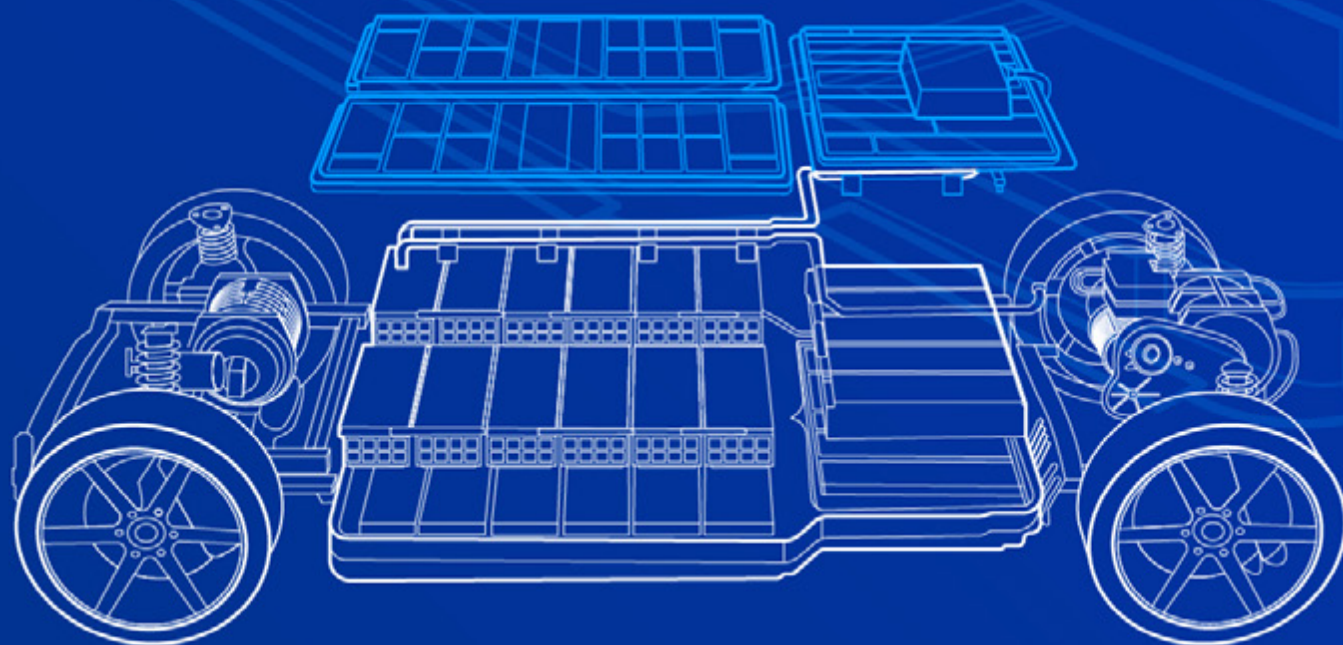


RAPORT

White Paper on battery fires

# Bezpieczeństwo przeciwpożarowe pojazdów elektrycznych i systemów bateryjnych





W 2021 r. w Polsce doszło do prawie 8 tys. pożarów samochodów osobowych. Żaden z tych przypadków nie dotyczył pojazdu elektrycznego. Mimo to, temat bezpieczeństwa samochodów zeroemisyjnych nadal powraca w przestrzeni publicznej, a wokół elektromobilności w kontekście pożarów narasta wiele mitów. Ta kwestia nabierze jeszcze większego znaczenia wraz z rozwojem rynku e-mobility w Polsce. Prognozy PSPA zakładają, że do 2025 r. łączna liczba samochodów z napędem elektrycznych jeżdżących po polskich drogach przekroczy 430 tys. sztuk. Mając na względzie potrzebę zainicjowania merytorycznej dyskusji dotyczącej bezpieczeństwa przeciwpożarowego pojazdów elektrycznych, stacji oraz punktów ładowania prezentujemy Państwu niniejsze opracowanie, którego celem jest zgromadzenie w jednym miejscu rzetelnych informacji na ww. temat. Niniejszy dokument kierujemy zarówno do przedstawicieli sektora motoryzacyjnego, jak i administracji publicznej, właściwych służb, czy też użytkowników pojazdów elektrycznych. Prezentowane opracowanie stanowi element szerszego projektu, którego realizacja doprowadzi do ujednoczenia wiedzy w obszarze bezpieczeństwa przeciwpożarowego samochodów zeroemisyjnych i systemów bateryjnych wśród wszystkich interesariuszy oraz do wypracowania katalogu dobrych praktyk oraz (docelowo obowiązujących) wytycznych w oparciu o najnowsze badania, ekspertyzy oraz międzynarodowe doświadczenia.

Serdecznie zapraszam do lektury.

**Maciej Mazur**

Dyrektor Zarządzający,  
PSPA

## Partnerzy projektu

---

AVL



Politechnika Łódzka



SPIE



Impact Clean Power  
Technology



Newcastle University



Renault



UDT



# Spis treści

1. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie ogniwa .....	6
2. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie baterii .....	13
3. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie pojazdu .....	17
3.1. Case Study wg Grupy Renault.....	19
4. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie stacji ładowania .....	23
5. Potencjalne źródła pożarów .....	27
6. Pożary samochodów w przestrzeniach zamkniętych .....	31
6.1. Wymagania przepisów dotyczące przestrzeni zamkniętych (garaży) .....	31
6.2. Zasady projektowania systemów wentylacji pożarowej w garażach wg standardów europejskich .....	32
7. Ochrona ppoż garaży w kontekście wyposażenia w stacje ładowania oraz postoju samochodów elektrycznych .....	36
7.1. Stan prawny w Polsce .....	37
7.2. Stan prawny w Stanach Zjednoczonych.....	38
7.3. Stanowisko VdS zgodnie z Leaflet VdS 3856en.....	38
7.4. Case study – koncepcja ochrony za pomocą instalacji wysokociśnieniowej AQUASYS wykonana przez SPIE Building Solutions dla wspólnoty mieszkaniowej w Warszawie .....	38
8. Wybrane metody gaszenia pożarów pojazdów elektrycznych .....	41
8.1. Stingray One oraz Testbed System .....	41
Podziękowania.....	46



# 1

## **Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie ogniwa**

Autor

**dr Wojciech Mroziak**

Faraday Institution Senior Research Fellow  
Newcastle University, Wielka Brytania

## Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie ogniwa

Autor

**dr Wojciech Mrozik**

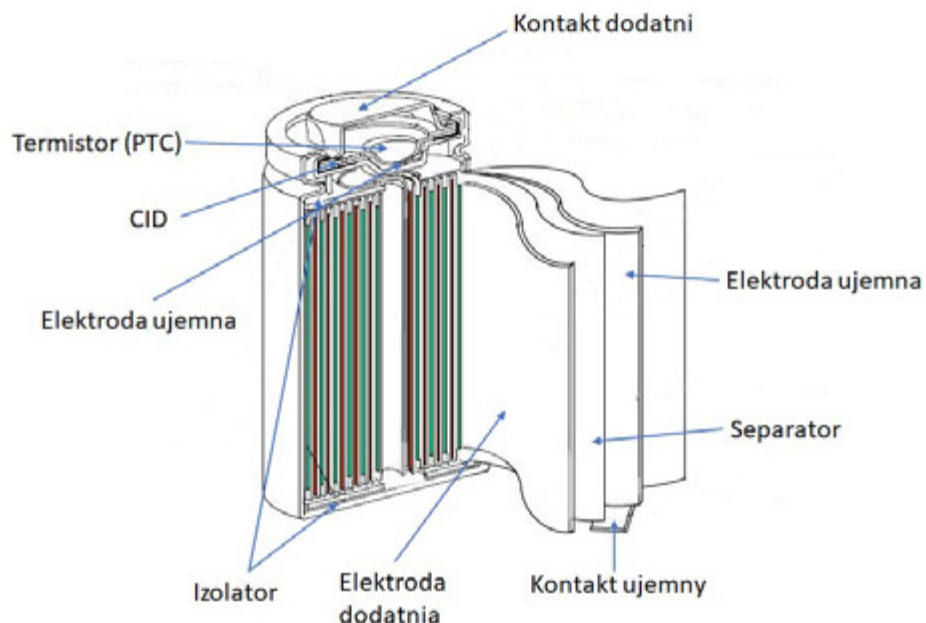
Faraday Institution Senior Research Fellow  
Newcastle University, Wielka Brytania

# 1. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie ogniwa

W celu zapewnienia bezpiecznego działania ogniwa litowo-jonowego zastosowanych jest kilka systemów oraz rozwiązań, które można podzielić na:

- i) fizyczne i chemiczne oraz
- ii) wewnętrzne i zewnętrzne.

Dodatkowo część z nich jest dostosowana do działania na odpowiednim poziomie systemowym tzn. na poziomie pojedynczego akumulatora, modułu czy też paku do samochodu elektrycznego<sup>1</sup>.



Rysunek 1. Budowa ogniwa

<sup>1</sup> Xu, B. et.al. (2021) Mitigation strategies for Li-ion battery thermal runaway: A review, *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 150, 111437, doi.org/10.1016/j.rser.2021.111437

Rozwiązania chemiczne są to substancje chemiczne dodawane do elektrolitu w celu zmiany jego właściwości (np. palności) i są ściśle powiązane z rodzajem katody (tj. NMC czy LFP). Z kolei systemy fizyczne są zaprojektowane tak, aby w przypadku awarii nastąpiło zerwanie obwodu elektrycznego. Inne fizyczne rozwiązania to typ budowy (obudowy) akumulatora (paluszek, pryzmatyczny czy kopertowy), gdzie budowa determinuje jaki system można zastosować. Powyższe rozwiązania wchodzi w skład wewnętrznych systemów bezpieczeństwa akumulatora.

Systemy zewnętrzne są bardziej powiązane ze skalowaniem akumulatora tzn. przechodząc z pojedynczej baterii na poziom modułu (czyli zespołu akumulatorów) czy z modułu na poziom paku bateryjnego (czyli zespołu modułów). W ich skład mogą wchodzić: system zarządzania bateriami (ang. Battery Management System – BMS), a także system zarządzania temperaturą (ang. Thermal management System – TMS), które zostaną omówione w kolejnych rozdziałach.

W tym rozdziale bliżej przedstawione zostaną systemy działające na poziomie pojedynczego akumulatora/baterii.

### Skład chemiczny

Rodzaj zastosowanej „chemii”, czyli ściśle mówiąc nanotlenków metali litu na katodzie, odgrywa bardzo ważną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa, jako że jest istotna różnica w zachowaniu NMC (akumulator litowo-niklowo-kobaltowo-manganowy) w odniesieniu do LFP (akumulator litowo-żelazowo-fosforanowy) podczas termicznej niestabilności (ang. *thermal runaway* – TR). Na przykład, temperatura egzotermicznego rozpadu struktur katody dla NMC wynosi 150°C, podczas gdy dla LFP już 310°C. Dlatego też LFP uważane dotychczas były za bardziej stabilne, a co za tym idzie bezpieczniejsze akumulatory – praktycznie nigdy nie wytwarzają mocnego i skoncentrowanego płomienia (tzw. płomień jak w silniku odrzutowym) tak jak NMC. Wyższa temperatura rozpadu nie skutkuje wytwarzaniem ognia, jednakże przyspiesza eksplozję akumulatora, jak pokazały ostatnie incydenty<sup>23</sup>.

