

VI. Tűzesetek vizsgálata, tapasztalatai konferencia

2022. július 7.

Li ion akkumulátorok tűzvédelmi kérdéseivel kapcsolatos nemzetközi tudományos kitekintés

Veresné Rauscher Judit

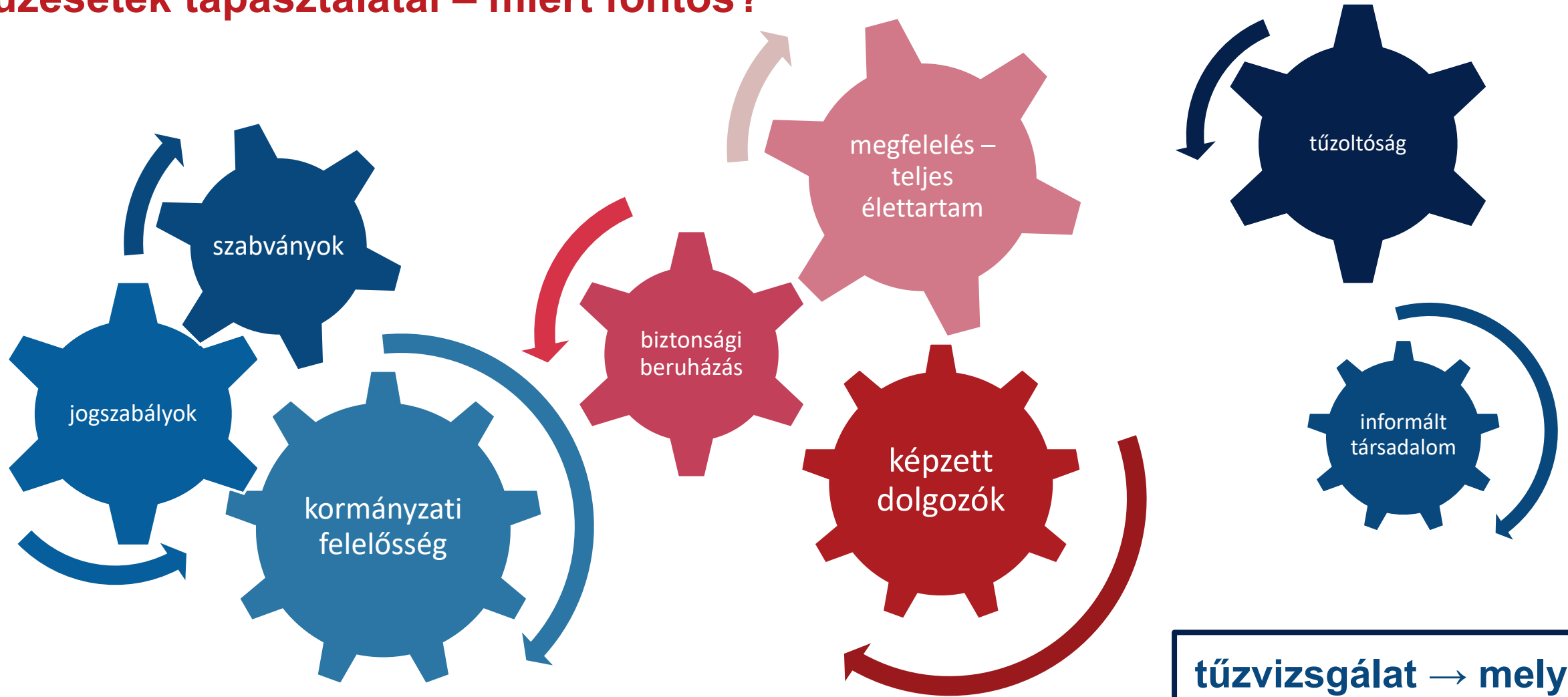
okl. építészmérnök, okl. tűzvédelmi tervezési szakmérnök, építésügyi tűzvédelmi tervező

Tűzvédelmi Mérnökök Közhasznú Egyesületének elnöke

NKE RTK Katasztrófavédelmi Intézet, tanársegéd

elnok@tmke.hu rauscher.judit@uni-nke.hu

Tűzesetek tapasztalatai – miért fontos?

