrolit tűzveszélyes gázokká válik
4. A szeparátor leolvad, ami rövidzárlathoz vezet
5. A katód lebomlik, oxigén keletkezik



# BELSŐ KOCKÁZATI TÉNYEZŐK

## Rövidzárlat kialakulása

- Töltésekor és mélykisütésekor elpusztult lítium dendritek keletkeznek, melyek leválás után az elektrolitban lebegnek.
- A dendritek egykristályos, csiszolt nanocsövecske struktúrákba rendeződnek, melyek ha átütik a szeparátor közeget akkor rövidzárlat keletkezik.

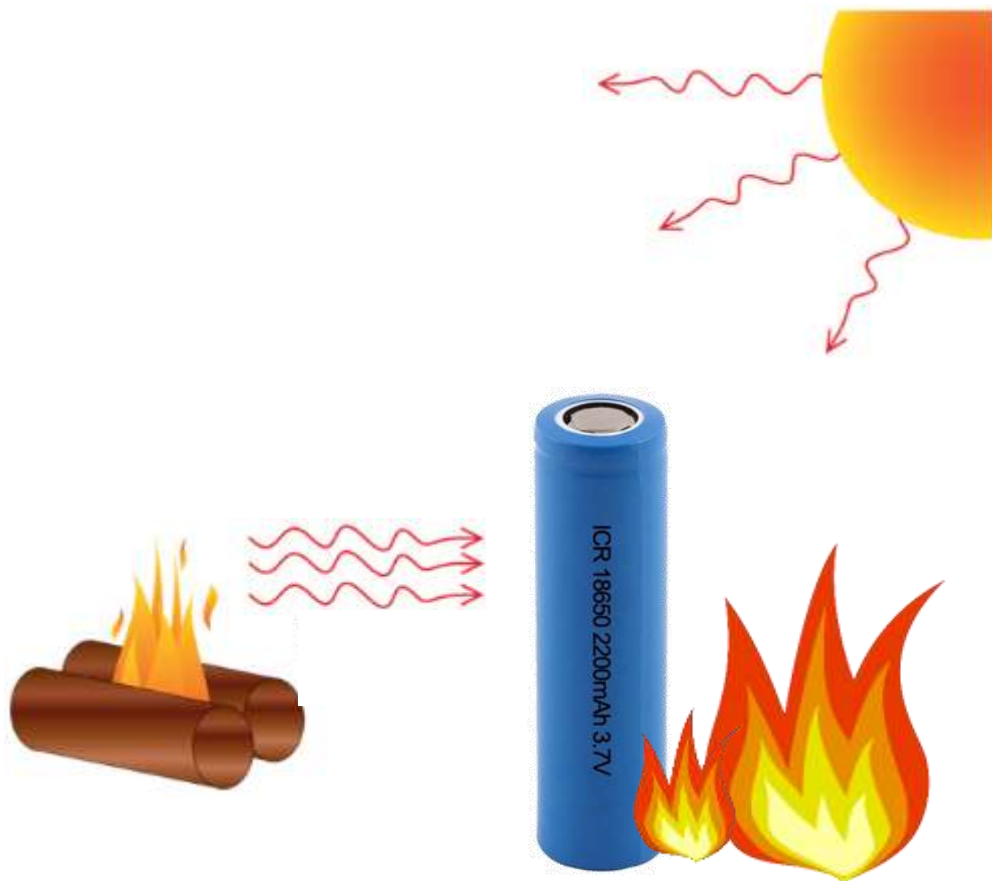


# KÜLSŐ KOCKÁZATI TÉNYEZŐK

## Hőmérséklet

Az akkumulátor érzékeny a külső hőmérsékleti tényezőkre:

- tűz
- sugárzó hő
- közvetlen napsugárzás



# KÜLSŐ KOCKÁZATI TÉNYEZŐK

## Víz, nedvesség

---

- A lítium azonnal kölcsönhatásba lép a vízzel, a reakció során hidrogéngáz és vízben oldott lítium hidroxid keletkezik.
- A lítium száraz levegővel nem lép kölcsönhatásba, de oxigénben meggyullad és elég, ha vízzel vagy vízpárával érintkezik.



