



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

# Samochody elektryczne a bezpieczeństwo pożarowe garaży

Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

Małgorzata Król

---

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

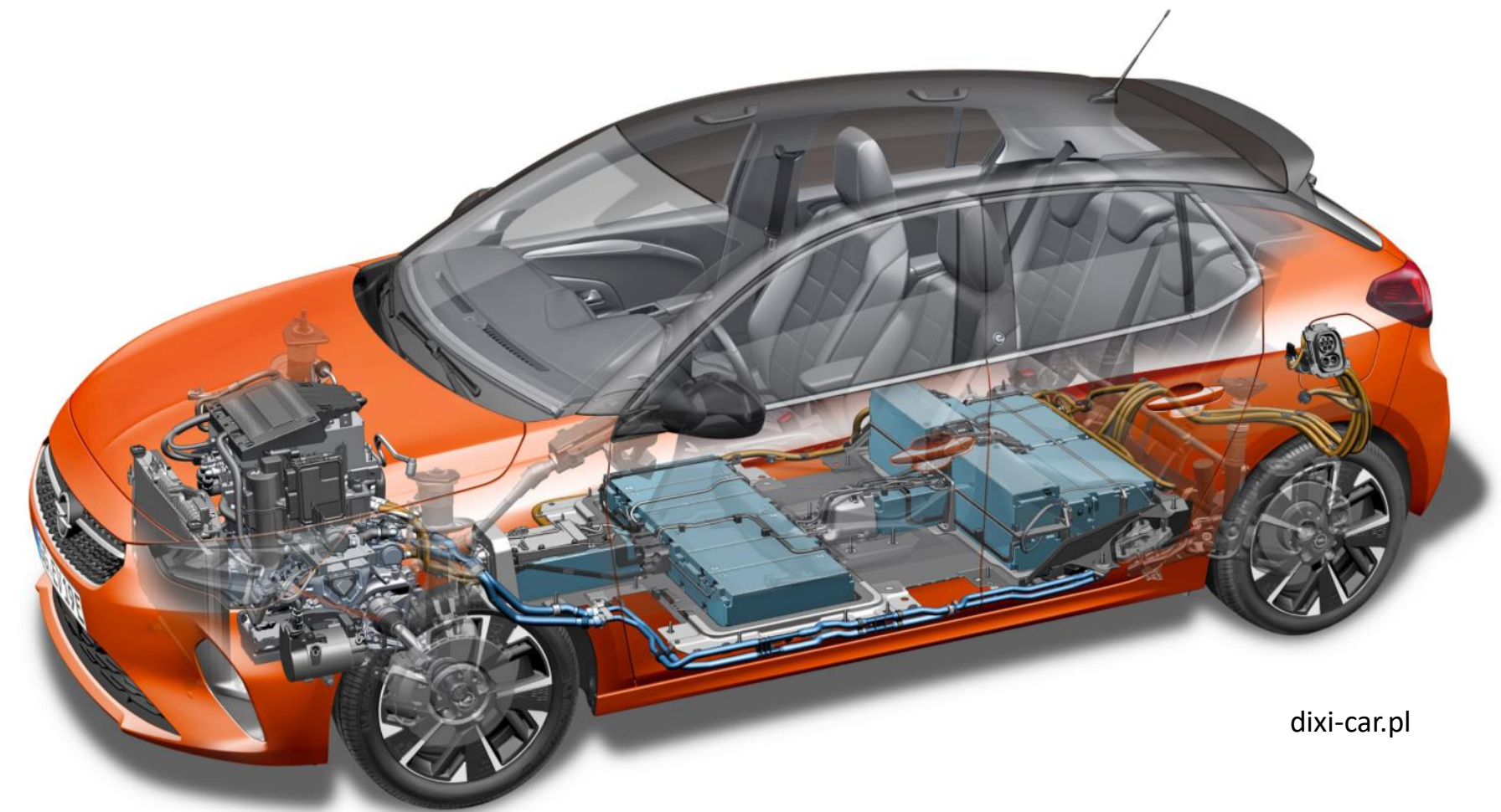
- ✓ Aktualnie samochody elektryczne stanowią <0,5% rejestrowanych nowych, samochodów osobowych.
- ✓ Przepisy mają nakazywać aby wszystkie nowobudowane budynki mieszkalne z garażami podziemnymi miały stanowiska do ładowania samochodów elektrycznych.