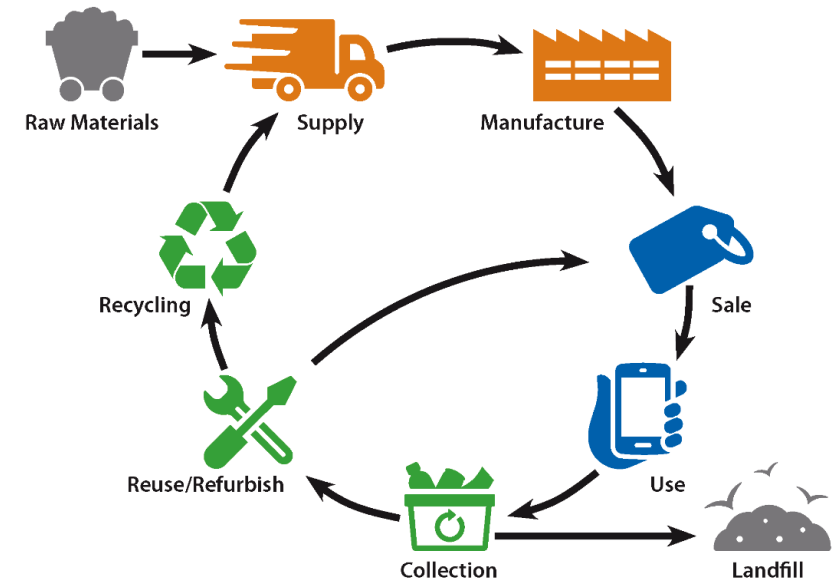
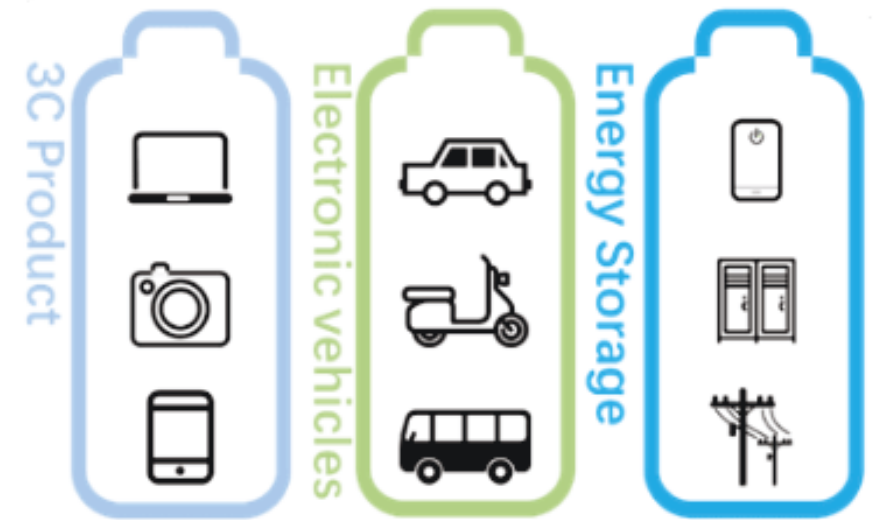
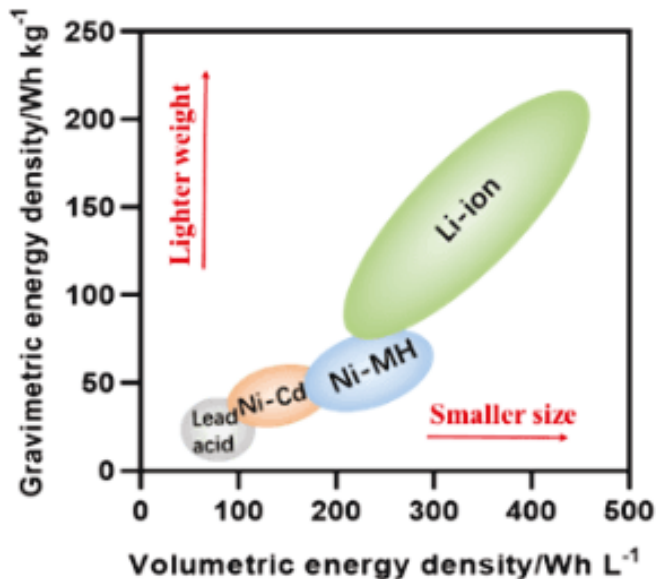


