



CNBOP-PIB

## Raport z II Międzynarodowej Konferencji Naukowej

# *Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, punktów i stacji ładowania oraz rozwiązań inteligentnego domu*

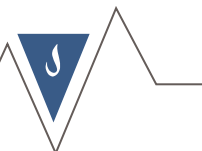


Patronat:



CENTRUM NAUKOWO-BADAWCZE  
OCHRONY PRZECIWOŻAROWEJ  
*im. Józefa Tuliszkowskiego*  
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY  
ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów

— TWÓJ PARTNER W  
BEZPIECZEŃSTWIE



## Opracował:

mgr inż. Michał Pietrzak  
st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Jan Kielin  
mgr inż. Paweł Gancarczyk  
st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina

## Korekta:

Dział Wydawnictw i Promocji CNBOP-PIB

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

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

## Wydawca:

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

Lipiec 2024, Józefów

## Spis treści

1.	<b>Informacje ogólne</b> .....	4
2.	<b>Cel konferencji</b> .....	5
3.	<b>Dotychczasowe doświadczenia</b> .....	5
4.	<b>Przebieg konferencji</b> .....	6
4.1.	<b>Sesja pierwsza</b> .....	6
4.1.1.	Wybrane aspekty badania oprogramowania urządzeń przeciwpożarowych .....	7
4.1.2.	Prezentacja projektów realizowanych przez ZG OSP RP: „Pierwszy Ratownik”, „Czujka dymu pod każdą strzechą” .....	8
4.1.3.	Wyniki testowania rozwiązania w zakresie powiadamiania służb ratowniczych na przykładzie systemu HSR (LoRa).....	9
4.1.4.	Praktyczne zastosowania systemów łączności typu LORA.....	11
4.1.5.	Rozwój systemów powiadamiania i ostrzegania .....	12
4.1.6.	Nowoczesne rozwiązania dla bezpieczeństwa mienia użytkowników na przykładzie urządzenia GRAND VERTICAL PARKING.....	13
4.1.7.	Wybrane metody gaszenia samochodów elektrycznych .....	13
4.1.8.	Systemy wczesnej detekcji i tłumienia pożarów pojazdów elektrycznych oraz magazynów energii, oparte na istniejącej infrastrukturze wodnej w garażach i domkach jednorodzinnych.....	15
4.2.	<b>Sesja druga</b> .....	17
4.2.1.	Zależności przyczynowo-skutkowe awarii baterii elektrycznych .....	17
4.2.2.	Zagrożenia toksyczne przy pożarach akumulatorów.....	19
4.2.3.	Metodyki gaszenia baterii w warunkach laboratoryjnych przy użyciu różnych środków gaśniczych .....	21
4.3.	<b>Sesja trzecia</b> .....	24
4.3.1.	Budowa, eksploatacja oraz stosowane zabezpieczenia w bateryjnych magazynach energii.....	25
4.3.2.	Zabezpieczenie przeciwpożarowe magazynów energii elektrycznej – przegląd wybranych wymagań zagranicznych .....	26
4.3.3.	Możliwość zastosowania baterii z pojazdu elektrycznego na domowy magazyn energii – badania.....	31
4.4.	<b>Panel dyskusyjny</b> .....	33
4.5.	<b>Zakończenie i podsumowanie konferencji</b> .....	37

## 1. Informacje ogólne

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

### **Współorganizatorzy:**

- ❖ Akademia Pożarnicza,
- ❖ Akademia WSB w Dąbrowie Górniczej,
- ❖ European Fire Safety Alliance,
- ❖ Institut für Feuerwehr- und Rettungstechnologie (IFR) der Feuerwehr Dortmund,
- ❖ Komenda Powiatowa Państwowej Straży Pożarnej w Otwocku,
- ❖ Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie,
- ❖ "Ochrona Przeciwpowarowa" Czasopismo Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa SITP,
- ❖ Ogólnopolskie Stowarzyszenie Producentów Zabezpieczeń Przeciwpowarowych i Sprzętu Ratowniczego,
- ❖ PIME Stowarzyszenie Polska Izba Magazynowania Energii,
- ❖ Polskie Stowarzyszenie Nowej Mobilności,
- ❖ PZU LAB SA,
- ❖ Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu,

**Patronat honorowy:** Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej.

**Data konferencji:** 12 czerwca 2024 roku

**Skład komitetu naukowego:** prof. dr hab. Anna RABAJCZYK, prof. dr hab. Robert SOCHA, prof. dr hab. Bernard WIŚNIEWSKI, prof. dr hab. Katarzyna CHRUZIK, dr hab. Maria ZIELECKA, prof. Instytutu (CNBOP-PIB), dr hab. Andrzej CZUPRYŃSKI, prof. AWSB, dr hab. Zdzisława DACKO-PIKIEWICZ, prof. AWSB dr hab. Paweł LUBIEWSKI, prof. AWSB, bryg. dr inż. Tomasz KLIMCZAK, prof. uczelni (Apoż), dr hab. inż. Piotr UCHROŃSKI, st. bryg. dr inż. Paweł JANIK, dr inż. Sylwia PRATZLER-WANCZURA, dr inż. Paweł BUCHWALD, dr inż. Michał CHMIEL, dr inż. Tomasz POPIELARCZYK, dr inż. Jarosław TĘPIŃSKI, ppłk dr inż. Michał JASZTAL, st. bryg. mgr inż. Daniel MAŁOZIĘĆ, st. bryg. mgr inż. Michał GIGOŁA, st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Krzysztof BISKUP, mgr inż. Jarosław WICHE, mgr inż. Michał PIETRZAK, mł. bryg. mgr inż. Wojciech KLAPSA, mgr Marta IWAŃSKA, mgr Tomasz LUTOBORSKI, inż. Piotr MORTKA, nadbryg. Artur GONERA, st. bryg. mgr inż. Andrzej ZAJĄCZKOWSKI, kpt. Grzegorz TRZECIAK, Maciej MAZUR.

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

**Skład komitetu organizacyjnego:** dr inż. Jarosław TĘPIŃSKI, dr inż. Tomasz POPIELARCZYK, dr inż. Michał CHMIEL, mgr Agnieszka PARAFIANOWICZ, mgr Anna GOŁĄB, mgr Magda ŚLARZYŃSKA, mgr Katarzyna SZULEJEWSKA, mgr Elżbieta MUSZYŃSKA-POŁEĆ, mgr Marta IWAŃSKA, mgr inż. Michał PIETRZAK, mgr Paweł Florek.

**Przewodniczący komitetu organizacyjnego:** mgr Ilona Masna.

## 2. Cel konferencji

Konferencja w zamyśle jej organizatorów i partnerów jest cyklicznym miejscem prezentacji i upowszechniania wyników badań, aktualnych informacji, przeglądu wiedzy i rozwiązań. Służy wymianie poglądów i doświadczeń różnych środowisk zainteresowanych bezpieczeństwem pożarowym w zakresie coraz częściej stosowanych technologii, takich jak instalacje fotowoltaiczne, magazyny energii, pojazdy elektryczne razem z punktami i stacjami ich ładowania oraz innych określanych jako rozwiązania inteligentnego domu. Konferencja adresowana była do producentów, projektantów i instalatorów baterii elektrycznych, funkcjonariuszy i pracowników cywilnych PSP, specjalistów i rzeczoznawców do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych, zarządców, użytkowników i właścicieli obiektów budowlanych, a także innych osób zainteresowanych powyższą problematyką.

Okolicznościami skłaniającymi do podjęcia przedmiotowego tematu konferencji były dotychczasowe doświadczenia, badania i ich wyniki, oferowane nowe rozwiązania techniczne i technologie, rosnąca liczba obiektów wyposażonych w instalacje PV, magazyny energii i stacje ładowania, dane statystyczne zdarzeń z udziałem instalacji PV, magazynów energii, punktów ładowania pojazdów elektrycznych, w tym wyzwania dla ochrony przeciwpożarowej związane z coraz powszechniejszym 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 w tym zakresie, 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 2024 r. wydane zostały także wytyczne w zakresie ochrony przeciwpożarowej garaży w obiektach budowlanych, przeznaczonych do ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych plug-in. Przedmiotowe wytyczne w poszczególnych rozdziałach zawierają odpowiednio: podstawowe, najważniejsze definicje, skróty i symbole, podstawy formalne, dokumenty związane i kluczowe wyniki badań, zbiór wymagań i rekomendacji w zakresie stosowanych wyrobów, projektowania, wykonywania i eksploatacji instalacji elektrycznych, charakterystykę miejsc w obiektach budowlanych przeznaczonych do ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych plug-in.

W CNBOP PIB powstały także 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.

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 dla różnych wyrobów. Prace te w ostatnim czasie zostały rozszerzone o techniczne systemy zabezpieczeń dedykowane detekcji i kontroli pożaru w punktach ładowania pojazdów elektrycznych, a także sprzętu i wyposażenia przeznaczonego do prowadzenia działań ratowniczych podczas zdarzeń z udziałem pojazdów elektrycznych.

Badania i uzyskane doświadczenie w powiązaniu ze współpracą z PSP i partnerami technologicznymi dodatkowo przyczyniły się do opracowania w 2023 roku poradnika dla ratowników pt. *Prowadzenie działań ratowniczych 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

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

1. Nowe rozwiązania dla ochrony przeciwpożarowej i ratownictwa – zagrożenia, środki ochrony, eksploatacja.
2. Bezpieczeństwo pożarowe baterii elektrycznych – przyczyny awarii, zagrożenia, metody gaszenia.
3. Bezpieczeństwo pożarowe magazynów energii – zagrożenia, środki ochrony, eksploatacja.

Na zakończenie konferencji zorganizowano panel dyskusyjny z udziałem zaproszonych gości, ekspertów i uczestników konferencji, który pozwolił na wymianę wiedzy oraz udzielenie odpowiedzi na pojawiające się pytania.

### 4.1. Sesja pierwsza

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

- ❖ wybranymi aspektami badania oprogramowania urządzeń przeciwpożarowych – prelekcja pana mgr inż. Michała Pietrzaka, specjalisty Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB;

- ❖ prezentacją projektów realizowanych przez ZG OSP RP: „Pierwszy Ratownik”, „Czujka dymu pod każdą strzechą” – prelekcja dh. Artura Białkowskiego, Koordynatora Krajowego Programu „Pierwszy ratownik” oraz dh. Roberta Klonowskiego, Koordynatora Krajowego Programu „Czujka dymu pod każdą strzechą”;
- ❖ wynikami testowania rozwiązania w zakresie powiadamiania służb ratowniczych na przykładzie systemu LORA – prelekcja pana mł. bryg. mgr. inż. Grzegorza Mroczo, specjalisty Zakładu Ocen Technicznych CNBOP-PIB;
- ❖ praktycznymi zastosowaniami systemów łączności typu HSR (LoRa) – prelekcja pana mgr. inż. Grzegorza Sypka, przedstawiciela firmy NEURON Sp. z o. o. Sp. k.;
- ❖ rozwojem systemów powiadamiania i ostrzegania – prelekcja pana Krzysztofa Baranowskiego, Wiceprezesa Digitex Sp. z o.o. Sp.k.;
- ❖ nowoczesnymi rozwiązaniami dla bezpieczeństwa mienia użytkowników na przykładzie urządzenia GRAND VERTICAL PARKING – prelekcja pana Marcina Karkuta, przedstawiciela Grupy GRAND Sp. z o.o.;
- ❖ wybranymi metodami gaszenia samochodów elektrycznych – prelekcja pana Dariusza Stachlewskiego, przedstawiciela INTERVENT Corp. Sp. z o. o.;
- ❖ systemami wczesnej detekcji i tłumienia pożarów pojazdów elektrycznych oraz magazynów energii, opartymi na istniejącej infrastrukturze wodnej w garażach i domkach jednorodzinnych – prelekcja pana Dariusza Kota, przedstawiciela Prywatnego Przedsiębiorstwa Produkcyjno-Handlowego "GRAS".

### 4.1.1. Wybrane aspekty badania oprogramowania urządzeń przeciwpożarowych

W trakcie prelekcji przedstawiono podstawowe informacje z zakresu badania oprogramowania, zaczynając od definicji samego oprogramowania oraz identyfikacji celu jego badania i testowania. Na początku określono oprogramowanie jako ogół informacji w postaci zestawu instrukcji, procedur, interfejsów i danych przeznaczonych dla urządzeń i sprzętu do realizacji wyznaczonych celów. Nadmieniono, że oprogramowanie występuje w licznych urządzeniach, takich jak np.: telefony komórkowe, komputery, centrale, czujki, integratory, urządzenia kontroli ruchu drogowego czy samochody. Wskazano również, że wszystkie te urządzenia działają prawidłowo dzięki dobrze funkcjonującemu oprogramowaniu. Podkreślono, że to właśnie dlatego tak istotne jest, aby oprogramowanie było odpowiednio weryfikowane, testowane oraz nadzorowane. Pomaga to wyeliminować możliwie największą liczbę błędów i uniknąć niepotrzebnych problemów na samym etapie użytkowania. Samo testowanie zidentyfikowano jako proces obejmujący wszelkie czynności mające na celu potwierdzenie zgodności zaproponowanych rozwiązań ze specyfikacją wymagań, natomiast intencję testowania zdefiniowano jako zmniejszenie liczby błędów w środowisku użytkowym. Następnie przedstawiono informacje o cyklu życia rozwoju oprogramowania. Określono, że przedmiotowy cykl składa się z poszczególnych faz uwzględniających powstawanie, jak i funkcjonowanie oprogramowania w środowisku użytkowym. Stwierdzono, że tworzenie oprogramowania jest skomplikowanym procesem, który zamienia pomysł i potrzeby na program dedykowany do konkretnego zastosowania. Ponownie podkreślono, że istnieje wiele metod, typów i modeli testowania, niemniej

przed ich wdrożeniem należy najpierw zidentyfikować, na jakich poziomach testy są wykonywane. Podczas prezentacji przedstawiono pięć takich poziomów. Na wstępie opisano testy modułowe odnoszące się do badania na etapie tworzenia kodu oprogramowania, które obejmują weryfikację niewielkiego wycinka kodu i mają na celu potwierdzenie, że działa on w zamierzony sposób. Następnie omówiono testy integracyjne i systemowe, gdzie testy integracyjne wewnętrzne polegają na weryfikacji interakcji pomiędzy poszczególnymi współpracującymi lub zależnymi od siebie modułami, natomiast testy zewnętrzne odnoszą się do weryfikacji interakcji z innymi systemami. Ponadto zidentyfikowano testy systemowe stanowiące weryfikację całej aplikacji lub gotowych i niezależnych segmentów, a na sam koniec wskazano testy akceptacyjne, które mają na celu potwierdzenie zgodności oprogramowania z wymaganiami czy specyfikacjami.

