

***Zabezpieczenia przeciwpożarowe
w garażach i miejscach ładowania
przeznaczonych do parkowania
i ładowania pojazdów elektrycznych***

Bartosz Janusz

Temat prezentowany podczas
Ogólnopolskich warsztatów
"Sygnalizacja i automatyka pożarowa SAP 2022"
przez mgr inż. Edwarda Skiepmo

W prezentacji wykorzystano prezentację Małgorzaty Król Politechnika Śląska,
pt. „, Samochody elektryczne a bezpieczeństwo pożarowe garaży”
oraz korzystano z materiałów mgr inż. Edwarda Skiepmo



© Imago Images/7aktuell/F. Geier

Koło Bruchsal straż pożarna gasiła transporter z 7 samochodami elektrycznymi

W Polsce jest:

- ok. 42 700 pojazdów elektrycznych, w tym:
- ok. 20 167 to pojazdy typowo elektryczne,
- ok. 20 737 to pojazdy hybrydowe,
- 899 pojazdów ciężarowych elektrycznych,
- 1000 motorowerów
i motocykli
- 500 autobusów
- ok. 1650
ogólnodostępnych
stacji ładowania





Aktualnie samochody elektryczne stanowią $<0,5\%$ rejestrowanych nowych, samochodów osobowych.

Przepisy wymuszają, by wszystkie nowobudowane budynki mieszkalne z garażami podziemnymi miały stanowiska do ładowania samochodów elektrycznych.

W 2020r. doszło w Polsce do 7 827 pożarów samochodów osobowych. Nie ma szczegółowych danych ile z nich było samochodów elektrycznych

PRZYCZYNY POŻARÓW pojazdy „tradycyjne”

- zwarcie przewodów wysokiego napięcia – najczęściej uszkodzenia przewodów prowadzących od świec zapłonowych
 - Nieszczelności w układzie paliwowym – wypływające paliwo może zapalić się od nagrzanego silnika lub iskry
 - Kontakt nagrzanego katalizatora z paliwem – wysoka temperatura dochodząc do 600°C w przypadku kontaktu z paliwem, a nawet jego oparami lub otoczeniem np. ściętą trawą, suchą ściółką
 - Wady techniczne układu wspomagania kierownicy – układ hydrauliczno-elektryczny umieszczony jest za nadkolem, może ulec uszkodzeniu w wyniku kolizji
 - Wzrost rezystancji styków bezpieczników lub ich nieprawidłowy dobór – zmiana rezystancji powoduje nagrzewanie się styków bezpieczników i ich topnienie a nieprawidłowy dobór zabezpieczeń – do przeciążenia i zwarcia przewodów
-
-

- Samodzielne naprawy i przeróbki
- Nadmierne ogrzewanie samochodu
- Wyciek oleju silnikowego
- Wady techniczne niektórych modeli samochodów



PRZYCZYNY POŻARÓW pojazdy elektryczne

Potocznie określeniem „samochód elektryczny” określa się zarówno pojazd typowo elektryczny jak i hybrydowy.

Samochody elektryczne (BEV – ang. Battery Electric Vehicles) cechuje odmienna budowa niż pojazdy z silnikiem spalinowym i elektrycznym (PHEV – ang. Plug-in Hybrid Electric Vehicles).

Tak jak benzyna lub olej napędowy w silniki są główną przyczyną pożarów samochodów konwencjonalnych, tak w samochodach elektrycznych może stać się nią akumulator.



BEV, PHEV, HEV, mHEV – jak się w tym połąpać?

EV (z ang. Electric Vehicle) – do niedawna tak oznaczano samochody wyłącznie na prąd, wyposażone w baterie i motor elektryczny. Dzisiaj znacznie częściej określenie EV stosuje się do grupy samochodów, których napęd zawiera motor elektryczny, ale nie musi on występować samodzielnie, a może być jedynie uzupełnieniem jednostki spalinowej.

BEV (Battery Electric Vehicle) – typowy elektryk, do napędu którego użyto tylko i wyłącznie motoru, lub motorów elektrycznych, a zamiast baku z paliwem mamy akumulatory, (najczęściej litowo-jonowe).

Montowane są tuż pod podłogą, dzięki czemu obniżają środek ciężkości. W przypadku tradycyjnego gniazda 230V trwa to od kilkunastu do nawet 40-50 godzin, zależnie od pojemności baterii. Szybkie ładowanie z tzw. „słupka” zajmuje od godziny do kilku, ale takich mocnych ładowarek w Polsce nadal jest niewiele.

PHEV (Plug-in Hybrid Electric Vehicle) – popularnie zwane plug-inami lub hybrydami plug-in. Podstawą całego napędu jest motor spalinowy, a uzupełnia go motor elektryczny o mocy kilkadziesiąt koni mechanicznych. W określonych warunkach samochód jest w stanie przejechać od 20 do 50 km korzystając wyłącznie z jednostki na prąd. Baterie mają tu zazwyczaj ok. 10 kWh pojemności, ich ładowanie do pełna z gniazda 230V (np. we własnym garażu) zajmuje 5-7 godzin.