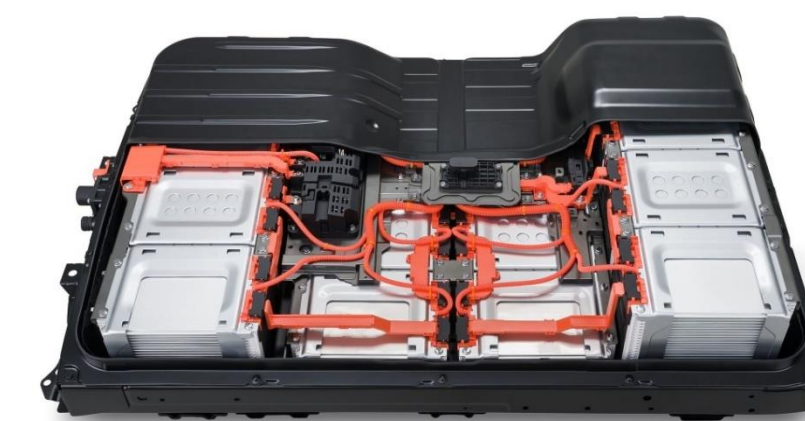
autokult.p  
|

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

- ✓ Baterię (akumulator) litowo-jonową charakteryzuje duża gęstość magazynowanej energii, długi cykl życia i niska waga.
- ✓ Bateria może się składać z dowolnej liczby ogniw, np. w akumulatorze Tesli S znajduje się ponad 7000 ogniw połączonych w moduły.
- ✓ Moduły są chronione przed uszkodzeniem, ciepłem i wibracjami, specjalną ramą, w obrębie której znajduje się okablowanie, pętle chłodzące i moduły, które zarządzają mocą, ładowaniem/rozładowaniem oraz temperaturą, nazywane systemem zarządzania baterią BMS (Battery Management System).