W dalszej części wystąpienia zidentyfikowano podstawowe metody i typy wykonywanych testów. Jako najbardziej rozpowszechnione metody testowania, o których słyzy się najczęściej, wskazano metody czarnej i białej skrzynki. Obie te metody różnią się znacząco pod kątem podejścia do samego testowania, a mianowicie do tego, co finalnie będzie podlegało weryfikacji. I tak, w przypadku czarnej skrzynki weryfikowane są wyniki działań, czyli sprawdzane jest, czy po wykonaniu pewnej czynności uzyskamy zamierzony efekt. W tej metodzie nie wchodzi się w szczegóły samego kodu. W przypadku białej skrzynki skupiamy się natomiast bezpośrednio na kodzie, czyli patrzymy, czy działa on poprawnie i reaguje w zamierzony sposób w odniesieniu do realizowanych działań. Idąc dalej, przedstawiono podział testowania na kilka typów. Dla przykładu opisano testy funkcjonalne, nefunkcjonalne, retesty oraz testy regresywne. W ocenie prelegenta niezwykle istotnymi testami są testy regresywne, które wykonuje się z chwilą zmiany posiadanego oprogramowania, przy czym testy te nie mają na celu potwierdzenia, że wprowadzona zmiana działa poprawnie, a skupiają się bardziej na sprawdzeniu, czy inne funkcje programu nadal działają w zamierzony sposób.

Na koniec wystąpienia przedstawiono informację o nowo powstającej ofercie CNBOP-PIB dotyczącej programu dobrowolnej certyfikacji przeznaczonej do weryfikacji oprogramowania stosowanego dla urządzeń przeciwpożarowych. Zaznaczono, że prace są na zaawansowanym etapie w związku z czym program certyfikacji powinien zostać uruchomiony w tym roku i będzie obejmował testy oprogramowania w oparciu o przygotowane wymagania Instytutu. Badania oprogramowania przewidziane są dla urządzeń przeciwpożarowych głównie w zakresie central i integratorów, ale i innych urządzeń przeciwpożarowych, tam gdzie oprogramowanie będzie mogło zostać zweryfikowane.

### **4.1.2. Prezentacja projektów realizowanych przez ZG OSP RP: „Pierwszy Ratownik”, „Czujka dymu pod każdą strzechą”**

Na wstępie pan Artur Białkowski przedstawił dane wskazujące, że umieralność w Polsce z powodu chorób układu krążenia jest nawet o 70% wyższa niż w przypadku innych krajów Unii Europejskiej. Przyjmuje się, że w Polsce co roku 34 tysiące osób doznaje nagłego zatrzymania krążenia (NZK). Wskazano także, iż przy odpowiednio szybkiej



i skutecznej resuscytacji krążeniowo-oddechowej (RKO) można uratować do 75% poszkodowanych, gdzie ta statystyka w Polsce wynosi zaledwie około 5% ÷ 7%. Przedstawiono trzy cele programu „Pierwszy Ratownik”, które określają:

- ❖ stworzenie największej sieci Pierwszych Ratowników, aby ratować szybciej i skuteczniej,
- ❖ wykorzystanie najnowszych technologii do skrócenia czasu potrzebnego do uratowania życia,
- ❖ wyszkolenie w Polsce 120 tys. instruktorów oraz 5 mln ludzi z zakresu udzielania pierwszej pomocy w ciągu 5 lat.

W trakcie prelekcji przedstawiono aplikację na telefony komórkowe pod nazwą „Ratownik”, która ma między innymi lokalizować najbliższy punkt z automatycznym defibrylatorem zewnętrznym (AED – Automated External Defibrillator) i kierować do niego użytkownika. Dodatkowo przedstawiono zarys akademii pierwszego ratownika, mającej na celu szkolenie i poszerzanie świadomości ludzi w zakresie udzielania pierwszej pomocy, szczególnie w aspektach związanych z RKO/AED, krwotokami, przypadkami pediatrycznymi, bezpieczeństwem.

W drugiej części prelekcji wystąpił pan Robert Klonowski, który zaprezentował program „Czujka dymu pod każdą strzechą”. Na wstępie przedstawiono dane w zakresie liczby osób poszkodowanych oraz ofiar śmiertelnych na przestrzeni lat 2002-2020. Na podstawie statystyk można stwierdzić, że liczba osób poszkodowanych w tym okresie rosła (średnia: 3690), natomiast liczba ofiar śmiertelnych utrzymywała się na zbliżonym poziomie (średnia: 531). Wskazano również nową strategię pod nazwą „FLORIAN 2050”, której jednym z celów jest działalność prewencyjna w podejściu systemowym w celu minimalizacji ofiar śmiertelnych i poszkodowanych w zdarzeniach pożarowych. Jednym z rozwiązań systemowych, które jest przeznaczone do realizacji tych celów jest program „Czujka dymu pod każdą strzechą”. Program ten jest realizowany przez wszystkie chętne ochotnicze straże pożarne i ma na celu poprawę bezpieczeństwa pożarowego przede wszystkim na terenach wiejskich. Głównymi działaniami w ramach tego programu są domowe testy bezpieczeństwa pożarowego, opcjonalnie połączone z montażem czujek dymu w domach mieszkańców. Dodatkowo zidentyfikowano najbardziej zagrożone województwa, biorąc pod uwagę liczbę pożarów w budynkach mieszkalnych w poszczególnych gminach w przeliczeniu na 1000 mieszkańców (za lata 2013-2023). Na podstawie przeprowadzonej analizy zidentyfikowano pięć najbardziej narażonych obszarów: województwo warmińsko-mazurskie, podlaskie, lubuskie, dolnośląskie oraz podkarpackie. Na zakończenie zaprezentowano stronę internetową (<https://www.testbezpieczenstwa.pl/>), na której można odszukać szczegółowe informacje o programie „Czujka dymu pod każdą strzechą”.

### **4.1.3. Wyniki testowania rozwiązania w zakresie powiadamiania służb ratowniczych na przykładzie systemu HSR (LoRa)**

Pan Grzegorz Mroczko rozpoczął prezentację od identyfikacji procedury testowania wyrobów innowacyjnych – TWI (wydanie 2 z dnia 12 marca 2015 r.). Wskazano, iż procedura ta ma na celu ocenę poprzez testowanie przez ratowników przydatności do stosowania w ochronie przeciwpożarowej innowacyjnych wyrobów i rozwiązań. Podstawą skierowania

wyrobu do testowania jest spełnienie przez niego wymagań zasadniczych określonych w przepisach związanych z wprowadzeniem wyrobów do obrotu i jego ogólnym bezpieczeństwem. Testowanie odbywa się poprzez ocenę praktyczną wyrobów przez ratowników jednostek ratowniczo-gaśniczych PSP w ramach ćwiczeń oraz działań ratowniczo-gaśniczych. Zaprezentowano i omówiono następujące korzyści wynikające ze stosowania procedury testowania wyrobów innowacyjnych:

- ❖ ocena przydatności stosowania testowanych wyrobów w ochronie przeciwpożarowej w zakresie jego zamierzonego zastosowania,
- ❖ inspiracja producentów do innowacyjności,
- ❖ otrzymywanie informacji zwrotnej o wyrobie przed rozpoczęciem produkcji seryjnej,
- ❖ otrzymywanie informacji od testujących strażaków dla innych ratowników na temat funkcjonalności i cech testowanych wyrobów,
- ❖ doskonalenie wyrobów/rozwiązań,
- ❖ prowadzenie bazy wyrobów na stronie internetowej CNBOP-PIB.

Znakowanie wyrobów po pozytywnym zakończeniu procedury testowania wyrobów innowacyjnych:



Podczas prezentacji zidentyfikowano również aktualnie testowane wyroby tj.: płachty do kontroli pożarów samochodów, bezzałogowe statki powietrzne do wsparcia akcji ratowniczych oraz systemy komunikacji na potrzeby powiadamiania służb ratowniczych, alarmowania i ochrony ludności.

W dalszej części wystąpienia przedstawiony został przykład realizowanego procesu testowania wyrobu – hybrydowego systemu komunikacji HSR, którego przeznaczeniem jest uruchamianie syren alarmowych na potrzeby powiadamiania OSP oraz uruchamianie syren alarmowych na potrzeby alarmowania i ochrony ludności (poprzez dwa tory komunikacji w formie torów radiowych cyfrowych DMR i LoRa). Celem prowadzenia tych testów jest potwierdzenie możliwości zastosowania dwóch torów transmisji w celu zapewnienia redundancji oraz ustalenie dostępnego zasięgu komunikacji dwóch torów transmisji – w tym samym celu. Program testowania przewiduje:

- ❖ ocenę kompatybilności funkcjonalnej urządzeń,
- ❖ sprawdzenie komunikacji DMR w wybranych miejscach na terenie powiatu Otwockiego i ocena zasięgu,
- ❖ sprawdzenie komunikacji LoRa w wybranych miejscach na terenie powiatu Otwockiego i ocena zasięgu,
- ❖ sprawdzenie redundancji komunikacji radiowej DMR i LoRa.

Zgodnie z powyższym programem dokonano testów, na podstawie których otrzymano wyniki identyfikujące:

- ❖ pozytywną ocenę kompatybilności funkcjonalnej urządzeń,
- ❖ sprawdzenie komunikacji DMR w wybranych miejscach na terenie powiatu Otwockiego i ocena zasięgu – określono dostępność na poziomie 82% (maksymalny uzyskany w testach zasięg to 15,7 km dla konkretnej lokalizacji),
- ❖ sprawdzenie komunikacji LoRa w wybranych miejscach na terenie powiatu Otwockiego i ocena zasięgu – określono dostępność na poziomie 41% (maksymalny zasięg uzyskany w trakcie testów dla konkretnej lokalizacji to 10,4 km),
- ❖ potwierdzenie redundancji komunikacji radiowej DMR i LoRa w warunkach laboratoryjnych, niemniej na tym etapie testów w warunkach rzeczywistych nie uzyskano takiego potwierdzenia.

## Wnioski:

1. Nawiązanie komunikacji DMR i LoRa i jej zasięg jest uzależniony m.in. od:
  - topografii terenu,
  - stopnia zalesienia/zurbanizowania terenu,
  - obecności linii wysokiego napięcia,
  - wysokości masztów antenowych,
  - lokalnych warunków radiokomunikacyjnych.
2. Zaplanowano do końca czerwca br. wykonanie drugiej rundy testów z masztem o większej wysokości w celu potwierdzenia redundancji komunikacji DMR i LoRa dla wytypowanych lokalizacji.

## 4.1.4. Praktyczne zastosowania systemów łączności typu LORA

Na wstępie pan Grzegorz Sypek określił potrzebę, aby ochrona przeciwpożarowa była bardziej proaktywna, a nie reaktywna. Podkreślił również fakt, że legislacja niestety nadal nie nadąża za ciągłym rozwojem techniki. Zidentyfikowano, że LoRa stanowi część rozwiązań należących do grupy pod nazwą LPWAN (rodzaj bezprzewodowej rozległej sieci telekomunikacyjnej stworzonej w celu umożliwienia komunikacji na duże odległości przy niskiej przepływności i niskim poborze energii). Sama LoRa (Long Range) została zdefiniowana jako technologia bezprzewodowej transmisji danych o dużym zasięgu i niskim poborze energii oparta na wykorzystaniu techniki modulacji widma rozproszonego *Chirp Spread Spectrum* (CSS) przeznaczona domyślnie do zastosowań w systemach internetu rzeczy (IoT). Następnie przedstawiono, czym jest LoRaWAN™, opisując ją jako otwarty protokół komunikacji bezprzewodowej umożliwiający szyfrowaną komunikację dwukierunkową pomiędzy elementami infrastruktury sieci typu LPWAN bazujący na modulacji LoRa. W następnej części omówiono topologię sieci LoRa, identyfikując podział na cztery poziomy: elementy końcowe (węzły), bramki (stacje bazowe), serwery sieciowe oraz serwery aplikacji. Poszczególne elementy zostały zidentyfikowane jako:

- ❖ elementy końcowe (węzły) – urządzenia składające się z czujnika/modułu IO oraz modułu radiowego służącego do konwersji danych na sygnał radiowy np. czujki dymu, krańcowe, czujniki drgań itp.,
- ❖ bramki (stacje bazowe) – urządzenia odbierające sygnały nadawane przez węzły za pośrednictwem bezprzewodowego protokołu komunikacji LoRaWAN™,
- ❖ serwer sieciowy – urządzenia odpowiedzialne za komunikację czyli odbieranie, wysyłanie oraz szyfrowanie i deszyfrowanie danych,
- ❖ serwer aplikacji – urządzenie odpowiedzialne za przetwarzanie danych oraz wykonywanie konkretnych operacji, działające w oparciu o prywatne lub publiczne chmury.

Przedstawiono również najważniejsze zalety technologii LoRa, identyfikując takie elementy jak: niezawodność, skalowalność, redundantność, adaptacyjność, odporność na zakłócenia, niski pobór mocy, duży zasięg, dwukierunkowa komunikacja, bezpieczeństwo danych oraz duża liczba punktów końcowych. Na zakończenie prelekcji zaprezentowano przykłady praktycznego zastosowania technologii LoRa w zakresie:

- ❖ systemów alarmowania i ostrzegania ludności,
- ❖ wykrywania pożaru (czujki dymu),
- ❖ monitoringu położenia drzwi i brak przeciwpożarowych (czujki krańcowe),
- ❖ wykrywania zalania pomieszczeń i ochrona przeciwpowodziowa,
- ❖ wykrywania pożarów lasów (temperatura, wilgotność, stężenie H<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>, CO),
- ❖ pomiaru wysokości opadu atmosferycznego i grubości pokrywy śnieżnej,
- ❖ monitoringu jakości powietrza,
- ❖ obsłudze imprez masowych np. licznik osób,
- ❖ zarządzania gospodarką odpadami, oświetleniem ulicznym i infrastrukturą parkingową.

