



Ubezpieczenie magazynów energii, czyli jak ocenić ryzyko i chronić Klienta

Szkolenie IDD

Dawid Prałat
Adam Marczyński
Michał Janiszewski

Czego dziś się dowiesz?

Kluczowe zagadnienia szkolenia

1

Przechowywanie nadwyżek energii elektrycznej

Zastosowanie magazynów energii oraz najczęstsze ryzyka związane z użytkowaniem BESS.

2

Funkcjonowanie magazynów energii

Czym jest magazynowanie energii i czym jest magazyn energii?

3

Budowa bateryjnych magazynów energii

Zalety i wady z uwzględnieniem rodzaju baterii.

4

Zagrożenia pożarowe

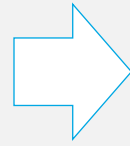
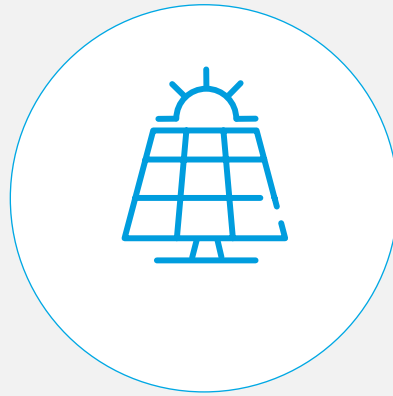
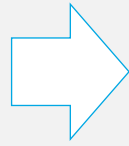
Jak przebiega pożar magazynu energii i jak przeciwdziałać – zabezpieczenia techniczne.

5

Szkody

Przypadki rzeczywistych szkód.

Magazyn energii, czyli co zrobić, żeby para nie leciała w gwizdek



Bezpieczeństwo energetyczne

- Zabezpieczenie przed przerwami w dostawie prądu.
- Stabilizacja sieci elektroenergetycznej.

Integracja OZE

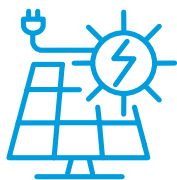
- Zwiększa stabilność i efektywność procesu pozyskiwania energii z odnawialnych źródeł.
- Redukcja niestabilności OZE.

Optymalizacja kosztów

- Zwiększenie autokonsumpcji.
- Obniżenie rachunków za prąd.



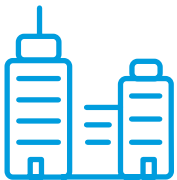
Zastosowanie magazynów energii



Farmy fotowoltaiczne i wiatrowe, obiekty off-grid lub z ograniczonym dostępem do sieci energetycznej, stacje ładowania pojazdów elektrycznych



Zakłady przemysłowe i produkcyjne



Centra handlowe, logistyczne i biurowce



Szpitala, szkoły, urzędy i inne instytucje publiczne

Najczęstsze ryzyka związane z użytkowaniem BESS



Pożar i przegrzanie ogniw litowo-jonowych

Ryzyko pożaru lub wybuchu baterii jest wysokie i stanowi poważne wyzwanie w zakresie gaszenia takich zdarzeń.



Uszkodzenie elektroniki sterującej i systemu EMS

Prowadzi do poważnych problemów z działaniem instalacji.



Błędy montażowe i niewłaściwa eksploatacja

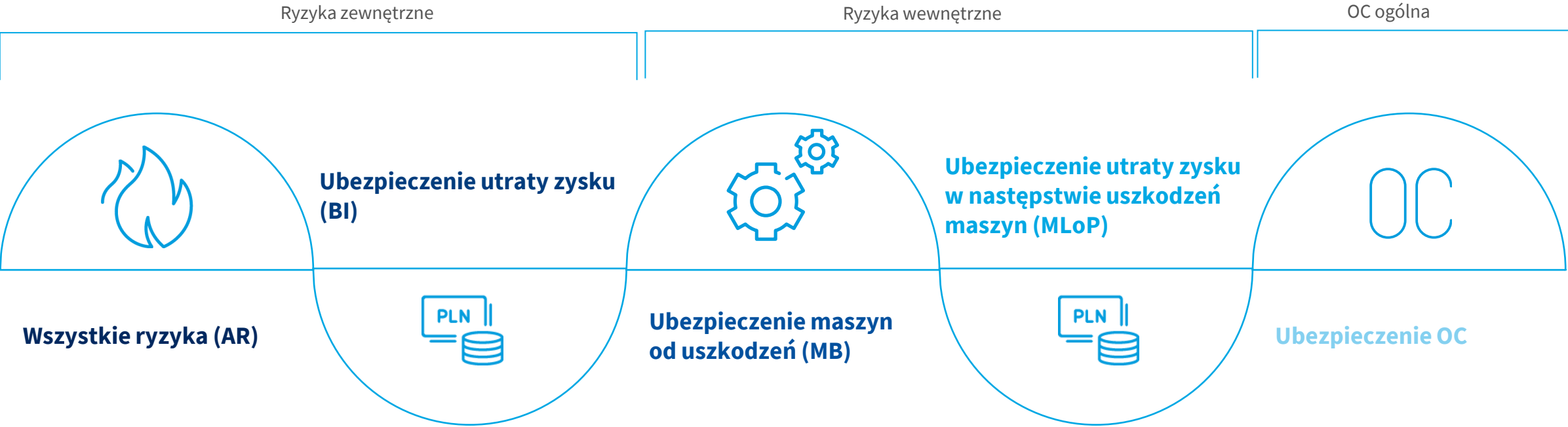
Mogą prowadzić np. do obniżonej efektywności, skrócenia żywotności systemu, a nawet do poważnych uszkodzeń lub zagrożeń bezpieczeństwa.



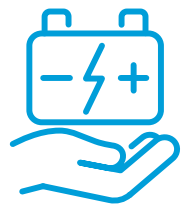
Kradzież lub wandalizm

Stanowi poważne zagrożenie dla inwestycji i bezpieczeństwa. Kluczowe jest zabezpieczenie magazynów energii przed takimi incydentami.

PZU Energia Słońca i PZU Energia Wiatru - kompleksowe i dopasowane do potrzeb klienta rozwiązanie



 Klient ma elastyczność w doborze zakresu ubezpieczenia. Może zdecydować się na cały pakiet ubezpieczeń lub jeden z wariantów. Podstawę stanowi zawsze ubezpieczenie AR.



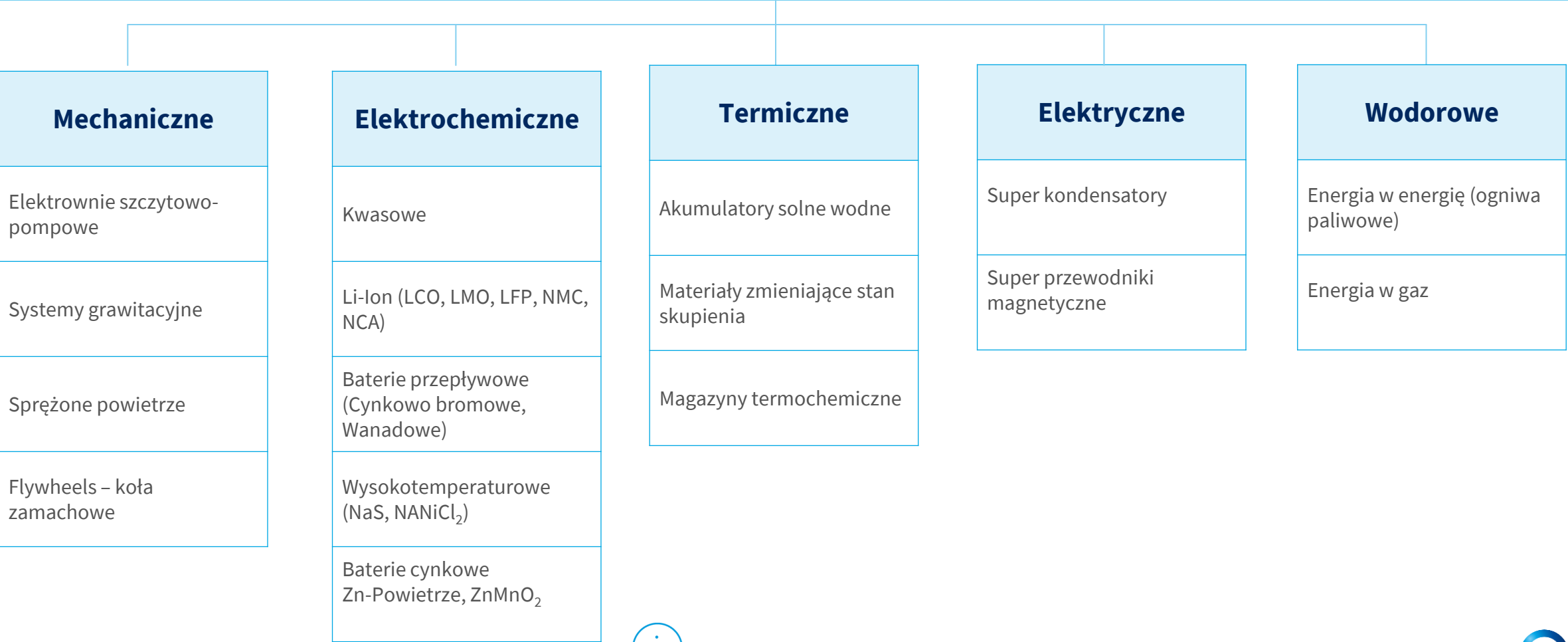
Czym jest magazynowanie energii elektrycznej?

Magazynowanie energii elektrycznej zdefiniowane jest jako **przetworzenie** energii elektrycznej pobranej z sieci elektroenergetycznej lub wytworzonej przez jednostkę wytwórczą przyłączoną do sieci elektroenergetycznej i współpracującą z tą siecią do innej postaci energii, **przechowywanie** tej energii, a następnie **ponowne przetworzenie** na energię elektryczną.



Rodzaje magazynów energii

Podział magazynów energii



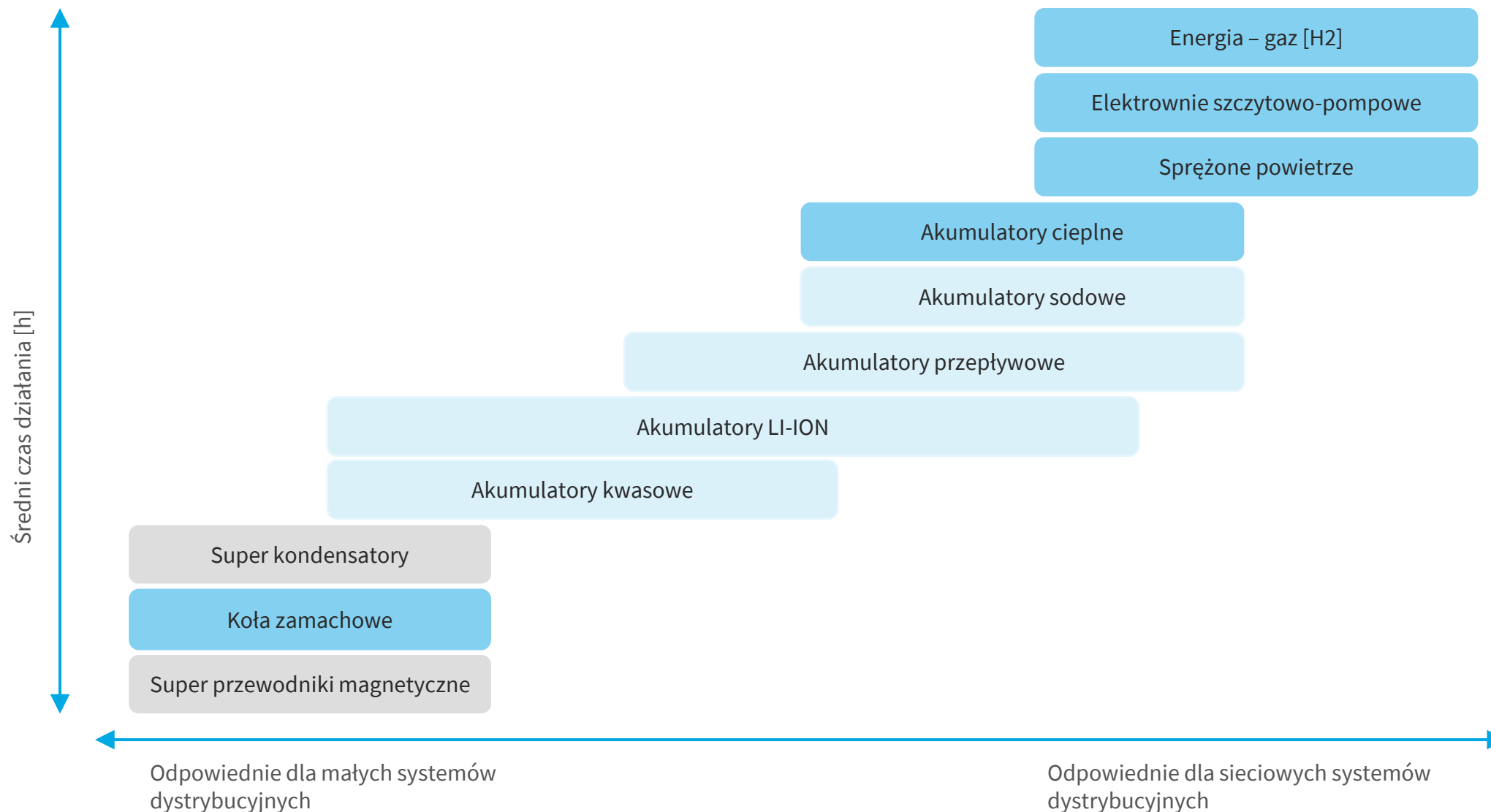
Rodzaje magazynów energii

Kategoria	Maksymalna moc [MW]	Czas rozładunku	Maksymalna ilość cykli/żywność	Sprawność	Koszt magazynowania USD/MWh	Koszty budowy USD/MW
Elektrownie szczytowo-pompowe	5 000	4h – 16h	30 – 60 lat	70 – 85%	5-100	400 000
Sprężone powietrze	1 000	2h – 30h	20 – 40 lat	40 – 70%	2 - 120	500 000
Skroplone powietrze	200	1h – 12h	20 – 40 lat	40 – 90%	260 - 520	2 000 000
Solne	150	1h	30 lat	80 – 90%	2 000 – 6 000	1 800 000
Baterie Li-ion	100	1 min – 8h	1 000 – 10 000 5 – 15 lat	75 – 95%	600 – 3 800	12 000 000
Baterie kwasowe	40	1 min – 8h	200 – 1000 5 - 25 lat	60 – 90%	200 – 400	1 600 000
Baterie przepływowe	3	s – 10h	12 000 – 14 000 5 – 25 lat	60 – 85%	150 – 1 000	4 000 000
Wodór	100	Min – miesiące	5 – 30 lat	25 – 45%	2 800 – 3 500	3 500 000
Koło zamachowe	20	sekundy – 15 min	20 000 – 100 000 15 – 20 lat	70 – 95%	1 000 – 14 000	2 900 000
SMEC – magnetyczne nadprzewodniki	10	Milisekundy – sekundy	20 – 30 lat	90 – 97%	1 000 – 10 000	1 000 000
SC – super kondensatory	10	Milisekundy – sekundy	8 – 20 lat	75 – 98%	200 – 20 000	300 000

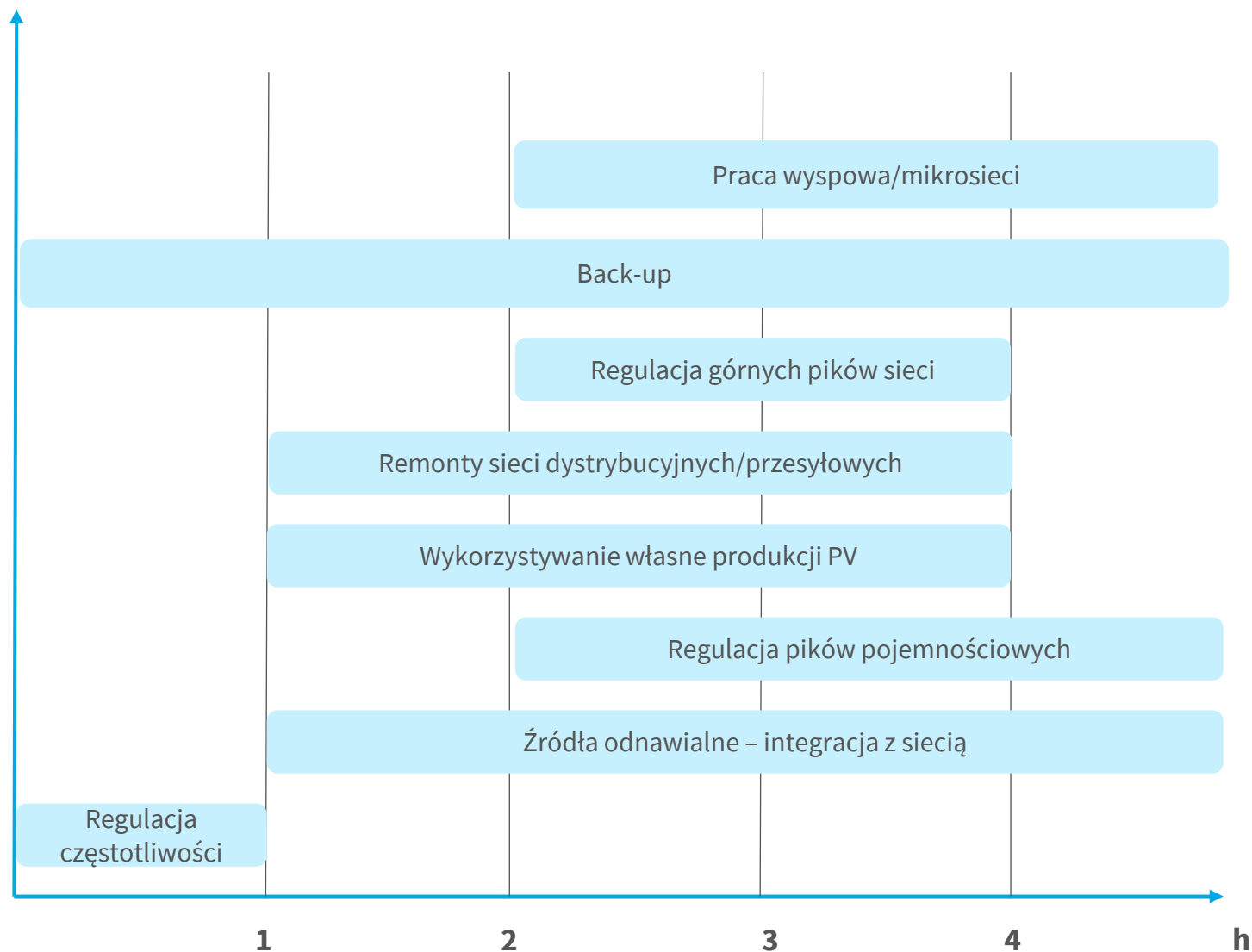


Źródło: dane z opracowania H. Wojciechowskiego; <https://enerad.pl/>

Funkcjonowanie magazynów energii



Funkcjonowanie magazynów energii



Budowa bateryjnych magazynów energii

	Gęstość energii [kW/kg]	Sprawność [%]	Żywotność [lata]	Ekologiczność
Li-ion 	1st 150–250	1st 95	1st 10–15	1st Yes
NaS 	2nd 125–150	2nd 75–85	2nd 10–15	2nd No
Flow 	3rd 60–80	3rd 70–75	4th 5–10	4th No
Ni-Cd 	4th 40–60	4th 60–80	3rd 10–15	3rd No
Lead Acid 	5th 30–50	5th 60–70	5th 3–6	5th No

Li-ion = lithium-ion, Na-S = sodium-sulfur, Ni-Cd = nickel-cadmium.



Źródło: Korea Battery Industry Association 2017 „Energy storage system technology and business model”.

Budowa bateryjnych magazynów energii

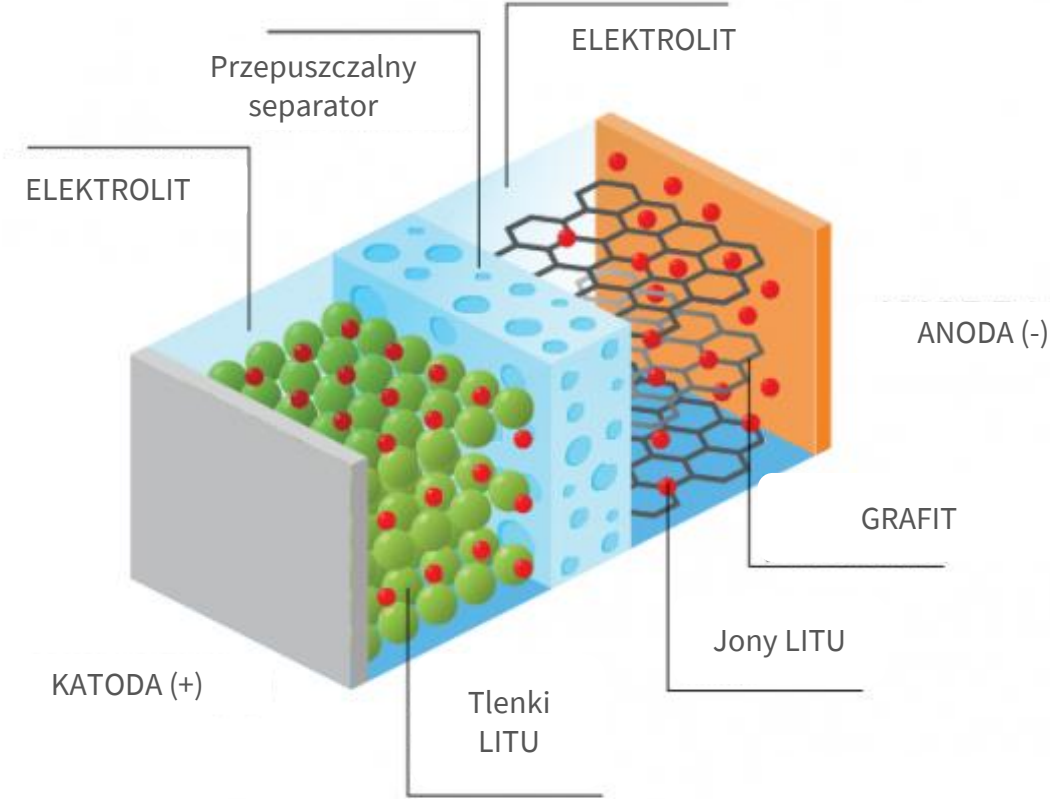
Zalety i wady



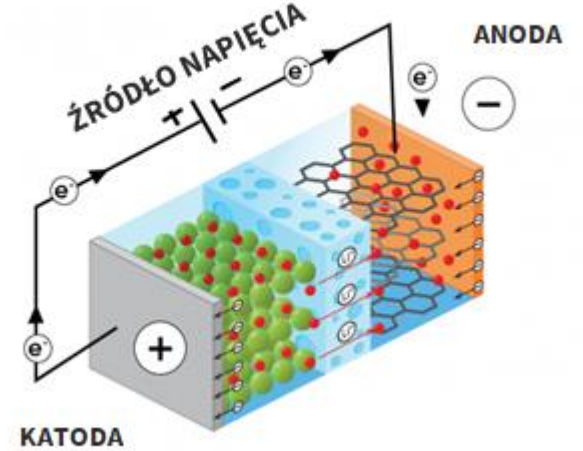
	Zalety	Wady
Li-Ion	→ stosunkowo wysoka gęstość energii i mocy → niższe koszty utrzymania → możliwość szybkiego ładowania → duża elastyczność w projektowaniu → znana technologia o dużym potencjale dla finansowania projektów	→ wysoki koszt początkowy (\$/kWh) w stosunku do akumulatorów kwasowych (potencjalnie skompensowany dłuższym okresem eksploatacji) → słaba wydajność w wysokich temperaturach → względy bezpieczeństwa, które mogą podwyższyć koszty zastosowania → obecnie skomplikowane do recyklingu → poleganie na rzadkich materiałach
Przepływowe (Wanadowe)	→ długi cykl życia → wysokie bezpieczeństwo wewnętrzne → zdolność do głębokich rozładowań	→ stosunkowo niska gęstość energii i mocy
Akumulatory kwasowe	→ niska cena → wiele różnych dostępnych rozmiarów i wzorów → wysoka zdolność do recyklingu	→ ograniczona gęstość energii → stosunkowo krótki cykl życia → nie można przechowywać w stanie rozładowanym przez długi okres bez trwałego wpływu na wydajność → głębokie cykle mogą mieć wpływ na cykl życia → słaba wydajność w wysokiej temperaturze otoczenia → toksyczność elektrolitu
Sodowo-siarkowe	→ stosunkowo wysoka gęstość energii → stosunkowo długi cykl życia → niskie samorozładowanie	→ niezbędna wysoka temperatura pracy → wysokie koszty

Budowa bateryjnych magazynów energii

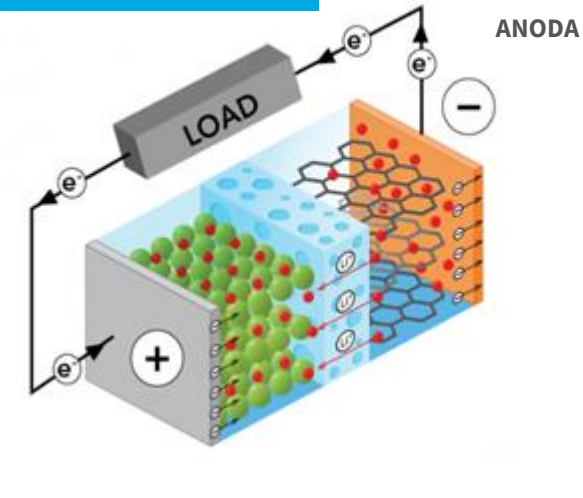
Budowa baterii litowej



Ładowanie



Rozładowanie



 Źródło: <https://solar-energy-connection.com/exploring-the-ingredients-of-lithium-batteries-characteristics-and-applications/>

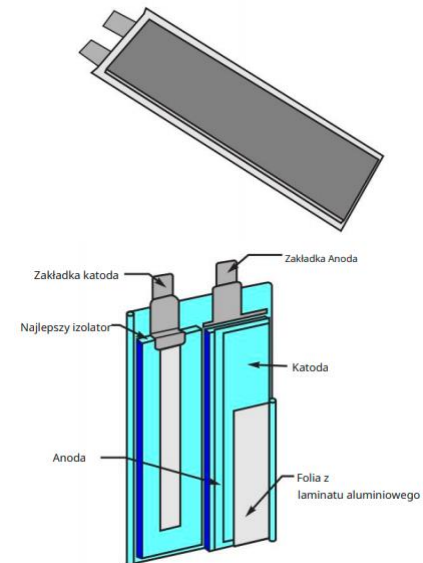
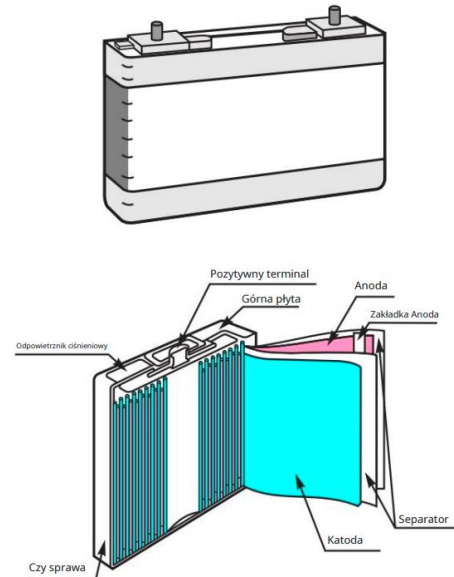
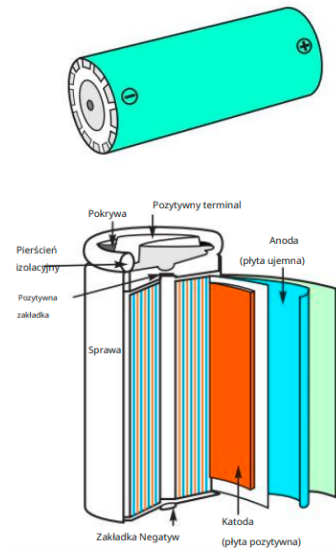
Budowa magazynu energii Li-Ion

Rodzaje ogniw

Katoda	Anoda	Gęstość energii [h/kg]	Ilość cykli
LFP (lit-żelazo-fosfor)	Grafit	85-105	200 – 2 000
LMO (lit-tlenek manganu)	Grafit	140 – 180	800 – 2 000
LMO	LTO (lit-tlenek tytanu)	80 – 95	2 000 – 25 000
LCO (lit-tlenek kobaltu)	Grafit	140 – 200	200 – 800
NCA (nikiel-kobalt-tlenek glinu)	Grafit	120 – 160	800 – 5 000
NMC (nikiel-mangan-kobalt)	Grafit, krzem	120 – 140	800 – 2 000



Budowa magazynu energii Li-Ion

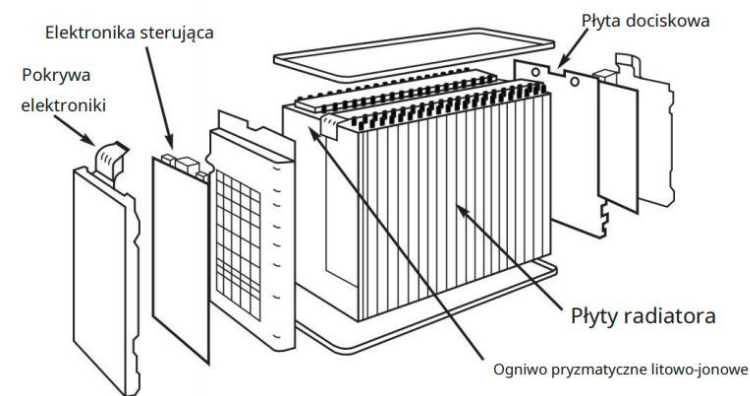
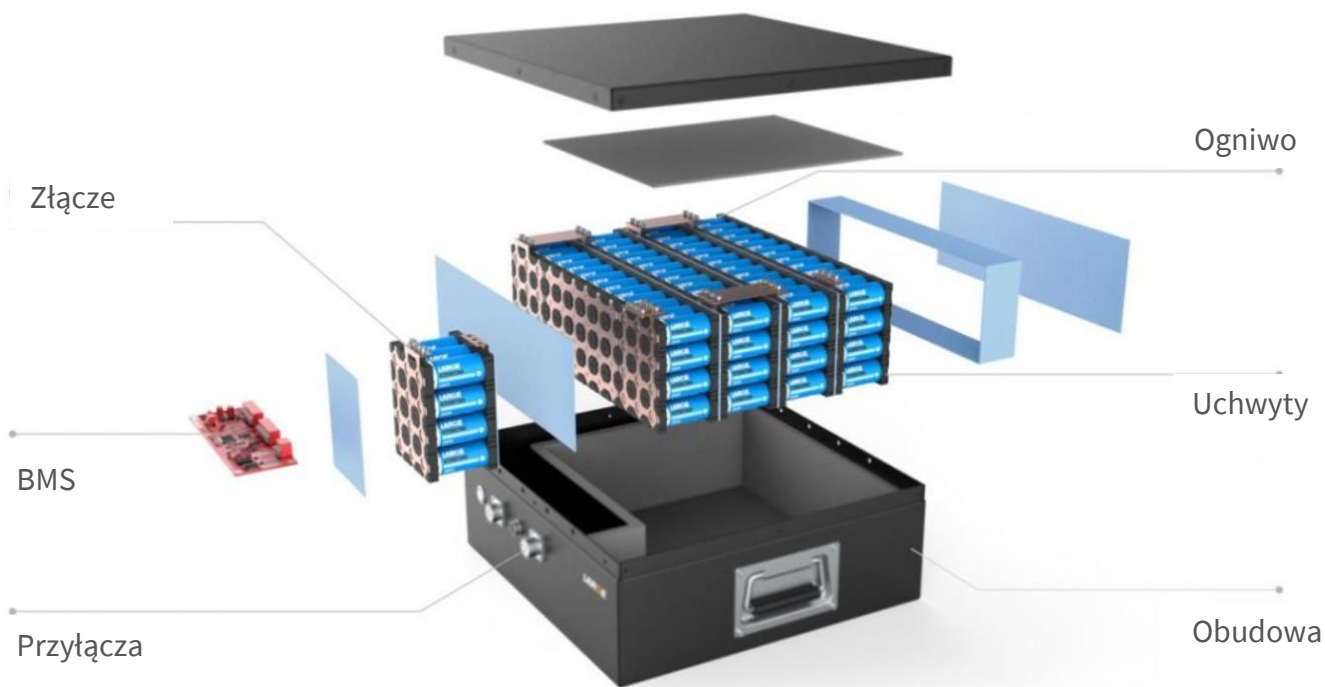


Budowa magazynu energii Li-Ion



Moduł

Kolejnym elementem budowy magazynu jest moduł lub pakiet litowo-jonowy. Jest to zespół wielu ogniw, które są elektrycznie połączone szeregowo, równoległe lub kombinacją obu, aby sprostać napięciu wyjściowemu i amperażu niezbędnemu dla instalacji.

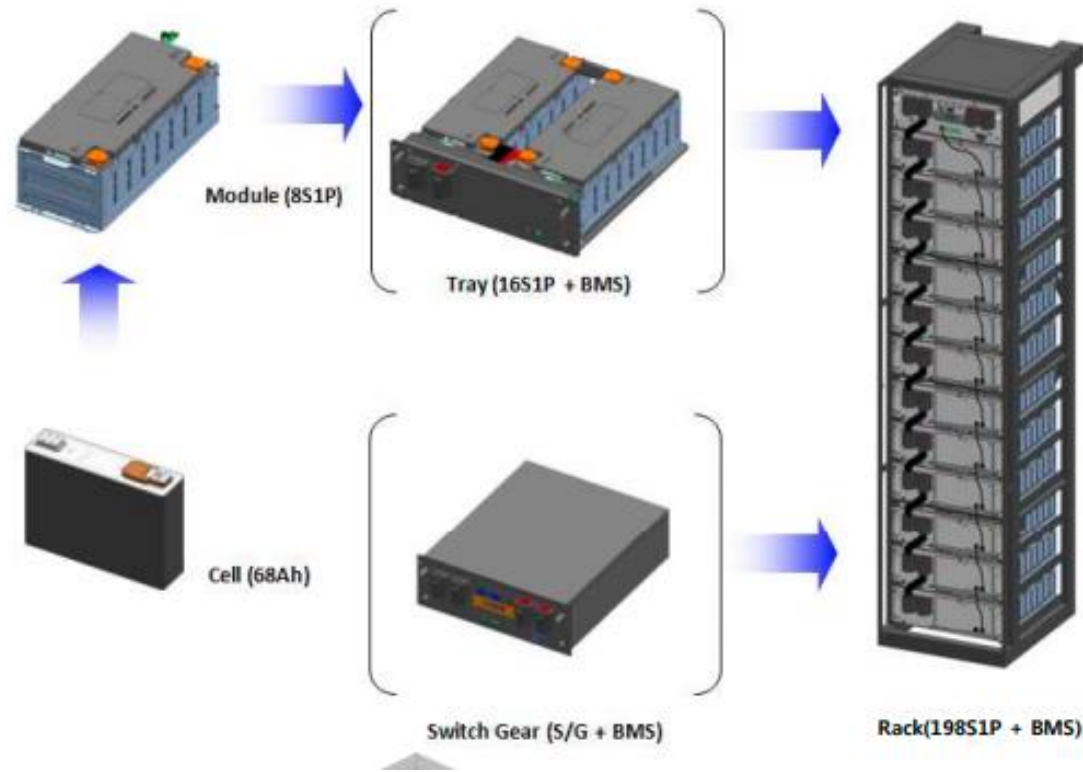


Budowa magazynu energii Li-Ion



Szafa/stojak

Szafa składa się z wielu modułów, zwykle połączonych szeregowo w celu wytworzenia wysokiego napięcia stałego, które jest podawane do falownika/ładowarki. Szafa składa się również z elementów przełączających (wyłącznika, izolatora i stycznika) w celu odizolowania szafy w sytuacjach awaryjnych.



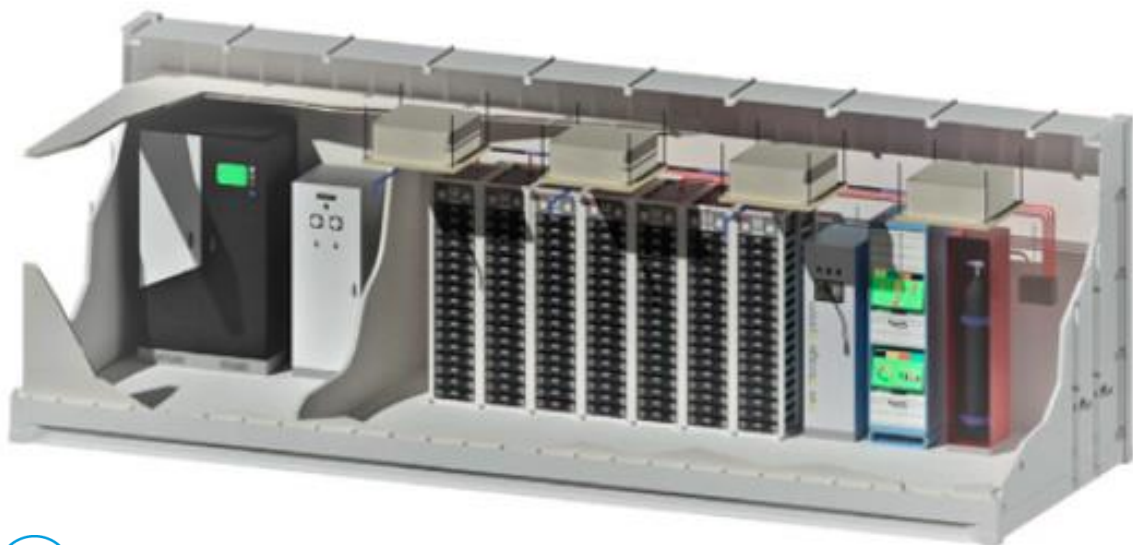
Źródło: <https://www.fangpusun.com/news/the-primary-components-of-an-energy-storage-sy-76967382.html>

Budowa magazynu energii Li-Ion

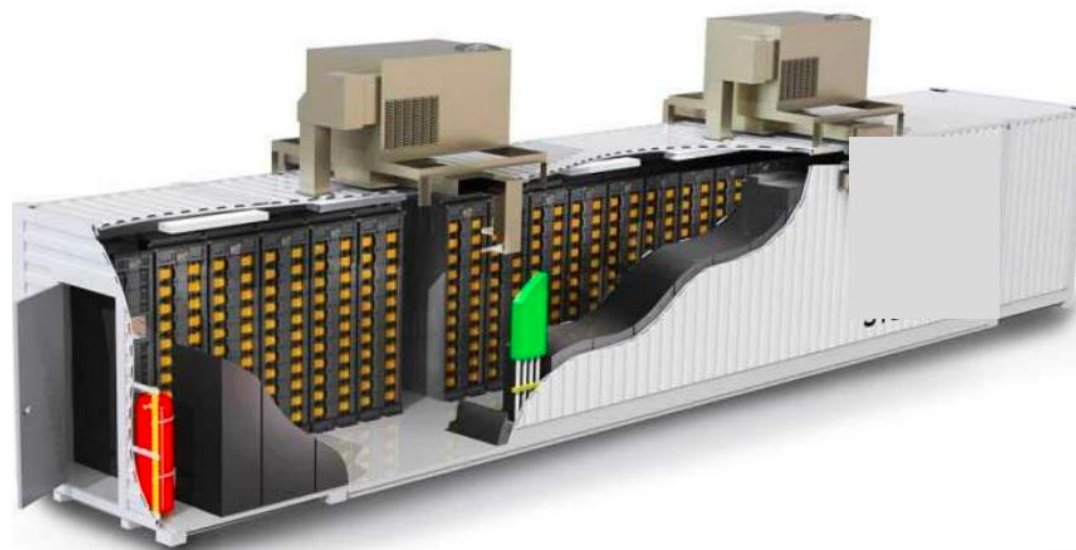


System magazynowania energii

ESS o dużej pojemności składa się z wielu stojaków połączonych równolegle i zasilających falownik/ladowarkę. ESS obejmuje również system zarządzania baterią (BMS), który kontroluje podstawową funkcjonalność baterii, bezpieczne warunki pracy i reakcję awaryjną. ESS obejmuje również systemy pomocnicze, takie jak HVAC i ochrona przeciwpożarowa.

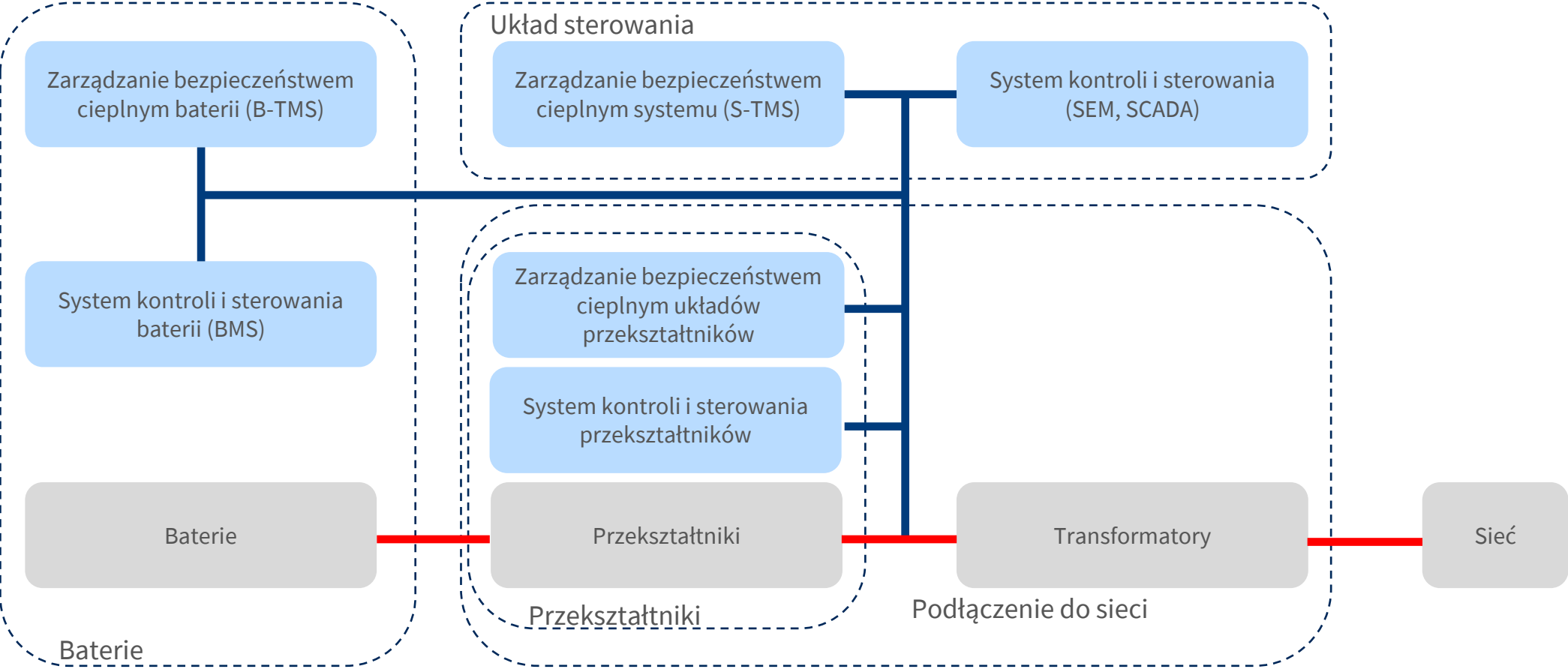


 Źródło: http://www.xn--910bqq20rqpd.com/0-subdio/bbs/board.php?bo_table=0301&wr_id=39



 Źródło: <https://www.takomabattery.com/battery-energy-storage-system/>

Budowa magazynu energii Li-Ion



 Źródło: opracowanie własne na podstawie artykułu „Techniczne aspekty projektowania bateryjnych magazynów energii w świetle doświadczeń z realizacji projektu Gekon”; J. Jemielity, Ł. Czapla, P. Rozenkiewicz

Budowa magazynu energii Li-Ion



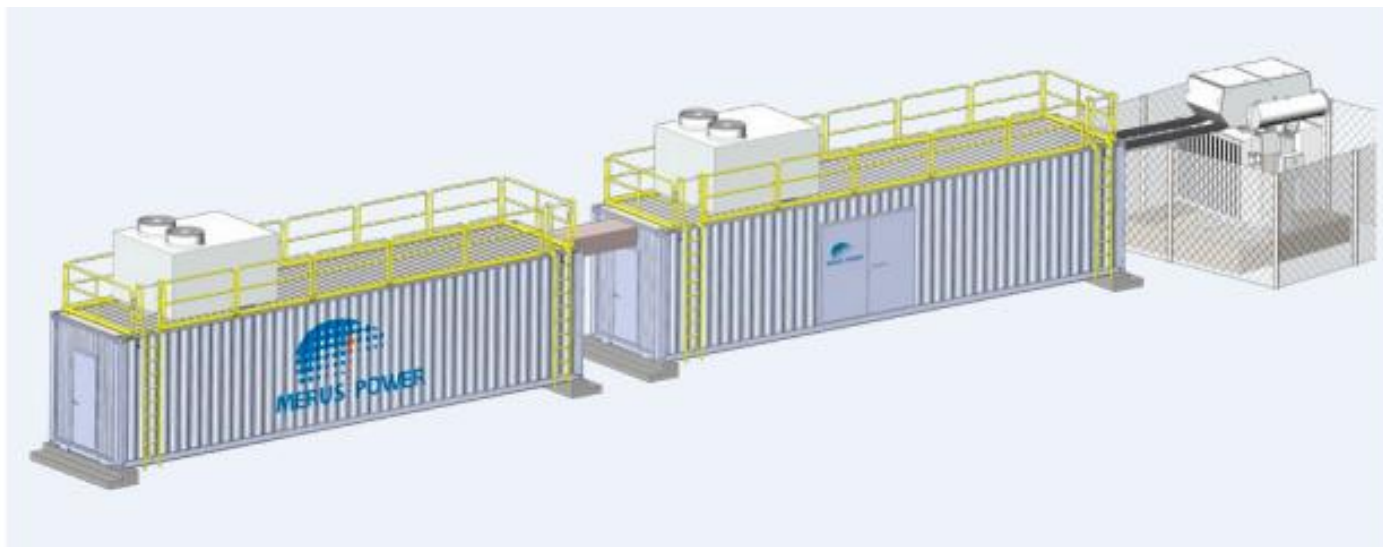
Magazyn, układ sterowania/przekształcania energii i transformator zintegrowane w jednym kontenerze



Magazyn, układ sterowania/przekształcania energii zintegrowane w jednym kontenerze. Stacja transformatorowa zewnętrzna.



Źródło: <https://www.epqs.pl/oferta/magazyny-energii/>



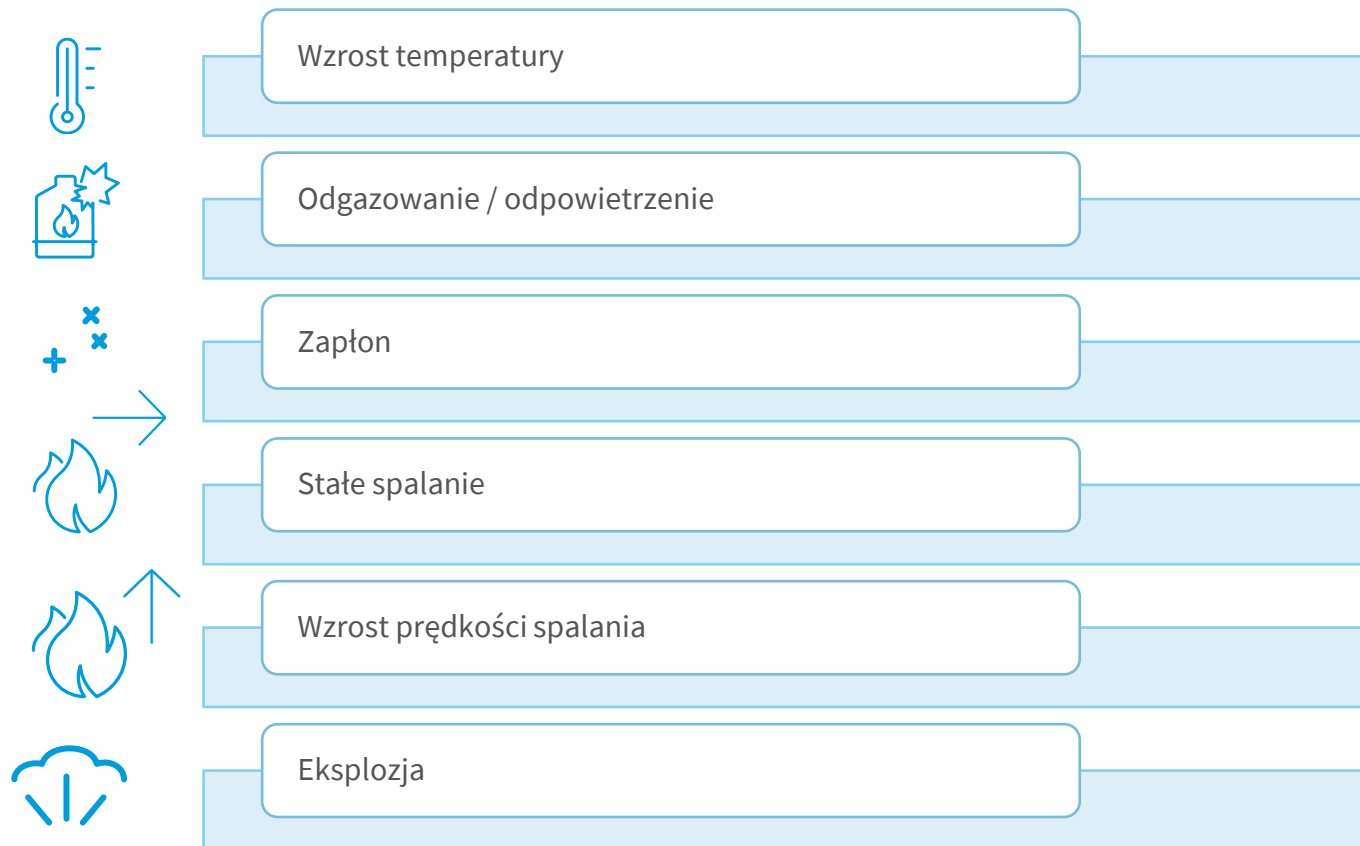
Magazyn i układ sterowania/przekształcania energii umiejscowione w oddzielnych kontenerach. Stacja transformatorowa zewnętrzna.

A photograph of a large industrial fire. Thick, dark black smoke billows upwards from a fire source, partially obscuring a green, forested hill in the background. In the foreground, there are several large industrial buildings with corrugated metal roofs. To the right, a tall metal lattice tower stands. Residential houses with tiled roofs are visible in the immediate foreground. A large white circle with a blue curved segment at the bottom is overlaid on the left side of the image.

Zagrożenia pożarowe

Etapy przebiegu pożaru magazynu energii

Jak przebiega pożar magazynu energii?



Pożar
magazynu energii

Zagrożenia pożarowe

Baterie mogą zostać uszkodzone na jeden z czterech sposobów:

1

- Termiczne — stres cieplny spowodowany wewnętrznym przegrzaniem lub ogrzewaniem zewnętrznym z ognia lub silnego źródła ciepła.

2

- Elektryczne — akumulator jest przeładowany lub dochodzi do zwarcia.

3

- Mechaniczne — obudowa akumulatora/ogniwa jest uszkodzona mechanicznie (uszkodzenia podczas montażu, transportu, przeładunku, usuwania odpadów, przypadkowe podczas użycia produktu).

4

- Wada produkcyjna — wady fabryczne prowadzą do awarii termicznej lub elektrycznej (wady materiałowe, konstrukcyjne, zanieczyszczenia).



25°C


 $\text{O}_2/\text{H}_2/\text{DMC}/\text{DEC}/\text{EMC}/\text{EC}$

130°C


 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{DMC}/\text{DEC}/\text{EMC}/\text{EC}/\text{HF}$

700°C


 $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2/\text{CO}/\text{DMC}/\text{DEC}/\text{EMC}/\text{EC}/$
 $\text{HF}/\text{C}_2\text{H}_2/\text{C}_2\text{H}_4/\text{CH}_4$

>700°C



Jak przebiega pożar magazynu energii?

1 i 2

Etap



Wzrost temperatury



Odgazowanie / odpowietrzenie

Gdy bateria zostanie naruszona, wewnętrzna temperatura i ciśnienie baterii wzrastają z powodu nagromadzenia gazów. Integralność pojemnika baterii ulega uszkodzeniu, a gazy są uwalniane.

Gazy to w większości odparowany elektrolit, który jest palny lub wybuchowy. Odgazowywanie może nastąpić przez zaledwie dwie minuty do prawie trzydziestu minut przed następnym etapem.

Jak przebiega pożar magazynu energii?

3

Etap

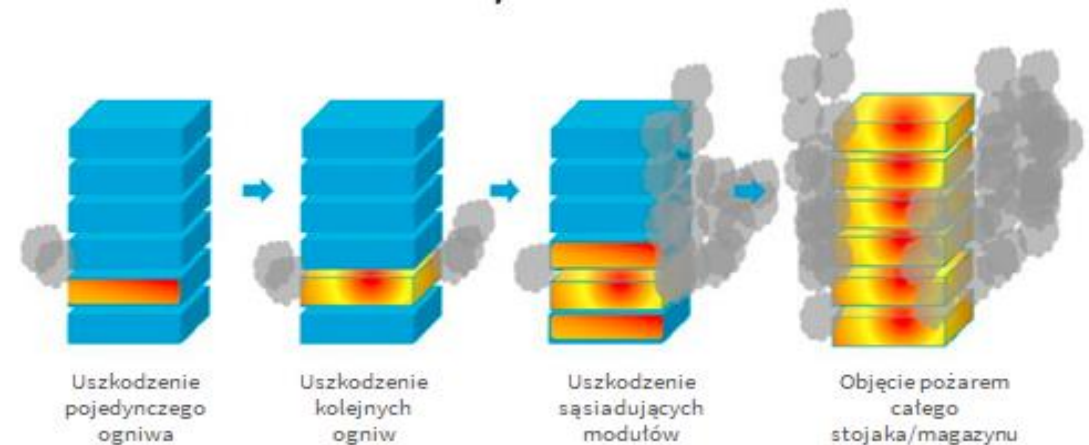


Generacja dymu i zapłon

Gdy akumulator ulegnie awarii, napięcie spada do zera, a anoda i katoda są zwarte. Gdy cała zmagazynowana energia przepłynie przez zwarcie, temperatura akumulatora szybko wzrośnie do ponad 300 °C. Powoduje to wytwarzanie dymu z wnętrza akumulatora. Produkcja dymu jest pierwszym krokiem do niekontrolowanej emisji temperatury i może doprowadzić do zapłonu produktów odgazowania. Ucieczka termiczna to reakcja łańcuchowa, w której:

- Egzotermiczna reakcja uszkodzonego ogniwa akumulatora powoduje przegrzanie sąsiedniego ogniwa lub modułu akumulatora.
- Sąsiednia bateria ulega awarii w podobny sposób i z kolei przegrzewa inne baterie.

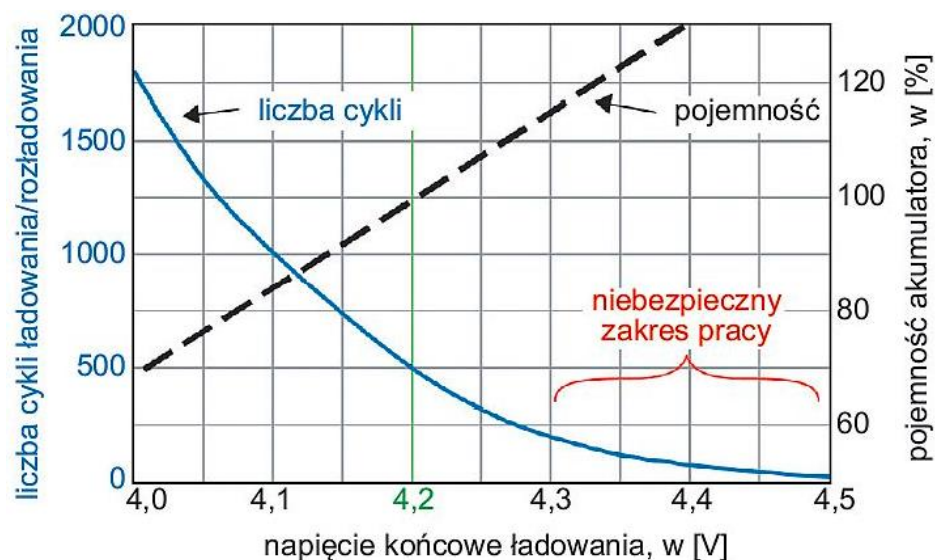
Reakcja trwa, dopóki nie zostanie zatrzymana przez okoliczności lub działanie.



Źródło: <https://biblus.acca.it/antincendio-batterie-di-accumulo/>

Zagrożenie pożarowe

Wydajność ogniw litowo-jonowych zależy zarówno od temperatury, jak i napięcia roboczego. Istnieje **tzw. bezpieczne okno operacyjne**, w którym te ogniwa mogą pracować.



Ogniwo powinno pracować w zakresie od 0°C do 100°C utrzymując napięcie od 2 V do 4 V.

W przypadku awarii i spadku temperatury ogniwa poniżej 0°C, może nastąpić podczas cyklu ładowania wytwarzanie dendrytu co może prowadzić do zwarcia. Podobna sytuacja może mieć miejsce podczas pracy w optymalnych temperaturach i napięciu powyżej 4 V.

Praca w temperaturze powyżej 100°C może prowadzić do uszkodzenia warstwy termicznej SEI a w połączeniu z działaniem napięcia powyżej 6 V może prowadzić do wycieku elektrolitu i późniejszego zapłonu oparów.

Podczas pracy w ekstremalnych temperaturach (powyżej 200°C) materiał aktywny katody ulegnie rozpadowi, powodując jeszcze dalsze szkody.



Źródło:

<https://www.elektro.info.pl/artikel/automatyka/73623,wlasciwosci-eksploatacyjne-ogniw-litowych-1>

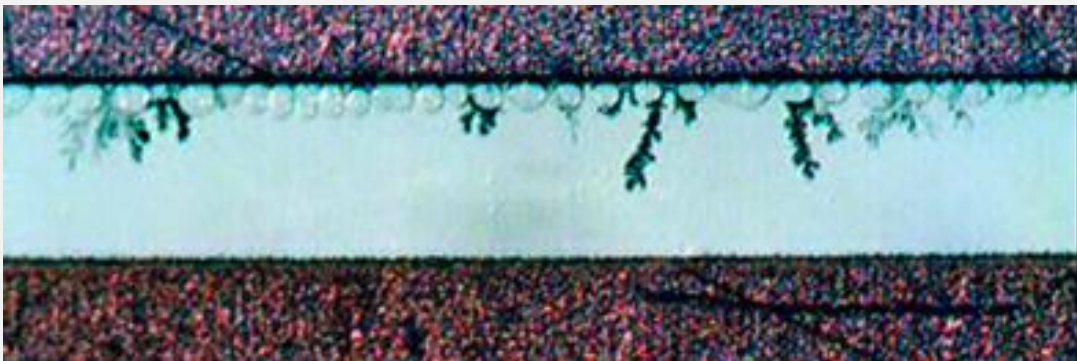
Zagrożenie pożarowe



1

Przepięcie

Jeśli napięcie ładowania wzrośnie powyżej zalecanego napięcia górnego, może płynąć nadmierny prąd, powodując dwa problemy:



2

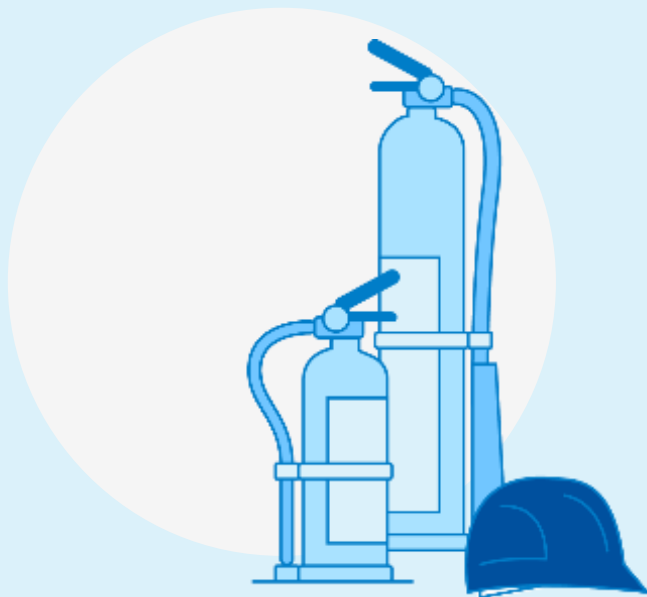
Powlekanie litem (wzrost dendrytu)

Jony litu gromadzą się na powierzchni anody, gdzie są osadzane jako metaliczny lit. Nazywa się to powlekaniem litem. Konsekwencją jest nieodwracalna utrata pojemności, a ponieważ powlekanie występuje w formie dendrytycznej, może to ostatecznie doprowadzić do zwarcia między elektrodami.

3

Przegrzanie

Nadmierny prąd powoduje również zwiększone nagrzewanie ogniwa Joule'a, któremu towarzyszy wzrost temperatury w baterii.



Podnapięcie/nadmierne rozładowanie

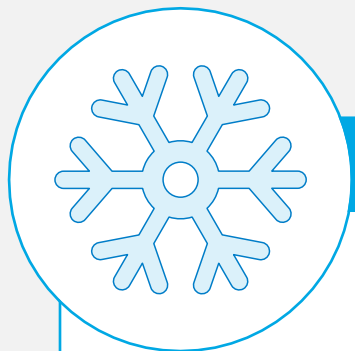
Dopuszczenie do spadku napięcia ogniwa poniżej około 2 V przez nadmierne rozładowanie lub przechowywanie przez dłuższy czas powoduje postępujące przebicie materiałów elektrod.

Zagrożenie pożarowe

Anody: przy niskim napięciu prądu ogniwo z miedzi anodowej rozpuszcza się w elektrolicie. Gdy napięcie wzrasta (przez ładowanie), jony miedzi, które są rozproszone w elektrolicie, wytrącają się jako metaliczna miedź, gdziekolwiek się znajdują, niekoniecznie z powrotem na folii ogniwa. Jest to niebezpieczna sytuacja, która może ostatecznie spowodować zwarcie między elektrodami.

Katody: utrzymywanie ogniw przez dłuższy czas pod napięciem poniżej 2 V powoduje stopniowe przebicie katody przez wiele cykli z uwalnianiem tlenu przez katody z tlenku litowo-kobaltowego i tlenku litowo-manganowego, co w konsekwencji prowadzi do trwałej utraty pojemności. W przypadku ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych może to nastąpić w ciągu kilku cykli.

Zagrożenie pożarowe



Niska temperatura

Efekt obniżenia temperatury roboczej jest zmniejszenie szybkości transformacji aktywnych związków chemicznych w ogniwie. Przekłada się to na zmniejszenie obciążalności prądowej ogniwa, zarówno podczas ładowania, jak i rozładowywania. Ponieważ elektrody nie mogą pomieścić prądu dochodzi do awarii katody. Ciepło z rozpadu elektrolitu powoduje rozpad materiału katodowego z tlenków metali uwalniając tlen, co może umożliwić zapalenie się zarówno elektrolitu, jak i gazów wewnątrz ogniwa.



Wysoka temperatura

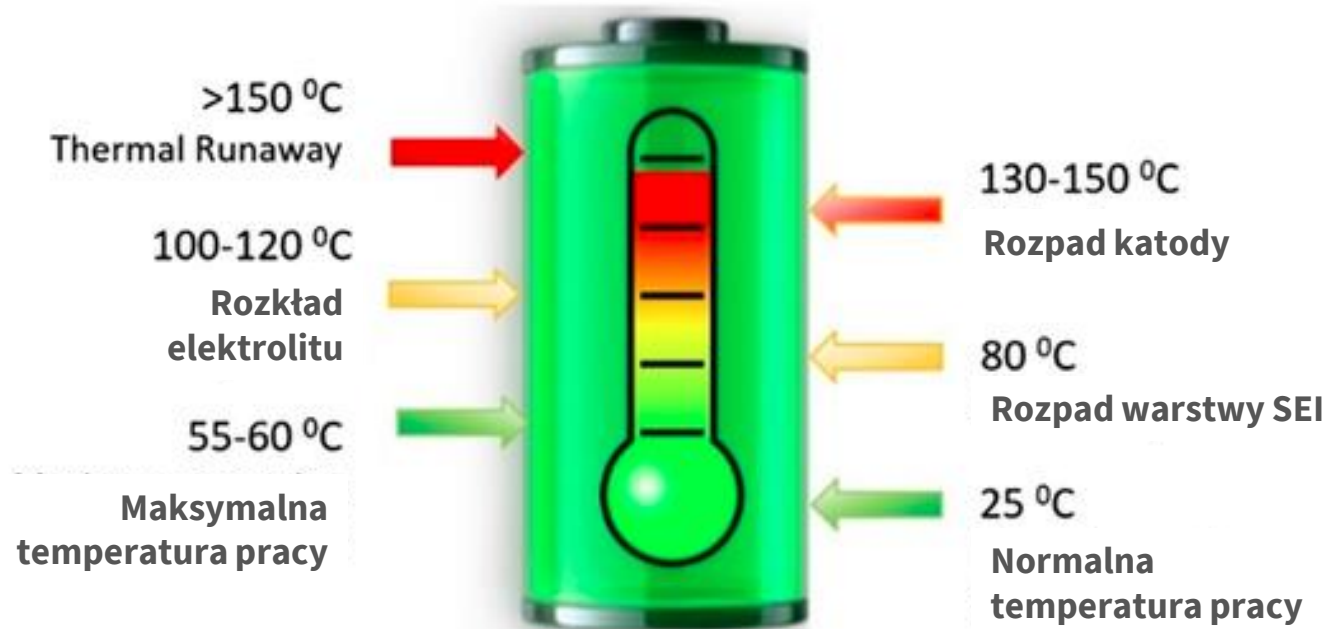
Praca w wysokich temperaturach może spowodować zniszczenie ogniwa. Wyższa temperatura pozwala na zwiększenie szybkości reakcji a tym samym na uzyskanie większej mocy. W sytuacji gdy generacja ciepła przez ogniwo jest szybsza niż jego odbiór może to doprowadzić do istotnych uszkodzeń ogniwa.

Zagrożenie pożarowe

Ucieczka termiczna

Narastanie do ucieczki termicznej obejmuje kilka etapów, z których każdy może spowodować więcej szkód niż poprzedni etap.

- A. Podział warstwy SEI.
- B. Rozpad elektrolitów.
- C. Topienie separatora.
- D. Awaria katody – uwalnianie tlenu.



Źródło: <https://cmbatteries.com/pl/zabezpieczenie-termiczne-baterii-litowej/>

Zagrożenie pożarowe

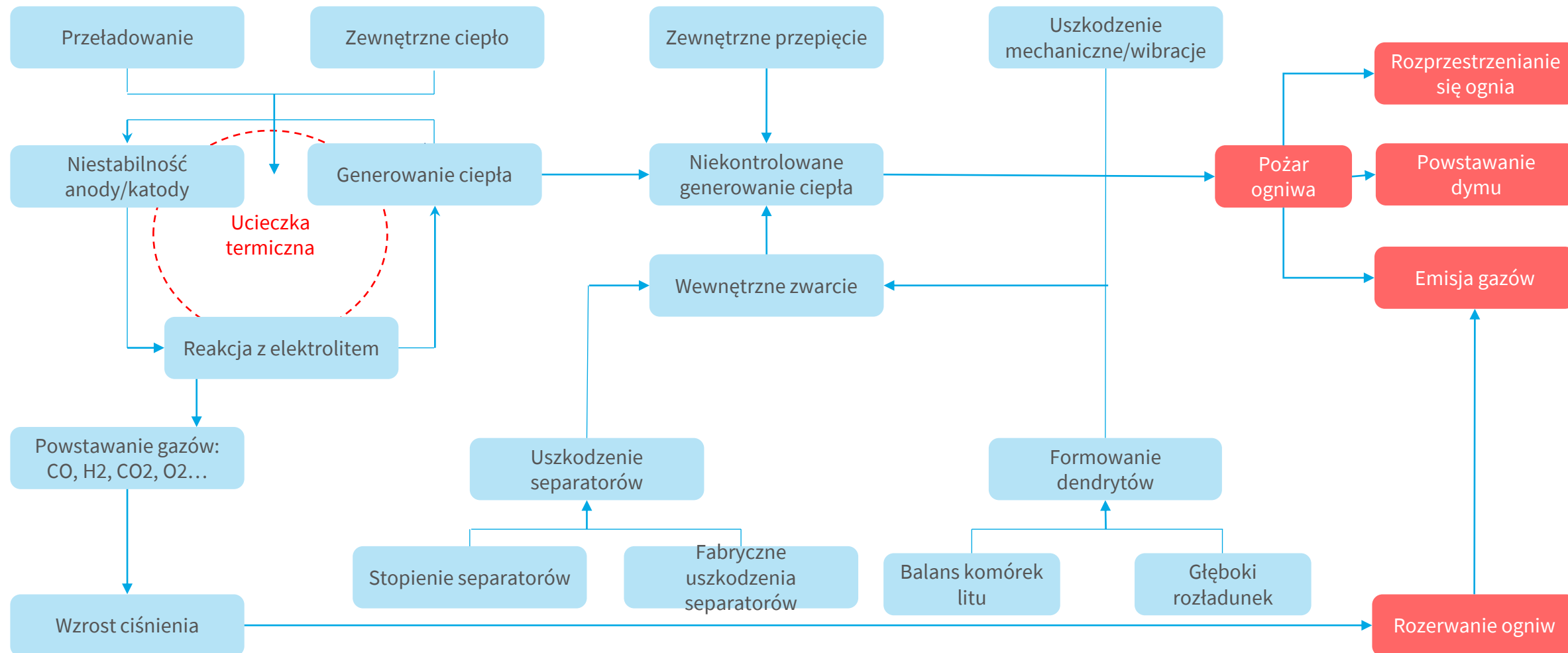


Zmęczenie/uszkodzenie mechaniczne

Elektrody ogni w litowych rozszerzają się i kurczą podczas ładowania i rozładowywania. Cykliczne naprężenia na elektrodach mogą ostatecznie prowadzić do pęknięcia cząstek tworzących elektrodę, co powoduje wzrost impedancji wewnętrznej w miarę starzenia się ogniwa. W najgorszym przypadku warstwa SEI może się zepsuć, prowadząc do przegrzania i natychmiastowej awarii ogniwa. Alternatywnie, wewnętrzne zwarcie doziemne spowodowane uszkodzeniem izolacji między elektrodami a obudową może również spowodować uszkodzenie ogniwa.

- Podobnie, powolne pogarszanie się stanu elektrolitu za każdym razem, gdy jest on poddawany cykлом cieplnym, może prowadzić do uwolnienia niewielkich ilości gazów, co prowadzi do pęcznienia ogniwa i ostatecznie do pęknięcia obudowy ogniwa.
- Nieszczelność obudowy może prowadzić do wnikania tlenu/wilgoci, powodując rozkład elektrolitu. Zwykle uszkodzenia uszczelnień i spawów mogą spowodować uszkodzenie obudowy.
- Inne rodzaje uszkodzeń mechanicznych to upuszczenie, przebicie, wbicie gwoźdźcia, uderzenie i niebezpieczna obsługa.

Zagrożenie pożarowe



Źródło: opracowanie własne na podstawie artykułu ze strony internetowej https://www.researchgate.net/publication/345463786_A_review_of_lithium_ion_battery_failure_mechanisms_and_fire_prevention_strategies

Zagrozenie pozarowe – jak przeciwdzialac

	NFPA 855	FM 05-33	IFC 2018
	2019 (2023 aktualna edycja) W przygotowaniu 2026	2017 (2025)	2017
Minimalna pojemnosc	20 kWh	20 kWh	20 kWh
Maksymalna dopuszczalna moc	600 kWh	600 kWh	600 kWh
Powyzej 600 kWh	Montaz w dedykowanym obiekcie	-	-
Separacja miedzy grupami i scianami	Minimum 0.9 m miedzy kazda grupa 50 kWh	Minimum 0.9 m	Minimum 0.9 m
Separacja miedzy obudowami magazynow	-	6m lub oddzielenie termiczne o wytrzymalosci 1h	-
Tryskacze	Min 12.2 l/min/m2 do 50 kWh, wieksze na podstawie testow	Min 12.2 l/min/m2	Zgodnie z NFPA 13
Maksymalna wielosc sekcji tryskaczowej	230 m2	230 m2	Zgodnie z NFPA 13
Alternatywne systemy gaszenia	Jedynie w sytuacji wykazania ich skutecznosci (testy)	-	Jeżeli tryskacze nie mogą być zastosowane
Odpornosc ogniowa budynku	2 h	2 h	1 h



Źródło: opracowanie własne na podstawie przywołanych wyżej wytycznych





Jaka jest najlepsza praktyka ochrony BESS?

Odpowiednia ochrona BESS wymaga kompletnego i zintegrowanego systemu. Każdy składnik ma swoje miejsce i funkcje zapewniające ochronę warstwową.

Zagrożenie pożarowe – jak przeciwdziałać

W skład systemu zabezpieczeń BESS powinny wychodzić:

dobrze zaprojektowany i wyprodukowany system zarządzania baterią zapewniający nadzór nad funkcjami baterii i warunkami pracy (BMS),

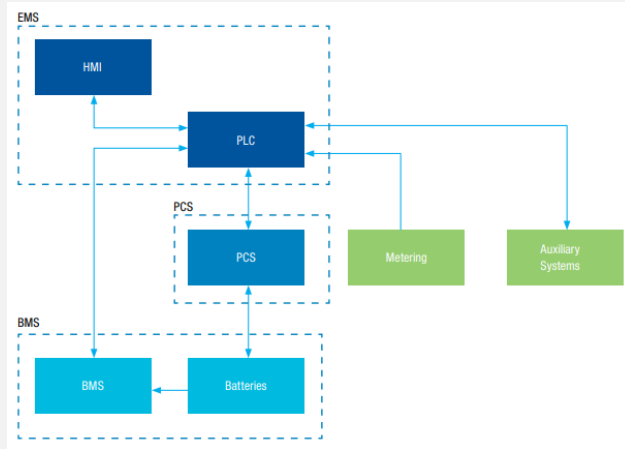
system wykrywania gazu służący do wyłączania wadliwych ogniw oraz aktywacji wentylacji oraz alarmowania,

zainstalowany i połączony z systemem wykrywania pożaru system gaszenia pożaru,

kamery termowizyjne do wykrywania poziomów ciepła i gorących punktów z zewnątrz obudowy.

Zagrożenie pożarowe – jak przeciwdziałać

Najważniejszym zadaniem układu BMS jest wyrównywanie napięcia na ogniwach akumulatorowych zwanym balansowaniem (równoważeniem) ogniw.



Funkcje realizowane przez BMS



Pomiar wartości napięcia układu, prądu i temperatury.

Poziom naładowania ogniw.

Ochrona ogniw.

Pozyskiwanie danych.

Zarządzanie temperaturą.

Monitorowanie i przechowywanie wcześniejszych danych.

Komunikacja z modułami wewnętrznym i zewnętrznymi.

Kontrolowanie procedur refreshingu.

Kontrolowanie procedury ładowania/rozładowywania .



Źródło: <https://osmbattery.com/battery-energy-storage-system/basic-structure-of-ess-inlcude-ems-pcs-lithium-batteries-and-bms/>

Zagrozenie pożarowe – jak przeciwdziałać



Wykrywanie gazu

W miarę narastania niestabilnego stanu baterii temperatura i ciśnienie wewnątrz ogniwa zaczynają rosnąć w miarę gromadzenia się palnych gazów. W pewnym momencie otwiera się zainstalowany otwór wentylacyjny lub następuje awaria obudowy baterii (zazwyczaj typu worek lub skorupa) i gazy ulatniają się.

Przeprowadzono badania na ogniwach litowo-jonowych, gdzie testowano je aż do awarii. Chromatografia gazowa gazu odlotowego wykazała, że głównym składnikiem był węglan etylometylu, który jest elektrolitem wewnątrz ogniwa.

Zadziałanie detekcji gazu może aktywować kilka działań łagodzących. Najważniejszym jest odcięcie zasilania uszkodzonych ogniw. Dodatkowe funkcje to:

1

aktywacja systemu wentylacji w obudowie BESS, aby usunąć łatwopalne gazy i ciepło

2

aktywacja alarmu lokalnego i w oddali ostrzeżenie operatorów przed podjęciem dodatkowych działań



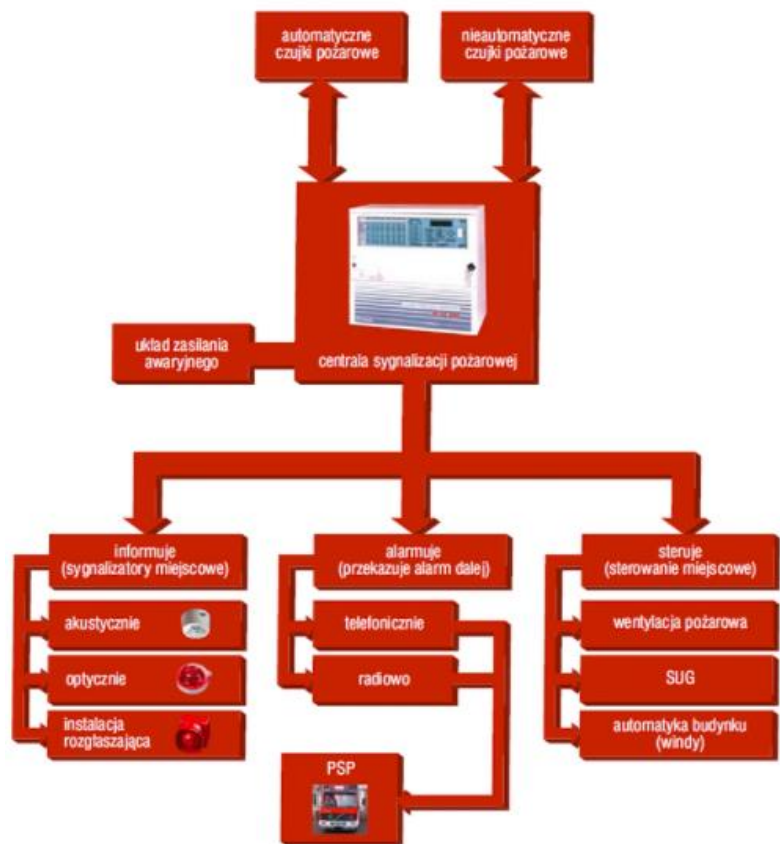
Zagrożenie pożarowe – jak przeciwdziałać



Źródło: <https://uk.linkedin.com/in/james-birch-a9a4772b>

Zagrozenie pożarowe – jak przeciwdziałać

Wykrywanie pożaru



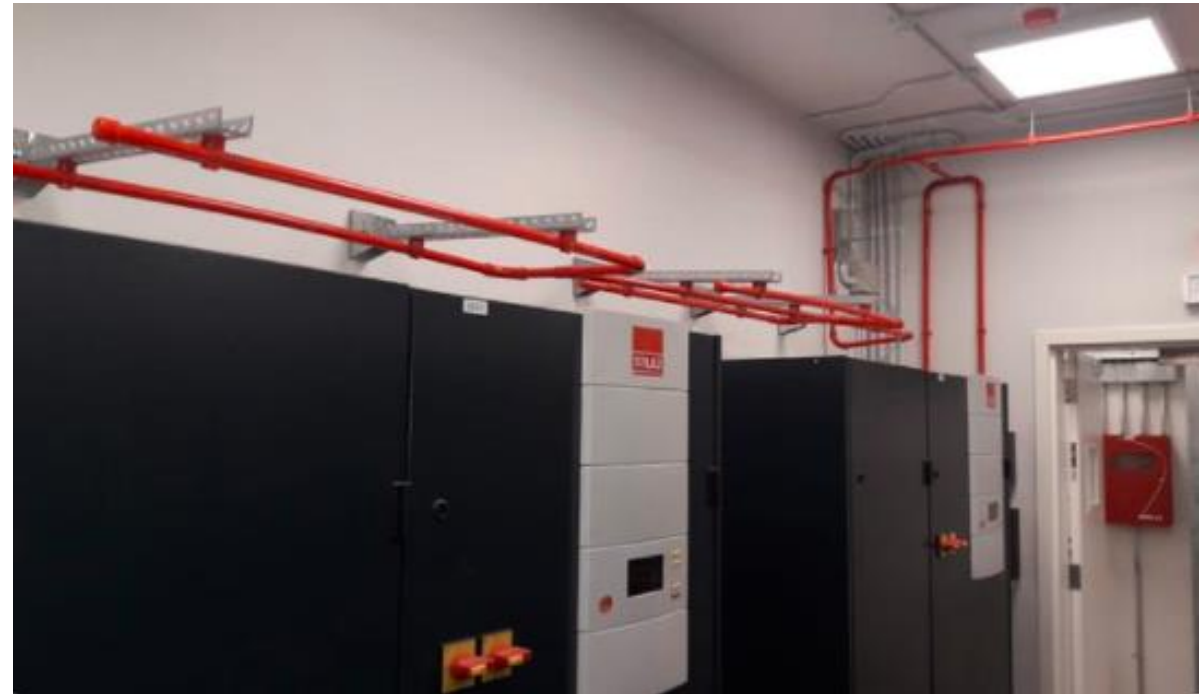
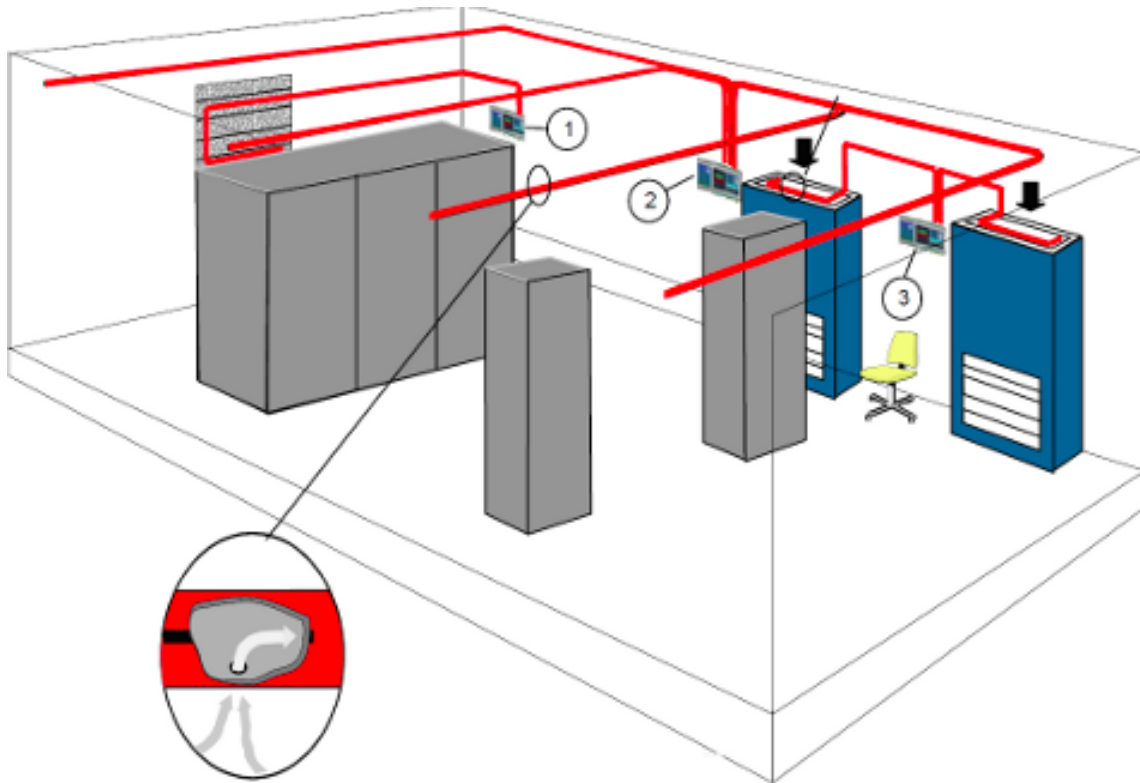
Źródło: <http://www.monitel.e.pl/przeciwpozarowe.html>



Źródło: <https://www.satel.pl/produkty/csp/czujki-csp/dcp-100/>;
<https://www.grupa-wolff.eu/oferta/czujka-plomienia/>;
<https://intercompras.com/mc/accesorios-seguridad-alarmas-safe-fire-detection-inc-2570-2147077283>

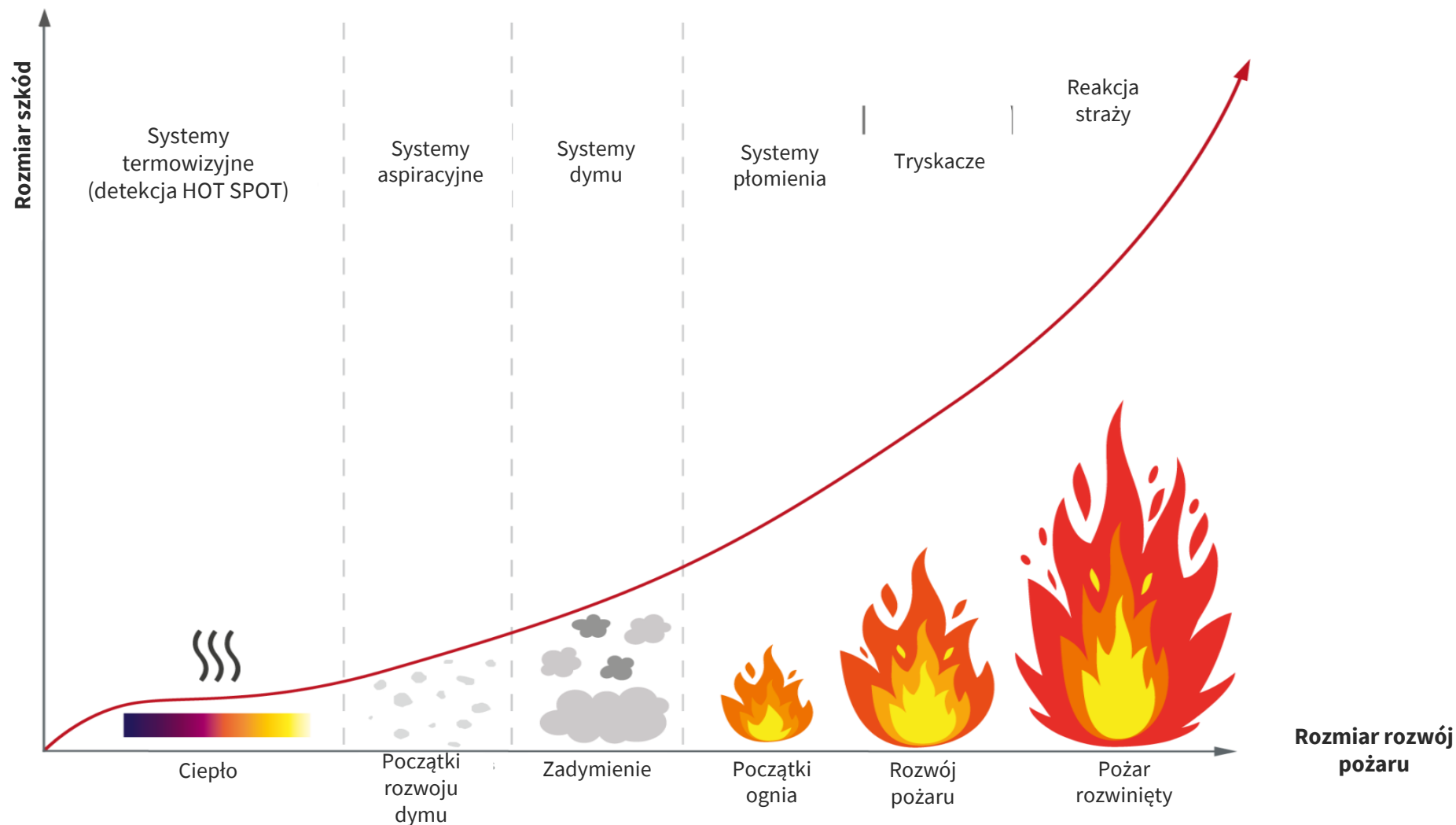
Zagrożenie pożarowe – jak przeciwdziałać

Wykrywanie pożaru



Źródło: <https://ejfire1.com.br/servicos/sistema-de-deteccao-de-gas/>

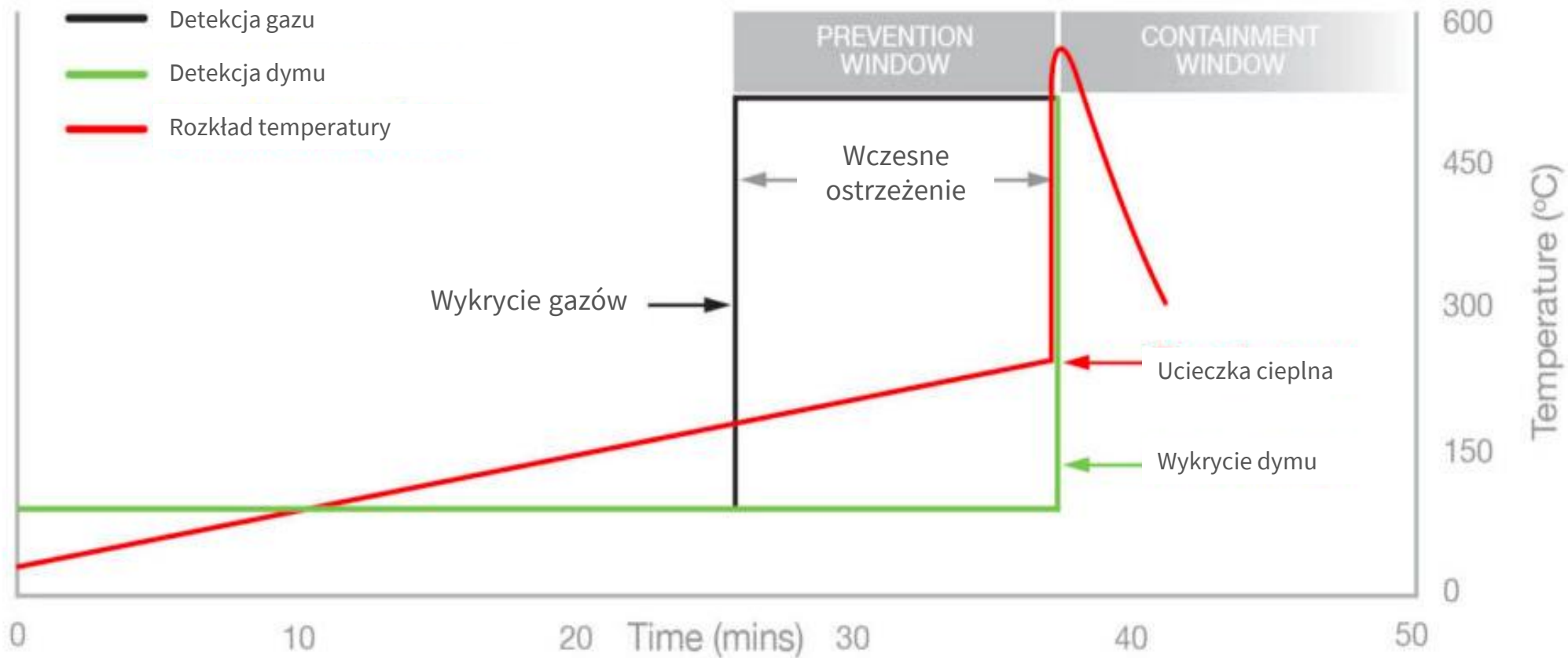
Zagrożenie pożarowe – jak przeciwdziałać



 Źródło: <https://www.engineeringnews.co.za/article/industry-40-enables-surge-in-automated-firefighting-solutions-2023-05-12>

Zagrożenie pożarowe – jak przeciwdziałać

Battery failure timeline



Źródło: <https://ifpmag.com/putting-in-place-fire-protection-measures-for-lithium-ion-battery-energy-storage-systems/>



Zagrożenia pożarowe – jak przeciwdziałać

W celu zapewnienia właściwej ochrony przeciwpożarowej BESS, **wymagany jest odpowiednio dobrany środek gaśniczy.**

Dobrze dobrany środek w tym przypadku to taki, który:

- ograniczy propagację niekontrolowanej temperatury
- ugasi każdy rodzaj ognia
- nie uszkadza komponentów
- nie wymaga znaczącej infrastruktury

Zagrożenie pożarowe – jak przeciwdziałać

Firma	Kraj	Rok	Układ baterii	Typ baterii	Woda	CO ₂	Piana	Proszek chemiczny/suchy	Azot	Piasek	Halon*	Inne odpowiednie środki
Yuka Energy	Chiny	2011	Pakiet	LCO		x	x	x		x		
Makita	USA	2013	Pakiet	NCO	x		x	x				
Enertech	Korea	2017	Pakiet	NMC	x			x		x		
Samsung	Korea	2011	Ogniwo	NMC	x			x				
Samsung	Korea	2016	Ogniwo	LCO	x	x	x	x	x			
Saft	Francja	2009	Pakiet	LMO	x	x		x			x	
Bipower	USA	2017	Ogniwo	LCO	x	x		x				
LG Chem	Korea	2013	Ogniwo	NMC								x
Motorola	USA	2017	Pakiet	LCO	x	x	x	x				
Ideal	USA	2010	Ogniwo	LCO		x	x	x				
SDPT	Chiny	2016	Pakiet	LCO	x	x						
Bren-Tronics	USA	2013	Pakiet	NMC	x	x	x	x				
Advance Energy	USA	2011	-	LCO								x
Leo Energy	Singapur	2014	-	NMC	x		x					
IDX	Japonia	2016	Pakiet	LMO	x	x	x	x	x			
Panasonic	USA	2015	-	NMC	x	x	x	x				
Razem					12	10	9	12	2	2	1	2



Źródło: Wilkens, K.; Johnsen, B.; Bhargava, A.; Dragsted, A. Assessment of Existing Fire Protection Strategies and Recommendation for Future Work, in Project BLUE BATTERY, Part II; Danish Institute of Fire and security Technolog: Hvidovre, Denmark, 2017.

Rekomendowane zabezpieczenia

Wymagania konstrukcyjne



BESS powinny znajdować się poza obiektami produkcyjno-magazynowymi.

BESS mogą znajdować się wewnątrz budynków jedynie w sytuacji pełnego ich wydzielenia pożarowego w klasie co najmniej REI240.



BESS powinien być wykonany w konstrukcji niepalnej. Nie rekomenduje się stosowania w elementach konstrukcyjnych BESS płyt warstwowych z rdzeniem PU/PIR/PS.

Minimalna odległość między BESS-ami to 3 m. Pomiędzy nimi nie powinny znajdować się żadne materiały palne. Rekomendowana odległość to 6 m.

Odległość pomiędzy BESS a budynkiem lub materiałami palnymi wynosi co najmniej 10 m (rekomendowane 20 m w przypadku obiektów wykonanych w konstrukcji palnej).

Transformatory powinny znajdować się poza obiektem baterijnym/przekształtnikowym. W sytuacji braku możliwości usytuowania transformatorów poza BESS, powinny zostać one wydzielone pożarowo w klasie co najmniej REI120

Cześć bateryjna powinna być wydzielona od części przekształtnikowej i nadzorczej w klasie co najmniej REI 120 z drzwiami w tej samej klasie odporności co ściana (EI120), w przypadku ściany REI240 zabezpieczenie otworów w klasie EI120.

Rekomendowane zabezpieczenia

Wymagane systemy bezpieczeństwa



SSP (certyfikowany system zgodny z funkcjonującymi na rynku standardami m.in. PN, VdS, NFPA, FM).

System detekcji gazów w obszarze baterijnym.



Stałe urządzenia gaśnicze (certyfikowany system zgodny z funkcjonującymi na rynku standardami m.in. PN, VdS, NFPA, FM, CNBOP) w obszarze baterijnym, przekształtnikowy/nadzorczym oraz na transformatorach.

Instalacje powinny być zaprojektowane i wykonane zgodnie z dostępnymi standardami (VdS, NFPA, FM, PN).

Odprowadzenie wody pożarowej powinno być realizowane do niezależnej instalacji kanalizacyjnej (odseparowanej od ogólnej instalacji kanalizacyjnej, deszczowej).

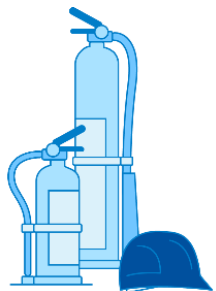
Rekomendowane systemy wykrywania zjawiska Thermal Runaway.

Zaopatrzenie wodne do zewnętrznych celów gaśniczych uzależnione od całkowitej powierzchni zajmowanej przez BESS ale nie mniej niż 20 l/s.

The background image shows an industrial facility, possibly a refinery or chemical plant, at dusk or dawn. Large cylindrical storage tanks and complex piping structures are visible, with some lights illuminated. A large white circle with a blue arc at the bottom is overlaid on the left side of the image.

Przyczyny powstawania szkód

Przyczyny szkód



Niewystarczające systemy ochrony akumulatora przed zagrożeniem elektrycznym

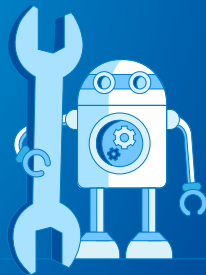
Nieprawidłowo dobrane systemy zabezpieczeń nie były w stanie odpowiednio chronić przed zagrożeniami elektrycznymi z powodu zwarcć doziemnych lub zwarcć. W przypadku dużych przepięć elektrycznych w systemie bateryjnym bezpiecznik nie był w stanie szybko przerwać prądu, co doprowadziło do katastrofalnej awarii styczników.



Nieodpowiednie zarządzanie środowiskiem operacyjnym

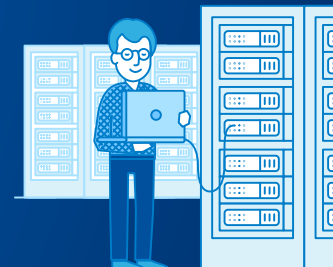
Spośród 23 incydentów pożarowych, które miały miejsce, 18 BESS zostało zainstalowanych w górach lub na obszarach przybrzeżnych. Stwierdzono, że środowiska te skutkowały trudnymi warunkami pracy (duże wahania temperatury, wysoka wilgotność oraz podwyższonego poziomu pyłów i cząstek stałych) co doprowadziło do awarii prowadzących do pożarów. Podwyższony poziom wilgotności i duże wahania temperatury spowodowały kondensację, i pozostanie w systemie baterii osadów po odparowaniu. Wpłynęło to na pogorszenie izolacji elektrycznej wewnątrz modułów baterii między ogniwami a masą modułu, co skutkowało zwarciami i kolejnymi pożarami.

4 główne przyczyny pożarów BESS



Wadliwe instalacje

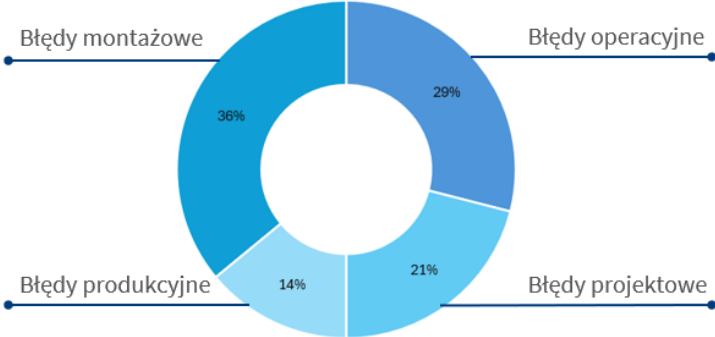
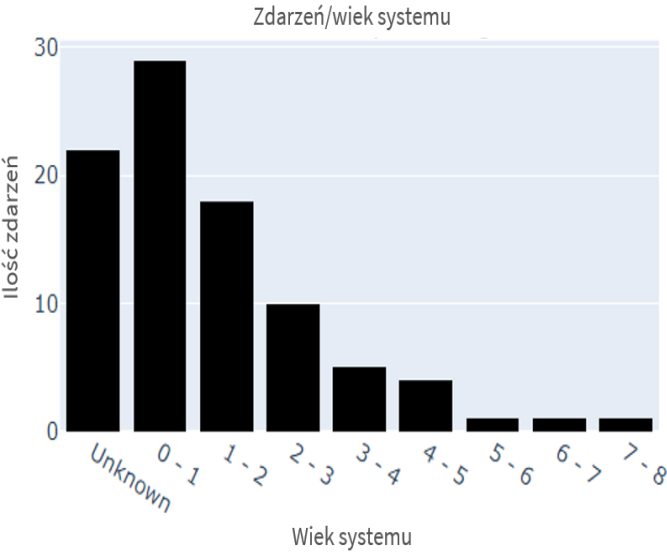
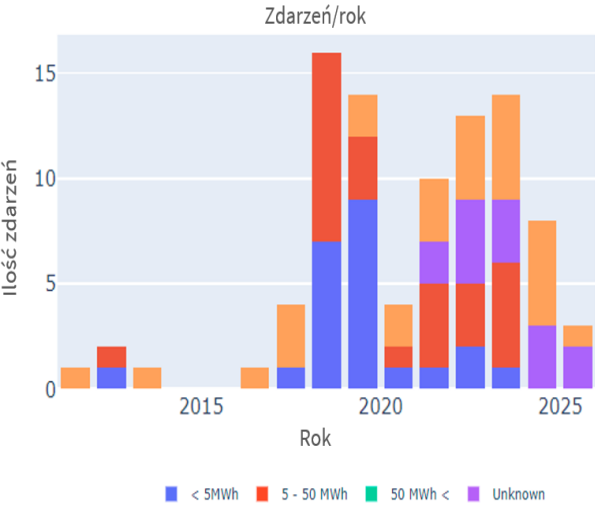
Nieprawidłowe zaprojektowanie i wykonanie poszczególnych elementów instalacji. Brak właściwych odbiorów i weryfikacji poszczególnych etapów inwestycji.



Integracja systemu ESS

Stwierdzono, że zintegrowane systemy ochrony i zarządzania w ESS były niewystarczające. Stwierdzono istotne luki w integracji systemu zarządzania baterią (BMS), systemu zarządzania energią (EMS) i systemu zarządzania mocą (PMS), które mogły doprowadzić do pożaru. Problemy z integracją obejmowały nieodpowiednie współdzielenie informacji między systemami, sekwencjami operacyjnymi systemu i sprawdzanie nieprawidłowości po konserwacji poszczególnych układów (między innymi nieregistrowanie blokad/deblokad i ich późniejsze nie uruchamianie).

Szkody



Źródło: opracowanie własne na podstawie materiałów materiałów MunichRe oraz publikacji „A review of lithium-ion battery failure mechanisms and fire prevention strategies”

Przykłady **szkód**

Przykłady pożarów, które wystąpiły w Korei Południowej

W Korei Południowej w latach 2017-2019 wystąpiły 23 pożary. Nakazano wyłączenie około 35% zainstalowanych ESS.

Pomimo tego prewencyjnego wyłączenia miały miejsce kolejne zdarzenia.

W rezultacie czego nakazano obniżenie maksymalnego ładowania do poziomu 80-90%.



#szkody
#przykłady
#magazynyenergii

Przykłady **szkód**



#szkody
#przykłady
#magazynyenergii

US, CA, Moss Landing – 300 MW/1200
MWh, 16.01.2025

Przykłady **szkód**



Źródło: <https://www.utilitydive.com/news/moss-landing-battery-fire-vistra/737837/>

Przykłady **szkód**

Przykład szkody z 2019 r.

Instalacja wykonana w 2017 r.

4 strażaków zostało rannych w wyniku eksplozji gdy próbowali otworzyć obudowę baterii. Zdarzenie to zostało zainicjowane przez wewnętrzną awarię jednego ogniwa akumulatora. Obudowa była zabezpieczona przez NOVEC 1230, ale system ochrony gazowej podczas tego wydarzenia nie działał.

#szkody
#przykłady
#magazynyenergii



Przykłady **szkód**

Przykład szkody z 2001 r.

Wybuch UPS

#szkody
#przykłady
#magazynyenergii



Przykłady szkód

Przykład szkody, która wystąpiła w UK – Liverpool.

2020 r.

Magazyn energii przy farmie fotowoltaicznej ukończony w 2019r.
Moc 20 MW.

Pożar wybuchł o godzinie 1 w nocy.



#szkody
#przykłady
#magazynyenergii

Przykłady szkód

Przykład szkody magazynu energii o mocy 700 MW

Budowa magazynu energii o mocy 700 MW miała zostać zakończona do końca 2021 r. Podczas prób i testów przeprowadzonych w połowie 2021 r. wybuchł pożar. Doszło do zapłonu 13-tonowej baterii litowej a następnie pożar rozprzestrzenił się na sąsiadujące układy.

- Pożar został opanowany po trzech dniach.
- Ze względu na charakter pożaru, strażacy nie mogli zalać jej wodą ani zastosować zwykłych metod gaszenia. Zamiast tego musieli pozwolić mu „wypalić się” i poczekać, aż obudowa ostygnie na tyle, aby otworzyć drzwi.

#szkody
#przykłady
#magazynyenergii



Przykłady **szkód**

Przykład szkody, która wystąpiła w Lake Ontario

27.07.2023 r. Lake Ontario

Gaszenie pożaru BESS zajęło 4 dni.

#szkody
#przykłady
#magazynyenergii



Przykłady **szkód**

Przykład szkody magazynu energii firmy Senec .

03.2022 - Magazyny energii firmy Senec zostały zdalnie wyłączone w całych Niemczech. Ma to związek z serią eksplozji urządzeń, które współpracowały z instalacjami fotowoltaicznymi.

- Manewr taki był możliwy w przypadku wszystkich urządzeń, które podłączone były do internetu. Ma to związek z serią zgłoszeń dotyczących wybuchów magazynów zainstalowanych w domach
- Ogłoszono też, że ze względu na wstrzymanie pracy magazynów energii, przedsiębiorstwo będzie wypłacać 25 euro za każdy rozpoczęty tydzień bez pracy urządzeń.

#szkody
#przykłady
#magazynyenergii



Przykłady **szkód**



Źródło : <https://www.youtube.com/watch?v=hqMz0CnqUXo>

Przykłady **szkód**



Źródło: <https://insideevs.com/news/346123/tesla-model-s-spontaneous-fire-explosion/>

Przykłady **szkód**



Źródło: <https://www.youtube.com/watch?v=JM4ifQnlm2Q>



Ubezpieczenie magazynów energii, czyli jak ocenić ryzyko i chronić Klienta

Szkolenie IDD

Dawid Prałat
Adam Marczyński
Michał Janiszewski

Przykłady szkód

Filmy video

Inne przykłady szkód.

#szkody
#przykłady
#magazynyenergii

MATERIAŁY WIDEO



Pożar na stacji ładowania samochodów elektrycznych



Źródło: <https://www.youtube.com/watch?v=hqMz0CnqUXo>



Eksplzja Tesli model S



Źródło: <https://insideevs.com/news/346123/tesla-model-s-spontaneous-fire-explosion/>



Pożar baterii ESS, Neermoor, Niemcy



Źródło: <https://www.youtube.com/watch?v=JM4ifQnIm2Q>