HEV (Hybrid Electric Vehicle) – najstarsza, a co za tym idzie także najbardziej dopracowana technologia - klasyczna hybryda, w której mamy motor spalinowy (zazwyczaj wolnossący) plus dosyć mocną jednostkę, lub jednostki elektryczne. Akumulator ma niewielką pojemność, zazwyczaj 1-1,5 kWh. Baterii się nie ładuje z gniazda, bo cały układ sprawnie odzyskuje energię np. z hamowania czy podczas zjeżdżania ze wzniesień.

MHEV (Mild Hybrid Electric Vehicle)

Inną odmianą hybryd jest tzw. **mięka (mild) hybryda**. Budowa takiego układu napędowego wygląda tak samo, jak w przypadku HEV. Różnica polega na **wielkości oraz mocy zastosowanego silnika elektrycznego** – jest znacznie słabszy. Jego główną rolą jest rozruch silnika oraz przejęcie funkcji alternatora. Obniżenie spalania może wynieść **do 15%**.

EREV (Extended Range Electric Vehicle)

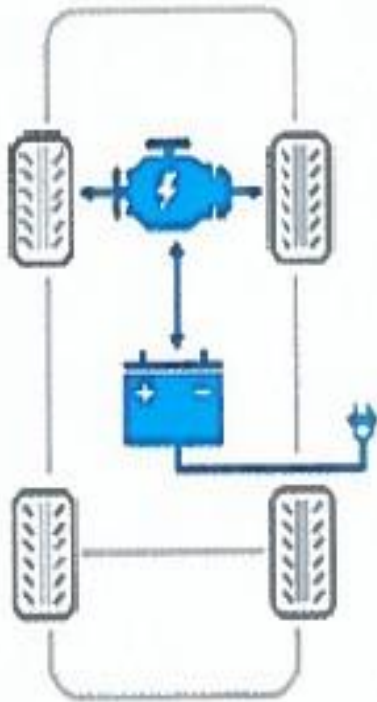
EREV to rodzaj **samochodów o zwiększonym zasięgu**, będących jednocześnie odwrotnością MHEV. Silnik spalinowy w tym przypadku pełni funkcję „wspomagacza”, ładując baterie, natomiast **elektryczna jednostka jest główną siłą napędową**.

FCEV (Fuel Cell Electric Vehicle).

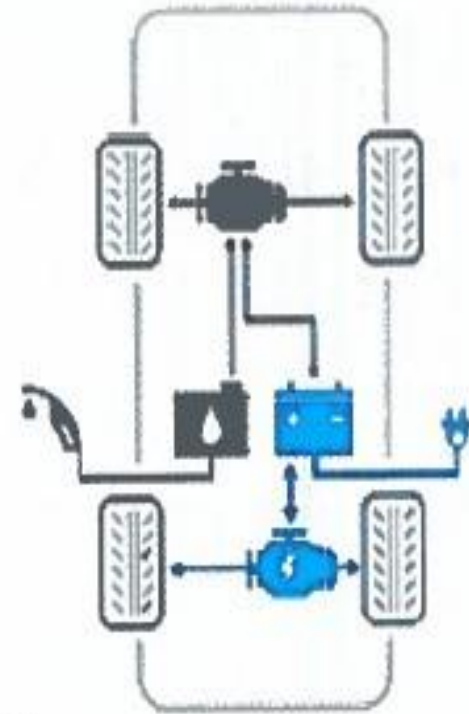
Za generowanie energii elektrycznej trafiającej do baterii odpowiedzialny jest **wodór i jego reakcja z tlenem**. Zamiast dostarczenia porcji prądu, trzeba pamiętać o uzupełnieniu ogniw paliwowych wodorem.

Rys. Schemat samochodu

a) BEV – całkowicie elektrycznego, b)
PHEV – samochodu hybrydowego



a)



b)

Budowa auta na prąd

Podstawowa zasada działania samochodu elektrycznego jest taka sama jak auta spalinowego. Potrzebne są bowiem źródło energii, silnik i układ przeniesienia napędu.

- 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.