### 4.1.5. Rozwój systemów powiadamiania i ostrzegania

Pan Krzysztof Baranowski rozpoczął swoją prelekcję od zaprezentowania informacji w zakresie działalności firmy Digitex, podkreślając pracę z wykorzystaniem wielu technologii transmisyjnych m.in.: NXDN, DMR, TETRA, IP (VPN) oraz GSM w 20 różnych krajach. W kolejnej części omówione zostały systemy selektywnego powiadamiania na terenie kraju. Zidentyfikowano, że na dzień dzisiejszy najpopularniejszym systemem stosowanym przez straż pożarną jest analogowy system selektywnego alarmowania DSP-50 (zainstalowanych jest ponad 10 tysięcy urządzeń w Polsce). Jest to system analogowy, którego użytkowanie zostało zapoczątkowane w 1995 roku i który pomimo pewnych ograniczeń stanowił odpowiedź na potrzeby z ubiegłych lat. Niemniej, z uwagi na nowo powstające potrzeby, rozpoczęto prace nad cyfrowym odpowiednikiem wspomnianego systemu selektywnego alarmowania. Dodatkowo zaprezentowano nowoczesne rozwiązania stosowane w obecnych instalacjach uwzględniające zasilanie hybrydowe, uniwersalne sterowniki syren oraz integracje z technologią LoRa.

## 4.1.6. Nowoczesne rozwiązania dla bezpieczeństwa mienia użytkowników na przykładzie urządzenia GRAND VERTICAL PARKING

Pan Marcin Karkut rozpoczął prelekcję od przybliżenia, czym jest Grand Vertical Parking, klasyfikując go jako urządzenie o stałym fundamencie wymagającym uzyskania pozwolenia na budowę i odbioru, niemniej podkreślając swoją opinię, że nie jest to obiekt budowlany. Cała konstrukcja urządzenia jest mobilna (kotwiona konstrukcja z możliwością demontażu) oraz posiada dopuszczenie do użytkowania wydane przez Urząd Dozoru Technicznego. Określono, że zasada działania parkingu opiera się o pracę rotacyjną na zasadzie pionowej karuzeli. W dalszej części prelekcji zidentyfikowano zarówno zalety urządzenia, jak i stosowane mechanizmy bezpieczeństwa – oba te elementy zostały wskazane poniżej.

Zalety Grand Vertical Parking:

- ❖ polski produkt i autorska technologia produkcji oparta na wieloletnich pracach badawczo-rozwojowych,
- ❖ opatentowane rozwiązania m.in. w zakresie bezpieczeństwa i predykcji zdarzeń awaryjnych,
- ❖ modułowość konstrukcji umożliwiającą zestawianie maszyn płaszczyznami bocznymi lub tylnymi i wspólnej obudowy i sterowania,
- ❖ uniwersalność architektoniczna („ogranicza nas tylko wyobraźnia”),
- ❖ różne modele urządzenia – możliwość zaparkowania od 6 do 16 aut.

Mechanizmy bezpieczeństwa Grand Vertical Parking:

### 1. Mechanizmy bezpieczeństwa:

- systemy detekcji przeszkód zapobiegające kolizjom,
- czujniki wykrywające obecność pojazdów i osób na platformach,
- automatyczne blokady zabezpieczające pojazdy podczas parkowania,

### 2. Monitoring i zarządzanie:

- całodobowy monitoring wizyjny systemu,
- system alarmowy w przypadku wykrycia nieprawidłowości,
- regularne przeglądy techniczne i konserwacja systemu,

### 3. Różne warianty pracy urządzenia:

- tryb oczekiwania,
- tryb pełnej zajętości miejsc,
- tryb strażaka – automatyczne przemieszczenie płonącego pojazdu na samą górę lub dół urządzenia (w zależności od potrzeb akcji gaśniczej).

## 4.1.7. Wybrane metody gaszenia pożarów samochodów elektrycznych

Pan Dariusz Stachlewski rozpoczął prezentację od stwierdzenia, że konieczne jest zidentyfikowanie problemu w celu jego skutecznego rozwiązania. Na podstawie prowadzonych analiz udało się określić główne przyczyny

problematyki gaszenia samochodów elektrycznych oraz akumulatorów litowo-jonowych. Ustalone problemy zostały przedstawione w siedmiu punktach jak poniżej:

1. Pożar samochodu lub fizyczne uszkodzenie akumulatora w trakcie wypadku inicjuje wewnątrz akumulatorów reakcję fizyko-chemiczną prowadzącą do samo podgrzewania akumulatora i intensywnego rozwoju pożaru.
2. Proces samopodgrzewania wewnątrz akumulatorów może rozpocząć się nawet do 72 h po wypadku/ czy po zgaszeniu pożaru samochodu.
3. Akumulatory są trudno dostępne i zabudowane. Lanie wody na obudowę nie może zatrzymać procesu podgrzewania wewnątrz akumulatorów.
4. Akumulatory wytwarzają prąd o napięciu do 1000 Volt.
5. Przebicie się do środka dotychczasowymi narzędziami jest zbyt groźne dla ratowników i może wywołać łuk elektryczny i rozgorzenie.
6. Palące się akumulatory wytwarzają temperaturę do 1000°C, co naraża na całkowite zniszczenie objętego pożarem pojazdu oraz oddziaływanie na obiekty znajdujące się w pobliżu (np. w garażach, na parkingach, czy wąskich ulicach).
7. Ogromne zagrożenie stwarzane podczas transportu kolejowego czy morskiego.

W dalszej części prelekcji zaprezentowano nowe rozwiązanie CutLanca, które stanowi połączenie funkcji cięcia i gaszenia. CutLanca umożliwia także dezaktywację akumulatorów litowo-jonowych. CutLanca według badań i raportu z polskiego Instytutu Energetyki może bezpiecznie podawać mgłę na urządzenia pod wysokim napięciem do 265 kV. Wskazano oraz omówiono zalety proponowanego rozwiązania, identyfikując poniższe aspekty:

- ❖ strumień mgły ekranuje promieniowanie termiczne,
- ❖ przemiana fazowa wody w parę chłodzi gazy pożarowe,
- ❖ tnie i przebija się przez każdy materiał,
- ❖ gasi pożar wewnątrz pozwalając operować z bezpiecznej pozycji poza strefą zagrożenia,
- ❖ para wodna inertyzuje mieszaninę palnych gazów.

W dalszej części prelekcji przedstawiono kilka rekomendowanych metod w zakresie gaszenia pojazdów elektrycznych w sytuacji, gdy akumulator już się pali:

1. Przebicie się mgłą wodną ze ścierniwem poprzez konstrukcję pojazdu i obudowę akumulatorów (czas: kilkanaście sekund). Następnie strumień mgły pod ciśnieniem penetruje i wypłukuje poszczególne przestrzenie oraz ogniwa akumulatora (każde ogniwo musi zostać spenetrowane i wypłukane). Następuje całkowite schłodzenie wnętrza ogniwa i całkowite przerwanie procesu spalania oraz następuje przerwanie reakcji fizyko-chemicznej poprzez wypłukanie wnętrza poszczególnych ogniwa oraz neutralizację mieszaniny palnej. Na koniec pozostaje dogaszenie tłących się elementów pojazdu, jeśli jest to konieczne.

2. Pożar pojazdu elektrycznego należy podzielić na dwie części:
  - pożar wyposażenia samochodu (tak jak każdego innego pojazdu),
  - oraz pożar AKUMULATORA.
3. Samochód należy gasić tak, jak każdy inny samochód. Należy zorientować się, gdzie umieszczono akumulator i jak najszybciej wykonać pierwsze przebicie do wnętrza strumieniem mgły wodnej (wykorzystanie stałej przeszkody, takiej jak drzwi czy pokrywa bagażnika, można także przebić się przez podłogę, aby nie znaleźć się na drodze ewentualnego wyrzutu zapalonych gazów). Należy przebić się do wnętrza akumulatora, spenetrować i wypłukać każde ogniwo, co spowoduje przerwanie reakcji fizykochemicznej i zapewni całkowite przerwanie procesu samonagrzewania. Na koniec pozostanie tylko dogaszenie tłących się elementów pojazdu, jeśli trzeba.

W trakcie prelekcji zidentyfikowano również problemy występujące przy gaszeniu magnezu oraz zarekomendowano odpowiednią metodę gaszenia w postaci podania mgły wodnej tak, aby do części wykonanych z magnezu docierała tylko para wodna (należy przy tym pamiętać, że może odparować aż 98% wody). Zarekomendowano także, aby korzystać tylko z rykoszetów, celując mgłą wodną na elementy metalowe w takim kierunku, aby wytworzona para docierała do części z magnezu.

Na zakończenie zidentyfikowano, że CutLanca posiada pozytywny raport z badań Instytutu Energetyki (Zakładu Wysokich Napięć) potwierdzający bezpieczne podawanie strumienia mgły wodnej na urządzenia pod wysokim napięciem, co pozwala zminimalizować zagrożenie (od prądu) podczas akcji gaszenia urządzeń, maszyn i pojazdów elektrycznych (badania wykonano wg normy PN-EN 3-7+A1:2008). CutLanca umożliwia także skuteczną dezaktywację akumulatorów litowo-jonowych.

#### **4.1.8. Systemy wczesnej detekcji i tłumienia pożarów pojazdów elektrycznych oraz magazynów energii, oparte na istniejącej infrastrukturze wodnej w garażach i domkach jednorodzinnych**

Pan Dariusz Kot na wstępie zaznaczył, że przedstawiane rozwiązanie obejmuje czynności zmierzające do tłumienia pożarów w pojazdach elektrycznych i magazynach energii, przy czym na potrzeby prowadzonej prelekcji skupiona zostanie uwaga głównie na obiektach garażowych. Zidentyfikowano, że dużym problemem w sytuacji pożaru w garażu jest trudność podejścia do zdarzenia z uwagi na bardzo wysoką temperaturę, w związku z czym ważne, aby próbować stłumić ten pożar w zarodku, zanim dojdzie do jego rozwinięcia. Jako jeden z dokumentów, który identyfikuje ryzyka dotycząca ładowania samochodów elektryczne w garażach wskazano *Wytyczne CNBOP-PIB w zakresie ochrony przeciwpożarowej garaży w obiektach budowlanych, przeznaczonych do ładowania samochodów elektrycznych i hybrydowych plug-in*. W wytycznych tych zawarto rekomendacje w zakresie ochrony każdego punktu i stanowiska do ładowania przez SUG z zapasem środka gaśniczego

pozwalającego na kontrolę pożaru przez co najmniej 30 min, oraz ograniczania rozprzestrzeniania się pożaru na pojazdy na sąsiednich stanowiskach przez co najmniej 30 minut (niewymagane w przypadku ochrony przez SUG).

Wskazano, że zgodnie z przepisami inwestor jest zobligowany, aby zapewnić właściwą ochronę przeciwpożarową w budynkach, zgodnie z zapisami Rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. Zgodnie z zapisami § 19.2. Hydranty 33 muszą być stosowane w garażu:

- 1) jednokondygnacyjnym zamkniętym o więcej niż 10 stanowiskach postojowych,
- 2) wielokondygnacyjnym.

Minimalna wydajność poboru wody mierzona na wylocie prądownicy wynosi:

- 1) dla hydrantu 25 – 1,0 dm<sup>3</sup>/s,
- 2) dla hydrantu 33 – 1,5 dm<sup>3</sup>/s (ok. 5400 l/h) – 90 l/min,
- 3) dla hydrantu 52 – 2,5 dm<sup>3</sup>/s (ok. 9000 l/h – 150 l/min).

Instalacja wodociągowa przeciwpożarowa powinna zapewniać możliwość jednoczesnego poboru wody przez 60 minut na jednej kondygnacji budynku lub w jednej strefie pożarowej z dwóch sąsiednich hydrantów wewnętrznych lub dwóch sąsiednich zaworów 52.

W trakcie prelekcji wskazano, że firma GRAS na potrzeby tworzenia instalacji zraszaczowej i-Sprink wykorzystuje hydranty wewnątrz DN33, które muszą być dostępne w obiekcie z uwagi na wcześniej przytoczony przepis. System ten jest natomiast wykorzystywany do wczesnej detekcji i lokalizacji pożaru oraz służy do tłumienia i kontroli pożaru we wczesnej jego fazie, zapobiegając przenoszeniu się ognia na inne pojazdy.

Na zakończenie przedstawiono także rozwiązania i-Sprink home przeznaczone do wczesnej detekcji i automatycznego gaszenia pożaru pojazdów elektrycznych i magazynów energii w domach jednorodzinnych, a także urządzeń UTO (urządzenia transportu osobistego). Wskazano elementy składowe tego systemu, identyfikując takie komponenty jak:

- ❖ hydrant wewnętrzny HWG-19 GRAS,
- ❖ zawór kulowy z siłownikiem,
- ❖ instalacja zraszaczowa,
- ❖ zraszacze wiszące,
- ❖ wskaźnik miejsca pożaru,
- ❖ czujka dymu/ciepła,
- ❖ sygnalizator akustyczno-optyczny,
- ❖ zasilacz z utrzymaniem baterijnym.



Jako zalety systemu i-Sprink home zidentyfikowano bezzwłoczne wykrywanie zagrożenia pożarowego, automatyczne lub ręczne załączenie instalacji, monitoring wizyjny, dostępną aplikację kliencką oraz zapewnienie bezpieczeństwa dwadzieścia cztery godziny na dobę siedem dni w tygodniu.

## 4.2. Sesja druga

W trakcie drugiej sesji moderowanej przez specjalistę Działu Prac Studialnych i Projektów Naukowych CNBOP-PIB pana dr inż. Jarosława Tępińskiego poruszone zostały kwestie związane z:

- 1) zależnościami przyczynowo-skutkowymi awarii baterii elektrycznych – prelekcja pana dr inż. Jarosława Tępińskiego, specjalisty Działu Prac Studialnych i Projektów Naukowych CNBOP-PIB;
- 2) zagrożeniami toksycznymi przy pożarach akumulatorów – prelekcja pana st. bryg. w st. sp. Pawła Rochali;
- 3) metodykami gaszenia baterii w warunkach laboratoryjnych przy użyciu różnych środków gaśniczych – prelekcja pana inż. Piotra Mortki, specjalisty Zespołu Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych CNBOP-PIB.

