



ÓBUDAI EGYETEM  
ÓBUDA UNIVERSITY

**TÉZISFÜZET**

---

**KONCZ ANNAMÁRIA**

# Műszaki laboratórium előzetes kockázatértékelési eljárásának kidolgozása

Témavezetők: Pokorádi László, CSc, habil

Johanyák Zsolt Csaba, PhD, habil

---

**BIZTONSÁGTUDOMÁNYI  
DOKTORI ISKOLA**

Budapest, 2022

# Tartalomjegyzék

1	Összefoglalás.....	3
2	A kutatás előzményei.....	4
3	Célkitűzések .....	5
4	Vizsgálati módszerek és limitációk .....	5
5	Új tudományos eredmények .....	6
6	Az eredmények hasznosítási lehetősége .....	7
7	Irodalmi hivatkozások listája/Irodalomjegyzék .....	8
8	Publikációk.....	9
8.1	A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények .....	9
8.2	További tudományos közlemények .....	9

# 1 Összefoglalás

*Értekezésemben lítium-ion akkumulátor vizsgáló laboratóriumok előzetes kockázatértékelési eljárásával foglalkoztam. Kutatásomban a hagyományos Hibamód- és hatáselemzés (Failure Mode and Effect Analysis - FMEA) alkalmazhatóságát is vizsgáltam az előzetes kockázatelemzés céljaira, de arra a következtetésre jutottam, hogy az elemzéshez ott általánosan használt három tényező nem fedti le a gyakorlati befolyásoló tényezők összességét, és ezt szakirodalmi kutatással támasztottam alá. A lítium-ion akkumulátor vizsgálati terület különlegessége abból adódik, hogy a vizsgált laboratóriumi folyamat szándékolt hibaállapotok létrehozását célozza, ezért a hagyományos Folyamat-FMEA alkalmazása nem elégséges előzetes kockázatértékelés céljaira. Az alkalmazhatósági problémák a következők: szubjektivitás (az elemzés fókuszja a résztvevők szakértelmétől függ), időigényesség (a megfelelően elkészített elemzés túl sok munkaórát vesz igénybe több szakértőtől), az integráció hiánya (nem megfelelő kapcsolat a felhasznált adatokkal), kései alkalmazás (utólagos, megkésett elemzés), információkezelési problémák (az alapvető információk hiánya), szakértői problémák (csapattagok alacsony szintű felkészültsége), magas költségek (magas ráfordított erőforrások). Termék-FMEA oldalról (gyártói oldalról) is magas bizonytalansággal számolhatunk, hiszen a nem autóiipari akkumulátorok esetén nem kötelező az elemzések elvégzése, illetve a gyártók a felhasznált cellákat illetően is információhiánnyal küzdenek (a cellagyártók minimális információt bocsátanak az akkumulátorgyártók rendelkezésére), ezáltal az átadott termékreleváns információk összessége korlátozott. A fentiek alapján az autóiiparban általánosan alkalmazott folyamat- és termékreleváns elemzések összekapcsolása nem lehetséges. A termékvizsgáló laboratóriumok működése során a legmagasabb szintű munkabiztonság az elvárt állapot, de a gyakorlatban előfordulnak olyan helyzetek (időhiány, vagy ügyfélspecifikus validációs tesztek esetén a tapasztalat hiánya), amikor gyors döntésekre van szükség, ami egy új módszer kidolgozását teszi szükségessé.*

*Az általam javasolt eljárás (Hierarchical Overall Risk Analysis - HORA) egy hierarchikus fuzzy következtetési rendszeren alapul, amely három fő szempontcsoportot vesz figyelembe (termék, folyamat, és rendszer szint), a modell ennek megfelelően három fuzzy alrendszerből áll. Ezek határozzák meg a szándékolt hibaállapotot célzó tesztelési eljárások jellemzőit: a termék kockázatokat (Controllability, és Occurrence tényezők), a vizsgálati folyamat kockázatait (Protection és Effectiveness tényezők), valamint a laboratóriumi rendszerrel kapcsolatos kockázatokat (amelyeket a kombinált jellemzők képviselnek, System/Cost). Az egyes tényezőknek saját értékelési*

*katalógust készítettem el annak érdekében, hogy a mérnökök számára megkönnyítsem az eljárás alkalmazását.*

*Az általam kidolgozott eljárás validálását szakértő akkumulátor vizsgáló mérnökök segítségével végeztem el. A validálási eljárás tapasztalatai alapján a HORA megfelelően alkalmazható laboratóriumi előzetes kockázatértékelések készítéséhez, és a mérnöki vizsgálati projektek előkészítéséhez.*