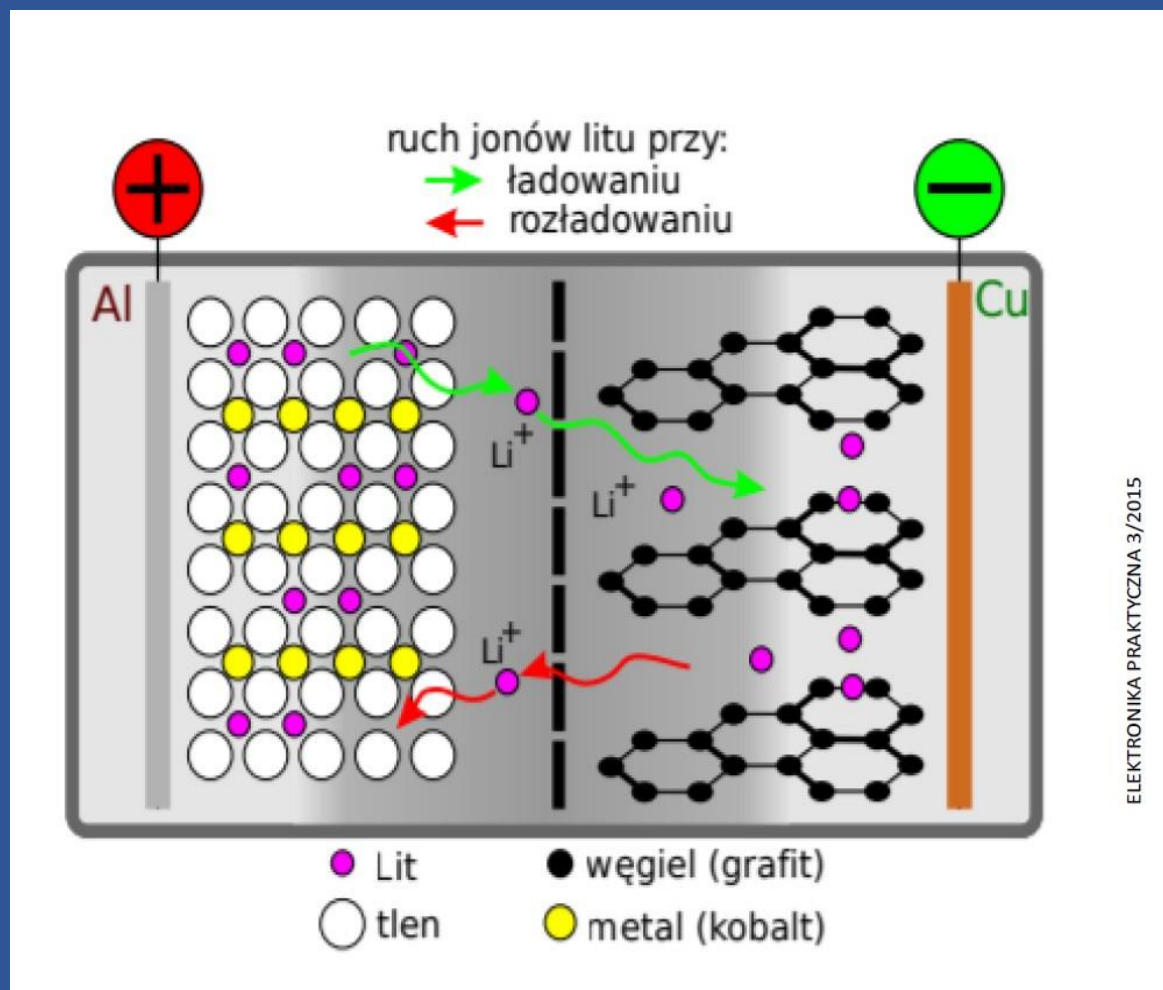


✓ Moduły są chronione przed uszkodzeniem, ciepłem i wibracjami, specjalną ramą, w obrębie której znajduje się okablowanie, pętle chłodzące i moduły, które zarządzają mocą, ładowaniem/rozładowaniem oraz temperaturą, nazywane systemem zarządzania baterią BMS (Battery Management System).