### 4.2.1. Zależności przyczynowo-skutkowe awarii baterii elektrycznych

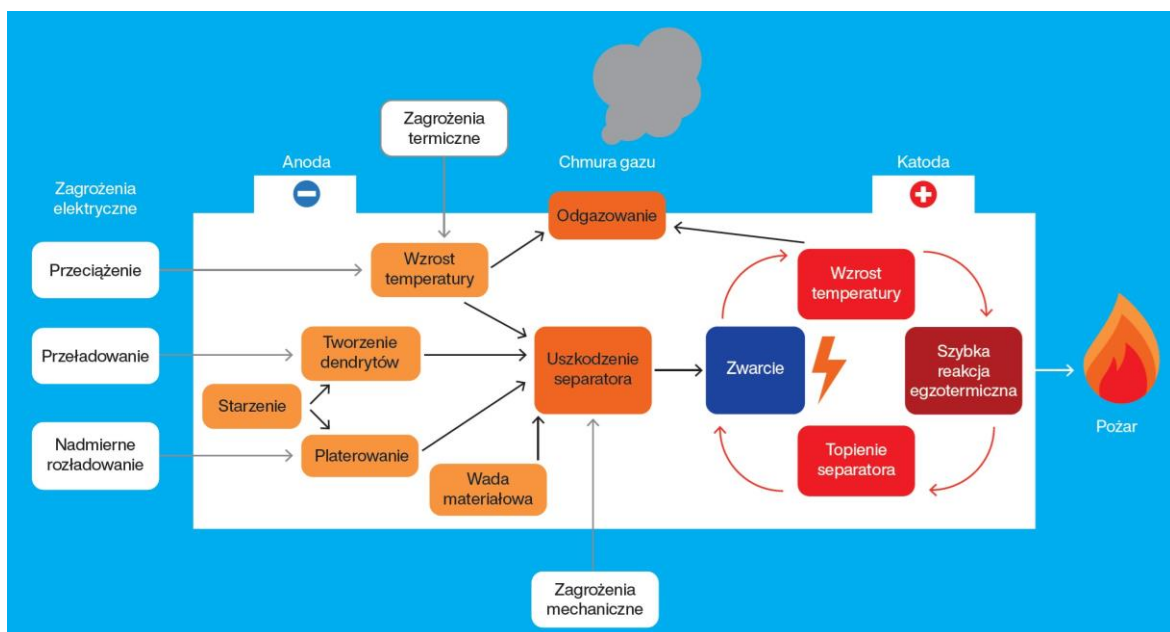
Swoje wystąpienie pan Jarosław Tępiński rozpoczął od podkreślenia, że bezpieczne korzystanie z baterii wymaga utrzymania ich ogniw w określonym przedziale napięcia i temperatury. Dodał także, że pod względem bezpieczeństwa jednym z kluczowych etapów użytkowania baterii jest proces ich ładowania.

Omówione zostały przyczyny, które mogą doprowadzić do awarii baterii, w tym:

- ❖ wewnętrzne wady produkcyjne (materiałowe, konstrukcyjne, montażowe, obecność zanieczyszczeń),
- ❖ uszkodzenie mechaniczne baterii (np. zmiżdżenie, wnikanie ciał stałych),
- ❖ termiczne:
  - oddziaływanie wysokich temperatur zewnętrznych,
  - ekspozycja na płomień,
  - oddziaływanie ciepła pochodzącego z sąsiednich ogniw,
- ❖ elektryczne:
  - zwarcie,
  - przeładowanie / nadmierne rozładowanie,
  - przeciążenie,
  - przepięcie.
- ❖ zmiana właściwości użytkowych materiałów konstrukcyjnych pod wpływem czasu.

Oddziaływanie powyższych czynników może doprowadzić do podwyższenia temperatury w pojedynczym ogniwie lub obszarze baterii. W wyniku przegrzania baterii następuje jej awaria.

W trakcie prelekcji omówiono również separator jako jeden z kluczowych elementów zabezpieczających ogniwa baterii. Jego zadaniem jest zapewnienie odizolowania od siebie elektrod. Opisano, iż w wyniku oddziaływania wysokich temperatur wewnątrz ogniwa następuje topienie się lub odkształcanie separatora i w ten sposób tworzenie fizycznej bariery blokującej zachodzące w ogniwie reakcje, co zapobiega dalszemu wzrostowi temperatury.



**Ryc. 1.** Zależności przyczynowo-skutkowe prowadzące do awarii ogniwa baterii

**Źródło:** Opracowanie dr inż. Jarosław Tępiński, materiał z konferencji pt. „Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów ładowania, rozwiązań inteligentnego domu”, CNBOP-PIB, Józefów 12.06.2024.

Następnie przedstawiono pięć głównych zagrożeń powodowanych przez baterię, tj.:

- ❖ pożar:
  - powstały w wyniku awarii baterii,
  - obejmujący swoim zasięgiem baterię,
- ❖ porażenie prądem elektrycznym, w następstwie:
  - uszkodzenia mechanicznego baterii,
  - uszkodzenia baterii wskutek przeladowania, nadmiernego rozładowania lub przeciążenia,
  - zewnętrznych oddziaływań termicznych,
  - w wyniku wewnętrznych wad, zmian właściwości użytkowych materiałów konstrukcyjnych baterii,
- ❖ wnikanie przez drogi oddechowe toksycznych produktów spalania oraz związków wydzielanych w stanach awaryjnych baterii,
- ❖ kontakt skóry ze środkami chemicznymi wydzielanymi podczas awarii baterii,
- ❖ wybuch wodoru powstałego w wyniku reakcji chemicznych zachodzących podczas awarii baterii.

Istotna jest także możliwość identyfikacji uszkodzenia baterii. W związku z powyższym przedstawiono oznaki, które mogą wskazywać na jej nieprawidłowe działanie, tj.:

- ❖ komunikaty o uszkodzeniu baterii,
- ❖ wzrost temperatury na powierzchni baterii,
- ❖ deformacja obudowy baterii,
- ❖ otwarcie konstrukcyjnych zaworów nadmiarowych,
- ❖ wydobywające się z baterii opary gazu o białym lub białoszarym zabarwieniu,
- ❖ iskrzenie,
- ❖ wydobywające się z baterii dźwięki (w postaci trzasków, syczenia, bulgotania, popiskiwania),
- ❖ zapach spalenizny,
- ❖ wydobywający się z baterii dym o zabarwieniu ciemnym lub czarnym,
- ❖ płomienie, w tym strumieniowe (ang. *jet flames*) wydobywające się z baterii.

Na zakończenie prelekcji przedstawiono również, jakie zagrożenia występują dla obiektów budowlanych, w których zastosowane zostały baterie elektryczne. Na podstawie analizy zidentyfikowano następujące zagrożenia:

1. Pożar baterii, ze względu na uwalnianie dużych ilości gazów łatwopalnych, charakteryzuje się dużą dynamiką rozwoju.
2. Niebezpieczeństwo stanowią toksyczne i żrące związki chemiczne uwalniane w procesie awarii baterii, które stają się szczególnie groźne, gdy dopuści się do ich magazynowania w zamkniętych przestrzeniach.
3. Możliwe jest wydzielanie dużej ilości dymu, który może istotnie utrudniać lub wręcz uniemożliwiać ewakuację oraz bezpośredni dostęp ekip ratowniczych. W konsekwencji może doprowadzić to do istotnego wzrostu temperatury i dalszego rozwoju pożaru, co może spowodować nawet uszkodzenie konstrukcji budynku.
4. Po ugaszeniu pożaru baterii możliwy jest ponowny samozapłon rozgrzanych ogniw.

### 4.2.2. Zagrożenia toksyczne przy pożarach akumulatorów

Na wstępie Pan Paweł Rochala przypomniał, że zasada działania ogniwa galwanicznego ciągle jest ta sama od ponad 150 lat i sprowadza się do zależności: anoda + elektrolit + katoda = prąd. Omówiono także fakt, iż użytkowanie akumulatorów ma skutek w postaci ich nagrzewania, co w przypadku dużych urządzeń bywa nie samą tylko stratą energii, jak w niewielkim akumulatorze laptopa lub wkrętarki, lecz czynnikiem awaryjnym. Każde ogniwo ma bowiem krytyczną temperaturę pracy, po przekroczeniu której może dojść do niekontrolowanego samonagrzewania chemicznego. Akumulatory muszą być więc chłodzone, a im są większe, tym bardziej starannie, gdyż awaria chłodzenia grozi gwałtowną reakcją egzotermiczną.

W trakcie prelekcji stwierdzono, że ciężko mówić o możliwości ugaszenia płonącego akumulatora, natomiast prowadzone działania gaśnicze najczęściej zmirzają do:

- ❖ izolacji termicznej otoczenia miejsca reakcji w celu uniknięcia efektu domina (katastrofy ekologicznej przy akumulatorach gigantycznych),
- ❖ „kontrolowanym” wypaleniem akumulatora i rozcieńczeniem trucizn przez wentylację lub wiatr do stężeń „akceptowalnych”, tj. niemożliwych do sprawdzenia przez przeciętnego konsumenta powietrza.

Przedstawiono i omówiono kilka substancji chemicznych wydobywających się w trakcie rozkładu termicznego akumulatorów. Zidentyfikowano występowanie takich związków jak: fluorowodór (HF), chlorowodór (HCl), bromowodór (HBr), Lit (Li), aluminium (Al), kadm (Cd), kobalt (Co), chrom (Cr), miedź (Cu), magnez (Mn), nikiel (Ni), ołów (Pb), cynk (Zn), fluorek (F<sup>-</sup>), chlorek (Cl<sup>-</sup>), bromek (Br<sup>-</sup>). Większość pierwiastków i substancji składowych akumulatorów, jak i produkty ich spalania od dawna posiada karty charakterystyk substancji niebezpiecznych. W związku z powyższym stwierdzono, że po przeprowadzonej akcji gaszenia obowiązkowo powinna być prowadzona dekontaminacja ludzi i sprzętu.

Na zakończenie prelekcji przedstawione zostały wnioski w zakresie zagrożeń toksycznych przy pożarach akumulatorów:

1. Producenci i dystrybutorzy akumulatorów powinni deklarować ich właściwości pożarowe, w tym również dymotwórczość i toksykologię, z uwzględnieniem ilości poszczególnych składników dymu.
2. Deklaracje producentów i dystrybutorów akumulatorów powinny być weryfikowane przez strony trzecie, w tym wykonywane powinny być badania starzeniowe. Dopiero po takim sprawdzeniu akumulatory powinny być dopuszczone do obrotu. Badania należy kontrolnie powtarzać, nadzorując wyroby stosowane na rynku.
3. Należy rozważyć granicę wielkości akumulatora (dymotwórczość i/lub masa), powyżej której jego stosowanie możliwe będzie wyłącznie w wydzielonych pożarowo akumulatoriach.
4. Należy określić zasady przeglądów i konserwacji i okresy użytkowania akumulatorów.
5. Każdy akumulator powinien posiadać tabliczkę znamionową z następującymi informacjami: składniki, nr świadectwa bezpieczeństwa krajowego instytutu badawczego, podstawowe zasady bezpiecznego użytkowania, temperatura krytyczna rozkładu termicznego. Dodatkowo powinien być wyposażony w ulotkę informacyjną o właściwościach niebezpiecznych substancji składowych i rozkładu termicznego, instrukcję wykluczeń stosowania i postępowania na wypadek awarii.
6. Na podstawie światowych doświadczeń możemy z góry wykluczyć stosowanie niektórych typów akumulatorów w danych aplikacjach (np. domowych, garażowych czy przemysłowych) ze względu na niską temperaturę rozbiegania termicznego.
7. Kwestia utylizacji zużytych akumulatorów wymaga rozważenia zawczasu. Brak w zasięgu krajowym bezpiecznej technologii powinien skłaniać do opóźnienia decyzji wdrażających ich masowo

i wielkoskalowe stosowanie. Warto przy tym prześledzić skuteczny opór społeczny, na jaki napotykały w Polsce tego rodzaju zakłady.

8. Procedury działań ratowniczo-gaśniczych pożarów z udziałem akumulatorów powinny uwzględniać natychmiastową dekontaminację ludzi i sprzętu.
9. W przypadku pożarów dużych akumulatorów działania w ich pobliżu powinno się prowadzić w ubraniach gazoszczelnych.

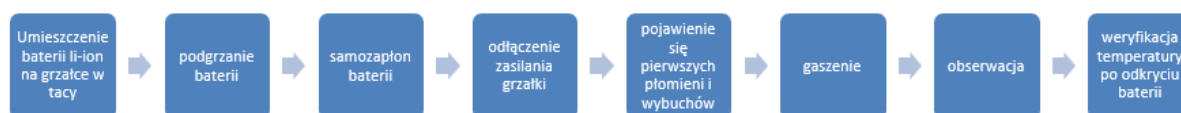
### 4.2.3. Metodyki gaszenia baterii w warunkach laboratoryjnych przy użyciu różnych środków gaśniczych

Pan Piotr Mortka zidentyfikował na początku prelekcji, iż pożary akumulatorów litowo-jonowych są codziennością, natomiast właściwości spalania takiego akumulatora nadal nie są zbyt dobrze znane. Dotąd nie opracowano skutecznej metody, która pozwoliłaby na ugaszenie pożaru w krótkim czasie, a działania skupiają się obecnie na minimalizacji skutków lub próbach zminimalizowania wykorzystania wody podczas akcji gaśniczej. W związku z powyższym ciągle istnieje potrzeba szukania nowych rozwiązań technicznych i taktycznych w celu optymalizacji procedur prowadzących do bardziej efektywnych działań służb. Na tej podstawie podjęto działania w CNBOP-PIB zmierzające do przeprowadzenia stosownych badań w celu znalezienia alternatywnego sposobu gaszenia pożarów baterii litowo-jonowych za pomocą środków tanich i łatwo dostępnych. W niniejszej pracy skupiono się na wybranych środkach gaśniczych do gaszenia pożarów baterii Li-Ion, tj. sorbent z wermikulitem, piasek kwarcowy oraz dedykowany do tego celu granulata.

Wskazano, iż w trakcie realizacji procesu badawczego wykorzystano następujące przyrządy pomiarowe:

- ❖ termopary płaszczowe typu K przystosowane do temperatur do 1200°C,
- ❖ pirometr ThermoSpot-Vision marki Laserliner o zakresie wskazań od -15°C do +500°C,
- ❖ kamera, aparat fotograficzny,
- ❖ sekundomierz,
- ❖ aspiratory indywidualne typu Gil Air 3,
- ❖ przepływomierz do gazów Gilibrator 2, rurki sorpcyjne z żywicą XAD-2,
- ❖ chromatograf gazowy Shimadzu QC 2010SE zaopatrzony w kolumnę Zebron ZB-5 30 m 0,25 mm ID 20 µm 340°C.