dixi-car.pl

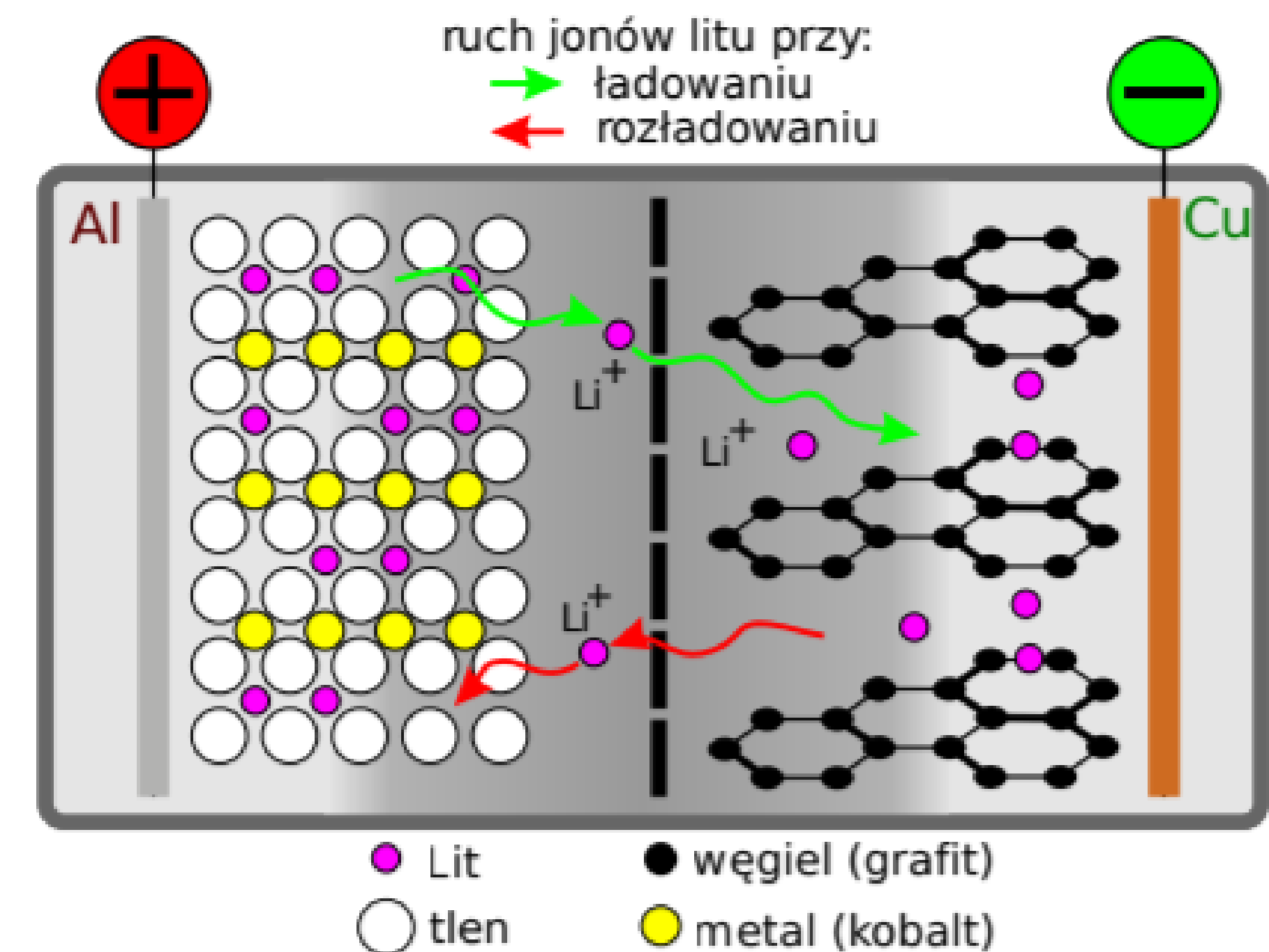


elektrowoz.pl

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

Ogniwo zbudowane jest z katody, anody, separatora i elektrolitu,

- Katoda – tlenek litu i kobaltu (mangan, glin, tytan),
- Anoda – grafit,
- Separator – polietylen, polipropylen,
- Elektrolit
  - wodne roztwory  $\text{LiPF}_6$ ,  $\text{LiBF}_4$ ,
  - stałe polimery zawierające sole litu,



# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

- ✓ Dotychczasowe badania pokazują, że prawdopodobieństwo pożaru i moc tego pożaru dla samochodu elektrycznego jest podobna jak dla samochodu zasilanego benzyną.
- ✓ Pożar samochodu elektrycznego jest trudniej ugasić.
- ✓ Ciągłe jest wiele niewiadomych odnośnie pożaru samochodów elektrycznych. Związane to jest z nieustającym rozwojem baterii litowo-jonowych, zwiększa się ich pojemność, obniża wagę ignorując jednocześnie niebezpieczeństwo związane z pożarem tych baterii.