# KÜLSŐ KOCKÁZATI TÉNYEZŐK

## Mechanikai sérülés

- Az akkumulátort nem szabad kitenni mechanikai sérülésnek, ezért a szállítás, tárolás, beszerelés közben fokozott figyelemmel kell eljárni.



## Tűzveszély



- Termikus megfutás következményeként többféle robbanásveszélyes gáz fejlődik, melyek a kialakuló túlnyomás következtében nagy energiával távoznak az akkumulátorból.

Anyag:	Koncentráció:	ARH:
CO (Szén-monoxid)	40%	12,5
H <sub>2</sub> (Hidrogén)	30 %	4
CO <sub>2</sub> (Szén-dioxid)	20 %	-
CH <sub>4</sub> (Metán)	7 %	5
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Etilén	3 %	2,7
C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> Etán	1 %	3
C <sub>3</sub> H <sub>6</sub> Propilén	1 %	2



# VESZÉLYEK

## Gyors reakció



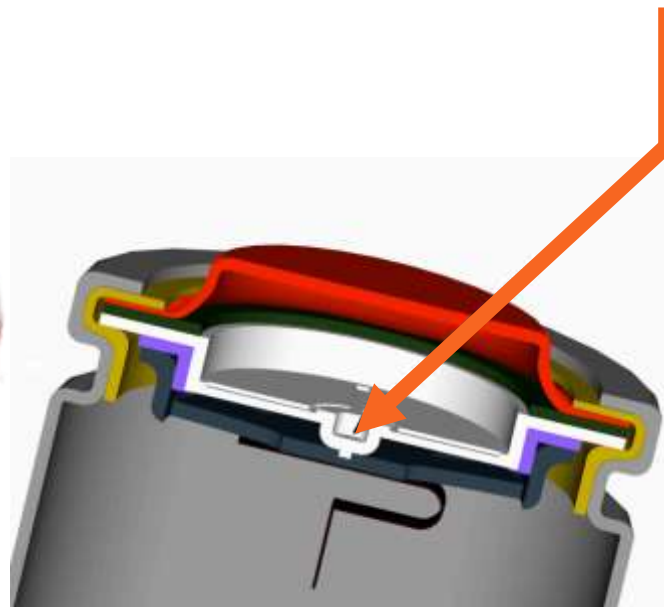
## Lassú reakció

- Chevrolet Volt típusú személygépkocsi lítium-ion akkumulátora, az oldalsó ütközési teszt után 3 hétre kigyulladt.
- **Karantén kérdése!**



## Robbanásveszély

- A keletkező gázoktól a nyomás megnő a cellában, a túlnyomás a biztonsági szelepen keresztül eltávozik, ezzel megelőzve a robbanást.
- Ha a szelep a cellából kiáramló szilárd részecskéktől eltömődik, akkor a nyomás megnő és a cella kemény burkolata szétrobban.



Felrobbant elektromos cigaretta következménye 7 kitört fog és égési sérülések



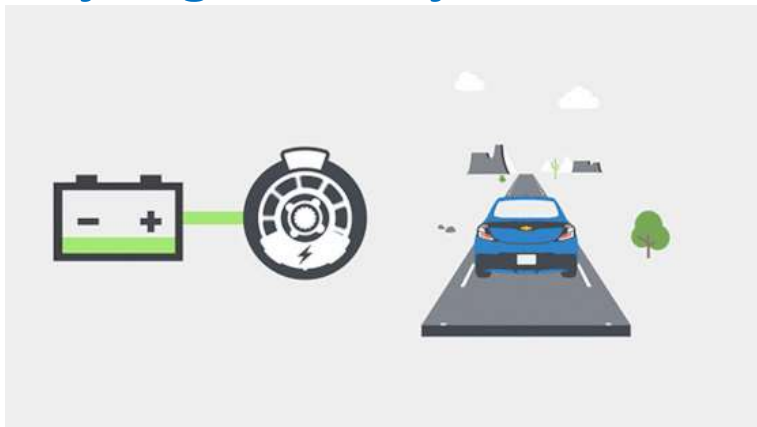
# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