W następnej części prelekcji omówiony został przebieg badania skuteczności gaśniczej weryfikowanych środków gaśniczych, który został również zobrazowany na poniższej rycinie.



**Ryc. 2.** Przebieg oceny skuteczności gaśniczej zastosowanych środków gaśniczych

**Źródło:** opracowanie inż. Piotr Mortka, mgr Piotr Stojek, mgr Tomasz Lutoborski, mgr Justyna Gniazdowska, materiał z konferencji pt. „Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów ładowania, rozwiązań inteligentnego domu”, CNBOP-PIB, Józefów 12.06.2024.

Ponadto przeprowadzono badania fizykochemiczne, których metodyka obejmowała w przypadku pyłów pobór próbek powietrza w strefie pożaru z użyciem aspiratorów indywidualnych na filtry membranowe z estrów celulozy, a następnie analizę wagową. W przypadku WWA metodyka polegała na pobieraniu próbek z użyciem aspiratorów indywidualnych na rurki z żywicą syntetyczną typu XAD-2, a następnie desorpcji próbek heksanem, zateżnienie próbki w strumieniu gazu obojętnego (azotu), a następnie analizę chromatograficzną.

Wyniki z przeprowadzonych badań zostały opisane przez pana Mortkę na podstawie otrzymanych danych, zaprezentowanych w poniższej tabeli.

**Tabela 1.** Wyniki badań – ocena skuteczności gaśniczej

Nr testu	Wykorzystany środek do gaszenia	Pożar ugaszono [TAK/NIE]	Temperatura pogorzeliska [°C]	Obserwacje i spostrzeżenia
1	Piasek kwarcowy	TAK	<100	Po zasypaniu płomień natychmiast zgasł. Słychać było wybuchy wewnątrz tacy. Nie odnotowano dymu. Po odkryciu baterii brak śladów żaru. Piasek najlepiej poradził sobie z odbiorem ciepła.
2	Sorbent z wermikulitem	TAK	< 180	Po szczelnym obsypaniu baterii płomień natychmiast zgasł. Słychać było wybuchy wewnątrz tacy. Zanotowano znikome uwalanie się dymu. Po odkryciu baterii brak śladów żaru.
3	Granulat gaśniczy	TAK	< 500	Po szczelnym obsypaniu baterii płomień natychmiast zgasł. Słychać było wybuchy wewnątrz tacy. Zanotowano intensywne uwalanie się dymu. Po odkryciu baterii zauważono liczne skupiska żaru.

**Źródło:** opracowanie inż. Piotr Mortka, mgr Piotr Stojek, mgr Tomasz Lutoborski, mgr Justyna Gniazdowska, materiał z konferencji pt. „Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów ładowania, rozwiązań inteligentnego domu”, CNBOP-PIB, Józefów 12.06.2024.

Następnie, w wyniku przeprowadzonych analiz, stwierdzono, że stężenie frakcji wdychanej pyłu całkowitego, który może być sklasyfikowany jako pył sadzy oraz węglowodorów z grupy wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) kształtowały się następująco (zob. tab. 2).

**Tabela 2.** Wyniki badań – analiza chromatograficzna

Substancja szkodliwa	Stężenie frakcji wdychalnej [mg/m <sup>3</sup> ]		
	Piasek kwarcowy	Sorbent z wermikulitem	Granulat gaśniczy
Pył sadzy	2,77	3,13	2,25
Naftalen	0,0651	0,1353	0,0343
Acenaftylen	0,0198	0,0296	0,0103
Acenaften	0,0004	0,0008	0,0004
Fluoren	0,0046	0,0096	0,0037
Fenantren	0,0096	0,0161	0,0057
Antracen	0,0013	0,0027	0,0009
Fluoroanten	0,0011	0,0035	0,0024
Piren	0,0006	0,0023	0,0019
Benzo(a)antracen	< 0,0001	0,0003	0,0005
Chryzen	< 0,0001	0,0002	0,0005
Benzo(k)fluoroanten	0,0001	0,0003	0,0003
Benzo(b)fluoroanten	0,0001	0,0003	0,0003
benzo(a)piren	< 0,0001	0,0002	0,0003
Indeno(1,2,3-cd)piren	< 0,0001	0,0002	0,0002
Dibenzo(a,h)antracen	< 0,0001	0,0002	0,0001
Benzeno(g,h,i)perylene	< 0,0001	0,0001	< 0,0001
SUMA WWA	0,103	0,202	0,062
Krotność NDS Pyły sadzy	<b>0,69</b>	<b>0,78</b>	<b>0,56</b>
Krotność NDS WWA	<b>0,02</b>	<b>0,70</b>	<b>0,52</b>

**Źródło:** opracowanie inż. Piotr Mortka, mgr Piotr Stojek, mgr Tomasz Lutoborski, mgr Justyna Gniazdowska, materiał z konferencji pt. „Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów ładowania, rozwiązań inteligentnego domu”, CNBOP-PIB, Józefów 12.06.2024.

W wyniku przeprowadzonych analiz stwierdzono, że stężenie WWA w pozostałościach środka gaśniczego pobranych z wnętrza pogorzelniska kształtowały się następująco (zob. tab. 3).

**Tabela 3.** Wyniki badań – analiza chromatograficzna

Substancja szkodliwa	Stężenie WWA w pozostałościach środka gaśniczego [µg/g]		
	Piasek kwarcowy	Sorbent z wermikulitem	Granulat gaśniczy
Naftalen	0,078	0,833	10,50
Acenaftylen	0,040	0,000	2,97
Acenaften	0,011	0,066	0,89
Fluoren	0,000	0,275	27,87
Fenantren	0,159	2,453	66,24
Antracen	0,158	0,436	14,41
Fluoroanten	0,071	0,000	10,82
Piren	0,101	2,202	8,32
Benzo(a)antracen	0,000	0,790	1,94
Chryzen	0,007	1,602	3,92
Benzo(k)fluoroanten	0,000	0,000	0,96
Benzo(b)fluoroanten	0,000	0,000	0,96
benzo(a)piren	0,000	0,091	0,33
Indeno(1,2,3-cd)piren	0,002	0,063	0,17
Dibenzo(a,h)antracen	0,002	0,049	0,13
Benzeno(g,h,i)perylene	0,002	0,043	0,09
SUMA WWA	0,631	8,902	150,52

**Źródło:** opracowanie inż. Piotr Mortka, mgr Piotr Stojek, mgr Tomasz Lutoborski, mgr Justyna Gniazdowska, materiał z konferencji pt. „Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów ładowania, rozwiązań inteligentnego domu”, CNBOP-PIB, Józefów 12.06.2024.

Na zakończenie prelekcji omówiono przeprowadzone testy skuteczności gaśniczej, które wykazały, że najlepszym z przebadanych środków gaśniczych jest piasek kwarcowy. Drobne ziarenka szczelnie przykryły baterię, co pozwoliło na najszybsze ugaszenie pożaru w tych badaniach i ograniczenie wytwarzania się niektórych substancji toksycznych. Z materiałów wykorzystanych do badań piasek jest również najłatwiej poddać procesowi dekontaminacji. Gęste upakowanie i polarny charakter wiązań Si-O zapewnia zwartą hydrofilową powierzchnię, która nie pozwala na odkładanie się WWA w sieci krystalicznej, jak również nie sprzyja odkładaniu się WWA na powierzchni ziaren, ułatwiając proces ekstrakcji tych związków z ziaren. Piasek kwarcowy, który wykorzystuje się jako kruszywo budowlane, po zanieczyszczeniu, np. po przeprowadzonym gaszeniu, można wykorzystać w procesie produkcji asfaltobetonów, co i tak wiązałoby się z jego zanieczyszczeniem związkami z grupy WWA powstającymi w procesach wytwarzania tych asfaltów. Niezależnie zidentyfikowano, że sorbent z wermikulitem szczelnie pokrył palącą się baterię, co jak w przypadku piasku kwarcowego, pozwoliło na ugaszenie pożaru, natomiast w trakcie trwania procesu spod jego warstwy wydobywała się znaczna ilość substancji toksycznych.

Najmniej skutecznym środkiem zastosowanym podczas pożarów testowych okazał się granulata gaśniczy. Czas i temperatura niezbędne do stopienia granulatu i wytworzenia warstwy izolującej ogniwo spowodowały uwolnienie do pozostałości środka gaśniczego największej ilości zanieczyszczeń. Efekt ten może być jednak mniej istotny w przypadku bardziej rozwiniętych pożarów zachodzących w wyższych temperaturach, w których nastąpiło wcześniejsze wypalenie całej dostępnej materii organicznej.

### 4.3. Sesja trzecia

W trakcie trzeciej sesji, moderowanej przez Zastępcę Kierownika Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej CNBOP-PIB pana dr. inż. Tomasza Popielarczyka, poruszone zostały kwestie związane z:

- 1) budową, eksploatacją bateryjnych magazynów energii oraz stosowanymi w nich zabezpieczeniami – prelekcja pana Krzysztofa Strukowicza, Prezesa Zarządu Polskiej Izby Magazynowania Energii (PIME);
- 2) zabezpieczeniami przeciwpożarowymi magazynów energii elektrycznej (przeglądem wybranych wymagań zagranicznych) – prelekcja pana st. kpt. mgr inż. Kamila Wleciała, Przedstawiciela Komendy Głównej PSP;
- 3) możliwością zastosowania baterii z pojazdu elektrycznego na domowy magazyn energii – prelekcja pana mł. bryg. mgr. inż. Wojciecha Klapsy, Kierownika Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB.



## 4.3.1. Budowa, eksploatacja oraz stosowane zabezpieczenia w bateryjnych magazynach energii

Pan Krzysztof Strukowicz przedstawił i omówił kilka przykładów zrealizowanych instalacji magazynów energii, m.in.: dwóch magazynów zabudowanych w kontenerach morskich i ustawionych na terenie z kilkunastometrową separacją między tymi kontenerami; magazyn współpracujący z kolejową siecią trakcyjną umieszczony w pomieszczeniu podstacji; magazyn w elektrowni wodnej zabudowany w głównym punkcie zasilania (GPZ) oraz magazyn energii w kontenerach betonowych współpracujących z instalacją fotowoltaiczną o mocy 500 kWp.

W trakcie prowadzonej prelekcji zaprezentowano również informacje w zakresie usług świadczonych przez magazyny energii, tj.:

- ❖ wynagrodzenie za gotowość do dostarczenia mocy do systemu; możliwość uczestnictwa w rynku dla: magazynów *stand alone*, magazynów u odbiorcy, magazynów w połączeniu z OZE;
- ❖ realizacja mocy bilansujących za pośrednictwem dostawcy usług bilansujących w trybach 15-minutowych w trybie poboru lub generacji przez magazyn *stand alone*, magazyn w połączeniu z OZE, magazyn u odbiorcy;
- ❖ interwencyjna ofertowa rezerwa mocy, w ramach której odbiorcy wynagradzani są za realizację zakupionych przez PSE ofert; polecenie redukcji poboru lub zwiększenia poboru wydane do magazynu u odbiorcy;
- ❖ usługi nie częstotliwościowe realizowane dla operatorów systemów dystrybucyjnych polegające na usuwaniu ograniczeń sieciowych i regulację napięcia;
- ❖ wykorzystywanie różnic cenowych między godzinami pozaszczytowymi oraz szczytowymi; odbiorcy z magazynami energii będą mogli wykorzystywać magazyny do optymalizacji kosztów przez taryfy dynamiczne oraz ograniczenie kosztów opłaty mocowej.

Podkreślono także, że w przypadku magazynów energii niezwykle istotne jest zabezpieczenie przed dopuszczeniem do zjawiska pożarowego z uwagi na fakt, że w przypadku wystąpienia pożaru nie da się go ugasić i należy czekać do wypalenia. Przedstawiono również różne sposoby zabezpieczenia, które zostały wskazane poniżej:

1. Zabezpieczenia układu bateryjnego:
  4. wielopoziomowy układ BMS,
  5. kontrola napięć ogniw bateryjnych,
  6. kontrola temperatur ogniw bateryjnych,
  7. kontrola prądu łańcuchów bateryjnych,
2. Zabezpieczenia toru prądowego:
  8. wysokonapięciowe stałoprądowe układy bezpiecznikowe na napięcie łańcucha bateryjnego,

9. wysokonapięciowe stałoprądowe układy stycznikowe na napięcie łańcucha bateryjnego,
10. wysokonapięciowe stałoprądowe układy wyłączników szybkich na napięcie łańcucha bateryjnego,
3. Zabezpieczenia przeciwpożarowe:
  11. wykrywanie zagrożeń pożarem,
  12. wykrywanie pożaru,
  13. separacja ogniowa,
4. Zabezpieczenia przepięciowe toru DC i AC:
  14. warystory,
  15. tyrystorowe układy zabezpieczające,
  16. iskierniki.

## 4.3.2. Zabezpieczenie przeciwpożarowe magazynów energii elektrycznej – przegląd wybranych wymagań zagranicznych

Rozpoczynając prelekcję z zakresu wybranych wymagań zagranicznych, pan Kamil Wleciał zdefiniował, czym są magazyny energii elektrycznej oraz system magazynowania energii w oparciu o zapisy prawne. Przytoczono między innymi Ustawę z dnia 10 kwietnia 1997 r. – Prawo energetyczne (Dz. U. 2024 r. poz. 266), która określa magazyn energii elektrycznej jako instalację umożliwiającą magazynowanie energii elektrycznej i wprowadzenie jej do sieci elektroenergetycznej. Przywołano także normę PN-EN IEC 62933-5-2:2020 *Systemy magazynowania energii elektrycznej (EES) – Wymagania w zakresie bezpieczeństwa dotyczące zintegrowanych z siecią systemów EES – Systemy elektrochemiczne identyfikującą*, że systemy magazynowania energii (ang. *energy storage systems* – ESS) to jedno lub więcej urządzeń (połączonych razem) zdolnych do magazynowania energii w celu dostarczenia jej w przyszłości.

W trakcie prelekcji zidentyfikowano wiele dokumentów, które mogą stanowić wiedzę techniczną w przedmiotowym zakresie, tj.:

- 1) **PN-EN IEC 62485-5:2021-08** Wymagania dotyczące bezpieczeństwa baterii wtórnych i instalacji baterii – Część 5: Bezpieczeństwo eksploatacji stacjonarnych baterii litowo-jonowych,
- 2) **PN-EN IEC 62619:2023-02** Ogniwa i baterie zawierające zasadowe lub inne niekwasowe elektrolity – Wymagania bezpieczeństwa dotyczące akumulatorów litowych i baterii mających zastosowanie w przemyśle,
- 3) **PN-EN IEC 63056:2020-12** Baterie wtórne i baterie alkaliczne lub inne z elektrolitem bezkwasowym – Wymagania bezpieczeństwa dla wtórnych ogniw litowych i baterii używanych w systemach magazynowania energii,
- 4) **PN-EN-IEC-62933-5-2:2020-07** Systemy magazynowania energii elektrycznej (EES) – Część 5-2: Wymagania w zakresie bezpieczeństwa dotyczące zintegrowanych z siecią systemów EES – Systemy elektrochemiczne,

- 5) **NFPA 855** Standard for the Installation of Stationary Energy Storage Systems (2023),
- 6) **FM Global 5-33** Electrical Energy Storage Systems, January 2017 Interim Revision January 2024,
- 7) **PGS 37-1** Lithiumhoudende energiedragers: energieopslagsystemen (EOS),
- 8) **CFA Design Guidelines and Model Requirements**: Renewable Energy Facilities, Version 4, August 2023.

Z uwagi na zakres prelekcji w dalszej części materiału prowadzący skupił się głównie na przekazywaniu szczegółowych informacji bezpośrednio w zakresie wymagań zagranicznych tj. NFPA 855, FM Global 5-33, PGS 37-1 oraz CFA Design Guidelines and Model Requirements.

Rozpoczynając od zapisów z zakresu NFPA855, przedstawiono wymagania dla magazynów energii według następującej klasyfikacji:

## 1. Wewnętrzne:

17. systemy magazynowania energii w budynkach przeznaczonych na magazyn energii,
18. ESS w budynkach o innym przeznaczeniu,

## 2. Zewnętrzne:

19. „odległe lokalizacje”: ESS zlokalizowane w odległości większej niż 30,5 m od budynków, granic działek budowlanych, dróg publicznych, składowanych materiałów łatwopalnych, materiałów niebezpiecznych, wysoko ułożonych towarów i innych zagrożeń niezwiązanych z infrastrukturą sieci elektrycznej,
20. lokalizacje w pobliżu obiektów narażonych na ekspozycję: wszystkie zewnętrzne lokalizacje ESS, które nie spełniają wymogów dotyczących „odległych lokalizacji”,
21. określone lokalizacje zewnętrzne, jak np. instalacje ESS na dachach budynków,
22. mobilne instalacje ESS.

Dla powyższej klasyfikacji standard NFPA określa szereg wymagań, przykładowe z nich zostały zawarte w poniższej tabeli.

**Tabela 4.** Wymagania NFPA 855

Wymagania NFPA 855 dla wewnętrznych ESS		
Wymaganie	Budynek dedykowany systemom magazynowania energii	System magazynowania energii w budynku o innym przeznaczeniu
Rozmiar i separacja	TAK	TAK
Maksymalna zmagazynowana energia	NIE	TAK
Wysokość	TAK	TAK
Przegrody przeciwpożarowe	TAK	TAK
Wykrywanie ognia i dymu	TAK	TAK
Kontrola i gaszenie pożaru	TAK	TAK
Zaopatrzenie w wodę	TAK	TAK
Oznakowanie	TAK	TAK
Pomieszczenia ze sprzętem	NIEDOZWOLONE	TAK
Wymagania specyficzne dla technologii	TAK	TAK
Wymagania NFPA 855 dla zewnętrznych ESS		
Wymaganie	„Odległe” lokalizacje	W pobliżu narażonych obiektów
Maksymalny rozmiar	TAK	TAK

Odległość od obiektów	NIE	TAK
Odległość od dróg ewakuacyjnych	NIE	TAK
Jednostki z możliwością wejścia	TAK	TAK
Kontrola roślinności	TAK	TAK
Obudowa z materiałów niepalnych	TAK	TAK
Rozmiar i separacja	NIE	TAK
Maksymalna zmagazynowana energia	NIE	TAK
Wykrywanie dymu i ognia	TAK	TAK
Kontrola i gaszenie pożaru	TAK	TAK
Zaopatrzenie w wodę	TAK	TAK
Oznakowanie	TAK	TAK
Pomieszczenia ze sprzętem	NIEDOZWOLONE	NIEDOZWOLONE
Ochrona specyficzna dla technologii	TAK	TAK

Źródło: opracowanie własne na podstawie materiału st. kpt. mgr. inż. Kamila Wleciała, Komenda Główna PSP, materiał z konferencji pt. „Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów ładowania, rozwiązań inteligentnego domu”, CNBOP-PIB, Józefów 12.06.2024.

Opisano również wymagania NFPA w zakresie odległości od budynków, gdzie ESS znajdujące się na zewnątrz muszą być oddalone o co najmniej 3 m od granic działek, dróg publicznych, budynków, materiałów łatwopalnych, materiałów niebezpiecznych, wysoko ułożonych towarów, innych zagrożeń niezwiązanych z infrastrukturą sieci elektrycznej. W określonych przypadkach dopuszcza się zmniejszenie odległości do 0,9 m (np. gdy obudowa ESS ma dwugodzinną odporność ogniową). Natomiast ESS znajdujące się na zewnątrz powinny być w odległości od dróg ewakuacyjnych (wymaganej przez AHJ), zapewniającej bezpieczną ewakuację w przypadku pożaru, ale w nie mniejszej niż 3 m (0,9 m gdy z badań wynika, że pożar w ESS nie będzie miał negatywnego wpływu na drogi ewakuacyjne).

Wskazano także, iż zezwala się na instalację ESS na ścianach zewnętrznych budynków, w sytuacji gdy spełnione są wszystkie poniższe warunki:

1. Maksymalna zmagazynowana energia poszczególnych jednostek ESS nie może przekraczać 20 kWh.
2. System ESS musi spełniać obowiązujące wymagania określone w rozdziale 4 (ogólne wymagania dot. ESS).
3. System ESS musi być zainstalowany zgodnie z instrukcjami producenta i ich wykazem.
4. Poszczególne jednostki ESS muszą być oddzielone od siebie o co najmniej 0,9 m.
5. System ESS musi być oddzielony od drzwi, okien, otwieranych otworów w budynkach lub wlotów HVAC o co najmniej 1,5 m.

ESS może być instalowany także na dachu, jeżeli nie będzie to utrudniać działań straży pożarnej.

W trakcie prelekcji przedstawiono również kilka wybranych wymagań z NFPA tj.:

1. Maksymalna zmagazynowana energia w ESS (z akumulatorami litowo-jonowymi) znajdujących się w wydzielonych pożarowo przestrzeniach (ang. *fire areas*) w budynkach o innym przeznaczeniu oraz w ESS zewnętrznych (np. kontenerach) co do zasady nie powinna przekraczać 600 kWh. Ograniczenie

to nie dotyczy ESS w budynkach przeznaczonych na magazyny energii oraz zewnętrznych ESS klasyfikowanych jako „odległe lokalizacje” (powyżej 30,5 m od budynków).

2. ESS powinny składać się z grup o maksymalnej zmagazynowanej energii 50 kWh każda, które powinny być oddalone o co najmniej 0,9 m od siebie i od ścian w pomieszczeniu lub obszarze przechowywania.
3. Pomieszczenie lub pomieszczenia, w których znajduje się ESS, powinny być oddzielone od innych obszarów budynku przegrodami przeciwpożarowymi o co najmniej dwugodzinnej odporności ogniowej (w pewnych przypadkach dopuszcza się wydzielenie przegrodami o jednogodzinnej odporności ogniowej np. gdy ESS jest zgodny z UL 9540).
4. Urządzenia ESS powinny być umieszczane wyłącznie na piętrach, do których można się dostać za pomocą drabin straży pożarnej, chyba że AHJ zatwierdzi wyższą lokalizację.
5. Obszary zawierające systemy ESS znajdujące się w budynkach lub konstrukcjach muszą być wyposażone w system wykrywania dymu lub system wykrywania energii promieniowania zgodnie z sekcją 4.8 (m.in. zgodnie z NFPA 72).
6. W pomieszczeniach lub obszarach w budynkach i zewnętrznych „jednostkach wejściowych” (*walk-in*) zawierających ESS powinny być zapewnione urządzenia do kontroli i gaszenia pożaru. Instalacje tryskaczowe należy instalować zgodnie z NFPA 13 lub równoważną (inne rodzaje urządzeń gaśniczych dozwolone po potwierdzeniu skuteczności).
7. Zewnętrzne jednostki ESS typu *walk-in* lub szafy ESS nie mogą przekraczać wymiarów 16,2 m × 2,6 m × 2,9 m, nie wliczając HVAC i innego sprzętu. Zewnętrzne jednostki ESS typu *walk-in* lub szafy ESS, które przekraczają ww. wymiary, powinny być traktowane jako instalacje wewnętrzne i spełniać wymagania podane w 9.5.1 (dla ESS wewnętrznych).
8. Zgodnie z NFPA 70 National Electrical Code (NEC) (2023) należy zapewnić środki umożliwiające odłączenie ESS od wszystkich systemów okablowania, w tym innych systemów zasilania, sprzętu użytkowego i powiązanego okablowania w pomieszczeniach.
9. Miejsca, w których instalowane są niemechaniczne ESS, powinny być wyposażone w stałe źródło wody do celów przeciwpożarowych. Po zatwierdzeniu przez AHJ dopuszcza się pominięcie tego wymagania w przypadku budynków dedykowanych ESS i zewnętrznych jednostek typu *walk-in* znajdujących się ponad 30,5 m od innych obiektów.

W dalszej kolejności przedstawiono wybrane zagadnienia z wymagań FM Global 5-33. Opisano zagadnienia jn.:

1. Wymagania w zakresie lokalizacji ESS z bateriami litowo-jonowymi zbliżone do wymagań z załącznika G NFPA 855, przy tym określone są wymagania w zakresie odległości pomiędzy sąsiednimi zewnętrznymi kontenerowymi ESS w zależności od rodzaju ogniw, tj. np.:
  23. w przypadku ogniw LFP należy zapewnić odległość co najmniej 1,5 m od ścian kontenera z otworami (drzwi, otwory wentylacyjne),
  24. w przypadku ogniw NMC i odporności ogniowej ścian kontenera mniejszej niż 60 min. należy zapewnić odległość co najmniej 4 m od ścian kontenera z otworami (drzwi, otwory wentylacyjne), a w przypadku gdy zapewniona jest odporność co najmniej 60 min – 2,4 m,
2. Każdy prefabrykowany kontener lub obudowę o powierzchni przekraczającej 46,5 m<sup>2</sup> należy traktować jako budynek.
3. Odległość ESS od budynków należy przyjmować zgodnie z FM Global 1-20.
4. Należy zapewnić możliwość ręcznego, zdalnego i lokalnego odłączania ESS.
5. ESS powinien być wyposażony w BMS (*battery management system*).
6. Należy zapewnić automatyczne odłączenie ESS w przypadku podwyższonej temperatury ogniw lub wykrycia gazów, których ulatnianie się poprzedza ucieczką termiczną.

Kolejnym omówionym dokumentem były wymagania PGS 37-1. Na wstępie opisano kwestie związane z odległościami oraz usytuowaniem magazynu energii, który składa się z maksymalnie sześciu jednostek. Określono, że odległość między systemem baterijnym do stacjonarnego magazynowania energii (niderl. *batterijsysteem voor stationaire energieopslag* – EOS) ustawionym bokiem powinna wynosić co najmniej 1,0 m. Jeśli w bocznej ścianie (ścianach) jednostek znajduje się niezabezpieczony otwór (wentylacyjny), odległość ta wynosi co najmniej 2,5 m, o ile otwory znajdują się po obu stronach przestrzeni między tymi pojemnikami. Wskazano także, iż najmniejsza odległość między EOS umieszczonymi w jednym rzędzie musi wynosić co najmniej 2,5 m. W przypadku EOS składających się z ponad sześciu jednostek, odległość między urządzeniami EOS nie powinna być mniejsza niż 2,5 m, przy czym z jednej strony należy zachować odległość co najmniej 4,5 m w związku z dostępnością dla służb ratunkowych.

Na zakończenie prelekcji omówiono wybrane zagadnienia w zakresie zaopatrzenia w wodę zgodnie z wymaganiami *CFA Design Guidelines and Model Requirements*. Zgodnie z nimi w przypadku, gdy dostępna jest sieć wodociągowa spełniająca wymagania AS 2419.1-2021: *Fire hydrant installations*, liczbę hydrantów zewnętrznych na terenie, na którym znajduje się z magazyn energii, należy obliczać zgodnie z ww. normą jak dla placów otwartych. W przypadku braku takiej sieci wodociągowej należy zapewnić system hydrantów spełniający poniższe wymagania:

1. Zapas wody min. 288 m<sup>3</sup> lub system jak dla otwartych placów, zapewniający wydajność co najmniej 20 dm<sup>3</sup>/s przez okres nie krótszy niż cztery godziny, w zależności od tego, która z tych wartości jest większa.
2. Ilość wody w zbiornikach należy obliczyć na podstawie wymaganej liczby hydrantów (np. w przypadku instalacji akumulatorowych o łącznej powierzchni ponad 27000 m<sup>2</sup> wymagane jest, aby cztery hydranty zewnętrzne działały z wydajnością 10 dm<sup>3</sup>/s przez cztery godziny, co odpowiada min. zapasowi wody w zbiornikach 576 m<sup>3</sup>).
3. Każdy obiekt musi znajdować się w zasięgu rzutu prądu gaśniczego (10 m) podawanego z linii węzowej o długości 60 m od hydrantu.

Woda do celów przeciwpożarowych musi być zapewniona dla każdej jednostki ESS. W przypadku gdy dostępna jest sieć wodociągowa spełniająca wymagania AS 2419.1-2021: *Fire hydrant installations – zaopatrzenie w wodę*, zapewnia się w analogiczny sposób jak w układzie zwartym. W przypadku braku takiej sieci wodociągowej należy zapewnić wodę do celów przeciwpożarowych zgromadzoną w zbiornikach, które powinny być rozmieszczone w taki sposób, że w odległości nie większej niż 120 m od każdego kontenera z akumulatorami będzie znajdować się zbiornik o pojemności co najmniej 45 m<sup>3</sup>, przy czym łączna ilość wody zgromadzona w zbiornikach nie może być mniejsza niż 288 m<sup>3</sup>.

### 4.3.3. Możliwość zastosowania baterii z pojazdu elektrycznego na domowy magazyn energii – badania

Na wstępie wystąpienia pan Wojciech Klapsa zapowiedział, że ostatnia prelekcja w tej sesji będzie dotyczyła możliwości zastosowania „zużytych” baterii (baterii posiadających sprawność na poziomie 70÷80%) z pojazdów elektrycznych na potrzeby domowych magazynów energii. Zidentyfikowano, że takie rozwiązanie niesie za sobą korzyści pod kątem zarówno ekonomicznym (zastosowanie takich baterii jest tańsze), jak i środowiskowym (forma recyklingu). Omówiono również formy magazynowania energii, dzieląc je na magazyny:

- ❖ przemysłowe – duże pojemności, gromadzenie energii ze źródeł odnawialnych (np. farmy fotowoltaiczne),
- ❖ domowe (profesjonalne / amatorskie) – małe pojemności.

Wskazano również, iż w celu dopuszczenia do użytkowania przedmiotowych baterii powinny one spełniać podstawowe regulacje prawne w zakresie baterii elektrycznych do pojazdów (*Regulamin nr 100 Europejskiej Komisji Gospodarczej Organizacji Narodów Zjednoczonych – Jednolite przepisy dotyczące homologacji pojazdów w zakresie szczególnych wymagań dotyczących elektrycznego układu napędowego*) oraz magazynów energii (PN-EN IEC 62619:2023-02 – *Ogniwa i baterie zawierające zasadowe lub inne niekwasowe elektrolity – Wymagania bezpieczeństwa dotyczące akumulatorów litowych i baterii mających zastosowanie w przemyśle*).

W trakcie prelekcji udzielono także odpowiedzi twierdzącej na pytanie, czy przepisy obejmują domowe magazyny energii, opierając się na zapisach ustawy z dnia 24 kwietnia 2009 r. o bateriach i akumulatorach, która zawiera w dwóch miejscach poniższe zapisy:

1. Art. 6. punkt 2. bateria przemysłowa, akumulator przemysłowy – oznaczają baterię i akumulator, które są przeznaczone wyłącznie do celów przemysłowych, zawodowych lub do używania w pojazdach elektrycznych, w szczególności określone w załączniku nr 1 do ustawy.
2. Załącznik nr 1, punkt 8. Baterie i akumulatory, które są przeznaczone do używania w powiązaniu z płytką ogniwa słonecznego, urządzeniami fotogalwanicznymi i innymi urządzeniami wykorzystującymi energię odnawialną.

Następnie dokonano prezentacji różnic w badaniach w kontekście przytoczonych wcześniej dokumentów. Wskazane różnice zostały zaprezentowane w poniższej tabeli.

**Tabela 5.** Porównanie badań baterii samochodowej

Regulamin nr 100	PN-EN IEC 62619:2023-02
Badanie wibracyjne	-
Badanie z gwałtownymi zmianami temperatury i próba cyklu termicznego	- (Test propagacji)
Wstrząsy mechaniczne	Test upadku
Integralność mechaniczna	Test uderzenia
Ognioodporność	-
Zabezpieczenie przed zwarcie zewnętrznym	Zabezpieczenie przed zwarcie zewnętrznym
Zabezpieczenie przed przeładowaniem	Zabezpieczenie przed przeładowaniem
Zabezpieczenie przed nadmiernym rozładowaniem	Zabezpieczenie przed nadmiernym rozładowaniem
Zabezpieczenie przed przegrzaniem	Ochrona przed przegrzaniem
Zabezpieczenie nadprądowe	Testy BMS-u

Źródło: opracowanie mł. bryg. mgr inż. Wojciech Klapsa, materiał z konferencji z konferencji pt. „Bezpieczeństwo pożarowe instalacji fotowoltaicznych, magazynów energii, pojazdów elektrycznych, ich punktów ładowania, rozwiązań inteligentnego domu”, CNBOP-PIB, Józefów 12.06.2024.

Przykładowo zidentyfikowano również, że dla baterii stosowanych w samochodach elektrycznych wykonuje się badanie z gwałtownymi zmianami temperatury i próby cyklu termicznego przy narażeniu 5 cykli w temperaturach  $60\pm 2^{\circ}\text{C}$  przez sześć godzin,  $-40\pm 2^{\circ}\text{C}$  przez sześć godzin,  $20\pm 10^{\circ}\text{C}$  przez dwadzieścia cztery godziny. Z kolei dla magazynów energii wykonuje się badanie ochrony przed przegrzaniem, stosując narażenia: temperatura  $25\pm 5^{\circ}\text{C}$  start, narastanie  $5\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ , temperatura  $85\pm 5^{\circ}\text{C}$  przez trzy godziny.

W dalszej części prelekcji zaprezentowano i omówiono zdjęcia z badań prowadzonych dla ogniwo z odzysku. Eksperymenty te uwzględniały weryfikację ogniwo zarówno z uszkodzonymi, jak i nieuszkodzonymi BMS/EMS. Stwierdzono, że podstawowym i głównym zagrożeniem w przypadku ogniwo będzie zadymienie i wydzielanie toksycznych gazów niż sam pożar.



Na zakończenie przedstawiono zalety przedmiotowego procesu. Odzyskane baterie samochodowe można wykorzystać w charakterze magazynu energii w domu lub firmie po odpowiednim profesjonalnym zaadaptowaniu jej do tego zastosowania. Podkreślono przy tym jednak konieczność wyposażenia ich w odpowiednią obudowę, systemy chłodzenia, moduły rozdziału mocy, a także inne niezbędne podzespoły. Stwierdzono również, że w celu weryfikacji poprawnego procesu adaptacji należy wykonać odpowiednie testy akceptacyjne.

## 4.4. Panel dyskusyjny

Moderator panelu: dr inż. Jarosław Tępiński, Dział Prac Studialnych i Projektów Naukowych CNBOP-PIB.

W panelu dyskusyjnym uczestniczyli:

- ❖ st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Krzysztof Biskup, Przewodniczący European Fire Safety Alliance.
- ❖ Krzysztof Bukala, Koordynator Zespołu PIME ds. bezpieczeństwa instalacji magazynowania energii,
- ❖ Krzysztof Kochanowski, Wiceprezes zarządu PIME,
- ❖ mł. bryg. mgr inż. Wojciech Klapsa, Kierownik Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB,
- ❖ Grzegorz Kozioł, PV / BESS Solution Manager, Huawei Polska sp. z o.o.,
- ❖ inż. Piotr Mortka, Zespół Laboratoriów Urządzeń i Środków Gaśniczych CNBOP-PIB,
- ❖ st. bryg. w st. sp. Paweł Rochala,
- ❖ Krzysztof Wincencik, Ekspert PIME.

W trakcie panelu poruszone zostały zagadnienia związane z bezpieczeństwem pożarowym, jednakże moderator podzielił panel na poszczególne moduły w celu zachowania przejrzystej formy dyskusji. Omawiane moduły obejmowały kwestie związane z bateriami elektrycznymi, dokumentami regulacyjnymi na poziomie Unii Europejskiej w zakresie stosowania baterii, modułami fotowoltaicznymi, badaniami pojazdów elektrycznych, domowymi magazynami energii oraz na koniec bardzo istotny temat dotyczący magazynów energii elektrycznej w kontekście cyberbezpieczeństwa, ochrony odgromowej i przepięciowej.

Na wstępie panelu przed rozpoczęciem samej dyskusji pan Piotr Mortka został poproszony o prezentację materiału wideo w zakresie metod gaszenia baterii litowo-jonowych przy wykorzystaniu piasku kwarcowego, sorbentu na bazie wermikulitu oraz dedykowanego preparatu gaśniczego.

Moderator sesji poprosił również o scharakteryzowanie przebiegu pożaru baterii. Pan Piotr, opierając się na przeprowadzonych badaniach na bateriach, które normalnie mogłyby zostać zastosowane w domach lub hulajnogach elektrycznych, skonstatował, że takie pożary charakteryzują się dużą energetycznością. Bez odpowiedniego sprzętu ochrony indywidualnej ciężko nawet podejść do takiego pożaru, więc jakiegokolwiek gaszenie przez zwykłego użytkownika praktycznie nie ma szans na powodzenie.

Przechodząc już do zasadniczej części dyskusji, poproszono pana st. bryg. w st. spocz. mgr. inż. Krzysztofa Biskupa o odpowiedź na pytanie, czy instytucje Unii Europejskiej, które tak często zachęcają do transformacji energetycznej, dostrzegają potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa instalacji urządzeń, które do tej transformacji są niezbędne.

Na wstępie wypowiedzi pan Krzysztof Biskup zidentyfikował, że w europejskim planie bezpieczeństwa pożarowego, kwestie bezpieczeństwa pożarowego transformacji energetycznej zostały wskazane przez ekspertów jako jedno z największych wyzwań, przed którymi stoimy nie tylko w Unii Europejskiej, ale generalnie na świecie. Do 2050 roku przewiduje się, że zużycie energii wzrośnie o 50%, z czego w gospodarstwach domowych będzie to wzrost jeszcze większy. Biorąc także pod uwagę, że około 20÷30% wszystkich przyczyn pożarów w domach i mieszkaniach prywatnych są to pożary pochodzące od urządzeń i instalacji elektrycznych, natomiast na podstawie analiz przeprowadzonych przez Europejskie Forum Bezpieczeństwa Elektrycznego w ponad połowie domów i mieszkań w Unii Europejskiej instalacje elektryczne są przestarzałe, widzimy, że problem jest dość poważny. Biorąc pod uwagę powyższe dane oraz fakt, że na obecnych instalacjach będą montowane coraz to większe ilości sprzętów niekoniecznie potwierdzonego pochodzenia, ryzyko wystąpienia pożarów jest bardzo wysokie. Po wieloletnich rozmowach z Komisją Europejską i innymi Instytucjami udało się przekonać, aby w przyjętej w kwietniu 2024 roku dyrektywie w sprawie charakterystyki energetycznej budynków (tzw. Dyrektywy Budynkowej) wprowadzić również zapisy dotyczące bezpieczeństwa pożarowego. Wprowadzone zapisy obejmują zobowiązanie państw członkowskich, aby działając na rzecz poprawy charakterystyki energetycznej w budynku, przypilnować aby te działania nie pogorszyły bezpieczeństwa pożarowego obiektu. Ponadto, jeśli instalowane są dodatkowe urządzenia elektryczne np. pompy ciepła, panele fotowoltaiczne, magazyny energii czy infrastrukturę do ładowania samochodów elektrycznych, należy zwrócić szczególną uwagę na zagrożenia pożarowe. Ponadto komisja europejska ma obowiązek opracować i opublikować do końca 2025 roku wytyczne w sprawie bezpieczeństwa pożarowego zadaszonych garaży i parkingów samochodowych, szczególnie pod kątem infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych. Dodatkowym zapisem, który udało się wprowadzić do dyrektywy budynkowej, jest wymóg aby państwa członkowskie oferowały wytyczne i szkolenia przewidziane dla instytucji w krajach członkowskich, które są odpowiedzialne za wdrażanie tej dyrektywy budynkowej (zaleca się aby te szkolenia obejmowały również tematykę związaną z bezpieczeństwem pożarowym). Zidentyfikowano również, że państwa członkowskie mają dwa lata (od 14 kwietnia 2024 roku) na implementację dyrektywy budynkowej do przepisów krajowych.

Przechodząc do modułu związanego z fotowoltaiką, poproszono pana mł. bryg. mgr. inż. Wojciecha Klapsę o wyrażenie opinii w zakresie zagrożenia pożarowego powodowanego przez zainstalowane moduły fotowoltaiczne. Zadano pytanie, czy te moduły powinny być poddawane ocenie pod kątem takich zagrożeń. Zaczynając od kwestii oceny, to w opinii pana Wojciecha Klapsy jak najbardziej takie weryfikacje powinny być prowadzone, tym bardziej, że podczas importu tych urządzeń często posiadają one pewne dokumenty i certyfikacje, które nierzadko nie określają żadnych aspektów w zakresie bezpieczeństwa pożarowego. W związku z powyższym istotna jest także odpowiednia edukacja użytkowników i instalatorów w zakresie umiejętności czytania oraz identyfikowania tych informacji na dokumentach towarzyszących takim wyrobom, tak aby świadomie można było podejmować decyzje, które często wpływają na bezpieczeństwo pożarowe całego obiektu. Przytoczono również dwie normy wyrobu: PN-EN IEC 61730-1, która dotyczy

oceny bezpieczeństwa modułu fotowoltaicznego oraz normę PN-EN IEC 61730-2 odnoszącą się badań. Dokumenty te określają sposób badania i metody oceny modułów fotowoltaicznych, które mogą być wykorzystywane do potwierdzenia ich bezpieczeństwa. Przechodząc do kwestii, czy panele fotowoltaiczne powinny być poddawane badaniu rozprzestrzeniania się ognia, to zgodnie z normą zharmonizowaną PN-EN IEC 61730-1, jeśli panele te stanowią część przykrycia dachowego, to powinny być poddawane badaniu rozprzestrzeniania ognia, natomiast w przypadku paneli, które są montowane na dachu to rekomenduje się przeprowadzenie takich badań.

Poproszono również pana Wojciecha Kłapsę o zaprezentowanie opinii, jakie badania należy uzupełnić na etapie homologacji dla baterii z pojazdów elektrycznych, planowanych do zastosowania w domowych magazynach energii. W ocenie Pana Wojciecha istotnym w tym kontekście byłby sposób użytkowania wyrobu, niemniej należałoby te badania uzupełnić co najmniej o sprawdzenie funkcjonalności zastosowanych zabezpieczeń, uwzględniając dwa aspekty: tj. jak duże zagrożenie dla otoczenia stwarzają magazyny energii oraz jak otoczenie wpłynie na zastosowane magazyny energii.

Na koniec pojawiło się jeszcze pytanie: czy budowa na własną rękę magazynów energii z baterii trakcyjnych jest bezpieczna? W tym przypadku potwierdzone zostało, że takie postępowanie nie jest bezpieczne i może wręcz stanowić zagrożenie pożarowe.

Następnie, poproszono pana st. bryg. w st. sp. Pawła Rochalę o odpowiedź, jak ocenia bezpieczeństwo instalacji powstałych z baterii trakcyjnych oraz jak wygląda wykorzystanie takich baterii w domowych magazynach energii w innych krajach. Na wstępie przywołano amerykańską normę NFPA 855, która dopuszcza by samochód elektryczny był magazynem energii dla budynku jednorodzinne na zasadzie powszechnego lub awaryjnego użycia. Niemniej w celu wykorzystania go w takim zastosowaniu należy spełnić kilka warunków, m.in. należy wykazać zgodność z przedmiotową normą oraz przeprowadzić stosowne badania. W zakresie recyklingu baterii do zastosowania w domowych magazynach energii, należy zdać sobie sprawę, że z wejścia takie baterie będą miały mniejszy zakres zastosowania. Wynika to z faktu, że zazwyczaj wykorzystywane są baterie z samochodów elektrycznych, które posiadają pojemność około 70%, natomiast zgodnie z wytycznymi holenderskimi, akumulatory do zastosowania domowego stają się odpadem z chwilą gdy ich pojemność spadnie poniżej 30%. W związku z powyższym w takich przypadkach mamy tak naprawdę tylko około 40% sprawności akumulatora, z której możemy korzystać. Dodatkowo w innych krajach takie magazyny energii w zależności od zastosowania muszą być poddawane różnym badaniom m.in. środowiskowym, odporności na uderzenie, odporności na zgniatanie. Do Polski trafiają jako odpady i tu przerabiane są na produkty, bez wdrażania odpowiednich ocen i testów potwierdzających ich bezpieczne stosowanie. Na koniec pojawiło się jeszcze pytanie o bezpieczeństwo stosowania akumulatorów w domach jednorodzinnych (w tym przypadku mowa już o bateriach, które nie powstały z baterii trakcyjnych). W ramach odpowiedzi stwierdzono, że powinniśmy założyć, że jest to produkt, który w określonym czasie ma pracować bezawaryjnie i w sposób bezpieczny, a nie przyjmować, że może być niebezpieczny. Mimo to powinniśmy się liczyć z istniejącymi zagrożeniami.

Kolejne pytanie zostało skierowane do pana Grzegorza Kozła i dotyczyło rodzaju testów wykonywanych na ogniach magazynów energii pod kątem sprawdzenia ich bezpieczeństwa. Na wstępie wskazano, że istnieje wiele typów badań

związanych z obsługą elektryczną ogniw bateryjnych oraz niezależne testy związane z obsługą mechaniczną. Zwrócono także uwagę na fakt, że niezależnie od prowadzonych badań w technologii wytwarzania magazynów energii mamy różne wykonanie ogniw. W związku z powyższym istotne jest także odpowiednie dobranie technologii wykonania ogniw do dedykowanego zastosowania magazynu energii. Wracając bezpośrednio do kwestii bezpieczeństwa, należy głównie zwrócić uwagę na renomowanego dostawcę i kompatybilne rozwiązania. Następne pytanie padło w zakresie funkcji bezpieczeństwa zaimplementowanych w domowych magazynach energii. Na podstawie własnych doświadczeń zarekomendowano implementację rozwiązań, które zapobiegają rozprzestrzenianiu się pożaru. Jeśli skupimy się na domowych magazynach energii to w poszczególnych modułach stosowane są rozwiązania samogaszące oparte na melanie żywicy fenolowej oraz związkach potasu. W sytuacji podwyższonej temperatury następuje aktywacja takiego układu, który ma za zadanie zapobiec powstaniu pożaru. Dodatkowo stosowane są także zawory jednokierunkowe służące do redukcji ciśnienia oraz odcinany jest dostęp do wnętrza modułu.

W dalszej części dyskusji poproszono o opinię pana Krzysztofa Bukalę na temat wpływu nowych rozwiązań w zakresie chłodzenia modułów baterii na zmniejszenie zagrożenia pożarowego. Podkreślono istotną rolę zabezpieczeń konstrukcyjnych takich jak wentyle czy materiały, które ograniczają emisję temperatury czy ognia, separacje elektrochemiczne części oraz aktywne BMS (rozwiązania pozwalające rozprzestrzeniać energię między ogniwami). Zwrócono jednak uwagę, iż zastosowanie tych rozwiązań zabezpieczających niesie za sobą zwiększenie kosztów takiego urządzenia. W konsekwencji istnieje ryzyko, że rozwiązania bez odpowiednich zabezpieczeń – tylko z uwagi na ich niższą cenę – będą stosowane częściej.

Kolejne pytanie w zakresie cyberbezpieczeństwa magazynów energii zostało skierowane do pana Krzysztofa Kochanowskiego. Na wstępie pokreślono, że kwestie cyberbezpieczeństwa są niezwykle istotne, gdyż w dużym stopniu regulują przepływ niesprawdzonych technologii. Regulacja w zakresie cyberbezpieczeństwa wprowadza między innymi rygorystyczne podejście w zakresie używania pewnych protokołów dostępnych wyłącznie na terenie Unii Europejskiej, co w dużym stopniu wyklucza m.in. import instalacji spoza Unii Europejskiej. Istotną informacją jest także fakt, że od 2027 roku będzie obowiązywał paszport baterii. Takie paszporty będą uwzględniały kod QR, dzięki któremu możliwe będzie poznanie wielu przydatnych danych, np. na temat tego co znajduje się w danej baterii, skąd ona pochodzi, z czego jest zbudowana, jaką ma pojemność i moc, jakie substancje niebezpieczne zawiera oraz jakie środki gaśnicze mogą być użyte. Jak można zauważyć, paszporty baterii będą posiadać bardzo dużo niezwykle przydatnych informacji dla świadomego odbiorcy, dlatego też bardzo istotne będzie rozwijanie świadomości użytkowników, aby mogli dysponować jak największą wiedzą i z rozmysłem wybierać dobre i sprawdzone rozwiązania i technologie.

Następnie poproszono pana Krzysztofa Wincencika o wyrażenie opinii, czy wyładowania atmosferyczne stanowią zagrożenie dla magazynów energii i czy polskie wymagania normatywne nakazują stosowanie ochrony odgromowej w magazynach energii. W kwestii zagrożenia powiedziano jasno, że musimy się liczyć z tym, że burza stanowi zagrożenie dla magazynów, niemniej na chwilę obecną w Polsce nie ma wystarczająco danych, aby określić wielkość tego ryzyka. Wynika to ze stosunkowo małej ilości instalacji oraz związanych z nimi tego typu zdarzeń. Niemniej na podstawie danych z zagranicy można stwierdzić, że oczywiście takie zdarzenia występują i prowadzą do

uszkodzeń magazynów energii. W zakresie przepisów dotyczących stosowania ochrony odgromowej omówiono kwestie wykorzystywania takich zabezpieczeń w obiektach budowlanych, ale zaznaczono przy tym, że na chwilę obecną w przepisach w zakresie magazynów energii nie ma postawionych wymagań. W związku z powyższym, zastosowanie takich zabezpieczeń na chwilę obecną zależy od decyzji ubezpieczyciela, projektanta lub właściciela. Na koniec poproszono także o opinię, czy powinny być wymagane dodatkowe środki ochrony odgromowej i przepięciowej w małych magazynach energii w ramach mikroinstalacji. W odpowiedzi stwierdzono, iż magazyny energii do 20 kWh mają być obecnie realizowane nie w ramach pozwolenia na budowę, lecz na zgłoszenie, co może się wiązać z przeniesieniem takiego magazynu na przestrzeń otwartą (na zewnątrz budynku). Na tym etapie znowu sprowadza się to do świadomości właściciela i sytuacji, w których jakość zderza się z ceną instalacji, niemniej zalecane jest by uwzględniano w takich przypadkach zastosowanie stosownych zabezpieczeń.

### 4.5. Zakończenie i podsumowanie konferencji

Przedstawione prezentacje, wyniki badań, projektów, diskutowane tezy i sformułowane wnioski w zakresie tematyki konferencji upoważniają do stwierdzenia, iż jej cel został zrealizowany. Na podstawie przedstawionych prelekcji można stwierdzić również, że postęp technologiczny oraz coraz ambitniejsze cele klimatyczne przyjmowane na poziomie europejskim i światowym wpływają na dynamiczny rozwój odnawialnych źródeł energii (OZE) i elektromobilności. Pojazdy elektryczne, a także odnawialne źródła energii, które są znacząco zależne od warunków pogodowych, wykorzystują do magazynowania energii baterie elektrochemiczne – tzw. baterie elektryczne. Bezpieczne użytkowanie tych baterii w urządzeniach, pojazdach elektrycznych i instalacjach, w których stosuje się odnawialne źródła energii, wymaga utrzymania ich ogniw w określonych przedziałach napięcia i temperatury. Utrata kontroli nad zwiększaniem się temperatury ogniwa może doprowadzić do efektu tzw. niestabilności (ucieczki) termicznej (ang. *thermal runaway*), procesu silnie egzotermicznego i samopodtrzymującego się, w wyniku którego dochodzi do reakcji łańcuchowej poprzez zainicjowanie wzrostu temperatury w kolejnych, często nieuszkodzonych ogniwach, co w konsekwencji może prowadzić do pożaru baterii i urządzenia, które ona zasila. Pożar baterii cechuje się dużą dynamiką rozwoju oraz intensywnie wydzielanymi dymem i gazami pożarowymi. Przywołane fakty, wyniki i informacje upoważniają do stwierdzenia, iż te intensywnie rozwijające się technologie wymagają nadal dużo pracy i wysiłku nad ich zabezpieczeniem w kontekście zarówno prewencji, jak i prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych, uwzględniając przewidywane ich powszechne stosowanie w najbliższej przyszłości. W związku z powyższym niezwykle istotne jest, aby kontynuować prowadzone prace i badania w celu wypracowania odpowiednich metod i środków przeznaczonych do skutecznej ochrony przeciwpożarowi tych instalacji i systemów. Równie ważne jest dlatego doskonalenie i dostosowywanie taktyki prowadzenia działań ratowniczych w tym gaśniczych. Dlatego nowe metody, rozwiązania i propozycje w zakresie urządzeń gaśniczych były prezentowane podczas konferencji między innymi w referacie: *Wybrane metody gaszenia pożarów samochodów elektrycznych*, w którym zaprezentowano urządzenie gaśnicze w kontekście prowadzenia działań ratowniczych z udziałem pojazdów elektrycznych. Dedykowane urządzenia

gaśnicze i techniki ich wykorzystania w odniesieniu do pożarów baterii pojazdów czy magazynów energii są przedmiotem prac, badań, testów i wdrożeń. W pracach tych motywem przewodnim pozostaje skuteczność ochrony, bezpieczeństwo i zagrożenia dla ratowników. *Standardowe zasady postępowania podczas zdarzeń z samochodami z napędem elektrycznym oraz hybrydowym* wydane przez KG PSP z maja 2023 r. aktualnie nie przewidują ingerencji w obudowę baterii i nie przewidują możliwości stosowania tej metody do gaszenia takich pożarów. Podejmowane w tym zakresie prace, projekty i badania dostarczają jednak nowej wiedzy i pewnych kolejnych przybliżeń, wśród nich nie może umknąć uwadze stanowisko producentów baterii, którzy wyrażają pogląd, iż nie mogą brać odpowiedzialności za ingerencje w konstrukcje baterii w różnych stanach jej pracy. Badania nad możliwością stosowania lanc gaśniczych do gaszenia pojazdów elektrycznych, a w szczególności do gaszenia akumulatorów w trakcie ucieczki termicznej przeprowadzono między innymi w ramach projektu BRAFA realizowanego w Austrii. Do tej próby gaśniczej wykorzystano lancę gaśniczą o długości 1 m wykonaną ze stali nierdzewnej z izolowanym (do 1000 V) z uchwytem i złączem Storz D. Jako wyposażenie dodatkowe dostępny był oddzielny drążek do trzymania, jako przedłużenie ramienia. Wśród wniosków z tych badań znalazły się między innymi poniższe stwierdzenia:

1. Wprowadzenie lancy było trudne i pokazuje, że konieczna jest praktyka, doświadczenie i dedykowana wiedza o sposobie działania i zagrożeniach związanych z użyciem lancy. Jest to szczególnie ważne, gdy lanca jest używana w obszarach akumulatora.
2. Lancę trzymał strażak i musiał skorygować jej położenie podczas wbijania do akumulatora. W trakcie tej czynności strażak dotknął nieizolowanej płytki zaczepowej i doznał krótkiego porażenia prądem elektrycznym, które nie spowodowało dalszych skutków ani obrażeń.
3. Po prawidłowym wbiciu lancy pożar został szybko opanowany, a następnie całkowicie ugaszony.
4. Około czwartej minuty później lanca została usunięta, a akumulator nie wykazywał dalszej reakcji zewnętrznej.
5. Po późniejszym wbiciu lancy gaśniczej w tę baterię w innym miejscu znów nastąpiła gwałtowna reakcja.

W podsumowaniu stwierdzono, iż lanca umożliwia skuteczne gaszenie pożarów, ale jej stosowanie wymaga doświadczenia, umiejętności jej użycia, a także wszechstronnej wiedzy o budowie akumulatorów, sposobie ich działania i zagrożeniach dla ratowników w przypadku ingerowania w ich konstrukcje. Kwalifikacje i kompetencje poparte treningiem i doskonaleniem umiejętności są warunkami koniecznymi do stosowania w działaniach ratowniczych przez straż pożarną. Więcej informacji o wynikach i wnioskach z tego badania można znaleźć w sprawozdaniu z projektu: BRAFA Brandauswirkungen von Fahrzeugen mit alternativen Antriebssystemen. Projekt był realizowany w latach 2019 – 2021. Informacje szczegółowe są dostępne na stronie:

<https://www.itna.tugraz.at/forschung/bereiche/vuu/projektbeispiele/brafa.html>

Kod QR:



Przedkładając powyższy raport, organizator konferencji kieruje podziękowania do jej współorganizatorów i uczestników oraz pragnie skierować zaproszenie i wyrazić nadzieję, iż kolejne przedsięwzięcia w ramach inicjatyw CNBOP-PIB pt. „Bezpieczeństwo Nowych Technologii” spotkają się z równie dużym zainteresowaniem, żywiłową dyskusją i konstruktywnymi i praktycznymi wnioskami jak tegoroczna konferencja BNT II. Materiały filmowe z konferencji oraz materiały dydaktyczne zostaną udostępnione na stronie internetowej CNBOP-PIB: <https://www.cnbop.pl/>.

Przewodniczący Komitetu Naukowego Konferencji  
st. bryg. dr hab. inż. Jacek Zboina