## **2 A kutatás előzményei**

Az 1980-as évek óta folyik a lítium-ion akkumulátorok fejlesztése, amelyet Stanley Whittingham, John Goodenough és Josino Akira tudományos munkássága alapozott meg. A három tudóst úttörő munkájáért 2019-ben kémiai Nobel-díjjal tüntették ki [1], eredményeik forradalmasították a hordozható energiaforrás-eszközök piacát. Napjainkban a lítium-ion akkumulátorok megkerülhetetlen részei életünknek: laptopok, kézi szerszámok, elektromos eszközök, sőt e-mobilitási eszközök tartozékai is. Az alkalmazott cellák száma kéziszerszámok esetén legalább egy, az elektromos autóknál akár az ezret is elérheti.

A lítium-ion akkumulátorok iránti kereslet nagy, mivel alkalmazásuk széles körben elterjedt az iparban. A COVID-19 világjárvány idején megnőtt a lítium-ion akkumulátorok iránti igény, mivel a „home office”-ra való áttérés átalakította a mindennapi életünket, és megnőtt a kereslet a hordozható elektromos eszközök iránt. Az elmúlt időszakban lítium-ion cella hiány alakult ki a piacon, és az alapanyag ellátás nem egyenletes a piacon a gyártók számára [2].

A fent említett technológiai és piaci szempontok jelentős hatással vannak az akkumulátorvizsgáló laboratóriumokra, mivel szolgáltatásaik iránti kereslet nem kiegyensúlyozott; a munkaterhelésben kiemelkedő csúcsok vannak. Ez felgyorsítja a vizsgálati projekteket, ami részben a projekt előkészítési idők csökkenéséhez vezet, és ezzel a projektek ütemideje megközelíti a technológiai időigényt. Ilyen körülmények között a biztonság szempontja egyre fontosabbá válik, mivel a lítium-ion akkumulátor vizsgálatok potenciálisan veszélyesek a munkakörnyezetre, és a műszaki laboratórium mérnökeire egyaránt. Mindemelett a gyorsaság nem mehet a biztonság rovására, ezért véleményem szerint új gyakorlati kockázatértékelési módszerek kialakítása, és alkalmazása szükséges.

### 3 Célkitűzések

Kutatásom célja egy olyan új előzetes kockázatértékelési módszer kidolgozása volt, amely megoldást kínál a gyakorlati mérnöki munka kihívásaira, a lítium-ion akkumulátor tesztekkel összefüggésben.

Kutatásom során a következő részcélokat tűztem ki:

- input tényezők meghatározása,
- értékelési katalógusok meghatározása,
- fuzzy rendszerek/alrendszerek meghatározása,
- output tényezők meghatározása,
- eredmények validációja.

### 4 Vizsgálati módszerek és limitációk

Értekezésemben az UN 38.3 [3] szerinti szállítási biztonság teszteket vettem alapul, nem foglalkoztam cella szintű tesztekkel, és egyéb szabványosított vizsgálati előírásokkal. Az értekezésben nem elemeztem mélységükben az elektrokémiai kockázatokat, csak az általános munkabiztonsági kockázatokat. Munkám nem tér ki az elektromos autók akkumulátorainak vizsgálatára, a javasolt modell nem rendszeroptimalizálásra, hanem előzetes kockázatelemzésre szolgál.

Az általam javasolt eljárás egy hierarchikus fuzzy következtetési rendszeren alapul, amely három fő szempontcsoportot vesz figyelembe (termék, folyamat, és rendszer szint), a modell ennek megfelelően három fuzzy alrendszerből áll. Ezek határozzák meg a szándékolt hibaállapotot célzó tesztelési eljárások jellemzőit: a termék kockázatokat (*Controllability*, és *Occurrence* tényezők), a vizsgálati folyamat kockázatait (*Protection* és *Effectiveness* tényezők), valamint a laboratóriumi rendszerrel kapcsolatos kockázatokat (amelyeket a kombinált tényezők képviselnek, System/Cost). Az egyes tényezőknek saját értékelési katalógust készítettem el annak érdekében, hogy a mérnökök számára megkönnyítsem az eljárás alkalmazását. A fuzzy logikán alapuló komplex eljárást modellezése Matlab segítségével történt, és a validálási folyamathoz Taguchi  $L_{75} 5^8 15^1$  kísérlettervét alkalmaztam [4], [5].