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

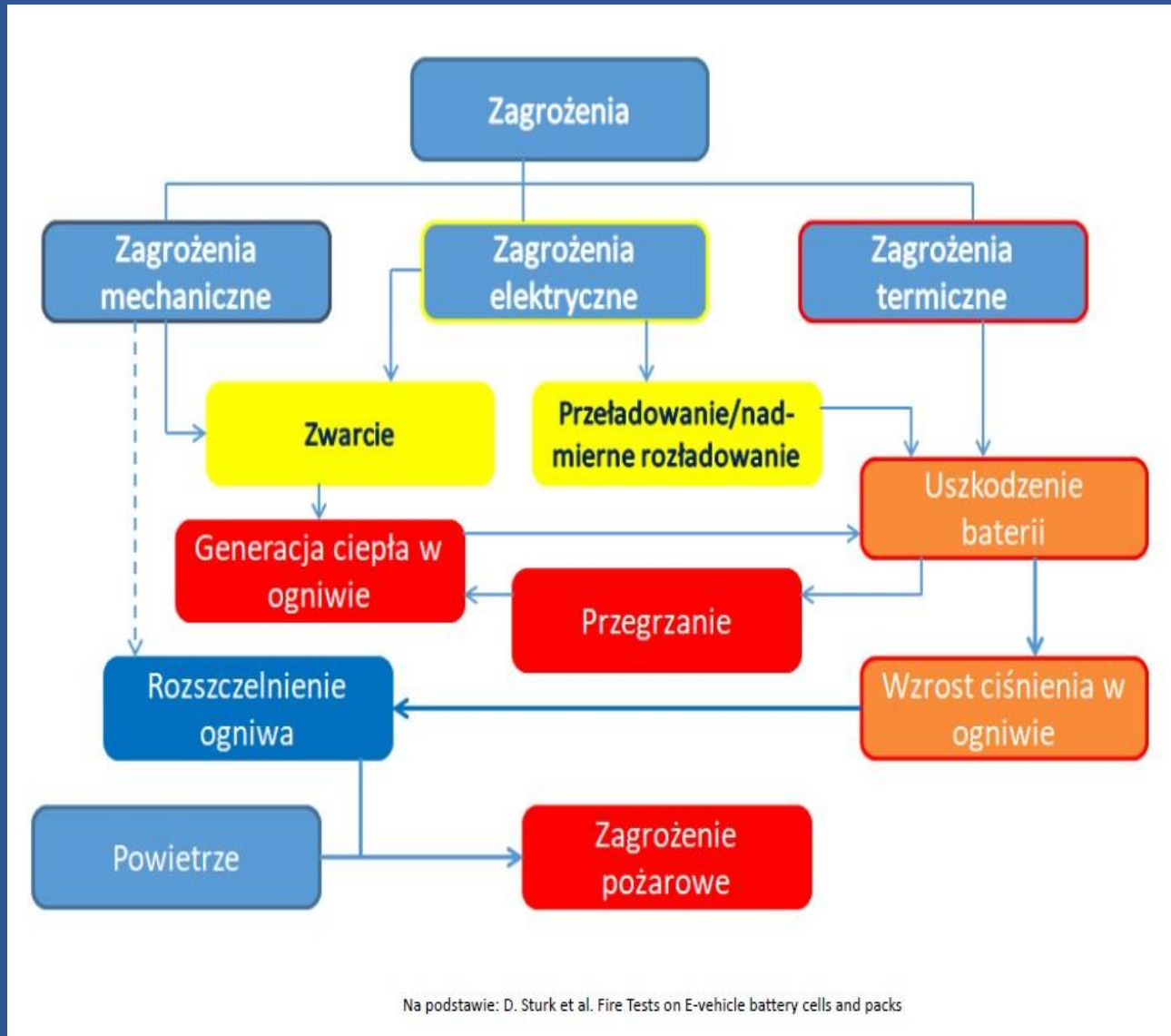
- Katoda – tlenek litu i kobaltu (mangan, glin, tytan),
- Anoda – grafit,
- Separator – polietylen, polipropylen,
- Elektrolit:
 - wodne roztwory LiPF_6 , LiBF_4 ,
 - stałe polimery zawierające sole litu.



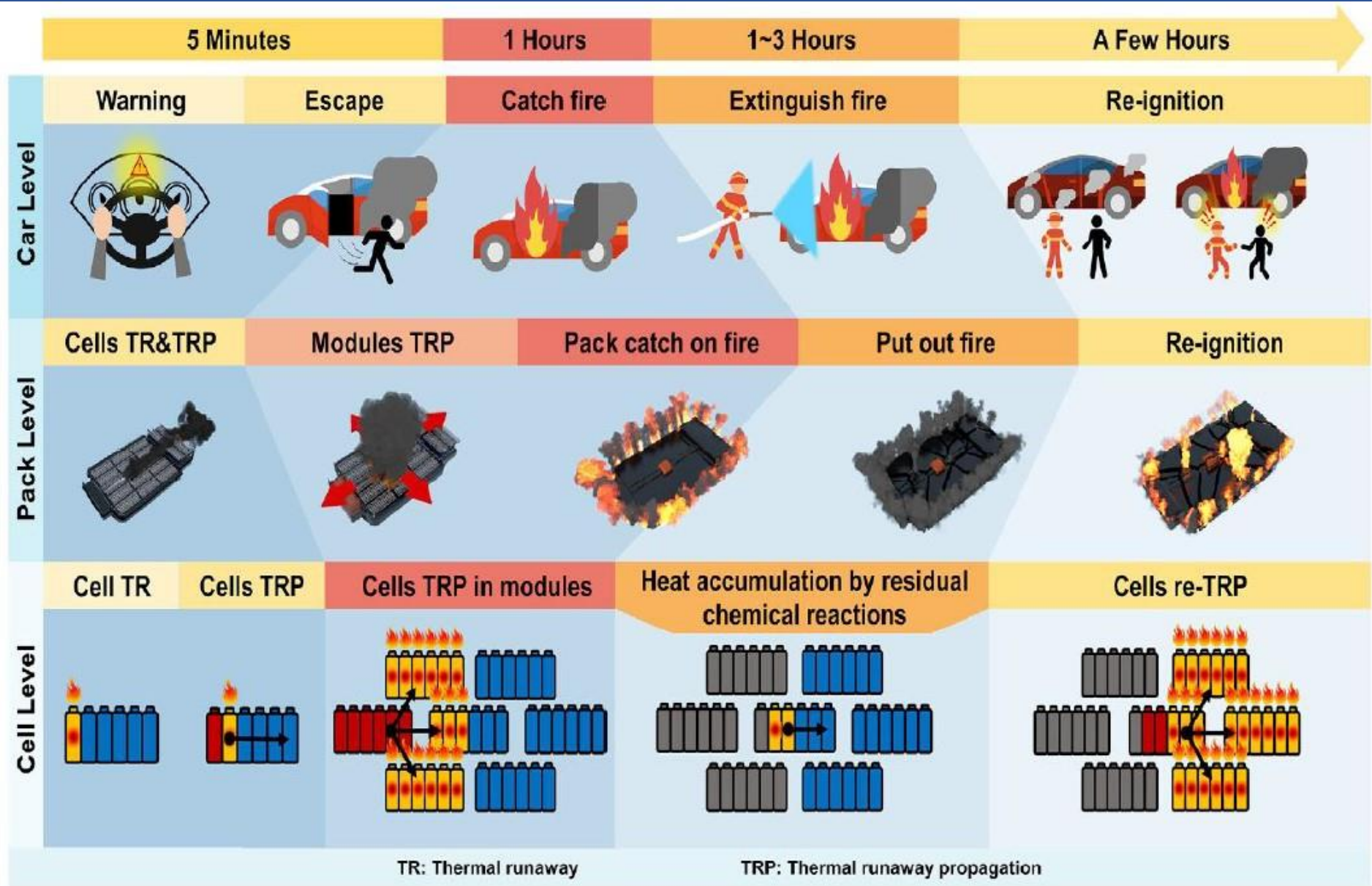
Przegrzanie baterii litowo – jonowej (thermal runaway):

