

Wymiar technologiczny, czym dokładnie są te technologie (wodorowe) i co je wyróżnia na tle innych rozwiązań w oparciu o zrealizowane przykłady krajowe

Robert Żmuda

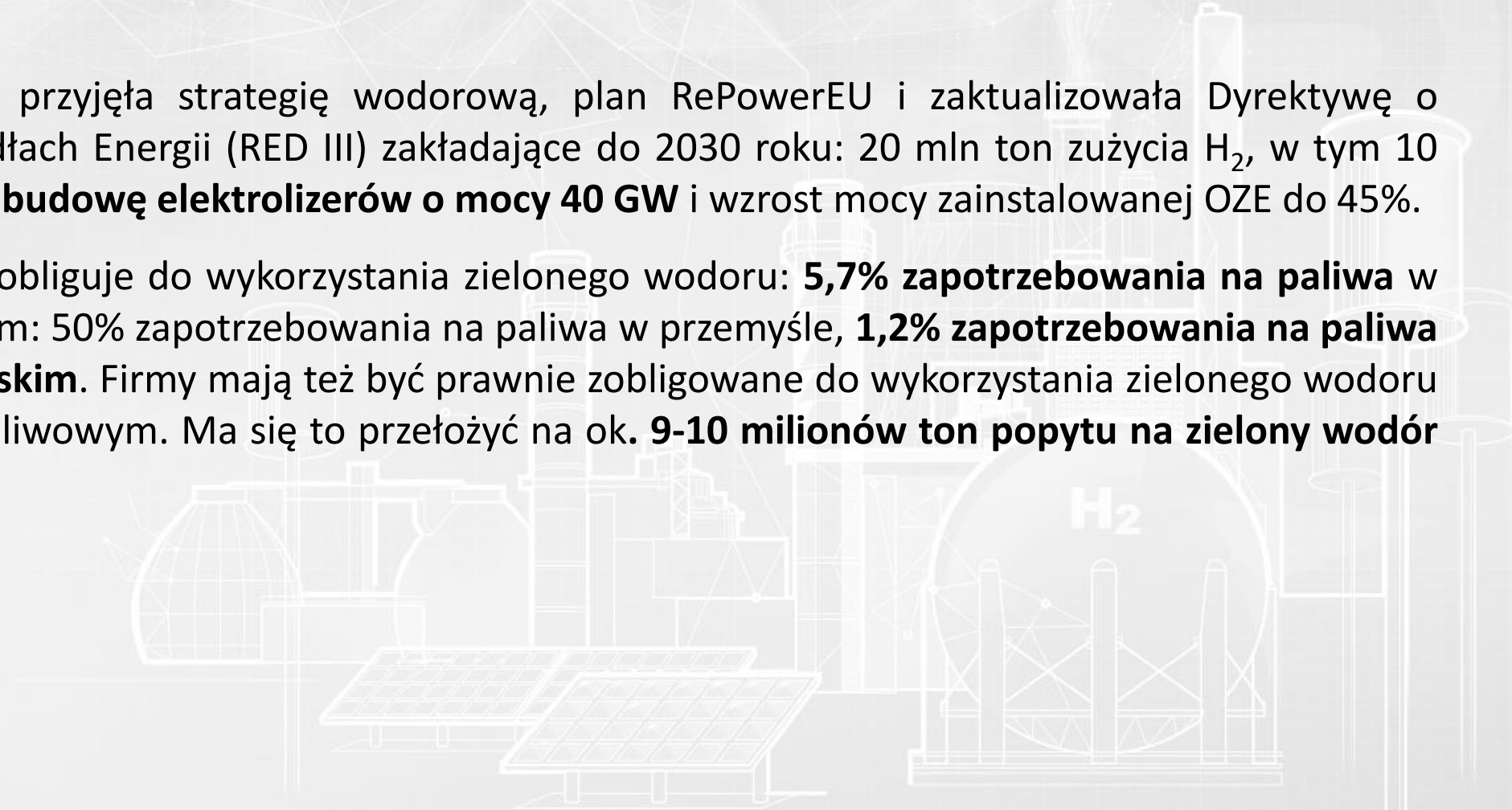
Doradca Zarządy SBB Energy S.A. ds. Transformacji Energetycznej
SBB Energy S.A.



Wodór – wprowadzenie



- Unijna Europejska przyjęła strategię wodorową, plan RePowerEU i zaktualizowała Dyrektywę o Odnawialnych Źródłach Energii (RED III) zakładające do 2030 roku: 20 mln ton zużycia H₂, w tym 10 mln ton z importu, **budowę elektrolizerów o mocy 40 GW** i wzrost mocy zainstalowanej OZE do 45%.
- Dyrektywa RED III obliuguje do wykorzystania zielonego wodoru: **5,7% zapotrzebowania na paliwa w UE do 2030 r.**, w tym: 50% zapotrzebowania na paliwa w przemyśle, **1,2% zapotrzebowania na paliwa w transporcie morskim**. Firmy mają też być prawnie zobligowane do wykorzystania zielonego wodoru w swoim mieszkaniu paliwowym. Ma się to przełożyć na ok. **9-10 milionów ton popytu na zielony wodór w 2030 r.**



- 35% globalnych inwestycji powstaje w Europie
- Na świecie zostało ogłoszonych ponad 1000 projektów wodorowych na dużą skalę. Prawie 80% ma być uruchomionych do 2030 roku
- UE zatwierdziła pierwsze „IPCEI”: „Hy2Tech” (41 projektów; 5,4 mld EUR pomocy publicznej); „Hy2Use” (35 projektów; 5,2 mld EUR pomocy publicznej)
- Liderzy inwestycji wodorowych to Francja, Niemcy, Włochy, Hiszpania, Holandia i Portugalia

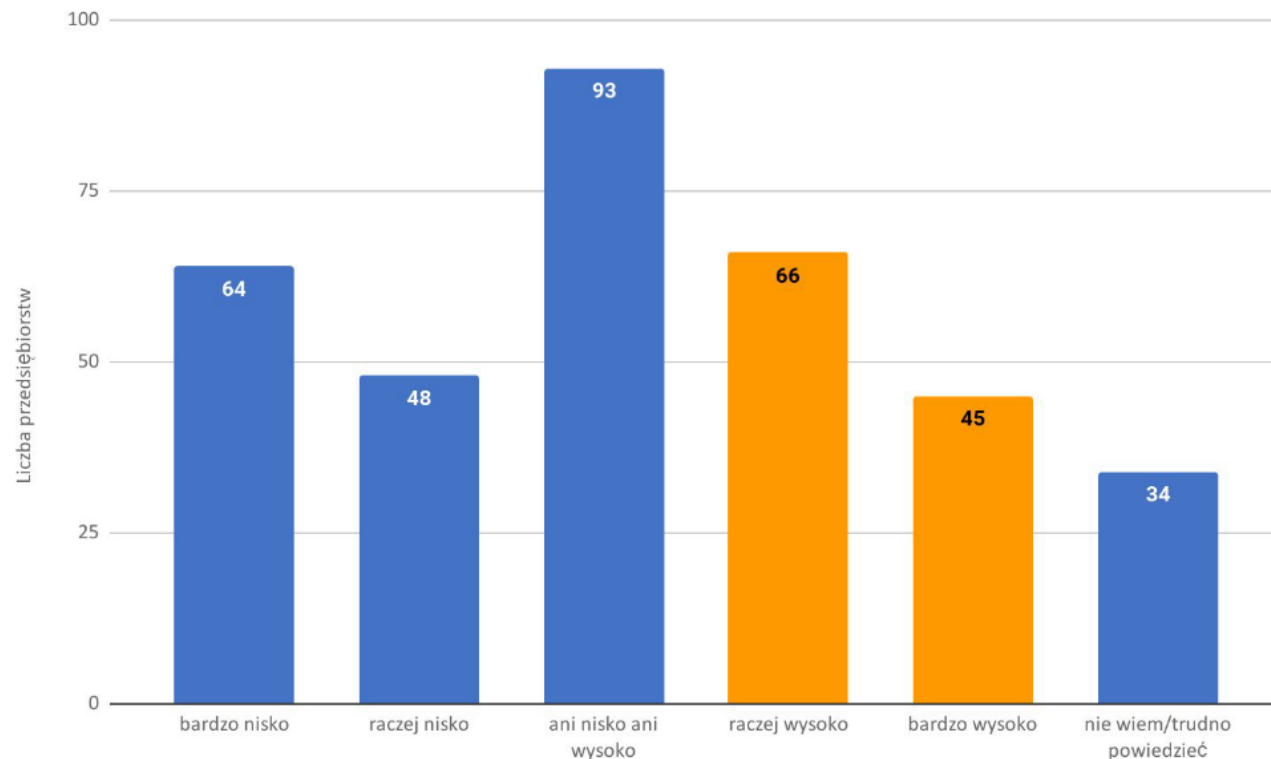


- Zapewnienie odpowiedniej ilości energii odnawialnej
- Skuteczność i tempo badań rozwojowych nad redukcją kosztów produkcji, zwiększeniem wydajności i zmniejszeniem energochłonności wodoru
- Konieczność zwiększenia mocy produkcyjnych elektrolizerów
- Pobudzenie popytu, ze szczególnym naciskiem na rozwój infrastruktury wodorowej i globalnego łańcucha dostaw
- Wyłonienie podmiotów integrujących rynek, które zbudują architekturę rynku i połączą podaż z popytem
- Stabilnego otoczenia regulacyjnego
- Kompetencji i transferu wiedzy
- Gospodarowania zasobami wodnymi



- 51% przedsiębiorstw podjęło działania z zakresu transformacji energetycznej
- 15% przedsiębiorstw planuje zrobić to w przyszłości
- Największe zaangażowanie w transformację energetyczną wykazują firmy z obszaru energetyki, a najmniejsze z budownictwa
- Główne działania (zarówno te podjęte, jak i planowane) to budowa własnych źródeł OZE i poprawa efektywności energetycznej
- 20% przedsiębiorstw nie zamierza podejmować działań z zakresu transformacji energetycznej
- 12% przedstawicieli przedsiębiorstw uważa, że transformacja energetyczna ich nie dotyczy

Stopień zaangażowania przedsiębiorstwa w transformację energetyczną





ZASTOSOWANIE WODORU - PRZEMYSŁ

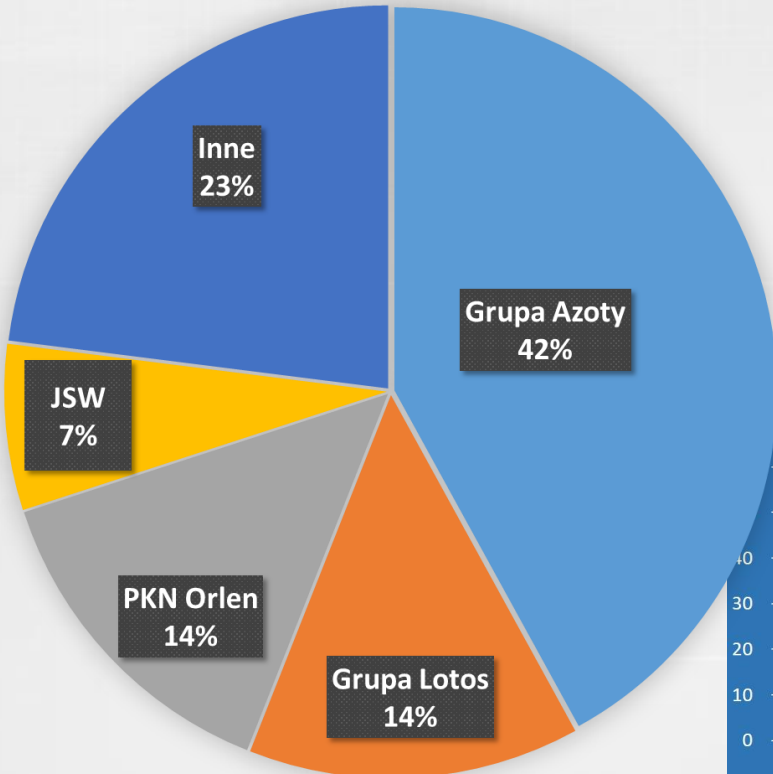
Polska jednym z głównych producentów wodoru

- trzeci producent w EU
- piąty na świecie

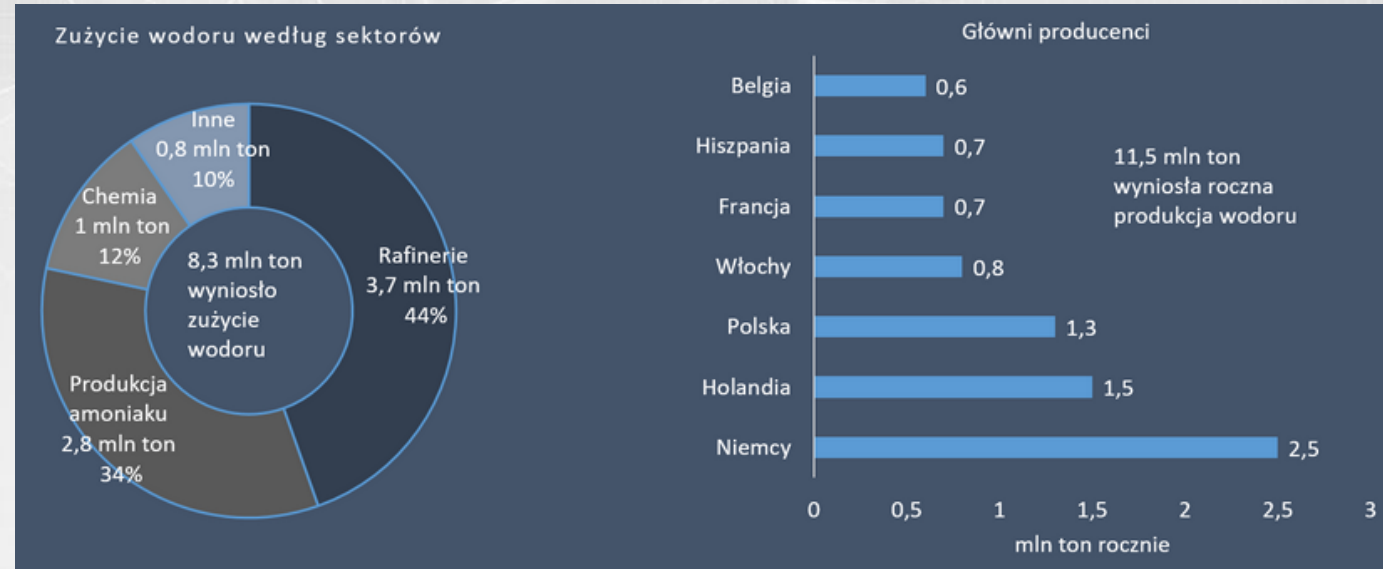


Szary wódór

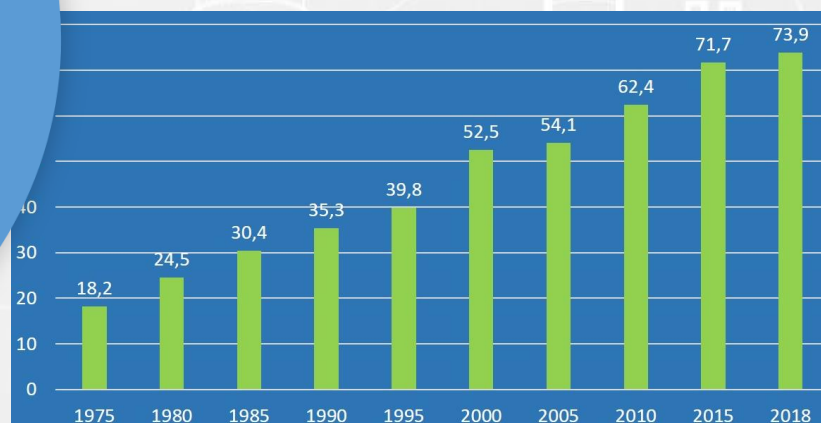
Polscy producenci wodoru



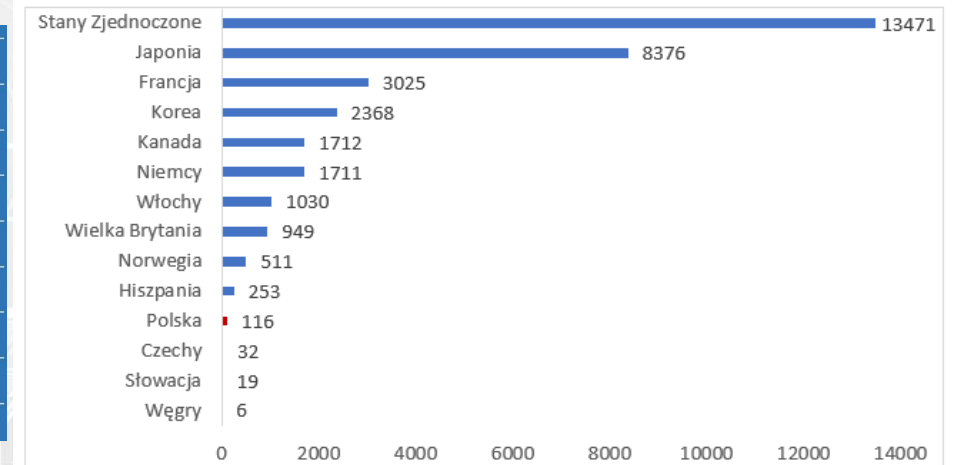
Produkcja i wykorzystanie wodoru w UE



Światowa produkcja wodoru, mln ton



Wykres 4. Wydatki od 2002 r. na badania i rozwój w dziedzinie wodoru i ogniw paliwowych (w mln PLN)



Źródło: obliczenia własne PIE na podstawie bazy danych IEA (2019).

Źródło: <https://wysokienapiecie.pl/32899-kto-zarobi-na-polskim-wodorze/>
 Polski Instytut Ekonomiczny, <https://pie.net.pl/wartosc-ryнку-wodoru-osiagnie-w-2022-r-600-mld-zl-35-proc-wiecej-niz-w-2015-r/>
<https://biznesalert.pl/polska-strategia-wodorowa-2030-nowa-klasyfikacja-walka-srodkami-unijne-energetyka-innowacje-wodor/>

H₂ w Transporcie oraz Portach morskich

Dotacja na autobusy, projekty w fazie analiz

SZCZECIN

HUB Północ

WŁOCŁAWEK

Hub Kujawy

Uruchomienie 2023 H₂ z OZE

KONIN

Produkcja H₂ i Transport

Realizacja w trakcie

GARBCE

Magazyn Energii w H₂

Uruchomienie Q4 2023

OŁAWA

5MW H₂ tri-generacja

Uruchomienie Q4 2023

KATOWICE

Śląsko-Małopolska Dolina

Realizacja w trakcie

PŁOCK

HUB Mazowsze

Uruchomienie 2025 – H₂ z OZE

KIELCE

Analiza techniczno-ekonomiczno-prawna możliwości produkcja H₂ dla maszyn górniczych i transportu

KRAKÓW

Stacja tankowania

Wersja mobilna dla autobusów

NOWA SARZYNA

ISTNIEJĄCE I NOWE BLOKI

ELKTROCIEPŁOWNI

SPALAJĄCE ZIELONY WODÓR

TRZEBINIA

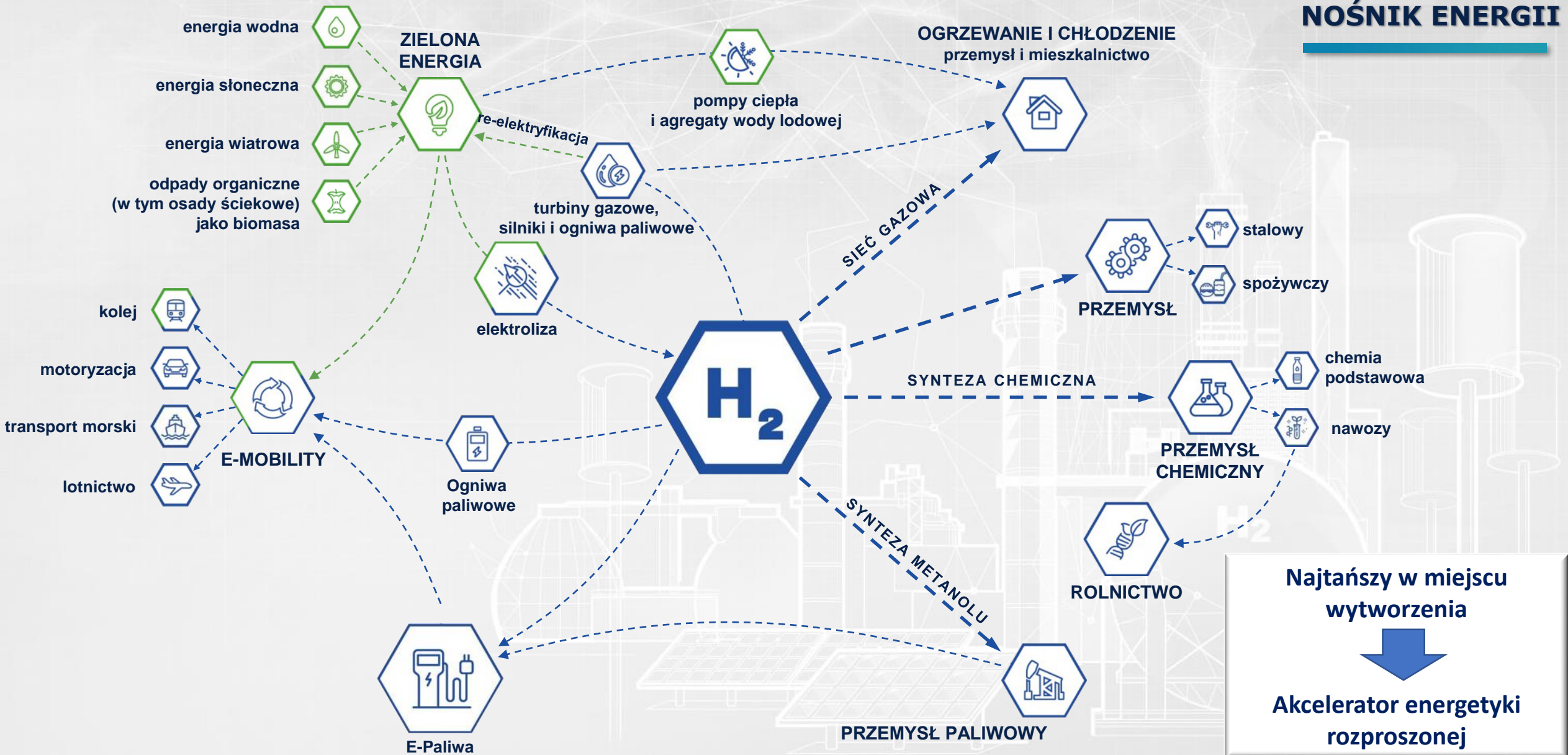
HUB Silesia

Uruchomiony w 2021 do produkcji „zielonego” glikolu oraz 350 tys. t H₂/rocznie w jakości automotive

SANOK

H₂ w ciepłownictwie

W fazie analizy techniczno-ekonomicznej
Produkcja Autobusów H₂



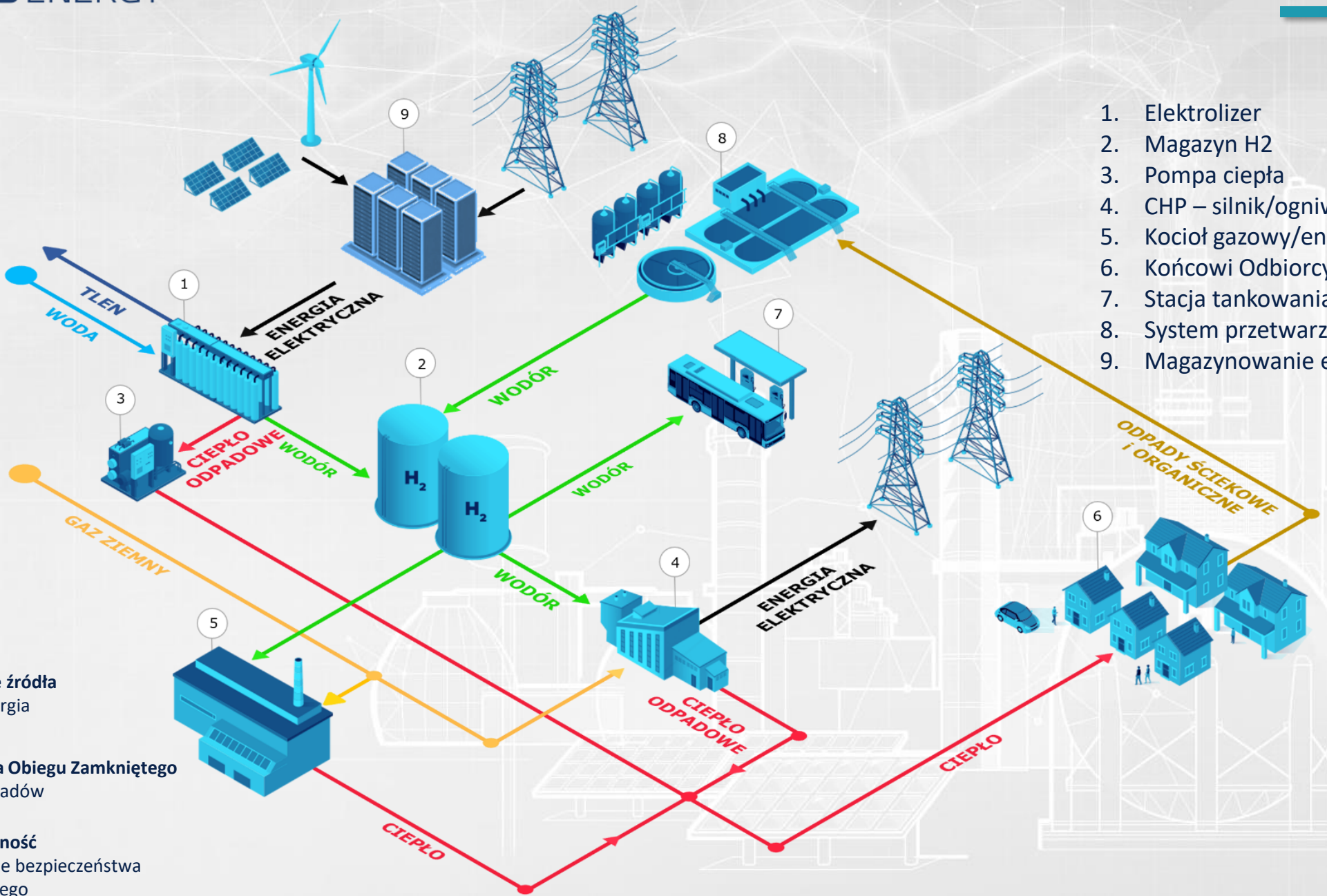
**Najtańszy w miejscu
wytworzenia**

↓




**Akcelerator energetyki
rozproszonej**

- Paliwo wodorowe może być wytwarzane w każdym miejscu przy dostępie wody i energii elektrycznej.
- Jego produkcja, magazynowanie i wykorzystanie przyczynia się do autonomiczności energetycznej regionów i **poprawy bezpieczeństwa dostaw energii**.
- Wykorzystanie wodoru **nie powoduje emisji zanieczyszczeń** do atmosfery.
- Wodór może przyczynić się do dekarbonizacji sektora ciepłowniczego, gdzie niewiele ponad 10% ciepła pozyskiwane jest z czystych źródeł energii, głównie z biomasy.
- Wykorzystanie nadwyżek OZE na produkcję wodoru dla układów poligeneracyjnych.
- Dywersyfikacja źródeł syngazu/wodoru np. osady ściekowe mogą również **„zazielenić” ciepłownictwo** dopełniając idei gospodarki obiegu zamkniętego.

- Zaopatrzenie obiektów mieszkalnych i przemysłowych w **ciepło/energię o obniżonych wskaźnikach emisyjnych.**
- Utrzymanie **akceptowalnych społecznie cen ciepła sieciowego.**
- Wykorzystanie **wodoru również jako paliwa** dla okolicznych operatorów transportu publicznego i/lub ciężkiego.
- Osiągnięcie **efektów środowiskowych, społecznych i ekonomicznych**, w tym powtarzających się przychodów z projektu.
- **Wykorzystanie osadów ściekowych i bioodpadów do produkcji wodoru**, energii elektrycznej i ciepła.



1. Elektrolizer
2. Magazyn H₂
3. Pompa ciepła
4. CHP – silnik/ogniwa paliwowe
5. Kocioł gazowy/energia geotermalna
6. Końcowi Odbiorcy Ciepła
7. Stacja tankowania wodorem
8. System przetwarzania odpadów + HTC
9. Magazynowanie energii

-  **Odnawialne źródła**
– czysta energia
-  **Gospodarka Obiegu Zamkniętego**
– mniej odpadów
-  **Autonomiczność**
– zwiększenie bezpieczeństwa energetycznego

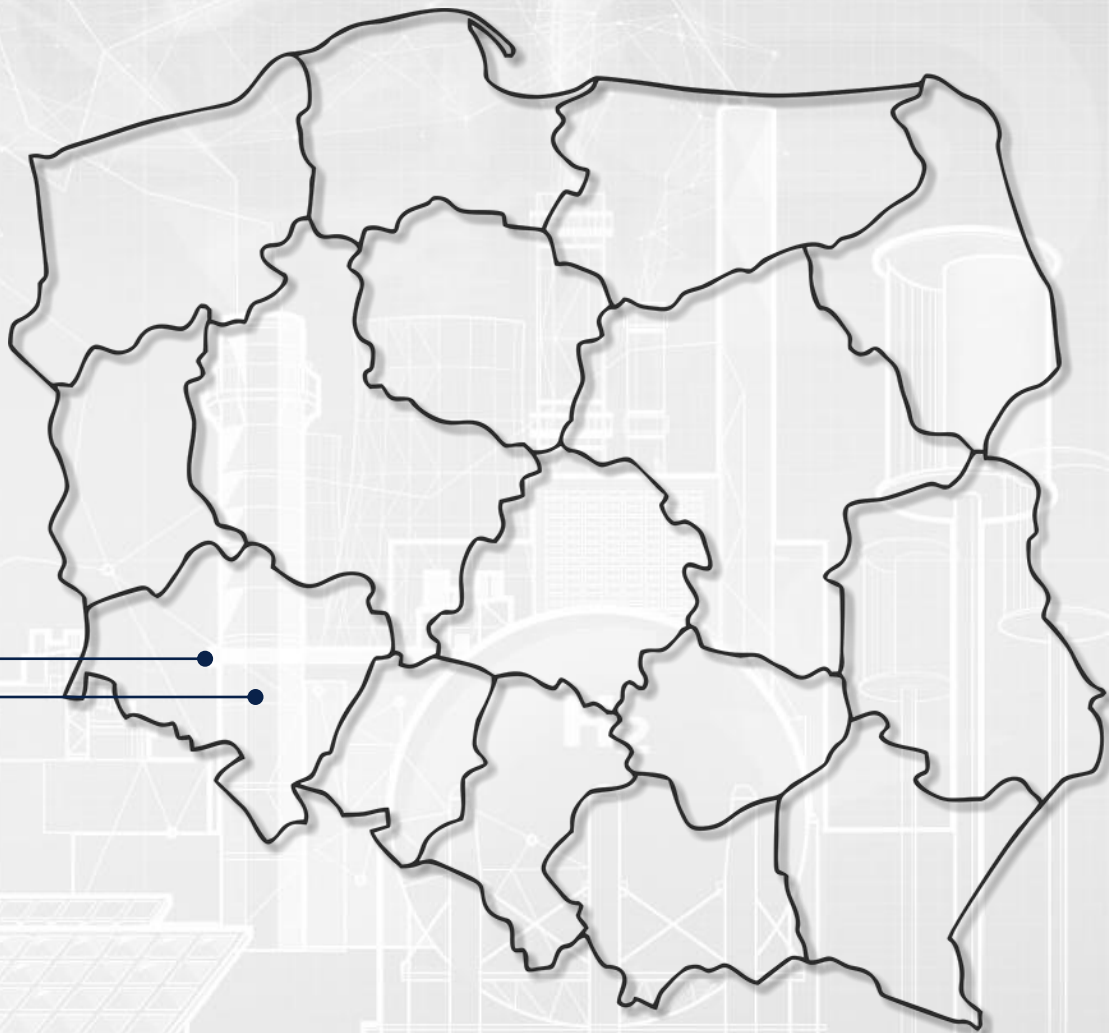
Realizowane projekty wodorowe na terenie Polski





GARBCE

Magazyn Energii w H₂
Elektroliza + ogniwa
paliwowe



GAJ

OŁAWSKI

5MW H₂
tri-generacja



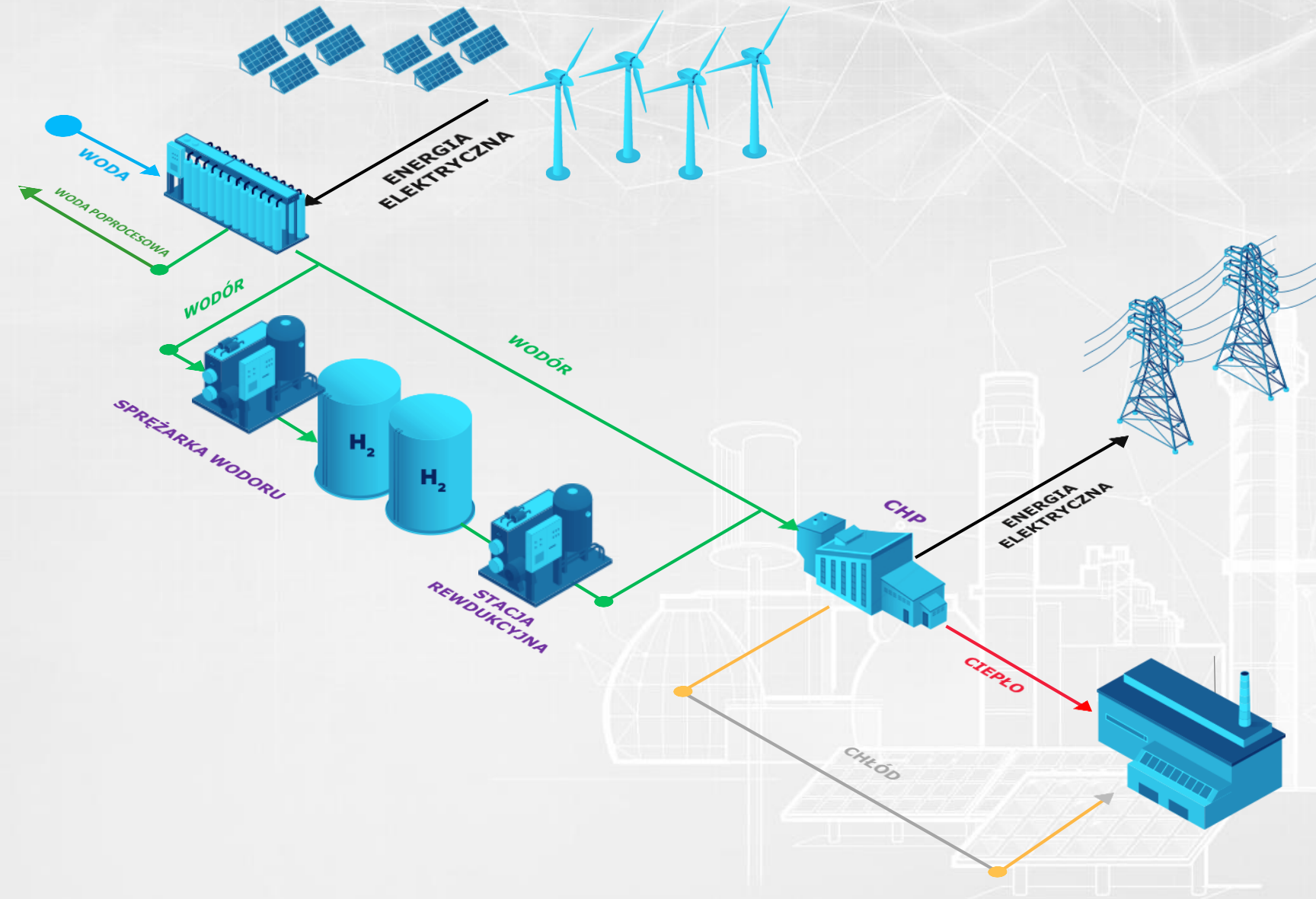
- Producent artykułów medycznych jednorazowego użytku z wykorzystaniem odnawialnych źródeł energii w procesach produkcyjnych
- Pierwszy w Polsce zakład produkcji artykułów medycznych w technologii zerowej emisji CO₂



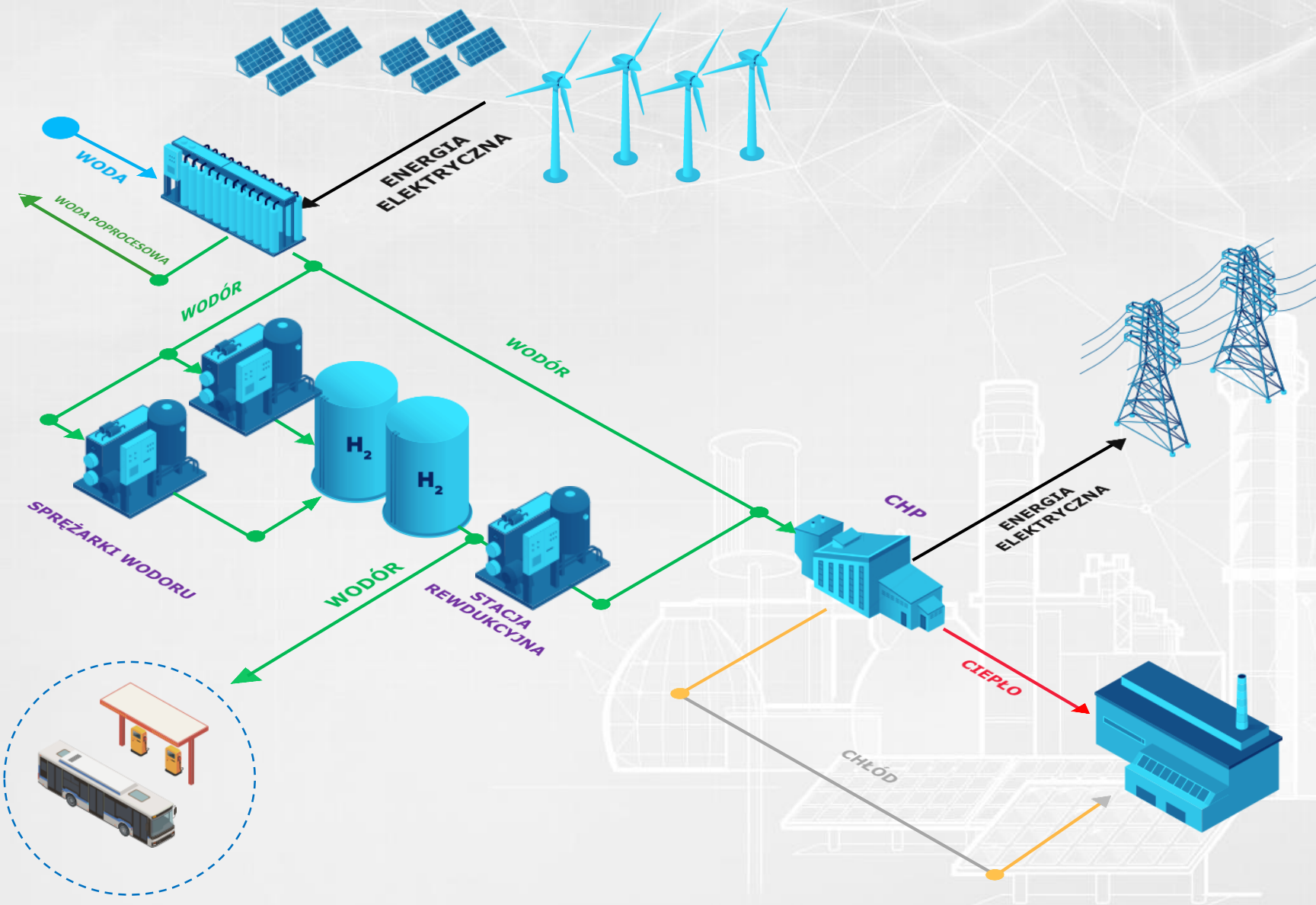
Budowa jednostki wysokosprawnej trigeneracji o całkowitej nominalnej mocy elektrycznej do 1,0 MW

- **Zamówienie współfinansowane przez NFOŚiGW** na mocy zawartej umowy o dofinansowanie w ramach:
 - Priorytet I – Zmniejszenie emisyjności gospodarki
 - Działanie 1.6 – Promowanie wykorzystania wysokosprawnej kogeneracji ciepła i energii elektrycznej w oparciu o zapotrzebowanie na ciepło użytkowe
 - Poddziałanie 1.6.1 – Źródła wysokosprawnej kogeneracji
- **Gwarancja: 36 miesięcy**





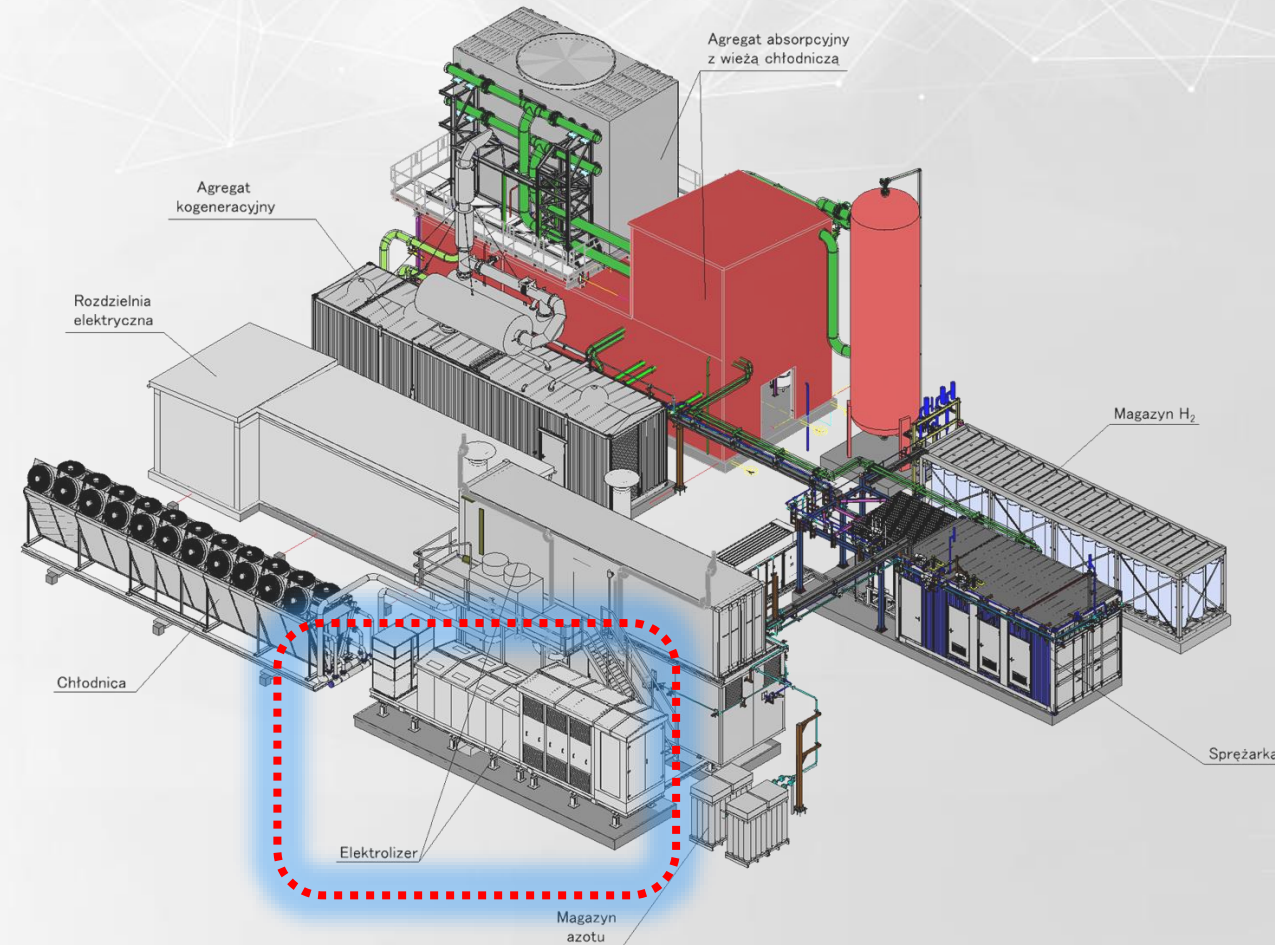
- **Elektrolizer PEM**
(5MW, 90 kg/h, 40 bar)
- **Układ sprężania wodoru**
(50 kg/h, 40 – 500 bar)
- **Magazyn wodoru**
(35m³, 500 bar)
- **II stopniowa stacja redukcyjna**
(500 do 40 bar oraz 40 do 5 bar)
wraz z układem buforowym
- **Silnik kogeneracyjny**
(1MWe, 1,2MWt, 0,85MWch)
- **By-pass układu sprężania**
- **Układu produkcji chłodu**
agregatem absorpcyjny + chłodnia
- **Instalacja ciepła i chłodu**
- Stacji uzdatniania wody
- Instalacji detekcji wodoru



- **Elektrolizer PEM**
(5MW, 90 kg/h, 40 bar)
- **Układ sprężania wodoru**
(50 kg/h, 40 – 500 bar)
- **Magazyn wodoru**
(35m³, 500 bar)
- **II stopniowa stacja redukcyjna**
(500 do 40 bar oraz 40 do 5 bar)
wraz z układem buforowym
- **Silnik kogeneracyjny**
(1MWe, 1,2MWt, 0,85MWch)
- **By-pass układu sprężania**
- **Układu produkcji chłodu**
agregatem absorpcyjny + chłodnia
- **Instalacja ciepła i chłodu**
- Stacji uzdatniania wody
- Instalacji detekcji wodoru
- **Układ sprężania wodoru II**
(40 kg/h, 40 – 500 bar)
- **Stacja tankowania**
(350 + 700 bar)

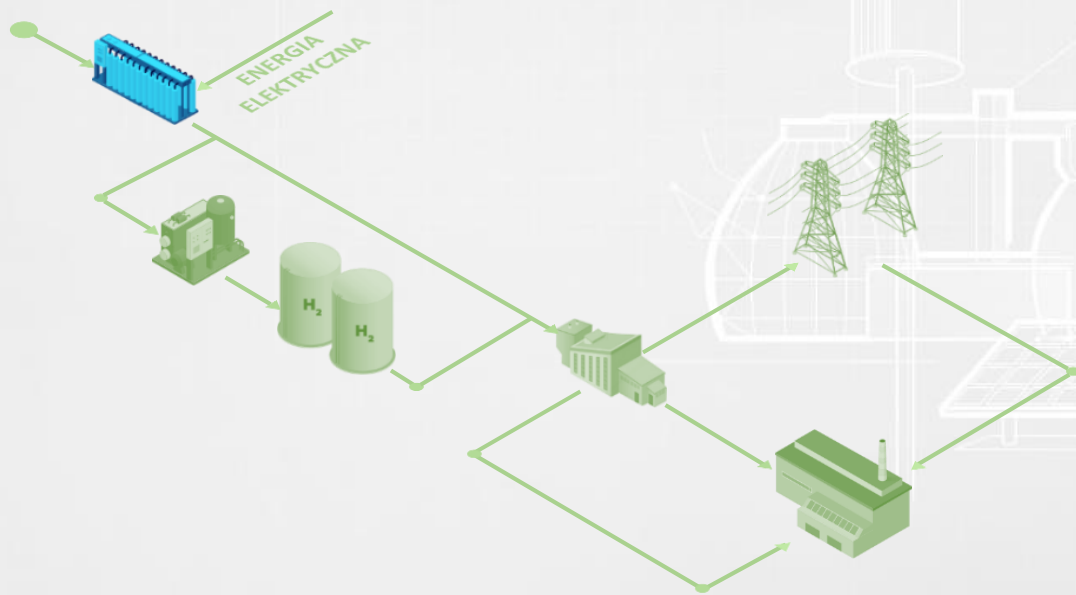
ELEKTROLIZER

Parametr	Wartość
Typ	PEM
Nominalna wydajność elektrolizera	1000 Nm ³ /h ≈ 90 kg/h
Nominalna moc elektrolizera	5 MW
Nominalne ciśnienie wodoru	40 bar
Czystość produkowanego wodoru	Min. 99.998%



Elektrolizer PEM składać się będzie m.in. z następujących systemów:

- przygotowania i uzdatniania wody
- elektrolizera
- separacji i wyprowadzenia tlenu
- kondycjonowania i doczyszczania wodoru
- zasilania
- wyprowadzenia ciepła z układu elektrolizera
- oprzyrządowania i sterowania
- pomp zasilających i cyrkulacyjnych
- bezpieczeństwa i analizy gazów



Parametr	Wartość
Nominalna wydajność	1000 Nm ³ /h (90 kg/h)
Nominalna moc elektrolizera	5 MW
Ciśnienie wodoru na wylocie	40 barg
Zakres pracy	25 – 100 %
Czystość produkowanego wodoru	Do 99.999 %
Zapotrzebowanie na wodę surową	do 1500 l/h
Żywotność elektrolizera	80 000 mth

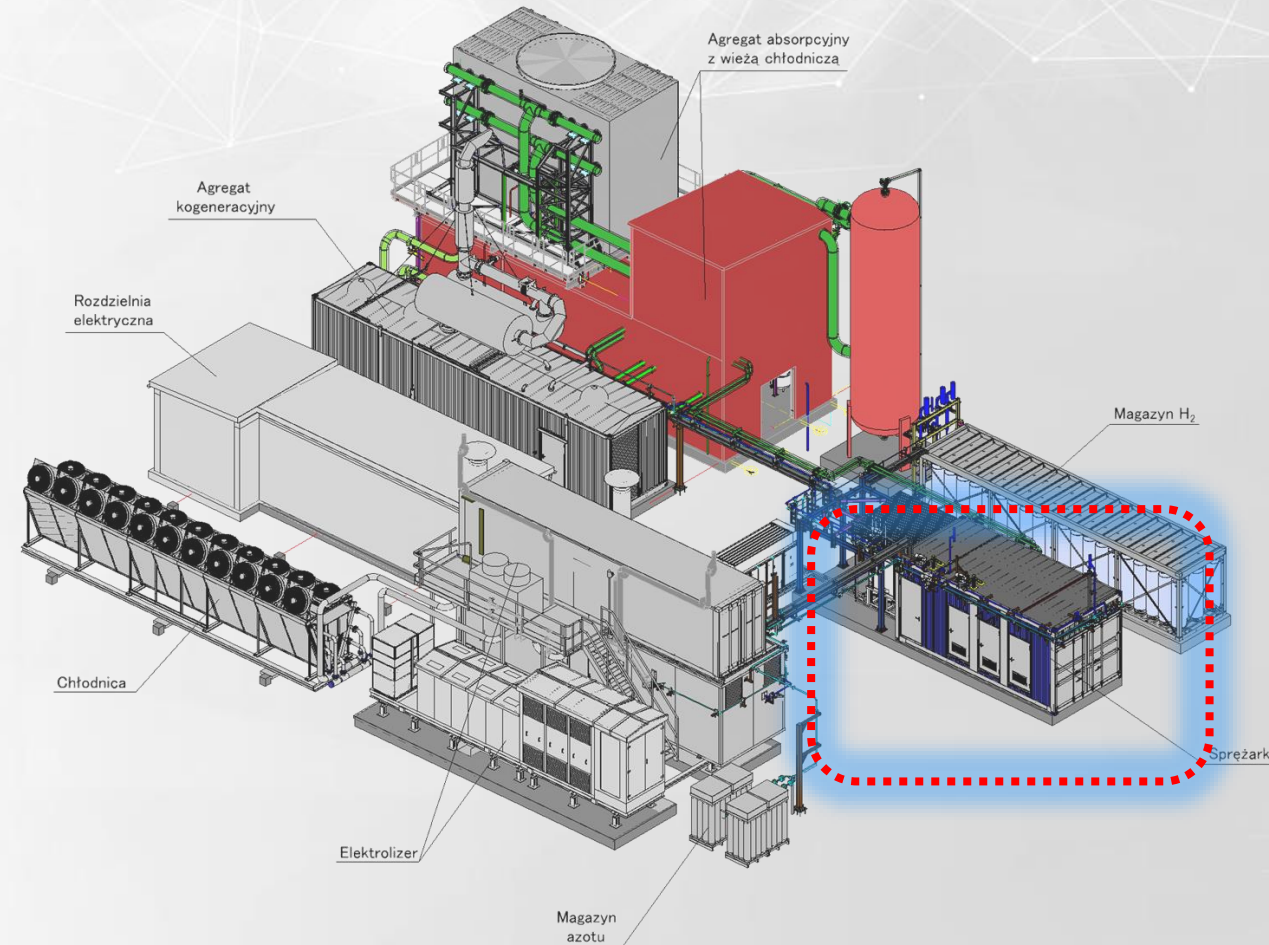
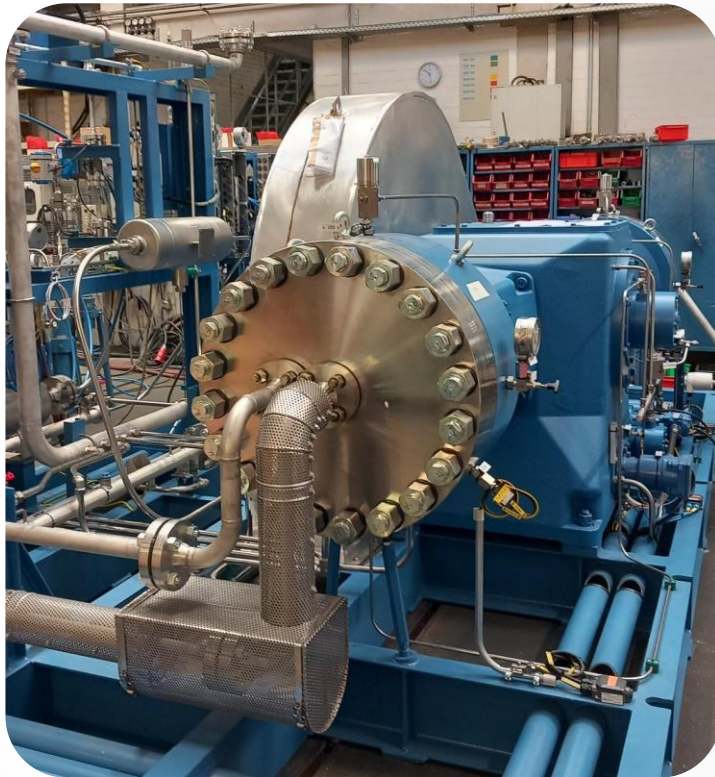


SPRĘŻARKA

Parametr

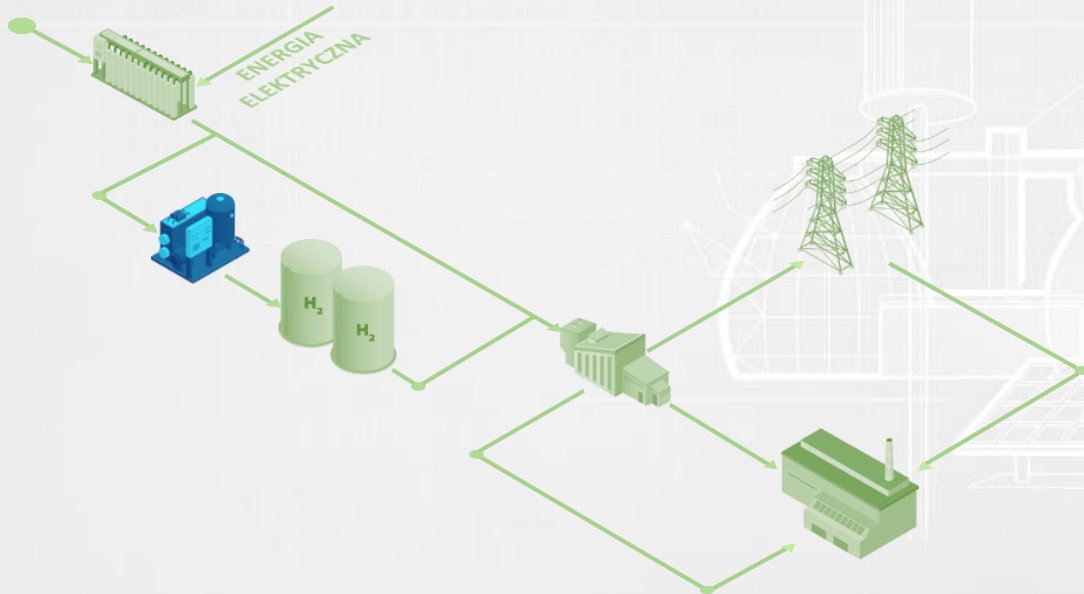
Wartość

Nominalna wydajność	0-50 kg H ₂ /h
Ciśnienie na ssaniu/wylocie	40 barq / 500 barq
Temperatura na wylocie	< 40°C



Układ sprężania zostanie wykonany w zabudowie kontenerowej, składać się będzie z:

- układu 2-stopniowej membranowej sprężarki wodoru wyposażonej m.in. w:
 - zbiorniki niwelujące pulsacje ciśnienia
 - zawory kontrolne i bezpieczeństwa
 - napęd
- systemu chłodzenia sprężarki wraz z chłodzeniem wodoru
- urządzeń kontrolno-pomiarowych

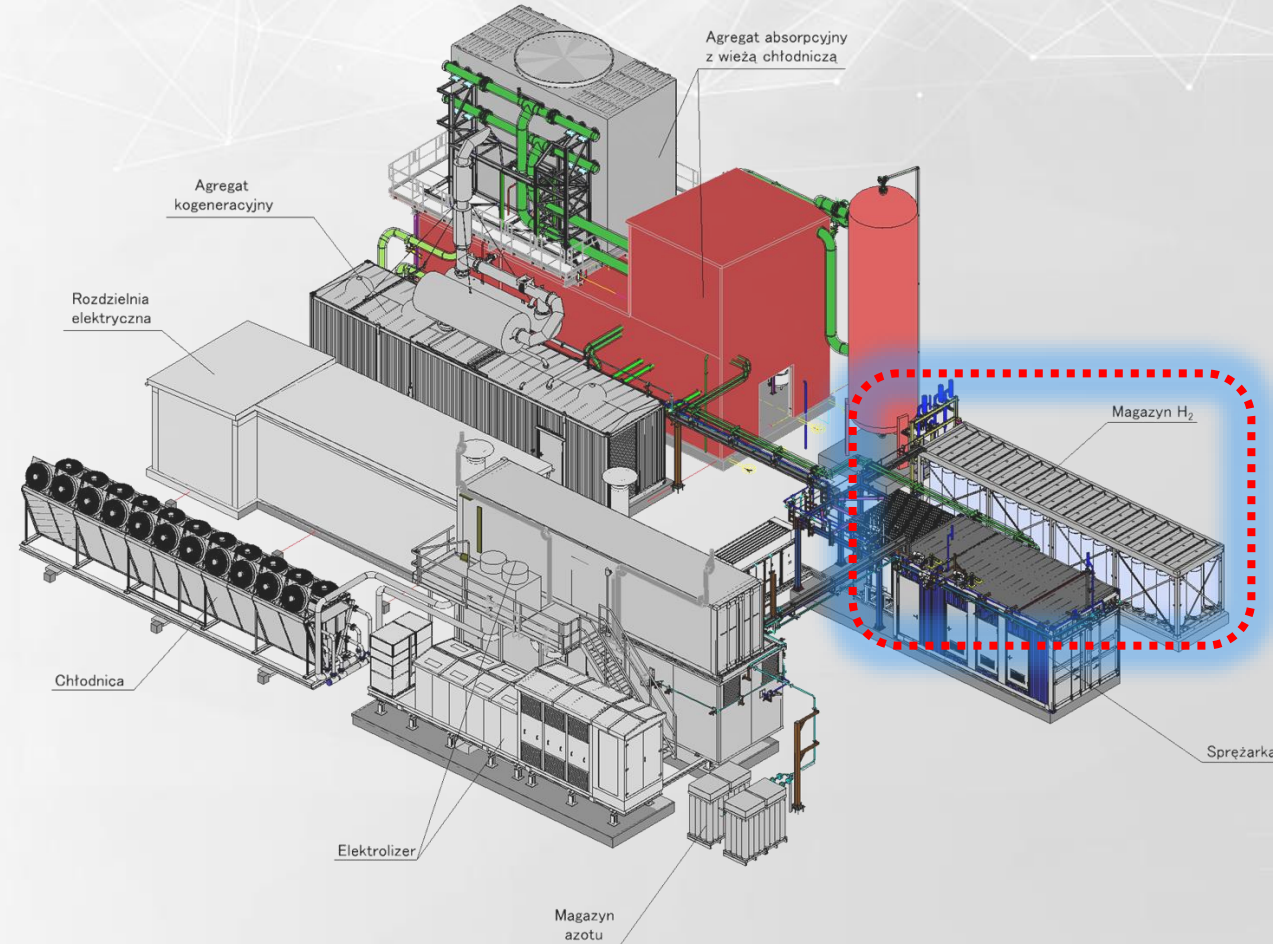


Parametr	Wartość
Typ	membranowa
Nominalna wydajność sprężarki	0 do 50 kgH ₂ /h
Ciśnienie na ssaniu	40 barg
Nominalne ciśnienie wyjściowe wodoru	min. 500 barg
Temperatura wodoru na wylocie	Ok 40 °C

NPROXX

MAGAZYN WODORU

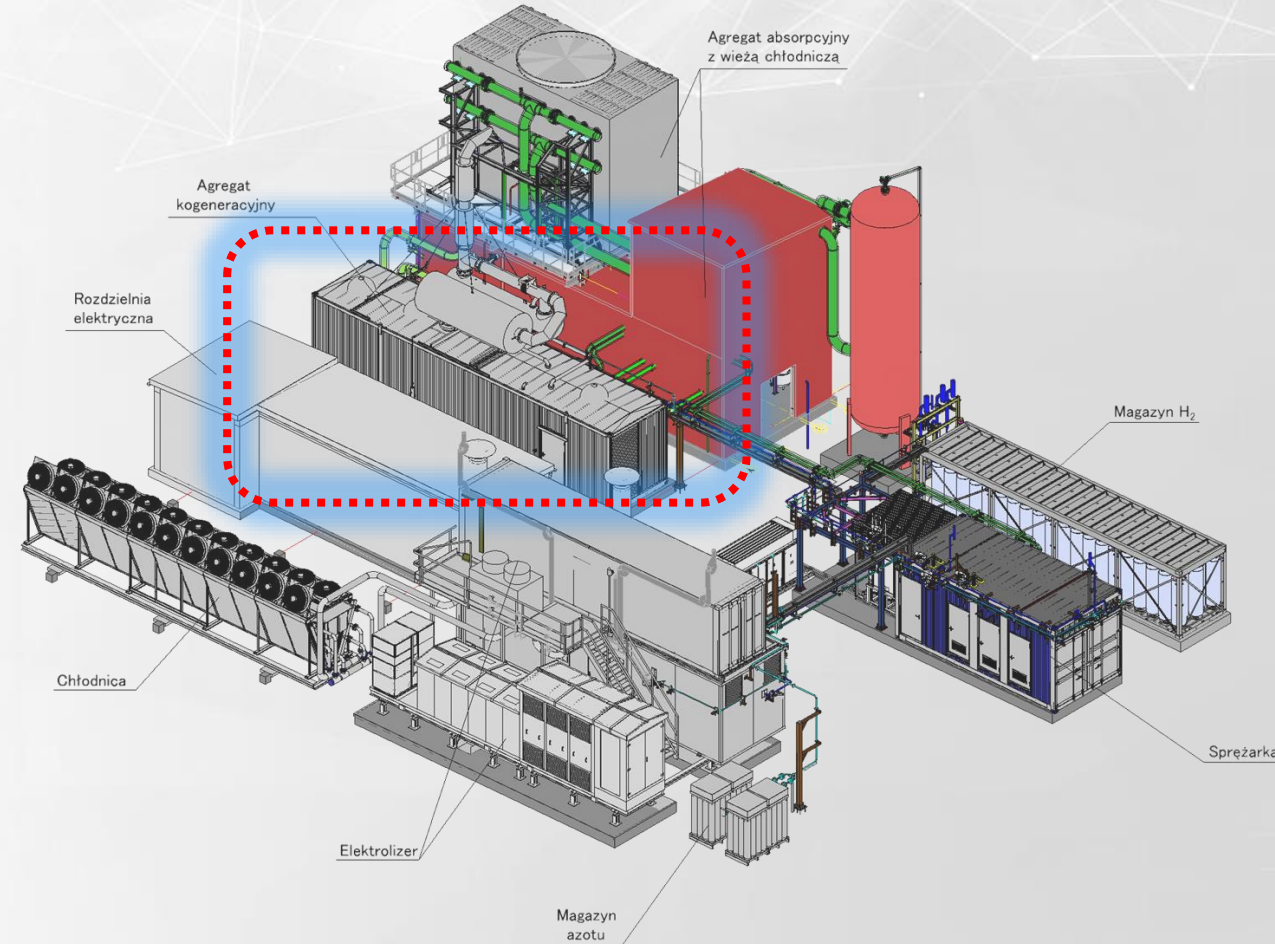
Parametr	Wartość
500 bar	
Całkowita pojemność magazynowa (3 sekcje, w sumie 100 butli)	35 m ³ ≈ 1050 kg
Max. ciśnienie wodoru	500 bar





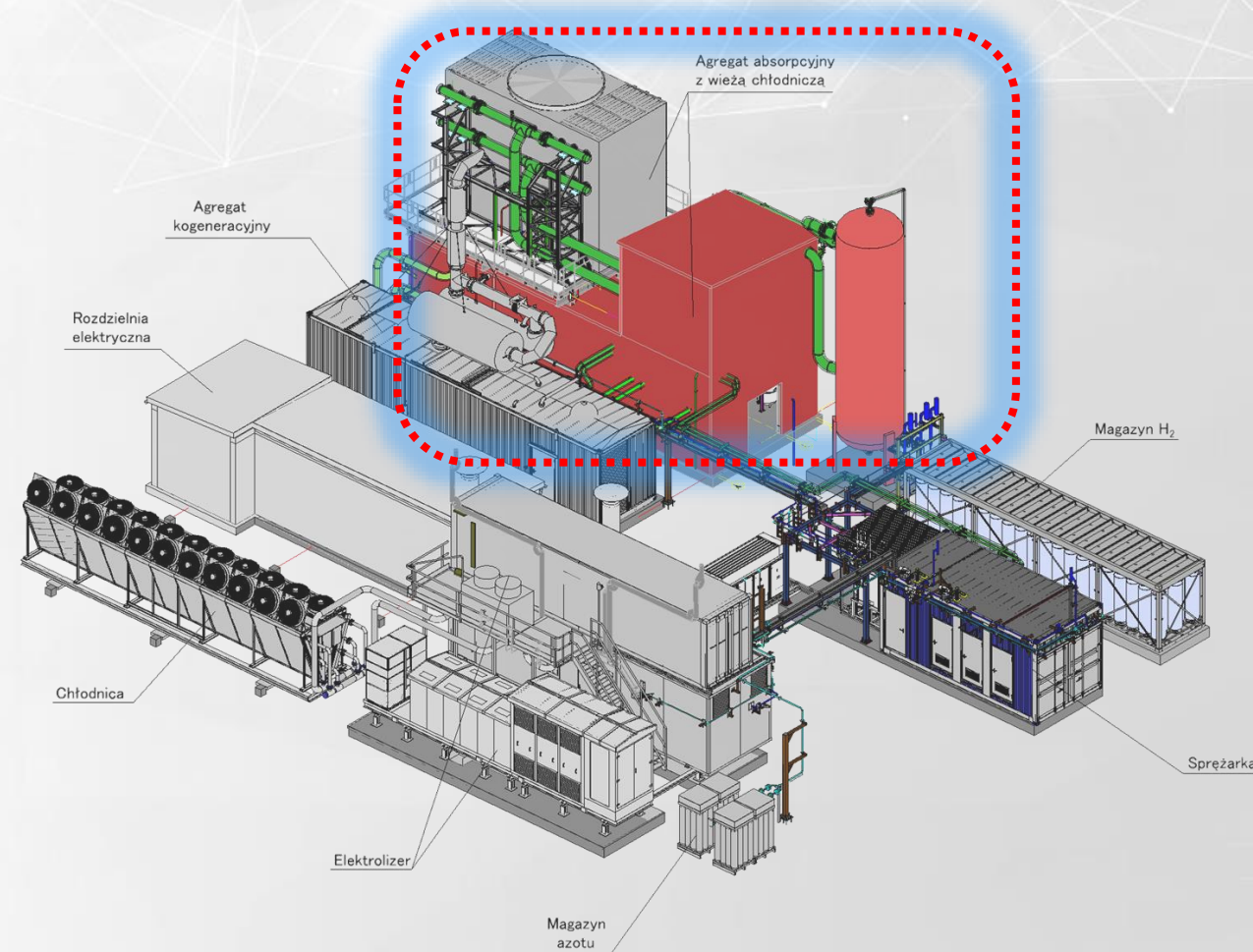
AGREGAT KOGENERACYJNY

Parametr	Wartość
Nominalna moc elektryczna	999 kW _e
Energia ciepła	1.2 MW _t
Całkowita sprawność kogeneracji	powyżej 81 %



CHŁODZIARKA ABSORPCYJNA

Parametr	Wartość
Nominalna moc agregatu	0.85 MWt (tolerancja +10%)
Moc cieplna oddawana przez agregat kogeneracyjny do agregatu chłodniczego	1201 kW
Strumień cieczy roboczej (mieszanka wody i glikolu 50%)	63 t/h
Parametry cieczy roboczej (in/out)	95/75°C



INSTALACJA CIEPŁA I CHŁODU



GAJ OŁAWSKI



GAJ

OŁAWSKI

5MW H₂

tri-generacja



1. Zakończono montaż mechaniczny i elektryczny – październik 2023

2. Rozruch instalacji

- Wykonano próby ciśnieniowe i szczelności
- Podano napięcie na główne odbiorniki instalacji
- W trakcie testy i sprawdzenia (loop-checks)
- Wprowadzono media do głównych obiegów (grzewczy, chłodniczy, wody lodowej)
- Podano napięcie na szafę sterowniczą elektrolizera, uruchomiono pierwsze podzespoły (sprężarka powietrza, SUW, chiller)
- Uruchomiono SUW dla instalacji trigeneracji

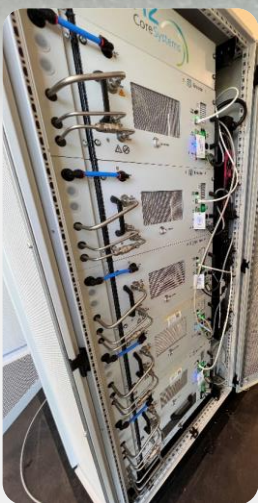
3. Produkcja pierwszego wodoru – grudzień 2023

GARBCE

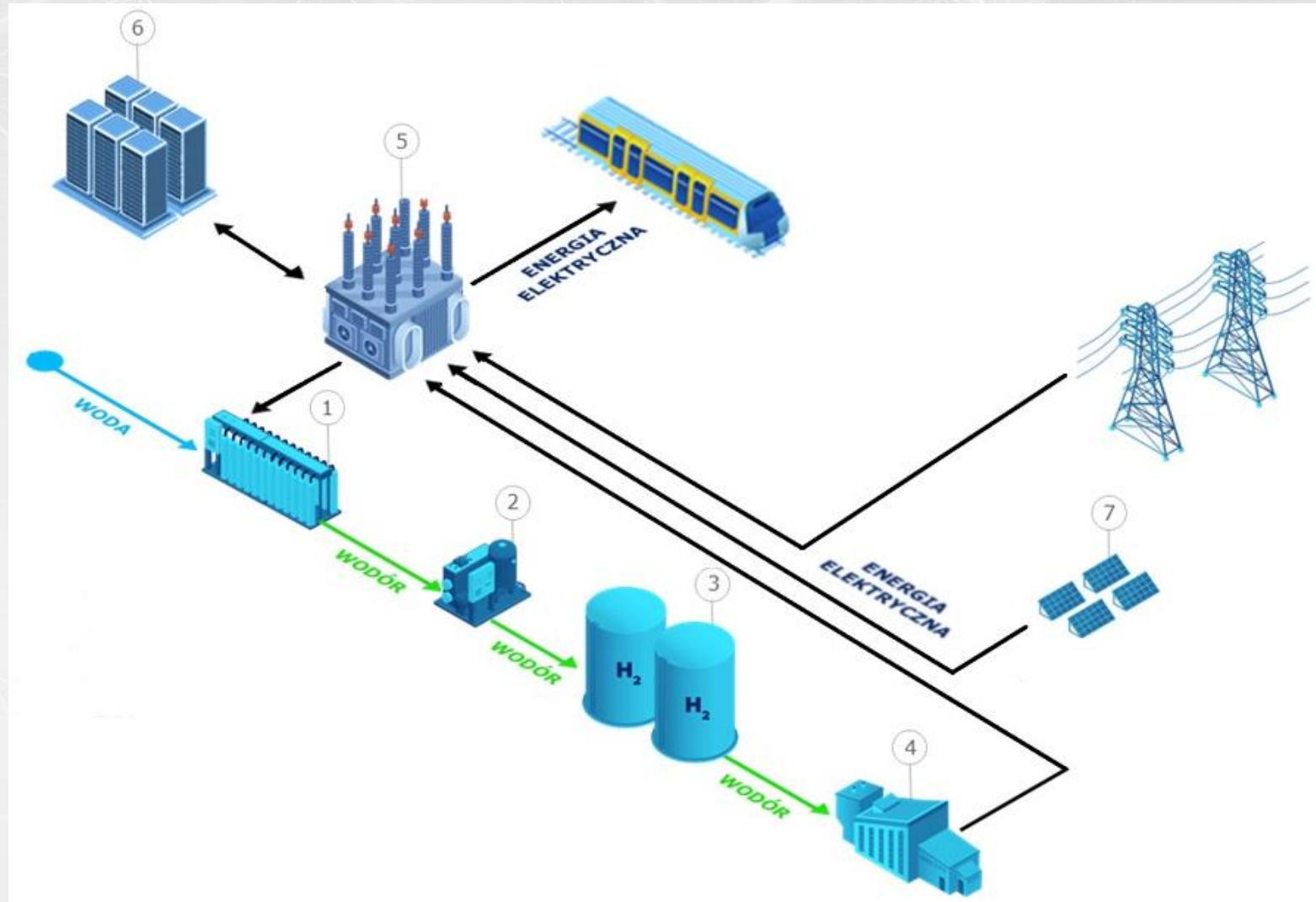


GARBCE

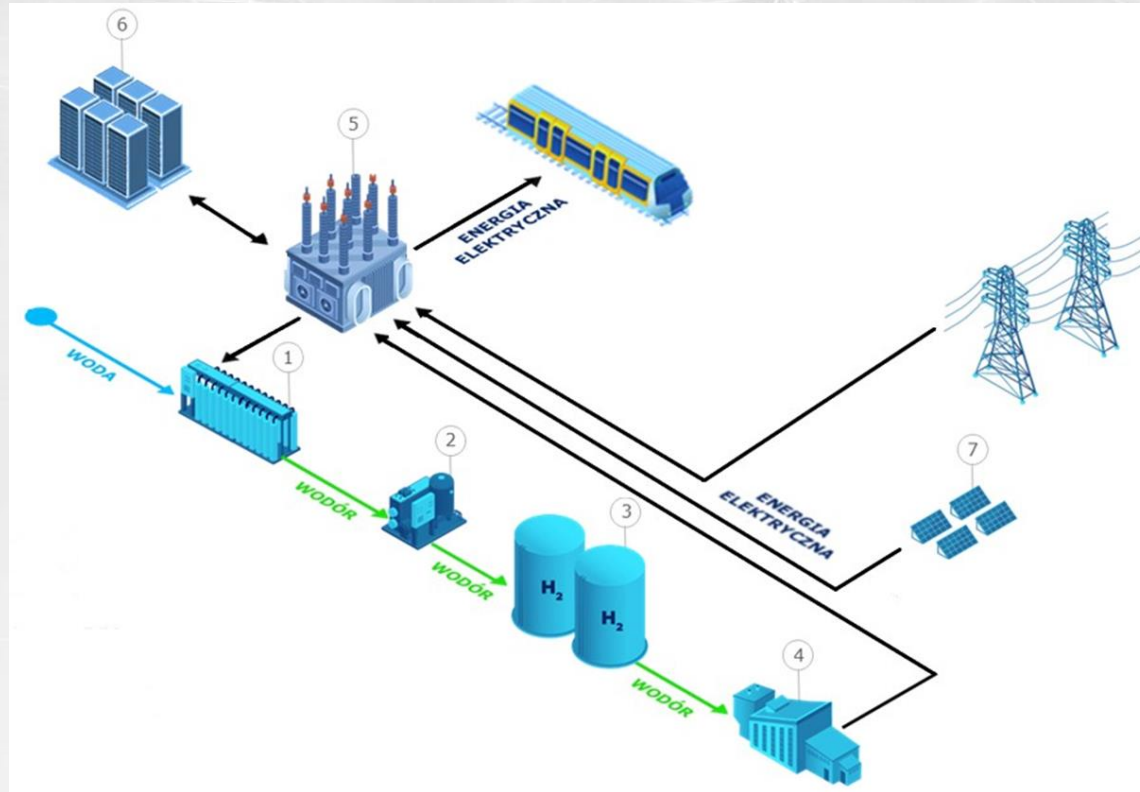
Magazyn Energii w H₂
Elektroliza + ogniowo
paliwowe



- **Zamawiający:** PKP Energetyka S.A.
- **Lokalizacja:** Podstacja trakcyjna PT Garbce (Garbce, gmina Żmigród, powiat trzebnicki)
Nazwa: „Wodorowy system magazynowania energii – System dynamicznej redukcji obciążenia podstacji trakcyjnej, działający z wykorzystaniem zasobnika dużej mocy”.
- Projekt jest realizowany w ramach Działania 1.2: „**Sektorowe programy B+R**” Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020, współfinansowanego ze środków **Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego**:
- Zasilanie **156.2 kW PV** – układ **OFF-GRID** – energia nie może być przesłana do sieci.
- **19 kwietnia 2022 r.** - Podpisanie umowy pomiędzy SBB ENERGY S.A., a PKP Energetyka - rozpoczęcie realizacji projektu.



1. Elektrolizer
2. Sprężarka wodoru
3. Magazyn wodoru
4. Ogniwopaliwowe
5. Podstacja trakcyjna
6. Baterijny magazyn energii
7. Farma PV



1. Elektrolizer
2. Sprężarka wodoru
3. Magazyn wodoru
4. Ogniwu paliwowe
5. Podstacja trakcyjna
6. Bateryjny magazyn energii
7. Farma PV

ELEKTROLIZER

Parametr	Wartość
Typ	AEM
Nominalna wydajność	7.5 Nm ³ /h ≈ 0.63kg/h
Nominalna moc	36 kW
Liczba i moc modułów	15 x 2.4 kW
Nominalne ciśnienie	30 bar
Zapotrzeb. na wodę	~ 6 L/h

MAGAZYN WODORU

Parametr	Wartość
200 bar	
Całkowita pojemność	23 kg*
Max. ciśnienie wodoru	200 bar
Liczba butli w zestawie	16 x 0.05 m ³

SPRĘŻARKA

Parametr	Wartość
Max. strumień wodoru	7 Nm ³ /h ≈ 0.63kg/h
Ciśnienie ssania	30 bar
Max. ciś. na wylocie	200 barg

OGNIWA PALIWOWE

Parametr	Wartość
Nominalna moc	20 kW _e
Liczba i moc stosów	5 x 4kW
Sprawność przy mocy nominalnej	> 45%

SUW



ELEKTROLIZER



H₂ OSUSZACZ



SPRĘŻARKA



OGNIWO PALIWOWE



MAGAZYN H₂



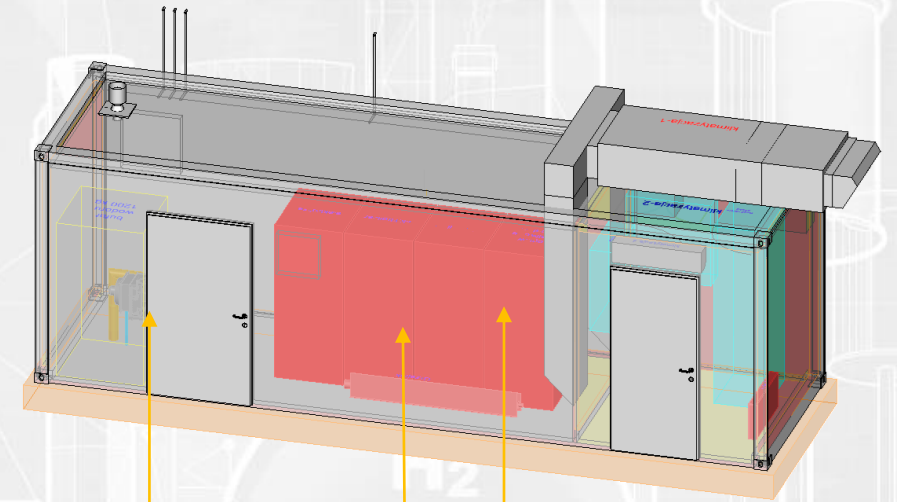
KOMPAKTO
WE
ROZWIĄZANI



KOMPAKTO
WE
ROZWIĄZANI

H₂





Sprężarka

Elektrolizer

Ogniwa Paliwowe

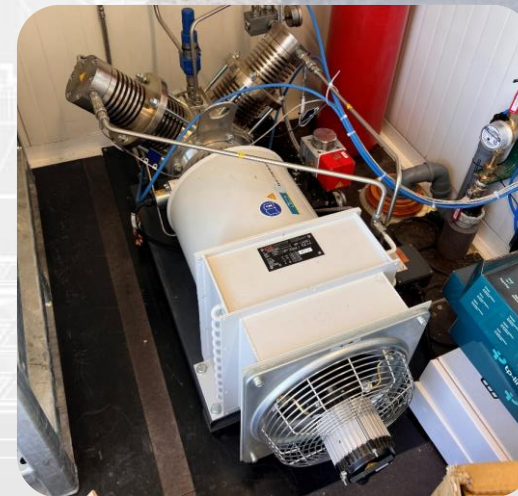
MAGAZYN WODORU

Parametr	Wartość
200 bar	
Całkowita pojemność magazynowa	23 kg
Max. ciśnienie wodoru	200 bar
Liczba butli w zestawie	16 x 0.05 m ³



SPRĘŻARKA

Parametr	Wartość
Max. Strumień wodoru	7 Nm ³ /h ≈ 0.63kg/h
Ciśnienie ssania	30 bar
Max. Ciśnienie na wylocie	200 barg



ELEKTROLIZER

Parametr	Wartość
Typ	AEM
Nominalna wydajność elektrolizera	7.5 Nm ³ /h ≈ 0.63kg/h
Nominalna moc elektrolizera	36 kW
Liczba i moc modułów	15 x 2.4 kW
Nominalne ciśnienie wodoru	30-35 bar
Zapotrzebowanie na wodę	~ 6 L/h

OGNIWA PALIWOWE

Parametr	Wartość
Nominalna moc elektryczna	20 kW _e
Liczba i moc stosów	5 x 4kW
Sprawność przy mocy nominalnej	> 45%



Wnioski



Modele pracy systemów OZE + H₂

magazynowanie szczytowych ilości produkowanej energii z OZE pod postacią wodoru

zeroemisyjna, **rozproszona** generacja ciepła i energii elektrycznej

generacja zeroemisyjnego paliwa dla dekarbonizacji **transportu**

zagospodarowanie **ciepła i tlenu**

możliwość wykorzystania **lokalnie** dostępnego „paliwa” np. wiatru, słońca, osadów ściekowych

- Polska posiada **niewielki potencjał technologiczny** w obszarze gospodarki wodorowej. Zauważalny jest jednak potencjał do rozwoju firm technologicznych na rynku lokalnym
- Realizowanie projekty (energetyka, transport) wciąż w bardzo **początkowej fazie** (wysoki CAPEX I OPEX)
- **Brak rozwiniętych łańcuchów dostaw technologii**, niewiele dostawców kluczowych elementów instalacji, długie oczekiwanie na dostawy
- **Brak regulacji prawnych** na szczeblu krajowym i międzynarodowym – niejasna sytuacja prawna
 - brak jednolitych definicji prawnych
 - brak procedur bezpieczeństwa
 - brak regulacji dotyczących cen wodoru
- **Brak infrastruktury** zagospodarowania H₂ zarówno do celów energetycznych jak i transportu
- Brak systemu wsparcia dedykowanego dla wodoru odnawialnego w Polsce

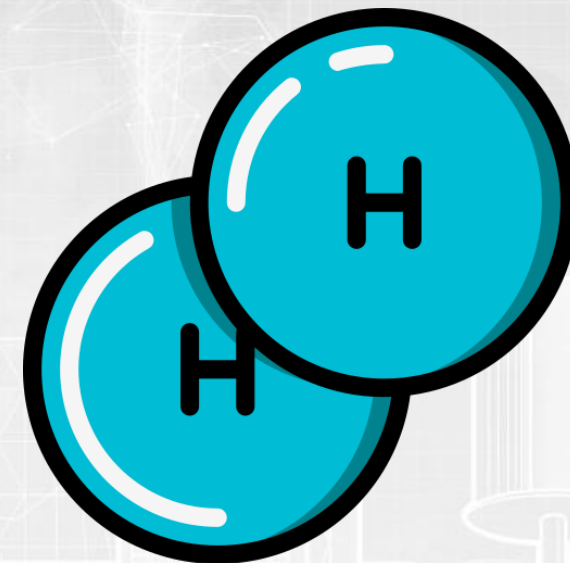
Największym problemem rozwoju innowacji w obszarze wodoru jest obecnie niska dojrzałość rynku, brak wystarczających przepisów prawnych i instrumentów wsparcia oraz niedostateczne ukierunkowanie (niejasne cele i procedury ich ustalania)

PODSUMOWANIE

Aktualnie największy problemem w zakresie gospodarki wodorowej



KOSZTY
wprowadzenia nowej technologii na szeroką skalę



- **Wodór ma ogromny potencjał**
- **Skala projektów** wodorowych jest na razie nieduża ale **rośnie w bardzo dużym tempie**
- Wprowadzenie nowej technologii zawsze jest kosztowne ale w miarę jej popularyzacji koszty maleją
- Realna efektywność inwestycji jest mała ale w miarę rozwoju będzie rosła w tempie wykładniczym
- Konieczne jest dopracowanie technologii wodorowych pod względem wydajności i sprawności
- Większość narodowych strategii/programów wodorowych ma na celu znaczne obniżenie ceny końcowej wodoru m.in. poprzez dopracowanie oraz optymalizację technologii
- **Efekt skali** przyniesie znaczny wzrost efektywności technologii
- Motywację do wykorzystania wodoru, dalszego rozwoju technologii oraz gospodarki wodorowej daje **aktualna polityka klimatyczna państw rozwiniętych** zachęcając swoimi przepisami oraz dotacjami do odejścia od paliw kopalnych i wspierając inwestycje związane z zielonym wodorem

Pieniądze → Rozwój



Dziękuję za uwagę

Robert Żmuda

Doradca Zarządy SBB Energy S.A.

ds. Transformacji Energetycznej

r.zmuda@sbbenergy.com

<https://sbbenergy.pl/>

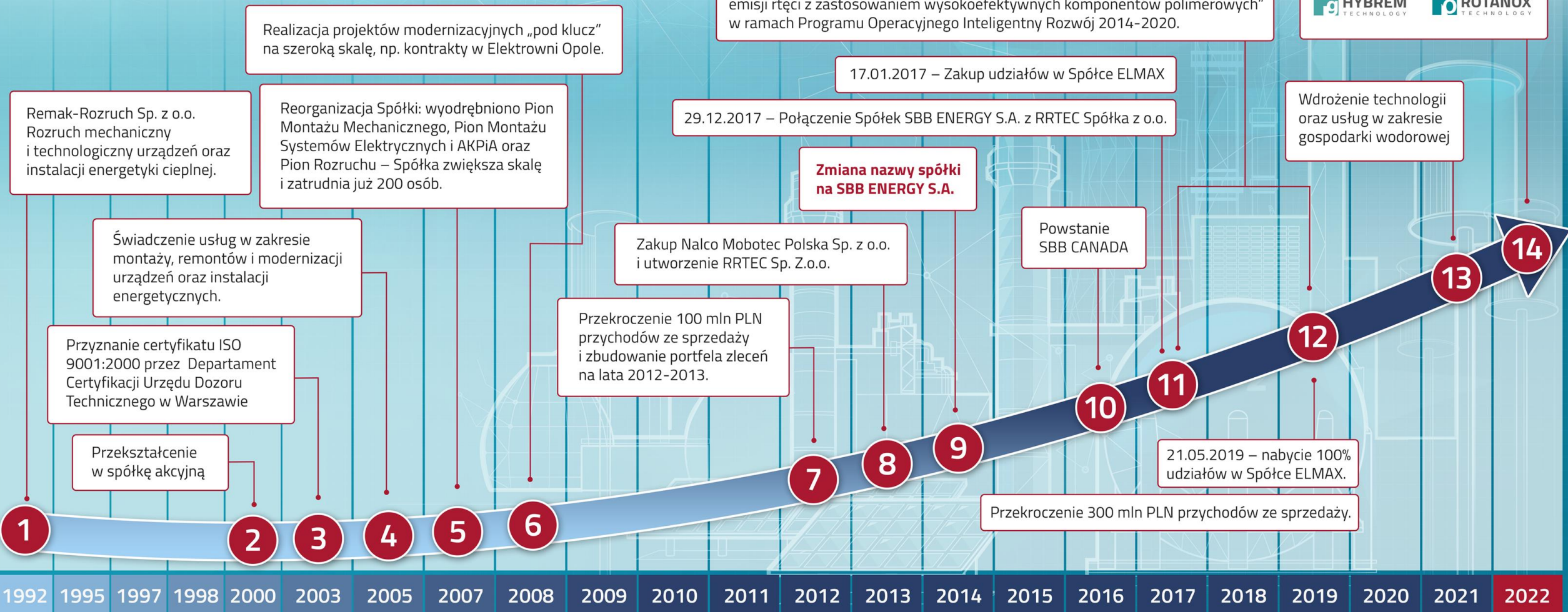


O spółce

SBB ENERGY S.A. – Partner technologiczny na rynku energetyki i przemysłu.



HISTORIA SPÓŁKI



Firma **SBB ENERGY S.A.** od 1992 roku prowadzi działalność w sektorach energetyki i przemysłu, świadcząc usługi w zakresie rozruchu, montażu mechanicznego, instalacji elektrycznych i AKPiA oraz kompleksowych prac specjalistycznych.

Fundamentem prowadzenia przez **SBB ENERGY S.A.** działalności są nowatorskie technologie i innowacyjne myślenie

TECHNOLOGIE

Technologie redukcji emisji przemysłowych

Technologie wodorowe

Technologie magazynowania energii

Technologie spersonalizowane



USŁUGI

Generalne wykonawstwo

Montaż mechaniczny

Montaż elektryczny & AKPiA

Rozruch

Optymalizacja i pomiary

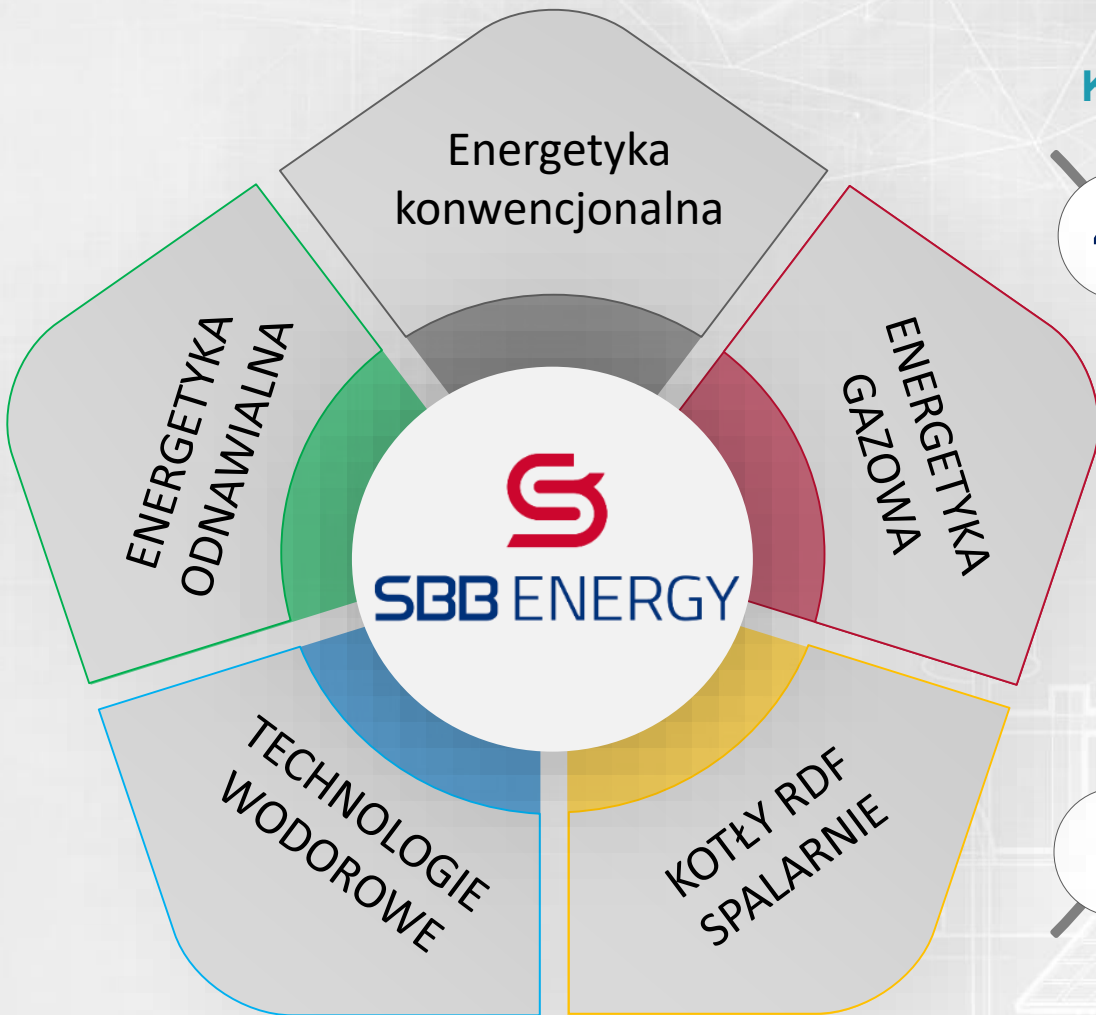
Inżynierskie prace specjalistyczne

Analizy numeryczne (CFD)

Projektowanie w branży elektrycznej i AKPiA

Działania badawczo-rozwojowe

KOMPLEKSOWE ROZWIĄZANIA DLA ENERGETYKI I PRZEMYSŁU



47 Generalne wykonawstwo

178 Rozruch i inżynierskie prace specjalistyczne

59 Montaż mechaniczny

45 Montaż elektryczny i AKPiA

10 Technologie wodorowe