Az általam kidolgozott eljárás validálását szakértő akkumulátor vizsgáló mérnökök segítségével végeztem el. A validálási eljárás tapasztalatai alapján a HORA eljárás megfelelően alkalmazható laboratóriumi előzetes kockázatértékelések készítéséhez, és a mérnöki vizsgálati projektek előkészítéséhez.

## 5 Új tudományos eredmények

- **1. tézis (T1): Igazoltam**, hogy lítium-ion akkumulátorok szabványos laboratóriumi vizsgálataihoz előzetes kockázatértékelés szükséges.

A **T1 tézist** tudományos kutatásom eredményei támasztják alá, amelyeket a következőkben publikáltam [KA1], [KA2] és [KA3].

- **2. tézis (T2): Bizonyítottam**, hogy a hagyományos FMEA alapú elemzések nem elegendőek egy lítium-ion akkumulátor vizsgáló laboratórium előzetes kockázatértékeléséhez.

A **T2 tézist** tudományos kutatásom eredményei támasztják alá, amelyeket a következőkben publikáltam [KA1], [KA2] és [KA3].

- **3. tézis (T3): Új, saját előzetes kockázatértékelési módszert dolgoztam ki** Hierarchical Overall Risk Analysis (HORA) néven.

A **T3 tézist** az újonnan kialakított modell eredményeivel igazoltam, és publikációmmal [KA3] támasztottam alá.

- **3. a tézis (T3.a):** Szakértők (tesztmérnökök) bevonásával **bizonyítottam** a HORA módszer megfelelő működését.

A **T3.a** tézisémet az újonnan felállított modell eredményeivel igazoltam, és publikációmmal [KA3] támasztottam alá.

- **3. b tézis (T3.b): Meghatároztam** az előzetes kockázatértékeléshez szükséges tényezőket.

A **T3.b** tézist az újonnan felállított modell eredményeivel igazoltam, és publikációmmal [KA3] támasztottam alá.

- **3.c tézis (T3.c): Bevezettem** egy kombinált *Severity / Cost* tényezőt, amely felhasználható technológiai események komplex értékelésére.

A **T3.c** tézist az újonnan kialakított modell eredményeivel igazoltam, és publikációmmal [KA3] támasztottam alá.

- **4. tézis (T4):** Egyedi értékelési katalógusokat **alakítottam ki** az egyes tényezők (*Occurrence, Controllability, Protection, Effectiveness, Severity / Cost*) értékelésére, biztosítva a HORA módszer további adaptivitását.

A **T4** tézist az újonnan felállított modell eredményeivel igazoltam, és publikációmmal [**KA3**] támasztottam alá.

## **6 Az eredmények hasznosítási lehetősége**

További kutatási lehetőségek rejlenek a fuzzy szignatúrák [6], a fuzzy szabályozáselmélet [7], a kognitív térképek [8] és a szabálybázis egyszerűsítési technikák alkalmazhatóságának vizsgálatában [9]. Az egyik lehetséges jövőbeli kutatási lépés egy döntéshozó (DM) alkalmazás [10] létrehozása, a HORA eljárás kibővítésével. Ennek a jövőbeli megközelítésnek az a célja, hogy rugalmas küszöbértékekkel rendelkező, rendkívül hatékony DM alkalmazást biztosítson. A testre szabott DM megközelítés alkalmazásával az előzetes kockázatértékelés kombinálható egy rendszerbe épített döntéshozó eszközzel, amely csökkenti a projekt-előkészítési feladatokra fordított időt.