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

Zagrożenia stwarzane przez pojazdy elektryczne



Zagrożenia stwarzane przez pojazdy elektryczne



Zagrożenia stwarzane przez pojazdy elektryczne

- Uszkodzenia mechaniczne (kolizja, wypadek) – uszkodzenie ogniw lub układów elektrycznych
- Nieprawidłowa praca elementów elektrycznych i elektronicznych – najczęstszą przyczyną jest zwarcie, powstałe w wyniku przeciążenia lub nieprawidłowej pracy zestyków.

Efekt – zapalenie się kabli lub samego pojazdu.

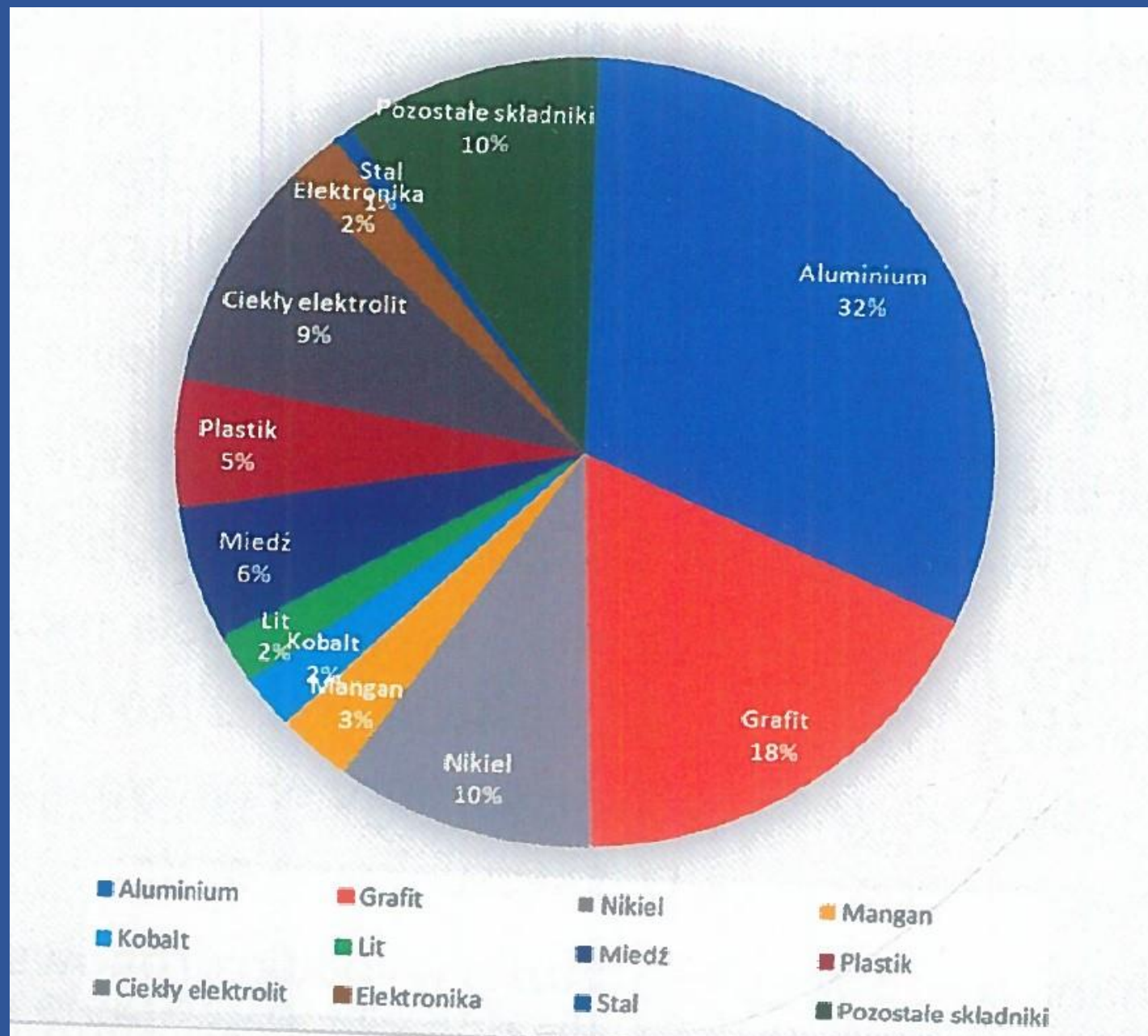
Najgorsze – w wyniku zwarcia dochodzi do uszkodzenia ogniw.

- Błędy w produkcji, przeładowanie, działanie czynników zewnętrznych np.. wysokiej temperatury pożaru, uszkodzenia mechanicznego lub niewłaściwych warunków eksploatacji, w wyniku czego następuje uszkodzenie ogniw.

Uszkodzeniu ogniw towarzyszy wzrost ciśnienia, rozszczelnienie, wydobywanie się gazów i ich rozerwanie. Dynamika zjawiska jest gwałtowna zwłaszcza w pierwszej fazie.

Zagrożenia stwarzane przez pojazdy elektryczne

Procentowy udział składników akumulatora zasilającego w samochodzie elektrycznym.



✓ 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 ₃	bezbarwny, gryzący zapach, toksyczność nieokreślona (prawdopodobnie wysoka)
Kwas fosforowy	H ₃ PO ₄	bezbarwny, bezwonny, toksyczny
Lotne związki organiczne	VOC	drażniące, mogą być toksyczne
Fosforowodór	PH ₃	bezbarwny, bezwonny, palny, silnie toksyczny
Aerosole metali ciężkich	Co, Ni, Mn	silnie toksyczne

Scenariusz pożaru samochodu elektrycznego

Rozpatrując możliwość zapalenia się pojazdu elektrycznego, warto pamiętać w jakiej sytuacji może to nastąpić:

1) **Zapalenie się pojazdu elektrycznego podczas postoju pojazdu, któremu sprzyja:** niska lub wysoka temperatura, anomalia pogodowa



Zapalenie się pojazdu podczas ładowania, które może być spowodowane:

- ✓ Awarią akumulatora
- ✓ Przeładowaniem akumulatora
- ✓ Wadliwym działaniem stacji ładowania
- ✓ Uszkodzeniem kabli
- ✓ Nieprawidłowo wykonanym zasilaniem stacji ładowania

3) **Wypadek drogowy** – tu ilość zmiennych i przyczyn pożaru jest bardzo duża, trudno określić czy jest ona większa niż dla pojazdu spalinowego.

3) **Zapłon ponowny akumulatora po wcześniejszym jego ugaszeniu** – zjawisko to powstaje w wyniku przebiegających w uszkodzonym akumulatorze reakcji chemicznych, powodujących jego nagrzewanie do bardzo wysokich temperatur.

Scenariusz pożaru samochodu elektrycznego

5) Czynniki zewnętrzne – trudne do przewidzenia i zabezpieczenia zarówno pojazdu spalinowego, jak i elektrycznego:

- ✓ Podpalenie
 - ✓ Pożar samochodu w pobliżu pojazdu elektrycznego
 - ✓ Pożar w garażu
 - ✓ fajerwerki
-
-

Gaszenie pojazdów

Problemem jest dynamika rozwoju pożaru.

Pożarów aut elektrycznych będzie przybywać, bo... takich aut jest coraz więcej

Ryzyko wystąpienia pożaru jest w przypadku aut elektrycznych znacznie niższe niż w przypadku samochodów z napędem spalinowym