## Hibrid gépjárművek kettős kockázata

Két egymástól független meghajtás kombinációja:

- belsőégésű motor
- elektromotor

A kétféle meghajtásból adódó kockázatok egyidejűleg vannak jelen.



Hibrid



# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

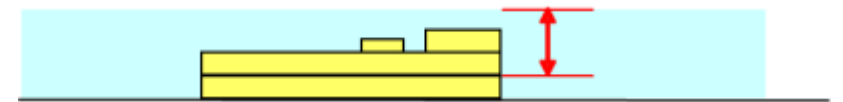
## Akadályoztatott hozzáférés

- Egyes gépjármű típusoknál, a padlólemez és az üzemanyagtartály úgy kerül beépítésre, hogy megakadályozza a közvetlen hozzáférést a jármű akkumulátorához.
- Az egyetlen nyílás a burkolaton, amely lehetővé teszi az akkumulátorhoz való hozzáférést.



# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

## Vízzáró akkumulátor csomag

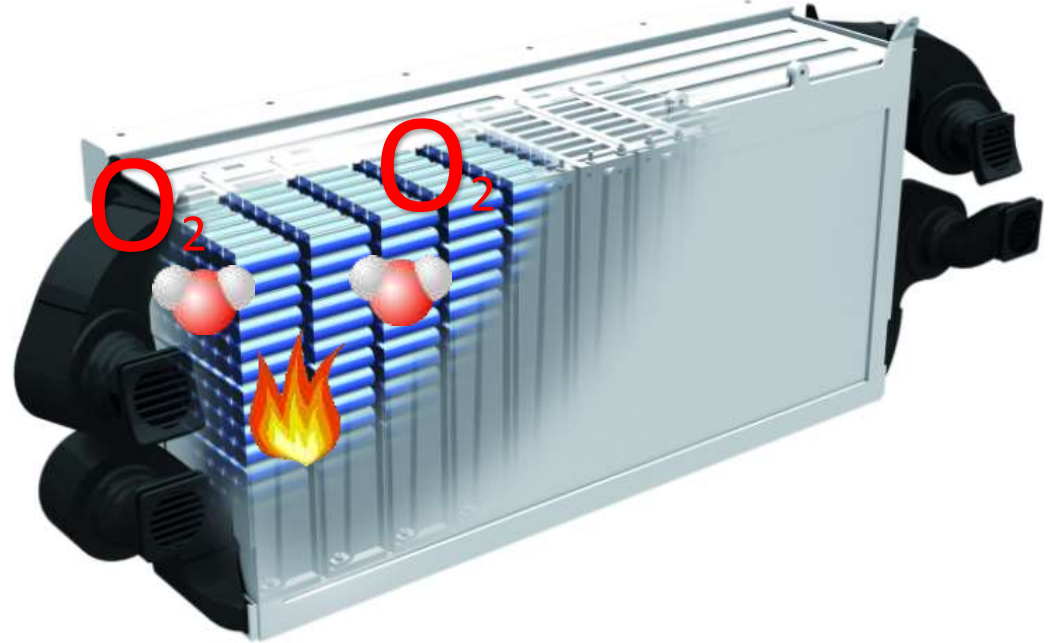


A teszt időtartama: 1 óra  
Nem juthat be víz az  
akkumulátor csomagba!

# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

## „Külső” oxigén nélkül képes égni

- A tűzoltás meglehetősen nagy kihívást jelent, mert az égéshez szükséges oxigén megfelelő mennyiségben keletkezik az anód és a katód bomlásából adódóan, tehát ezek az akkumulátorok **környezetből történő oxigén elvonás nélkül is képesek égni.**



# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

## Mérgező gázok

Az akkumulátor tűznél mérgező gázok keletkeznek:

- nikkell,
- kobalt,
- alumínium
- neodymium,
- magnézium oxidjai ezért a teljes beavatkozás során légzőkészüléket kell viselni.





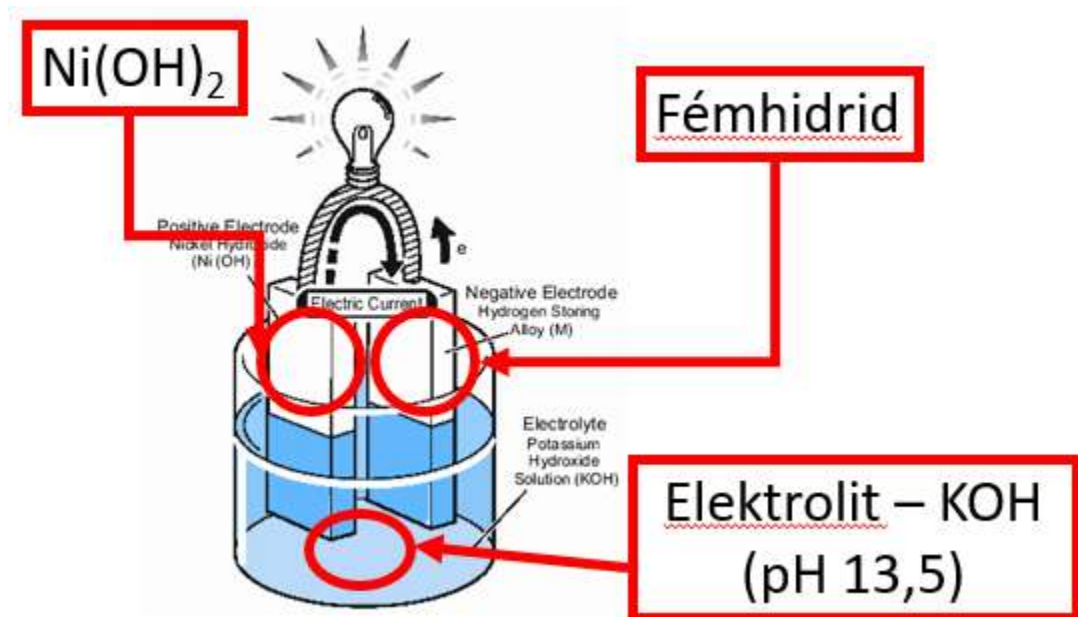
# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

## Tűzveszélyes vagy maró elektrolit

Az anódot és a katódot elválasztó elektrolit lehet:

- Lítium-hexafluorofoszfát ( $\text{LiPF}_6$ ),
- Lítium-tetrafluoroborát ( $\text{LiBF}_4$ ),
- Kálium-hidroxid (KOH)