## 7 Irodalmi hivatkozások listája/Irodalomjegyzék

- [1] "The Nobel Prize in Chemistry 2019," [Online]. Available: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/2019/summary/>. [Accessed 19 10 2021].
- [2] A. Lee, "After Chip Crisis, Is Battery Shortage Next?," [Online]. Available: <https://www.ttnews.com/articles/after-chip-crisis-battery-shortage-next>. [Accessed 19 10 2021].
- [3] "UN Manual of Tests and Criteria Rev.7 and Amend.1," United Nations, 2021.
- [4] Jankovic, A., Chaudhary, G. and Goia, F., "Designing the design of experiments (DOE) – An investigation on the influence of different factorial designs on the characterization of complex systems," *Energy & Buildings*, vol. 250, 2021.
- [5] Soares, F. J., Carvalho, L., Costa, I. C., Iria, J. P., Bodet, J. M., Jacinto, G., Lecocq, A., Roessner, J., Caillard, B. and Salvi, O., "The STABALID project: Risk analysis of stationary Li-ion batteries for power, system applications," *Reliability Engineering and System Safety*, no. 140, pp. 142-175, 2015.
- [6] R. Precup and S. Preitl, "Development of fuzzy controllers with non-homogeneous dynamics for integral-type plants," *Electrical Engineering*, vol. 85, no. 3, pp. 155-168, 2003.
- [7] S. Blažič, I. Škrjanc and D. Matko, "A robust fuzzy adaptive law for evolving control systems," *Evolving Systems*, vol. 5, pp. 3-10, 2014.
- [8] K. C. R. V. J. a. P. M. Mls, "Interactive evolutionary optimization of fuzzy cognitive maps," *Neurocomputing*, no. vol. 232, pp. 55-68, 2017.
- [9] D. Vincze and S. Kovács, "Rule-base reduction in Fuzzy Rule Interpolation-based Q-learning," *Recent Innovations in Mechatronics*, vol. vol. 2, 2015.
- [10] M. Deveci, V. Simic and A. Torkayesh, "Remanufacturing facility location for automotive Lithium-ion batteries: An integrated neutrosophic decision-making model," *Journal of Cleaner Production*, 2021.



## 8 Publikációk

### 8.1 A tézispontokhoz kapcsolódó tudományos közlemények

- [KA1] A. Koncz, L. Pokorádi, Zs. Cs. Johanyák: Compared risk analysis of automated and manual safety solutions for transport safety testing of Li-ion batteries, 20th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI) Proceedings (2020)
- [KA2] A. Koncz: Transport safety testing of lithium-ion batteries and their risk concerning laboratory environment during tests, Proceedings of the 16th MINI Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, Hungary, Budapest University of Technology and Economics, manuscript accepted (2020)
- [KA3] A. Koncz, Zs. Cs. Johanyák, L. Pokorádi: Hierarchical Overall Risk Analysis (HORA) Model for the Preliminary Risk Analysis of Lithium-Ion Battery Testing Laboratories, PROCEEDINGS OF THE ROMANIAN ACADEMY – SERIES A: Mathematics, Physics, Technical Sciences, Information Science (ISSN: 1454-9069), journal published by Editura Academiei Romane (Romanian Academy Publishing House), Calea 13 Septembrie, no. 13, S5, 050711, Bucharest, Romania, pp. 89-97

### 8.2 További tudományos közlemények

- [KA4] A. Koncz: A Hibamód- és Hatáselemzés alkalmazása napjaink autóiiparában, Bánki Report, I. : 3. pp. 15-20. , 5 p. (2018)
- [KA5] A. Koncz, L. Pokorádi, Gy. Szabó: Failure Mode and Effect Analysis and its extension possibilities, Repüléstudományi Közlemények (1997-TŐL) 1: XXX pp. 247-
- [KA6] A. Koncz, L. Pokorádi, Zs. Cs. Johanyák: Fuzzy logic in automotive engineering, Gradus, 5 : 2 pp. 194-200. , 7 p. (2018)
- [KA7] A. Koncz, L. Pokorádi: 8D usage in the automotive industry, 18th IEEE International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI) Proceedings (2018)
- [KA8] A. Koncz: Failure Mode and Effect Analysis types in the automotive industry, Proceedings of the 16th MINI Conference on Vehicle System Dynamics, Identification and Anomalies, Budapest, Hungary, Budapest University of Technology and Economics, pp. 321-328. , 10 p. (2019)

- [KA9] A. Koncz, L. Pokorádi, Zs. Cs. Johanyák: Risk analysis in the automotive industry, Repüléstudományi Közlemények, 31: 3 pp. 119-124. , 6 p. (2019)
- [KA10] A. Koncz, Zs. Cs. Johanyák, L. Pokorádi: Fuzzy approaches in failure mode and effect analysis, International Journal of Artificial Intelligence, 19(1), pp. 56–76 (2021)
- [KA11] A. Koncz, Zs. Cs. Johanyák, L. Pokorádi: Multiple Criteria Decision Making method solutions based on failure mode and effect analysis, Annals of Faculty Engineering Hunedoara – International Journal Of Engineering, XIX, 2021/1 (2021)
- [KA11] A. Koncz: A 8D problémamegoldó technika, Repüléstudományi Közlemények, XXVII., 3 pp. 7-17, 11 p. (2015)
- [KA13] A. Koncz: A lean szemlélet eszköztára, Gradus: pp. 229-241, 13 p. (2017)