Brigitte Messerschmidt (NFPA, 2019)
„The Fire & Life Safety ecosystem – A holistic approach to fire safety”

**tűzvizsgálat → melyik
rendszerem volt a
„hibás”?**

Li ion akkumulátor – miért fontos?

- jelenleg az uralkodó energiaforrás a hordozható eszközökben, elektromos járművekben és energiátárolásban
- tűzvédelmi problémák hátráltatják a terjedését
- 1990-es évek óta kutatási téma, a kutatások egyre nagyobb jelentőséget kapnak a megtörtént incidensek miatt



Li ion akkumulátor – miért fontos?



Speciális tűz-jellemzők:

- összetett jelenség
- fizikai és kémiai folyamatok
- burkolaton belül és kívül is zajlik
- külső oxigéntől és lángtól független

**Magyarországon egyelőre
nincsen speciális jogi
szabályozás...**

„hőkisülés” – *thermal runaway*



- megállíthatatlan láncreakció
- az akkumulátorban tárolt energia hirtelen felszabadul
- 400 °C körüli hőmérséklet alakul ki

- hagyományos eszközökkel nem lehet oltani
- oltás után is visszagyullad(hat), amíg töltés van benne
- a veszélye 60°C-on kezdődik és 100°C-nál kritikus
- nem lehet pontosan tudni, mikor gyullad ki ténylegesen
- ha az egyik cella sérül, szinte biztosan áttérjed

Mi okozhatja?

- belső rövidzárlat (mechanikus sérülés)
- külső rövidzárlat (deformáció okozta)
- túltöltés
- túl nagy áramfelvétel vagy kisütés (gyorstöltés)



Kockázat minimalizálása?

- mechanikus és termikus stabilitás
- akkumulátorcsomagok felügyelete (BMS)
- több szintű védelem:
 - megelőzés
 - nagyon korai felismerés
 - oltás
 - utókezelés

Nemzetközi konferenciák

International Symposium on **Lithium Battery Fire Safety** (ISLBFS)

1st - 2019. július 18-20., Hefei China

2nd - 2021. október 31. – november 3., Hefei China



8 fő kutatási terület – *ezt követik a megjelenő publikációk is...*

1. Hőkisülés
2. Tűzfolyamatok vizsgálata
3. Robbanásveszélyes viselkedés
4. Gázfejlődés
5. Tűzoltás technika
6. Hőfejlődés kontrollálása
7. Biztonságosabb anyagok és szerkezetek
8. Tűzvédelmi vizsgálatok

International Battery

Seminar & Exhibit

39 rendezvény eddig...



2022 évi – fontos témák:

- szabályozási kérdések
- biztonsági tesztek
- biztonság javítása



Nemzetközi tanulmányok - megelőzés

↳ Kísérleteznek nem gyúlékony elektrolit keverékekkel is, amikkel növelni lehet a biztonságot.

@Hao Zheng at all: A Nonflammable Electrolyte Combining Phosphate and Fluorinated Ether for $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}/\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{1.5}\text{O}_4$ Cells, Fire Technology 56., 2020

↳ Akkumulátor modulok közötti elválasztásnál

- aerogél önmagában lassítja az áttérjedést, de nem akadályozza meg
- folyadékűtő anyag alkalmazása nem lassít egyértelműen, néha még gyorsíthatja is
- ezek megfelelő arányú keverése a legjobb megoldás

@Xiaolong Yang at all: An Experimental Study on Preventing Thermal Runaway Propagation in Lithium-Ion Battery Module Using Aerogel and Liquid Cooling Plate Together, Fire Technology 56., 2020

↳ Külön kísérletekkel modellezik, hogy akkumulátor telepek hűtését hogyan kell kialakítani, mivel a hagyományos hűtő elrendezések mellett egyenlőtlen hőmérsékletek alakultak ki. – Közvetlenül a modulok felett javasolt elhelyezni a befűvást és növelni kell a kiáramlási sugarukat.

@Shuai Pan at all: Study on the Performance of Parallel Air-Cooled Structure and Optimized Design for Lithium-Ion Battery Module, Fire Technology 56., 2020

↳ Repülésbiztonsági kérdések:

- rakomány szállításnál hogyan csökkenthető a kockázat
- eltérő viselkedés normál és csökkent nyomásviszonyok között

@Liu Quanyi at all: Effect of Different Arrangement on Thermal Runaway Characteristics of 18650 Lithium Ion Batteries Under the Typical Pressure in Civil Aviation Transportation, Fire Technology 56., 2020

↳ Nagyméretű egységekben a köztes szigetelő anyagtól függően megváltoznak a jellemzőik:

- kisebb a gyulladási hőmérséklet
- de lassabban történik meg a „hőkisülés”

NFPA – átfogó kutatások (USA)

1. fázis - 2011

technológia megismerése, meghibásodási módok és események, szabályzatok és felmerülő veszélyek felmérése

2. fázis - 2013

általános akkumulátorok és árucikkek gyúlékonysági jellemzői
13 valós léptékű tűzteszt, FM Global sprinkler rendszerrel, külső gyújtóforrással

3. fázis - 2016

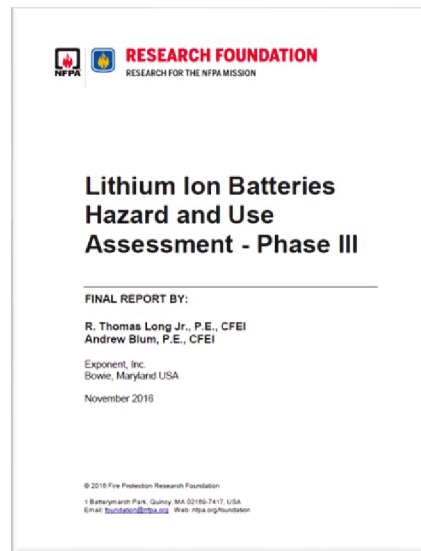
8-24 raklap akkumulátor, sprinkler optimalizálás

<https://www.nfpa.org/News-and-Research/Data-research-and-tools/Hazardous-Materials/Lithium-ion-batteries-hazard-and-use-assessment>

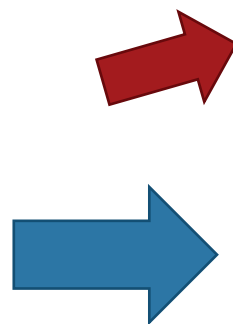
A. Blum and R. T. Long, "Hazard Assessment of Lithium Ion Battery Storage Systems," Final Report prepared for Fire Protection Research Foundation February, 2016.

R. T. Long and A.M. Misera, „Sprinkler Protection Guidance for f Lithium-Ion Based Energy Storage Systems," Final Report prepared for Fire Protection Research Foundation February, 2019.

National Fire Protection Association Standard 855, Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems, Proposed Standard, anticipate issuance in 2019.



- a tűzgörbe nagyon hasonló a Li-ion akkumulátor esetében a szabványos FM Global görbéhez
- sűrűn csomagolt Li-ion akkumulátorok 5 perc alatt „bevonódnak a tűzbe”
- ritkán csomagolt Li-ion akkumulátorok (már berendezésekben) gyorsabb tűzfejlődés, de kevésbé érte el az akkumulátorokat



B. Ditch, D. Zeng, "Development of Sprinkler Protection Guidance for Lithium Ion based Energy Storage Systems" FM Global Technical Report March 2019.