### Warstwa SEI

Innym podstawowym system bezpieczeństwa jest warstwa SEI (ang. *Solid Electrolyte Interface*), bariera, która zapobiega ciągłej reakcji elektrolitu z warstwami grafitu na anodzie. Gdyby nie ona, doszłoby bardzo szybko do zniszczenia anody. Bariera ta pozwala na swobodny przepływ jonów litu, dzięki czemu możliwe jest ładowanie i rozładowywanie akumulatora. SEI tworzy się podczas pierwszego ładowania i w czasie „życia” akumulatora może w pewnym stopniu zmieniać swoją grubość. Jednakże ogólną tendencją jest zwiększanie grubości z czasem, co w konsekwencji może doprowadzić do

---

<sup>2</sup> Shaw, V. (2021) "Two firefighters killed after Beijing battery blaze." pv magazine.

<sup>3</sup> Dennien, M., (2020) Firefighter 'knocked on his back' in fire blast at Griffith University, *Brisbane Times*, Brisbane, Australia

stworzenia tzw. dendrytów litu i tym samym przebicia przezeń separatora i wywołanie spięcia prowadzącego do awarii/ TR<sup>4</sup>.

### Chemiczne modyfikatory elektrolitu

Elektrolit w akumulatorze składa się głównie z soli litu rozpuszczonych w niewodnym rozpuszczalniku. Jedną z przyczyn, dla których akumulatory litowo-jonowe wytwarzają ogień jest to, iż zastosowany elektrolit jest związkami łatwopalnymi. Aby podnieść stabilność termiczną tego układu, chronić akumulator przed przepięciem oraz obniżyć palność stosuje się różnego rodzaju dodatki chemiczne. Modyfikatory te zazwyczaj stanowią ok 5% elektrolitu i nie powinny obniżać sprawności całego systemu. Zastosowanie modyfikatorów ma na celu najczęściej: poprawę stabilności warstwy SEI; wprowadzenie transporterów elektronów w reakcji redoks (ang. redox shuttles), które mogą się utleniać, aby przeciwdziałać wzrostowi napięcia do zbyt wysokich potencjałów; ułatwiać produkcję gazów podczas przepięć, aby wymusić działanie innych systemów; spolimeryzować elektrolit, aby zablokować swobodny przepływ jonów czy stworzyć warstwę izolacyjną, aby zatrzymać proces spalania.

Inne rodzaje modyfikatorów mogą nie być bezpośrednio powiązane ze zwiększeniem bezpieczeństwa, ale są dodawane, aby np. przeciwdziałać powstawaniu dendrytów litu; wychwytywać śladowe ilości wilgoci; neutralizować powstające szkodliwe gazy takie jak HF czy PF<sub>5</sub> oraz poprawiać formowanie się warstwy SEI.

### Fizyczna budowa akumulatora

Najmniejszą jednostką operacyjną jest pojedynczy akumulator. Zespół akumulatorów połączonych szeregowo, równoległe lub w sposób mieszany tworzy moduł, natomiast zespół modułów to pak baterijny. Zasadniczo wyróżnia się trzy typy budowy (obudowy) akumulatora: cylindryczny (paluszek), pryzmat oraz kopertowy (ang. *pouch*)<sup>4</sup>. Istnieje jeszcze czwarty typ guzikowy, ale w przypadku baterii litowo-jonowych ma on głównie zastosowanie naukowe. Budowa oraz użyte materiały mają istotny wpływ na parametry akumulatora takie jak sztywność, odprowadzanie ciepła czy możliwość zastosowania dodatkowych systemów bezpieczeństwa np.: otworów wentylacyjnych dla gazu czy urządzeń przerywających obwód elektryczny.

Akumulator cylindryczny to nic innego jak metalowy cylinder o odpowiedniej wytrzymałości, dzięki czemu nie deformuje się pomimo wysokiego ciśnienia wewnętrznego. Typowy rozmiar paluszka litowo-jonowego to 18 mm średnicy i 65 mm długości (tzw. 18650); jednakże nowsze typy mogą mieć 26x65 mm (26650), 21x70 mm (21700) czy nawet 46x80mm (4680). Płaty elektrod oraz separatora są najpierw wielokrotnie ułożone na sobie (tzw. „kanapka”), następnie zwinięte razem i wsadzone do metalowego cylindra. Dlatego też ten rodzaj akumulatora litowo-jonowego jest bardzo łatwy produkcji, szczególnie zautomatyzowanej.

<sup>4</sup> Christensen, PA. et.al. (2021) Risk management over the life cycle of lithium-ion batteries in electric vehicles, *Renew. Sust. Energ. Rev.*, 148, 111240, doi.org/10.1016/j.rser.2021.111240.



Akumulator pryzmatowy występuje w wielu rozmiarach, w zależności od zastosowań. Generalnie przypomina sześciian o rozmiarze A4 lub A5 (i całkowitej grubości ok. 16 mm) ze ściankami z metalu lub twardego plastiku. Taka budowa gwarantuje sztywność całego układu. Płyty elektrod oraz separatora są najpierw ułożone warstwami naprzemiennie na sobie, lekko zawinięte (nie tak mocno jak w przypadku paluszka) i wsadzone do formy sześcianu.

Ostatni typ akumulatora to tzw. kopertowy. Jest to laminowany worek zwykle o rozmiarze A4 i grubości około kilku mm. Elektrody i separator są złożone razem i wepchnięte do środka. Taka budowa powoduje, że akumulatory kopertowe nie są tak sztywne jak pozostałe typy, a dodatkowo mogą puchnąć pod wpływem zwiększonego ciśnienia wewnętrznego. Dodatkowo brak sztywności oraz wewnętrzne ułożenie elektrod powodują, iż nie można w nich zastosować układów bezpieczeństwa przerywających obwód elektryczny.

### Systemy przerywające obwód elektryczny

Systemy przerywające obwód elektryczny (ang. *current interrupt device* – CID) są zaprojektowane w taki sposób, aby wraz ze wzrostem ciśnienia lub temperatury wewnętrznej akumulatora powyżej określonej granicy przerwać przepływ prądu, a tym samym nie dopuścić do niestabilności termicznej (TR). Aktywacja CID powoduje jednak, iż akumulator nie nadaje się do ponownego użytku<sup>5</sup>. Ze względu na budowę możliwe jest zamontowanie tych systemów tylko w akumulatorach typu paluszek.

System CID jest rodzajem zaworu, który otwiera się w przypadku krytycznego wzrostu ciśnienia (> 10 bar). Takie warunki mogą wystąpić, gdy mamy do czynienia z przepięciem, przeładowaniem czy rozpadem elektrolitu – a tym samym nadmiernym wytwarzaniem gazu w akumulatorze. Nadciśnienie powoduje zerwanie połączenia między elektrodami i dodatnim biegunem akumulatora, a tym samym zatrzymanie przepływu prądu. Brak przepływu prądu powinien spowodować spadek produkcji gazu (a tym samym spadek ciśnienia), jako że nie jest już dostarczana energia potrzebna do prowadzenia reakcji chemicznych. Taki typ CID nazywamy *nadciśnieniowym*.

Inny typ CID tzw. *termoczuty*, jest termicznym bezpiecznikiem, który jest zainstalowany na biegunach akumulatora. W przypadku zbyt wysokiej temperatury wewnętrznej CID się topi i tym samym przerywa przepływ prądu.

### Termistor (o dodatnim współczynniku temperaturowym)

Termistor (ang. *positive temperature coefficient thermistor* – PTC), czyli rezystor termiczny, którego rezystancja elektryczna zmienia się wraz ze zmianami temperatury, działa poprzez ograniczenie przepływu prądu w przypadku zwarcia (zewnętrznego). Gdy temperatura (lub

---

<sup>5</sup> Li, W. et.al. (2020) Comparison of Current Interrupt Device and Vent Design for 18650 Format Lithium-ion Battery Caps. *J. Energy Storage*, 32, 101890, [doi.org/10.1016/j.est.2020.101890](https://doi.org/10.1016/j.est.2020.101890)

ciśnienie) wzrasta do niebezpiecznego poziomu ( $>100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), termistor jest podgrzewany, a tym samym wzrasta jego rezystancja, co w konsekwencji redukuje przepływ prądu. Gdy temperatura spada, spada także rezystancja termistora, co przywraca normalny przepływ prądu w akumulatorze. Dlatego też PTC, w odróżnieniu od CID, jest systemem wielokrotnego użytku. PTC jest montowany tylko w pokrywie górnej baterii paluszka, niezależnie od jego wielkości. W przypadku akumulatorów pryzmatycznych istnieje możliwość zamontowania PTC na zewnątrz akumulatora, bez straty jego funkcjonalności.

### Wentylacja/ odpowietrzniki

Podczas TR wytwarzana jest ogromna ilość gazu, co powoduje szybki wzrost ciśnienia wewnętrznego w akumulatorze. W skrajnych przypadkach może to doprowadzić do rozerwania obudowy, jeśli nie uda się obniżyć ciśnienia. Po to właśnie stosuje się wentylacje / odpowietrzniki bezpieczeństwa – aby nadmiar gazu mógł zostać usunięty w szybki i kontrolowany sposób poza baterię. Jako „odpowietrznik” stosuje się zwykle część obudowy o specjalnie obniżonej odporności mechanicznej, która pęka tworząc otwór w razie wystąpienia niekorzystnych warunków. W przypadku paluszków odpowietrznik „otwiera się” przy ciśnieniu  $> 27\text{ bar}$ , a dla akumulatorów pryzmatycznych już przy ciśnieniu  $> 8\text{-}10\text{ bar}$ . Akumulatory kopertowe nie posiadają odpowietrzników, w przypadku przekroczenia ciśnienia granicznego po prostu pękają<sup>6</sup>. Wentylację najczęściej montuje się na pokrywie górnej akumulatora. Może mieć ona kilka ujść (otworów). Jednakże zdarza się, że taki odpowietrznik może zostać zapchany (np.: przez nanotlenki katody porwane wraz z gazem), co doprowadza do wzrostu ciśnienia i w konsekwencji rozerwania obudowy. Aby temu zapobiec, niektórzy producenci wprowadzili dodatkowy zaworek na pokrywie dolnej – pozwala to zwiększyć szybkość odgazowania akumulatora i zmniejsza ryzyko zatkania otworów.

### Separator „blokujący”

Separator to istotna część akumulatora litowo-jonowego odpowiadającego za sprawność i bezpieczeństwo. Zdolnością niektórych separatorów jest możliwość „zablokowania” reakcji między dwoma elektrodami. Gdy temperatura wnętrza osiąga niebezpieczny poziom, taki separator zaczyna się topić lub odkształcać tworząc fizyczną barierę i tym samym blokując przepływ jonów<sup>78</sup>.

---

<sup>6</sup> Li, W. et al. (2020) Comparison of Current Interrupt Device and Vent Design for 18650 Format Lithium-ion Battery Caps, *J Energy Storage*, 32, 101890, doi.org/10.1016/j.est.2020.101890.

<sup>7</sup> Li, Z., Xiong, Y., Sun, S., Zhang, L., Li, S., Liu, X., et al. (2018). Tri-layer nonwoven membrane with shutdown property and high robustness as a high-safety lithium-ion battery separator. *J. Memb. Sci.* 565, 50–60. doi: 10.1016/j.memsci.2018.07.094

<sup>8</sup> Ould, ET., Kamzabek, D. and Chakraborty, D. (2019). Batteries Safety: Recent Progress and Current Challenges. *Front. Energy Res.* 7:71. doi: 10.3389/fenrg.2019.00071

## Podsumowanie

Zaprezentowane systemy istotnie podnoszą bezpieczeństwo użytkowania akumulatorów litowo-jonowych i zwykle sprawują poprawnie tam, gdzie wymagany jest jeden lub niewielka liczba akumulatorów. Niestety w przypadku modułów czy paków bateryjnych takie systemy okazują się jednak niewystarczające. Ciepło wytworzone podczas TR poprzez jeden akumulator może podgrzewać sąsiednie akumulatory i tym samym prowadzić do ich niestabilności termicznej (TR). Taki przeskok od jednego do drugiego nazywamy *termiczną propagacją*. Jako że w modułach akumulatory są łączone w sposób szeregowy, równoległy i mieszany istnieje możliwość, że napięcie całego obwodu może przekroczyć limit PTC tylko na jednym akumulatorze i tym samym opóźnić reakcje całego układu. W innym przypadku, gdy mamy do czynienia z przepięciem w module lub całym paku bateryjnym, pojedynczy CID może, poprzez łuk elektryczny, wytworzyć iskry. W takiej sytuacji dochodzi do podpalenia wydzielającego się gazu oraz łatwopalnego elektrolitu w środku baterii – prowadzi to do wytworzenia płomienia. Jako że miejsce w paku bateryjnym jest mocno ograniczone, wytwarzane gazy mogą bardzo łatwo zapychać odpowietrzniki bezpieczeństwa, zarówno na poziomie pojedynczego akumulatora jak i zaworków w paku. Dlatego bardzo ważne jest wprowadzenie dodatkowych układów bezpieczeństwa, które reagują na poziomie modułów czy paku np.: systemu zarządzania bateriami (BMS), systemu zarządzania temperaturą (TMS) czy pomocniczych odpowietrzników w obudowie. Niezwykle istotnym jest również zachowanie wysokiego reżimu czystości oraz kontroli jakości podczas całego procesu produkcji akumulatorów litowo-jonowych, aby wszystkie opisane systemy bezpieczeństwa mogły zadziałać zgodnie z założeniami.



# 2

## Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie baterii

Autorzy

**Maciej Kwiatkowski**

Zastępca CTO ds. Technicznych, Impact Clean Power Technology

**Maria Majewska**

New Mobility Manager, PSPA

## Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie baterii

Autorzy

**Maciej Kwiatkowski**

Zastępca CTO ds. Technicznych, Impact Clean Power Technology

**Maria Majewska**

New Mobility Manager, PSPA

## 2. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie baterii

Przyczyną pożaru ogniwa litowo-jonowego jest zwiększenie temperatury ogniwa lub drastyczne przeładowanie ogniwa, które prowadzi do dekompozycji jego elementów składowych określanej jako efekt „thermal runaway”. Proces ten jest silnie egzotermiczny i samopodtrzymujący się. Ogniwo ulega rozszczelnieniu i wydobywa się mieszanina palnych gazów, która może ulec zapłonowi. Powodem pożaru w przypadku pojazdów elektrycznych może być kolizja lub wypadek, podczas którego może dojść do mechanicznego uszkodzenia systemu bateryjnego.

W większości przypadków do pożaru dochodzi na skutek zwarcia, co ma miejsce wówczas, gdy anoda z katodą się spotkają. Dużą rolę w przypadkach zapłonu baterii ma także czynnik wysokiej temperatury i przegrzewania się ogniw w wyniku np. pożaru rozlanego paliwa czy przegrzania z powodu nieprawidłowego ładowania lub przeładowania. Dochodzi do gwałtownego zwiększania się temperatury i stopienia separatora pomiędzy elektrodami, co powoduje dalsze nagrzewanie się baterii. Utratę kontroli nad zwiększaniem się temperatury układu powoduje efekt tzw. niestabilności termicznej (wspomniany już thermal runaway), który stoi za problemem reakcji łańcuchowej, groźnej zwłaszcza w bateriach składających się z wielu ogniw, ponieważ inicjuje reakcję w kolejnych, często nieuszkodzonych, ogniwach. Podczas wzrostu temperatury katoda emituje tlen, wchodzący w reakcję z organicznym elektrolitem, co prowadzi w końcu do zapłonu lub wybuchu baterii.

Wśród innych niż mechaniczne przyczyn pożarów baterii li-ion można wymienić również błędy projektowe. Dotyczy to nie tylko autobusów czy samochodów osobowych. Błędy projektowe stały m.in. za problemem, który skutkowało wycofaniem z rynku 2,5 miliona urządzeń Galaxy Note 7. Producent baterii nie zapewnił wystarczająco dużo przestrzeni oddzielającej elektrody, dlatego też do wybuchu dochodziło podczas ładowania smartfona, gdy elektrody rozszerzały się nieznacznie, powodując zwarcie. Kolejną przyczyną może być przeładowanie baterii wynikające np. ze złej jakości ładowarki. Większość producentów

używa mechanizmów zapobiegających takiemu przypadkowi, więc niska jakość akumulatora i ładowarki może być ryzykowana raczej dla użytkowników smartfonów niż pojazdów. Zagrożeniem może stać się również zewnętrzne źródło wysokiej temperatury.

Ryzyko zapłonu akumulatora można ograniczyć stosując działania prewencyjne. Prawidłowa eksploatacja baterii trakcyjnych, czyli taka, która nie powoduje ich przeładowania i przegrzania, w zasadzie w 100% eliminuje ryzyko samoistnego pożaru. Odpowiada za to system zarządzania bateriami BMS. Zastosowanie układów first i second protection w BMS automatycznie odcina zasilanie w razie zagrożenia. Ponadto, po stronie producenta leży stosowanie w konstrukcji pakietów materiałów niepalnych oraz zastosowanie właściwej separacji ogniwi uniemożliwiających kaskadowe rozprzestrzenienie się ognia. Konstrukcja mechaniczna pakietów powinna również ograniczać rozprzestrzenianie się ciepła jako czynnika ryzyka. Podsumowując, przy prawidłowym użytkowaniu systemów bateryjnych i stosowaniu się do zaleceń producenta, pożary wywołane przez ogniwa li-ion zdarzają się niezwykle rzadko.

## **Regulamin nr 100 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ)**

Regulamin nr 100 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w zakresie szczególnych wymagań dotyczących elektrycznego układu napędowego [2015/505] – określa warunki i testy bezpieczeństwa jakie musi spełniać bateria trakcyjna, aby uzyskać homologację i być dopuszczoną do ruchu.

Trzecia seria poprawek do Regulaminu ONZ została formalnie zatwierdzona i weszła w życie 9 czerwca 2021. Wprowadzone zmiany podążają za ogólnymi wytycznymi z „Global Technical Regulation” GTR Nr 20: „Electric Vehicle Safety”.

### **Najważniejsze zmiany dotyczące magazynów energii (REESS) Część II Regulaminu**

#### **1) Lista badań jakie należy przeprowadzić:**

- badania wibracyjne
- szok termiczny
- szok mechaniczny („zderzenie”)
- integralność mechaniczna („zgniatanie”)
- odporność na ogień
- zabezpieczenie przed zwarcieniem
- zabezpieczenie przed przeładowaniem
- zabezpieczenie przed zbyt dużym rozładowaniem
- zabezpieczenie przed zbyt wysoką temperaturą

## 2) Lista nowych badań jakie należy przeprowadzić:

- zabezpieczenie przed nadmiernym prądem (zasobniki energii dla samochodów kategorii M1, N1)
- zabezpieczenie przed niską temperaturą (może być pokazane dokumentacyjnie)
- kontrola nad gazami emitowanymi przez baterie (wymaganie uznaje się za spełnione, gdy bateria typu zamkniętego pozytywnie przejdzie wszystkie pozostałe badania)

## 3) Kierowca musi otrzymać ostrzeżenie o uszkodzeniu układu monitorowania zasobnika energii (monitorowania z poziomu samochodu)

## 4) Kierowca musi otrzymać ostrzeżenie o przegrzaniu baterii

## 5) Kierowca musi otrzymać ostrzeżenie na 5 minut przed wystąpieniem niebezpieczeństwa (pożar, eksplozja), chyba że taki wzrost ciepła nie prowadzi do sytuacji niebezpiecznej dla osób w pojeździe. Producent baterii musi wykazać, że podjął wystarczające działania, aby zminimalizować ryzyko dla użytkowników pojazdów. Zalecane jest przy tym bazowanie np. na ISO 26262 (Bezpieczeństwo funkcjonalne).<sup>910</sup>

---

<sup>9</sup> Regulamin nr 100 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ) – Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w zakresie szczególnych wymagań dotyczących elektrycznego układu napędowego [2015/505] (OJ L 87 31.03.2015, p. 1, ELI: <http://data.europa.eu/eli/reg/2015/100/oj>)

<sup>10</sup> Kamil Przewoski, *IDIADA Poland*, <https://www.linkedin.com/pulse/r10003-baterie-i-samochody-elektryczne-coraz-bardziej-kamil>

# 3

## Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie pojazdu

Autorzy

**Andrzej Gemra**

Ekspert ds. Public Affairs & Elektromobilności, Renault Polska

**Maria Majewska**

New Mobility Manager, PSPA



## Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie pojazdu

Autorzy

**Andrzej Gemra**

Ekspert ds. Public Affairs & Elektromobilności, Renault Polska

**Maria Majewska**

New Mobility Manager, PSPA

# 3. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie pojazdu

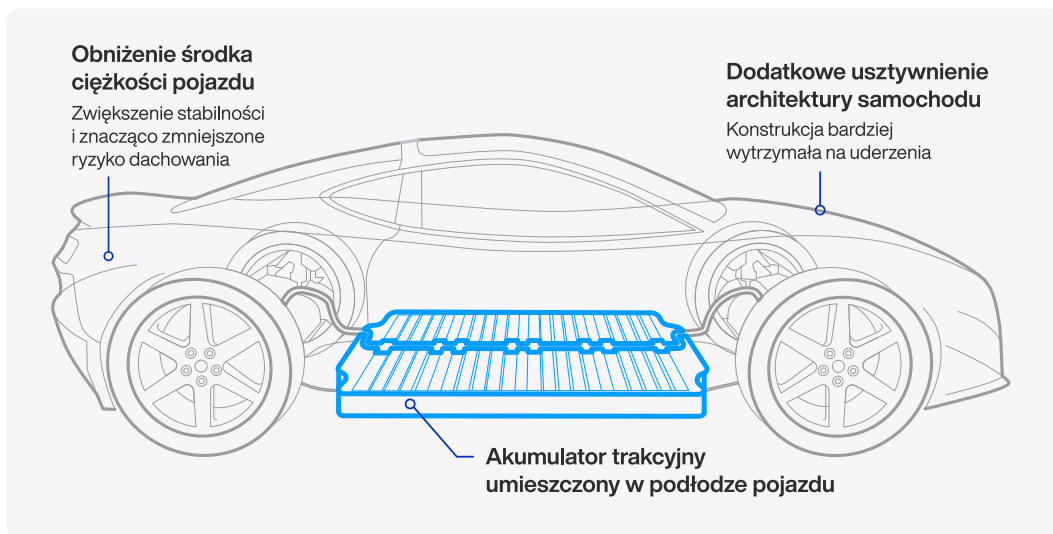
Pojazdy elektryczne muszą spełniać analogiczne wymogi jak dla pojazdów spalinowych, aby mogły zostać dopuszczone do ruchu i sprzedaży. Jednym z wymagań jest Regulamin nr 100 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych (EKG ONZ).

