



<https://doi.org/10.32056/KOMAG/KOMEKO2021.5>

Hybrydowe obiektowe magazyny energii

Piotr Hylla – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Andrzej Figiel – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Przemysław Deja – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Marcin Skóra – Instytut Techniki Górniczej KOMAG

Streszczenie: W rozdziale przedstawiono podstawowe idee i możliwości zastosowania hybrydowych, obiektowych magazynów energii wykorzystujących wodór jako nośnik. Zaprezentowano oraz opisano podstawowe układy funkcjonalne magazynów energii. Określono obecny stan prawny odnoszący się do możliwości praktycznego zastosowania w strefach zamieszkania magazynów energii bazujących na wodorze. Opisano również podstawowe stany pracy magazynu energii.

Słowa kluczowe: OZE, Magazyn energii, Wodór, Ogniwo Paliwowe, P2G

Hybrid object-oriented energy storage

Abstract: The chapter presents basic ideas and possibilities of application of hybrid object-based energy storage systems using hydrogen as a medium. The basic functional systems of energy storages were presented and described. The current legal status relating to the possibility of practical application of energy storage facilities based on hydrogen in residential areas has been determined. The basic states of operation of energy storage are also described.

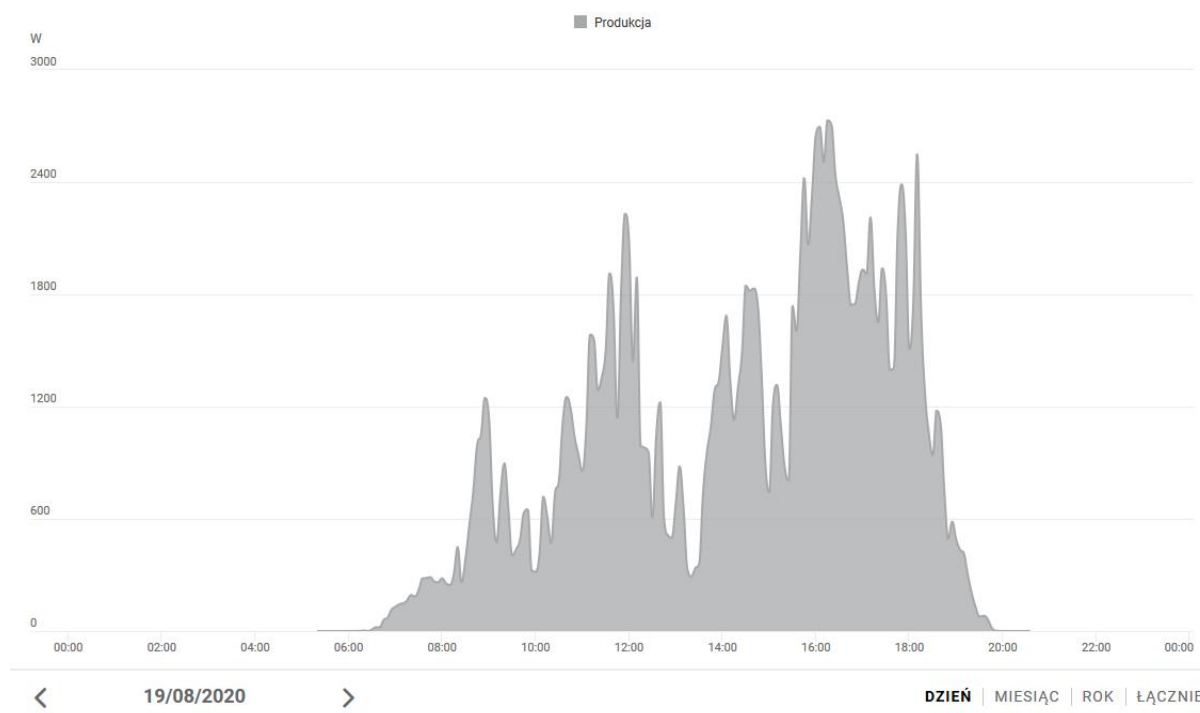
Keywords: RES, Energy storage, Hydrogen, Fuel Cell, P2G

1. Wprowadzenie

Od kilkunastu lat zaobserwować można w Polsce rozwój sektora elektroenergetyki opartej w coraz większym stopniu na przyjaznych środowisku naturalnemu instalacjach z odnawialnymi źródłami energii (OZE). Rozwój OZE powodowany jest koniecznością zmniejszenia emisji CO₂ w celu uzyskania tzw. neutralności klimatycznej. Neutralność klimatyczna jest to obecnie jeden z głównych celów polityki Unii Europejskiej, znajdujący swój wyraz w Zielonym Ładzie i polega na tym, że do 2050 roku gospodarka europejska będzie neutralna w odniesieniu do środowiska. Stąd też odnawialne źródła energii stanowią coraz większy udział w bilansie produkcji energii elektrycznej. Obecnie w Polsce zainstalowano instalacje OZE o sumarycznej mocy znamionowej wynoszącej 12,5 GW (grudzień 2020) i jest to wzrost o 30,8% w porównaniu z rokiem poprzednim (grudzień 2019). Obecnie najwięcej energii z OZE jest pozyskiwane z elektrowni wiatrowych i instalacji fotowoltaicznych, których sumaryczna moc znamionowa zbliżona jest do 6,4 GW. Dynamiczny wzrost odnawialnych źródeł energii korzystających z wiatru oraz promieniowania słonecznego może spowodować destabilizację systemu elektroenergetycznego. Powodem tego jest okresowy i nieprzewidywalny charakter działania OZE. W związku z tym niezbędne jest wprowadzenie odpowiednich mechanizmów i technologii zapobiegających takiemu zagrożeniu. W tym kontekście od lat wskazuje się celowość rozwijania technologii magazynowania energii. Przykładowy dobowy wykres produkcji energii poprzez instalację fotowoltaiczną o mocy 10 kWp przedstawiono na rysunku 1 [1, 2].

Obecnie, skutek braku infrastruktury umożliwiającej bilansowanie energii z OZE, nie jest możliwe stosowanie odnawialnych źródeł energii bez ograniczeń. Jednym z celów polityki UE jest wprowadzenie

jak najbardziej rozproszonego systemu bilansowania energii, najlepiej już u jej źródeł, w tym także u indywidualnych prosumentów. Szczególnym przykładem układów umożliwiających równoważenie produkcji i konsumpcji energii pochodzącej z OZE mogą być hybrydowe magazyny energii oparte na nośniku wodorowym i baterii litowej, pełniące rolę obiektowych magazynów energii wyprodukowanej przez panele fotowoltaiczne lub turbinę wiatrową. Umożliwią one coraz lepszą integrację OZE z systemem energetycznym. Zastosowanie nowoczesnych instalacji magazynujących energię elektryczną jest jednym ze sposobów zwiększania elastyczności pracy elektrowni konwencjonalnych i jądrowych, stabilizując ich współpracę ze źródłami energii o wydajności trudnej do przewidzenia [2, 3].



Rys. 1. Wykres dobowej produkcji energii elektrycznej z paneli fotowoltaicznych
[<https://www.solarweb.com/>]

2. Hybrydowy obiektowy magazyn energii

Obecnie stosuje się różne rodzaje magazynów (zasobników) energii, różniące się parametrami użytkowymi, takimi jak np. pojemność, liczba cykli pracy, dostępna moc elektryczna, sprawność przetwarzania i magazynowania energii.

- Wodne elektrownie szczytowo-pompowe – przeznaczone do magazynowania dużej ilości energii oraz charakteryzujące się dużymi mocami osiągającymi nawet 4000 MW. Budowa elektrowni szczytowo-pompowych wiąże się z wysokimi nakładami inwestycyjnymi, lecz także długim czasem eksploatacji (czasem życia). Czas generacji jednego pełnego cyklu elektrowni wynosi kilka godzin. Największa w Polsce elektrownia szczytowo-pompowa Żarnowiec o mocy 716 MW znajduje się w województwie pomorskim w miejscowości Czymanowo. Obecnie elektrownie szczytowo-pompowe są najpopularniejszymi magazynami energii o łącznej mocy 184 GW, co stanowi około 95% światowych zasobów.
- Elektrownie wykorzystujące systemy sprężonego powietrza – jest to ciągle rozwijana technologia magazynowania energii. Podobnie jak w przypadku elektrowni szczytowo-

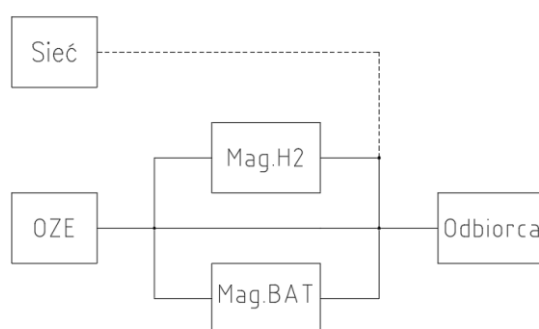


pompowej wymagane są duże nakłady inwestycyjne. Elektrownie wykorzystujące zasobniki pneumatyczne charakteryzują się również dużymi mocami osiągającymi do 400 MW oraz czasem generacji pojedynczego pełnego cyklu wynoszącym kilkanaście godzin. Jedyna w Europie elektrownia wykorzystująca systemy sprężonego powietrza o mocy 321 MW znajduje się w Niemczech w miejscowości Huntorf.

- Zasobniki wykorzystujące masy wirujące – jest to dojrzała technologia magazynowania energii, wykorzystywana głównie do celów regulacyjnych. Elektrownie wykorzystujące masy wirujące charakteryzują się szybkimi czasami reakcji wynoszącymi poniżej 4 s, niskimi kosztami eksploatacji oraz stosunkowo dużą liczbą cykli. Elektrownia wykorzystująca masy wirujące o mocy ok. 20 MW i czasie generacji energii elektrycznej wynoszącym ok. 15 min. znajduje się w Stepentown, Nowy York. Zasobnik przeznaczony jest do regulacji częstotliwości w lokalnym systemie energoelektrycznym.
- Akumulatorowe magazyny energii – jest to ciągle rozwijana technologia polegająca na przemianie elektrochemicznej. Ze względu na zastosowany rodzaj elektrolitu można wyróżnić następujące akumulatory: sodowo-siarkowe, litowo-jonowe, litowo-polimerowe, kwasowo-ołowiowe. Akumulatorowe magazyny energii w połączeniu z OZE umożliwią znaczne zredukowanie poboru energii elektrycznej w sieci. Baterijne magazyny energii wykorzystywane są również jako przemysłowe zasobniki o dużej mocy i pojemności (do kilkudziesięciu megawatów), między innymi do integracji niestabilnych źródeł energii OZE z systemem elektroenergetycznym.
- Zasobniki elektrochemiczne przepływowe – technologia przeznaczona do zastosowań stacjonarnych polegająca na przemianie elektrochemicznej. Cechuje się możliwością skalowania, względnie niskimi kosztami przy stosunkowo wysokiej mocy i pojemności, dodatkowo długą żywotnością. Magazyn energii wykorzystujący baterie wanadowe o mocy 200 kW i pojemności 400 kWh znajduje się w Niemczech w miejscowości Tussenhausen i współpracuje z instalacją ogniw fotowoltaicznych o mocy 560 kW.
- Superkondensatory – technologia polegająca na zastosowaniu elektrolitycznych kondensatorów o specyficznej budowie. Magazyny energii wykorzystujące superkondensatory charakteryzują się niską gęstością energii 10 Wh/kg, dużą gęstością mocy na poziomie 1000 W/kg, wysoką sprawnością wynoszącą nawet 95%, dużą trwałością nawet do 20 lat oraz wysoką liczbą cykli (ładowania i rozładowania) do 1000000 cykli. Superkondensatory umożliwiają stosunkowo szybkie ładowanie (wynoszące około kilka minut). Układy stosujące superkondensatory wykorzystywane są głównie w transporcie, UPS lub jako układy hybrydowe z akumulatorami elektrochemicznymi.
- Wodorowe magazyny energii – to rozwijająca się technologia polegająca na wykorzystaniu wodoru do magazynowania energii. Takie instalacje składają się z trzech głównych układów: elektrolizera służącego do produkcji wodoru, układu do magazynowania gazu oraz ogniwa paliwowego służącego do przekształcania wodoru w energię elektryczną. Wodorowy magazyn energii jest całkowicie bezemisyjny dlatego, że jedynymi produktami ubocznymi są woda i ciepło.
- Inne magazyny energii – do innych rodzajów magazynów energii można zaliczyć nadprzewodzące zasobniki magnetyczne gromadzące energię elektryczną w polu magnetycznym. Kolejnym rodzajem magazynu energii jest technologia zasobników rozproszonych określanych jako V2G wykorzystujących energię zgromadzoną w baterii akumulatorów do przyłączenia do sieci za pomocą ładowarki dwukierunkowej.

Po przeanalizowaniu obecnie stosowanych rozwiązań magazynów należy skłonić się ku opinii, że nowoczesne układy gromadzenia energii powinny być systemami hybrydowymi łączącymi zalety zaprezentowanych zasobników. Obiektowy magazyn energii umożliwiający integrację zainstalowanej na budynku instalacji ogniw fotowoltaicznych powinien składać się z bateryjnego oraz wodorowego magazynu energii.

Hybrydowe magazyny energii oparte na instalacji wodorowej oraz bateriach litowych są niezawodne, bezemisyjne oraz łatwe w obsłudze i konserwacji. Obiektowe magazyny energii są przeznaczone do stosowania w domach jednorodzinnych, zabudowie szeregowej oraz budynkach biurowych. Zaletą stosowania obiektowych instalacji do wytwarzania, magazynowania oraz przetwarzania wodoru jest możliwość wykorzystania ciepła odpadowego do ogrzewania budynku i podgrzewania wody użytkowej. Na rysunku 2 przedstawiono podstawowy schemat blokowy obiektowego hybrydowego magazynu energii [4].



Rys. 2. Schemat blokowy obiektowego magazynu energii
[opracowanie własne]

Energia pozyskana z OZE w pierwszej kolejności przeznaczona jest do bieżącego zasilania włączonych odbiorników energii elektrycznej. Naddatek wyprodukowanej energii z OZE powinien być przeznaczony do ładowania lokalnych magazynów energii. W przypadku, gdy energia z odnawialnych źródeł magazynu wypełni magazyn, to dalszy naddatek oddany zostanie do sieci. W celu całkowitego odejścia od elektrowni konwencjonalnych zasilanych paliwami stałymi, w ramach procesu tzw. dekarbonizacji, konieczne jest aby obiektowy magazyn energii umożliwiał gromadzenie i dystrybucję energii również w okresie zimowym. Wysoka sprawność urządzenia zagwarantowana jest poprzez zastosowanie kompleksowego układu sterowania zarządzającego energią elektryczną i ciepłą. Obiektowy, hybrydowy magazyn energii składa się z następujących zespołów:

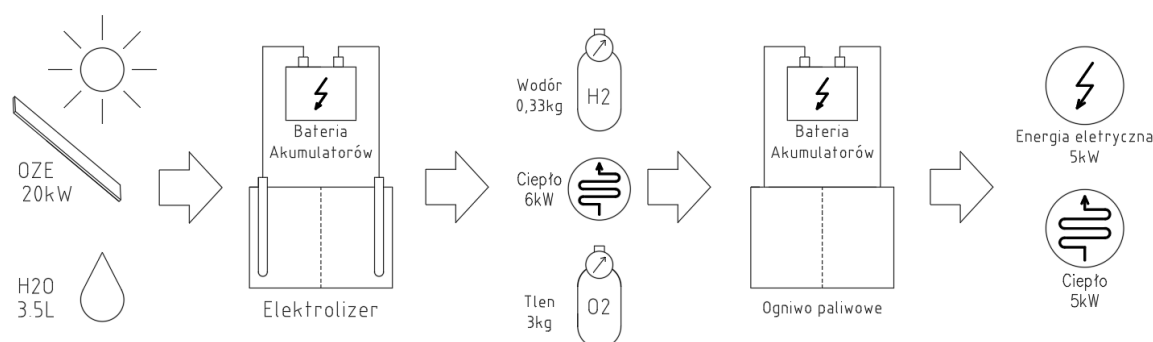
- OZE – odnawialnego źródła energii, wytwarzającego energię okresowo,
- magazynu bateryjnego – przeznaczonego do krótkoterminowego magazynowania energii 1-7 dni,
- magazynu wodorowego – przeznaczonego do długoterminowego magazynowania energii w postaci sprężonego wodoru,
- przyłącza do sieci energetycznej – służącego do odbioru naddatku wyprodukowanej energii oraz zapewnienia zasilania w przypadku rozładowania magazynu energii.
- układu sterowania - przeznaczonego do zarządzania energią pozyskaną i przetwarzaną w obrębie magazynu energii.

OZE – czyli odnawialne źródła energii to najczęściej instalacje fotowoltaiczne, ale również turbiny wiatrowe. W celu poprawnego działania zaleca się by magazyn energii był dobierany indywidualnie do istniejącej instalacji fotowoltaicznej.

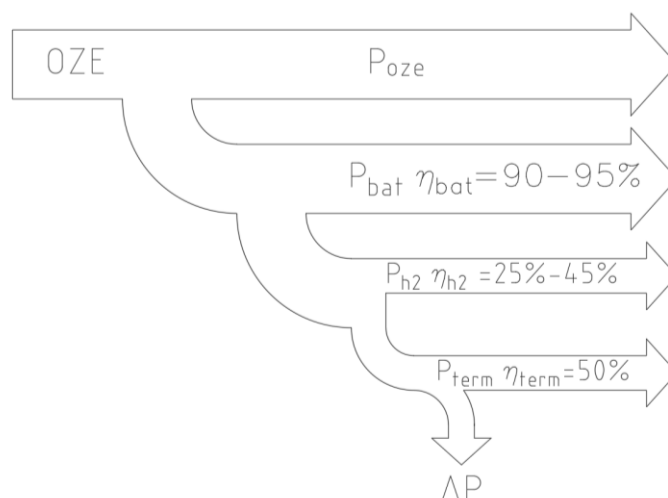
Magazyn bateryjny – najczęściej bateria akumulatorów litowych umożliwiającą zgromadzenie energii przeznaczonej do wykorzystania w okresie od kilku godzin do kilku tygodni. Pojemność pakietu bateryjnego powinna być dobierana indywidualnie, przykładowo do domu jednorodzinnego zamieszkanego przez 4 osoby (2 dorosłe oraz 2 dzieci) o rocznym zużyciu energii elektrycznej wynoszącym około 4000 kWh zaleca się zastosowanie bateryjnego magazynu energii o pojemności 22-30 kWh.

Magazyn wodorowy to zespół elementów umożliwiających produkcję, magazynowanie oraz powtórne przetwarzanie wodoru. Za wytwarzanie wodoru odpowiedzialny jest układ P2G (Power to Gas) umożliwiający za pomocą elektrolizera wytwarzanie wodoru z wody i energii elektrycznej z OZE. Kolejny układ odpowiedzialny jest za magazynowanie wodoru pod wysokim ciśnieniem (ok. 700 bar) w specjalnych zbiornikach. Do powtórnego przetwarzania wodoru w energię elektryczną wykorzystuje się ogniwa paliwowe. Magazyn energii wykorzystujący wodór do przechowywania energii jest całkowicie bezemisyjny i jest jednym z celów PSW (Polskiej Strategii Wodorowej) do roku 2030 z perspektywą do 2040 [5]. Produktem ubocznym podczas wytwarzania i powtórnego przetwarzania wodoru jest m.in. ciepło. Wodorowy magazyn energii pełni funkcję długoterminowego magazynu energii przez okres kilku tygodni a nawet miesiący. Pojemność zbiorników na wodór należy indywidualnie dobrać ze względu na zapotrzebowanie energii oraz dostępną powierzchnię. Dla 4-osobowej rodziny zaleca się zastosowanie wodorowego magazynu umożliwiającego zgromadzenie od 600 do 1500 kWh.

W celu zapewnienia wysokiej wydajności systemu należy zapewnić prawidłowy przepływ energii pomiędzy poszczególnymi elementami magazynu. Kluczowym aspektem jest prawidłowe zagospodarowanie ciepła powstałego w procesie elektrolizy oraz reakcjach zachodzących w ogniwie paliwowym. Konieczne jest więc zastosowanie nowoczesnego systemu sterowania umożliwiającego zarządzanie przepływem energii elektrycznej i cieplnej. Na Rys. 3 przedstawiono schemat blokowy hybrydowego magazynu energii wraz z przykładowym rozplywem energii pomiędzy poszczególnymi elementami układu.



Rys. 3. Schemat blokowy hybrydowego magazynu energii
[opracowanie własne]



Rys. 4. Wykres Sankeya dla hybrydowego magazynu energii
[opracowanie własne]

Na Rys. 4 przedstawiono wykres Sankeya dla hybrydowego magazynu energii wraz z uwzględnieniem sprawności poszczególnych elementów układu. Całkowita sprawność układu hybrydowego magazynu energii zależy od rozplywu mocy. Wykorzystanie magazynu wodorowego obniży sprawność końcową, ze względu na straty energii zachodzące podczas przemiany energii elektrycznej w chemiczną (P2G) i chemicznej w elektryczną. Straty w postaci wydzielającego się ciepła mogą i powinny być zagospodarowane i wykorzystane jako ciepło użytkowe zwiększając tym samym sprawność układu do nawet 80%.

Dobór poszczególnych elementów układu w szczególności pojemności bateryjnego oraz wodorowego magazynu powinien być poprzedzony bilansem energetycznym docelowego obiektu. Bilans taki powinien m.in. obejmować następujące zagadnienia:

- roczna ilość produkcji energii z OZE,
- zapotrzebowanie na energię elektryczną w sezonie letnim,
- zapotrzebowanie na energię elektryczną w sezonie zimowym,
- zapotrzebowanie na energię cieplną (ciepła woda użytkowa oraz ogrzewanie budynku)
- charakter dziennych obciążeń w tym obciążenia szczytowych,
- możliwość współpracy z pompami ciepła (klimatyzatorami),
- zapotrzebowania energii elektrycznej związane z ładowaniem samochodu elektrycznego,
- możliwością rozbudowy instalacji OZE.

Po zebraniu tych informacji możliwe jest opracowanie dedykowanego magazynu energii dla docelowego obiektu. Indywidualny dobór komponentów magazynu energii umożliwia osiągnięcie wysokiej sprawności tego urządzenia co jest niewątpliwą zaletą dla użytkownika. Dodatkowo prawidłowo zaprojektowany układ umożliwi stabilizację systemu energoelektrycznego poprzez minimalizację zagrożeń związanych z okresowym charakterem pracy odnawialnych źródeł energii oraz redukcję szczytowych obciążeń sieci. Dobór pojemności poszczególnych magazynów energii (bateryjnego oraz wodorowego) jest obliczany w specjalnie opracowywanym do tego celu modelu symulacyjnym.



3. Obecny stan prawny

Gwałtowny rozwój technologii wykorzystujących wodór jest podyktowane możliwościami, jakie stwarza ten pierwiastek jako surowiec, paliwo lub jako nośnik i magazyn energii. Najważniejszą cechą nowoczesnych technologii wykorzystujących wodór jest to, że nie występuje emisja CO₂, a zanieczyszczenia powietrza są minimalne. Tak jak wspomniano, zastosowanie technologii opartych na wodorze w sposób oczywisty przyczyni się do dekarbonizacji i osiągnięcia neutralności klimatycznej. Wyzwaniem dla świata nauki i gospodarki jest wdrożenie na szeroką skalę technologii wodorowych w przemyśle, transporcie, energetyce oraz w budownictwie, a więc w tych gałęziach gospodarki, które są głównym źródłem emisji gazów cieplarnianych.

Obecnie większość wodoru jest wytwarzana z paliw kopalnych, w szczególności z gazu ziemnego lub węgla, co skutkuje roczną emisją w krajach Unii Europejskiej 70–100 mln ton CO₂ [6]. Przyszłością jest czysty wodór (wodór odnawialny i niskoemisyjny), produkowany w procesie elektrolizy wody z wykorzystaniem energii elektrycznej pochodzącej z OZE.

Przewiduje się, że:

- do 2030 r. nastąpi wzrost inwestycji globalnych w elektrolizery z 3,2 GW do 8,2 GW (z czego 57 % w Unii Europejskiej),
- do 2050 r. udział wodoru w koszyku energetycznym Unii Europejskiej wzrośnie z obecnego poziomu poniżej 2 % do 13–14 %.

Jednak, aby osiągnąć wyznaczony na 2030 rok cel – ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 50–55 % – należy wykorzystywać czysty wodór na jeszcze większą skalę, instalując do tego czasu elektrolizery o mocy 40 GW.

Powodzenie realizacji polityki klimatycznej jest uzależnione w szczególności od sprzyjających regulacji prawnych i dotyczących finansowania, wspierania badań naukowych, wdrażania innowacyjnych technologii, stworzenia wieloskalowej infrastruktury w ramach jednolitego rynku Unii Europejskiej.

Dokumentami zawierającymi ambitne cele klimatyczne, w tym dotyczące wykorzystania wodoru, są:

- *Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.* - dokument tworzony pod auspicjami Ministerstwa Klimatu i Środowiska [5].
- *Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu* - Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów [6],
- *Europejski Zielony Ład* - Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów [7],
- *Nowa strategia przemysłowa dla Europy* - Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów [8],
- *Decydujący moment dla Europy: naprawa i przygotowanie na następną generację* - Komunikat Komisji [9].

W wyżej wymienionych dokumentach sformułowano cele i działania, jakie należy zrealizować w najbliższej przyszłości. Powodzenie planów wymaga opracowania i wdrożenia regulacji prawnych



dotyczących postępowania w odniesieniu do instalacji wytwarzających wodór z energii elektrycznej tj. instalacji P2G (Power to Gas), bazujących na elektrolizerach alkalicznych.

Obecnie obowiązujące regulacje prawne dotyczące produkcji wodoru odnoszą się do obszarów przemysłowych i produkcji na dużą skalę.

Konieczność stosowania tych samych przepisów przy produkcji przemysłowej wodoru oraz przy produkcji na potrzeby lokalne, stanowi poważną przeszkodę we wdrażaniu technologii wodorowych w strefach mieszkalnych i usługowych.

Również brak krajowych przepisów dotyczących przyłączenia instalacji P2G do sieci gazowej czy też elektroenergetycznej, powoduje, że na dzień dzisiejszy przyłączenie do tych sieci należy realizować zgodnie z przepisami ogólnymi, dotyczącym wszystkich urządzeń przemysłowych [10].

Zgodnie z Prawem Energetycznym [11] przyłączenie do sieci każdej instalacji wymaga uzyskania zezwolenia przedsiębiorstwa energetycznego zajmującego się przesyłaniem lub dystrybucją paliw gazowych lub energii.

Nie tylko wytwarzanie wodoru, czy przyłączenie instalacji P2G do sieci elektroenergetycznej napotyka na szereg barier prawnych i technicznych. Przechowywanie wodoru w zbiornikach czy butlach, poza strefą przemysłową, wymaga respektowania licznych przepisów technicznych, dotyczących bezpieczeństwa:

- a) przeciwwybuchowego [12],
- b) związanego ze stosowaniem urządzeń ciśnieniowych [13],
- c) przeciwpożarowego [14].

Podsumowując stosowanie instalacji P2G jest związane z koniecznością spełnienia wielu przepisów. W celu osiągnięcia celów polityki klimatycznej priorytetowym zadaniem jest szybkie wdrożenie szczegółowych regulacji prawnych dotyczących instalacji P2G w zakresie wymagań technicznych, warunków przyłączenia do sieci zewnętrznych, warunków użytkowania.

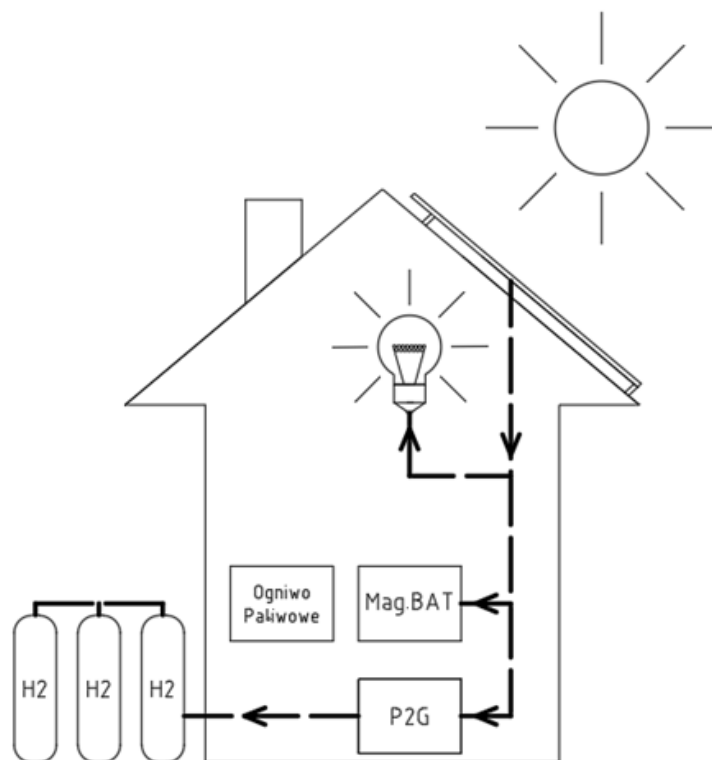
4. Podstawowe stany pracy

Jednym z głównych celów Unii Europejskiej jest uzyskanie tzw. neutralności klimatycznej, czyli transformacji gospodarki w celu podjęcia wspólnych działań m.in. zwiększających efektywność energetyczną, udział odnawialnych źródeł w sumarycznym bilansie energetycznym, elektromobilności oraz maksymalne ograniczenie emisji CO₂ przez gospodarkę. Odejście od konwencjonalnych elektrowni i oparcie produkcji energii elektrycznej na odnawialnych źródłach energii wiąże się z koniecznością opracowania sposobów na długoterminowe magazynowanie energii. Obiektowe magazyny energii eliminują zagrożenia związane ze stosowaniem niestabilnych OZE. Podczas rocznego okresu pracy można wyodrębnić 4 stany działania magazynu energii.

4.1. Sezon letni – okres pomiędzy wschodem, a zachodem słońca

Sezonem letnim nazwano okres od kwietnia do września, w którym instalacja fotowoltaiczna pracuje najwydajniej ze względu na duże nasłonecznienie. Na rysunku 5 przedstawiono schemat blokowy działania obiektowego magazynu energii w sezonie letnim w okresie od wschodu do zachodu słońca. Energia wytworzona w panelach fotowoltaicznych w pierwszej kolejności zużyta zostaje na bieżące potrzeby odbiorcy. W przypadku, gdy występuje nadwyżka wyprodukowanej energii, doładowywany zostaje baterijny magazyn energii oraz poprzez układ P2G (Power to Gas)

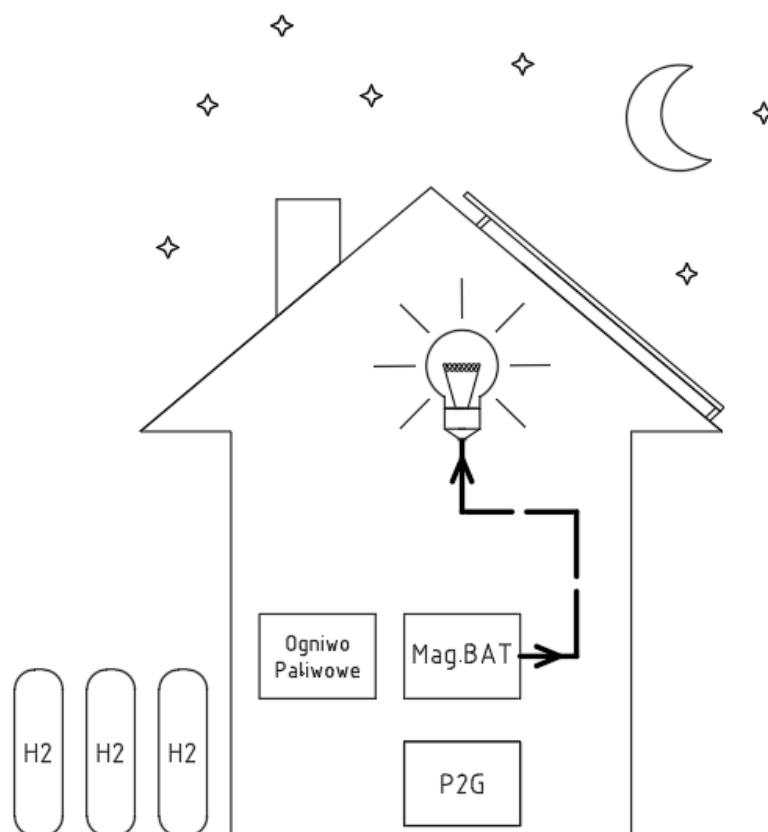
wyprodukowany i zmagazynowany zostaje wodór. Wspecjalizowany układ sterowania magazynem przeznaczony jest do najefektywniejszego zarządzania energią pozyskaną z OZE. Przedstawiony okres jest okresem największej produkcji energii elektrycznej przez OZE.



Rys. 5. Schemat blokowy magazynu energii w sezonie letnim w okresie pomiędzy wschodem a zachodem słońca [opracowanie własne]

4.2. Sezon letni – okres pomiędzy zachodem, a wschodem słońca

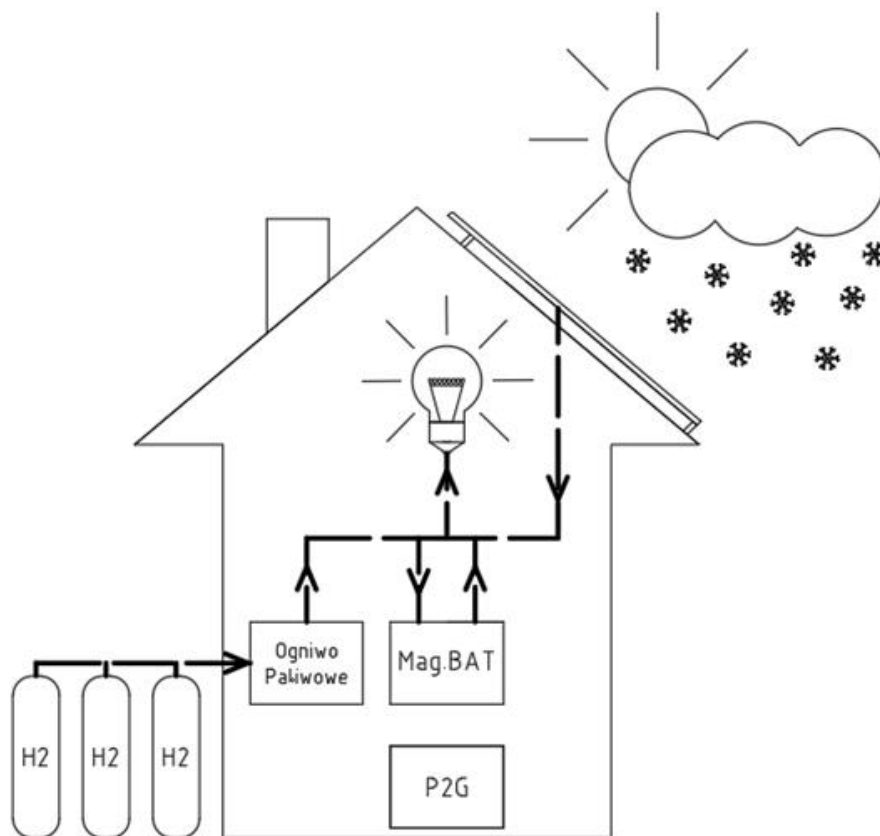
W okresie nocnym, czyli od zachodu do wschodu słońca energia konieczna do zasilania poszczególnych odbiorników pobierana zostaje z baterijnego magazynu energii. Baterijny magazyn energii pełni funkcję bufora umożliwiającego wykorzystanie zgromadzonej energii w zmniejszonej produkcji z OZE np. w nocy. Zastosowanie takiej konfiguracji związane jest z wysoką sprawnością (ok. 85%) bateryjnych magazynów do gromadzenia energii przez okres od jednego dnia to kilku tygodni. Ze względu na krótki okres działania, bateryjne magazyny energii charakteryzują się zdecydowanie mniejszą pojemnością (o ok. 30-50 razy mniejszą) w porównaniu do sezonowego wodorowego magazynu energii. Blokowy schemat działania obiektowego magazynu energii w sezonie letnim w okresie pomiędzy zachodem a wschodem słońca przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Schemat blokowy działania magazynu energii w sezonie letnim w okresie pomiędzy zachodem a wschodem słońca [opracowanie własne]

4.3. Sezon zimowy – okres pomiędzy wschodem, a zachodem słońca

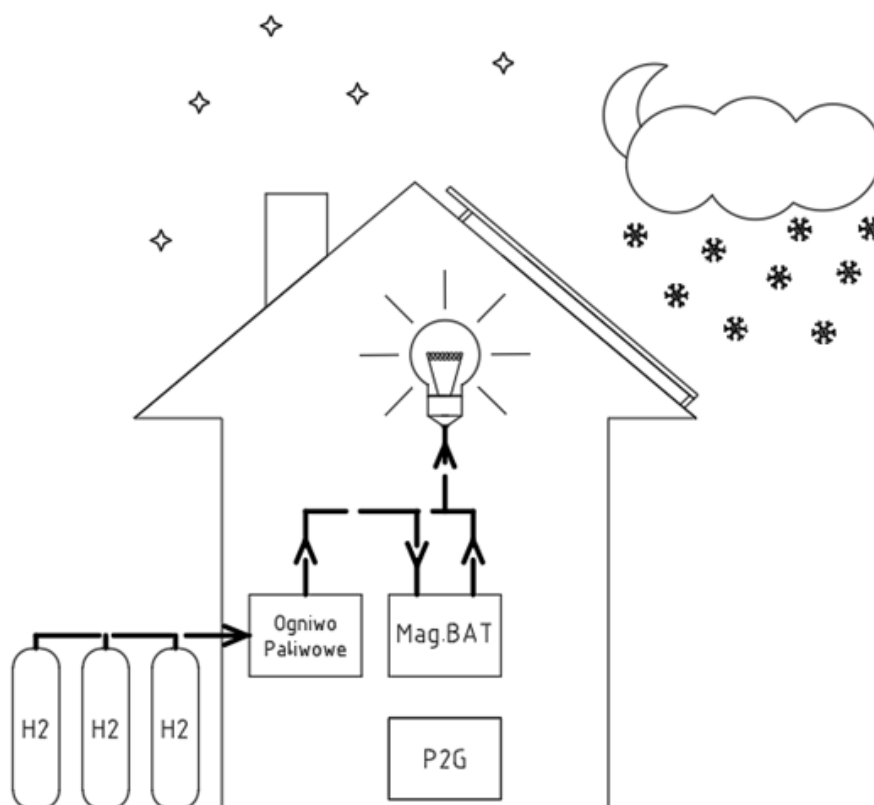
Sezon zimowy jest to okres braku lub minimalnej produkcji energii elektrycznej z instalacji fotowoltaicznej i obejmuje miesiące od października do marca. Energia potrzebna do zasilania odbiorników elektrycznych pobierana zostaje z długoterminowego wodorowego magazynu energii. Wyprodukowany i zgromadzony w okresie letnim wodór zostaje powtórnie przekształcony w energię elektryczną w ogniwie paliwowym. Otrzymana energia służy w pierwszej kolejności pokryciu potrzeb energetycznych odbiorcy, w celu stabilizacji pracy ogniwa paliwowego część wyprodukowanej energii przeznaczona zostaje na doładowywanie baterijnego magazynu energii. Podczas procesu przekształcania wodoru na energię elektryczną emitowana jest duża ilość ciepła, której wykorzystanie jest kluczowe do osiągnięcia wysokiej sprawności układu. Odzyskane ciepło, szczególnie w okresie zimowym, może być wykorzystane do ogrzewania domu. Sposób działania magazynu energii w sezonie zimowym w okresie pomiędzy wschodem a zachodem słońca przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Schemat blokowy działania magazynu energii w sezonie zimowym w okresie pomiędzy wschodem a zachodem słońca [opracowanie własne]

4.4. Sezon zimowy – okres pomiędzy zachodem a wschodem słońca

Sezon zimowy charakteryzuje się niewielkim nasłonecznieniem wynikającym ze stosunkowo długiej nocy (okresem pomiędzy zachodem a wschodem słońca) a krótkim dniem (okresem pomiędzy wschodem a zachodem słońca). Energia pozyskana z wodorowego magazynu energii zostaje przeznaczona na pokrycie bieżącego zapotrzebowania odbiorcy. Odzyskane ciepło wykorzystane zostanie do ogrzewania domu. Elastyczność zarządzania energią zagwarantowana jest poprzez zastosowanie baterijnego magazynu energii. Umożliwia to pokrycie szczytowego poboru energii elektrycznej, bez konieczności stosowania przewymiarowanego zespołu ogniw paliwowych, co pozytywnie wpływa na obniżenie kosztów całej instalacji. Na rysunku 8 przedstawiono schemat blokowy działania magazynu energii w sezonie zimowym w okresie od zachodu do wschodu słońca.



Rys. 8. Schemat blokowy działania magazynu energii w sezonie zimowym w okresie pomiędzy zachodem, a wschodem słońca [opracowanie własne]

5. Podsumowanie

Obecne kierunki rozwoju sektora energetycznego UE oraz krajowego zostały nakreślone w Zielonym Ładzie, Strategii w zakresie wodoru na rzecz Europy, neutralnej dla klimatu, Nowej strategii przemysłowej dla Europy oraz Polskiej Strategii Wodorowej do roku 2030 z perspektywą do 2040 r. Wszystkie wymienione dokumenty podkreślają konieczność transformacji gospodarki w celu redukcji emisji CO₂.

Coraz większy udział odnawialnych źródeł energii w sumarycznym bilansie produkcji energii elektrycznej wymusza stosowanie nowoczesnych długoterminowych magazynów energii. Obecnie za najbardziej przyszłościowy nośnik energii uważa się wodór, dlatego że składniki do jego produkcji w procesie elektrolizy, czyli woda i energia elektryczna, są ogólnie dostępne. Dodatkowo proces elektrolizy oraz proces powtórnego przetwarzania wodoru na energię elektryczną w ogniwie paliwowym są prawie bezemisyjne. Stosowanie hybrydowych magazynów energii umożliwi gromadzenie energii pozyskanej z OZE w długim terminie, dzięki czemu możliwe będzie zwiększenie udziału OZE w całkowitym bilansie produkcji energii w wyniku czego nastąpi stopniowy proces dekarbonizacji sektora energetycznego.



Stosowanie instalacji do wytwarzania energii z OZE za pomocą układów P2G jest związane z koniecznością spełnienia wielu przepisów. W celu osiągnięcia celów polityki klimatycznej szybkie wdrożenie szczegółowych regulacji prawnych dotyczących instalacji P2G w zakresie wymagań technicznych, warunków przyłączenia do sieci zewnętrznych, warunków użytkowania jest priorytetowe.

Podczas elektrolizy oraz reakcji w ogniwie paliwowym powstaje ciepło odpadowe, które można wykorzystać do celów użytkowych. Z tego powodu nie należy rozpatrywać wodorowego magazynu energii jedynie jako magazynu energii elektrycznej, ale również jako źródło energii cieplnej. Ciepło powstałe w elektrolizerze może zostać wykorzystane do podgrzania wody użytkowej w zbiorniku. W celu zapewnienia wysokiej sprawności wodorowego magazynu energii należy zapewnić odpowiedni przepływ energii elektrycznej oraz cieplnej.

Przewiduje się coraz większe zainteresowanie instalacjami wodorowymi oraz dynamiczny rozwój przemysłu opartego na wodorze, co przyczyni się do m.in.: zwiększenia inwestycji na instalacje do produkcji wodoru za pomocą elektrolizerów, zwiększenia udziału wodoru jako paliwa w sumarycznym bilansie energetycznym oraz zmniejszenie emisji CO₂. W dokumencie Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r. określono podstawowe cele rozwoju obejmujące: wdrożenie technologii wodorowych w energetyce, wykorzystanie wodoru jako paliwa alternatywnego w transporcie, wsparcie dekarbonizacji przemysłu, produkcję wodoru w nowych instalacjach, sprawny i bezpieczny przesył wodoru oraz stworzenie stabilnego otoczenia regulacyjnego.

Ze względu na dynamicznie rozwijającą się branżę związaną z instalacjami wykorzystującymi wodor jako medium, możliwe jest, aby Instytut Techniki Górniczej KOMAG szeroko zaznaczył swoją obecność na tym rynku w zakresie badawczym, certyfikacyjnym oraz projektowym.

Wraz z popularyzacją technologii wodorowych można się spodziewać obniżenia kosztów elektrolizerów oraz ogniw paliwowych. W wyniku czego hybrydowe magazyny energii wykorzystujące wodor staną się powszechnie stosowane w połączeniu z odnawialnymi źródłami energii.

W związku ze przewidywaną na rok 2022 zmianą przepisów dotyczących rozliczenia produkcji energii z OZE celowym stanie się stosowanie systemów magazynowania energii w celu maksymalnego wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Obecnie zgodnie z obowiązującą ustawą, sprzedawca energii elektrycznej rozlicza prosumenta w stosunku ilościowym 1 do 0,8 energii wprowadzonej do sieci wobec energii pobranej z sieci w przypadku mikroinstalacji fotowoltaicznej o mocy do 10kW. W przypadku instalacji powyżej 10 kW stosunek ten wynosi 1 do 0,7. Wraz z początkiem roku 2022 planowana jest nowelizacja przepisów powodująca zmniejszenie opłacalności instalacji PV, poprzez zmianę sposobu rozliczania się z sprzedawcą energii elektrycznej na niekorzyść właścicieli instalacji fotowoltaicznych. Ministerstwo klimatu jednocześnie zapewnia, że m.in. poprzez kolejną odsłonę programu „Mój prąd” wspierane będą instalacje magazynowania energii, systemów zarządzania energią oraz ładowarek samochodów elektrycznych.

Literatura

1. <https://www.ure.gov.pl/> (dostęp 02.2021)
2. Bartosik M., Kamrat W., Kaźmierkowski M., Lewandowski W., Pawlik M., Peryt T., Skoczkowski T., Strupczewski A., Szląg A.: Magazynowanie energii elektrycznej i gospodarka wodorowa, Przegląd Elektrotechniczny, ISSN 0033-2097, r. 92 Nr 12/2016



3. Benysek G., Kazmierkowski M. P., Popczyk J., and Strzelecki R.: "Power electronic systems as crucial part of Smart Grid infrastructure – a survey", Bull. Pol. Ac.: Tech., vol. 59, no. 4, 2011, pp. 445-473.
4. Hartkopf T.: Mini Storage Systems.MICRO.tec 2000 Proceedings Volume 1 p.435. Expo 2000, Hannover, Germany
5. Projekt Polskiej Strategii Wodorowej do roku 2030 z perspektywą do 2040 r. - dokument tworzony pod auspicjami Ministerstwa Klimatu i Środowiska.
6. <https://www.gov.pl/web/klimat/rozpoczely-sie-konsultacje-publiczne-projektu-polskiej-strategii-wodorowej>
7. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów - *Strategia w zakresie wodoru na rzecz Europy neutralnej dla klimatu*, Bruksela, 8.07.2020 r. COM(2020) 301 final,
8. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów - *Europejski Zielony Ład*, Bruksela, 11.12.2019 r. COM(2019) 640 final,
9. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiej, Rady, Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów - *Nowa strategia przemysłowa dla Europy*, Bruksela, 11.03.2020 r. COM(2020) 102 final,
10. Komunikat Komisji - *Decydujący moment dla Europy: naprawa i przygotowanie na następną generację*, Bruksela, 27.05.2020 r. {SWD(2020) 98 final},
11. HyLAW. Dokument programowy - <Polska> https://www.hylaw.eu/sites/default/files/2019-03/2019_03_07_National%20policy%20Paper_Poland.pdf
12. Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne – Dz. U. 1997, Nr 54 poz. 348 z późn. zm.
13. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 6 czerwca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w atmosferze potencjalnie wybuchowej – Dz. U. 2016, poz. 817
14. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 lipca 2016 r. w sprawie wymagań dla urządzeń ciśnieniowych i zespołów urządzeń ciśnieniowych – Dz. U. 2016, poz. 1036
15. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej – Dz. U. 1991, Nr 81 poz. 351