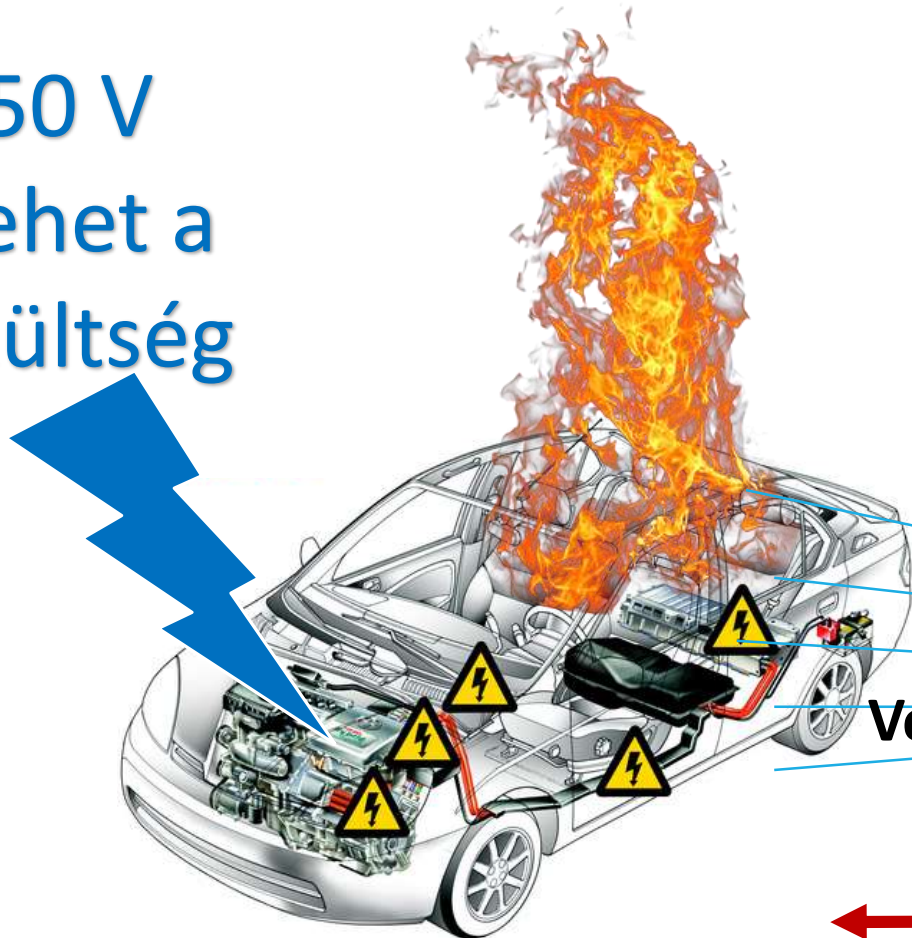
általában folyékony, szerves oldat formájában.



# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

## Feszültség alatti berendezés tüzének oltása

650 V  
is lehet a  
feszültség



**Danger**  
Of death

60 V is halálos lehet!

Védőtávoltás megtartása

Kötött sugár 10 m

Porlasztott sugár 5 m



# BEAVATKOZÁST NEHEZÍTŐ TÉNYEZŐK

## Nagy mennyiségű oltóanyag biztosítása



THE  
FIRE PROTECTION  
RESEARCH FOUNDATION

- A tesztautóban 3-3 db akkumulátort helyeztek el, vizsgálták az oltóvíz mennyiségét és az oltási időt.
- A **hibrid járművek esetében** az oltáshoz átlagosan **2.240 liter vízre és 39 percre** volt szükség.
- Az **elektromos gépjárműveket** tekintve átlagosan **6.400 liter víz és 50 percre** volt szükség.
- Elektromos meghajtású gépjármű esetében, a **legnagyobb vízigényű oltás során 10.200 liter** vizet használtak fel.



# TŰZOLTÁS

## Oltóanyag megválasztás

Kis kiterjedésű tüzek oltására



Nagy kiterjedésű tüzek oltására



# TŰZOLTÁS

## Tűzoltókészülékkel



# TŰZOLTÁS

## Sprinklerrel



## HI-FOG Li-ion akkumulátor helyiségek védelmére



Összesen tizenegy vizsgálatból álló sorozat, közöttük hét tűzoltási próba, amelyeket szimulált Li-ion akkumulátor helyiségben végeztek, kétféle mennyezetmagassággal. Mindegyik vizsgálatnál legalább egy, feszültség alatti akkumulátor modult használtak egy erre szánt állványrendszeren.

A HI-FOG rendszer mindegyik próba során azonnal lehűtötte a teret, és minden tüzet rövid időn belül eloltott. A sérült akkumulátor modulban a túlhevülési folyamatot nem lehetett megállítani, viszont a kár az elsőként meghibásodott modulra korlátozódott.

## HI-FOG Li-ion akkumulátor helyiségek védelmére



A HI-FOG rendszeren végzett próbák során a kiindulási pont a túlhevülés volt, amely az elektrolit gázok kiszabadulásához vezetett, és ennek következtében tűz ütött ki az akkumulátor helyiségben. A próbák során az elektrolit gázokat vagy szándékosan gyújtották be egy gyújtólánggal, vagy spontán gyulladtak be.

Az ábrán látható a vizsgálati helyiség és az akkumulátorállvány. Az akkumulátorállványon legalább egy valódi, feszültség alatti akkumulátor modul volt, valódi vagy műakkumulátorokkal körülvéve, amelyeknek hasonló a hőkapacitás jellemzője, mint a valódi modulé.



## HI-FOG Li-ion akkumulátor helyiségek védelmére



Mindegyik próba során a valódi akkumulátor modult túlhevülés állapotba kényszerítették, ami elporlasztott elektrolit gázok kibocsátását eredményezte. Az oltási próbák során vagy egy gyújtóláng gyújtotta be a gázokat, vagy bizonyos késedelem után spontán gyulladtak be a gázok.

Mindkét esetben volt egy rövid fellángolás egy hőmérséklet és nyomás csúcsértékekkel, amely meggyújtotta az éghető anyagokat (kábelek, festék) a hibás akkumulátor közelében.

A HI-FOG rendszert kézzel aktiválták különféle időpontokban, a vizsgálat elsődleges céljától függően.

## HI-FOG Li-ion akkumulátor helyiségek védelmére

A fő eredmények a következők voltak a túlhevülés által okozott tüzekkel kapcsolatban:

1. Az elektrolit gázok vagy begyulladnak spontán, vagy nem. A spontán begyulladás robbanásszerű fellángolással jár, ami hőmérsékleti és nyomáscsúcsot okoz, és minél később következik be ez, annál nagyobb lesz.
2. Gyulladás esetén (még meglehetősen késői begyulladásakor is) nagy eséllyel épségben maradnak a közeli akkumulátor modulok, amennyiben üzemel a HI-FOG rendszer.
3. A HI-FOG rendszer nem tudta leállítani a túlhevülés folyamatát a sérült akkumulátor modulban, de a helyiséget azonnal lehűtötte, eloltott bent minden tüzet, és ezzel megvédte a közelben lévő akkumulátor modulokat attól, hogy elérjék a túlhevüléshez szükséges hőfokot.

# TŰZOLTÁS

## „Vízbe fojtás”

- Holland tűzoltók alternatív tűzoltási taktikát alkalmaznak, a füstölgő hibrid vagy elektromos járművet 24 órára egy vízzel töltött konténerbe helyezik, ezzel biztosítva az akkumulátor hatékony visszahűtését.