## Najważniejsze zmiany wprowadzone w 2021 r. w Regulaminie nr 100 dotyczące pojazdów / Część I Regulaminu

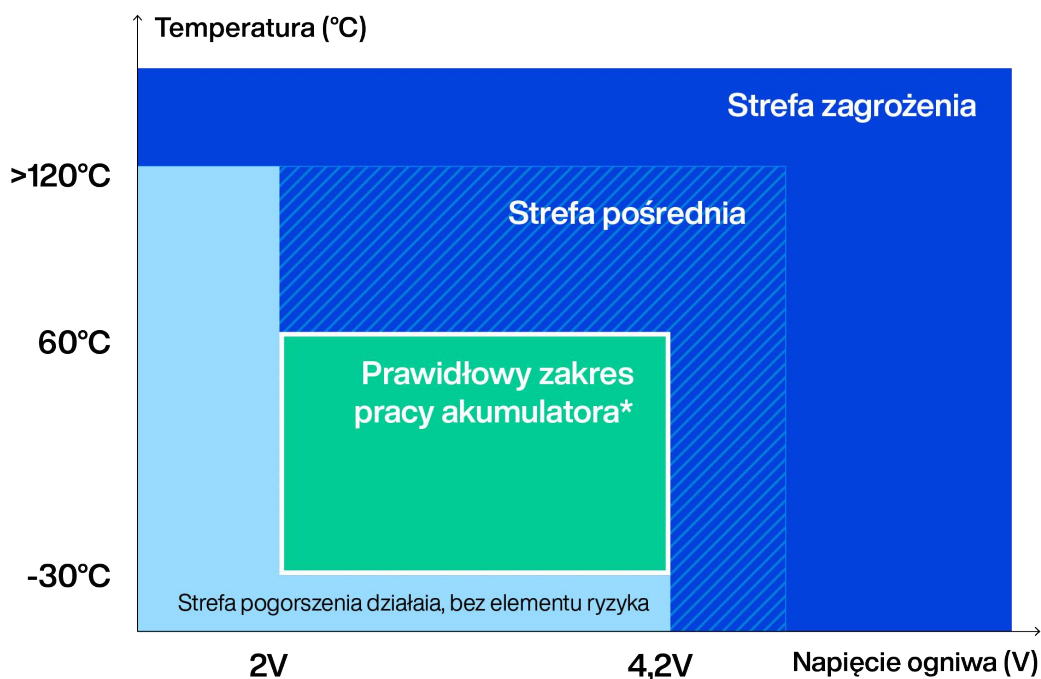
 <p>Wprowadzono literalne potwierdzenie, że R100 dotyczy też pojazdów niskonapięciowych posiadających baterie / magazyny energii (REESS)</p>	 <p>Wprowadzono dodatkowe wymagania dot. zabezpieczenia przyłączy wysokiego napięcia w samochodach</p>	 <p>Wprowadzono nowe wymaganie dotyczące oporności barierek ochronnych oddalonych od siebie o mniej niż 2,5 m</p>	 <p>Zniesiono wymaganie dotyczące maksymalnego napięcia prądu stałego przy ocenie oporności izolacji</p>
 <p>Konieczny jest montaż systemu monitorowania izolacji – też w samochodach z ogniwami paliwowymi (wodorowych)</p>	 <p>Konieczne jest zabezpieczenie układu elektrycznego samochodu przed strumieniami wody – została opracowana specjalna procedura badania do tego wymagania</p>	 <p>Wprowadzono dodatkowe wymagania dot. sygnalizacji o awariach – na poziomie samochodu jak i na poziomie magazynu energii</p>	

Źródło: Kamil Przewoski, IDIADA Poland, <https://www.linkedin.com/pulse/r10003-baterie-i-samochody-elektryczne-coraz-bardziej-kamil>

## Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie akumulatorów litowo-jonowych Wzmocniona budowa EV



Specyfiką pojazdu elektrycznego jest akumulator trakcyjny, dla którego przeprowadza się specjalne testy bezpieczeństwa związane z: uszkodzeniami mechanicznymi, uszkodzeniami układu elektrycznego, uszkodzeniami termicznymi czy wewnętrznymi uszkodzeniami ogniów. Głównym celem tych testów jest taka konstrukcja akumulatora trakcyjnego montowanego w pojazdach elektrycznych i hybrydowych, która uniemożliwia jego samozapłon przez cały cykl użytkowania.



\* Kontrolowany przez moduł elektroniczny akumulatora (BMS)

W przypadku pojazdów elektrycznych i hybrydowych występują dwa główne rodzaje zagrożenia pożarowego:

- rozprzestrzenianie się ognia z zewnątrz pojazdu
- podpalenie

### 3.1. Case Study wg Grupy Renault

W 2010 r. Grupa Renault podjęła decyzję o nawiązaniu ścisłej współpracy ze środowiskiem służb ratownictwa drogowego w zakresie ratowania życia ludzi. Struktura pojazdów poruszających się po naszych drogach gwałtownie się zmienia i wymaga radykalnych zmian w sposobie działania służb ratowniczych. Wraz z wprowadzeniem na rynek pierwszych samochodów elektrycznych Grupa Renault przystąpiła do intensyfikacji współpracy z jednostkami straży pożarnej.

#### **Specyficzne wymagania dotyczące pojazdów elektrycznych i hybrydowych**

Pojazdy zelektryfikowane charakteryzują się dodatkowym parametrem, który należy uwzględnić przy opracowywaniu procedur dla zespołów ratowniczych dotyczących postępowania w terenie – zabezpieczenie instalacji elektrycznej samochodu. W przypadku pojazdów spalinowych standardowym etapem procedury jest zabezpieczenie akumulatora zasilania osprzętu (12/14 V). W przypadku pojazdów elektrycznych i hybrydowych, mając do czynienia z prędkościami zderzenia często wyższymi niż podczas testów w ramach protokołów Euro NCAP, konieczne jest zabezpieczenie akumulatora wysokonapięciowego (400 V) i jego przewodów zasilających. Czynność ta musi być absolutnie bezpieczna i nie powinna w żaden sposób spowalniać ratowania pasażerów. W przypadku akumulatorów wysokonapięciowych zabezpieczenia ręczne różnego typu są rozmieszczone zależnie od producenta w kilku różnych miejscach pojazdu: w bagażniku, przy bloku silnika, pod siedzeniem itd. Dlatego tak ważna jest dla straży pożarnej możliwość dostępu do karty wspomaganie decyzji.

W ramach współpracy Grupy Renault ze służbami ratowniczymi zespoły projektowe samochodów marek Renault i Dacia zadbały o to, by żaden przewód elektryczny wbudowany w konstrukcję tych aut nie przebiegał przez strefy wskazane jako miejsca rozcinania karoserii przy wydobywaniu uwięzionych w ich wnętrzu pasażerów.

Podobnie jak liczniki elektryczne w domu również samochody elektryczne produkowane przez Grupę Renault są wyposażone w główny wyłącznik prądu, który umożliwia bezpośrednią ingerencję w strefy przewodów mocy. Aby maksymalnie ułatwić dostęp do tego wyłącznika, w Renault ZOE został on na przykład umieszczony we wnęce na nogi po stronie pasażera z przodu.

Uszkodzony pojazd elektryczny lub hybrydowy nie może stwarzać dodatkowego zagrożenia dla służb ratowniczych, w związku z tym:

- przewody wysokiego napięcia poprowadzone są poza strefami cięcia nadwozia przez strażaków
- system odłączania (service plug) akumulatora wysokonapięciowego umieszczony jest bezpośrednio na akumulatorze
- dostęp do service-plugu dla ratowników nie wymaga przesunięcia miednicy pasażera(ów)
- wprowadzane są nowe rozwiązania – jak w przypadku Renault: fireman access i kod QR ułatwiające i skracające w znacznym stopniu czas interwencji

### Fireman Access

Moduł elektroniczny (BMS) na bieżąco kontroluje temperaturę i napięcie poszczególnych ogniw i odpowiednio reaguje w celu uniemożliwienia samozapłonu akumulatora. Jeśli jednak akumulator w pojeździe elektrycznym lub hybrydowym Renault już płonie, to jedynie szybkie schłodzenie wodą jego ogniw umożliwi jego ugaszenie. Akumulatory trakcyjne są całkowicie hermetyczne – ich konstrukcja uniemożliwia przedostanie się wody do wnętrza. W Renault we współpracy ze strażakami opracowano rozwiązanie techniczne Fireman Access umożliwiające doprowadzenie wody do wnętrza akumulatora trakcyjnego i w konsekwencji ugaszenie pojazdu w czasie zbliżonym do czasu gaszenia pojazdu z silnikiem spalinowym.



Rysunek 1.  
Akumulator trakcyjny  
Renault Megane E-Tech  
elektryczny z system  
Fireman Access oraz  
service plug

Ten innowacyjny system Fireman Access, wdrożony w ramach trwającej od ponad dziesięciu lat współpracy pomiędzy Grupą Renault a strażą pożarną, to specjalny system dostępu dla zespołów ratowniczych, pozwalający im na szybkie zalanie wodą palącego się akumulatora i ugaszenie płomieni w ciągu 5 minut, a nie jak w przypadku samochodu elektrycznego pozbawionego tego systemu – od jednej do trzech godzin.

Oprócz tego nowatorskiego rozwiązania samochód posiada łatwo dostępny wyłącznik pod tylną kanapą, pozwalający służbom ratowniczym na odłączenie akumulatora od obwodu wysokiego napięcia w pojeździe.

### Kod QR i karta ratownicza

Drugą innowacją jest kod QR. Jest to naklejka do skanowania umieszczona na szybach pojazdów. Umożliwia ekipom ratowniczym szybki dostęp do wszystkich informacji

technicznych o pojeździe niezbędnych w akcji ratowniczej. Informacje te są zgrupowane w tzw. karcie interwencyjnej. Po dotarciu do uszkodzonego pojazdu ekipy ratownicze mogą zeskanować kod QR i błyskawicznie określić, czy jest to pojazd hybrydowy, hybrydowy typu plug-in czy elektryczny i w odpowiedni sposób podejmować akcję ratowniczą. Są to w szczególności informacje zawierające dane konstrukcyjne, takie jak umiejscowienie akumulatora trakcyjnego i poduszek powietrznych, strefy umożliwiające szybkie i bezpieczne rozcięcie karoserii itd. To pozwala przyspieszyć działania ratownicze i skrócić czas potrzebny na wydobywanie pasażerów z rozbitego pojazdu nawet o 15 minut.

The image displays six emergency response cards for a Renault Megane E-Tech 100% Electric. The cards are organized as follows:

- Card 1 (Top Left):** Vehicle identification and overview. It shows the Renault logo, the model name 'Megane E-Tech 100% Electric', and a QR code. It includes a diagram of the vehicle's chassis with various components labeled.
- Card 2 (Top Right):** Identification and immobilization. It details steps for identifying the vehicle and immobilizing it, including engine stop and battery disconnect procedures.
- Card 3 (Middle Left):** Safety rules and direct dangers. It lists safety rules and provides a diagram of the battery pack location.
- Card 4 (Middle Right):** Energy storage. It specifies the battery type (Lithium-ion) and voltage (400V).
- Card 5 (Bottom Left):** Fire response. It provides instructions on how to respond to a fire, including the use of fire extinguishers and the location of fire extinguishers.
- Card 6 (Bottom Right):** Towing and storage. It provides instructions on how to tow the vehicle and where to store it.

Each card also includes a QR code and a small table with technical specifications and contact information.

Karty ratownicze można pobrać za pomocą aplikacji: Euro Rescue i Rescuencode.

Zapoczątkowana przez Grupę Renault formuła udostępniania kart interwencyjnych przyczyniła się też do pozytywnych zmian w sferze bezpieczeństwa drogowego, ponieważ karty te są obecnie wymagane przez organizację Euro NCAP przy przyznawaniu gwiazdek.



# 4

## **Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie stacji ładowania**

Autor

**Jarosław Kozłyk**

Specjalista ds. Rozwoju Elektromobilności  
Urząd Dozoru Technicznego

## Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie stacji ładowania

Autor:

**Jarosław Kozłyk**

Specjalista ds. Rozwoju Elektromobilności

Urząd Dozoru Technicznego

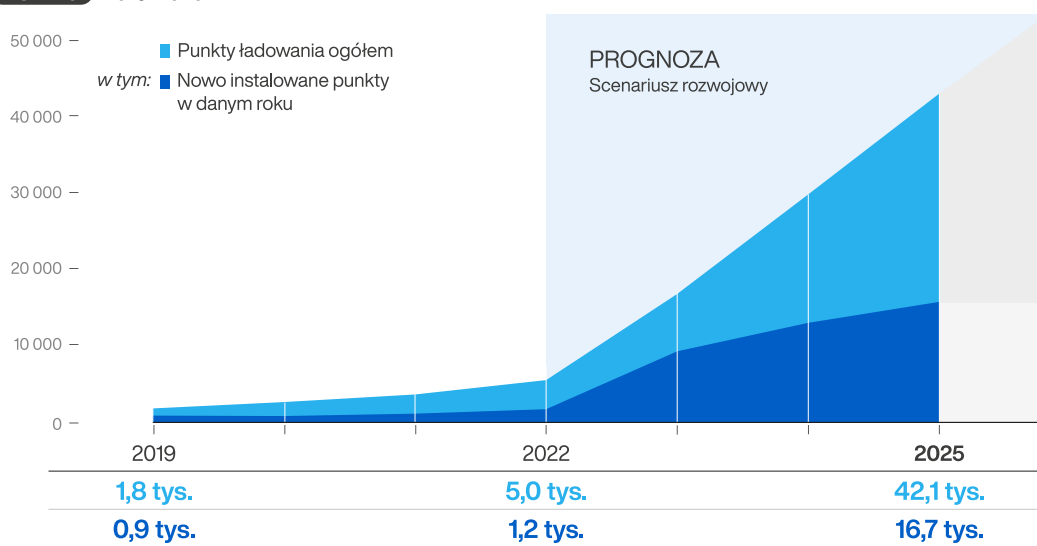
# 4. Zabezpieczenia przeciwpożarowe na poziomie stacji ładowania

## Ogólnodostępna infrastruktura ładowania w Polsce

Prognoza rozwoju

### Sieć punktów ładowania w stacjach ogólnodostępnych w Polsce

**AC + DC** 2019-2025



Źródło: Polish EV Outlook 2022, PSPA

Stacje ładowania, muszą spełniać wymagania techniczne i eksploatacyjne określone w szczególności w Polskich Normach, zapewniające ich bezpieczne używanie, w tym bezpieczeństwo pożarowe i bezpieczne funkcjonowanie sieci elektroenergetycznych. Spełnienie tych wymagań pozwala na stwierdzenie, że nie stanowią zagrożenia dla użytkowników oraz otoczenia

Już na etapie przygotowywania instrukcji eksploatacji danej stacji ładowania, producent powinien wskazać opis sposobu postępowania w razie pożaru stacji ładowania oraz określić wymagania dla stacji ładowania w zakresie ochrony przeciwpożarowej. Wskazanie powyższych wymagań w instrukcji eksploatacji jest sprawdzane każdorazowo przez inspektorów Urzędu Dozoru Technicznego na etapie weryfikacji dokumentacji złożonej wraz z wnioskiem o badanie techniczne stacji ładowania.

Do kluczowych wymagań w zakresie ochrony przeciwpożarowej stacji ładowania należy zaliczyć:

- zakaz użytkowania urządzeń niesprawnych oraz niezgodnie z ich przeznaczeniem,
- zakaz użytkowania w warunkach innych niż określił to producent urządzenia,
- zakaz składowania materiałów łatwopalnych oraz rozpalania ognia w pobliżu urządzenia.

Ponadto, niezależnie od powyższego, wraz z wnioskiem o badanie techniczne stacji ładowania eksploatujący jest zobowiązany załączyć **opinię o spełnieniu wymagań z zakresu ochrony przeciwpożarowej wystawioną przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych**.

Wykaz uprawnionych rzeczoznawców do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych znajduje się w biuletynie informacji publicznej Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej [x1] i jest na bieżąco aktualizowany.

Zakres opinii powinien odnosić się do konkretnej stacji ładowania, pozwalając co najmniej na jej identyfikację, wskazanie parametrów znamionowych oraz warunki ochrony przeciwpożarowej w miejscu jej posadowienia. Kolejnym elementem mającym wpływ na bezpieczeństwo eksploatacji stacji ładowania jest badanie techniczne realizowane przez inspektora UDT w miejscu zainstalowania stacji. Podczas badania technicznego weryfikowane są następujące obszary mające bezpośredni lub pośredni wpływ na bezpieczeństwo przeciwpożarowe stacji ładowania:

- oględziny urządzenia, w tym zastosowanie zabezpieczeń stacji ładowania przed najechaniem, oględzin gniazd i wtyków kablowych oraz dławików mających wpływ na szczelność i zabezpieczanie przed wilgocią, weryfikacji kontaktu do eksploatującego w przypadku awarii stacji lub pożaru,
- pomiary ochronne, w tym pomiary z zakresu ochrony przeciwporażeniowej, rezystancji izolacji, ciągłości przewodów ochronnych, zadziałania wyłączników różnicowo – prądowych RCD oraz urządzenia kontroli stanu izolacji IMD (jeżeli jest stosowany),
- próby funkcjonalne, w tym zadziałanie wyłącznika bezpieczeństwa/awaryjnego (jeżeli jest stosowany).



Pozytywne zakończenie badania technicznego stacji ładowania realizowanego przez inspektora UDT potwierdzone jest wydaniem stosownego protokołu pozwalającego na eksploatację danej stacji ładowania. Jest to potwierdzenie, że daną stacją ładowania można eksploatować bezpiecznie.

Informacje przygotowane przez angielską organizację Fire Protection Association (FPA), gdzie wskazano rekomendacje w zakresie stosowania ochrony przeciwpożarowej i zabezpieczeń w zależności od lokalizacji stacji ładowania oraz poziomem ryzyka z tym związanym:

### Rekomendacje w zakresie stosowania ochrony przeciwpożarowej i zabezpieczeń w stacji ładowania

Lokalizacja	Ochrona przeciwpożarowa i zabezpieczenia	Poziom ryzyka
Piwnica	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ system automatycznego tłumienia ognia</li> <li>→ wentylacja</li> <li>→ dostęp dla służb pożarowych</li> <li>→ odpływ wody gaśniczej</li> </ul>	
Przestrzeń publiczna (np. parking w mieście)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ zabezpieczenia mechaniczne przed najechaniem (krawężniki, słupki, bariery)</li> <li>→ bezpieczne mocowanie kabla ładującego w stacji ładowania</li> <li>→ monitoring CCTV</li> </ul>	
Wewnątrz budynku (parter lub piętro)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ czujnik wykrywania pożaru</li> <li>→ system automatycznego gaszenia ognia</li> <li>→ wentylacja</li> <li>→ gaśnice</li> <li>→ przegroda przeciwpożarowa</li> </ul>	
Ostatnie piętro budynku (np. parking na dachu)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ gaśnice</li> <li>→ odpływ wody gaśniczej</li> </ul>	
Dedykowany budynek wolnostojący	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ czujnik wykrywania pożaru</li> <li>→ gaśnice</li> <li>→ lekka konstrukcja, łączenie z dachem</li> <li>→ bezpieczna odległość od innych budynków</li> </ul>	
Przestrzeń bezpieczna (np. MOP przy autostradzie)	<ul style="list-style-type: none"> <li>→ zabezpieczenia mechaniczne przed najechaniem (krawężniki, słupki, bariery)</li> <li>→ bezpieczne mocowanie kabla ładującego w stacji ładowania</li> <li>→ gaśnica</li> </ul>	

Źródło: RC59: Recommendations for fire safety when charging electric vehicles. Fire Protection Association (FPA). 2021 r.



# 5

## Potencjalne źródła pożarów

Autor

**Dr hab. inż. Dorota Brzezińska**

prof. Politechniki Łódzkiej

## Potencjalne źródła pożarów

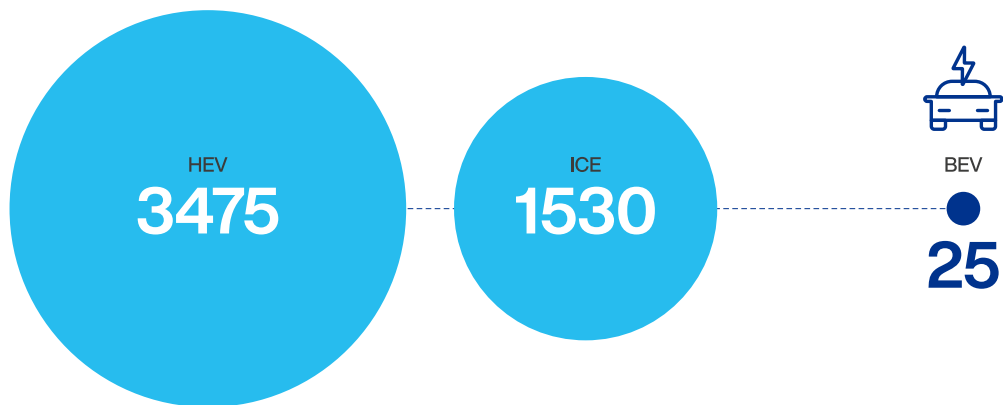
Autor

Dr hab. inż. Dorota Brzezińska  
prof. Politechniki Łódzkiej

# 5. Potencjalne źródła pożarów

## Częstotliwość pożarów samochodów

Liczba pojazdów na 100 000 pojazdów



Źródło: New York Times za AutoInsuranceEZ

Scenariusze pożarów pojazdów elektrycznych są nadal aktualizowane. Można je jednak wstępnie sklasyfikować jako jeden lub więcej z następujących przypadków:

- EV zapala się podczas postoju (samozapłon). Może to być związane z ekstremalnymi warunkami pogodowymi (niskie/wysokie temperatury, wysoka wilgotność, zniszczenie słonej wody) lub wewnętrzną awarią jednego z ogniw.
- EV zapala się podczas ładowania. Ta awaria może być związana z awarią akumulatora spowodowaną przeładowaniem i/lub wadliwymi lub niezabezpieczonymi stacjami ładowania i/lub przewodów.
- EV zapala się w wyniku kolizji lub innego rodzaju uszkodzeń mechanicznych.
- Akumulatory EV niejednokrotnie nagrzewają się i ulegają ponownym samozapłonom po ugaszeniu pożaru<sup>11</sup>

<sup>11</sup> Sun P., Huang X., Bisschop R., Niu H., (2020), A Review of Battery Fires in Electric Vehicles, Fire Technology, <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>

## Testy pożarów akumulatorów

Niestety, badania nad testowaniem akumulatorów EV na dużą skalę są nadal niejednoznaczne i są prowadzone w bardzo ograniczonej ilości. Literatura ostrzega przed błędną interpretacją danych o pożarach akumulatorów na małą skalę i wykorzystywaniem ich w celu oceny zagrożeń związanych z pożarami pojazdów elektrycznych w skali rzeczywistej.<sup>12</sup> Przewidywana wielkość pożaru samochodowych akumulatorów EV wciąż nie jest zatem jednoznaczna. Na przykład w przypadku baterii Tesli Model S o wadze 2250 kg, która jest pięć razy większa niż przebadane ogniwo akumulatora (45 g dla ogniwa 18650), moc pożaru całej baterii wzrasta trzykrotnie, a nie pięciokrotnie. Moc pożaru baterii może wynosić od kilku kilowatów dla ogniwa akumulatora<sup>13</sup>, poprzez kilkaset kilowatów dla pojedynczego akumulatora EV i kilku megawatów dla pełnowymiarowego pożaru samochodu elektrycznego.

W analizach inżynierii pożarowej szybkość uwalniania ciepła (HRR) jest najważniejszym parametrem oceny zagrożenia pożarowego EV, stosowanym przy ocenie projektów systemów bezpieczeństwa pożarowego parkingów. Szybkość uwalniania ciepła HRR [kW] jest standardowym wskaźnikiem wielkości projektowej pożaru i może być przyjęta jako:

$$HRR = \dot{m}\Delta H_e = A_f \dot{m}'' \eta \Delta H_c \quad (1)$$

gdzie  $\dot{m}$  jest szybkością spalania [kg/s] określoną przez szybkość utraty masy próbki w trakcie testu spalania [20];  $\Delta H_e$  jest ciepłem spalania [MJ/kg];  $A_f$  oznacza powierzchnię paliwa lub źródła ognia [m<sup>2</sup>], która jest podstawą EV;  $\dot{m}''$  to strumień spalania [kg/m<sup>2</sup>s];  $\eta$  to intensywność spalania, która zależy od dopływu tlenu, a  $\Delta H_c$  to ciepło spalania akumulatorów EV, które zmienia się w zależności od rodzaju baterii.

Energję pożaru EV można również ocenić za pomocą średniego strumienia ciepła ( $q''$ ) akumulatora i jego powierzchni. Do obliczeń przewidywanej wielkości projektowej pożaru można przyjąć poziom naładowania baterii jako 100%, co stanowi najgorszy scenariusz pożaru.<sup>14</sup> Na przykładzie pojazdu elektrycznego zasilanego bateriami litowo-tytanowymi (LTO) średni strumień ciepła ( $q''$ ) wynosi około 2,3 MW/m<sup>2</sup> w fazie pełnego naładowania.<sup>15</sup> Biorąc pod uwagę powierzchnię akumulatora  $A_{EV} \approx 3$  m<sup>2</sup>, średni HRR pożaru tego rodzaju EV można oszacować na 7 MW (1).

$$HRR = A_{EV} q'' = 3 \text{ m}^2 \times 2.3 \text{ MW/m}^2 \approx 7 \text{ MW} \quad (2)$$

<sup>12</sup> Sun P., Huang X., Bisschop R., Niu H., (2020), A Review of Battery Fires in Electric Vehicles, Fire Technology, <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00944-3>

<sup>13</sup> Liu X, Wu Z, Stoliarov SI et al (2016) Heat release during thermally induced failure of a lithium-ion battery: impact of cathode composition. Fire Saf J 85:10–22. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2016.08.001>

<sup>14</sup> US Department of Transportation (2014) Interim guidance for electric and hybrid electric vehicles equipped with high-voltage batteries. DOT HS 811 575.

<sup>15</sup> Wang Q (2018) Study on fire and fire spread characteristics of lithium-ion batteries. In: 2018 China national symposium on combustion.

Tak obliczona przewidywana wielkość pożaru baterii (HRR) może również zostać wykorzystana do oceny niezbędnej ilości wody lub innych środków przeciwpożarowych do ugaszenia jej pożaru.

Brak pełnowymiarowych testów ogniowych EV ogranicza wiedzę inżynierską na temat rzeczywistego zagrożenia pożarowego wynikającego z ich stosowania, ale przytoczone obliczenia wskazują, iż ogólnie przyjęta moc obliczeniowa pożaru (HRR) do projektowania systemów zabezpieczeń parkingów powinna wynosić około 7 MW, a zatem podobnie, jak w przypadku pożarów samochodów konwencjonalnych. Jednak należy założyć, że wzrost mocy pożaru jest w tym przypadku znacznie szybszy.



# 6

## **Pożary samochodów w przestrzeniach zamkniętych**

Autor

**Dr hab. inż. Dorota Brzezińska**

prof. Politechniki Łódzkiej

## Potencjalne źródła pożarów

Autor

Dr hab. inż. Dorota Brzezińska  
prof. Politechniki Łódzkiej

# 6. Pożary samochodów w przestrzeniach zamkniętych

## 6.1. Wymagania przepisów dotyczące przestrzeni zamkniętych (garaży)

Wzrost urbanizacji przestrzennej oraz intensywny rozwój motoryzacji, jakie nastąpiły na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat, wymusiły stworzenie odpowiedniej infrastruktury, nie tylko w postaci sieci dróg, stacji benzynowych, warsztatów itp., ale przede wszystkim odpowiedniej liczby miejsc garażowych i parkingowych. Próbie optymalnego zagospodarowania terenów inwestycyjnych pod zabudowę mieszkaniową, handlową, hotelową czy biurową towarzyszy budowa garaży wielostanowiskowych, często zamkniętych i zagłębionych pod ziemią. Zgodnie z prawem budowlanym, każdy obiekt budowlany, jako całość oraz jego poszczególne części, należy projektować i budować w sposób określony w przepisach, w tym techniczno-budowlanych, oraz zgodnie z zasadami wiedzy technicznej.<sup>16</sup> Wymagania te obejmują między innymi zagadnienia ochrony przeciwpożarowej garaży. Kluczowym celem projektowania obiektów pod tym względem jest zapewnienie odpowiednich warunków dla użytkowników w przypadku wystąpienia konieczności ich ewakuowania się, umożliwienie skutecznego działania ekipom ratowniczo – gaśniczym oraz ochrona konstrukcji budynku.<sup>17</sup>

W 2018 r. ukazały się ostatnie zmiany rozporządzenia ws. warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie w zakresie ochrony przeciwpożarowej garaży. Poniżej omówione zostały najważniejsze zasady ich projektowania, ze szczególnym naciskiem na zagadnienia związane z ich oddymianiem<sup>18</sup>.

<sup>16</sup> Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2013 r., poz. 1409, z późn. zm.)

<sup>17</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz.690 z późn. zm.)

W garażach znajdujących się poniżej drugiej kondygnacji podziemnej, jeśli nie posiadają one bezpośredniego wjazdu lub wyjazdu, istnieje obowiązek stosowania samoczynnych urządzeń gaśniczych wodnych (§ 277 ust. 3 War. techn. <sup>18</sup>).

Obowiązek stosowania samoczynnych urządzeń oddymiających obejmuje garaże o powierzchni strefy pożarowej większej niż 1 500 m<sup>2</sup> lub mniejszej, jeśli nie posiada ona bezpośredniego wjazdu lub wyjazdu (§ 277 ust. 4 War. techn. <sup>18</sup>). Instalacja wentylacji oddymiającej w garażu zamkniętym powinna usuwać dym z intensywnością zapewniającą, że w czasie potrzebnym do ewakuacji ludzi na chronionych przejściach i drogach ewakuacyjnych nie wystąpi zadymienie lub temperatura uniemożliwiająca bezpieczną ewakuację, oraz powinna mieć stały dopływ powietrza zewnętrznego uzupełniającego braki tego powietrza w wyniku jego wypływu wraz z dymem (§ 270 ust. 1). Długość przejścia do najbliższego wyjścia ewakuacyjnego, wynosząca w garażu zamkniętym maksymalnie 40 m, może być powiększona zgodnie z zasadami określonymi w §237 ust. 6 pkt 2, tj. w przypadku stosowania samoczynnych urządzeń oddymiających, uruchamianych za pomocą systemu wykrywania dymu, o 50%. Możliwość wydłużania przejść ewakuacyjnych o 50% została zlikwidowana w przypadku zastosowania systemu wentylacji oddymiającej strumieniowej (§ 278 ust. 2, 3).

## 6.2. Zasady projektowania systemów wentylacji pożarowej w garażach wg standardów europejskich

Najpowszechniej znaną i stosowaną w Polsce przez projektantów i rzeczoznawców jest norma brytyjska BS 7346-7:2013.<sup>18</sup> Standard ten podaje zalecenia i wytyczne funkcjonowania systemów usuwania dymu i ciepła z garaży zamkniętych, a także częściowo otwartych, z uwzględnieniem możliwości parkowania w garażach samochodów osobowych zasilanych gazem płynnym LPG. Norma brytyjska zakłada, że projektowany system ma służyć osiągnięciu jednego z trzech celów. Są to: usuwanie dymu w czasie pożaru oraz po jego ukończeniu (służą temu systemy kanałowe i bezkanałowe), utworzenie i utrzymanie wolnego od dymu dojścia do źródła pożaru dla ekip ratowniczych (przede wszystkim systemy bezkanałowe) i/lub ochronę dróg ewakuacyjnych w przestrzeni garażu (systemy bezkanałowe lub systemy kontroli dymu i ciepła tzw. SHEVS). W omawianej normie nie pojawia się wymóg ochrony garaży poprzez zastosowanie instalacji tryskaczowej, jednak efekt działania tryskaczy brany jest pod uwagę przy zakładaniu parametrów pożaru projektowego. W przypadku wyposażenia garażu w instalacje gaśniczą wodną zalecana moc całkowita pożaru projektowego wynosi 4 MW (6 MW dla stanowisk dwupoziomowych), natomiast przy jej braku należy brać pod uwagę możliwość zapalenia się kolejnego pojazdu i całkowitą moc pożaru – 8 MW. Obecnie nie istnieją odrębne wymagania dla wielkości projektowej pożarów samochodów elektrycznych.

<sup>18</sup> BS 7346-7:2013 Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks



Alternatywny standard - belgijski NBN S 21-208-2 jest rzadko stosowany w Polsce ze względu na to, iż stawia on bardzo wysokie wymagania w zakresie systemów oddymiania garaży w stosunku do ogólnego poziomu bezpieczeństwa pożarowego narzucanego przez przepisy obowiązujące w Polsce. Można się jednak zastanawiać, czy w przypadku coraz większej liczby samochodów elektrycznych, do których konieczne jest zapewnienie lepszego dostępu dla ekip ratowniczo-gaśniczych niż w przypadku samochodów tradycyjnych, to właśnie ta norma nie powinna stać się dominującą. Obowiązuje ona w garażach o powierzchni powyżej 1000 m<sup>2</sup>. Zgodnie z nią system wentylacji pożarowej powinien w razie pożaru umożliwić użytkownikom garażu bezpieczne jego opuszczenie oraz utrzymać wolny od dymu dostęp w pobliżu miejsca pożaru, z zewnątrz, od strony drogi publicznej, na odległość nie większą niż 15 m od tego miejsca. W przypadku stosowania systemu wentylacji oddymiającej kanałowej norma ta wymaga spełnienia szeregu warunków zależnych od tego czy w garażu przewidywane jest zastosowanie instalacji tryskaczowej. Wymagana minimalna wysokość garażu oddymianego kanałowo przy zastosowaniu systemów gaśniczych wodnych wynosi 2,8 m, natomiast bez nich – 3,8 m. Odpowiednio, wymagana wysokość warstwy wolnej od dymu w pierwszym przypadku wynosi 2,5 m, natomiast w drugim – 3,5 m, przy czym zawsze powinna ona utrzymywać się co najmniej 0,3 m pod najniższym elementem stropu. Tak wysokie wymagania mają zapewnić pod stropem garażu nieprzekroczenie temperatury 200°C, co daje możliwość swobodnego przemieszczania się zarówno ludzi ewakuujących się, jak ekip i prowadzących akcję ratowniczo – gaśniczą. Dodatkowo norma wymaga stworzenia w garażu podziału na strefy dymowe o maksymalnej długości 60 m i powierzchni 2600 m<sup>2</sup> (dla wentylacji naturalnej 2000 m<sup>2</sup>). W garażach niespełniających wymagań dla wentylacji kanałowej norma wymaga stosowania wentylacji strumieniowej<sup>19</sup>. Jest to bardzo słuszna zasada, analizowana i potwierdzana również wielokrotnie w Polsce<sup>22</sup>, niestety, z powodu zbyt mało precyzyjnych przepisów – w praktyce często nieprzestrzegana.

Kluczowym celem stosowania zabezpieczeń przeciwpożarowych jest uzyskanie poziomu bezpieczeństwa budynku odpowiadającemu poziomowi wymaganemu przez lokalne przepisy nakazowe<sup>20</sup>. W Polsce potrzeba wyznaczenia w projektowanych budynkach przewidywanego czasu ewakuacji ludzi oraz warunków rozwoju pożaru i jego parametrów na drogach ewakuacyjnych wynika, z przytaczanego już wcześniej, zapisu §270 ust. 1 Rozporządzenia 18. Za parametry krytyczne bezpieczeństwa życia ludzi i warunków ich ewakuacji na drogach ewakuacyjnych, zgodnie z rozporządzeniem dotyczącym warunków technicznych dla stacji metra (traktowanym w omawianym zakresie obecnie jako wymaganie obowiązujące we wszystkich obiektach budowlanych)<sup>21</sup>, przyjmuje się zadymienie na wysokości mniejszej lub równej 1,8 m od posadzki, ograniczające widzialność krawędzi elementów budynku i znaków ewakuacyjnych luminescencyjnych nie więcej niż do 10 m, temperaturę powietrza na wysokości mniejszej lub równej 1,8 m od posadzki nieprzekraczającą 600°C, a w warstwie podsufitowej na wysokości powyżej 2,5 m od posadzki – 200°C. Zasadniczym znaczeniem jest uwzględnienie odpowiedniej liczby

<sup>19</sup> NBN S 21-208-2 Protection incendie dans les batiments. Conception des systems d'evacuation des fumees et de la chaleur (EFC) des parkings interieurs

<sup>20</sup> Brzezinska D., Powstanie i rozwój inżynierii bezpieczeństwa pożarowego w Polsce, BiTP, 2(2016), 141-149

<sup>21</sup> Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z 17 czerwca 2011 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać obiekty budowlane metra i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 144, poz. 859)

i rozmieszczenia wyjść ewakuacyjnych w przestrzeni garażu, które będą miały wpływ na czas przejścia obliczany jako iloraz drogi od najdalszego miejsca w garażu do wyjścia ewakuacyjnego i średniej prędkości poruszania się osób <sup>22</sup>. Na wymagany czas bezpiecznej ewakuacji, czyli czas liczony od początku powstania pożaru do momentu, w którym założona ilość osób zdoła się ewakuować w bezpieczne miejsce, poza czasem przemieszczania ludzi, składa się czas detekcji pożaru, czas alarmowania oraz czas do rozpoczęcia ewakuacji (pre-movement time), czyli przedział czasu od momentu, w którym zostało przekazane ostrzeżenie o zagrożeniu do momentu, w którym pierwsza i ostatnia osoba przebywająca w obiekcie rozpoczną ewakuację. Przy projektowaniu konieczne jest zapewnienie wczesnego ostrzegania o pożarze. Wykrycie pożaru i system alarmowy muszą zapewnić ostrzeżenie na tyle wcześnie, aby umożliwić pełną ewakuację ze strefy zagrożenia, zanim warunki staną się nieakceptowalne. Czas od rozpoczęcia pożaru do jego wykrycia, uwarunkowany jest przyjętym systemem detekcji pożaru, a właściwy dobór i rozmieszczenie czujek pożarowych wpływa znacząco na jego skrócenie.



# 7

## **Ochrona ppoż garaży w kontekście wyposażenia w stacje ładowania oraz postoju samochodów elektrycznych**

Autor

**mgr inż. Krzysztof Majcher**

Projektant instalacji pożarowych  
SPIE BUILDING Solutions

## Potencjalne źródła pożarów

Autor

mgr inż. Krzysztof Majcher  
Projektant instalacji pożarowych  
SPIE BUILDING Solutions

# 7. Ochrona ppoż garaży w kontekście wyposażenia w stacje ładowania oraz postoju samochodów elektrycznych

Pod względem wymagań prawnych w Polsce, jak w USA, aktualnie nie ma dodatkowych przepisów dla obligatoryjnego stosowania systemów ppoż. (SUG-W, wentylacji) w miejscach instalowania stacji i punktów ładowania samochodów elektrycznych.

Konieczność wyposażenia garaży w systemy ppoż. takie jak stałe urządzenia gaśnicze wodne (SUG-W, a więc tryskaczowych i mgłowych) wynika z przepisów budowlanych obowiązujących w danym kraju, i są w tych obszarach różnice, przy czym największe wymagania dotyczą parkingów zamkniętych i podziemnych.

Natomiast z punktu widzenia firm ubezpieczeniowych i ich rekomendacji wynika, że jednak ryzyko związane z punktami/stacjami ładowania samochodów elektrycznych, postojem samochodów hybrydowych i elektrycznych istnieje i jest uzależnione głównie od typu/lokalizacji garażu (podziemny, zamknięty).

Firmy ubezpieczeniowe rekomendują szereg działań organizacyjnych i technicznych, mające zmniejszyć ryzyko pożarowe / zwiększyć bezpieczeństwo, takie jak:

- wybór optymalnego miejsca montażu ładowarek (najbardziej wskazane garaże otwarte, na dachu itd. najmniej wskazane zamknięte i podziemne),
- montaż instalacji tryskaczowej wodnych tryskaczowych/mgłowych (SUG-W),
- stosowanie dodatkowych wydzieliń ppoż.,
- montaż systemów detekcji dymu / pożaru.

Warto zaznaczyć, że biorąc pod uwagę rosnącą świadomość projektantów, inwestorów, użytkowników i ubezpieczycieli dotyczącą przebiegu pożarów i akcji gaśniczej dla

samochodów hybrydowych/elektrycznych, coraz częściej powinny być stosowane / rekomendowane systemy ppoż. zwiększające bezpieczeństwo pożarowe garaży, takie jak systemy detekcji dymu, wentylacja oddymiająca czy stałe urządzenia gaśnicze wodne (tryskaczowe i mgłowe).

Pożary samochodów elektrycznych i/lub innych urządzeń wyposażonych w baterie Li-ion to wyzwanie branży ppoż. nad którym obecnie pracują producenci i instytuty badawcze w wielu krajach, takie jak: RISE Research Institutes of Sweden, czy DBI - The Danish Institute of Fire and Security Technology.

Biorąc pod uwagę aktualną wiedzę techniczną i wstępne wyniki badań, oraz symulacji, wydaje się, że rekomendowanym rozwiązaniem jest kombinacja wczesnej detekcji dymu/pożaru z nowoczesnymi systemami gaszenia opartymi o wysokociśnieniową mgłę wodną.

Tym nie mniej, ze względu na dynamiczną sytuację na rynku ppoż., ogromną liczbę testów i badań przez producentów i instytuty badawcze, zalecane jest śledzenie legislacji / rekomendacji na bieżąco w celu zastosowania najlepszych rozwiązań technicznych umożliwiających zwiększenia bezpieczeństwa pożarowego.

## 7.1. Stan prawny w Polsce

Obowiązek stosowania stałych instalacji gaśniczych wodnych (SUG-W) oraz instalacji wentylacji oddymiającej dla garaży pojawia się jedynie dla przypadków określonych w „Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”. Należy zauważyć, że rozporządzenie to dotyczy garaży bez podziału czy warunkowania w kontekście przeznaczenia dla samochodów spalinowych/elektrycznych.

Jeśli chodzi o „Ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych”, to przepisami wykonawczymi dla tej ustawy są:

- Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego
- Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 16 września 2020 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie
- Rozporządzenie ministra infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.

W powyższych dokumentach nie pojawiły się żadne dodatkowe wymagania dla stosowania systemów ppoż. (detekcji, wentylacji, SUG) w miejscach instalowania stacji i punktów ładowania samochodów. Natomiast pojawia się uzgodnienie dokumentacji z rzeczoznawcą ppoż., jako załącznik do dokumentacji do wniosku o przeprowadzenie badania UDT

w Rozporządzeniu Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego.

Obligatoryjne stosowanie stałych instalacji gaśniczych wodnych/wentylacji oddymiającej/systemu wykrywania dymu w garażach określone jest zgodnie z Rozporządzeniem ministra infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych wraz z przepisami wykonawczymi do tej ustawy nie wprowadziły dodatkowych wymagań w zakresie stosowania stałych instalacji gaśniczych wodnych/wentylacji oddymiającej/systemu wykrywania dymu w garażach, w których będą montowane punkty ładowania dla samochodów elektrycznych.

## 7.2. Stan prawny w Stanach Zjednoczonych

Zgodnie z RISE raport 2020:30: nie ma wymagań dla stosowania systemów ppoż. (SUG-W, wentylacji oddymiającej, systemów wykrywania dymu) w miejscach instalowania stacji i punktów ładowania samochodów. Natomiast, jeśli chodzi o garaże zamknięte, zgodnie z NFPA 88A, jest obowiązek instalacji SUG-W (instalacji tryskaczowej) zgodnie z NFPA 13.

## 7.3. Stanowisko VdS zgodnie z Leaflet VdS 3856en

VdS w swoim stanowisku stwierdza, że garaże dla samochodów EV czy ogólnie z bateriami Li-Ion są klasyfikowane zgodnie z VdS CEA 4001 a więc jako zagrożenie OH2. System ten powinien być w stanie kontrolować pożar (a nie ugasić). Zatem dla garaży z punktami/stacjami ładowania są przewidziane takie same parametry instalacji tryskaczowej jak dla ochrony garaży zgodnie z VdS CEA 4001. Dodatkowo, odnośnie do pozostałych wymagań (rozmieszczenie, zabezpieczenia elektryczne), odsyła do innych wytycznych VdS.

## 7.4. Case study – koncepcja ochrony za pomocą instalacji wysokociśnieniowej AQUASYS wykonana przez SPIE Building Solutions dla wspólnoty mieszkaniowej w Warszawie

Firma SPIE Building Solutions wykonała koncepcję dla wspólnoty mieszkaniowej, w której zaprojektowany został ponadnormatywny system automatycznego gaszenia wysokociśnieniową mgłą wodną (system AQUASYS) dla 30 miejsc parkingowych, przeznaczonych do postoju i ładowania samochodów elektrycznych/hybrydowych. System ten, będący rozwiązaniem technicznym zwiększającym bezpieczeństwo pożarowe i ochronę również mienia użytkowników, będzie uruchamiany w sposób automatyczny (czujki systemu Sterowania Gaszeniem) lub ręcznie (przyciski START). Proponowane

rozwiązanie techniczne będzie łączyć zalety wczesnej detekcji pożaru za pomocą czujek multisensorowych oraz nowoczesnego systemu gaszenia za pomocą wysokociśnieniowej mgły wodnej.

### **Sposób działania system wysokociśnieniowej mgły wodnej**

- Czynnikiem gaśniczym jest woda, która pod wysokim ciśnieniem, w specjalnie skonstruowanych dyszach przetwarzana jest w mgłę wodną. Powstała w ten sposób mgła wodna, o odpowiedniej wielkości kroplach (poniżej 1000 mikronów), jest dostarczana z dużą prędkością do obszaru, w którym wystąpił pożar.
- Dzięki dużej powierzchni właściwej kropeł oraz zwiększonej pochłaniałości promieniowania cieplnego następuje szybkie chłodzenie strefy spalania oraz gazów w przestrzeni wokół.
- W rezultacie rozprzestrzenianie pożaru zostaje ograniczone. Dodatkowo, bezpieczny środek gaśniczy, jakim jest mgła wodna, poprawia warunki ewakuacji ludzi oraz ułatwia akcję gaśniczą straży pożarnej.

### **Cechy mgły wodnej**

- Wysoka intensywność parowania umożliwia odbiór ogromnej ilości ciepła ze źródła pożaru – ok 2,3 MJ na litr wody,
- Wypiera miejscowo tlen z przestrzeni spalania, poprzez natychmiastowe odparowanie (woda przy przemianie fazowej ciec-para zwiększa swoją objętość 1672 razy),
- Poprzez efekt schładzania strefy spalania i ogromny odbiór ciepła, ryzyko rozprzestrzenienia pożaru i ponownego zapłonu (rozgorzenia) jest zminimalizowane.



# 8

## **Wybrane metody gaszenia pożarów pojazdów elektrycznych**

Autor

**Robert Gurgul**

Sales Engineer  
AVL Software and Functions



## Wybrane metody gaszenia pożarów pojazdów elektrycznych

Autor

**Robert Gurgul**  
Sales Engineer  
AVL Software and Functions

# 8. Wybrane metody gaszenia pożarów pojazdów elektrycznych

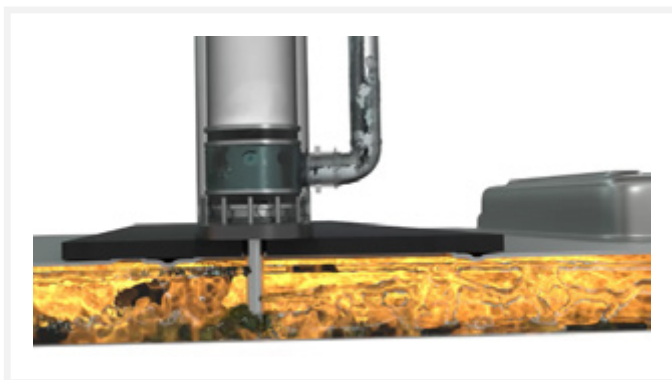
Badania przeprowadzone przez Federal Aviation Administration (FAA) w USA pokazały, że najskuteczniejsze okazały się materiały gaśnicze na bazie wody. Skuteczne działania opierały się na kombinacji efektu gaszenia płonącego elektrolitu i jednoczesnego studzenia ogniwa, dlatego rola jak największej ilości wody jako czynnika chłodzącego okazała się bardzo istotna.

## 8.1. Stingray One oraz Testbed System

Stingray One to system zapobiegający doszczętnemu spaleniu się pojazdu w przypadku wystąpienia awarii akumulatora trakcyjnego. AVL ma w swojej ofercie dwa systemy, które potrafią zapobiec rozprzestrzenianiu się ognia wskutek pożaru akumulatora: Stingray One oraz stanowisko testowe (Testbed System) – pozwalające na przeprowadzanie testów w warunkach kontrolowanych.

Oba wspomniane systemy realizują zadanie wykorzystując główną ideę polegającą na gaszeniu od wewnątrz płonącego akumulatora poprzez wprowadzanie igły i zalanie akumulatora wodą lub czynnikiem gaszącym. Rozwiązanie to pozwala na ograniczenie ilości wykorzystywanej substancji gaszącej, skrócenie czasu pożaru i zapobieganie dalszemu rozprzestrzenianiu się ognia na pozostałe elementy pojazdu.

Przebijanie akumulatora przy pomocy dedykowanej igły odbywa się przy użyciu mechanizmu wykorzystującego sprężone powietrze. Igła, której jeden z końców znajduje się wewnątrz akumulatora pozwala na wprowadzenie czynnika chłodzącego. Z przeprowadzonych testów wynika, że miejsce utworzenia otworu nie wpływa znacząco na skuteczność – najważniejsze, aby igła dostała się do środka akumulatora.



Rysunek 1. Wizualizacja igły dostającej się do wnętrza akumulatora

W celu potwierdzenia skuteczności działania urządzeń firma AVL przeprowadziła wiele testów z wykorzystaniem różnych typów baterii. Testy polegające na sprawdzaniu samego akumulatora (bez użycia pojazdu) zostały wykonane przy użyciu stanowiska testowego (Testbed System). Rozwiązanie to pozwoliło na sprawdzenie wydajności systemu w kontrolowanych, bezpiecznych warunkach. Przykładem potwierdzającym skuteczność rozwiązania był test przeprowadzony z użyciem akumulatora z samochodu VW ID.3. Przed rozpoczęciem testu akumulator był naładowany w co najmniej 97%. Zapłon wywołano poprzez jednoczesne zwarcie 3 ogniw. Gaszenie zostało rozpoczęte po około 30 sekundach od pojawienia się pierwszych płomieni. Po około 1 minucie i 20 sekundach od uruchomienia procesu, ogień został opanowany. Aby zapobiec ponownemu zapłonowi, akumulator był chłodzony do osiągnięcia temperatury około 30°C – proces gaszenia wykonywany był z użyciem wody, a całkowite jej zużycie nie przekroczyło 1000 litrów. W celu stałego kontrolowania zmian, w baterii zamontowane zostały 42 czujniki temperatury, 3 czujniki ciśnienia i 1 czujnik monitorujący przepływ cieczy chłodzącej. Dodatkowo podczas przeprowadzania testu mierzone było napięcie akumulatora.

### Stingray One

Stingray One jest systemem dedykowanym do pracy w terenie dla Służb Straży Pożarnej. Jego kompaktowość i niewielka waga (ok 20kg) pozwala na używanie systemu w rzeczywistych warunkach. Dedykowany system montażu, pozwala na zamocowanie Stingray One w czasie krótszym niż jedna minuta. Polega on na ulokowaniu urządzenia na podłodze pojazdu (nad baterią) i zaparciu o dach samochodu. W przypadku pożaru samochodu typu kabriolet, przewidziane są dedykowane zaczepy do mocowania układu przy pomocy łańcucha lub pasa.

Cała koncepcja opiera się na zamontowaniu systemu w płonącym pojeździe i uruchomieniu systemu gaśniczego w sposób zdalny przy pomocy pilota z bezpiecznej odległości. Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość wielokrotnego użycia systemu – gdy po ugaszeniu akumulatora istnieje niepewność, czy ogień został całkowicie stłumiony i istnieje podejrzenie, że może nastąpić wtórny samozapłon, to istnieje możliwość pozostawienia urządzenia w środku, bez dostępu do czynnika gaszącego. W przypadku

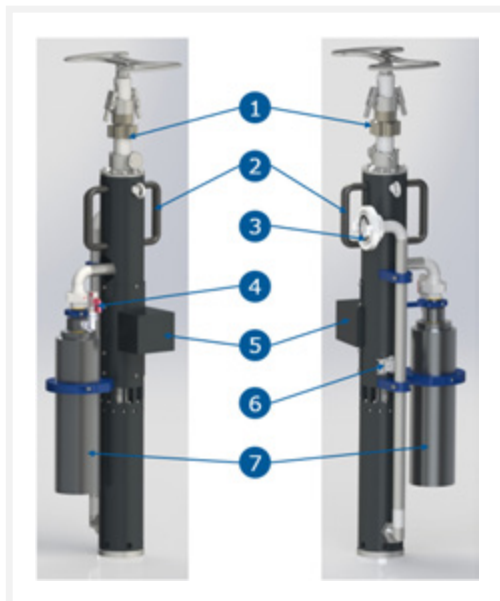
ponownego zapłonu akumulatora można włączyć dopływ wody i ponownie rozpocząć gaszenie w sposób zdalny.



Rysunek 2. Przykładowe użycie urządzenia Stingray One

W odniesieniu do poniższego rysunku, Stingray One składa się z następujących elementów:

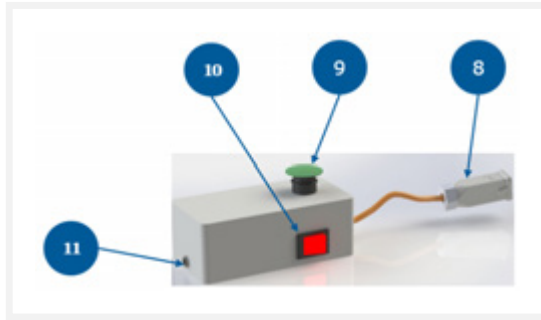
- Wspornik (1)
- Uchwyt (2)
- Złącze Storz C (3)
- Urządzenie do napełniania sprężonego powietrza (4)
- Zawór uruchamiający system gaśniczy (5)
- Połączenie zwalniające przycisk (6)
- Zbiornik powietrza (7)



Rysunek 3. Stingray One

Elementy jednostki zdalnej kontroli zostały opisane poniżej:

- Połączenie z laną (przewód o długości 10 metrów) (8)
- Przycisk uruchamiania (9)
- Wyłącznik główny (10)
- Złącze do ładowania (11)



Rysunek 4. Jednostka zdalnej kontroli

### Testbed System

Jest to w pełni zautomatyzowany system, który jest w stanie samoczynnie rozpocząć gaszenie. Połączenie z systemem wykrywania pożaru rozwija możliwości układu. Stanowisko testowe (Testbed System) składa się z 2 głównych komponentów:

- Wózek – na którym znajduje się szafa PLC do sterowania systemem, pompa pozwalająca na zmianę ciśnienia wody, dodatkowe zasilanie sprężonego powietrza.
- Jednostka penetracji – mocowana w pojeździe lub na akumulatorze w celu przeprowadzenia testów na pojazdach prototypowych w bezpieczny i kontrolowany sposób.



Rysunek 5. Wózek



Rysunek 6. Jednostka penetrująca



## Podziękowania

# Podziękowania

## Podziękowania za merytoryczny wkład dla wszystkich współautorów raportu

**Dr hab. inż. Dorota Brzezińska**

prof. Politechniki Łódzkiej

**Dariusz Cendlewski**

Kierownik, Departament Techniki, Urząd Dozoru Technicznego

**Andrzej Gemra**

Ekspert ds. Public Affairs & Elektromobilności, Dyrekcja Komunikacji, Renault Polska

**Robert Gurgul**

Sales Engineer, AVL Software and Functions, Oddział w Polsce

**Maciej Kwiatkowski**

Zastępca CTO ds. Technicznych, Impact Clean Power Technology

**mgr inż. Krzysztof Majcher**

Projektant instalacji pożarowych, SPIE BUILDING Solutions

**dr Wojciech Mrozik**

Faraday Institution Senior Research Fellow, Newcastle University, Wielka Brytania

**Grzegorz Pióro**

Technical Development Manager, SPIE Building Solutions

## Podziękowania za konsultacje

**Hanna Milewska-Wilk**

Specjalista ds. mieszkalnictwa, Instytut Rozwoju Miast i Regionów

**pspa** | We drive  
e-mobility!

[pspa.com.pl](http://pspa.com.pl)