NFPA – átfogó kutatások (USA)

Fire Hazard of Lithium-ion Batteries in Warehouse Storage

Lithium-ion Polymer Cells

Full test report available at:
fmglobal.com/researchreports



This video is the property of Factory Mutual Insurance Company and its affiliates. It may contain confidential information or information subject to legal privilege. It is intended strictly for the use of the person(s) or entity to which it is intended. Disclosure, copying, distribution, or use of the contents of this video by anyone other than the intended recipient(s) is prohibited.

© 2016 FM Global. All rights reserved.

<https://www.youtube.com/user/nfpadotorg>

CFPA – szakmai irányelv

Fire safety measures with
emergency power supplies

CFPA-E Guideline No 34:2015 F



 **CFPA**EUROPE

2015-ben adták ki a biztonsági energiaellátásra vonatkozó irányelvet – ebben inkább UPS rendszerekre vonatkozó ajánlások

- megfelelő szellőzés
- mechanikus sérülés elleni védelem
- éghető anyagok tárolásának tilalma
- víztől történő védelem

NINCS még általános ajánlásuk a Li-ion akkumulátorok használatával, tűzvédelmi kialakításaival kapcsolatban....

<https://cfpa-e.eu/category-guidelines/fire-prevention-and-protection/>

*1970-ben alapított szervezet, 5000-nél több tag,
európai gyártók, szolgáltatók tömörülése*

Tömegközlekedési eszközök:

- repülőgépeken vannak olyan zsákok, amikben elkülöníthetőek a kis berendezések
- hajók meghajtása teljes elárasztással védhető
- utasok eszközeihez kézi oltókészülékek

Lakossági energiatároló rendszerek:

- több terméket visszahívtak tűzveszély miatt
- mérethez köthető a valós kockázat
- beépített védelmi rendszerek kellene, amik minimális karbantartással fenntarthatóak
- bonyolult megoldások kerülendőek
- használati szabályok – éghető anyagok távolsága, megfelelő szellőzés a gázkiáramlás veszélye miatt

Akkumulátorok és akkumulátoros eszközök tárolása:

- gond, hogy alacsony töltöttség, de nem 0 és nem működik a BMS kontrollja sem → lehető legkisebb töltöttségi szint
- szellőztetés / gyors hő-füst elvezetés
- gyors kiürítés lehetősége
- csomagolás miatt raktártűz jellegű terjedés → állványok elválasztása
- tűzjelző rendszerek – füstérzékelés
- tűzoltó rendszerek – víz alapú

EURALARM – szakmai irányelv 2022

Elektromos autók:

- nem veszélyesebbek, de ha kigyullad, akkor nehezebb kordában tartani és oltani!
- tüzek 50%-a töltés közben keletkezik

Tűzmegeelőző javaslatok:

- lehetőleg NEM mélygarázsban, fedett garázsban parkolás és töltőhelyek kialakítása!!!
- épületszerkezetek extra védelme
- utókezelés, utómozgatás helyigénye
- ütközésvédelem
- töltők egy helyről lekapcsolása
- hatékony füstelvezetés, mérgező gázok várhatóak
- lehetőleg nem csoportos elhelyezés, szeparálhatóság, elárastásos oltás lehetősége
- épületekben tűzjelző rendszerek, tűzoltó rendszerek



megemelték a kötelezően elhelyezendő elektromos parkolókat és töltőhelyeket → jelenleg nincs mellé előírás rendelve....

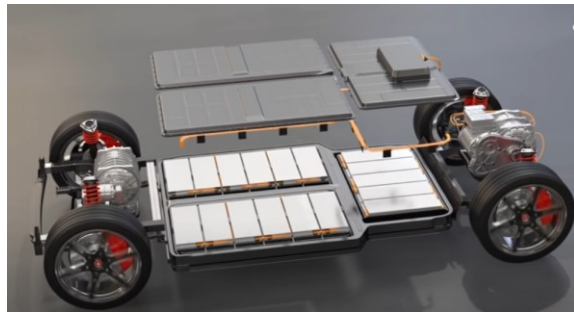
Nemzetközi kutatások – oltás technika



Elektromos járművek oltása:

- hagyományos taktikával több oltóanyag és több idő
- visszagyulladás veszélye nagy
- oltás után további gázfejlődés és annak hatásai

@Roeland Bisschop, Ola Willstrand and Max Rosengren: Handling Lithium-Ion Batteries in Electric Vehicles: Preventing and Recovering from Hazardous Events, Fire Technology 56., 2020



Ugyanazon légssebesség mellett vizsgálták vízköd nélkül az égés terjedését akkumulátor telepekben, majd vízköd rendszerrel is:

- a vízköd hatékonyabban gátolta meg a továbbterjedést,
- 3x bejuttatási faktorial szükséges kialakítani.

@Ahmed O. Said at all: Experimental Investigation of Suppression of 18650 Lithium Ion Cell Array Fires with Water Mist, Fire Technology 56., 2020

@ Rosenbauer

<https://www.rosenbaueramerica.com/rosenbauer-battery-extinguishing-system-technology/>

EURALARM – szakmai irányelv

Energiatároló rendszerek – tűz scenáriók

1. Külső tűz – betervedés akadályozása
2. Másodlagos elektronika tüze – betervedés akadályozása
3. Akkumulátor helyiség tüze – tűzjelzés és tűzoltás
4. Belső tűz – hőkisülés és továbbterjedés akadályozása – tűzjelzés és tűzoltás



euralarm
for a safer and more secure Europe



védelmi célok:

(hatósági) minimális védelem



üzemeltetői elfogadható kár mértéke

tűzjelzés:

- elektromos tűz és gázok távozásának érzékelése
- lehető leghamarabb!

akkumulátor-kezelő:

- korai visszajelzés kell
- vészleállítások elvégzése

tűzoltás = korai teljes elárasztás!

- csökkenti a hőkisülés intenzitását és sebességét
- gátolja a továbbterjedést
- akadályozza az újragyulladást
- akadályozza az elektrolit-oxigén keverék robbanását



Oltási lehetőségek - újdonságok

rászilárduló hab – teljesen „bezárja” – újrahasznosítható!
(vermiculite)



@ Dr. Pántya Péter

<https://www.eurofeu.fr/eurofeu-distribution/metiers/extinction/extincteurs/gamme-extincteurs/lithex-descriptif.html>



PERFORMANCES

1 L 3A

2 L 5A

6 L 13A

9 L 13A



6 l ≈ 180.000 ft

Tűz utáni kezelés

- ✓ mindig szükséges, csak kiképzett személyzet
- ✓ szükséges folyamatok méret és kialakítás függvényében:
 - szellőzés, szellőztetés fenntartása
 - oltóanyag okozta korrózió hatásai
 - kivonás a területről
 - elkülönítés
 - hőmérséklet figyelése
 - visszagyulladás figyelése
 - helyreállítás
- ✓ szennyezett oltóvíz gyűjtése, ártalmatlanítása

„karantén” –
oltás után



@ Dr. Pántya Péter

Oltási utáni kezelés - újdonságok

akár több hetes hűtés / megfigyelés

kutatások, hogy ez hogyan csökkenthető?



@ Dr. Pántya Péter

Oltási utáni kezelés - újdonságok



4-5 perc alatt szerelhető teljesen
olcsóbb, gyorsabb, tárolhatóbb ...



Köszönöm a megtisztelő figyelmet!

Veresné Rauscher Judit

okl. építészmérnök, okl. tűzvédelmi tervezési szakmérnök, építésügyi tűzvédelmi tervező

Tűzvédelmi Mérnökök Közhasznú Egyesületének elnöke

NKE RTK Katasztrófavédelmi Intézet, tanársegéd

elnok@tmke.hu rauscher.judit@uni-nke.hu