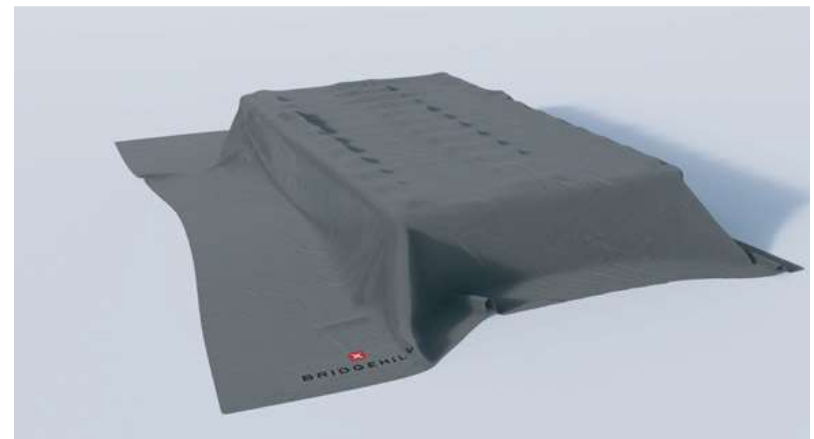


## BRIDGEHILL - Extreme tűzoltó takaró

- A világ legextrémebb tűzoltó takarója.
- **Blokkolja a tüzet, még a lítium akkumulátor közvetlen nyílt tüzét is.**
- Órákon keresztül megfékezi a tüzet.
- Tökéletesen működik a zsír- és olajtüzeknél: megakadályozza az oxigén utánpótlást, és a hő távozásának biztosítása révén lehűti az égő anyagot.

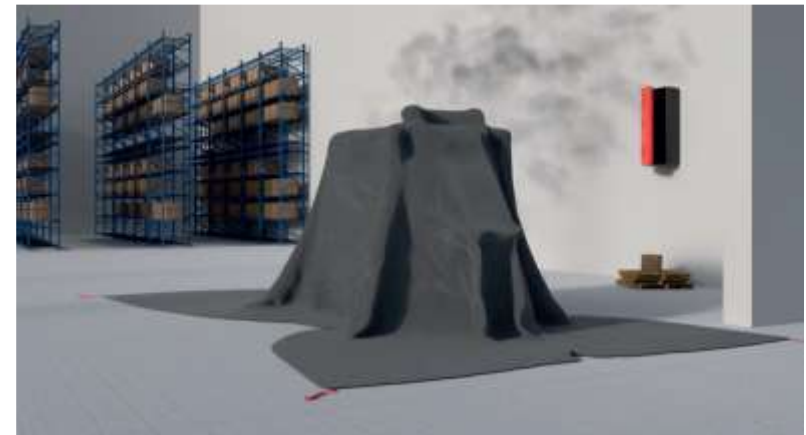


MAGYARORSZÁGI FORGALMAZÓ: [www.hesztia.hu](http://www.hesztia.hu)



## BRIDGEHILL - Forklift tűzoltó takaró

- Pillanatok alatt izolál minden villástargonca tüzet és füstöt.
- Az egyetlen megoldás, mely elszigeteli a lítium-akkumulátoros villástargoncák tüzeit is.
- Két méretben kapható.
- Tasakban szállítva, hogy könnyen hozzáférhető legyen.



## BRIDGEHILL - FORKLIFT TŰZOLTÓ TAKARÓ

### Lítium-akkumulátoros targoncák tüze:

Takarja le a tüzet: amennyiben 5-20 másodpercenként erős zavaró hangot hall, az akkumulátorokban túlmelegedés vagy tűz van. Hagyja a takarót rajta, míg megszűnik a hang (min. 20 perc).

### Fontos:

A tűzoltó takarót csak tűzoltó húzhatja le.

MAGYARORSZÁGI FORGALMAZÓ: [www.hesztia.hu](http://www.hesztia.hu)



\*Ha a targonca toronnyal rendelkezik, takarja le a fülkét és húzza le a takarót a torony és a fülke között.

# TŰZOLTÁS

## Biztonságos és gyors megoldás (Fire Box)

### A konténerbe beépítésre került:

- Tűzjelző rendszer
- Automata tűzoltórendszer
- Sprinkler rendszer, külső csatlakoztatási ponttal
- Külső kezelő panel



### Használható:

- Tűzoltásra
- Szállításra
- Karanténnak



# TÁROLÁS, SZÁLLÍTÁS

## Sérült akkumulátorok tárolása, szállítása

- Vermiculittal bélelt fém tároló, sérült Litium-ion akkumulátorok szállítására





# VIII. Lakiteleki Tűzvédelmi Szakmai Napok



Köszönjük a figyelmet!