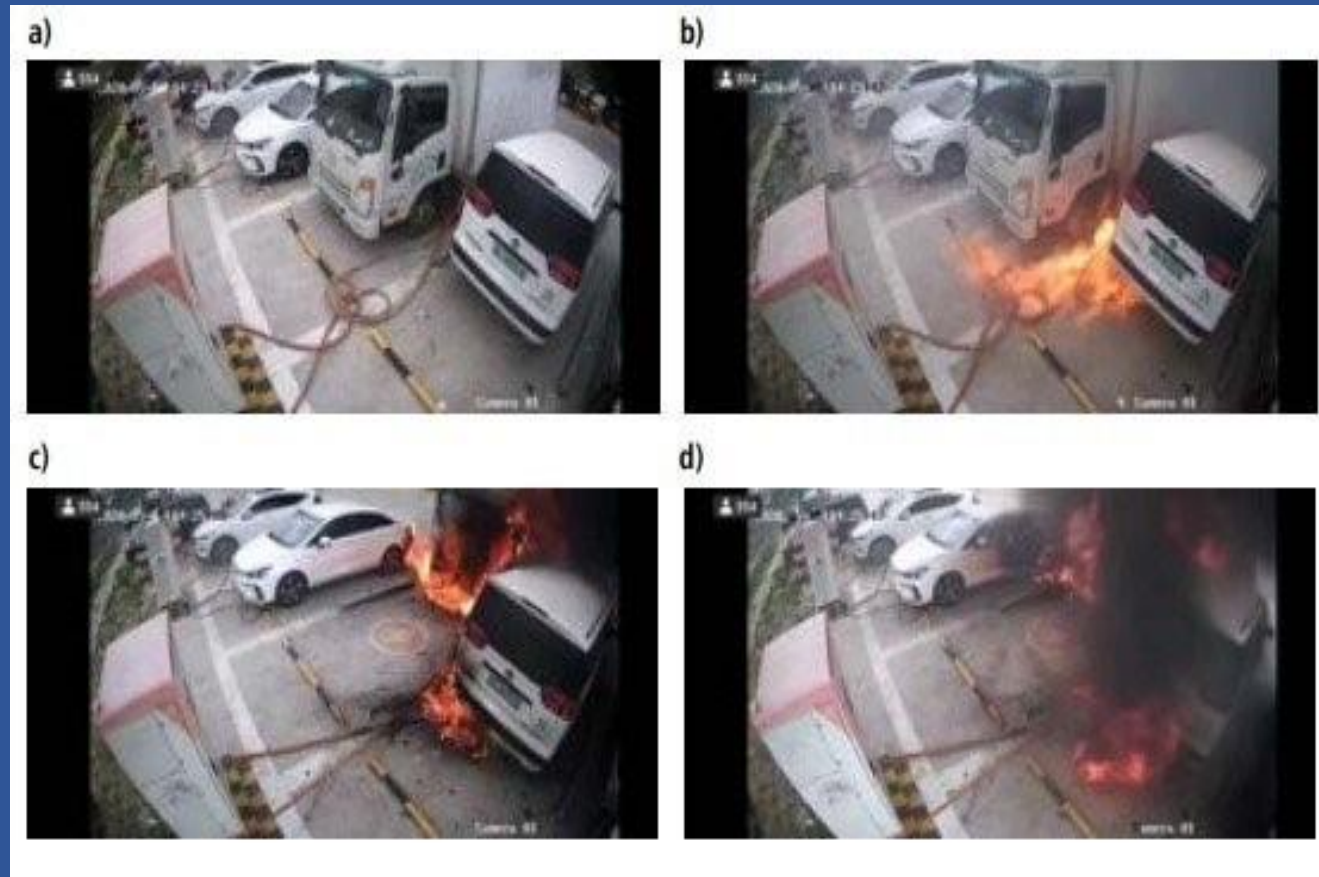
Skuteczne ugaszenie auta elektrycznego wymaga znacznie więcej czasu i środków gaśniczych niż ma to miejsce w przypadku aut z silnikami spalinowymi

Największym ryzykiem pożaru są według statystyk obarczone hybrydy plug-in

Ugaszone auto elektryczne może ponownie stanąć w płomieniach nawet po wielu dniach od akcji gaśniczej – źródłem ognia jest wtedy akumulator, w którym wciąż tlą się ogniwa

Jeśli nastąpił pożar samochodu elektrycznego i nie doszło jeszcze do zapłonu akumulatora wysokonapięciowego - do gaszenia pożaru można użyć gaśnicy przeznaczonej do pojazdów z napędem spalinowym. Jeśli zapalił się akumulator wysokonapięciowy, jego ugaszenie będzie możliwe tylko przy użyciu wody. Dlatego zdarza się, że służby ratunkowe podczas

gaszenia elektryka rozcinają budowę akumulatora, który jest dobrze zabezpieczony. Wszystko po to, żeby nalać wody do środka i skutecznie ugasić płonące ogniwa.