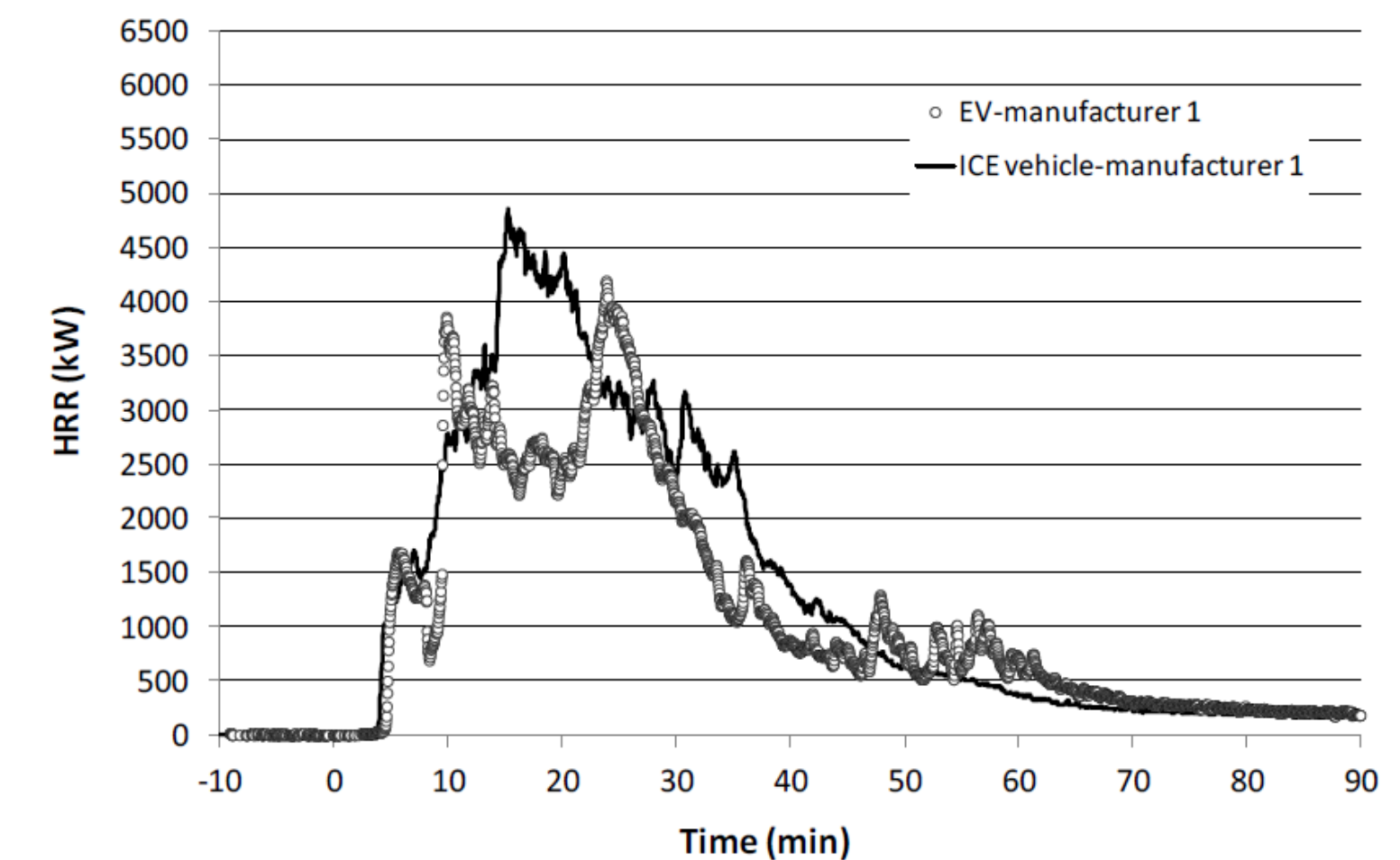


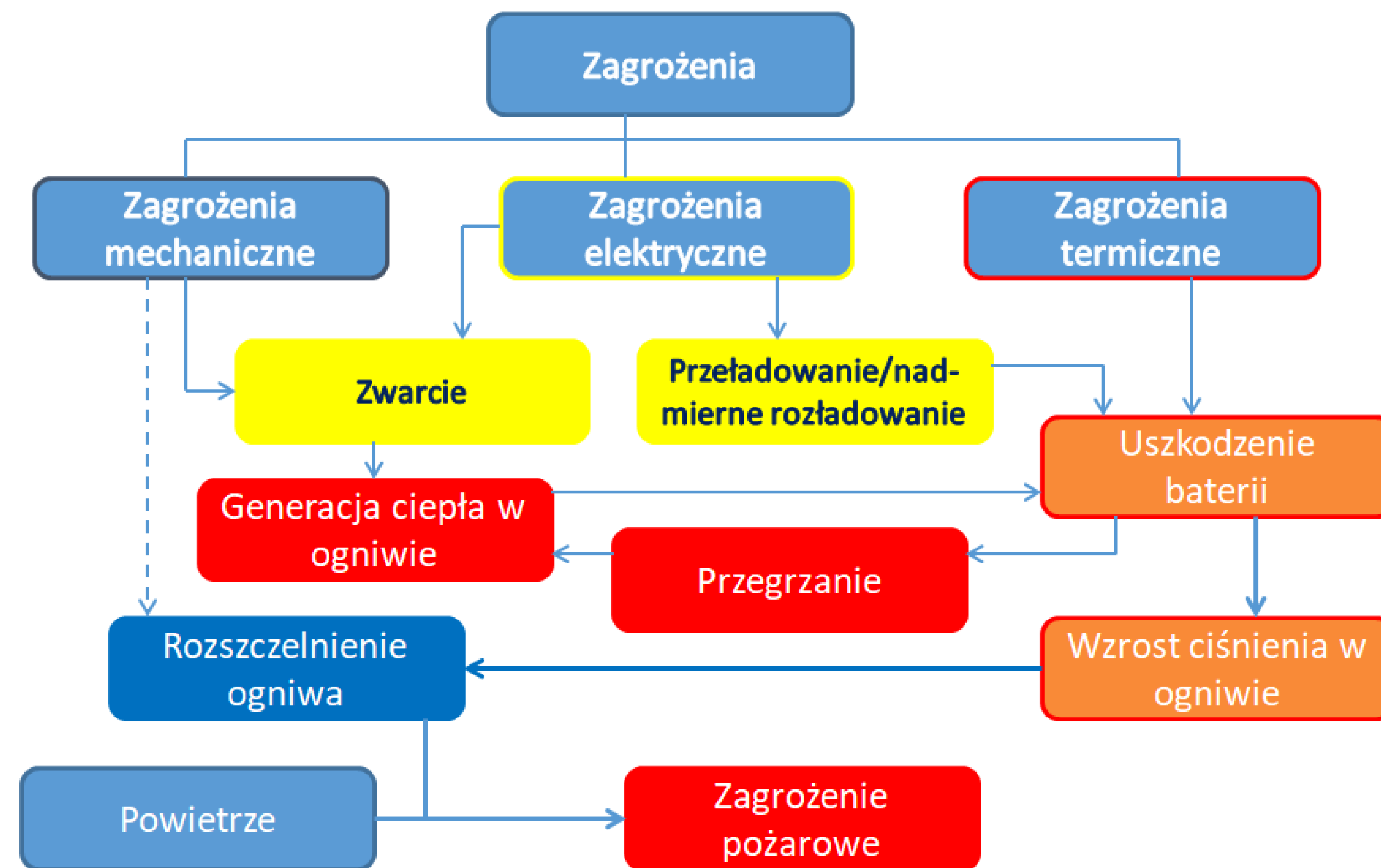
Figure 2 Comparison of the heat release rate vs. time for EV and analogous ICE vehicle tests for the car manufacturer 1.

A. Lecocq et al. Comparison of the fire consequences of an electric vehicle ...  
International Conference on Fires In Vehicles - FIVE 2012, Sep 2012, United States.

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

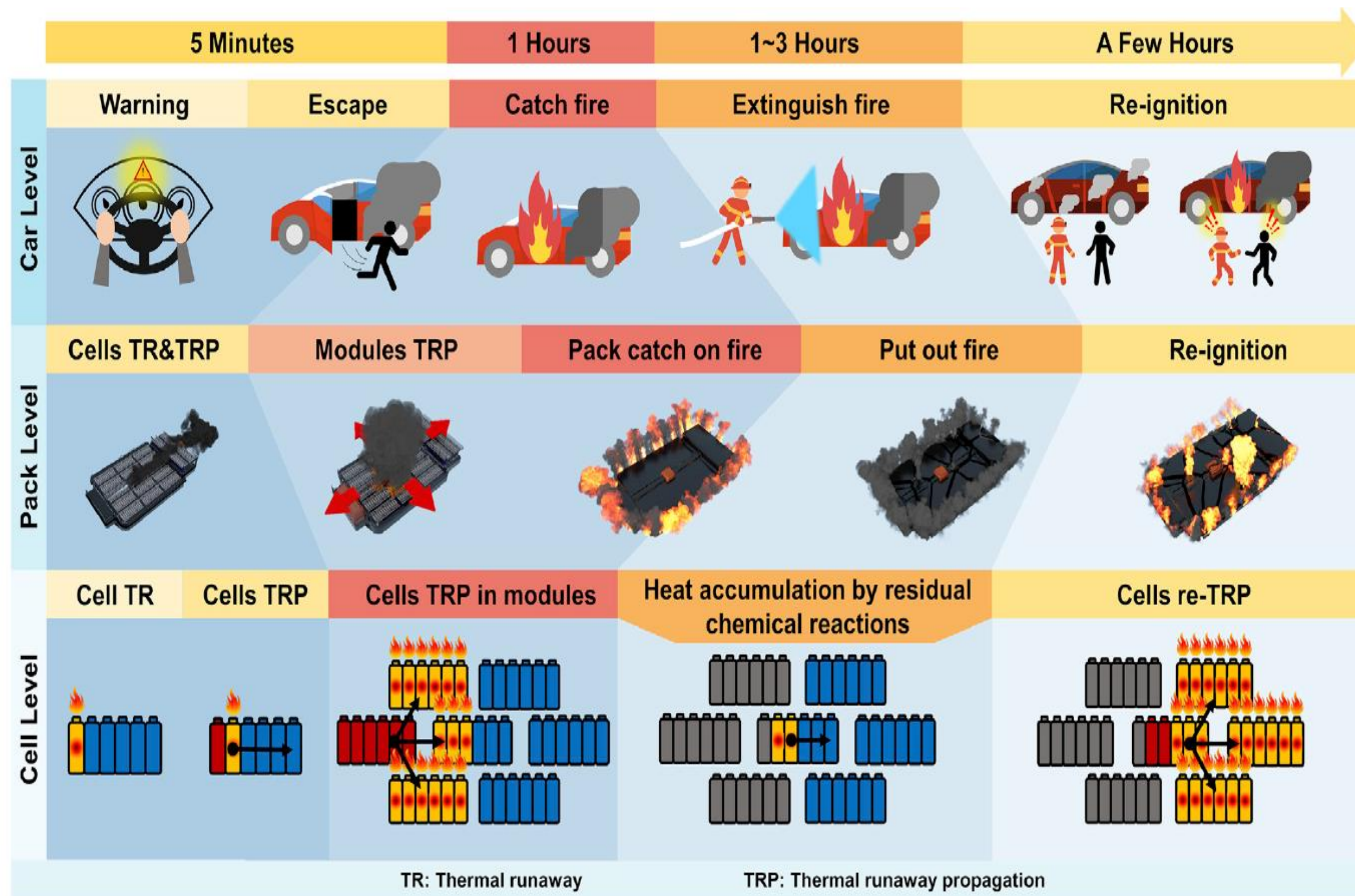
Przegrzanie baterii litowo – jonowej (thermal runaway):

- Najczęstszy problem z baterią litowo – jonową,
- Dochodzi do reakcji łańcuchowych, temperatura wewnątrz wzrasta ponad  $10^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ,
- Przy temperaturze ok.  $70^{\circ}\text{C}$  → reakcja między elektrolitem a anodą,
- Przy temperaturze ok.  $130^{\circ}\text{C}$  → separator topi się powodując wewnętrzne zwarcie,
- Przy temperaturze ok.  $150^{\circ}\text{C}$  → otwiera się wentyl bezpieczeństwa (safety vent), na zewnątrz wydostają się palne gazy i następuje wyrzut czarnego dymu i płomieni.



Na podstawie: D. Sturk et al. Fire Tests on E-vehicle battery cells and packs

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych



W.Huang et al. Questions and Answers Relating to Lithium-Ion Battery Safety Issues, Physical Science

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

- ✓ Uszkodzenie baterii litowo-jonowych powoduje uwalnianie trujących związków takich jak fluorowodór, cyjanowodór, chlorowodór i inne.
- ✓ Część tych związków pod wpływem wysokiej temperatury może tworzyć inne niebezpieczne substancje.

Związek chemiczny	Wzór	Charakterystyka
Fluorowodór	HF	bezbarwny, gryzący zapach, silnie toksyczny
Fluorek fosforylu	POF <sub>3</sub>	bezbarwny, gryzący zapach, toksyczność nieokreślona (prawdopodobnie wysoka)
Kwas fosforowy	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	bezbarwny, bezwonny, toksyczny
Lotne związki organiczne	VOC	drażniące, mogą być toksyczne
Fosforowodór	PH <sub>3</sub>	bezbarwny, bezwonny, palny, silnie toksyczny
Aerosole metali ciężkich	Co, Ni, Mn	silnie toksyczne

Na podstawie: Risk minimization of electric vehicle fires in underground traffic infrastructures, DETEC



# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

- ✓ Badania pokazują, że ilość uwalnianego fluorowodoru może być nawet dwukrotnie większa w przypadku pożaru samochodu elektrycznego niż tradycyjnego.
- ✓ W Finlandii w laboratorium poddano spaleniu baterie litowo-jonowe z katodą NMC (nikiel-mangan-kobalt). W dwóch kolejnych badaniach uzyskano stężenie fluorowodoru 9,2 oraz 18,0 mg/m<sup>3</sup>.
- ✓ NDS w ciągu zmiany roboczej wynosi 0,5 mg/m<sup>3</sup>.
- ✓ Stężenie śmiertelne wynosi 40 mg/m<sup>3</sup>.

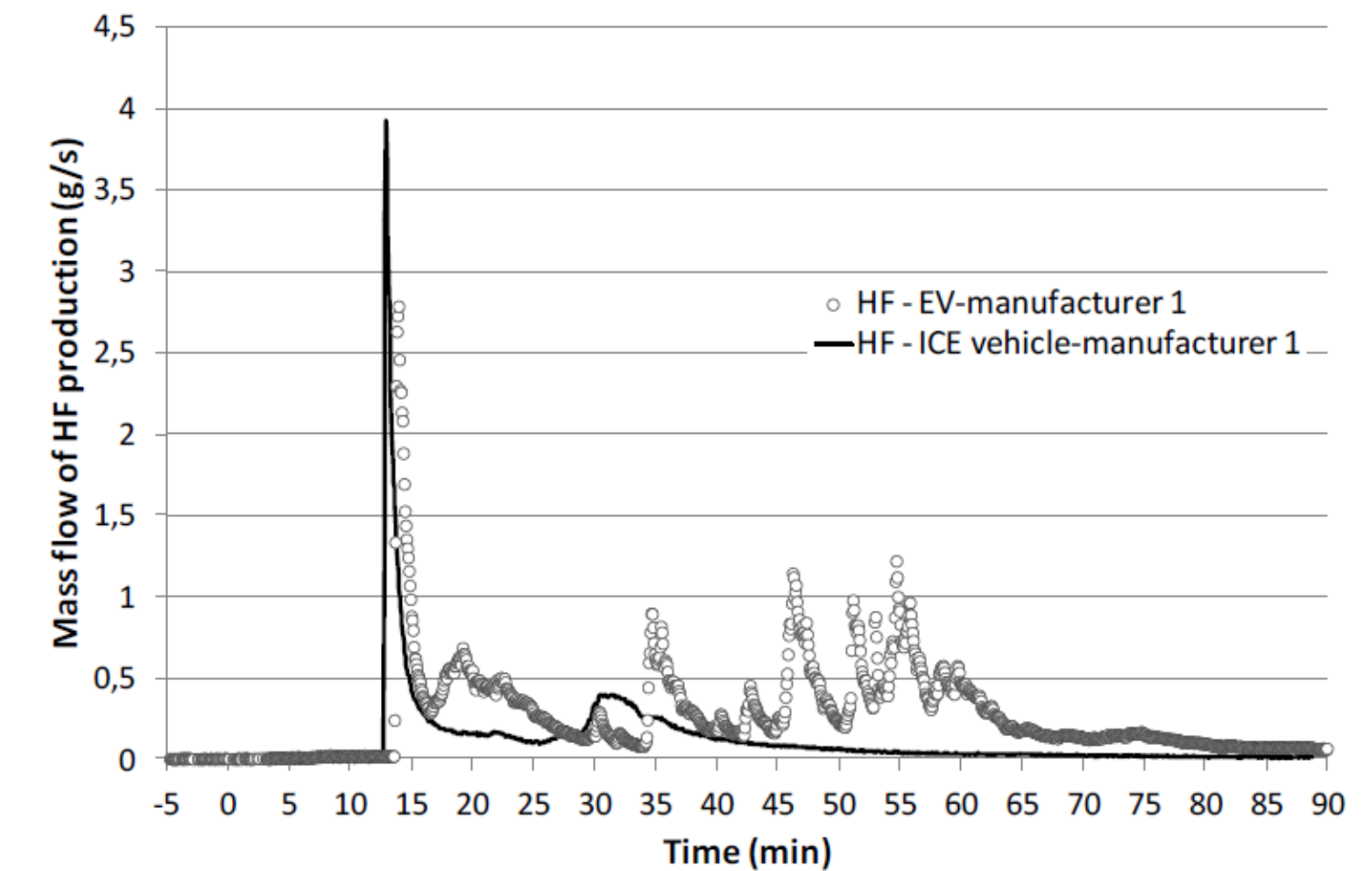
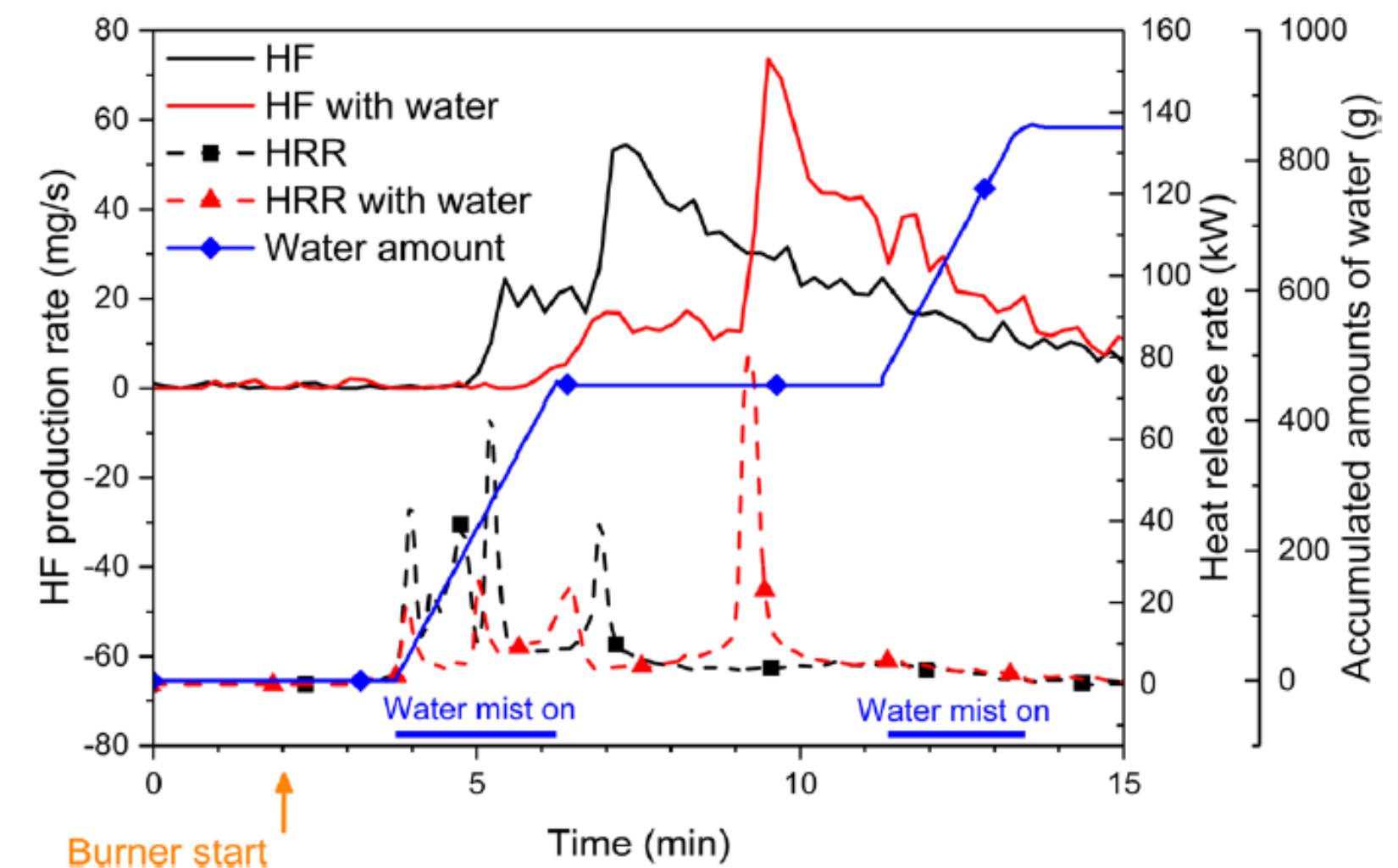


Figure 6 Comparison of HF production vs. time for EV and analogous ICE vehicle tests for the car manufacturer 1

A. Lecocq et al. Comparison of the fire consequences of an electric vehicle ... International Conference on Fires In Vehicles - FIVE 2012, Sep 2012, United States.

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

- ✓ Proces gaszenia palących się baterii powoduje reakcje wody z substancjami uwalnianymi z baterii w czasie pożaru.
- ✓ Baterie litowo-jonowe zawierają lit elementarny, który w kontakcie z wodą wykazuje silną egzotermiczną reakcję z utworzeniem wodoru i wodorotlenku litu.
- ✓ Powstały wodór  $H_2$  jest wybuchowy pod ciśnieniem atmosferycznym przy zawartości procentowej objętości od 4 do 77%.
- ✓ Ten bardzo szeroki zakres proporcji mieszanin palnych sprawia, że wodór jest tak niebezpieczny, zwłaszcza w infrastrukturze podziemnej.



Larsson, F. et al. Toxic fluoride gas emissions from lithium-ion battery fires. Sci. Rep. 8, 5265 (2018).

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

- ✓ Pożar samochodu elektrycznego jest szczególnie niebezpieczny w zamkniętej przestrzeni.
- ✓ Najczęściej konstrukcja parkingu poziomego jest zaprojektowana na pożar 3 – 4 samochodów.
- ✓ Woda jest ciągle uważana za najefektywniejszy środek gaśniczy mimo, że należy jej zużyć bardzo dużo do obniżenia temp. akumulatora (5-10 tys. litrów).
- ✓ Współcześnie pożary garaży podziemnych mają gwałtowny przebieg przede wszystkim z powodu zwiększenia się udziału tworzyw sztucznych w masie samochodów .



<https://www.greencarreports.com/>

# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych



# Zagrożenia związane z parkowaniem samochodów elektrycznych w garażach podziemnych

Propozycje działań mających na celu poprawę bezpieczeństwa w garażach podziemnych:

- ✓ Oddzielenia miejsc postojowych z opcją ładowania samochodu, od innych samochodów, za pomocą ścianek z materiałów niepalnych lub poprzez pas wolnej przestrzeni.
- ✓ Wentylacja mechaniczna w przestrzeni garażu. Instalowanie automatycznie uruchamianego systemu odprowadzania dymu i ciepła nad miejscami postojowymi z opcją ładowania samochodów elektrycznych.
- ✓ Instalowanie systemów tryskaczowych lub systemów mgły wodnej.

# DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

---



E-mail

[malgorzata.krol@polsl.pl](mailto:malgorzata.krol@polsl.pl)



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA  
INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI