



CNBOP-PIB

Patronat
Honorowy



Patronat
Medialny

PRZEGLĄD POŻARNICZY

Raport z I Międzynarodowej Konferencji Naukowej

Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów i stacji ładowania, rozwiązań inteligentnego domu **WNIOSKI i REKOMENDACJE**



CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE
OCHRONY PRZECIWOPOŻAROWEJ
im. Józefa Tuliszowskiego
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY
ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów

— TWÓJ PARTNER W
BEZPIECZEŃSTWIE

Opracowali:

mgr inż. Michał Pietrzak
mgr inż. Damian Bąk
mgr Marcin Twardowski
mgr inż. Ilona Majka
dr inż. Michał Chmiel
st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina

© Copyright by Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy

© Każda część niniejszego raportu nie może być przedrukowywana lub kopiowana jakąkolwiek techniką bez pisemnej zgody Dyrektora Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego

Wydawca:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
05-420 Józefów k/Otwocka, ul. Nadwiślańska 213
tel. (22) 76 93 300
www.cnbop.pl
e-mail: cnbop@cnbop.pl

Październik 2023, Józefów

Spis treści

1. Informacje ogólne	4
2. Cel konferencji	5
3. Dotychczasowe doświadczenia	5
4. Przebieg konferencji – główne tezy i sformułowane wnioski	6
4.1. Sesja pierwsza	8
4.1.1. Rola instytucji UE w działaniach na rzecz bezpieczeństwa pożarowego transformacji energetycznej ...	8
4.1.2. Wnioski z badań akumulatorów stosowanych w pojazdach elektrycznych	10
4.1.3. Przegląd wyników badań dedykowanych ochronie przeciwpożarowej punktów ładowania pojazdów elektrycznych	12
4.1.4. Panel dyskusyjny – wnioski i tezy	14
4.2. Sesja druga	17
4.2.1. Stanowisko badawcze instalacji PV. Założenia i funkcjonalności badawcze, dydaktyczne i szkoleniowe CNBOP-PIB	17
4.2.2. Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych zgodnie z normą IEC 63027, wykrywanie i przerywanie łuków DC	19
4.2.3. Neutralizacja zagrożeń pożarowych w instalacjach fotowoltaicznych	20
4.2.4. Ochrona przeciwpożarowa garażu z punktami ładowania dla samochodów elektrycznych	21
4.2.5. Komfort i bezpieczeństwo w nowoczesnych budynkach, System Sinum Pro	22
4.2.6. Wideodetekcja dymu i ognia	23
4.2.7. Wnioski i tezy	24
4.3. Sesja trzecia	26
4.3.1. Wyniki badań i testowania kocy, plandek gaśniczych	26
4.3.2. Zagrożenia chemiczne i fizyczne strażaków podczas zwalczania pożarów baterii elektrycznych	29
4.3.3. Poradnik i szkolenia dla ratowników w zakresie prowadzenia działań podczas zdarzeń z udziałem pojazdów elektrycznych	30
4.3.4. Panel dyskusyjny – wnioski i tezy	31
4.4. Zakończenie i podsumowanie konferencji	33

1. Informacje ogólne

Organizator: Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwopozarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy (CNBOP-PIB) w Józefowie.

Współorganizatorzy:

- PZU LAB S.A.
- European Fire Safety Alliance
- Ogólnopolskie Stowarzyszenie Producentów Zabezpieczeń Przeciwopozarowych i Sprzętu Ratowniczego
- Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych
- Professed Chamber of Fire Protection Czech Republic
- Akademia Pożarnicza
- Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej
- Wojskowa Akademia Techniczna w Warszawie
- Wydział Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej
- Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie
- Komenda Powiatowa Państwowej Straży Pożarnej w Otwocku

Data konferencji: 12 października 2023 roku

Skład komitetu naukowego: prof. dr hab. Bernard WIŚNIEWSKI; dr hab. Maria ZIELECKA, prof. instytutu (CNBOP-PIB); prof. dr hab. Anna RABAJCZYK; prof. dr hab. Robert SOCHA, prof. uczelni (AWSB); nadbryg. dr inż. Adam KONIECZNY; nadbryg. dr inż. Mariusz FELTYNOWSKI, prof. uczelni (APoż); dr hab. inż. Jacek DYBAŁA, prof. uczelni (PW); dr inż. Piotr PIÓRKOWSKI, prof. uczelni (PW); płk rez. dr hab. inż. Norbert GRZESIK, prof. uczelni (WAT); dr hab. Andrzej CZUPRYŃSKI prof. uczelni (AWSB); dr hab. Paweł LUBIEWSKI, prof. uczelni (AWSB); st. bryg. dr hab. inż. poż. Adam KRASUSKI, prof. uczelni (Apoż); dr hab. inż. Andrzej KRZYSZKOWSKI, prof. uczelni (UTH Radom); st. bryg. dr inż. Paweł JANIŁ; dr inż. Dariusz GOŁĘBIEWSKI; ppłk dr inż. Michał JASZTAL; st. bryg. mgr inż. Jacek ZALECH; st. bryg. mgr inż. Ernest ZIĘBACZEWSKI; st. bryg. mgr inż. Rafał SZCZYPTA; st. bryg. mgr inż. Daniel MAŁOZIĘĆ; st. bryg. w st. spocz. dr inż. Waldemar JASKÓŁOWSKI; bryg. dr inż. Artur ANKOWSKI; dr inż. Michał CHMIEL; dr inż. Tomasz POPIELARCZYK; dr inż. Jarosław TĘPIŃSKI; mgr inż. Michał PIETRZAK.

Przewodniczący komitetu naukowego: st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina.

Skład komitetu organizacyjnego: dr inż. Michał CHMIEL; mgr inż. Michał PIETRZAK; mgr inż. Ilona MAJKA; mgr inż. Piotr TRZEWIK; mgr inż. Damian BAŁ; mgr Marcin TWARDOWSKI; mgr inż. Ewa SOBÓR; mgr inż. Anna BANULSKA; mgr Marta IWAŃSKA

Przewodniczący komitetu organizacyjnego: mgr. Ilona Masna.

Partnerzy: Koło SITP przy CNBOP-PIB; Neuron Sp. z o.o. Sp. k; Gras PPPH; Robert Bosch Sp. z o.o.; Huawei Polska sp. z o.o.; Bruk-Bet Sp. z o.o.; TechSterowniki Sp. z o.o.; Ambient System Sp. z o.o.

Wystawcy: Ambient System Sp. z o.o.; Neuron Sp. z o.o. Sp. k.; Solarstop Sp. z o.o.; Robert Bosch Sp. z o.o.; Huawei Polska Sp. z o.o.; Solaredge Technologies (Poland) Sp. z o.o.; Techsterowniki II Sp. z o.o.; Bruk-Bet Sp. z o.o.; Gras PPPH.

2. Cel konferencji

Konferencja w zamyśle jej organizatorów i partnerów ma być cyklicznym miejscem prezentacji i upowszechniania wyników badań, aktualnej wiedzy, przeglądu wiedzy i rozwiązań. Służyć ma wymianie poglądów i doświadczeń różnych środowisk zainteresowanych bezpieczeństwem pożarowym w zakresie intensywnie rozwijających się technologii, takich jak instalacje fotowoltaiczne, magazyny energii, pojazdy elektryczne razem z punktami i stacjami ich ładowania oraz liczne inne, określane jako rozwiązania inteligentnego domu. Podczas konferencji przewidziano również prezentację nowych stanowisk badawczych i szkoleniowych w CNBOP-PIB, zbudowanych w celu doskonalenia ochrony przeciwpożarowej instalacji PV, magazynów energii i stacji ładowania pojazdów elektrycznych.

Okolicznościami skłaniającymi do podjęcia przedmiotowego tematu bezpieczeństwa pożarowego są dotychczasowe doświadczenia, badania i ich wyniki, oferowane nowe rozwiązania techniczne i technologie, rosnąca liczba obiektów wyposażonych w instalacje PV, magazyny energii i stacje ładowania, zmiany w organizacji i zasobach PSP, dane statystyczne zdarzeń z udziałem instalacji PV, magazynów energii, punktów ładowania i pojazdów elektrycznych, w tym wyzwania dla ochrony przeciwpożarowej związane z masowym ich stosowaniem. Dodatkowo do rozwoju tego obszaru przyczyniają się prowadzone badania i wykonywane prognozy, a także doświadczenia i rozwiązania w tym zakresie w innych państwach.

3. Dotychczasowe doświadczenia

Problematyka bezpieczeństwa pożarowego instalacji fotowoltaicznych w badaniach i pracach CNBOP-PIB nie jest zagadnieniem nowym. W 2021 r. Instytut opublikował w dostępie otwartym pozycje tematyczne, m.in.: *Wybrane zagadnienia użytkowe i bezpieczeństwa w instalacjach fotowoltaicznych*, a także *Ocena ryzyka pożarowego w instalacjach fotowoltaicznych. Określenie koncepcji bezpieczeństwa w celu minimalizacji ryzyka*. W przygotowaniu natomiast jest kolejna publikacja z serii standardów CNBOP-PIB – *Dokumentacja projektowa PV* (planowane wydanie w 2023 roku). W Centrum powstały także nowe stanowiska badawcze, pozwalające na potwierdzanie (badania) funkcjonalności wyrobów (elementów instalacji PV) istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego i bezpieczeństwa ekip ratowniczych, takich jak:

- wykrywanie łuku elektrycznego i przerywanie zwarcia łukowego w obwodach DC instalacji PV oraz sygnalizacji alarmowej,
- rozłączanie zasilania PV i sygnalizacja stanów pracy instalacji PV dla ekip ratowniczych.

Stanowiska te umożliwiają badania i testy funkcjonalne różnych konfiguracji instalacji PV w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, zgodności z warunkami ochrony przeciwpożarowej, bezpieczeństwa ekip ratowniczych. Służą one także upowszechnianiu wiedzy, dydaktyce i szkoleniom, w tym wypracowaniu wzorcowej dokumentacji projektowej instalacji PV dla obiektów budowlanych, opracowaniu standardów technicznych dotyczących ochrony przeciwpożarowej, takich jak: wytyczne, wymagania dla wyrobów, metody badań itp. Powstałe stanowiska badawcze i szkoleniowe, będące jednocześnie czynnymi instalacjami PV wyposażonymi w magazyn energii i punkt ładowania pojazdów elektrycznych, zostały zaprezentowane podczas konferencji. Dodatkowo omówiono zastosowane na tych stanowiskach techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych służące ochronie przeciwpożarowej tych instalacji. Zaprojektowane i wykonane instalacje przyczynią się ponadto do powstania rekomendacji rozwiązań w zakresie ochrony przeciwpożarowej, które łączą funkcjonalności użytkowe, pokazowo-szkoleniowe i możliwości badawcze.

Niezależnie CNBOP-PIB prowadzi – samodzielnie, jak i z partnerami technologicznymi – liczne inne działania, badania i prace, których wyniki i uzyskane doświadczenia upoważniają do formułowania wniosków, definiowania zagrożeń, oceny ich ryzyka, określania potrzeb i wymagań w zakresie ochrony przeciwpożarowej, a także ich upowszechniania. Prowadzone od kilku lat w Instytucie badania baterii pojazdów elektrycznych dostarczyły określonych doświadczeń, wiedzy i wyników badań różnych wyrobów. Badania te są w ostatnim czasie rozszerzane o techniczne systemy zabezpieczeń dedykowane detekcji i kontroli pożaru w punktach ładowania pojazdów elektrycznych, a także sprzętu i wyposażenia przeznaczonego do prowadzenia działań ratowniczych z udziałem pojazdów elektrycznych.

Badania i uzyskane doświadczenie w powiązaniu ze współpracą z PSP i partnerami technologicznymi dodatkowo przyczyniły się do opracowania w roku bieżącym poradnika dla ratowników pt. *Prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem elektrycznym* oraz przygotowania i realizacji dedykowanego szkolenia w zakresie prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych z udziałem pojazdów elektrycznych.

4. Przebieg konferencji – główne tezy i sformułowane wnioski

Konferencja naukowa CNBOP-PIB została podzielona na trzy sesje tematyczne dotyczące następujących zagadnień:

1. Nowe technologie – instalacje fotowoltaiczne, magazyny energii, stacje ładowania i pojazdy elektryczne – dziś i jutro, perspektywy i zagrożenia.
2. Prezentacja stanowisk badawczych, dydaktycznych i szkoleniowych CNBOP-PIB.

3. Nowoczesne techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych, sprzęt i wyposażenie straży pożarnej dedykowane ochronie przeciwpożarowej i prowadzeniu działań ratowniczych.

Na zakończenie pierwszej oraz trzeciej sesji oraz po wysłuchaniu wszystkich prelekcji w ramach dedykowanych bloków tematycznych, zorganizowane zostały panele dyskusyjne z udziałem zaproszonych gości, ekspertów i uczestników konferencji, które pozwoliły na wymianę wiedzy oraz udzielenie odpowiedzi na pojawiające się pytania.

4.1. Sesja pierwsza

W trakcie pierwszej sesji moderowanej przez Dyrektora CNBOP-PIB pana st. bryg. dr inż. Pawła Janika, poruszone zostały kwestie związane z:

- rolą instytucji UE w działaniach na rzecz bezpieczeństwa pożarowego transformacji energetycznej – prelekcja pana st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Krzysztofa Biskupa, Przewodniczącego European Fire Safety Alliance;
- wnioskami z badań akumulatorów stosowanych w pojazdach elektrycznych – prelekcja pana mgr Daniela Wierzbickiego, specjalisty CNBOP-PIB;
- przeglądem wyników badań dedykowanych ochronie przeciwpożarowej punktów ładowania pojazdów elektrycznych – prelekcja pani mgr inż. Ilony Majki, specjalistki CNBOP-PIB.

4.1.1. Rola instytucji UE w działaniach na rzecz bezpieczeństwa pożarowego transformacji energetycznej

W trakcie prelekcji przedstawiono działalność European Fire Safety Alliance (EuroFSA) jako organizacji pozarządowej, tworzącej niezależny sojusz profesjonalistów w zakresie bezpieczeństwa pożarowego, którego misją jest ograniczenie zagrożeń pożarowych, szczególnie w obiektach mieszkalnych. Następnie zidentyfikowano zakres działań Unii Europejskiej na rzecz bezpieczeństwa pożarowego, obrazując ich regulowany (rozporządzenie CPR, normy wyrobu, akty delegowane) oraz nieregulowany (ang. *Fire Information Exchange Platform*) charakter wraz z działaniami pośredniczącymi (konkretne projekty). Konkludując powyższe wystąpienie, należy stwierdzić, że bezpieczeństwo pożarowe to coś więcej niż same regulacje prawne w tym zakresie.

W kolejnej części prelekcji omówione zostały kwestie związane z transformacją energetyczną, która stanowi proces polegający na redukcji zużycia energii i zmniejszeniu emisji gazów cieplarnianych. Zaznaczono również, że koniecznymi do uwzględnienia aspektami przeprowadzanej transformacji energetycznej są te związane z bezpieczeństwem pożarowym, choć niestety nie nadążają one obecnie za rozwojem technologicznym. Aspekty związane z obszarem bezpieczeństwa pożarowego w kontekście transformacji energetycznej zostały zdefiniowane jako jeden z sześciu najważniejszych problemów w opracowanym Europejskim Planie Poprawy Bezpieczeństwa Pożarowego (ang. *European Fire Safety Action Plan*). Jednym z zaproponowanych działań w celu zmniejszenia zagrożeń wynikających z transformacji energetycznej jest rozwijanie wiedzy i kompetencji oraz zapewnienie regularnych przeglądów instalacji elektrycznych (w Unii Europejskiej od 25% do 30% pożarów w obiektach mieszkalnych jest powodowanych przez instalacje i urządzenia elektryczne). Omówiono także wybrane zagadnienia z zakresu podejmowanych działań wspierających wprowadzanie wymagań bezpieczeństwa pożarowego w zmienionej Dyrektywie w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (ang. *Energy Performance of Buildings Directive, EPBD*). Wspomniane zapisy określają między innymi, że:

- państwa członkowskie zapewnią, aby zarówno nowe budynki, jak i budynki poddawane ważniejszym renowacjom spełniały wymogi bezpieczeństwa pożarowego;
- systemy HVAC (ang. *heating, ventilation, air conditioning*) emitujące tlenek węgla poddawane są przeglądowi co najmniej raz na dwa lata ze względów bezpieczeństwa;
- państwa członkowskie zachęcają do wprowadzania środków, które zapewniają bezpieczeństwo pożarowe instalacji wykorzystujących energię słoneczną w budynkach, w tym w połączeniu z systemami technicznymi budynku, takimi jak baterie do użytku domowego lub pompy ciepła na potrzeby konsumpcji własnej;
- do dnia 1 stycznia 2025 r. Komisja opublikuje wytyczne określające normy i protokół, które należy zalecić krajowym i lokalnym organom publicznym w zakresie bezpieczeństwa pożarowego na parkingach zadaszonych;
- paszport renowacji obejmuje zestawienie materiałów, informacje na temat obiegu zamkniętego wyrobów budowlanych, a także szerszych korzyści związanych z bezpieczeństwem pożarowym, elektrycznym i sejsmicznym;
- państwa członkowskie wprowadzają programy przeglądów, w tym narzędzia cyfrowe w celu poświadczenia, że wykonane prace budowlane i renowacyjne odpowiadają projektowanej charakterystyce energetycznej i są zgodne z minimalnymi wymaganiami dotyczącymi bezpieczeństwa pożarowego określonymi w kodeksach budowlanych lub równoważnych im przepisach;
- państwa członkowskie informują właścicieli, najemców i zarządców budynków o różnych metodach i praktykach służących poprawie charakterystyki energetycznej i emisyjnej oraz bezpieczeństwa pożarowego, elektrycznego i sejsmicznego budynku;
- państwa członkowskie zapewniają dostępność wskazówek i szkolenia osobom odpowiedzialnym za wdrażanie dyrektywy EPBD, obejmujących między innymi kwestie bezpieczeństwa pożarowego.

Na zakończenie podkreślono, że w zależności od ostatecznego kształtu Dyrektywy EPBD, dokument ten może stać się niezwykle okazją do poprawy bezpieczeństwa pożarowego lub wręcz przeciwnie – może przyczynić się do jego obniżenia. Zaznaczono także, iż w celu osiągnięcia wyznaczonych przez UE celów w zakresie energii, klimatu, transportu i zrównoważonego rozwoju, bezpieczeństwo pożarowe nie może być dłużej traktowane jako „obciążenie” czy „kula u nogi”, lecz musi stać się warunkiem wstępnym jakichkolwiek działań i zmian.

Pan st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Krzysztof Biskup, zakończył swoją prelekcję słowami „Bezpieczeństwo to nie wszystko, ale bez niego wszystko inne traci sens”.

4.1.2. Wnioski z badań akumulatorów stosowanych w pojazdach elektrycznych

Na wstępie Pan mgr Daniel Wierzbicki przedstawił szeroki, wieloletni już zakres prowadzonych przez CNBOP-PIB badań, które obejmowały weryfikację akumulatorów litowo-jonowych (Li-Ion) pod kątem bezpieczeństwa pożarowego. Działania CNBOP-PIB uwzględniały ocenę możliwości wystąpienia uszkodzenia akumulatorów poddawanych długotrwałemu ładowaniu, ogrzewaniu płomieniem zewnętrznym i ogrzewaniu płytą grzewczą oraz ocenę możliwości ugaszenia ogniw z wykorzystaniem wody, urządzeń gaśniczych, płacht gaśniczych i koców gaśniczych. W trakcie badań skupiono się głównie na modułach typu NMC oraz LTO, które charakteryzują się dużą żywotnością oraz bardzo wysoką gęstością energii. W dalszej kolejności przedstawiono przeprowadzone badania i wnioski.

Pierwszym zaprezentowanym badaniem było przeładowanie modułu LTO prądem 10C. W trakcie przeprowadzonego badania można było zaobserwować wstępnie lekkie zadymienie wydobywające się z ogniw, po czym doszło do rozerwania, pojawiły się iskry i następnie płomień. Średnia prędkość wypływu gazu rozkładowego wyniosła 3–5 m/s, natomiast ciśnienie maksymalne wybuchu wygenerowane podczas otwarcia to ok. 6 barów.

Kolejnym badaniem była weryfikacja pojedynczego ogniwa (ang. *cell*) modułu LTO, poprzez poddanie go oddziaływaniu palnika o mocy w granicach 12–15 kW (płomień skierowany na boczną ścianę ogniwa pryzmatycznego). W trakcie badania dokonywano pomiaru temperatur, gdzie maksymalne wartości wynosiły odpowiednio:

- T1 max = 369 °C dla zewnętrznej ściany obudowy ogniwa po przeciwnej stronie palnika;
- T2 max = 375 °C dla gazów wyrzutowych (pomiar na wysokości 200 mm nad powierzchnią ujęcia / wenta);
- T3 max = 121 °C dla dolnej ściany obudowy ogniwa.

Jak w poprzednim badaniu, można było dostrzec pojawiające się zadymienie, iskry, płomień, duży wyrzut gazu. Po zakończeniu badania ogniwo nie było uszkodzone, mimo że pozostało „spuchnięte” po narażeniu. Biorąc pod uwagę wyniki badania, można stwierdzić, że zastosowane ujęcie/went w ogniwie zadziałało prawidłowo, pozwalając na obniżenie ciśnienia znajdującego się w środku.

Następnym badaniem było podgrzanie modułu LTO za pomocą płyty grzewczej o mocy 5kW, ustawionej pod zastosowanym modulem. Otrzymane wyniki wykazały wzrost temperatury w trakcie testu do ok. 950°C (temperatura płomienia i gzów wyrzutowych). Temperatura zewnętrzna obudowy wyniosła 183°C. Na początku badania na początku widoczny był wyrzut gazu z modułu, następnie doszło do zapłonu i rozprzestrzenienie się płomienia na przyległe ogniwa. Płomień w trakcie badania osiągnął ok. 3 m wysokości.

Podobne badanie zostało także przeprowadzone dla modułu NMC, gdzie wykorzystano palnik propanowy o mocy w granicach 12–15 kW do weryfikacji oddziaływania ognia na spodnią część modułu. Badaniu towarzyszył duży hałas tworzący się wskutek wypływającego gazu. Prędkość wyrzutu gazu dochodziła do ok. 12 m/s

(pomiar w odległości 500 mm). Po zakończonym badaniu obudowa modułu nie była „spuchnięta”, a sam moduł pozostał nieuszkodzony.

Kolejną weryfikacją modułu NMC było badanie polegające na podgrzaniu go za pomocą płyty grzewczej o mocy 5kW.

W trakcie tego badania zanotowano, wskazane poniżej wartości temperaturowe:

- T1max = 460°C dla zewnętrznej obudowy modułu;
- T2max = 600°C dla zewnętrznej ścianki ogniwa;
- T3max = 932°C dla płomienia oraz 300–450°C dla gazów wyrzutowych (pomiar 200 mm nad powierzchnią wentu);
- T4max = 730°C dla zewnętrznej obudowy modułu;
- T5max = 900°C dla grzejnika modułu z układu grzewczego.

W trakcie badania pojawiły się znaczne objętości gazów wydobywających się z modułu, następnie uruchomił się went, który redukowało ciśnienie wewnętrzne. Ponadto pojawił się gwałtowny płomień. Po zdmuchnięciu płomienia doszło do ponownego zapłonu z uwagi na wydobywające się gazy.

Ostatnim przedstawionym badaniem była ocena skuteczności zastosowanych metod i środków gaśniczych w trakcie pożaru ogniw na linii produkcyjnej.

Tabela 1. Efekty przeprowadzonych badań akumulatorów

Nr testu	Rodzaj modułu / seria modułu	Opis działań gaśniczych	Efekty
I	LTO	Na płonący moduł podano przez 2 min zwarty strumień wody, średni wydatek wody z węża Ø 25 mm – 55 dm ³ /min, woda podawana z 3 boków modułu	<ul style="list-style-type: none"> – występuje płomień obejmujący powierzchnię modułu, – w trakcie pożaru pojawiają się płomienie o dł.ok.80–150 cm powstające wskutek rozszczelnienia się ogniw, – pożar ugaszony w czasie poniżej 2s, – po ugaszeniu płomienia moduł wydzielal ograniczoną objętość gazów koloru białego, których ilość zmniejszała się z czasem, – po 2 min. podawania wody objętość powstających gazów nie zwiększała się (tendencja malejąca), – temperatura modułu po zakończeniu gaszenia wzrosła do maks. ok.70°C, – w dwóch kolejnych testach uzyskano zbliżone efekty.
II	NMC	Na płonący moduł podano przez 2 min rozproszony / zwarty strumień wody, średni wydatek wody z węża Ø 25 mm – 55 dm ³ /min, wodę podawano z 3 boków modułu, wodę podawano 2 razy	<ul style="list-style-type: none"> – w trakcie pożaru pojawiają się płomienie o dł. ok. 120–150 cm powstające w skutek rozszczelnienia się ogniw, towarzyszy temu głośny, wysoki dźwięk, – pożar ugaszony w czasie poniżej 5 s, – po ugaszeniu płomienia moduł wydzielal znaczną objętość gazów koloru białego, których objętość się zwiększała w czasie, – podczas podawania wody następuje rozszczelnienie ogniw, towarzyszy temu efekt wybuchu, – po 5,5 minutach od zakończenia podawania wody następuje rozszczelnienie się ogniwa i wyrzut gazów powstających z rozkładającego się elektrolitu, objętość powstających gazów zwiększa się (tendencja rosnąca), – temperatura modułu po zakończeniu gaszenia wzrosła do maks. ok. 350°C, – po ok.8,5 min podano po raz drugi wodę w celu schłodzenia modułu.

Prowadzone od kilku lat w szerokim zakresie badania akumulatorów upoważniają Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w CNBOP-PIB do sformułowania następujących wniosków:

1. Moduły NMC w porównaniu z LTO palą się gwałtowniej i są trudniejsze do ugaszenia bez względu na rodzaj podejmowanych działań i użyte środki gaśnicze.

2. Do osiągnięcia skutecznego gaszenia za pomocą urządzenia gaśniczego wymagana jest stosunkowo niewielka odległość dyszy od źródła ognia. Zwiększenie liczby prądów gaśniczych skraca czas ugaszenia. Wymaga się doświadczenia w gaszeniu tego typu pożarów (występują wybuchy fizyczne, odłamkowanie).
3. Woda umożliwia ugaszenie pożaru modułów w ciągu kilku sekund (LTO) lub kilkudziesięciu sekund (NMC) z widocznym efektem chłodzącym.
4. Po ugaszeniu pożaru modułów NMC i LTO wodą nie dochodziło do ponownego zapłonu gazów rozkładowych (nie dochodziło do pojawienia się ognia).
5. Nałożenie w sposób szczelny koca gaśniczego/plachty na moduł wymaga zastosowania środków ochrony osobistej i obecności co najmniej dwóch przeszkolonych osób (występują wybuchy fizyczne i drobne odłamkowanie).
6. Przykrycie plachtą wstępnie ugaszonego modułu jest skutecznym sposobem ograniczenia promieniowania cieplnego, fizycznych efektów rozszczelnienia ogniwi oraz w pewnym stopniu rozprzestrzeniania się gazów.
7. Koc gaśniczy wykonany z włóka szklanego nie wykazuje cech przydatnych do ograniczenia efektu pożaru dla modułów NMC.

4.1.3. Przegląd wyników badań dedykowanych ochronie przeciwpożarowej punktów ładowania pojazdów elektrycznych

Na wstępie prelekcji Pani mgr inż. Ilona Majka zidentyfikowała, że rozwój elektromobilności – w tym rosnąca liczba pojazdów z napędem elektrycznym – stawia przed ochroną przeciwpożarową nowe wyzwania, zarówno w kontekście prowadzenia działań ratowniczych z udziałem tych pojazdów, jak i ich parkowania oraz ładowania w obiektach budowlanych. Na dzień trwania konferencji przepisy dotyczące ochrony przeciwpożarowej w Polsce nie stawiają dodatkowych wymagań dla punktów ładowania stosowanych w obiektach budowlanych, w związku z tym CNBOP-PIB we współpracy z Komendą Główną Państwowej Straży Pożarowej oraz Polskim Stowarzyszeniem Paliw Alternatywnych prowadzi prace nad wydaniem wytycznych w zakresie ochrony przeciwpożarowej garaży w obiektach budowlanych, przeznaczonych do ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych plug-in. Dodatkowo w sierpniu 2023 roku CNBOP-PIB opublikowało wspomniany już wcześniej poradnik dla ratowników pt. *Prowadzenie działań ratowniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem elektrycznym*. W ramach podjętych przedsięwzięć dokonano przeglądu i analizy literatury, a w szczególności wyników badań, z różnych państw, m.in.: Austrii, Niemczech, Norwegii, Szwajcarii, Szwecji, Wielkiej Brytanii, Korei Południowej i Stanów Zjednoczonych, prezentującej wyniki prac naukowych oraz testów pożarowych pojazdów elektrycznych i baterii litowo-jonowych. Przedmiotowe opracowanie zawierało również opis zagrożeń oraz wiedzy technicznej w zakresie ładowania pojazdów z napędem elektrycznym w garażach.

Wyniki przeprowadzonej analizy wykazały, że:

- szybkość wydzielania ciepła podczas pożaru samochodu elektrycznego jest zbliżona do szybkości wydzielania ciepła podczas pożaru pojazdu konwencjonalnego o podobnej wielkości i konstrukcji;
- wyższy poziom naładowania baterii odpowiada szybszemu całkowitemu wydzielaniu ciepła i wyższej szczytowej szybkości wydzielania ciepła;
- pożar pojazdu elektrycznego jest trudniejszy do ugaszenia ze względu na możliwość ponownego zapłonu baterii i trudności z chłodzeniem jej w zabudowie pojazdu;
- woda jest uważana za najskuteczniejszy środek gaśniczy w gaszeniu pożarów pojazdów elektrycznych z uwagi na jej efekt chłodzący. Do gaszenia pojazdu elektrycznego i schładzania baterii potrzebna jest jej znaczna ilość. Przeprowadzone badania nie wykazały zwiększonego chwilowego zapotrzebowania na wodę gaśniczą (wydatku), wskazują natomiast na potrzebę zwiększonego zapotrzebowania na wodę gaśniczą podawaną w dłuższym okresie czasu (do schładzania baterii pojazdu);
- w trakcie pożaru pojazdu elektrycznego wydzielają się więcej (i nieco innych) związków toksycznych, niż w przypadku pożaru pojazdu konwencjonalnego – zwłaszcza fluorowodoru, fosforowodoru, kwasu fosforowego, jak również metali: niklu, manganu, kobaltu, litu;
- wydzielające się podczas pożaru niebezpieczne związki powodują zanieczyszczenie wody gaśniczej, zwłaszcza metalami ciężkimi: niklem, manganem, kobaltem;
- instalacje gaśnicze, w tym dedykowane urządzenia, są w stanie zapewnić kontrolę rozprzestrzeniania się ognia i spełnić wymagane cele ochrony w przypadku pożaru samochodu elektrycznego w garażu. Przeprowadzone w Niemczech badania wykazały, że system wysokociśnieniowej mgły wodnej chroni nie tylko sąsiednie pojazdy, ale również konstrukcję stropu. Podobne badania wodnych instalacji gaśniczych w zakresie skuteczności kontroli pożaru prowadziło CNBOP-PIB;
- koce/plachty gaśnicze minimalizują zawartość tlenu w obszarze pożaru, a tym samym tłumią ogień. Dedykowane testy pożarowe m. in. w CNBOP-PIB potwierdziły zdolność tłumienia i kontroli, ale w przypadku rozwiniętego pożaru samochodu elektrycznego mogą one nie stanowić już skutecznego środka kontroli pożaru;
- badania przeprowadzone w Austrii dowiodły, że zastosowanie lancy gaśniczej do bezpośredniego chłodzenia modułów w obudowie baterii stanowi skuteczną metodę gaszenia pożarów samochodów elektrycznych, jednak wymaga odpowiedniego przygotowania i wyszkolenia strażaków w zakresie jej obsługi, jak również bezpośredniego podejścia do pojazdu objętego pożarem. Nie bez znaczenia jednak dla rozwoju tych technik jest fakt akceptacji ingerencji w konstrukcje baterii przez ich producentów. Dla upowszechnienia tych technik ratowniczych potrzebne są dodatkowe badania i szkolenia w tym zakresie.

4.1.4. Panel dyskusyjny – wnioski i tezy

Moderator panelu dyskusyjnego: st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina, Zastępca Dyrektora CNBOP-PIB.

W panelu dyskusyjnym uczestniczyli:

- st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Krzysztof Biskup – Przewodniczący European Fire Safety Alliance;
- dr inż. Dariusz Gołębiowski – Prezes PZU LAB SA;
- Maciej Mazur – Dyrektor Zarządzający PSPA, Prezes Europejskiego Stowarzyszenia Elektromobilności AVERE;
- st. bryg. dr inż. Paweł Janik – Dyrektor CNBOP-PIB;
- st. bryg. mgr inż. Rafał Szczypta – Zastępca Dyrektora BPZ, KG PSP;
- st. bryg. dr hab. inż. poż. Adam Krasuski, prof. ucz., Dyrektor Instytutu Inżynierii Bezpieczeństwa APOż.;
- mgr inż. Jarosław Wiche – Ogólnopolskie Stowarzyszenie Producentów Zabezpieczeń Przeciwożarowych i Sprzętu Ratowniczego;

W trakcie dyskusji wieńczącej pierwszą sesję konferencji poruszono wiele tematów i zagadnień związanych zarówno z obecnym poziomem bezpieczeństwa, jak i zagrożeniami identyfikowanymi w zakresie instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych oraz punktów i stacji ładowania. Prowadzona dyskusja odnosiła się do stanu, jaki możemy zidentyfikować na chwilę obecną oraz w kontekście przyszłościowego rozwoju i stawianych wyzwań związanych z tym rozwojem. Poniżej przedstawione zostały główne tezy i wnioski zidentyfikowane po zakończonej dyskusji.

Sformułowane tezy:

1. Transformacja energetyczna jeśli ma przebiegać bez zbędnych zakłóceń, musi być bezpieczna, a co za tym idzie powinna uwzględniać aspekty związane z bezpieczeństwem pożarowym.
2. Analiza obecnego stanu wiedzy, kompetencji i świadomości w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w kontekście transformacji energetycznej upoważnia do stwierdzenia, że jest on niewystarczający i wymaga zaadresowania tego problemu w przyszłości.
3. Główną przyczyną pożarów w krajach Unii Europejskiej są urządzenia i instalacje elektryczne.
4. Procent pożarów, które są generowane przez instalacje fotowoltaiczne, magazyny energii, pojazdy elektryczne lub punkty i stacje ładowania jest niewielki w odniesieniu do generowanych pożarów przez obecnie stosowane instalacje i urządzenia elektryczne.
5. Na chwilę obecną nie ma przepisów dotyczących ochrony przeciwpożarowej nowych technologii, instalacji fotowoltaicznych czy punktów ładowania. Niemniej, dostępne są narzędzia inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, a wśród nich także metody oceny tego zagrożenia.
6. Niezwykle istotna jest szybka detekcja zagrożenia oraz kontrola pożaru do czasu przybycia jednostek straży pożarnej.
7. Istotnym jest, aby w rozwój, modernizacje oraz optymalizacje odnawialnych źródeł energii zaangażowały się instytucje finansowe i ubezpieczeniowe.

8. Magazyny energii stosowane w garażach podziemnych stanowią duże ryzyko z powodu niskiego poziomu zabezpieczeń, co w połączeniu z kumulacją dużej energii na małej przestrzeni powoduje zwiększone zagrożenie i problem dla pracy straży pożarnej.
9. W zakresie nowych technologii należy kierować się faktami i zebranymi danymi, a nie strachem przed ich wdrożeniem i efektami. Jest to tym bardziej istotne, że zasoby, którymi dysponujemy są ograniczone, więc niezwykle istotnym jest odpowiednie ich rozłożenie z uwzględnieniem najważniejszych obszarów do pokrycia.
10. Dobór środków i metod ochrony przeciwpożarowej powinien prowadzić do wyszukiwania optymalnego podejścia w celu wyważenia konieczności osiągnięcia zakładanych celów (czyli w pierwszej kolejności zapewnienia ochrony życia, a w dalszej kolejności ochronę konstrukcji i mienia) wraz z kwestiami ekonomicznymi.
11. Omawiane rozwiązania nie są jeszcze w pełni zwalidowanymi technologiami, a co za tym idzie, nie są jeszcze znane wszystkie związane z nimi zagrożenia.
12. Ochrona przeciwpożarowa w odniesieniu do poruszanych zagadnień nie dokona całkowitej przemiany, niemniej musi się dostosowywać do nowych technologii i rozwiązań.
13. Narzędzia i urządzenia gaśnicze są niezwykle istotne, jednakże równie ważne jest ich poprawne stosowanie, instalowanie i projektowanie tak, aby mogły prawidłowo spełniać powierzone im zadania.
14. W zakresie dalszego rozwoju bardzo ważna będzie współpraca międzybranżowa oraz prowadzenie świadomej edukacji.

Sformułowane wnioski:

1. Niezwykle istotne – zarówno na poziomie europejskim, jak i krajowym jest – zwiększenie świadomości w zakresie zagrożeń dotyczących transformacji energetycznej. W związku z tym należy dążyć do ciągłego pogłębiania wiedzy osób związanych z tym tematem, a w szczególności ukierunkowywać wysiłki do zwiększenia świadomości decydentów, od których mogą zależeć przyszłe regulacje i wymagania.
2. Aby zapewnić zaangażowanie i współpracę instytucji finansowych, m.in. banków oraz ubezpieczycieli, niezbędne jest pogłębienie wiedzy oraz wypracowanie odpowiednich metod oceny ryzyka, które umożliwią identyfikację ryzyka oraz określenie sposobów oceny i zarządzania tym ryzykiem.
3. Z uwagi na występujące problemy związane z zabezpieczeniem magazynów energii stosowanych w garażach podziemnych, należy opracować stosowne wymagania, rekomendacje i zalecenia na potrzeby zabezpieczenia tych rozwiązań – zarówno pod kątem normalnego użytkowania, jak i prowadzonych działań gaśniczych.
4. Należy wciąż pogłębiać wiedzę poprzez prowadzenie odpowiednich badań i analiz oraz zdobywanie danych opartych na faktach w zakresie dotyczącym zarówno pozytywnych aspektów nowo wdrażanych technologii, jak i identyfikacji obciążeń dla dostępnych zasobów i środowiska. Uzyskanie powyższych informacji pozwoli na określenie, jakie mogą wystąpić konsekwencje, w tym negatywne skutki dla

- środowiska w zakresie każdego ze stosowanych zabezpieczeń oraz jakiego możemy się spodziewać zysku i kosztów ich wdrożenia.
5. Na potrzeby prowadzonych działań warto wykorzystywać zdobytą wiedzę oraz dokumenty opracowane przez kraje i środowiska, które z przedmiotowym tematem mierzą się dłużej niż Polska, dla tego zaleca się wykorzystywanie wiedzy dostępnej w innych krajach Unii Europejskiej i poza nią.

4.2. Sesja druga

W trakcie drugiej sesji moderowanej przez specjalistę CNBOP-PIB pana mgr Bartłomieja Połcia poruszone zostały kwestie związane z:

1. Instalacją PV – stanowiskiem badawczym, dydaktycznym i szkoleniowym. Założenia i funkcjonalności – prelekcja Pana mgr inż. Pawła Gancarczyka, Kierownika Jednostki Certyfikującej Usługi, CNBOP-PIB;
2. Bezpieczeństwem pożarowym instalacji fotowoltaicznych zgodnie z normą IEC 63027, wykrywanie i przerywanie łuków DC – prelekcja pana Marcina Kłomskiego, Solution Manager, Huawei Polska sp. z o.o.;
3. Neutralizacją zagrożeń pożarowych w instalacjach fotowoltaicznych – prelekcja pana Przemysława Kozłowskiego, Bruk-Bet Sp. z o.o.;
4. Ochroną przeciwpożarową garaży z punktami ładowania dla samochodów elektrycznych – prelekcja pana mgr Michała Krawczykowskiego, Gras PPPH;
5. Komfortem i bezpieczeństwem w nowoczesnych budynkach, System Sinum Pro – prelekcja pana mgr inż. Grzegorza Sypek, Neuron Sp. z o.o. Sp. k / Tech Sterowniki II Sp. z o.o.;
6. Wideodetekcją dymu i ognia – prelekcja pana Łukasza Omieljaniuka, Robert Bosch Sp. z o.o..

4.2.1. Stanowisko badawcze instalacji PV. Założenia i funkcjonalności badawcze, dydaktyczne i szkoleniowe CNBOP-PIB

Pan mgr inż.. Paweł Gancarczyk, kierownik Jednostki Certyfikującej Usługi CNBOP-PIB, swoją prezentację rozpoczął od skierowania uwagi uczestników konferencji na to, że instalacje fotowoltaiczne powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby zapewniały skuteczne generowanie energii elektrycznej, ale również aby były bezpieczne pod względem pożarowym. Jako główne zagrożenie pożarowe związane z działaniem instalacji fotowoltaicznych zidentyfikowano zjawisko łuku elektrycznego w instalacji stała prądowej (DC), które jest przyczyną większości pożarów w instalacjach PV. Niezależnie wskazano inne mogące występować zagrożenia, np. związane z wyladowaniami atmosferycznymi.

Łuk elektryczny został zdefiniowany jako wyladowanie gazu (plazma o temp $\approx 3000^{\circ}\text{C}$) między dwiema elektrodami, spowodowane gwałtowną jonizacją, która umożliwia przepływ prądu elektrycznego w zależności od materiału i obecności minimalnych wartości natężenia i napięcia. Wskazano, że głównym sposobem zabezpieczenia przed łukiem elektrycznym obwodów DC jest urządzenie lub funkcjonalność zintegrowana z falownikiem PV, służąca do wykrywania i przerywania obwodu zwarć elektrycznych, łukowych. Instytut prowadził badania tych urządzeń w oparciu o dostępne normy określające konieczne do spełnienia wymagania.

W ramach prezentacji wyróżnione zostały poniższe rodzaje łuków elektrycznych w obszarze generatora PV:

- łuk elektryczny szeregowy – spowodowany przez wadliwe połączenie, który może tworzyć się w małych szczelinach między dwoma zaciskami łączącymi, np. połączenie szyny zbiorczej z taśmą w modułach PV, połączenie w złączach konektorowych okablowania DC, podłączenia w skrzynce połączeniowej DC;
- łuk elektryczny równoległy – jest zwykle spowodowany zwarcie między sąsiednimi przewodami lub obwodami o różnych potencjałach najczęściej w wyniku degradacji i uszkodzenia izolacji;
- łuk elektryczny do ziemi – jest wynikiem uszkodzenia izolacji systemu względem ziemi.

Badania w CNBOP-PIB były prowadzone na instalacji fotowoltaicznej o łącznej mocy 11,4 kWp, która składała się z: falownika PV o mocy 10 KW z wbudowanym zabezpieczeniem wykrywania i przerywania zwarć łukowych (funkcja AFCI, ang. Arc Fault Circuit Interrupter), łańcucha PV nr 1 składającego się z 15 modułów PV z optymalizatorami mocy oraz łańcucha PV nr 2 składającego się z 15 modułów PV bez optymalizatorów mocy. Stanowisko badawcze do pomiarów parametrów zabezpieczeń wykrywania i przerywania zwarć elektrycznych i łuków w instalacji PV zostało zorganizowane w taki sposób, aby generator łuków elektrycznych był ustawiony w trzech punktach instalacji, tj. na początku, na środku i na końcu łańcucha PV. Pomiary parametrów zabezpieczeń przed łukiem elektrycznym DC są wykonywane zgodnie z normami: *IEC63027:2023 Photovoltaic power systems – DC arc detection and interruption* oraz *UL 1699B 22.08.2018 Photovoltaic (PV) DC Arc-Fault Circuit Protection*. Zgodnie z ww. normami funkcja AFCI spełnia wymagania, jeśli łuk zgaśnie ciągu 2,5 sekundy lub energia rozproszona łuku jest mniejsza niż 750 J.

Wyposażenie kontrolno-pomiarowe na stanowisku badawczym składało się z:

- generatora łuku typu KTO-AG,
- oscyloskopu cyfrowego typu DSO9254A,
- sondy napięciowej typu N2873A (Kanał1),
- sondy napięciowej typu TPP0201 (Kanał2),
- multimetru cyfrowego,
- rezystora dużej mocy (R) o wartości 112,8 mΩ.

Badania instalacji wyposażonej w AFCI wykazały, że czasy trwania łuku nie przekroczyły 170 ms, co wykazało, że spełnione zostały wymagania normy. Przeprowadzono również badanie przy wyłączonej funkcji AFCI, w celu pokazania ryzyka związanego z łukiem DC w instalacjach fotowoltaicznych wyposażonych w falownik PV nieposiadający przerywacza łuku. Generator łuku elektrycznego został podłączony na początku łańcucha PV. Elektrody generatora rozwarto na odległość 0,8 mm. Powstał łuk elektryczny, który nie został przerwany przy wyłączonej funkcji AFCI. Po 3 sekundach osoba przeprowadzająca badanie zamknęła obwód poprzez zwarcie elektrod, tym samym wygaszając łuk, aby nie dopuścić do pożaru i uszkodzenia elektrod generatora.

Prelegent zwrócił uwagę na to, że oprócz wykrywania zagrożenia oraz jego likwidowania istotne jest, aby system fotowoltaiczny posiadał system pozwalający na informowanie obsługi o zaistniałym zagrożeniu. Wskazano również, że szczególną uwagę należy zwrócić na bezpieczeństwo ekip ratowniczych w systemach fotowoltaicznych

(m.in. poprzez zastosowanie urządzenia pozwalającego na rozpięcie generatora fotowoltaicznego po stronie stałociennoprądowej).

Podsumowując należy przyjąć, że instalacje PV są bezpieczne pożarowo oraz bezpieczne dla ekip ratowniczych, jeżeli:

- zostały wykonane z badanych i certyfikowanych urządzeń i elementów instalacyjnych, mają: wymagane zabezpieczenia (w tym AFCI), wyłączniki bezpieczeństwa, platformę programową do ich monitorowania i zarządzania oraz są odpowiednio oznakowane;
- zostały zaprojektowane i wykonane przez wykwalifikowany, uprawniony i kompetentny personel (projektanta, instalatora) na podstawie dokumentacji projektowej uzgodnionej w zakresie warunków ochrony przeciwpożarowej;
- poddawane są okresowym przeglądom serwisowym i konserwacyjnym przez wykwalifikowanego, uprawnionego i kompetentnego konserwatora instalacji PV i są monitorowane przez ich właściciela lub osobę upoważnioną, która odpowiednio reaguje na zgłaszane przez system PV alarmy i komunikaty.

4.2.2. Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych zgodnie z normą IEC 63027, wykrywanie i przerywanie luków DC

W prezentacji pana Marcina Kłomskiego z firmy Huawei Polska Sp. z o.o. podkreślona została istotność bezpieczeństwa instalacji fotowoltaicznych, a także przedstawione zostały potencjalne zagrożenia i rozwiązania w kontekście uszkodzeń po stronie DC, czyli prądu stałego.

Pierwszym omawianym aspektem są uszkodzenia równoległe. Chodzi tu o sytuacje, w których występuje zwarcie pomiędzy biegunami plus (+) i minus (-) w instalacji. To zachowanie może prowadzić do gwałtownego wyładowania baterii kondensatora, co z kolei może skutkować uszkodzeniem falownika. Jednak w praktyce takie sytuacje nie są powszechne. Warto zaznaczyć, że w przypadku wystąpienia takiego problemu zabezpieczenia mogą skutecznie zadziałać, co minimalizuje ryzyko poważnych uszkodzeń.

Kolejnym aspektem są uszkodzenia doziemne, które zdarzają się rzadziej. W instalacjach fotowoltaicznych falowniki są wyposażone w moduły RCMU, które monitorują prądy doziemne. Dzięki temu ewentualne uszkodzenia tego rodzaju są kontrolowane wewnątrz samego urządzenia, co przyczynia się do zwiększenia bezpieczeństwa.

Najważniejszym i często spotykanym problemem są natomiast luki szeregowy, wynikające z uszkodzeń połączeń kablowych. Zwiększenie liczby połączeń kablowych pociąga za sobą wzrost prawdopodobieństwa wystąpienia takich problemów. Warto podkreślić, że bezpieczeństwo pożarowe i porażeniowe to dwa różne aspekty, które często są mylone w kontekście luków szeregowych.

Rozwiązaniem pozwalającym uniknąć problemów związanych z lukami szeregowymi jest zastosowanie technologii AFCI (ang. *Arc Fault Interrupt Circuit*). Przerywacz łuku elektrycznego może być zainstalowany jako komponent

zewewnętrzny lub być wbudowany bezpośrednio w falownik. W przypadku instalacji, które nie posiadają wcześniejszego wyposażenia w AFCI, istnieje także możliwość dodania tego elementu w sposób alternatywny.

Wniosek jest taki, że dbałość o bezpieczeństwo instalacji fotowoltaicznych po stronie prądu stałego jest niezwykle istotna, a rozwiązania technologiczne – takie jak AFCI – mogą skutecznie pomóc w minimalizacji ryzyka i zapewnieniu bezpiecznej eksploatacji systemów fotowoltaicznych.

W problemie wykrywania łuków w instalacjach fotowoltaicznych po stronie prądu stałego (DC) kluczowym aspektem jest charakterystyka tych łuków. Można m.in. zidentyfikować, że łuki elektryczne generują hałas – zwłaszcza w zakresie częstotliwości od 10 kHz do 100 kHz. Wykrywanie łuków jest jednak wyzwaniem technologicznym, ponieważ konieczne jest zagwarantowanie skutecznej detekcji z zapewnieniem minimalizacji fałszywych alarmów. W kontekście fałszywych alarmów można stwierdzić, że długość okablowania w rozbudowanych instalacjach fotowoltaicznych może również generować błędne alarmy, ponieważ pętla okablowania DC działa jak antena odbierająca zakłócenia radiowe. Aby rozwiązać te problemy, firma Huawei opracowała standardy technologiczne, które zostały uwzględnione w nowej normie IEC63027, podnosząc wymagania dotyczące bezpieczeństwa w instalacjach fotowoltaicznych w Europie.

4.2.3. Neutralizacja zagrożeń pożarowych w instalacjach fotowoltaicznych

Pan Przemysław Kozłowski z firmy Bruk-Bed Energy omówił kluczowe aspekty związane z bezpieczeństwem pożarowym w instalacjach fotowoltaicznych. Firma Bruk-Bed Energy promuje dobre praktyki i edukację w dziedzinie fotowoltaiki, a także sama instaluje rozwiązania PV.

Podczas prezentacji podkreślono, że pomimo obaw związanych z pożarami w instalacjach fotowoltaicznych, przyczyną takich zdarzeń są często przestarzałe instalacje elektryczne, a nie sama fotowoltaika. Bezpieczeństwo instalacji fotowoltaicznych jest zagwarantowane, o ile przestrzega się wytycznych, norm sprzętowych i instalacyjnych.

Wskazano także główne przyczyny pożarów w instalacjach PV, takie jak zwarcia instalacji, uderzenia pioruna, nieprawidłowe rozłączanie instalacji PV, błędny dobór zabezpieczeń oraz niska jakość modułów PV. Doprecyzowano także, że moduły PV muszą spełniać określone normy:

- IEC 61215-1:2021 – Moduły fotowoltaiczne – Ogólne warunki testowania i klasyfikacji modułów fotowoltaicznych pod kątem parametrów elektrycznych i mechanicznych;
- IEC 61730-2016 (UL 790) – Bezpieczeństwo modułów fotowoltaicznych pod kątem pożaru, w tym odporność na ogień i testy pożarowe;
- IEC 61730-1 – Standard UL dotyczący modułów fotowoltaicznych Część 1: Ogólne wymagania bezpieczeństwa en standard określa ogólne wymagania dotyczące bezpieczeństwa modułów fotowoltaicznych, w tym odporność na ogień i elektryczne właściwości modułów;
- IEC 61730-2 – Standard UL dotyczący modułów fotowoltaicznych Część 2: Testy bezpieczeństwa elektrycznego.

Ocena odporności ogniowej modułów PV opiera się na testach pożarowych, takich jak test rozprzestrzeniania się płomienia, test marki płonącej i test przerywanego płomienia, co przekłada się na klasy ogniowe modułów.

W prezentacji podkreślono, że nieprawidłowy montaż modułów PV może stanowić potencjalne zagrożenie. W związku z powyższym ważne jest przestrzeganie procedur instalacyjnych, z uwzględnieniem prawidłowego połączenia po stronie DC, stosowania falowników z funkcją AFCI, korzystania z wysokiej jakości modułów PV oraz systemów monitoringu. Podkreślono, że regularna konserwacja i inspekcje instalacji PV są kluczowe.

Prezentacja uwzględniała również carporty fotowoltaiczne jako alternatywę dla tradycyjnych instalacji na dachach budynków. Konstrukcje carportów są odporne na ogień, a moduły PV używane w takich rozwiązaniach spełniają wysokie standardy bezpieczeństwa, w tym klasę ogniową C.

4.2.4. Ochrona przeciwpożarowa garażu z punktami ładowania dla samochodów elektrycznych

W swojej prelekcji przedstawiciel firmy GRAS PPPH, pan mgr Michał Krawczykowski, przedstawił informacje na temat opracowanego przez firmę urządzenia o nazwie handlowej i-Sprink. Urządzenie to jest automatycznym zestawem hydrantu wewnętrznego (znajdującego się w danym budynku) z przyłączem do instalacji zraszaczowej z wczesną detekcją.

Samo urządzenie zbudowane jest z trzech modułów tj. modułu hydrantu wewnętrznego DN33 lub DN52, modułu centrali sterująco-zasilającej oraz modułu rozdzielacza (wyposażonego w 1÷12 elektrozaworów), które to moduły umieszczone są w izolowanej termicznie i ogrzewanej obudowie. Następnie w miejscu postojowym, chronionym przez urządzenie i-Sprink, podłącza się do niego rurociągi sekcyjne suche (doprowadzenie wody do zraszaczy) zakończone zraszaczami umieszczonymi bezpośrednio nad pojazdem elektrycznym. Dodatkowo nad każdym miejscem postojowym zainstalowane są czujki dymu i ciepła oraz wskaźnik miejsca pożaru (WMP), który umieszczony jest nad każdą linią rozdzielającą miejsca postojowe.

Zasada działania urządzenia i-Sprink polega na tym, że sygnał detekcji z jednej czujki dymu i ciepła przesyłany jest do SSP lub BMS (alarm I stopnia), po czym – jeśli jest wykryty sygnał detekcji z WMP – następuje alarm II stopnia oraz uruchomienie zraszaczy powodujących tłumienie pożaru w miejscu jego występowania.

W dalszej części prelekcji przez Producenta zostały przedstawione badania pożarowe, wykonane w CNBOP-PIB przez Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości. Polegały one na przeprowadzeniu dwóch rzeczywistych pożarów trzech pojazdów stojących obok siebie (trwających po 40 minut), w których środkowy pojazd był pojazdem elektrycznym. Pierwsze badanie pożarowe odbyło się z zastosowaną detekcją i tłumieniem przez zestaw i-Sprink, drugie – bez zastosowanego systemu przeciwpożarowego. W wyniku przeprowadzonych badań można było zauważyć, że przy zastosowaniu detekcji i tłumienia przez zestaw i-Sprink w pojeździe elektrycznym uległo spaleni tylko jego wnętrze, a pojazdy znajdujące się po jego bokach oraz sam budynek nie zostały

naruszone. Natomiast przy braku jego zastosowania wszystkie pojazdy uległy kompletnemu spaleni, konstrukcja budynku została naruszona, w konsekwencji czego budynek nie nadaje się do dalszego użytkowania.

Dodatkowo przedstawiciel Producenta wskazał, że dla zestawu GRAS i-Sprink wydane zostały przez CNBOP-PIB dokumenty potwierdzające wprowadzenie wyrobu do obrotu, tj.: Krajowa Ocena Techniczna oraz Krajowy Certyfikat Stałości Własności Użytkowych, a dla wskaźnika miejsca pożaru (WMP) została wydana przez CNBOP-PIB Rekomendacja przydatności do stosowania w ochronie przeciwpożarowej.

Na zakończenie prelekcji przedstawiono zalety stosowania zestawu GRAS i-Sprink, m.in.:

- możliwość wykorzystania istniejącej infrastruktury hydrantów wewnętrznych w obiekcie;
- skuteczność działania zestawu zgodnie z normą PN-EN 12845+A1:2020-05;
- gwarancja detekcji właściwego miejsca postoju pojazdu dzięki detektorom WMP;
- niski koszt instalacji w stosunku do instalacji tryskaczowych i mgłowych;
- możliwość integracji ze stacjami ładowania oraz SSP, BMS.

4.2.5. Komfort i bezpieczeństwo w nowoczesnych budynkach, System Sinum Pro

Kolejną prelekcję wygłosił pan mgr inż. Grzegorz Sypek z firmy Neuron Sp. z o.o. Sp. k. Firma Neuron Sp. z o.o. Sp. k. w kooperacji z firmą Tech Sterowniki II Sp. z o.o. opracowała system Sinum Pro, czyli innowacyjny ekosystem rozwiązań hybrydowych (przewodowo-bezprzewodowych), stanowiący jedną z pierwszych na świecie prób połączenia w jednym rozwiązaniu funkcji komfortu (oświetlenie, ogrzewanie, kontrola dostępu, wytwarzanie i magazynowanie energii, stacje ładowania akumulatorów Li-ion), bezpieczeństwa pożarowego oraz zdalnego monitoringu bezpieczeństwa (systemy kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła, systemy gaszenia, systemy wentylacji bytowej, zasilanie dla stacji ładowania pojazdów elektrycznych, detekcja pożarów oraz gaszenie pojazdów elektrycznych) i zarządzania systemem. Razem z system Sinum Pro dostarczana jest aplikacja, która pozwala na proste oraz intuicyjne zarządzanie wszystkimi funkcjonalnościami systemu – zarówno lokalnie, jak i zdalnie z dowolnego miejsca na świecie. Z poziomu aplikacji możliwy jest monitoring kluczowych parametrów pracy, jak również zmiana ustawień i tworzenie harmonogramów. Do dyspozycji Klienta dostępny jest przejrzysty panel, który może być dodatkowo indywidualnie konfigurowany w zależności od potrzeb i preferencji.

Sinum Pro jest również przystosowany do integracji oraz kompleksowego zarządzania urządzeniami wchodzącymi w skład budynkowej infrastruktury dla elektromobilności. Dedykowana aplikacja kliencka umożliwia konfigurację całego systemu oraz ciągły monitoring parametrów pracy jego kluczowych komponentów. Do jego podstawowych funkcjonalności w tym zakresie należą:

- wykrywanie łuków elektrycznych w instalacji fotowoltaicznej (integracja z falownikami),
- zarządzanie punktami i stacjami ładowania pojazdów elektrycznych,
- optymalizacja wytwarzania i magazynowania energii,
- precyzyjna lokalizacja i wczesna detekcja pożaru,

- rozłączanie zasilania stacji ładowania,
- kontrola rozprzestrzeniania i tłumienie pożaru z wykorzystaniem lokalnej instalacji zraszaczowej typu i-Sprink.

W podsumowaniu prelekcji pan mgr inż. Grzegorz Sypek zwrócił również uwagę na fakt, że istnieje możliwość indywidualnego zaprojektowania systemu Sinum Pro na potrzeby danego klienta, wraz z dostosowaniem do nich aplikacji.

4.2.6. Wideodetekcja dymu i ognia

W ostatnim wystąpieniu sesji drugiej głos zabrał pan Łukasz Omieljaniuk, reprezentujący firmę Robert Bosch Sp. z o.o. Celem było przedstawienie informacji na temat produkowanego przez firmę systemu wizyjnego wykrywania pożarów, łączącego niezawodne wykrywanie dymu i płomieni oraz dużą szybkość działania, w postaci kamery pod nazwą AVIOTEC.

System wizyjnego wykrywania pożaru ma swoje zastosowanie w obszarze, gdzie wymagane jest niezawodne wizyjne wykrywanie dymu i płomieni lub jako uzupełnienie dotychczasowego stosowanego systemu wykrywania ognia np. w obiektach przemysłowych, obiektach transportu publicznego, obiektach energetycznych, magazynach, jak również przy stanowiskach ładowania pojazdów elektrycznych i instalacji fotowoltaicznych.

Zasada działania polega na analizie dostarczanego obrazu, w związku z powyższym do analizy przesyłanego sygnału w celu stwierdzenia, czy mamy do czynienia z zagrożeniem związanym z pożarem, nie jest potrzebna instalacja zewnętrznego serwera. Ta decyzja podejmowana jest w samej kamerze, która ma zaprogramowane wzorce pomiarowe, na podstawie których wie, w jaki sposób i z jaką prędkością rozprzestrzenia się dym oraz jaka jest częstotliwość migotania płomienia. Na podstawie tego typu sygnałów podejmowana jest decyzja, czy zgłaszany alarm jest faktycznym pożarem. Zasilanie kamery może być zapewniane z zewnętrznego źródła zasilania, jak również poprzez sieć kablową zgodną ze standardem PoE (Power-over-Ethernet). Dzięki możliwości zasilania przez sieć Ethernet (PoE) instalacja kamery jest łatwiejsza i tańsza, ponieważ nie jest wymagany dostęp kamery do sieci energetycznej.

Kamera AVIOTEC umożliwia wykrycie detekcji płomienia z odległości do 150 m, a detekcji dymu – do 104 m. Dodatkowo posiada wbudowany oświetlacz podczerwieni, dzięki któremu nawet przy zerowym oświetleniu jest w stanie wykryć zagrożenie, jakim jest dym lub płomień, z odległości nawet 140 m.

Zaletą zaprezentowanego rozwiązania jest to, że dzięki wytrenowanemu algorytmowi wykrywania płomienia i dymu bezpośrednio u źródła, urządzenie potrafi wykrywać pożary znacznie szybciej niż zwykle czujki punktowe zamontowane przy suficie.

4.2.7. Wnioski i tezy

Poniżej przedstawione zostały główne tezy i wnioski zidentyfikowane na zakończenie drugiej sesji.

Sformułowane tezy:

1. Instalacje PV w obiektach budowlanych powinny spełniać wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego i bezpieczeństwa ekip ratowniczych.
2. Przyczyną większości pożarów w instalacjach PV są łuki elektryczne w obwodach DC (prądu stałego).
3. Prawidłowy montaż modułów PV i regularna konserwacja są istotne dla zapewnienia bezpieczeństwa instalacji.
4. Parkingi zakwalifikowane są do kategorii o średnim zagrożeniu pożarowym OH2, dla którego wymagana intensywność zraszania wynosi 5 mm/min/m².
5. Wczesna i szybka detekcja pożaru zmniejsza szkody i ilość ofiar pożaru. Systemy detekcji pożaru mają za zadanie szybkie wykrycie zarzewia i zaalarmowanie ludzi przebywających w zagrożonym obszarze.

Sformułowane wnioski:

1. Instalacje PV w obiektach są bezpieczne pożarowo i bezpieczne dla ekip, jeżeli zostały wykonane z badanych i certyfikowanych urządzeń i elementów instalacyjnych, zaprojektowane i wykonane przez wykwalifikowany, uprawniony i kompetentny personel (projektanta, instalatora) oraz poddawane są okresowym przeglądom serwisowym i konserwacyjnym przez wykwalifikowanego, uprawnionego i kompetentnego konserwatora instalacji PV.
2. Głównym sposobem zabezpieczenia obwodów DC instalacji PV przed łukiem elektrycznym jest urządzenie lub funkcjonalność zintegrowana z falownikiem PV do wykrywania i przerywania obwodu zwarc elektrycznych, łukowych Arc Fault Circuit Interrupter (AFCI);
3. Dla falowników bez funkcji AFCI jest możliwość zastosowania zewnętrznego modułu łączącego system DC z urządzeniem do wykrywania łuków elektrycznych w systemach PV. Wadą takiego rozwiązania jest jednak wyższy koszt instalacji i jej utrzymania oraz brak kompatybilności z dostawcami falowników.
4. Aby rozwiązać problem wykrywania awarii i zwarc w systemie fotowoltaicznym z napięciem DC nieprzekraczającym maksymalnego napięcia obwodu otwartego PV 1500 V DC, opracowana została międzynarodowa norma IEC 63027:2023 *Photovoltaic power systems – DC arc detection and interruption*.
5. Do najczęstszych przyczyn występowania pożarów w instalacjach fotowoltaicznych można zaliczyć: zwarcie w instalacji, uderzenie pioruna, nieumiejętne rozłączenie instalacji PV, niewłaściwy dobór zabezpieczeń, słabej jakości moduły PV.
6. Zainstalowanie na miejscu postojowym pojazdu detektora miejsca pożaru (DMP) gwarantuje detekcję pożaru właściwego miejsca postojowego bez względu na działanie wentylacji bytowej, przeciągów czy migracji zadymienia na inne miejsce postojowe.

7. Do wykrywania dymu i płomieni lub jako uzupełnienie dotychczasowego stosowanego w chronionym budynku systemu wykrywania ognia można stosować dodatkowe systemy np. systemy wizyjnego wykrywania pożarów, łączące w sobie niezawodne wykrywanie dymu i płomieni oraz dużą szybkość działania. Systemy te umożliwiają wykrywanie pożarów znacznie szybciej niż zwykle czujki punktowe zamontowane przy suficie.

4.3. Sesja trzecia

W trakcie trzeciej sesji, moderowanej przez Kierownika Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB Pana dr inż. Michała Chmiela, poruszone zostały kwestie związane z:

1. Wynikami badań i testowania kocy, plandek gaśniczych – prelekcja Pana inż. Piotra Mortki, specjalisty CNBOP-PIB;
2. Zagrożeniami chemicznymi i fizycznymi strażaków podczas zwalczania pożarów baterii elektrycznych – prelekcja Pana bryg. dr inż. Artura Ankowskiego, Akademia Pożarnicza;
3. Poradnikami i szkoleniami dla ratowników w zakresie prowadzenia działań podczas zdarzeń z udziałem pojazdów elektrycznych – prelekcja Pana st. bryg. mgr inż. Jacka Zalecha, Dyrektora Biura Planowania Operacyjnego, KG PSP.

4.3.1. Wyniki badań i testowania kocy, plandek gaśniczych

Przedstawiciel Zespołu Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych, Pan inż. Piotr Mortka zaprezentował oraz omówił wyniki badań płacht gaśniczych. Poniżej przedstawione zostały przyjęte założenia oraz wyniki przedmiotowych badań.

Badanie nr 1:

Założenia badawcze:

- wrak pojazdu marki FIAT SIENA – pojazd kompletny z wymontowanym zbiornikiem paliwa. Do wnętrza pojazdu dla zwiększenia obciążenia ogniowego oraz intensywności palenia włożono oponę, a tylną kanapę nasączono benzyną bezołowiową w ilości ok. 3dm³. W pobliżu pojazdu marki FIAT SIENA zaparkowano pojazd OPEL TIGRA w celu zasymulowania utrudnienia w prowadzeniu działań;
- pożar rozwinięty – temperatura pożaru powyżej 650°C (maksymalny zakres pomiaru kamery termowizyjnej);
- płachta była utrzymywana na pojeździe przez 30 minut zgodnie z zaleceniami producenta..

Wyniki badania:

- po 30 minutach płachtę zdjęto i obserwowano pojazd pod kątem widocznych płomieni i nawrotu palenia;
- płomienie nie były widoczne. Po upływie ok. 30 sekund zaobserwowano nawrót spalania płomieniowego opony, która znajdowała się na tylnej kanapie. Nie zaobserwowano nawrotów spalania płomieniowego pozostałych elementów pojazdu;
- płachta skutecznie izoluje dostęp tlenu do strefy spalania i tłumi pożar pojazdu, a także izoluje oddziaływanie pożaru na otoczenie;
- płachta nie uległa uszkodzeniu ani przepaleniu i po przemyciu nadawała się do ponownego użycia. Na płachcie gaśniczej pozostały ślady okopcenia oraz oddziaływania wysokiej temperatury.

Tabela 2. Zmierzone wartości temperatury na poszczególnych etapach badania nr 1

Lp.	Czas	Temperatura
1	Przed nałożeniem	powyżej 650°C
2	Po nałożeniu płachty	305°C
3	ok 5 minut od nałożenia płachty	148°C
4	ok 10 minut od nałożenia płachty	103°C
5	ok. 15 minut od nałożenia płachty	100°C
6	ok. 20 minut od nałożenia płachty	98°C
7	ok. 25 minut od nałożenia płachty	78°C
8	ok. 30 minut od nałożenia płachty (przed zdjęciem płachty)	80°C

Badanie nr 2:

Założenia badawcze:

- SEAT TOLEDO – pojazd kompletny z wymontowanym zbiornikiem paliwa. Do wnętrza pojazdu nie wkładano dodatkowych materiałów palnych ani nie nasączono tylnej kanapy cieczą palną. W celu zasymulowania pożaru pojazdu EV pod wrakiem ustawiono na betonowych cokołach 4 akumulatory litowo-jonowe typu NMC o pojemności 102Ah (TWS-6S1P-102-NMC);
- pożar rozwinięty – temperatura pożaru powyżej 650°C (maksymalny zakres pomiaru kamery termowizyjnej);
- płachta była utrzymywana na pojeździe przez 30 minut zgodnie z zaleceniami producenta.

Wyniki badania:

- po 30 minutach płachtę zdjęto i obserwowano pojazd pod kątem widocznych płomieni i nawrotu palenia;
- płomienie nie były widoczne, a przez czas 5 minut i 30 sekund nie doszło do nawrotu palenia;
- akumulatory znajdujące się pod pojazdem nadal utrzymywały temperaturę ponad 350 °C i wymagały dalszego chłodzenia – w tym celu zanurzono je w metalowym zbiorniku z wodą (1 m³) na ok. 24 godziny;
- płachta skutecznie izoluje dostęp tlenu do strefy spalania i tłumi pożar pojazdu, a także izoluje oddziaływanie pożaru na otoczenie;
- płachta nie uległa uszkodzeniu ani przepaleniu i po przemyciu nadawała się do ponownego użycia. Na płachcie gaśniczej pozostały ślady okopcenia oraz oddziaływania wysokiej temperatury.

Tabela 3. Zmierzone wartości temperatury na poszczególnych etapach badania nr 2

Lp.	Czas	Temperatura
1	Przed nałożeniem	powyżej 650 °C
2	Po nałożeniu płachty	205 °C
3	ok 5 minut od nałożenia płachty	130 °C
4	ok 10 minut od nałożenia płachty	110 °C
5	ok. 15 minut od nałożenia płachty	105 °C
6	ok. 20 minut od nałożenia płachty	89 °C
7	ok. 25 minut od nałożenia płachty	83 °C
8	ok. 30 minut od nałożenia płachty (przed zdjęciem płachty)	85 °C

Na podstawie przedstawionych powyżej wyników badań udało się sformułować wnioski i zalety oraz zidentyfikować występujące utrudnienia przedstawione poniżej.

Wnioski:

1. Liczba możliwych zastosowań płacht gaśniczych nie jest określona przez producenta i uzależniona jest od m.in. od warunków pożarowych, w jakich była stosowana, jak również konstrukcji pojazdów, gdyż może ona ulec mechanicznemu uszkodzeniu na skutek przeciągnięcia poprzez wystające/ostre elementy pojazdu. Zaleca się dlatego szczegółową inspekcję/ocenę po każdorazowym użyciu płachty, ze szczególnym zwróceniem uwagi na uszkodzenia, przebarwienia, przetarcia, mogące mieć wpływ na funkcjonalność wyrobu przy kolejnym użyciu tj. skuteczną izolację palącego się pojazdu od otoczenia.
2. Po zdjęciu płachty należy obserwować pojazd pod kątem nawrotów pożaru i w razie potrzeby schładzać i dogasić wodą.
3. W przypadku pojazdów hybrydowych i elektrycznych po zdjęciu płachty konieczna jest dalsza obserwacja temperatury oraz – według potrzeb – schładzanie akumulatorów.

Zalety:

- skuteczne tłumienie pożaru pojazdu;
- Skuteczna izolacja palącego się pojazdu od otoczenia umożliwia ograniczenie strat oraz prowadzenie innych działań podczas akcji ratowniczo-gaśniczej np. ewakuacja ludzi, przeparkowanie/odholowanie sąsiednich pojazdów w celu umożliwienia wyciągnięcia palącego się pojazdu z garażu podziemnego, zatłoczonego parkingu, itp.;
- ograniczenie ilości lotnych produktów spalania wytwarzających się w trakcie spalania – cecha szczególnie ważna podczas prowadzenia działań w przestrzeniach zamkniętych typu parkingi/garaże podziemne;
- łatwy sposób zastosowania płachty gaśniczej umożliwiający szybkie nakrycie palącego się pojazdu/urządzenia. Po wykonaniu testów „na sucho” oraz w warunkach rzeczywistych należy stwierdzić, że gorące produkty spalania unoszą płachtę i „pomagają” w jej nakładaniu na pojazd.

Utrudnienia:

- w przypadku, gdy pojazd posiada na dachu dodatkowy osprzęt (np. relingi, antena), mogą wystąpić utrudnienia w nakładaniu płachty;
- w przypadku ciasno zaparkowanych pojazdów mogą wystąpić utrudnienia w nakładaniu płachty;
- po prowadzonych testach w warunkach rzeczywistych i umyciu płachty zgodnie z zaleceniami producenta wyczuwalne są charakterystyczne zapachy produktów spalania (swąd). Zaleca się przechowywanie płachty w szczelnym opakowaniu transportowym – należy rozważyć dystrybucję płacht wielorazowego użytku w zestawie z dedykowanym szczelnym opakowaniem transportowym.

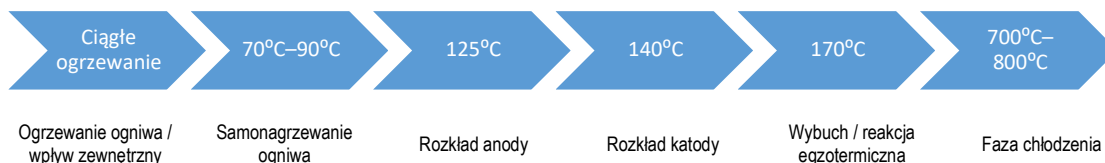
4.3.2. Zagrożenia chemiczne i fizyczne strażaków podczas zwalczania pożarów baterii elektrycznych

Na wstępie prezentowanego tematu wskazane zostały możliwe przyczyny zagrożeń, które można identyfikować ze stosowanymi bateriami elektrycznymi. Przedstawione przyczyny zostały podzielone na pięć kategorii obejmujących:

- uszkodzenia mechaniczne baterii;
- termiczne (oddziaływanie wysokich temperatur, ekspozycja na płomienie);
- elektryczne (zawarcia, przeciążenia, przepięcia, przeładowanie, nadmierne rozładowanie);
- wewnętrzne wady produkcyjne (materiałowe, konstrukcyjne, montażowe);
- zmiany właściwości użytkowych materiałów konstrukcyjnych pod wpływem czasu.

Mając na uwadze powyższe zapisy, dokonano także identyfikacji występujących zagrożeń generowanych przez pojazdy z napędem elektrycznym. Możemy wśród nich wyróżnić m.in.: ryzyko pożaru, porażenia prądem elektrycznym, wnikanie przez drogi oddechowe toksycznych produktów spalania, kontakt skóry ze środkami chemicznymi wydzielanymi podczas awarii baterii oraz wybuch związków chemicznych powstałych w wyniku reakcji zachodzących podczas awarii baterii tradycyjnej.

Omówiona została także fazy ucieczki termicznej, którą opisano w ramach trzech głównych faz reakcji. Do pierwszej zalicza się ogrzewanie ogniwa, samonagrzewanie ogniwa, rozkład anody i katoda, do drugiej – wybuch, natomiast w ostatniej dochodzi do chłodzenia. Opisane fazy zostały przedstawione na poniższym diagramie (w przyjętych zasadach działania określono, że sytuacja anormalna identyfikowana jest już powyżej 60°C).



Na zakończenie prelekcji zaprezentowane zostały wnioski w zakresie mitygacji zagrożeń, które sprowadzają się do:

- stosowania środków ochrony indywidualnej;
- unikania narażenia na wydobywające się gazy, ciecze z ogniw;
- unikania zamoczenia ubrań specjalnych wodą z kontenerów gaśniczych;
- zachowania ostrożności ze względu na możliwość porażenia prądem.

4.3.3. Poradnik i szkolenia dla ratowników w zakresie prowadzenia działań podczas zdarzeń z udziałem pojazdów elektrycznych

Dokument pt. *Standardowe zasady postępowania podczas zdarzeń z samochodami z napędem elektrycznym oraz hybrydowym* został opracowany przez zespół zadaniowy powołany przez Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej i zatwierdzony dnia 25 maja 2023 roku. Omówiono kilka z wybranych zapisów poradnika, identyfikując m.in. zalecenia prowadzenia działań od strony nawietrznej oraz rezygnację z gaszenia pianą (piana dłużej utrzymuje się na elementach, przez co przewodzi prąd dłużej niż woda, która po nich spłynie). Podkreślono także, że żadne mienie nie jest warte życia ratownika.

Tabela 4. Dane w zakresie zdarzeń pożarowych z roku 2023 z udziałem samochodów elektrycznych (okres do 31.08.2023 r.)

Data	Pojazd	Zdarzenie	Czas interwencji
26.03.2023 r.	Mercedes EQA	spalił się cały samochód	21 h 39 min
11.05.2023 r.	Mercedes EQA	spalił się cały samochód	5 h 8 min
14.05.2023 r.	melex	pożar części przedziału baterii	1 h 5 min
28.05.2023 r.	Ford Mustang Mach-E	spalił się cały samochód, pożar akumulatora	5 h 25 min
01.06.2023 r.	T-King	spalił się cały samochód, chłodzenie akumulatorów	1 h 49 min
12.06.2023 r.	Mercedes	spalił się cały samochód, chłodzenie akumulatorów	4 h 43 min
22.06.2023 r.	Tesla	spalił się cały samochód	3 h 55 min
01.07.2023 r.	Tesla S100	przód pojazdu spalony	1 h 19 min
11.07.2023 r.,	melex	bateria dogaszona proszkiem	38 min
12.07.2023 r.,	melex	przewody do akumulatorów, wyłączenie kontrola	35 min
23.07.2023 r.	Nissan E-NV200	spalił się cały samochód, chłodzenie akumulatora	9 h 57 min
24.07.2023 r.	Jaguar I-Pace	część samochodu oraz komory silnika, chłodzenie baterii ale bez podwyższonej temperatury	4 h 14 min
19.08.2023 r.	Tazzari	całkowicie spalony	6 h 14 min
19.08.2023 r.	Nissan Leaf	całkowicie spalony	5 h 57 min

Wskazano także, że dnia 8 sierpnia 2023 roku ukazała się publikacja opracowana przez pracowników CNBOP-PIB pt. *Prowadzenie działań ratowniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem elektrycznym*, która zawierała najważniejsze zagadnienia dotyczące:

- opisanie i rozwinięcia podstawowych definicji i skrótów używanych w tematyce;
- rodzajów i charakterystyki elektrycznych napędów pojazdów samochodowych;
- stacji i punktów ładowania tych pojazdów;
- zagrożeń podczas zdarzeń z udziałem pojazdów z napędem elektrycznym;
- prowadzenia działań ratowniczych oraz zasad bezpiecznego postępowania ratowników.

4.3.4. Panel dyskusyjny – wnioski i tezy

Moderator panelu dyskusyjnego: dr inż. Michał Chmiel, Kierownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB

W panelu dyskusyjnym uczestniczyli:

- bryg. dr inż. Artur Ankowski, Akademia Pożarnicza
- st. bryg. mgr inż. Jacek Zalech, Dyrektor Biura Planowania Operacyjnego, KG PSP
- kpt. Andrzej Gmerek, KW PSP Warszawa
- bryg. Michał Gigoła, Komendant Powiatowy PSP w Otwocku
- mgr inż. Piotr Mortka, CNBOP-PIB
- mgr inż. Przemysław Grabowski, Ogólnopolskie Stowarzyszenie Producentów Zabezpieczeń Przeciwpożarowych i Sprzętu Ratowniczego

W trakcie dyskusji wieńczącej ostatnią sesję konferencji poruszono wiele tematów związanych z praktycznymi aspektami gaszenia pożarów. Prowadzona dyskusja odnosiła się zarówno do potrzeb straży pożarnej, jak i obecnie stosowanych metodyk i środków gaśniczych, z uwzględnieniem obecnie wykorzystywanych urządzeń zabezpieczających. Poniżej przedstawione zostały główne tezy i wnioski zidentyfikowane po zakończonej dyskusji.

Sformułowane tezy:

1. Strażacy posiadają wystarczający sprzęt do walki z zagrożeniami identyfikowanymi w zakresie instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych oraz punktów i stacji ładowania, niemniej należy ich odpowiednio do tego przygotować.
2. Z uwagi na małą ilość pożarów z udziałem instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych oraz punktów i stacji ładowania straż pożarna nie osiągnęła jeszcze stopnia „rutyny” w podejmowanych działaniach gaśniczych w tym zakresie.
3. Niezwykle istotnym działaniem w trakcie akcji gaśniczej jest poprawne rozpoznanie poprzez wykorzystanie dostępnych środków, np. kart ratowniczych pojazdu. Niepoprawnie dokonane rozpoznanie może prowadzić do błędnego dobrania taktyki gaszenia.

4. Brak określonych sposobów zabezpieczenia magazynów energii, użytkownicy dobierają je wedle indywidualnego podejścia i preferencji.
5. Tryskacze świetnie dają sobie radę z tłumieniem i kontrolą pożaru samochodu elektrycznego, jednak większość garaży w Polsce nie jest w nie wyposażona.
6. Dużym problemem po zakończonej akcji gaśniczej w zakresie pożaru samochodu elektrycznego jest utylizacja wody.
7. W najbliższej przyszłości wyzwaniem dla straży pożarnej mogą stanowić pożary autobusów oraz samochodów ciężarowych z napędem elektrycznym.

Sformułowane wnioski:

1. Gaśnice na dwutlenek węgla nie są przeznaczone do zwalczania pożarów baterii.
2. Z uwagi na sporadycznie występujące zdarzenia związane z omawianymi instalacjami, jedyny sposób do przygotowania strażaków do działań to stałe ćwiczenia oraz utrwalanie wiedzy teoretycznej.
3. Poddano rozważeniu wykorzystanie komunikacji pomiędzy stacją ładowania i samochodem elektrycznym do przekazywania dodatkowych informacji do systemu sygnalizacji pożarowej np. w zakresie danych o typie oraz modelu samochodu, tak aby strażacy zmierzający do zdarzenia otrzymywali kompleksową informację o zdarzeniu.
4. Płachty gaśnicze stanowią skuteczną metodę tłumienia pożaru pojazdu, pozwalają na redukcję wody popożarowej oraz zapewniają dodatkową barierę ochronną od promieniowania ciepłego, wydobywających się gazów oraz wysokiej temperatury.

4.4. Zakończenie i podsumowanie konferencji

Przedstawione prezentacje, dyskutowane tezy i sformułowane wnioski upoważniają do stwierdzenia, iż cel konferencji został zrealizowany.

Prezentowane w sesji 2 nowe stanowiska badawcze, dydaktyczne i szkoleniowe, dedykowane badaniom i ochronie rozwiązań PV, ładowania pojazdów i magazynowania energii powstały w wyniku współpracy CNBOP-PIB z partnerami. Ten realizowany w CNBOP-PIB projekt jest otwarty i kontynuowany (trwający), z myślą o rozpoznawaniu zagrożeń i wskazywaniu optymalnych środków ochrony w odniesieniu do nowych technologii i rozwiązań. Działania te będą kontynuowane w CNBOP-PIB z partnerami.

Zainicjowany cykl konferencji CNBOP-PIB i partnerów dotyczący aktualnych problemów i wyzwań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego nowych rozwiązań i technologii będzie kontynuowany, a tematem, który wskazano jako wymagający niezwłocznego podjęcia podczas kolejnej konferencji jest ochrona przeciwpożarowa magazynów energii. Już dziś zapraszamy na kolejne konferencje poświęcone bezpieczeństwu pożarowemu nowych technologii i rozwiązań.

Przewodniczący Komitetu Naukowego Konferencji

st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina