PIĘĆ KLUCZOWYCH GRUP TECHNOLOGII ENERGETYCZNYCH W PERSPEKTYWIE 2050 R.

DR INŻ. JACEK NOWICKI

SEKRETARZ GENERALNY

STOWARZYSZENIA ELEKTRYKÓW POLSKICH

KONFERENCJA KOMITETU NAUKOWO-TECHNICZNEGO GOSPODARKI ENERGETYCZNEJ FSNT-NOT "ENERGOMITING – TRANSFORMACJA ENERGETYKI DO ELEKTROPROSUMERYZMU„

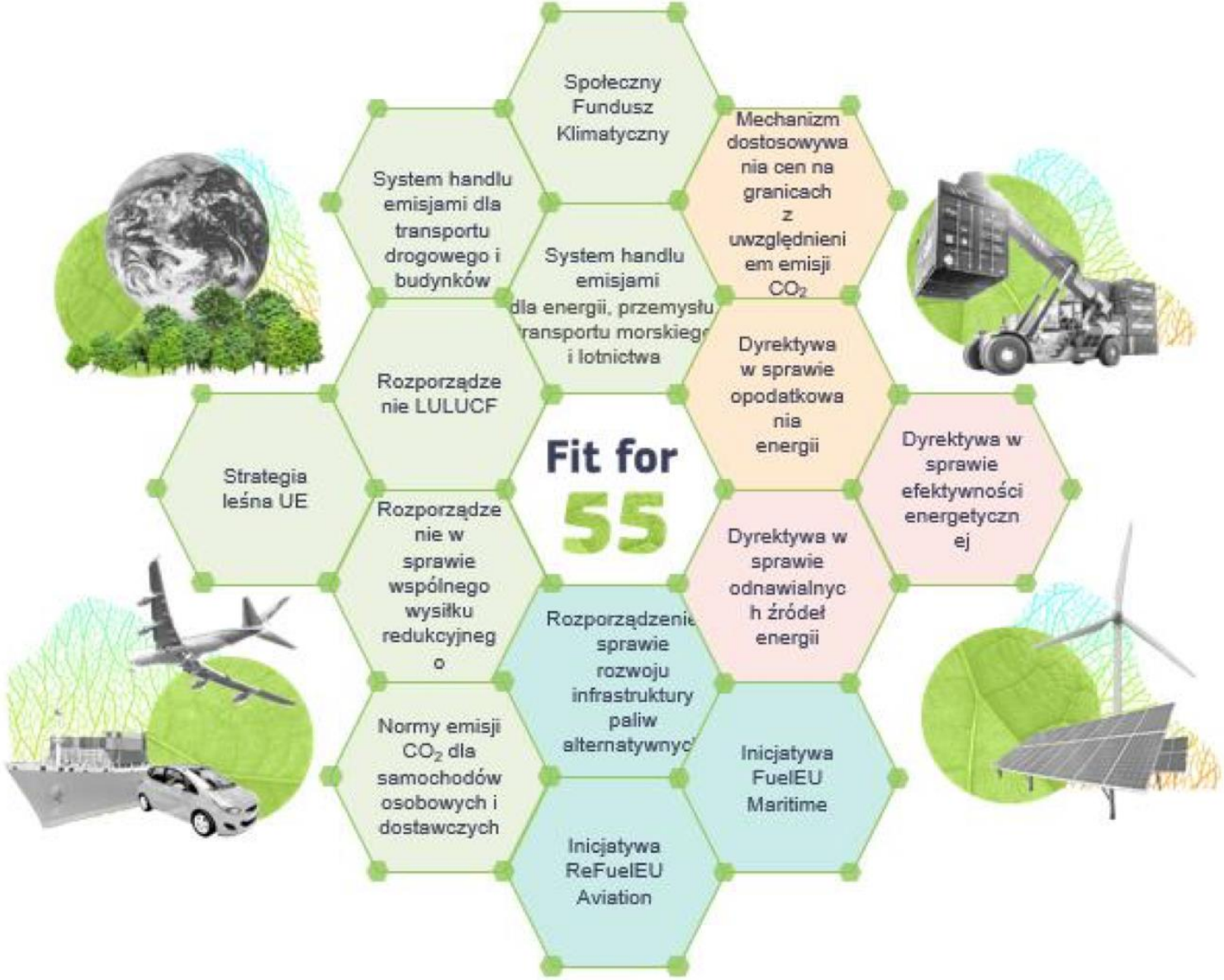
WARSZAWA, 22 LISTOPADA 2021 R.

5 KLUCZOWYCH GRUP TECHNOLOGII ENERGETYCZNYCH W PERSPEKTYWIE 2050 R. – PROGNOZA TENDENCJI ŚWIATOWYCH

Referat obejmuje następujące grupy nowych technologii zmieniających oblicze energetyki jaką znamy:

1. **Technologie generacyjne**
2. **Działanie sieci rozproszonych**
3. **Magazynowanie energii**
4. **Przesył i dystrybucja energii**
5. **Energetyka wodorowa**

„FIT FOR 55” – CO PRZEWIDUJE?



European Commission

DR MATTHES I PROF. SCHNETTLER O TRANSFORMACJI ENERGETYKI DLA UZYSKANIA NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ

Rys. 1. Doktor Felix Christian Matthes (fot. Öko-Institut, licencja Creative Commons)

Rys. 2. Profesor Armin Schnettler, od 1 lipca 2020 r. nowy prezes VDE (fot. Ajna Rottke, VDE)

Tekst rozmowy w tłumaczeniu polskim w nr 06/2021 „Wiadomości Elektrotechnicznych”

DR MATTHES I PROF. SCHNETTLER O TRANSFORMACJI ENERGETYKI DLA UZYSKANIA NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ

Rys. 1. Doktor Felix Christian Matthes
(fot. Öko-Institut, licencja Creative Commons)

Rys. 2. Profesor Armin Schnettler, od 1 lipca 2020 r. nowy prezes VDE (fot. Ajna Rottke, VDE)

Tekst rozmowy w tłumaczeniu polskim w nr 06/2021 „Wiadomości Elektrotechnicznych”

DR MATTHES I PROF. SCHNETTLER O TRANSFORMACJI ENERGETYKI DLA UZYSKANIA NEUTRALNOŚCI KLIMATYCZNEJ

Profesor Armin Schnettler.

- Był m.in. wieloletnim dyrektorem RWTH – Instytutu Techniki Wysokich Napięć na Politechnice w Aachen)
- Szef działu badań nad energią i elektroniką w firmie Siemens przez kilka ostatnich lat,
- W 2019 r. został wiceprezesem wykonawczym i dyrektorem generalnym New Energy Business w Siemens Energy,
- Nowy prezes stowarzyszenia VDE (niem. Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.), począwszy od 1 lipca 2020 r., a jednym z jego celów jest właśnie rozwijanie tematyki transformacji energetycznej wewnątrz VDE.

Doktor Felix Christian Matthes,

- Dyplomowany inżynier elektryk i doktor nauk politycznych, pracujący dla Öko-Institut (Instytut Ekologii Stosowanej) od ok. trzech dekad.
- W Öko-Institut, jeszcze w latach 80. narodził się termin „transformacja energetyczna".
- W tej instytucji Matthes jest koordynatorem naukowym ds. polityki energetycznej i klimatycznej, odpowiedzialnym za obszary energetyki i ochrony klimatu.

Rys. 1. Doktor Felix Christian Matthes (fot. Öko-Institut, licencja Creative Commons)

Rys. 2. Profesor Armin Schnettler, od 1 lipca 2020 r. nowy prezes VDE (fot. Ajna Rottke, VDE)

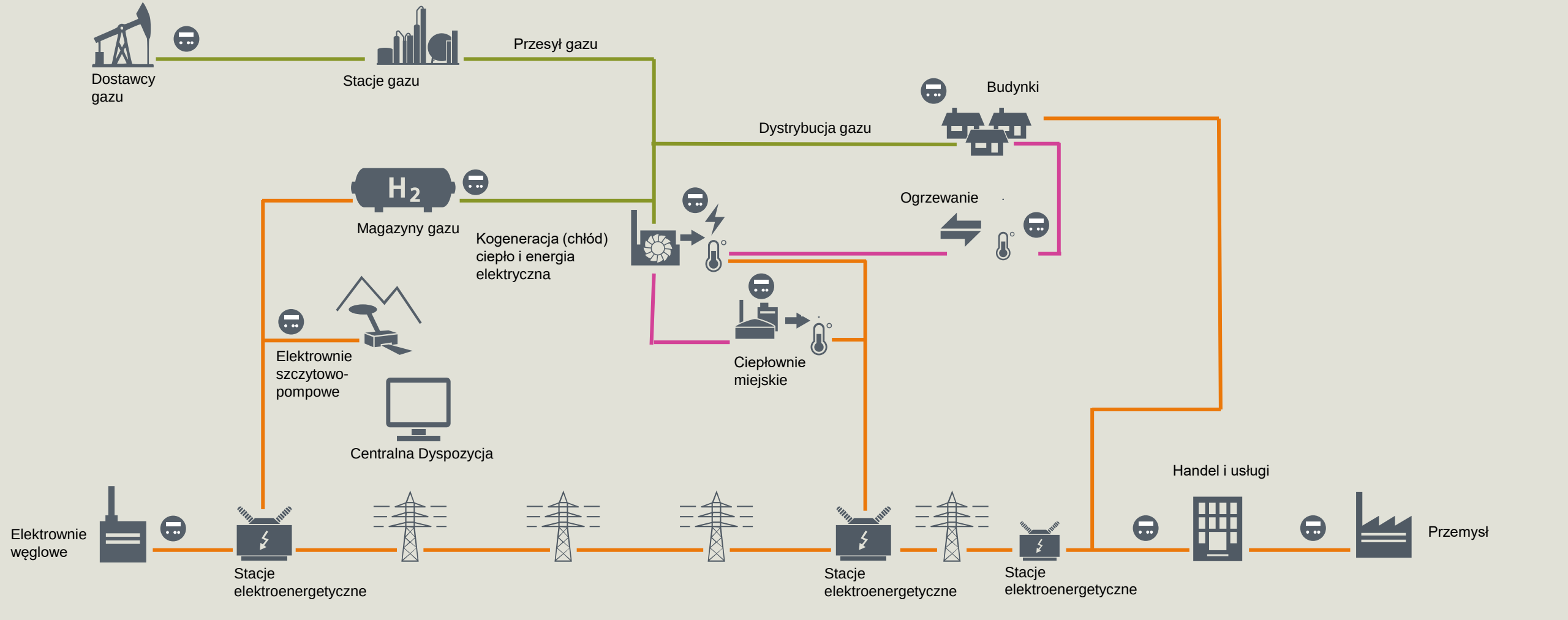
Tekst rozmowy w tłumaczeniu polskim w nr 06/2021 „Wiadomości Elektrotechnicznych"

1. TECHNOLOGIE GENERACYJNE

GENERACJA DO 2050 R.

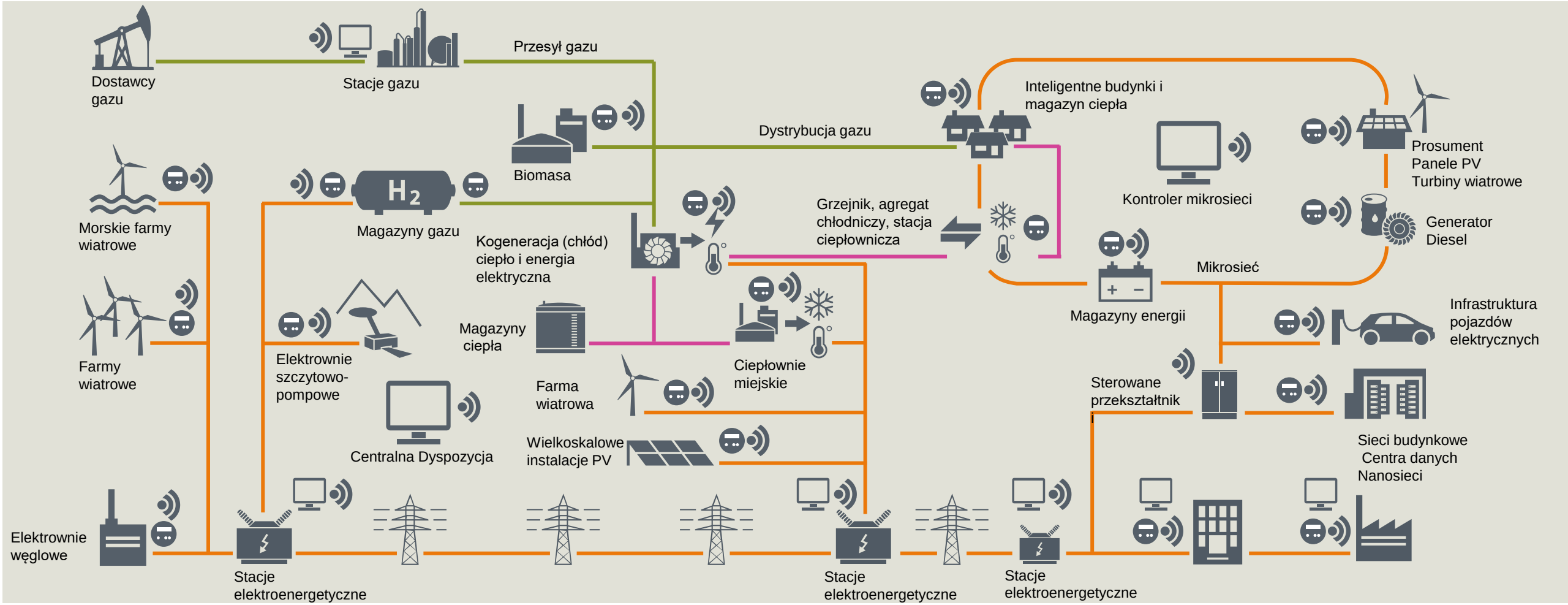
- Królować będzie rozwój **źródeł bezemisyjnych** – dla realizacji celów polityki klimatycznej, wstrzymania emisji CO2, ale również innych substancji szkodliwych (SO2, NOX, pyłów itp.).
- Energetyka odnawialna: **wiatrowa (morska i lądowa) i słoneczna** (głównie PV) – wprowadzana wszędzie i powszechnie. Także inne rodzaje OZE (en. wodna, geotermia, biomasa, falowanie wód).
- **Energetyka jądrowa** – nie dla każdego i nie wszędzie.
- **Eneregtyka gazowa (emisyjna)** – jako „łącznik” przed wprowadzeniem na wielką skalę magazynów energii, szczególnie w krajach bez energetyki jądrowej.
- **Definitywny koniec energetyki generacyjnej opartej na spalaniu paliw kopalnych: węgla kamiennego i brunatnego oraz ropy naftowej (przynajmniej w Unii Europejskiej – np. kraje Dalekiego Wschodu nieprzerwanie budują duże bloki węglowe mimo deklarowanych działań dla „ochrony klimatu”).**

WCZORAJ: ENERGETYKA SCENTRALIZOWANA



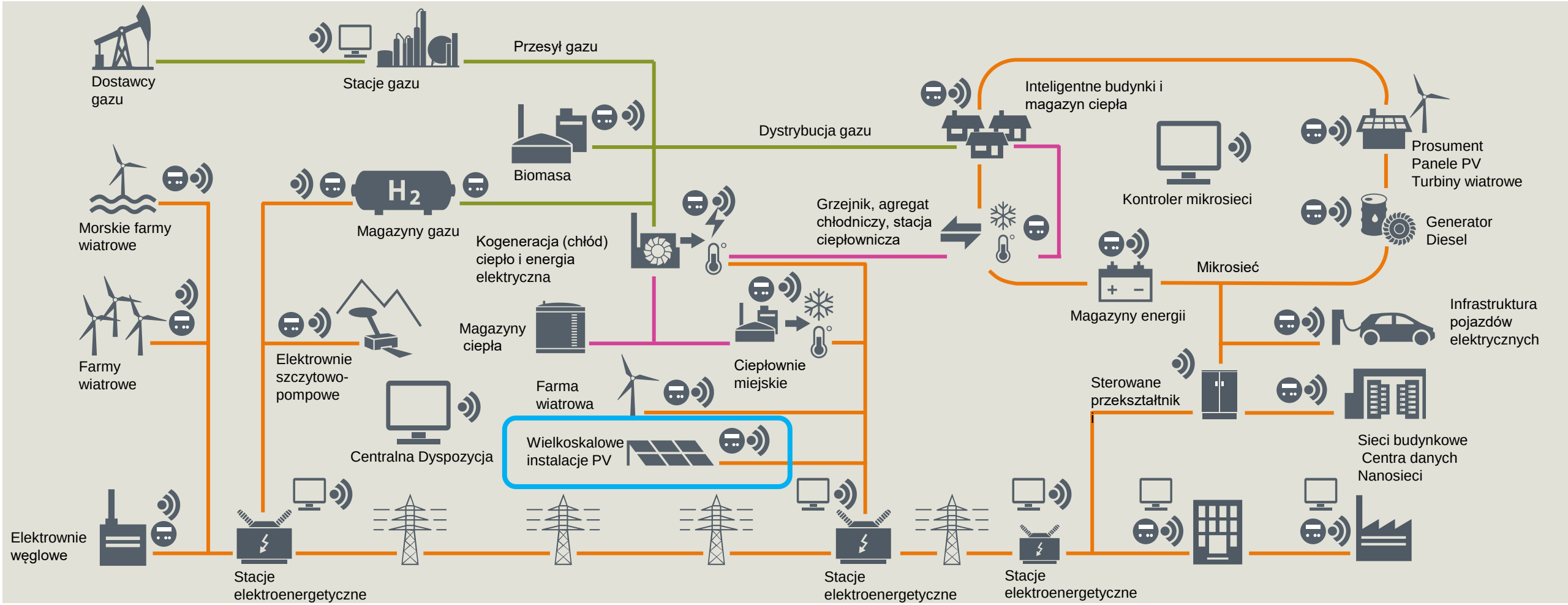
Unrestricted © Siemens AG 2020

WKRÓTCE: ENERGETYKA PRZESTAJE BYĆ DOMENĄ SCENTRALIZOWANYCH ZAKŁADÓW ENERGETYCZNYCH. GENERACJA ULEGA ROZPROSZENIU.



Unrestricted © Siemens AG 2020

WKRÓTCE: ENERGETYKA PRZESTAJE BYĆ DOMENĄ SCENTRALIZOWANYCH ZAKŁADÓW ENERGETYCZNYCH. GENERACJA ULEGA ROZPROSZENIU.



Unrestricted © Siemens AG 2020

ENERGETYKA WIATROWA NA MORZU...

Artykuł w nr 08/2021 „Energetyki”

ENERGETYKA WIATROWA NA MORZU…

Artykuł w nr 08/2021 „Energetyki”

Dr inż. Jacek Nowicki [1)]
Sekretarz Generalny Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Elektrownie wiatrowe na morzu – rozwiązania techniczne

Offshore wind farms – technology solutions

W artykule omówiono zagadnienia związane z dotychczasowym i przyszłym rozwojem morskich elektrowni wiatrowych w kontekście zastosowanych w nich rozwiązań technicznych: turbin wiatrowych i ich wirników, generatorów, układów wyprowadzenia mocy (konwersji i transformacji), rozwiązań posadowienia turbin wiatrowych na morzu, morskich stacji kolektorowych, montażu i integracji morskich elektrowni wiatrowych oraz ich aspektów środowiskowych.

Słowa kluczowe: morskie elektrownie wiatrowe, morskie turbiny wiatrowe, morskie stacje kolektorowe

The article discusses issues related to the current and future development of offshore wind farms in the context of the technical solutions: wind turbines and their rotors, generators, power evacuation systems (conversion and transformation), solutions for the foundation of offshore wind turbines, offshore collector stations, assembly and integration of offshore wind farms and their environmental aspects.

Keywords: offshore wind farms, offshore wind turbines, offshore collector stations

Motto:
Jeżeli będziemy postępować należycie,
wówczas my ludzie, rośliny i zwierzęta będziemy istnieć przez miliardy lat,
w Słońcu bowiem są ogromne zapasy energii cieplnej,
której zużycie można wspaniale regulować.

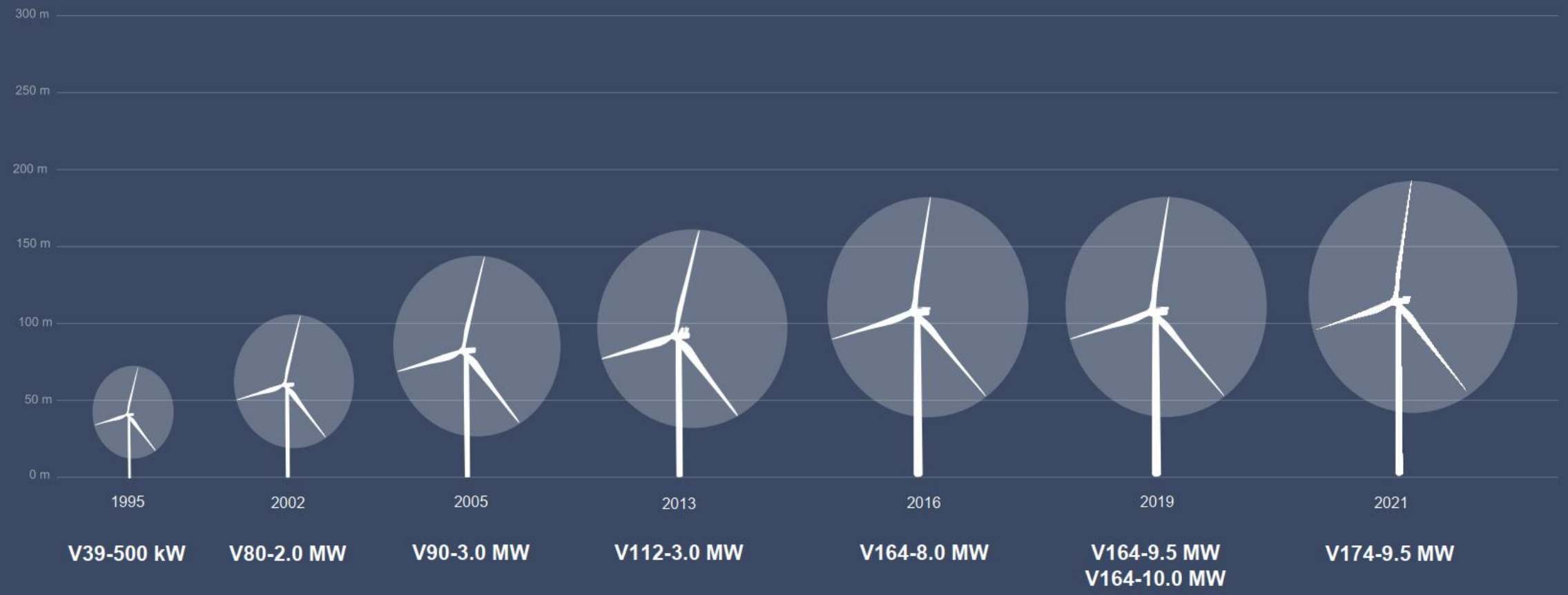
Harlow Shapley (1885-1972) – amerykański astronom i astrofizyk

Powyższy cytat jest doskonałym punktem wyjścia do rozważań o energetyce odnawialnej i energii, która do Ziemi dociera nieprzerwanym strumieniem z reakcji jądrowych zachodzących we wnętrzu Słońca – macierzystej gwiazdy naszego układu planetarnego. To właśnie nagrzewanie atmosfery ziemskiej przez Słońce jest przyczyną powstawania wiatru, na przestrzeni wieków wykorzystywanego przez ludzi do napędu statków żaglowych oraz wiatraków mielących zboże i pompujących wodę przy uprawie roli. Pierwsza rewolucja przemysłowa i następująca po niej epoka pary i elektryczności upowszechniły wykorzystanie paliw kopalnych, co sprawiło, że na kilkadziesiąt lat zapomniano o praktycznym wykorzystaniu energii wiatru. Jednak już w 1973 roku pierwszy kryzys naftowy wymusił w wysoko uprzemysłowionych krajach Zachodu poszukiwanie nowych rozwiązań technicznych, zmniejszających uzależnienie współczesnej cywilizacji od węgla, ropy naftowej i gazu ziemnego.

[1)] ORCID 0000-0001-5630-6365, jacek.nowicki@sep.com.pl

Rys. 1. Malownicze ujęcie grupy turbin morskiej elektrowni wiatrowej (fot. prasowa firmy *MHI Vestas*)

WZROST MOCY ZNAMIONOWEJ TURBIN WIATROWYCH W LATACH 1995-2021



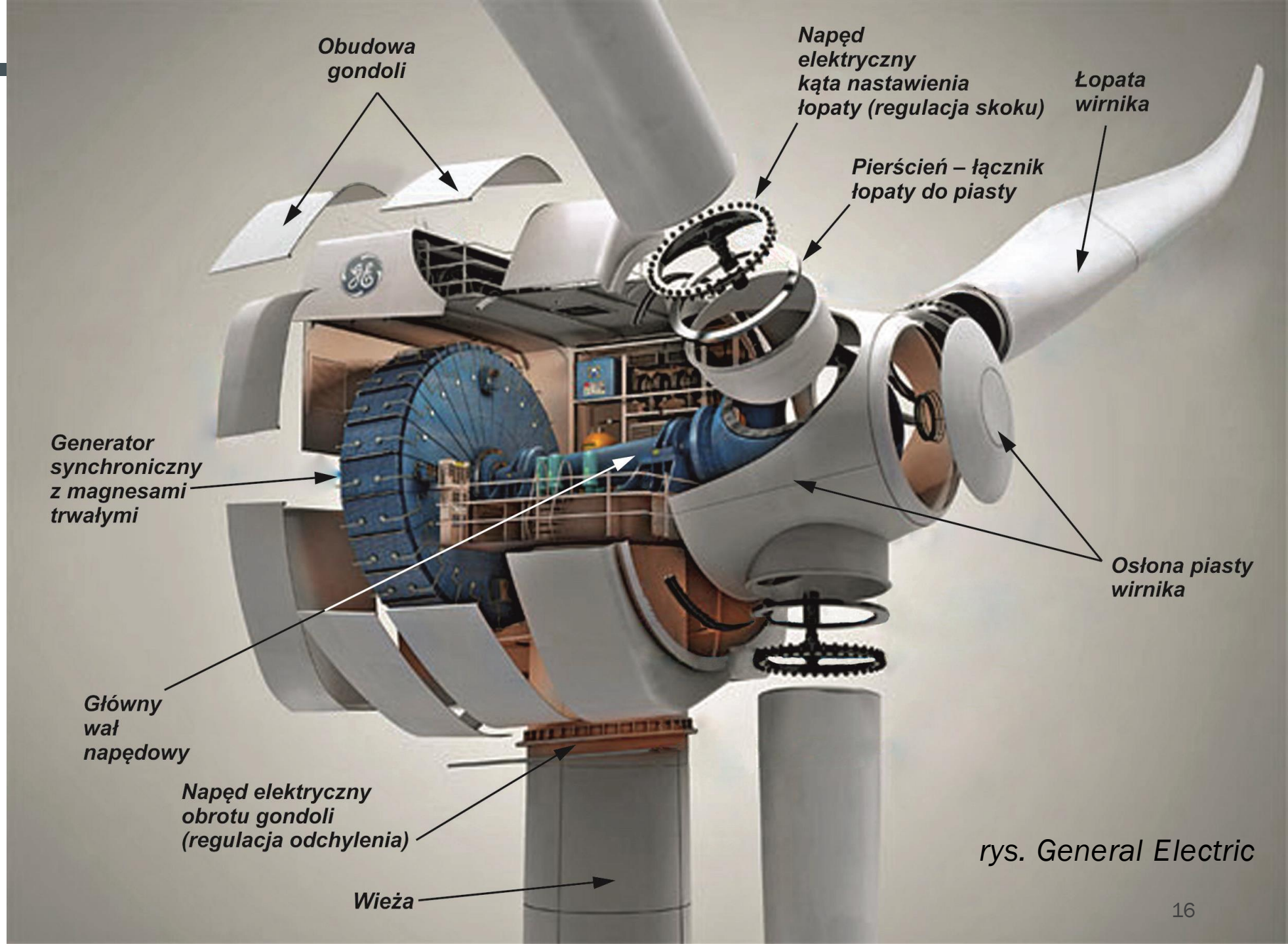
rys.MHI Vestas

MORSKIE TURBINY WIATROWE DUŻEJ MOCY: HALIADE-X (12 MW)

- W 2018 r. General Electric zapowiedział wprowadzenie na rynek turbiny wiatrowej typu Haliade-X o mocy znamionowej **12 MW**.
- Prototyp wiatraka **Haliade-X** został zainstalowany w drugiej połowie 2019 r. w porcie Maasvlakte-Rotterdam w Holandii.
- Jego wysokość wynosi **269 m**, a średnica wirnika – **220 m**.
- W połowie grudnia 2019 r. gigantyczna turbina, ustanowiła światowy rekord wytwarzając 262 MWh energii w ciągu 24 godzin.

rys. General Electric

WIELKIE TURBINY (<10 MW) DLA MORSKIEJ ENERGETYKI WIATROWEJ



rys. General Electric

NOWE KONCEPCJE: TURBINA WIATROWA Z GENERATOREM NADPRZEWODNIKOWYM

Nadprzewodnikowa turbina wiatrowa: 10-megawatowy generator turbiny zaprojektowany w ramach projektu Suprapower wykorzystuje elementy nadprzewodnikowe z dwuborku magnezu (MgB_2) tworzące elektromagnesy wirnika. Każdy z 48 magnesów jest chłodzony do poziomu poniżej 40 kelwinów i znajduje się we własnym kriostacie.

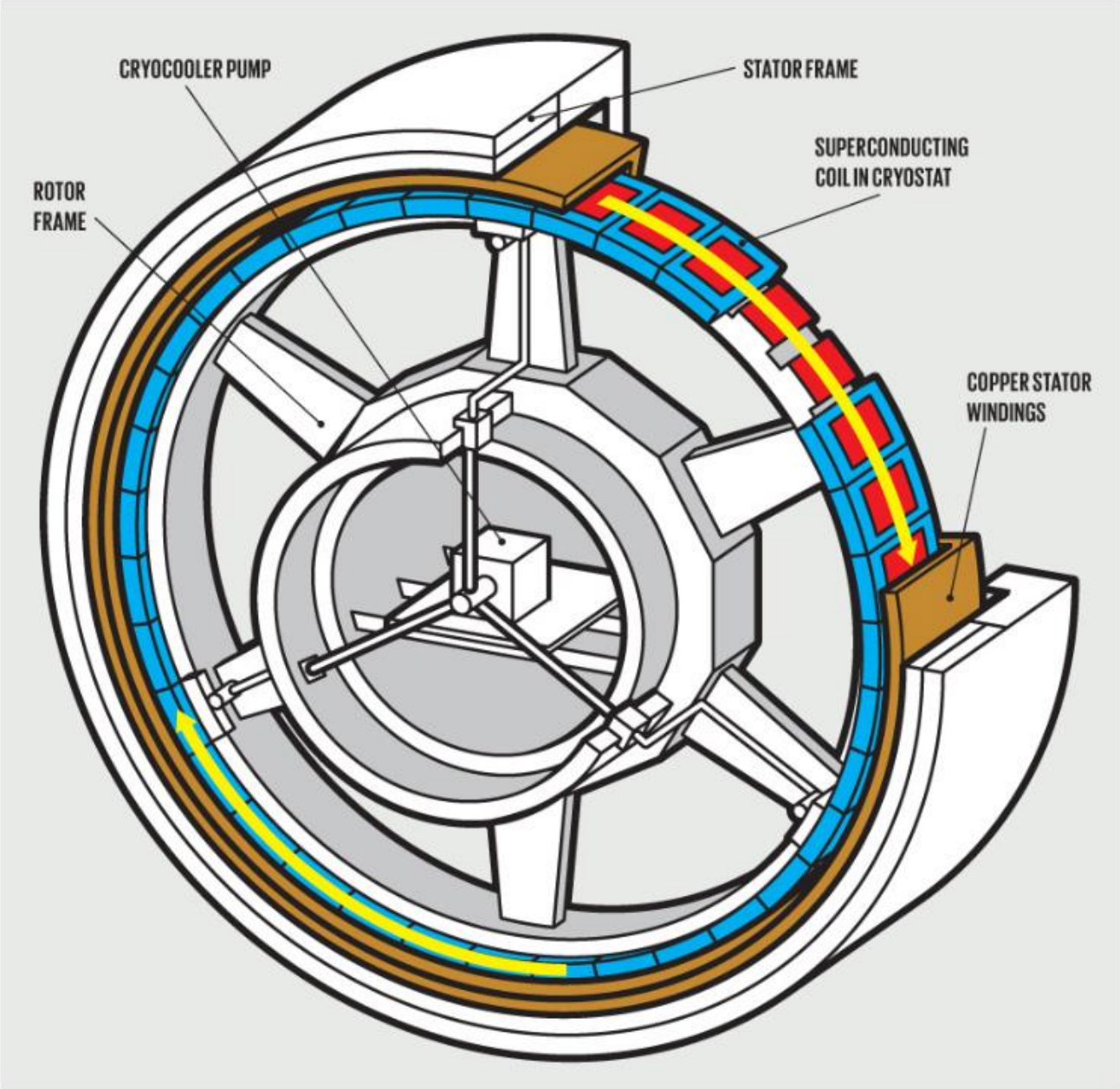
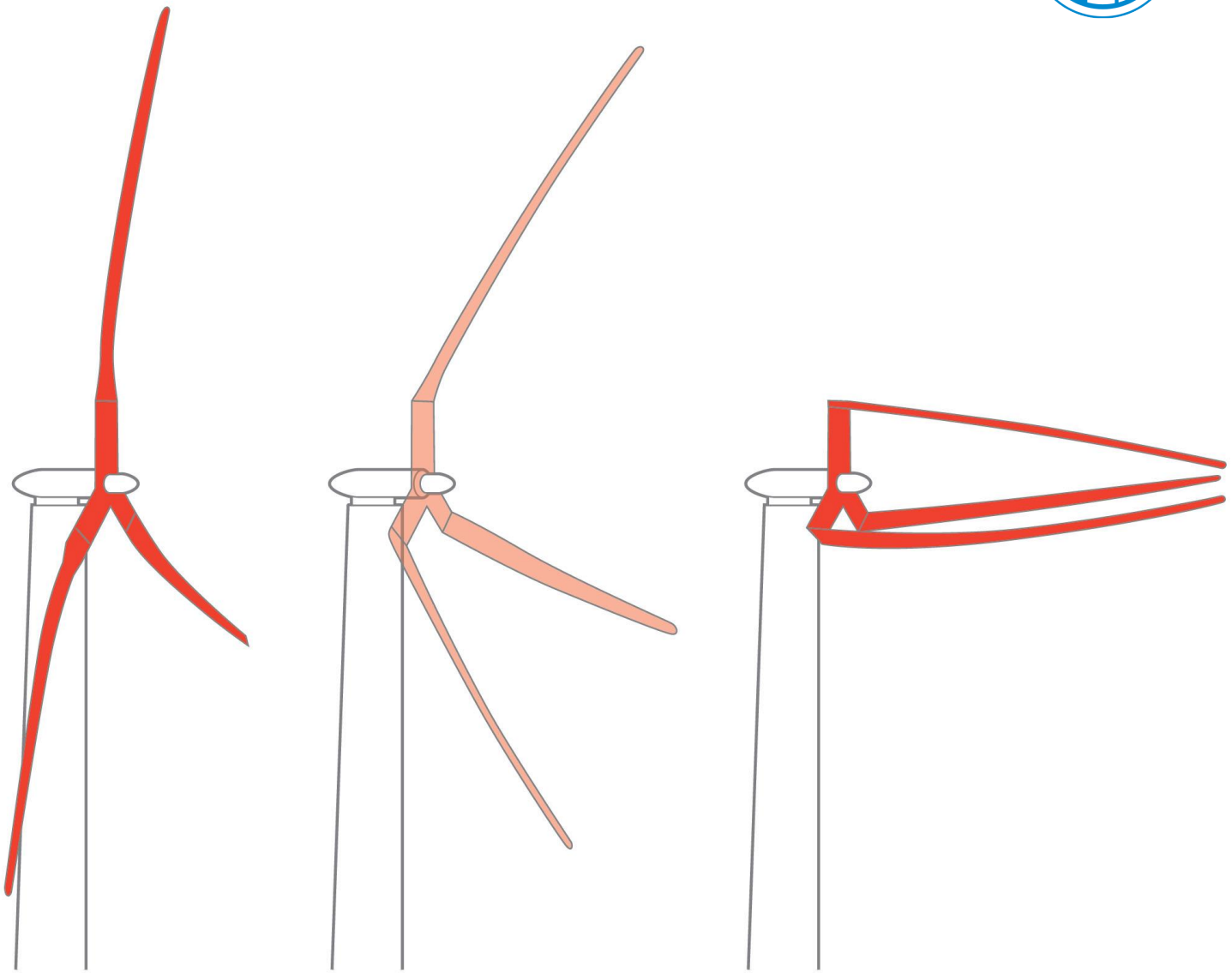


Illustration: James Provost

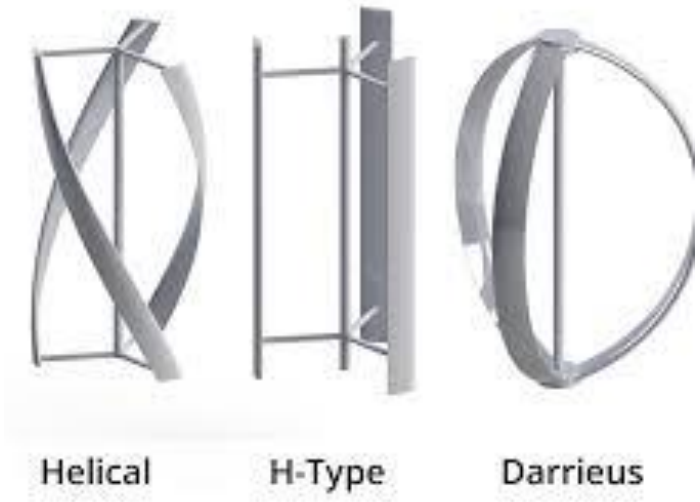
Superconducting Wind Turbine: A 10-megawatt turbine generator designed as part of the Suprapower project uses magnesium diboride superconductors as the rotor's electromagnets. Each of the 48 magnets is cooled to below 40 kelvins and sits in its own cryostat.

- https://spectrum.ieee.org/green-tech/wind/the-troubled-quest-for-the-superconducting-wind-turbine

NOWE KONCEPCJE – POPRAWA ODPORONOŚCI TURBIN WIATROWYCH NA NAJSILNIEJSZE WIATRY HURAGANOWE („GAŁĘZIE PALMY”) - TURBINY PRZYSZŁOŚCIOWE DO 50 MW

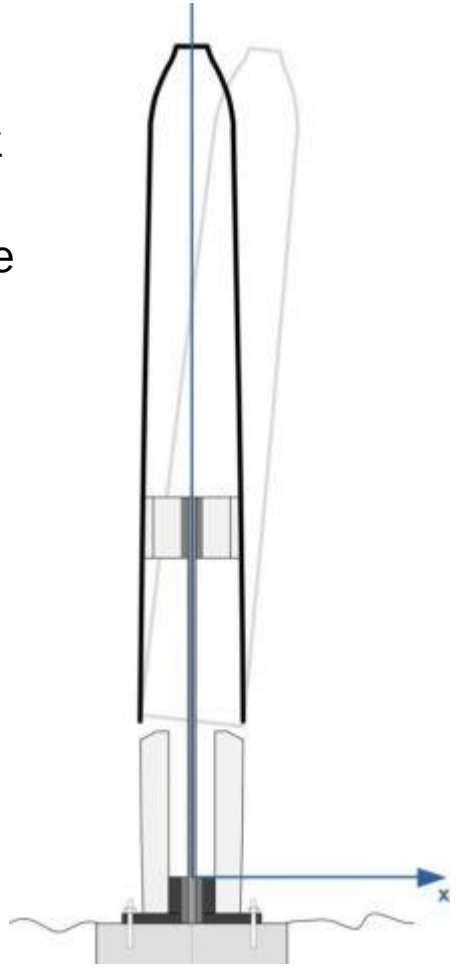


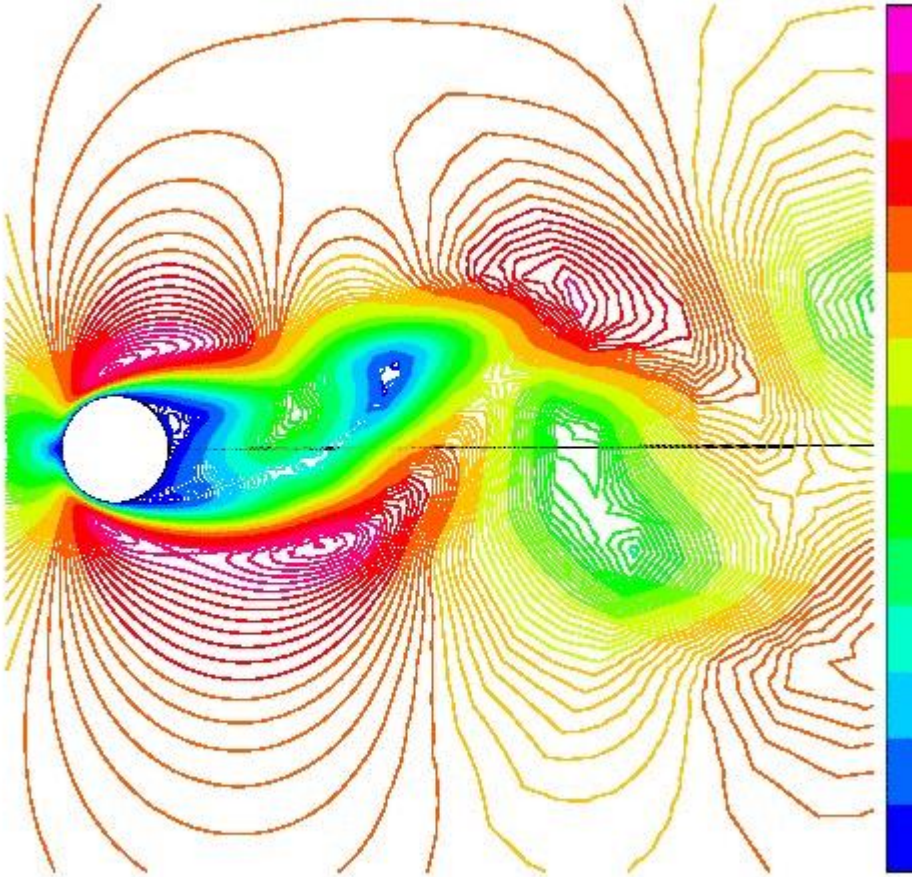
TURBINY WIATROWE O OSI PIONOWEJ - VAWT (*VERTICAL AXIS WIND TURBINES*)



NOWE KONCEPCJE: KONWERSJI ENERGII WIATRU NP. *VIV*

- Rozwiązanie VIV (nie jest to już turbina wiatrowa) wykorzystuje energię wiatru dzięki zjawisku rezonansu wywołanemu przez efekt aerodynamiczny zwany zrzucaniem wirów.
- Wiatr opływający pionowy cylinder modyfikuje przepływ generując cyklicznie powtarzające się wiry.
- Gdy częstotliwość ich powstawania jest wystarczająco bliska częstotliwości własnej cylindra, zaczyna on oscylować i wchodzi w rezonans z wiatrem.
- Zjawisko to znane jest jako *Vortex Induced Vibration* (VIV).





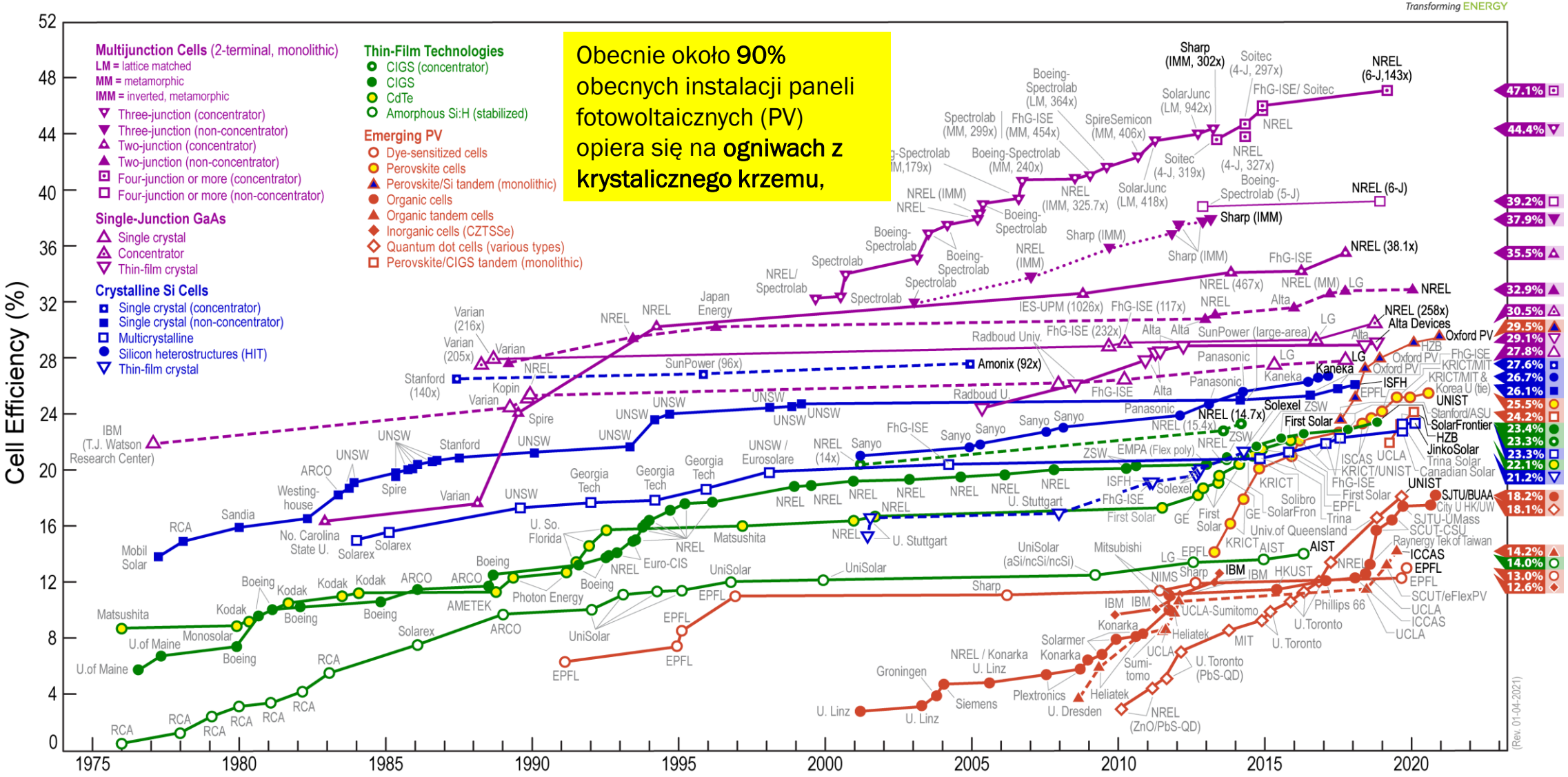
https://vortexbladeless.com/technology-design/

FOTOWOLTAIKA (PV)

1973-74 - Stacja kosmiczna Skylab
Moc paneli fototowoltaicznych: znamionowa – 22,9 kW, faktyczna – 16,7 kW.

2021 - Bhadla Solar Park, Jodhpur District, Rajasthan, Indie – największa na świecie elektrownia fotowoltaiczna.
Moc znamionowa **2,25 GW.**

FOTOWOLTAIKA – ROSNĄCA SPRAWNOŚĆ OGNIW FOTOWOLTAICZNYCH 1975-2025



Obecnie około 90% obecnych instalacji paneli fotowoltaicznych (PV) opiera się na ogniwach z krystalicznego krzemu,

OGNIWA PEROWSKITOWE: PRZEŁOM W FOTOWOLTAICE

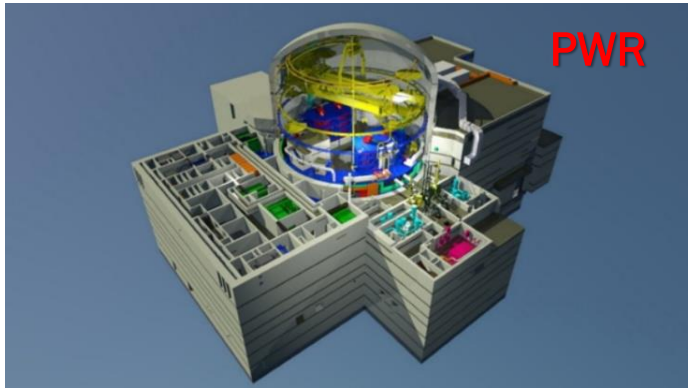
- **Perowskity** - to minerały o specyficznym ułożeniu siatki krystalicznej. Ich właściwości nie determinuje skład, lecz struktura ułożenia atomów. Są świetnymi pochłaniaczami światła. Dzięki temu są w stanie pochłonąć światło w ultracienkich warstwach.
- **Ogniwa PV z perowskitami** – wynalazek polskiej uczonej Olgi Malinkiewicz.
- Możliwe jest naniesienie warstwy tworzącej fotoogniwo np. na szybę okienną lub dachówkę. Zmniejsza to przynajmniej trzykrotnie zużycie materiału niezbędnego do wyprodukowania takiego ogniwa.
- Ogniwo perowskitowe można po prostu nadrukować na dany element wykorzystywany w budownictwie.
- **Maj 2021 r. – uruchomienie produkcji ogniw perowskitowych w Saule Technologies – wrocławskiej firmie Olgi Malinkiewicz. Kolejny zakład powstaje w Japonii.**

Olga Malinkiewicz (ur. 1982) – polska fizyk, wynalazczyni taniej metody wytwarzania ogniw słonecznych na bazie perowskitów.

- *https://www.wroclaw.pl/przedsiebiorczy-wroclaw/saule-technologies-olga-malinkiewicz-columbus-energy*

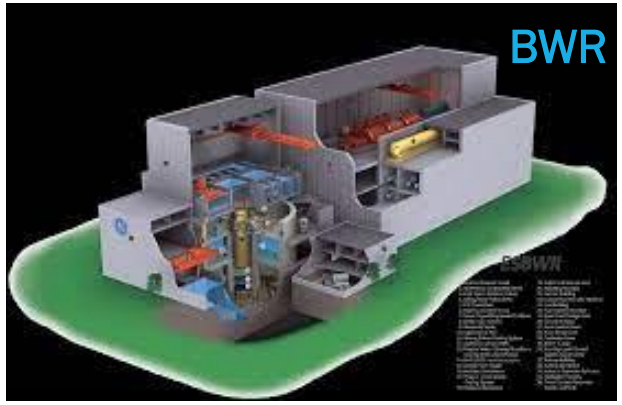
JĄDROWE REAKTORY ENERGETYCZNE GENERACJI III / III+ (DO 1600 MW)

Westinghouse AP1000



EdF EPR

KHNP APR-1400



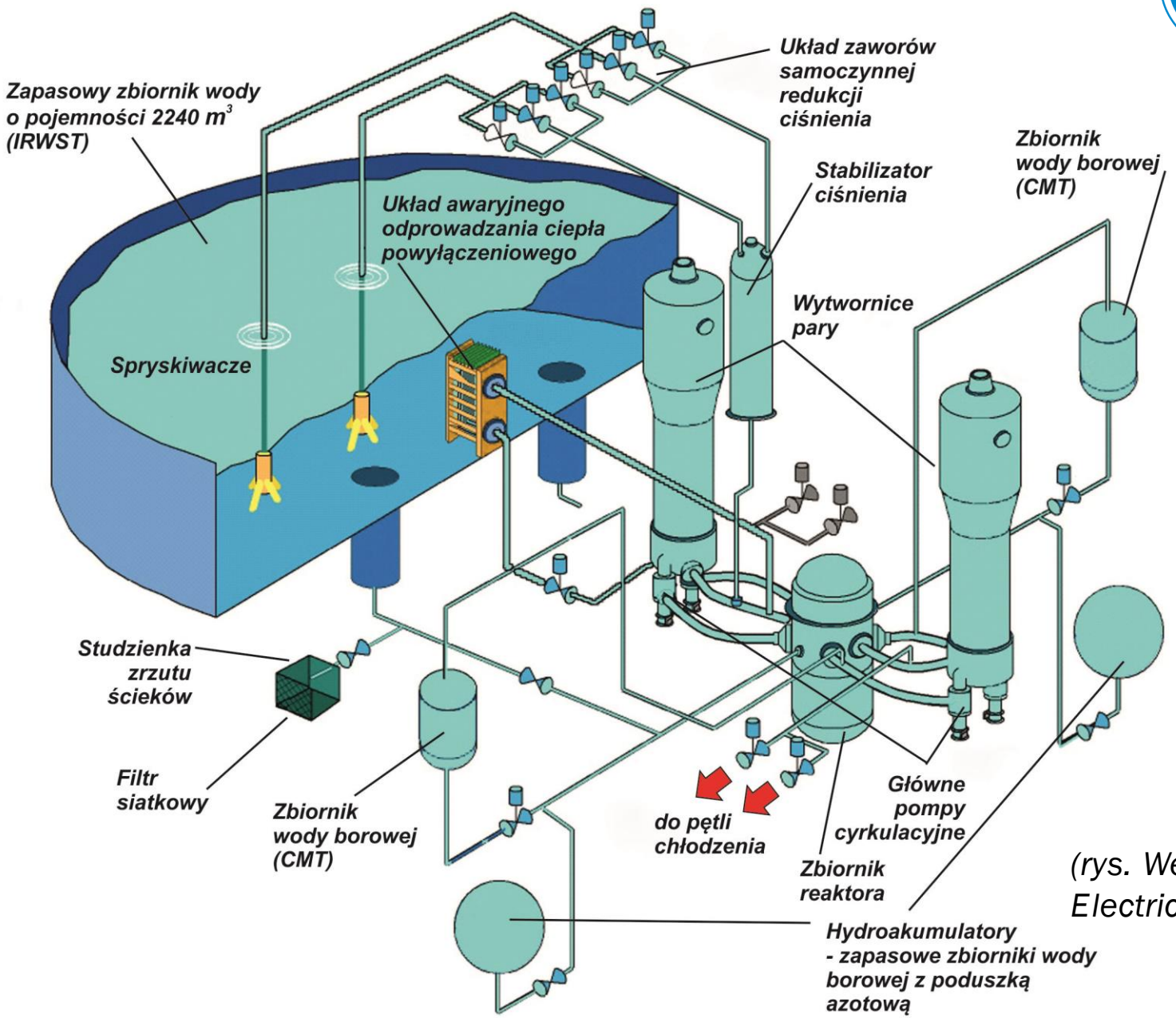
Hitachi GE ABWR / ESBWR

Rosatom WWER-1000/-1200

CGN Hualong One

- **Pasywne bezpieczeństwo jądrowe**
- **Standaryzacja**
- **Ulepszona technologia paliwowa**

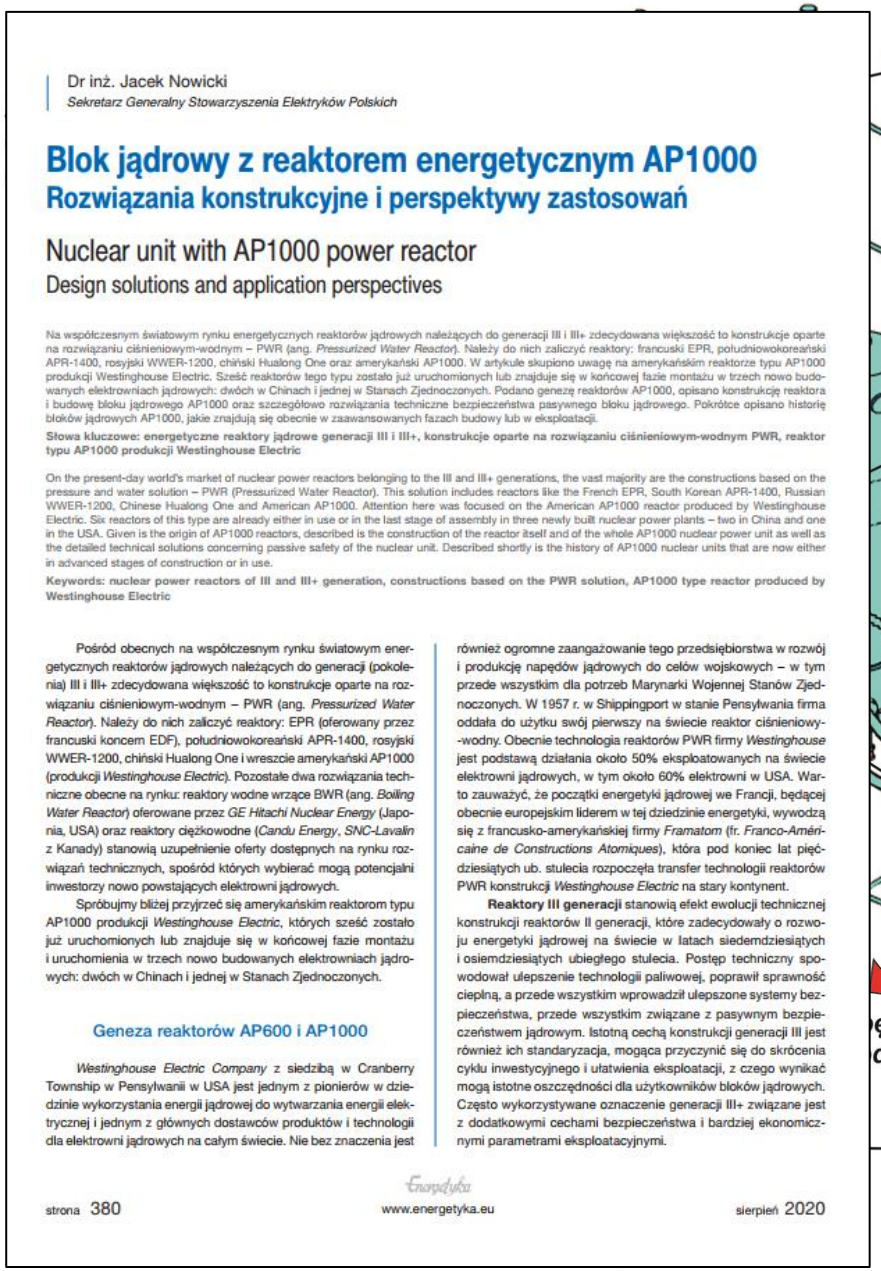
UKŁADY AWARYJNEGO CHŁODZENIA RDZENIA REAKTORA AP1000



(rys. Westinghouse Electric, opisy autora)

UKŁADY AWARYJNEGO CHŁODZENIA RDZENIA REAKTORA AP1000

Artykuł o reaktorach AP1000 i ich zastosowaniach w nr 08/2020 „Energetyki”



Dr inż. Jacek Nowicki
Sekretarz Generalny Stowarzyszenia Elektryków Polskich

Blok jądrowy z reaktorem energetycznym AP1000
Rozwiązania konstrukcyjne i perspektywy zastosowań

Nuclear unit with AP1000 power reactor
Design solutions and application perspectives

Na współczesnym światowym rynku energetycznych reaktorów jądrowych należących do generacji III i III+ zdecydowana większość to konstrukcje oparte na rozwiązaniu ciśnieniowym-wodnym – PWR (ang. *Pressurized Water Reactor*). Należy do nich zaliczyć reaktory: francuski EPR, południowokoreański APR-1400, rosyjski WWER-1200, chiński Hualong One oraz amerykański AP1000. W artykule skupiono uwagę na amerykańskim reaktorze typu AP1000 produkcji Westinghouse Electric. Sześć reaktorów tego typu zostało już uruchomionych lub znajduje się w końcowej fazie montażu w trzech nowo budowanych elektrowniach jądrowych: dwóch w Chinach i jednej w Stanach Zjednoczonych. Podano genezę reaktorów AP1000, opisano konstrukcję reaktora i budowę bloku jądrowego AP1000 oraz szczegółowo rozwiązania techniczne bezpieczeństwa pasywnego bloku jądrowego. Pokrótce opisano historię bloków jądrowych AP1000, jakie znajdują się obecnie w zaawansowanych fazach budowy lub w eksploatacji.

Słowa kluczowe: energetyczne reaktory jądrowe generacji III i III+, konstrukcje oparte na rozwiązaniu ciśnieniowym-wodnym PWR, reaktor typu AP1000 produkcji Westinghouse Electric

On the present-day world's market of nuclear power reactors belonging to the III and III+ generations, the vast majority are the constructions based on the pressure and water solution – PWR (Pressurized Water Reactor). This solution includes reactors like the French EPR, South Korean APR-1400, Russian WWER-1200, Chinese Hualong One and American AP1000. Attention here was focused on the American AP1000 reactor produced by Westinghouse Electric. Six reactors of this type are already either in use or in the last stage of assembly in three newly built nuclear power plants – two in China and one in the USA. Given is the origin of AP1000 reactors, described is the construction of the reactor itself and of the whole AP1000 nuclear power unit as well as the detailed technical solutions concerning passive safety of the nuclear unit. Described shortly is the history of AP1000 nuclear units that are now either in advanced stages of construction or in use.

Keywords: nuclear power reactors of III and III+ generation, constructions based on the PWR solution, AP1000 type reactor produced by Westinghouse Electric

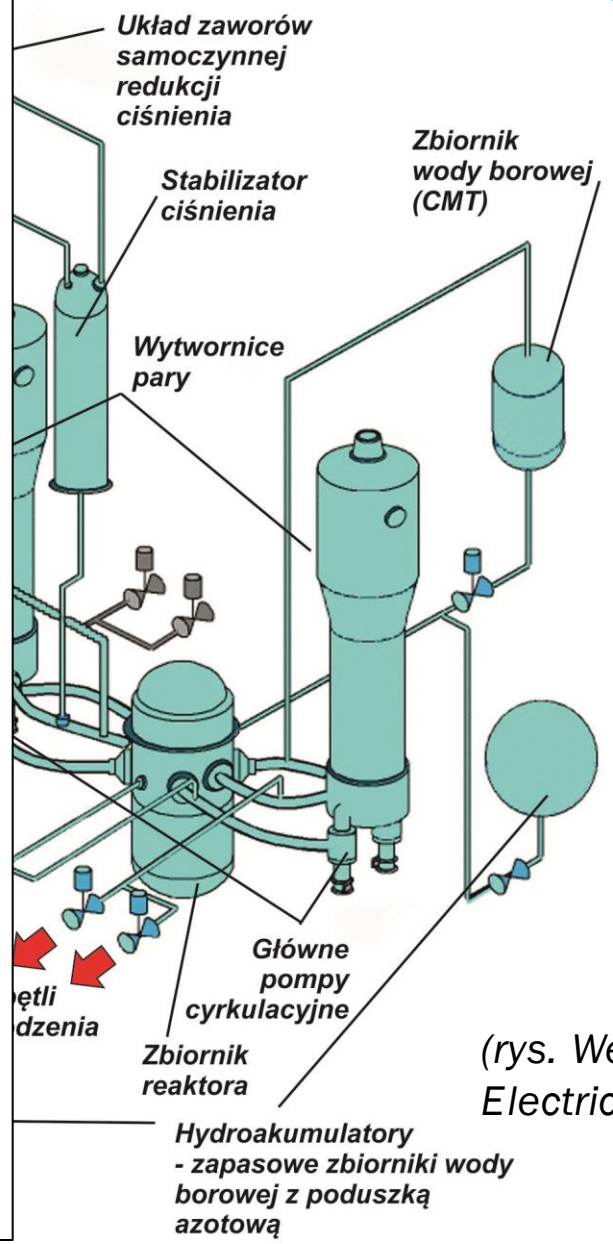
Pośród obecnych na współczesnym rynku światowym energetycznych reaktorów jądrowych należących do generacji (pokolenia) III i III+ zdecydowana większość to konstrukcje oparte na rozwiązaniu ciśnieniowym-wodnym – PWR (ang. *Pressurized Water Reactor*). Należy do nich zaliczyć reaktory: EPR (oferowany przez francuski koncern EDF), południowokoreański APR-1400, rosyjski WWER-1200, chiński Hualong One i wreszcie amerykański AP1000 (produkcji *Westinghouse Electric*). Pozostałe dwa rozwiązania techniczne obecne na rynku: reaktory wodne wrzące BWR (ang. *Boiling Water Reactor*) oferowane przez *GE Hitachi Nuclear Energy* (Japonia, USA) oraz reaktory ciężkowodne (*Candu Energy*, *SNC-Lavalin* z Kanady) stanowią uzupełnienie oferty dostępnych na rynku rozwiązań technicznych, spośród których wybierać mogą potencjalni inwestorzy nowo powstających elektrowni jądrowych.

Spróbujmy bliżej przyjrzeć się amerykańskim reaktorom typu AP1000 produkcji *Westinghouse Electric*, których sześć zostało już uruchomionych lub znajduje się w końcowej fazie montażu i uruchomienia w trzech nowo budowanych elektrowniach jądrowych: dwóch w Chinach i jednej w Stanach Zjednoczonych.

Geneza reaktorów AP600 i AP1000

Westinghouse Electric Company z siedzibą w Cranberry Township w Pensylwanii w USA jest jednym z pionierów w dziedzinie wykorzystania energii jądrowej do wytwarzania energii elektrycznej i jednym z głównych dostawców produktów i technologii dla elektrowni jądrowych na całym świecie. Nie bez znaczenia jest również ogromne zaangażowanie tego przedsiębiorstwa w rozwój i produkcję napędów jądrowych do celów wojskowych – w tym przede wszystkim dla potrzeb Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych. W 1957 r. w Shippingport w stanie Pensylwania firma oddała do użytku swój pierwszy na świecie reaktor ciśnieniowy-wodny. Obecnie technologia reaktorów PWR firmy *Westinghouse* jest podstawą działania około 50% eksploatowanych na świecie elektrowni jądrowych, w tym około 60% elektrowni w USA. Warto zauważyć, że początki energetyki jądrowej we Francji, będącej obecnie europejskim liderem w tej dziedzinie energetyki, wywodzą się z francusko-amerykańskiej firmy *Framatom* (fr. *Franco-Américaine de Constructions Atomiques*), która pod koniec lat pięćdziesiątych ub. stulecia rozpoczęła transfer technologii reaktorów PWR konstrukcji *Westinghouse Electric* na stary kontynent.

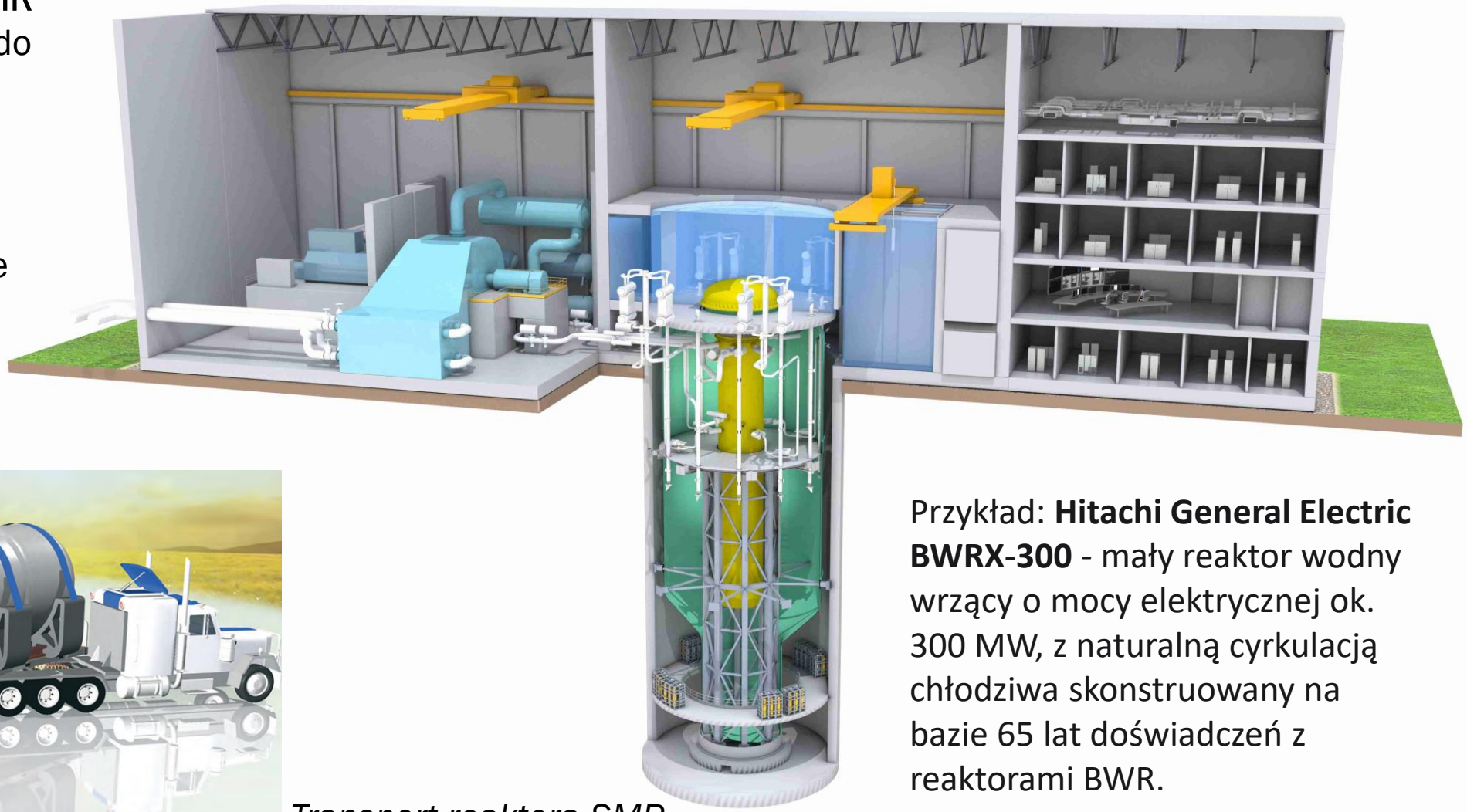
Reaktory III generacji stanowią efekt ewolucji technicznej konstrukcji reaktorów II generacji, które zadecydowały o rozwoju energetyki jądrowej na świecie w latach siedemdziesiątych i osiemdziesiątych ubiegłego stulecia. Postęp techniczny spowodował ulepszenie technologii paliwowej, poprawił sprawność cieplną, a przede wszystkim wprowadził ulepszone systemy bezpieczeństwa, przede wszystkim związane z pasywnym bezpieczeństwem jądrowym. Istotną cechą konstrukcji generacji III jest również ich standaryzacja, mogąca przyczynić się do skrócenia cyklu inwestycyjnego i ułatwienia eksploatacji, z czego wynikać mogą istotne oszczędności dla użytkowników bloków jądrowych. Często wykorzystywane oznaczenie generacji III+ związane jest z dodatkowymi cechami bezpieczeństwa i bardziej ekonomicznymi parametrami eksploatacyjnymi.



(rys. Westinghouse Electric, opisy autora)

SMR – MAŁE REAKTORY MODUŁOWE (DO 300 MW)

Małe reaktory modułowe SMR – dostarczane są w całości do miejsca zainstalowania pozwalając zredukowanie prac budowlanych na, zwiększoną wydajność zabezpieczania i zwiększone bezpieczeństwo dzięki pasywnym funkcjom bezpieczeństwa jądrowego.



Transport reaktora SMR na platformie samochodowej

Przykład: **Hitachi General Electric BWRX-300** - mały reaktor wodny wrzący o mocy elektrycznej ok. 300 MW, z naturalną cyrkulacją chłodziwa skonstruowany na bazie 65 lat doświadczeń z reaktorami BWR.

PRZYSZŁOŚCIOWE TECHNOLOGIE JĄDROWE

Reaktory termiczne

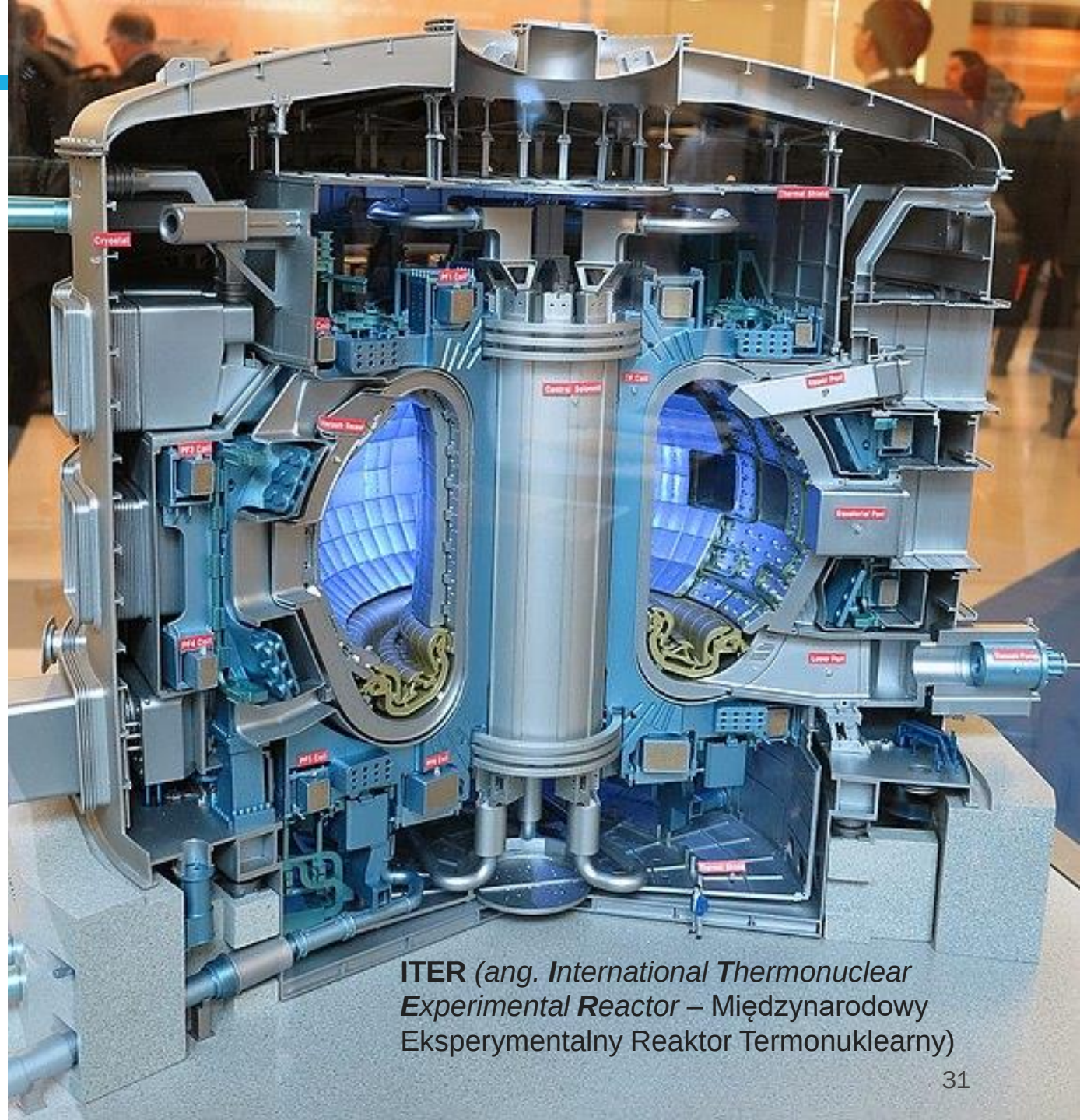
- Reaktor bardzo-wysokotemperaturowy (VHTR)
- Reaktor chłodzony wodą w stanie nadkrytycznym (SCWR)
- Reaktor chłodzony stopioną solą (MSR)

Reaktory prędkie

- Reaktor prędki chłodzony gazem (GFR)
- Reaktor prędki chłodzony sodem (SFR)
- Reaktor prędki chłodzony ołowiem (LFR)

Reaktory termonuklearne

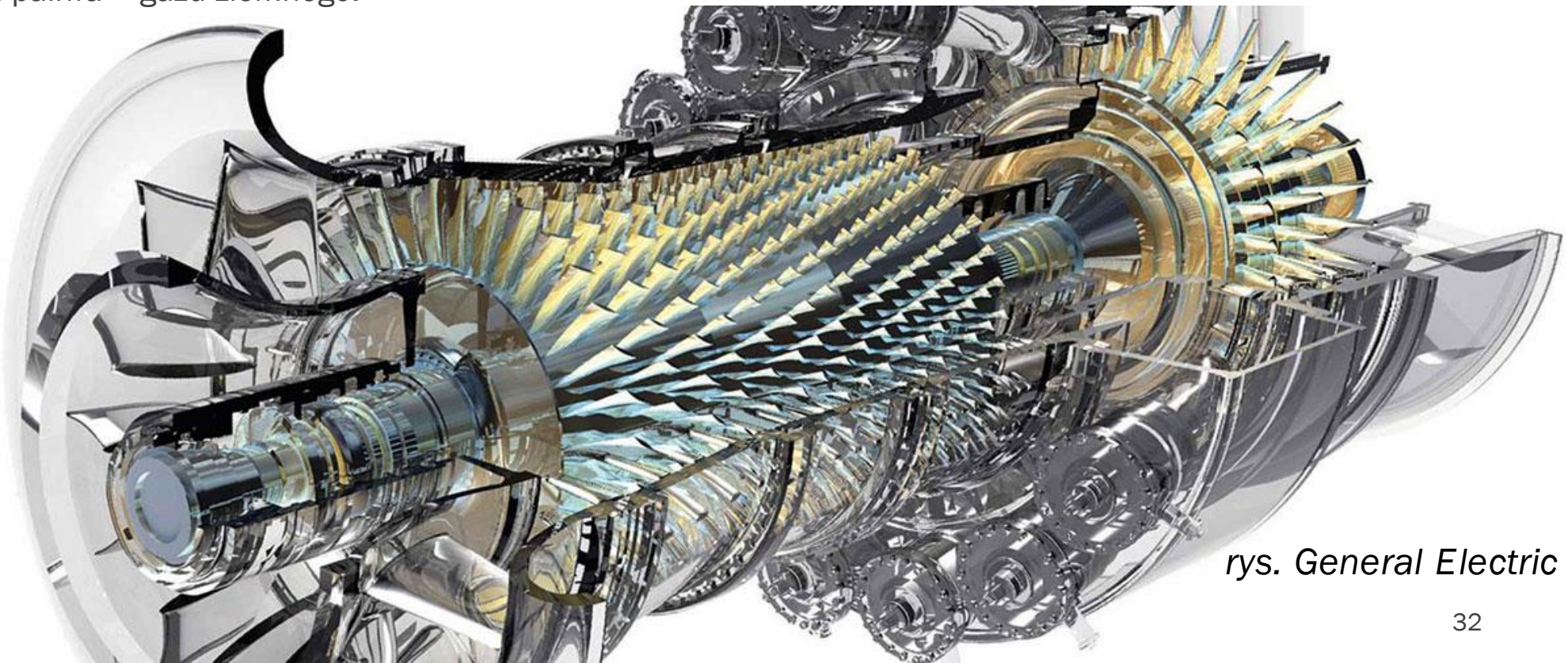
- ITER – rozpoznanie możliwości produkowania na wielką skalę energii z kontrolowanej fuzji jądrowej.
- Na bazie ITER ma powstać przyszła generacja reaktorów fuzyjnych osiągających moce jednostkowe ok. 3-4 GW (wizja 2050+)



ITER *(ang. **I**nternational **T**hermonuclear **E**xperimental **R**eactor* – Międzynarodowy Eksperymentalny Reaktor Termonuklearny)

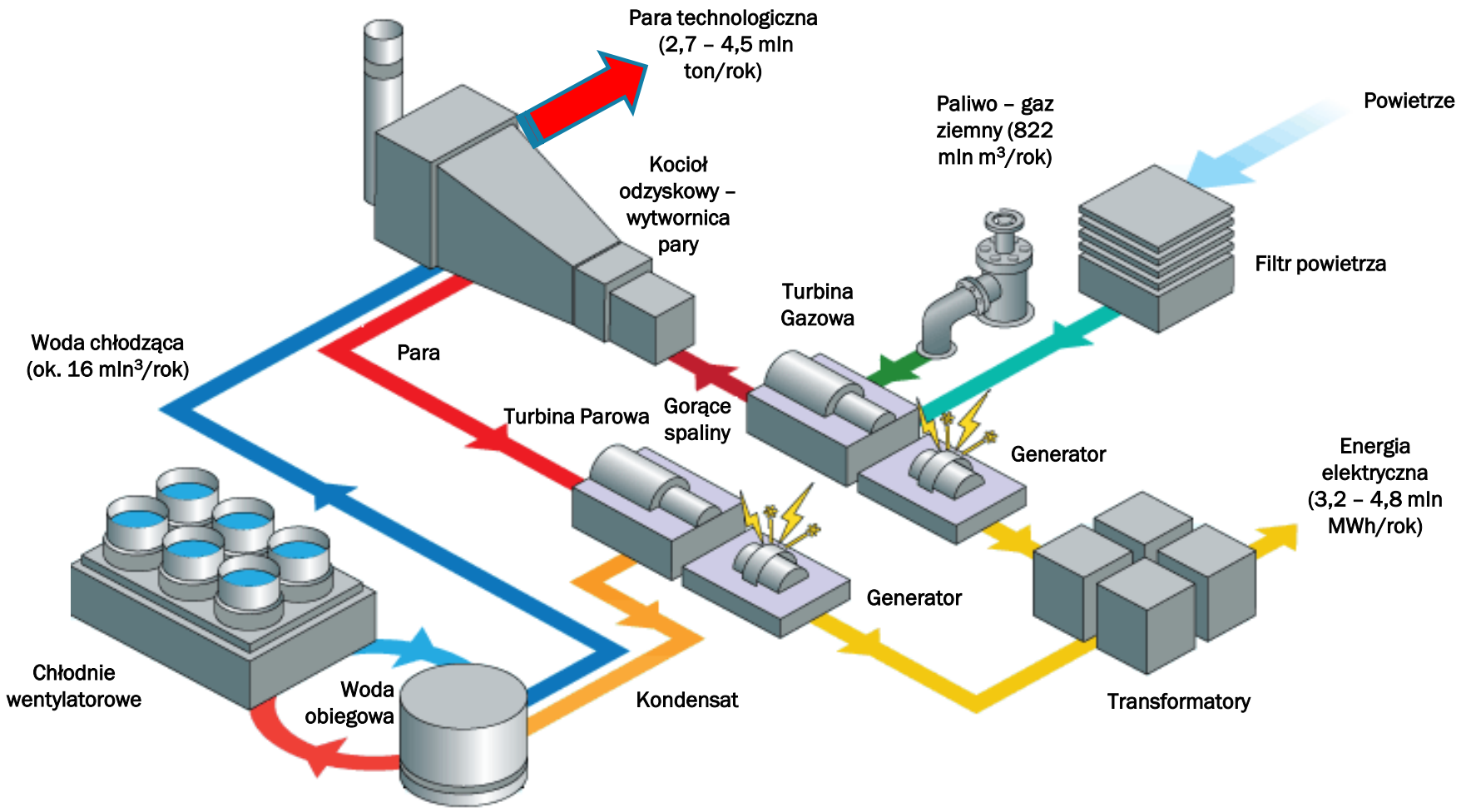
ELEKTROWNIE GAZOWE (MIMO WSZYSTKO – EMISYJNE)

- W krajach zdecydowanych na radykalną transformację energetyczną (np. Niemcy) **elektrownie gazowe (szczególnie w wysokosprawnych układach parowo-gazowych)** mają spełniać funkcję stabilizatorów pracy systemu elektroenergetycznego, przy zwiększaniu się udziału OZE i zmniejszaniu udziału a docelowo eliminacji elektrowni węglowych i jądrowych.
- Zalety: błyskawiczny rozruch (świetne jako elektrownie szczytowe), nie ma emisji pyłów, duże moce jednostkowe (np. planowane 2 x 700 MW w Dolnej Odrze, 1 x 500 MW na Żeraniu, obecnie planowane duże bloki gazowe w Gdańsku i w PAK-u), docelowa możliwość przejścia na **paliwo wodorowe.**
- Wada – wysoka cena paliwa – gazu ziemnego.



rys. General Electric

UPROSZCZONY SCHEMAT TECHNOLOGICZNY BLOKU GAZOWO-PAROWEGO W PKN ORLEN W PŁOCKU



Blok na bazie technologii Siemensa o **mocy elektrycznej 600 MW i mocy cieplnej 520 MW** dostarczający dodatkowo parę technologiczną do instalacji rafinerii.

Sprawność ok. 60%

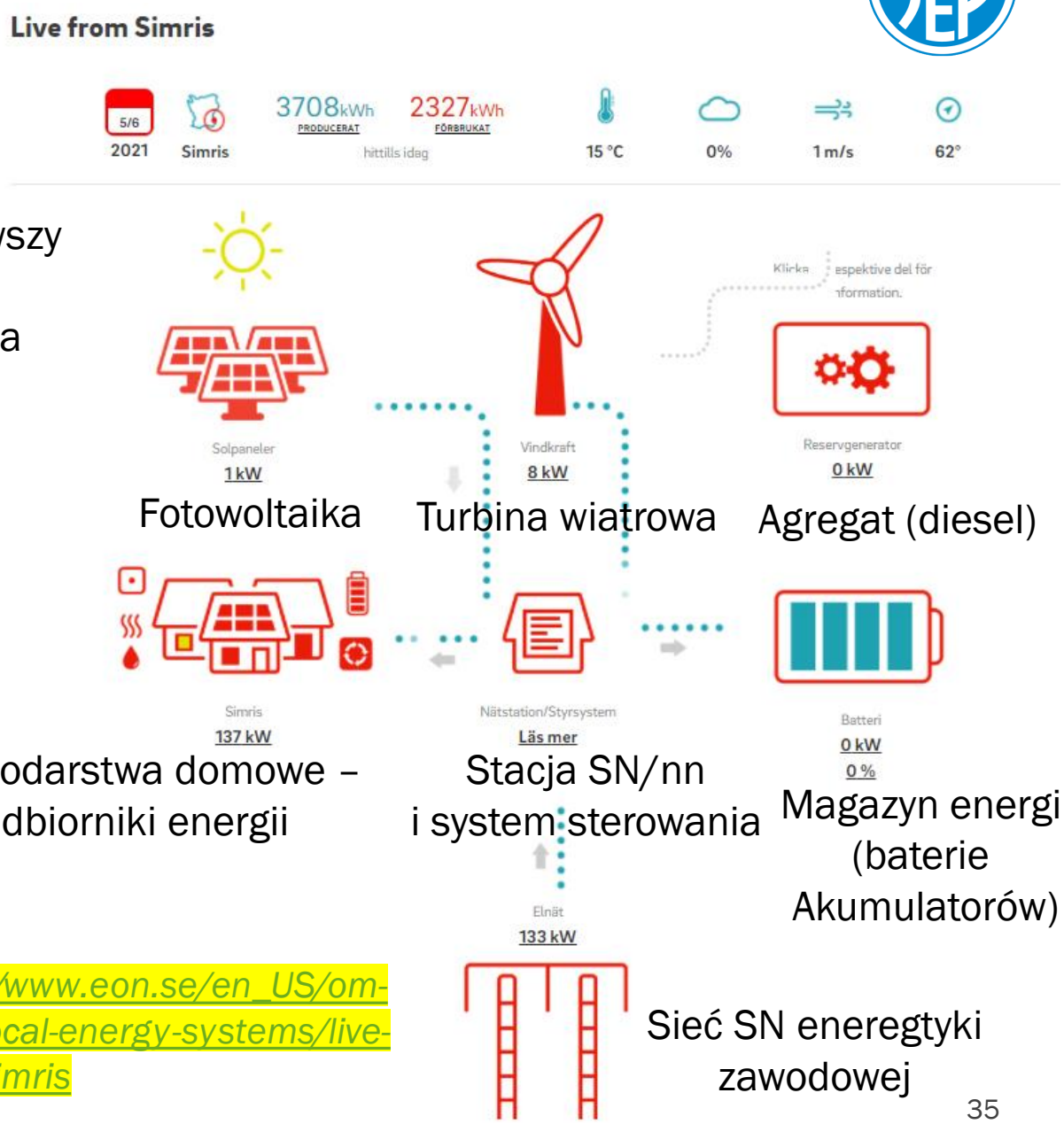
2. DZIAŁANIE SIECI ROZPROSZONYCH

WIOSKA SIMRIS, SZWECJA - KONCEPCJA SIECI AUTONOMICZNEJ FIRMY E.ON

W wiosce **Simris** na południu Szwecji (Skania) działa pierwszy w Szwecji lokalny system energetyczny wg koncepcji firmy E.ON. W ok. 20% dni w roku wioska jest samowystarczalna energetycznie.

Podobne projekty:

- **Wildpoldsried** (Bawaria, Niemcy)
- **Tamera** (Portugalia)



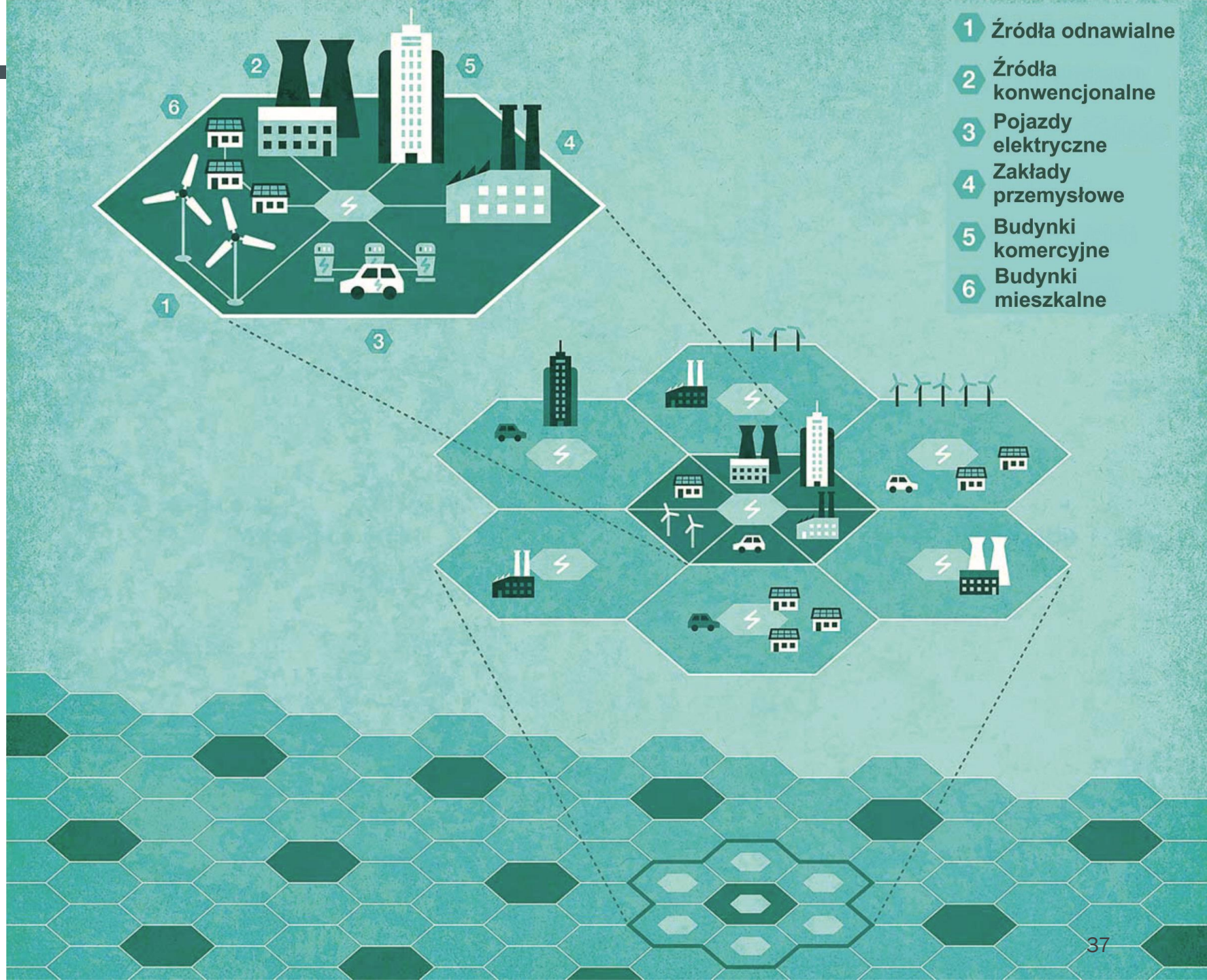
https://www.eon.se/en_US/om-e-on/local-energy-systems/live-from-simris

OSIEDLE AUTONOMICZNE ENERGETYCZNIE WG KONCEPCJI NREL – BASALT VISTA, KOLORADO, USA

- Koncepcja i podstawowa technologia autonomicznej sieci energetycznej została opracowana przez Krajowe Laboratorium Energii Odnawialnej (**NREL – National Renewable Energy Laboratory**).
- Osiedle 27 **inteligentnych domów** w Basalt Vista, jest częścią programu pilotażowego. Tworzą one **autonomiczną mikrosieć z własnym systemem sterowania,** która z kolei łączy się z siecią zasilającą energetyki zawodowej.
- W każdym domu **każdy inteligentny odbiornik i jak i inteligentne źródło energii: takie jak bateria akumulatorów, podgrzewacz wody lub system fotowoltaiczny – są sterowane w celu maksymalizacji swej efektywności energetycznej.**

INTELIGENTNE MIKROSIECI – KONCEPCJA NREL

- Teoretycznie systemy elektroenergetyczne wzorowane na zastosowanym w Basalt Vista mogą pokryć **mozaiką inteligentnych sieci elektroenergetycznych całe regiony lub nawet cały kraj**, aby automatycznie zarządzać wytwarzaniem i wykorzystaniem energii w milionach sterowanych, rozproszonych źródeł energii.
- Ta koncepcja leży u podstaw **autonomicznej sieci energetycznej** bazującej na odporności i efektywności.



DR MATTHES I PROF. SCHNETTLER O SYSTEMIE ELEKTROENERGETYCZNYM PRZYSZŁOŚCI

- **Prof. Schnettler:** (…) musimy pomyśleć o tym, jak można bezpiecznie sterować **bardzo złożonym i wymagającym koordynacji systemem energetycznym.**
- **Dr. Matthes:** (…) W Niemczech mamy stuletni system elektroenergetyczny, który kiedyś zasilało **300 bloków elektrowni**. Dziś mamy **2 miliony, a w przyszłości prawdopodobnie będziemy mieć od 10 do 20 mln uczestników systemu,** spośród których wszyscy muszą być skoordynowani i wszyscy muszą inwestować.

Rys. 1. Doktor Felix Christian Matthes (fot. Öko-Institut, licencja Creative Commons)

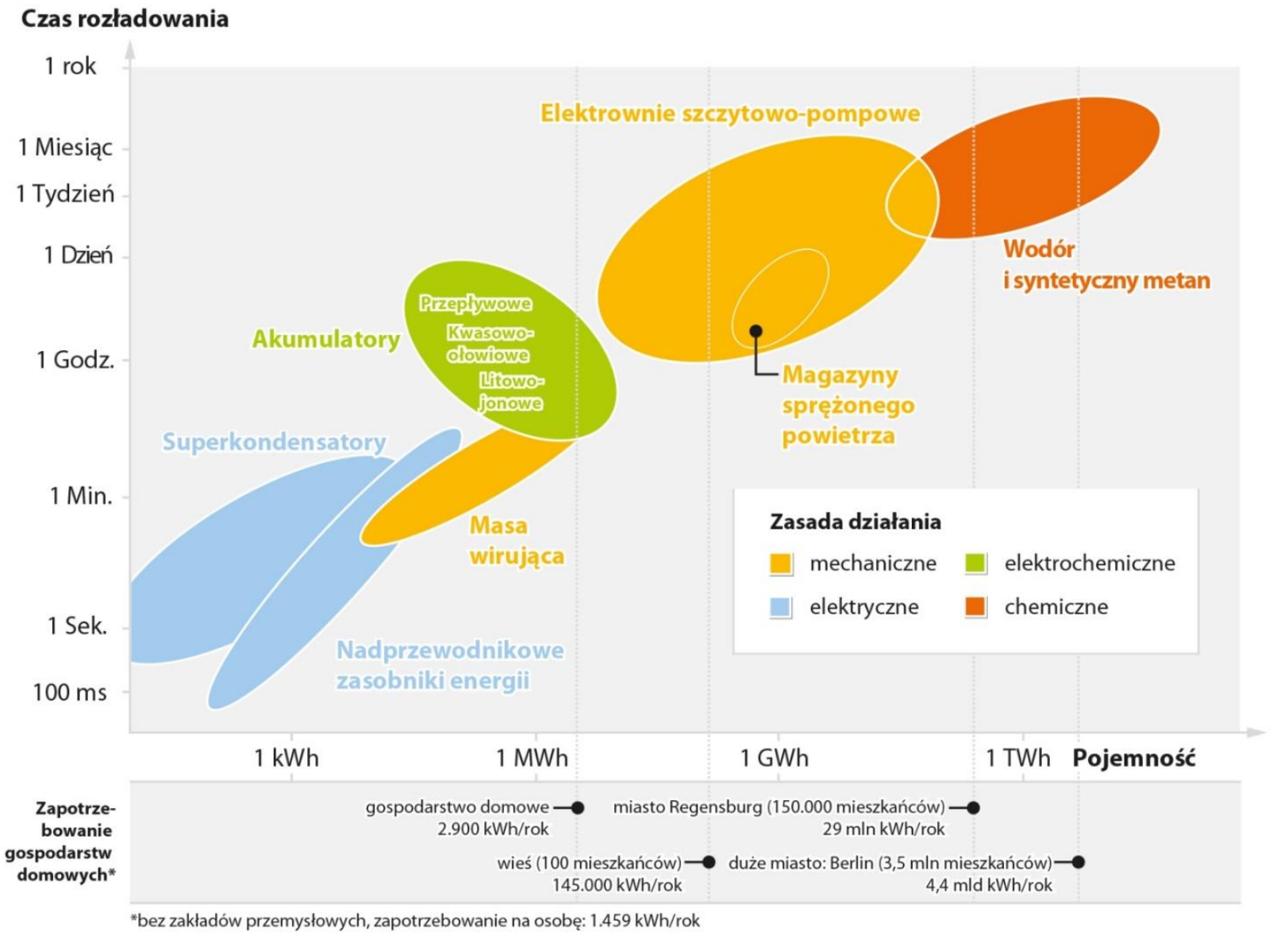
Rys. 2. Profesor Armin Schnettler, od 1 lipca 2020 r. nowy prezes VDE (fot. Ajna Rottke, VDE)

Tekst rozmowy w tłumaczeniu polskim w nr 06/2021 „Wiadomości Elektrotechnicznych”

3. MAGAZYNOWANIE ENERGII

Technologie magazynowania energii – porównanie

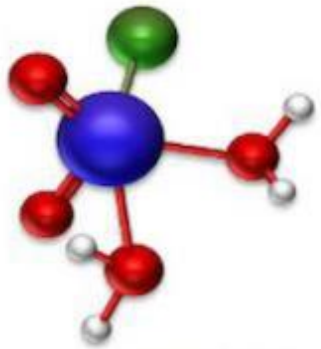
Instalacje działające w Niemczech



*bez zakładów przemysłowych, zapotrzebowanie na osobę: 1.459 kWh/rok

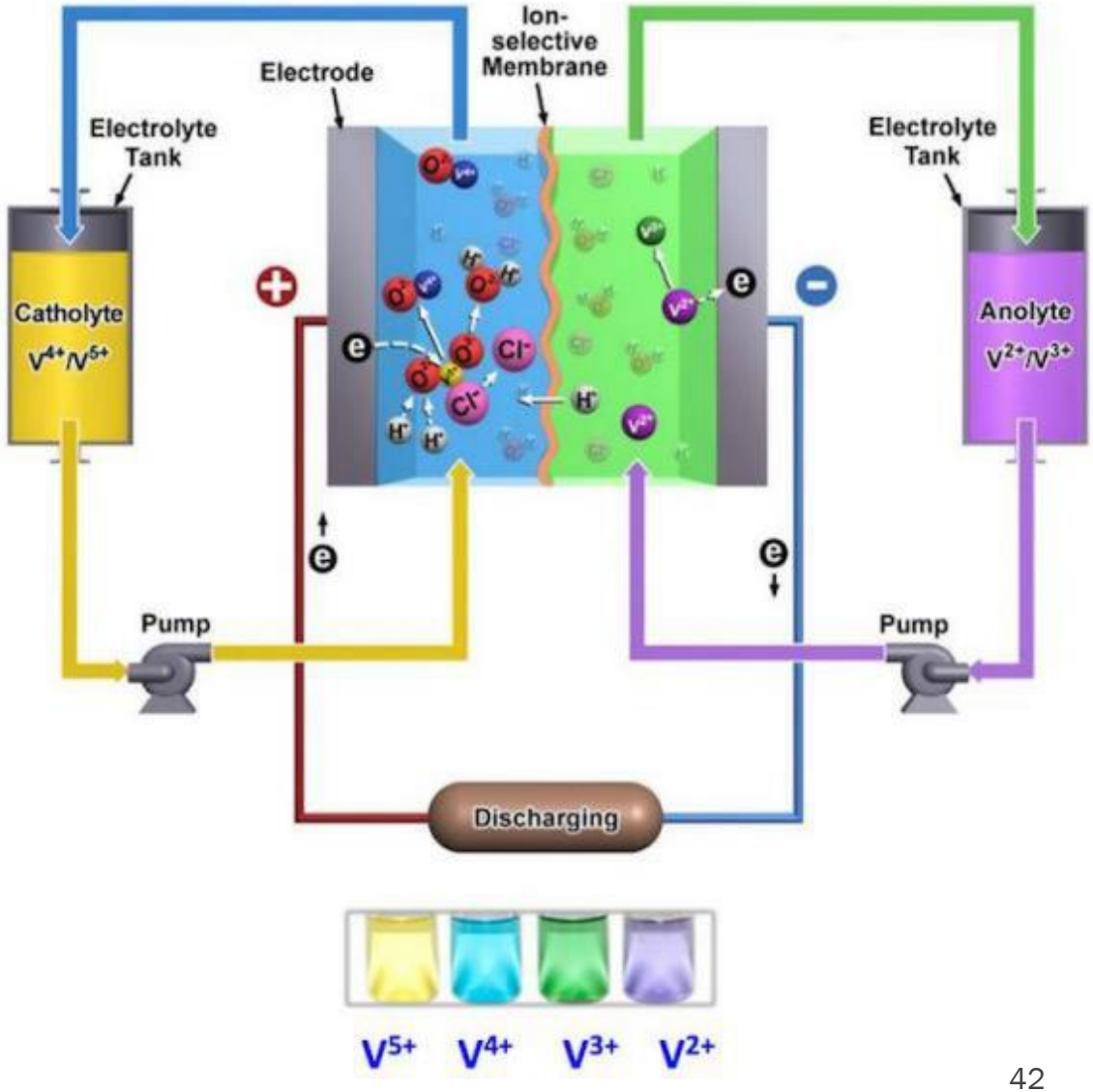
Źródło: Sterner, M und Stadler, Energiespeicher - Bedarf, Technologien, Integration. Springer-Vieweg Verlag, 2014

PRZEPŁYWOWE OGNIWA WANADOWE

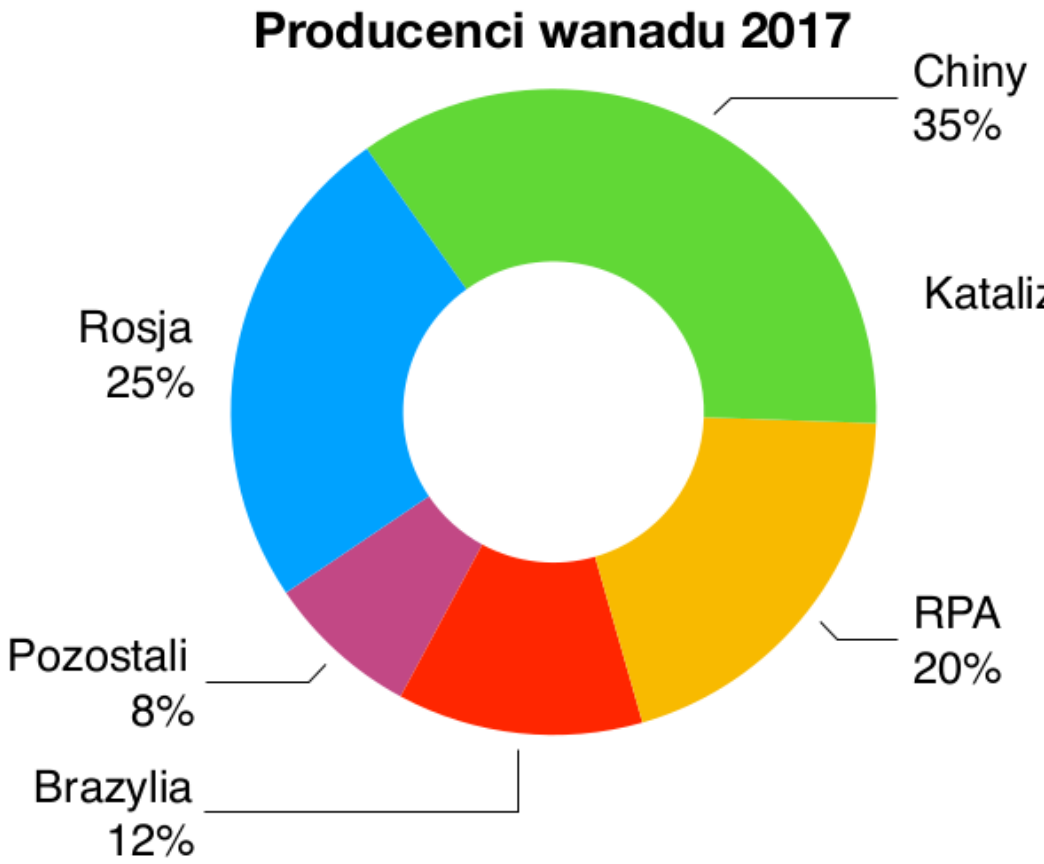


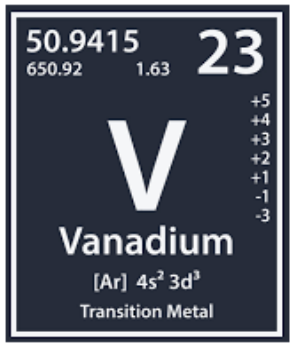
$VO_2Cl(H_2O)_2$

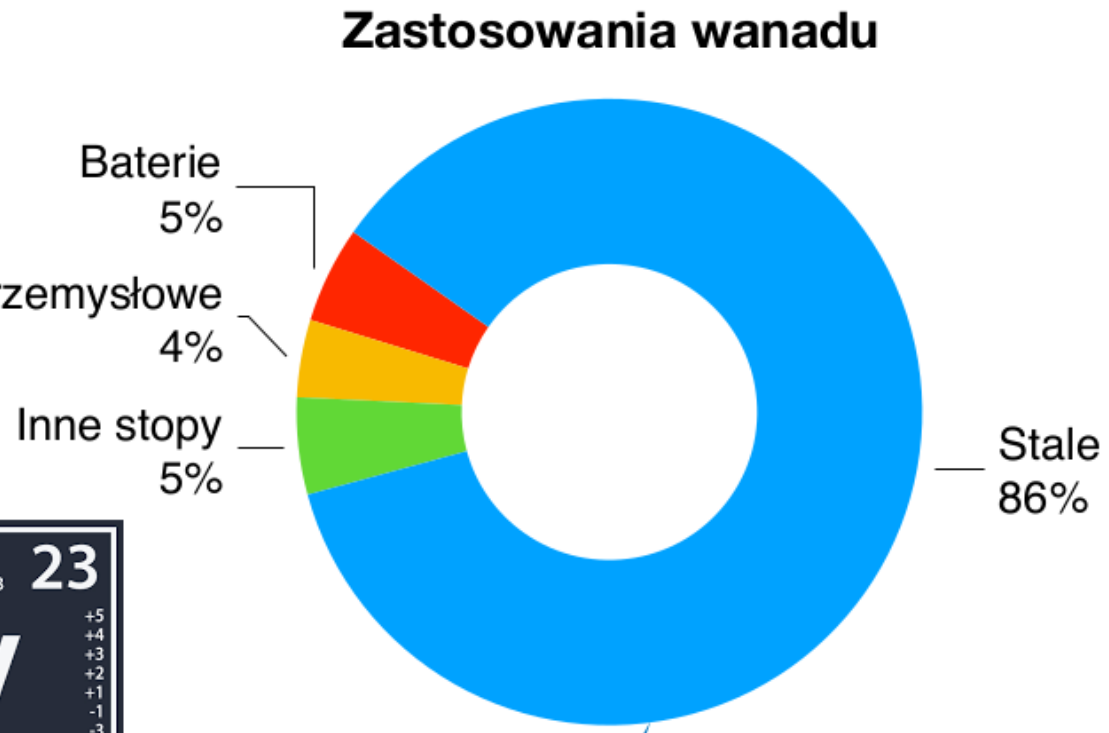
- Przepływowe ogniwo wanadowe VRB (ang. *Vanadium Flow Battery*) **wykorzystuje jony wanadu w czterech różnych stopniach utlenienia** do przechowywania energii elektrochemicznej.
- Jego główną zaletą jest teoretycznie nieskończona pojemność – zależy ona tylko od objętości zbiorników elektrolitu.
- Moce rzędu setek MW i pojemności rzędu setek MWh (spodziewany szybki wzrost).
- Potencjalny problem: cena i dostępność wanadu jako surowca.



PRODUKCJA WANADU I JEGO ZASTOSOWANIA

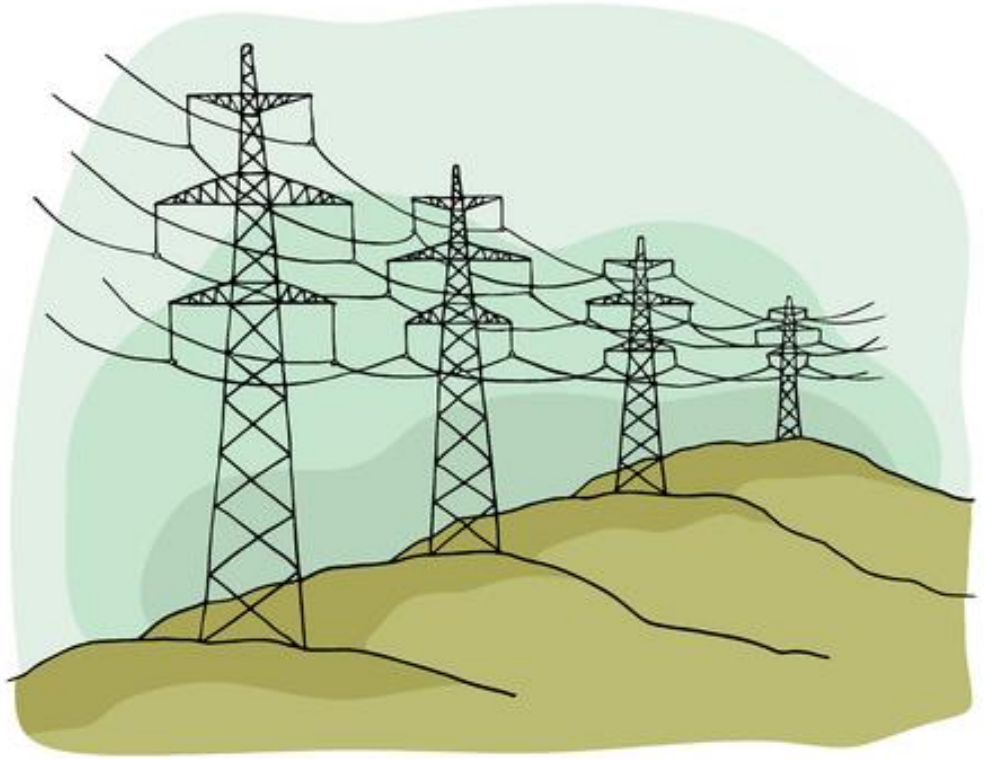






wysokienapiecie.pl

4. PRZESYŁ I ROZDZIAŁ ENERGII ELEKTRYCZNEJ



SPODZIEWANE KIERUNKI ZMIAN W PRZESYLE I ROZDZIALE ENERGII ELEKTRYCZNEJ (#1)

- Rewolucja w energetyce powodująca, że dzięki OZE (szczególnie fotowoltaice) energia elektryczna jest generowana bliżej miejsca jej wykorzystania nie oznacza, że nie będą potrzebne sieci elektroenergetyczne. Przeciwnie – będzie ich musiało być więcej niż dotąd.
- Poza tym wkraczamy w epokę **podwyższonego zapotrzebowania na energię elektryczną**.
- Potrzebne będą nowe „korytarze” transmisji energii elektrycznej liniami wysokich i najwyższych napięć zarówno trójfazowego prądu przemiennego (AC) jak i prądu stałego.
- Gęściejsza musi być sieć napięć wysokich – rozdzielczych (w warunkach europejskich– 110 kV / 132 kV / 150 kV),

SPODZIEWANE KIERUNKI ZMIAN W PRZESYLE I ROZDZIALE ENERGII ELEKTRYCZNEJ (#2)

- Utrzymanie stabilnej częstotliwości w sieci w coraz większym stopniu zależeć będzie od źródeł dostarczających moc przez **układy energoelektroniki** a nie duże generatory synchroniczne.
- Konieczne jest podwyższenie niezawodności **sieci SN** – głównie poprzez zamianę linii napowietrznych na **kablowe** – także w rejonach wiejskich. Istotna jest także **automatyzacja sieci SN** (reklozery, sekcjonalizery).
- Na terenach miejskich rośnie rola linii kablowych WN i kompaktowych stacji GPZ wykorzystujących rozdzielnice gazowe GIS.
- W aparaturze pierwotnej stacji elektroenergetycznych SF6 ustąpić musi nowym, przyjaznym środowisku mediom izolacyjnym (np. kondycjonowanej izolacji powietrznej i alternatywnych substancjach chemicznych).
- Nastąpi dalszy postęp w dziedzinie materiałów izolacyjnych aparatury stacyjnej (stałych, ciekłych i gazowych).

MATTHES I SCHNETTLER O ROZBUDOWIE SIECI PRZESYŁOWEJ W NIEMCZECH

- **Dr. Matthes:** …wkraczamy w erę **społeczeństwa energochłonnego**. Jednocześnie mamy ograniczenia dotyczące powierzchni gruntów w Niemczech, więc nie możemy budować nieograniczonej liczby elektrowni słonecznych i wiatrowych. Według naszych obliczeń nie możemy spodziewać się uzyskania z tych źródeł więcej niż ok. **800 terawatogodzin** rocznie. To wystarczy na pokrycie krajowego zapotrzebowania na energię elektryczną w 2050 r. (…) Do tego czasu będziemy musieli z grubsza podwoić tempo planowanej do tej pory rozbudowę sieci (…)
- **Prof. Schnettler:** W tej chwili odnotowaliśmy pewien postęp. Jesteśmy w trakcie budowy systemu przesyłowego Ultranet HVDC i wiele się wydarzyło również na poziomie sieci 110 kV. Faktem jest jednak, że jesteśmy wyraźnie opóźnieni w stosunku do planu rozwoju sieci, aktualizowanego co dwa lata. Jeśli nie uda nam się tego przyspieszyć, to mamy problem.

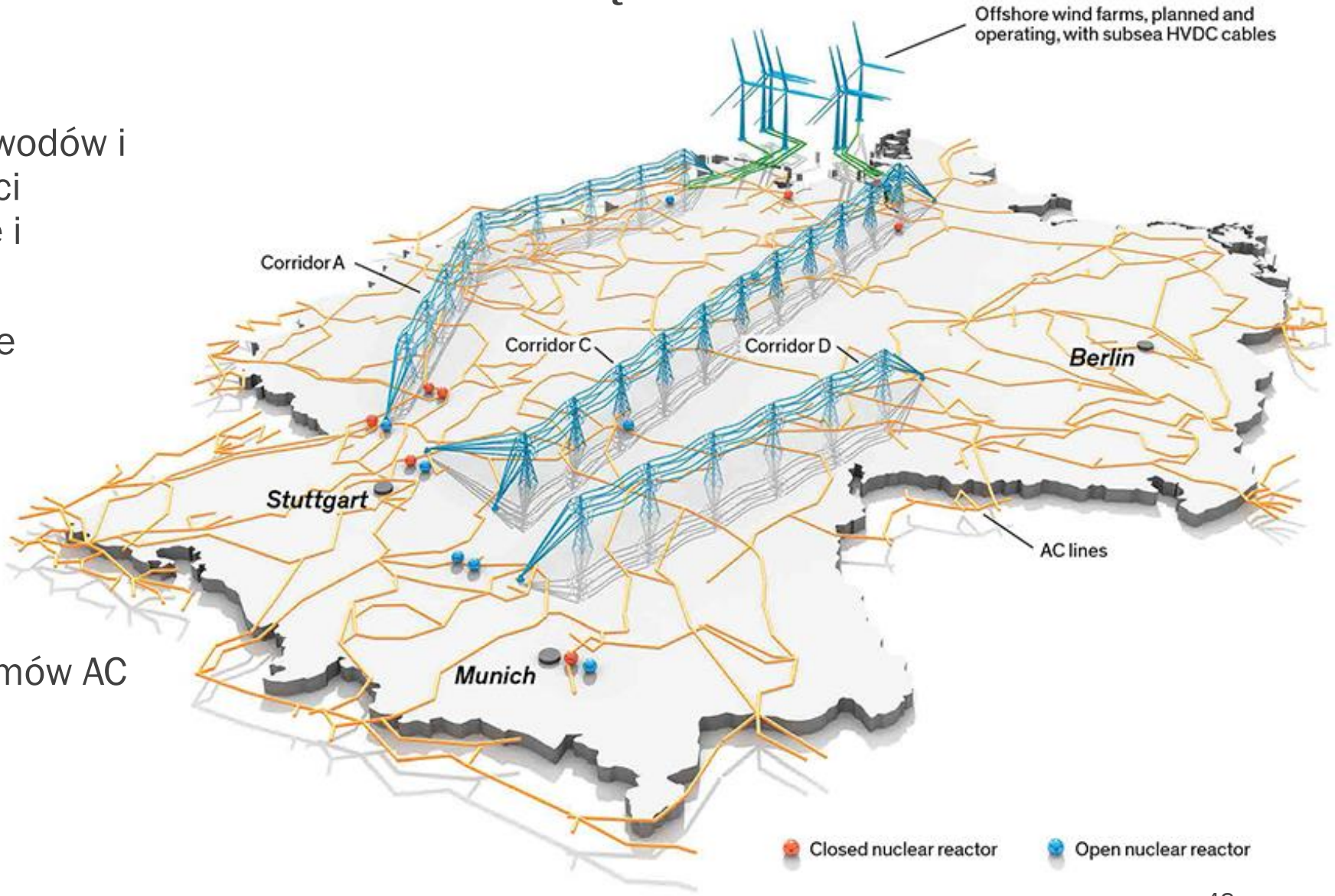
Rys. 1. Doktor Felix Christian Matthes (fot. Öko-Institut, licencja Creative Commons)

Rys. 2. Profesor Armin Schnettler, od 1 lipca 2020 r. nowy prezes VDE (fot. Ajna Rottke, VDE)

Tekst rozmowy w tłumaczeniu polskim w nr 06/2021 „Wiadomości Elektrotechnicznych”

POWRÓT DO IDEI EDISONOWSKICH – PRZESYŁ PRĄDEM STAŁYM

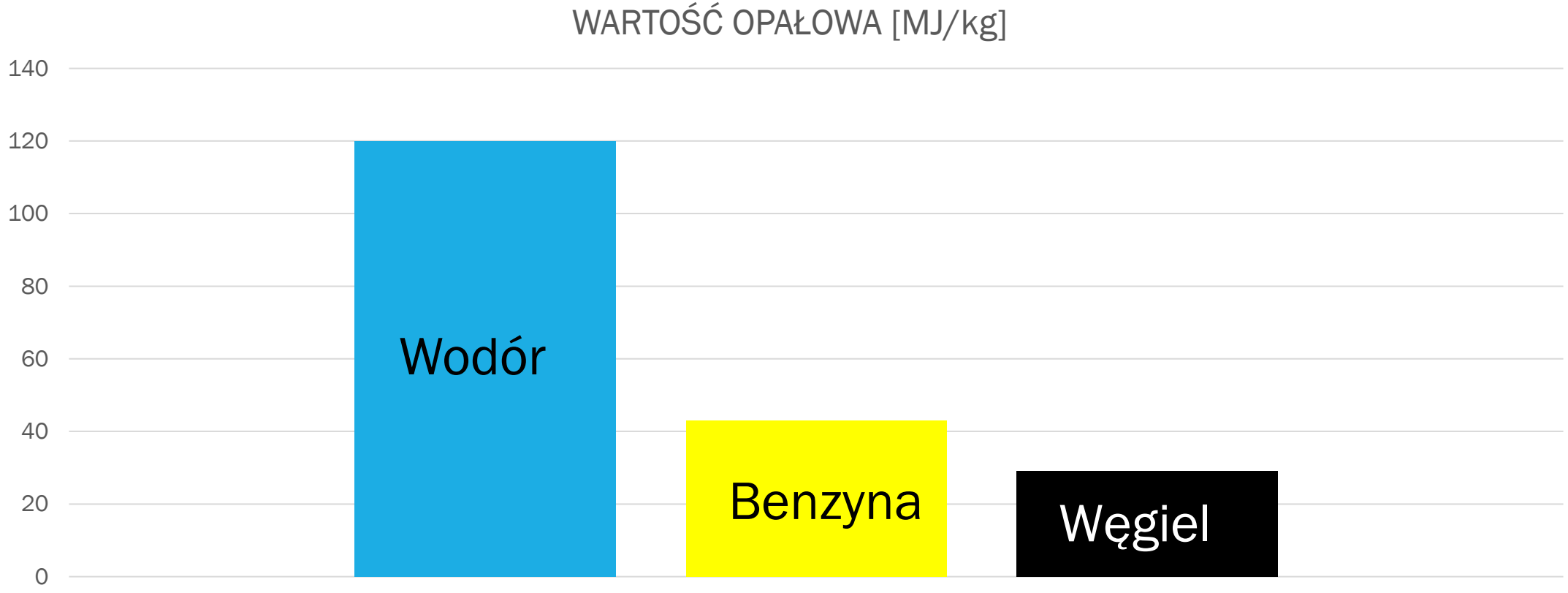
- Zalety: mniej niż przy AC przewodów i izolatorów, mniejsze odległości izolacyjne międzyprzewodowe i doziemne.
- Łatwy przesył kablami na duże odległości (np. podmorski).
- Wyeliminowanie problemów z kompensacją mocy biernej.
- Niższe niż przy AC straty.
- Możliwość łączenia niezsynchronizowanych systemów AC wstawkami DC.



LINIE ULTRA-HVDC W CHINACH – DZIAŁAJĄCE I PLANOWANE

5. ENERGETYKA WODOROWA

PORÓWNANIE WARTOŚCI OPAŁOWEJ PALIW



WSZYSTKIE BARWY WODORU

Colour code	Brown	Grey	Blue	Turquoise	Green
Energy source	Coal or lignite	Natural gas	Any non-renewable energy source	Methane	Any renewable energy source
Process of getting hydrogen	Gasification	Steam methane reformation	Steam methane reformation and carbon capture & storage	Pyrolysis	Electrolysis of water

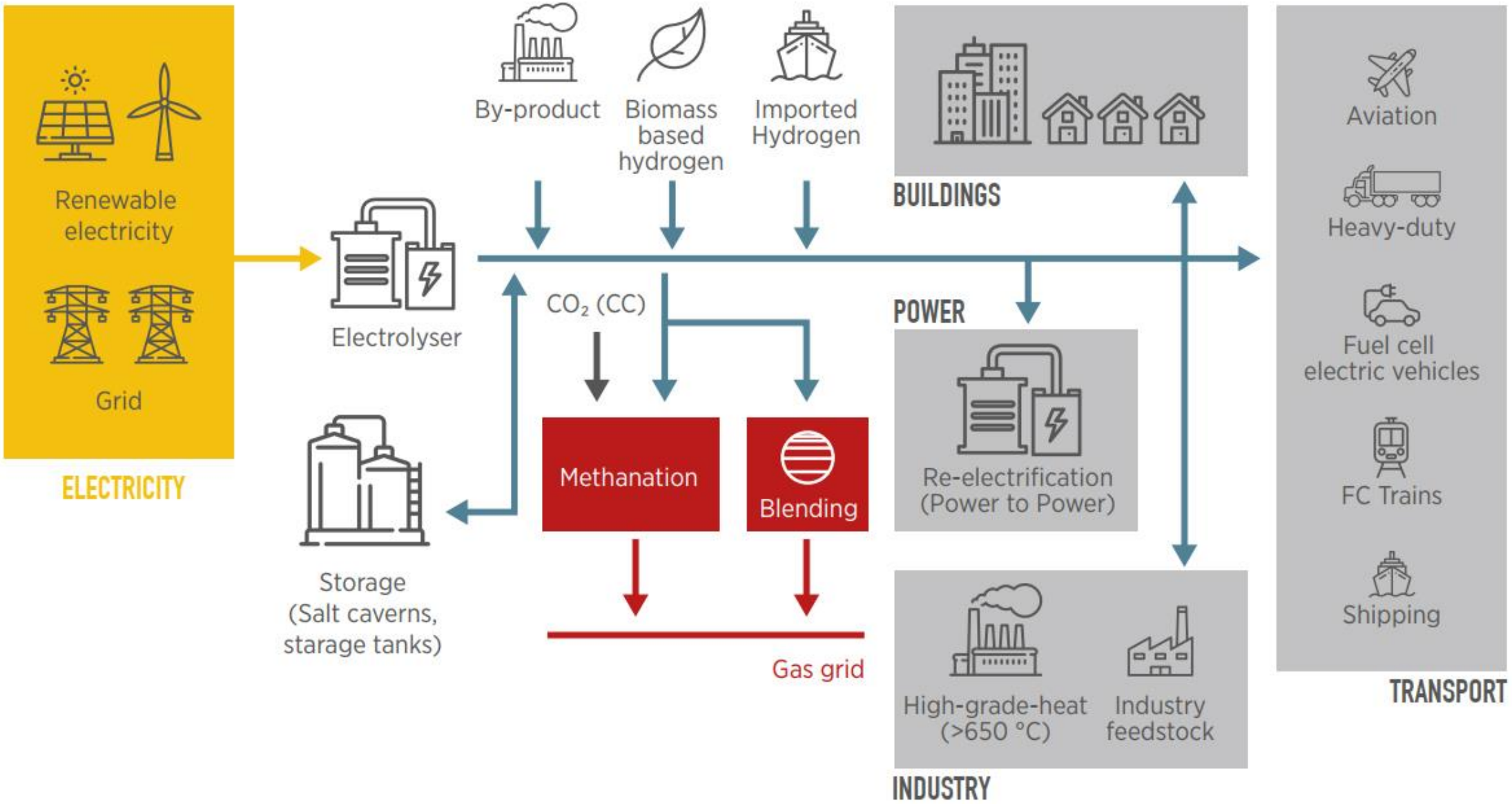
Pink
Nuclear

Electrolysis of water

White
Naturally-occurring geological hydrogen

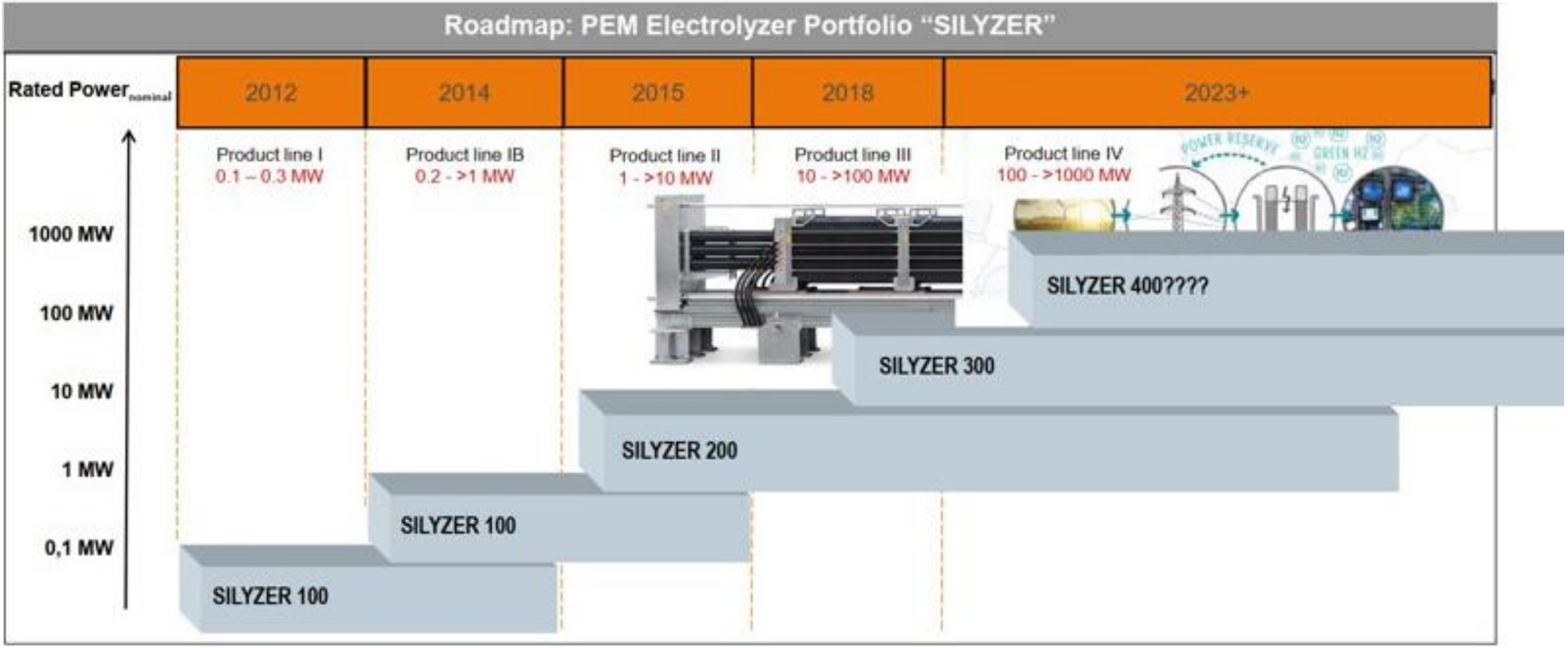
WIZJA ENERGETYKI WODOROWEJ WG SIEMENSA

SCHEMAT SIECI WODOROWEJ PRZYSZŁOŚCI



SZTUCZNA WYSPA NA ŁAWICY DOGGER BANK

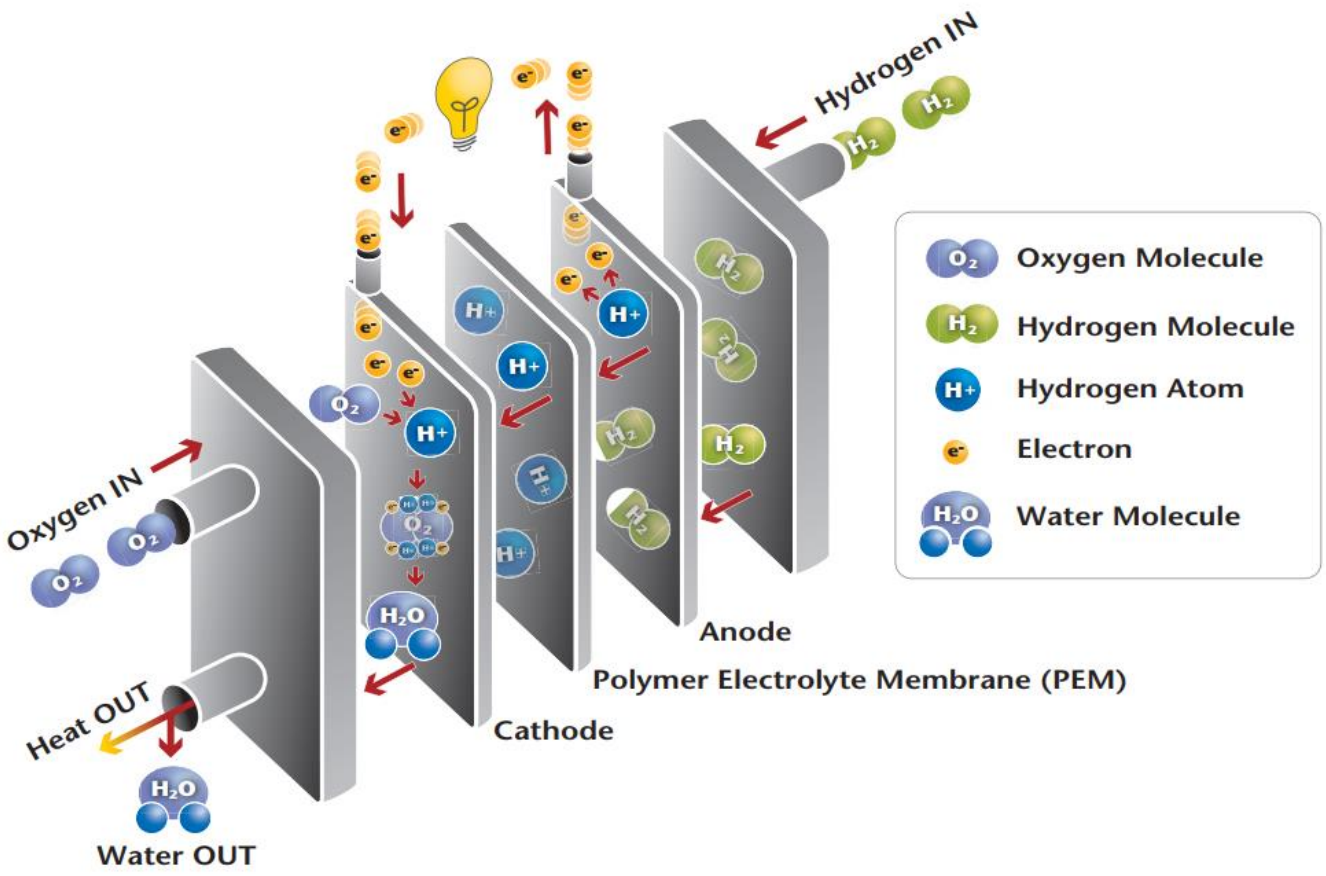
POSTĘP TECHNICZNY W DZIEDZINIE ELEKTROLIZERÓW PEM FIRMY SIEMENS - SILYZER



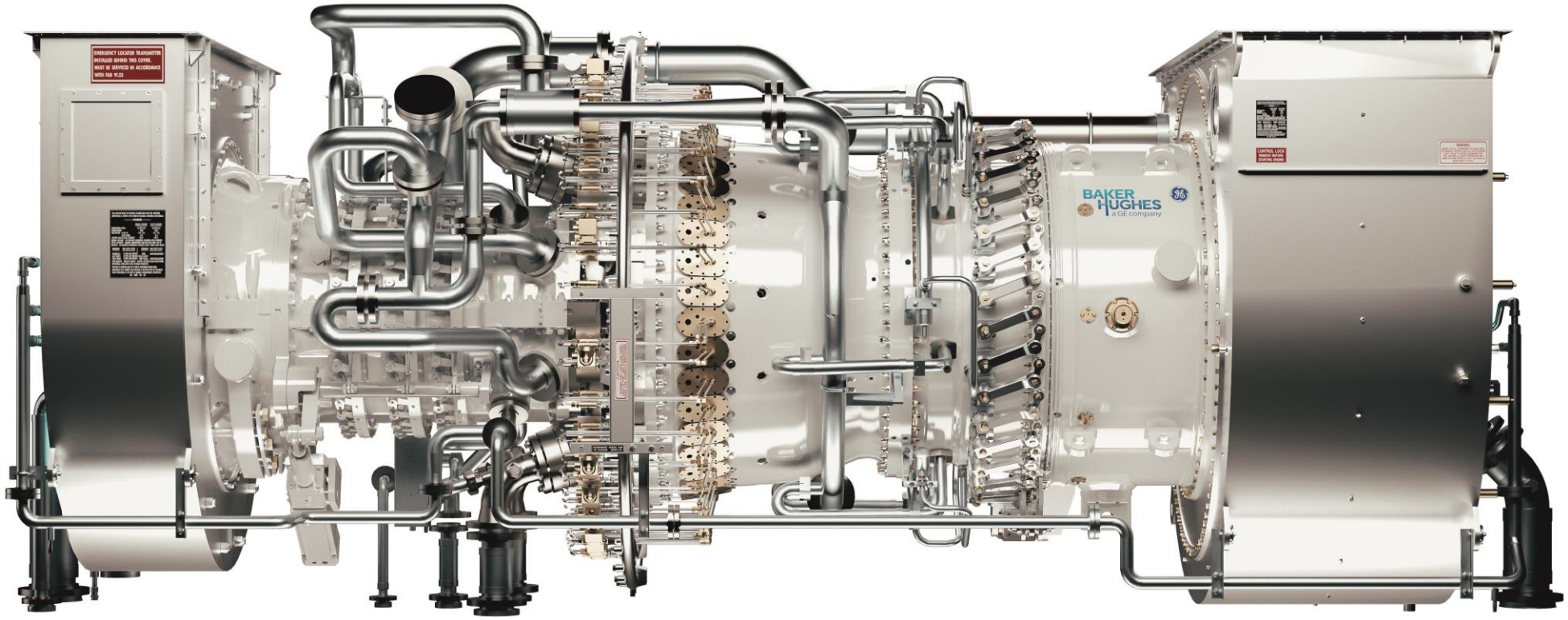
OGNIWA PALIWOWE PEM

<u>PEM (ang. Polymer Electrolyte Membrane).</u>
polimerowe ogniwa stacjonarne

- **Membrana** z materiału polimerowego np. nafionu;
- Wysoka sprawność wytwarzania energii elektrycznej - **do 65%;**
- Mała ilość wydzielanego ciepła;
- Dobra nadążność ogniwa przy zmiennych; obciążeniach oraz krótki czas rozruchu;
- Względnie niska temperatura reakcji zachodzącej w ogniwie: **60 ÷ 100°C;**
- Moc uzyskiwana z pojedynczego ogniwa: **0,5 ÷ 400 kW;**
- Zastosowania: systemy napędowe pojazdów; stacjonarne i przewoźne generatory energii;
- Żywotność: do 60 tys. h;
- W pełni skomercjalizowane.

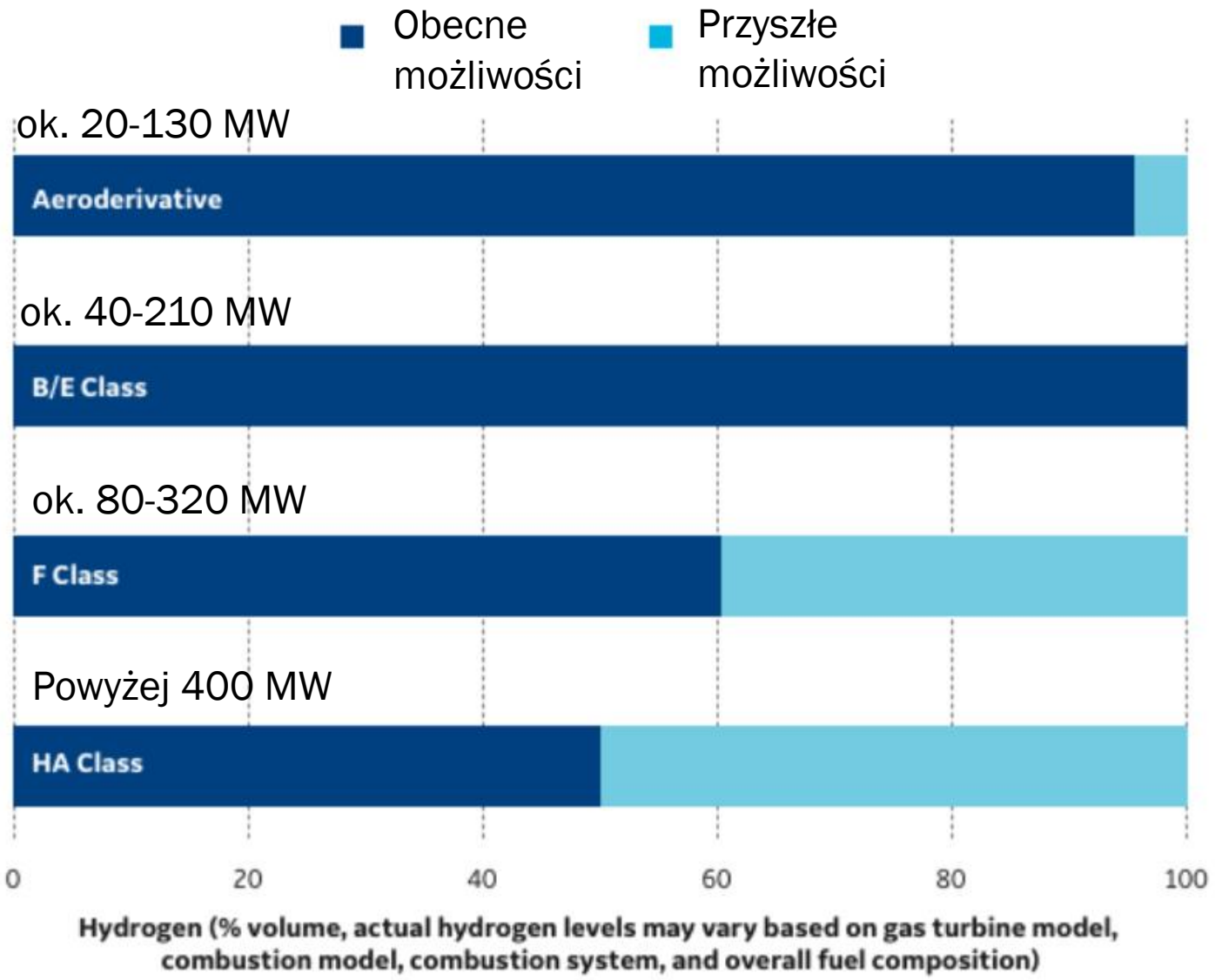


TURBINA DO PRACY NA 100% PALIWIE H2



Turbina gazowa Baker Hughes GE typu NovaLT GT przystosowana do pracy na 100-procentowym paliwie wodorowym

ZDOLNOŚĆ TURBIN GAZOWYCH GENERAL ELECTRIC DO PRACY NA PALIWIE WODOROWYM



Zawartość objętościowa wodoru w paliwie gazowym

MATTHES I SCHNETTLER O ROZWOJU SYSTEMÓW WODOROWYCH (#1)

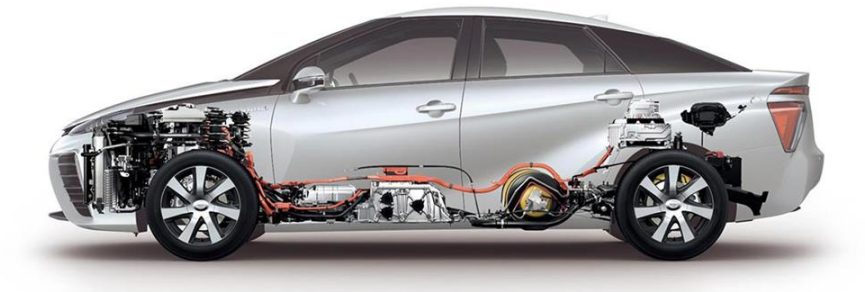
- **Schnettler:** Maksymalnie połowę światowego zużycia energii można zelektryfikować i mamy nadzieję, że drugą połowę pokryje zielony wodór. Dlatego nadszedł czas, aby zająć się tym tematem i Niemcy postąpiłyby dobrze, gdyby zainwestowały w tą dziedzinę gospodarki. Również po to, aby dysponować własną, krajową technologią.
- **Matthes:** Według naszej analizy pierwszym zastosowaniem wodoru – nie będzie energetyka, ale produkcja amoniaku. (…) są także dziedziny, gdzie nie mamy alternatywy. Są to np. przemysł stalowy i chemiczny (…) inaczej, niż przy użyciu wodoru nie będziemy w stanie rozwiązać części zagadnień sektora transportu: samolotów, statków, ciężarówek w ruchu dalekobieżnym.

Rys. 1. Doktor Felix Christian Matthes (fot. Öko-Institut, licencja Creative Commons)

Rys. 2. Profesor Armin Schnettler, od 1 lipca 2020 r. nowy prezes VDE (fot. Ajna Rottke, VDE)

Tekst rozmowy w tłumaczeniu polskim w nr 06/2021 „Wiadomości Elektrotechnicznych”

WODÓR – PRZYSZŁOŚCIOWE PALIWO DLA ŚRODKÓW TRANSPORTU



Samochody osobowe – **Toyota Mirai**

Samochody ciężarowe
– ciągnik siodłowy **Nikola One**

Zespół trakcyjny **Coradia iLint**
(na linie niezelektryfikowane)

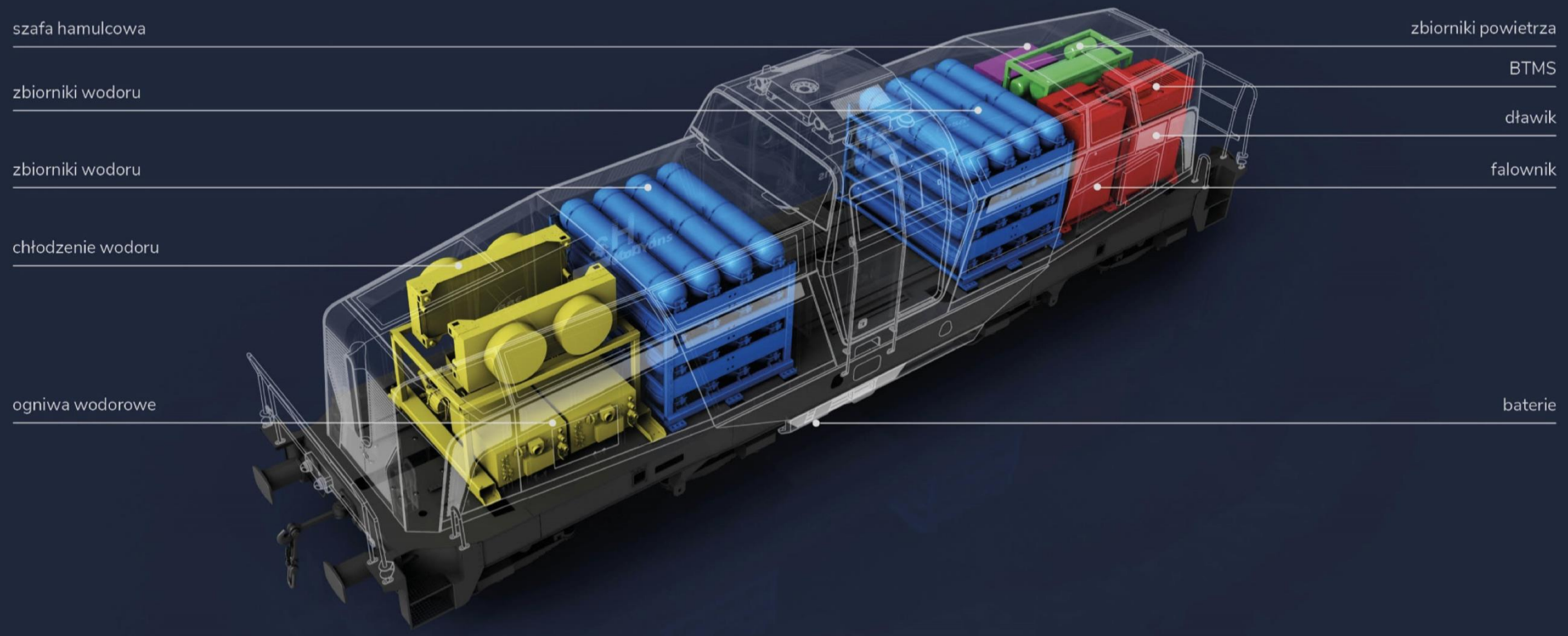
Statek handlowy – kontenerowiec

Samolot komunikacyjny – **Airbus Cryoplane**

LOKOMOTYWA WODOROWA SM42-6DN PRODUKCJI BYDGOSKICH ZAKŁADÓW PESA

LOKOMOTYWA WODOROWA SM42-6DN PRODUKCJI BYDGOSKICH ZAKŁADÓW PESA

Koncepcja rozmieszczenia elementów technicznych



MATTHES I SCHNETTLER O ROZWOJU SYSTEMÓW WODOROWYCH (#2)

- **Dr Matthes:** (…) potencjał zielonego wodoru produkowanego u nas w kraju jest bardzo ograniczony, moim zdaniem jest to maksymalnie od 10 do 20% docelowego zapotrzebowania gospodarki Niemiec.
- **Prof. Schnettler:** … wodór jest trudny i drogi w transporcie. Oczywiście, np. w Chile wodór można produkować niezwykle tanio za pomocą energii wiatrowej. W tym przypadku jednak jest bardziej prawdopodobne, że transportowane będą dopiero produkty pochodne wodoru, takie jak metanol lub amoniak
- **Dr Matthes:** Trzeba powiedzieć to wyraźnie – rynkiem docelowym dla Australii jest Azja, a dla Chile, Argentyny i Brazylii – Ameryka Północna. W Europie mamy możliwość pozyskiwania zielonego wodoru tylko z Hiszpanii i Norwegii, a ponadto jesteśmy przywiązani do regionu Bliskiego Wschodu i Afryki Północnej, który mógłbym nazwać obszarem o ograniczonej możliwości zarządzania. Innymi słowy, mamy tutaj nie tylko problem techniczny i gospodarczy, ale także problem polityki zagranicznej.

Rys. 1. Doktor Felix Christian Matthes (fot. Öko-Institut, licencja Creative Commons)

Rys. 2. Profesor Armin Schnettler, od 1 lipca 2020 r. nowy prezes VDE (fot. Ajna Rottke, VDE)

Tekst rozmowy w tłumaczeniu polskim w nr 06/2021 „Wiadomości Elektrotechnicznych”

DZIĘKUJĘ ZA UWAGĘ!