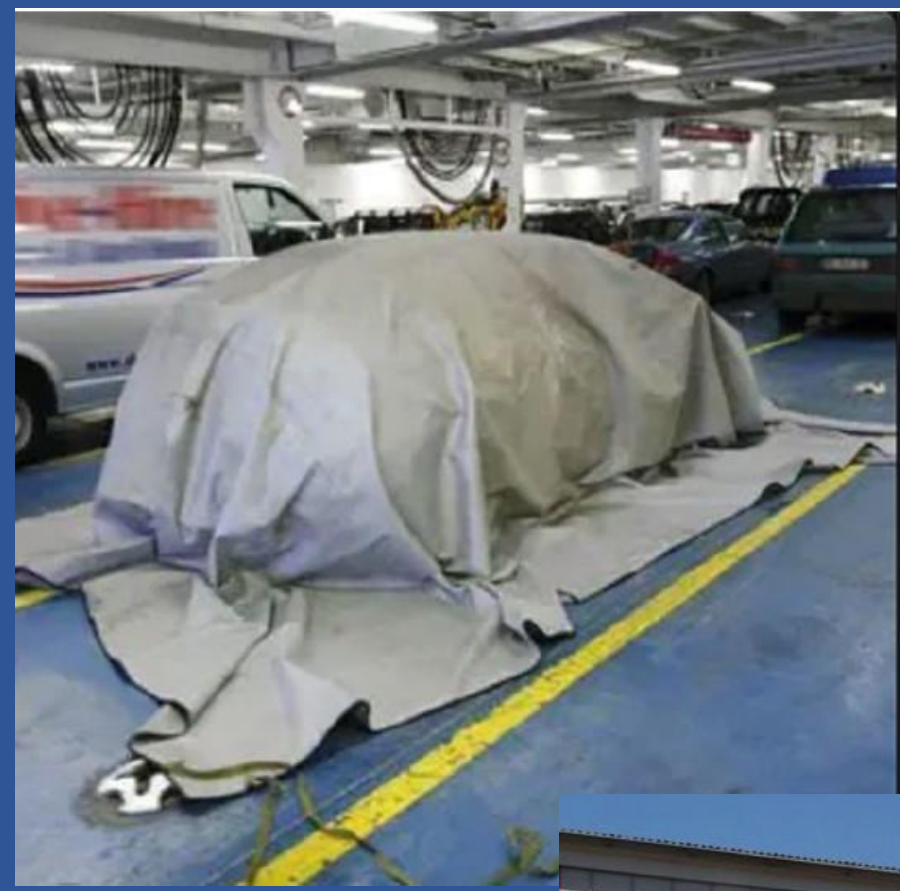


Problem z pożarami samochodów elektrycznych polega na tym, że są one zwykle nieprzewidywalne i wieloetapowe, a do tego mogą następować bardzo gwałtownie. Wszystko z powodu ogniw w akumulatorach, które są od siebie odizolowane, a ich zapłon może postępować w dość długich odstępach.

Czasami zdarza się, że ugaszenie płonącego samochodu elektrycznego może potrwać kilka godzin i gdy czynność zostanie zakończona, nagle okazuje się, że doszło do ponownego zapłonu.

Zdj. Kontener do działań gaśniczych przy pożarach samochodów elektrycznych





Gaszenie pojazdów

- ✓ 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 – należy jej jednak 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/>

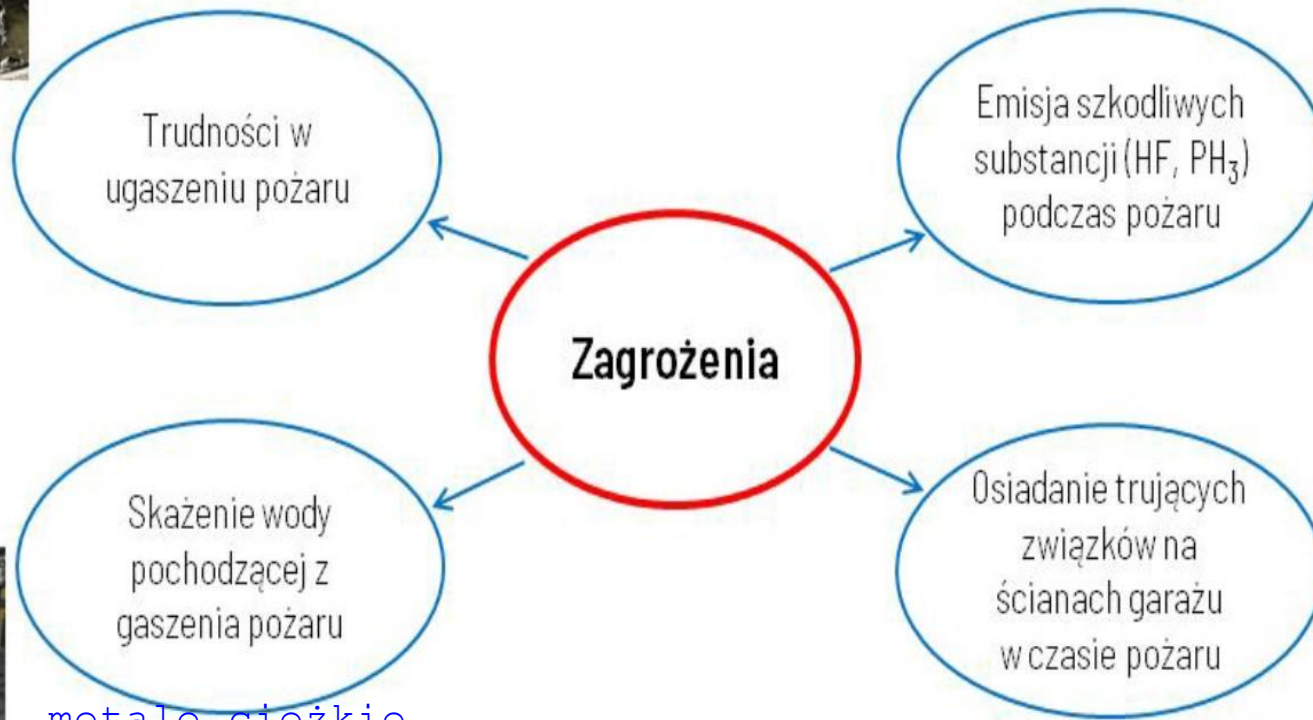
Eksploatacja stacji ładowania

Wymagane pomiary:

- Ciągłości przewodów ochronnych
 - Rezystancji izolacji przewodów elektrycznych
 - Rezystancji uziemień roboczych
 - Urządzeń ochronnych różnicowoprądowych
 - Skuteczności ochrony przeciwporażeniowej
-
-

Zagrożenia

podsumowując:



metale ciężkie



DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ

