

Wysokotemperaturowe reaktory jądrowe HTGR - czy wdrożymy je w Polsce?

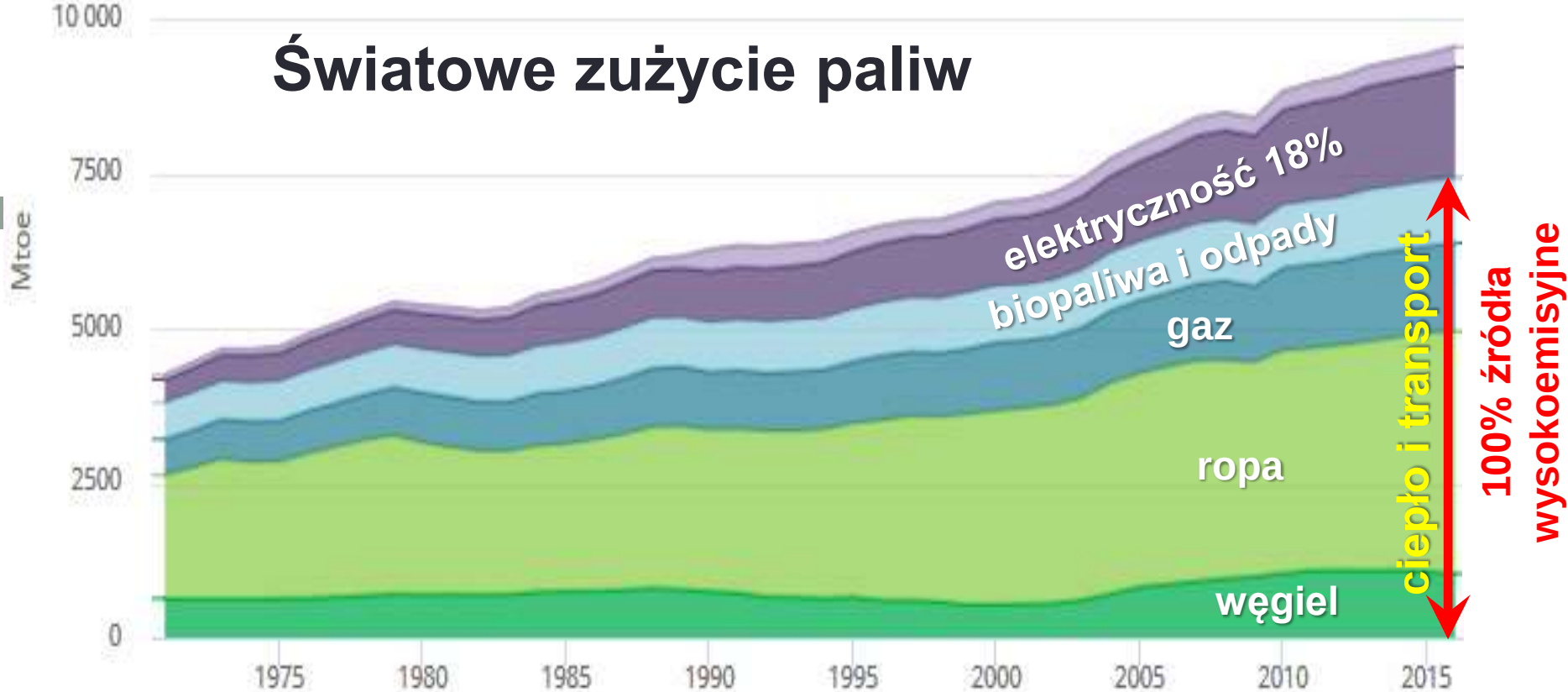
Grzegorz Wrochna

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

g.wrochna@ncbj.gov.pl

HT(G)R = High Temperature (Gas-cooled) Reactors

Światowe zużycie paliw

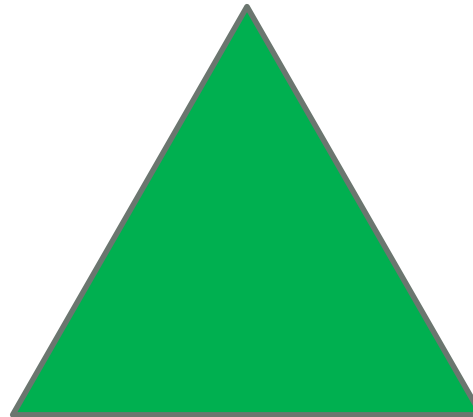


- Nawet gdyby cała produkcja energii elektrycznej była bezemisyjna, to rozwiąże zaledwie 1/5 problemu.
- Ogrzewanie budynków to dziś głównie węgiel i gaz. Elektrociepłownie zasilają turbiny parą 550°C , a ciepło odpadowe $<200^{\circ}\text{C}$ zasila sieci ciepł.
- Przemysł potrzebuje ciepła o wysokiej temperaturze ($>500^{\circ}\text{C}$)
- Transport przyszłości to wodór i paliwa syntetyczne do samochodów elektrycznych z ogniwami paliwowymi ($>700^{\circ}\text{C}$ potrzebne do produkcji H_2)

Produkcja ciepła

- Ciepłownictwo, przemysł i transport (produkcja H_2) potrzebują ciepła o $T > 500^\circ\text{C}$.
- Wiatraki i ogniwa FV produkują energię elektryczną. Jej konwersja na ciepło jest bardzo nieekonomiczna.
- Reaktory jądrowe produkują ciepło.
 - To jedyne źródło energii adresujące wszystkie 3 wierzchołki „trójkąta zrównoważonej produkcji” (*sustainability trangle*)

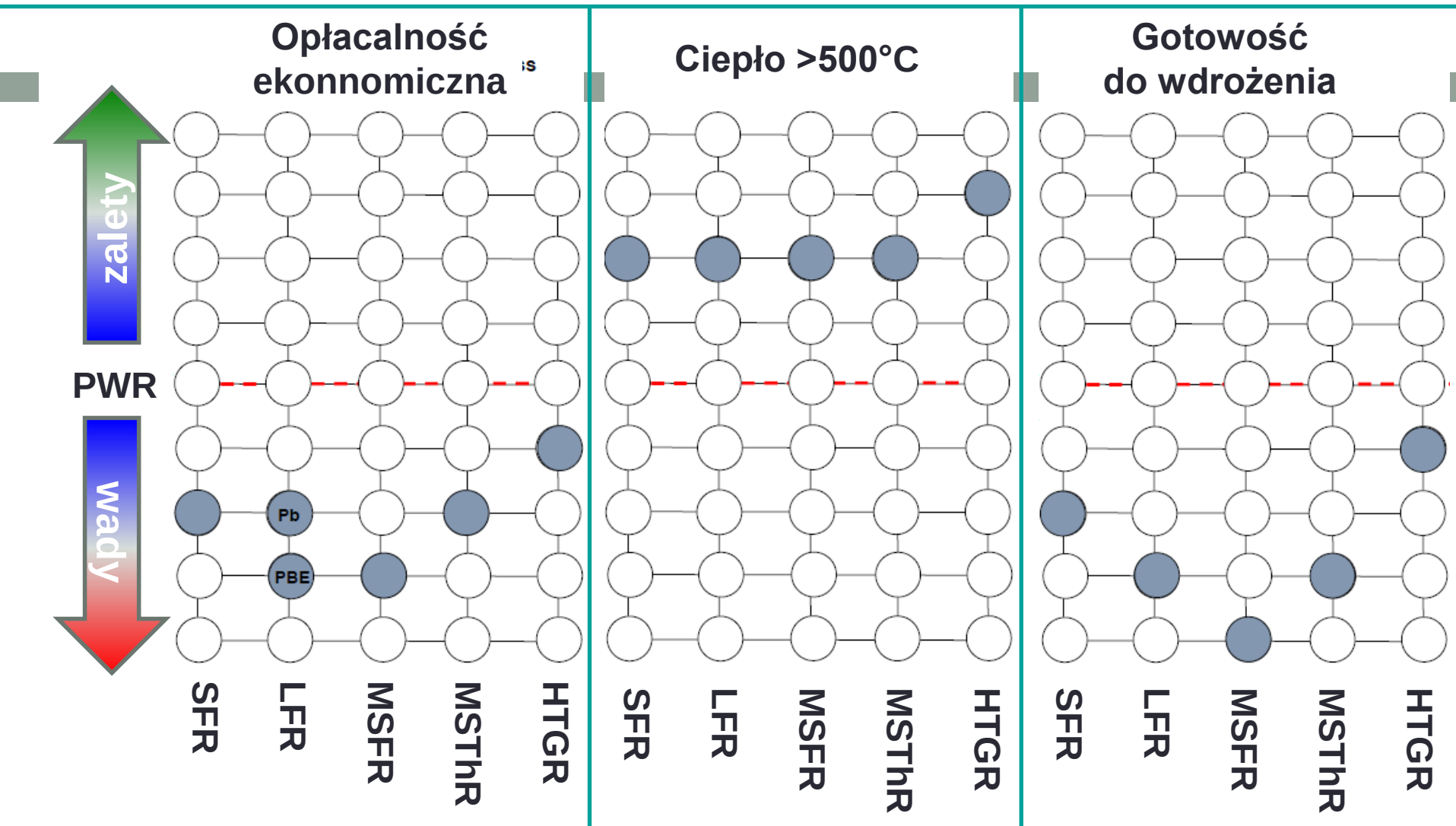
przyjazne środowisku



stabilne i dostępne

ekonomicznie opłacalne

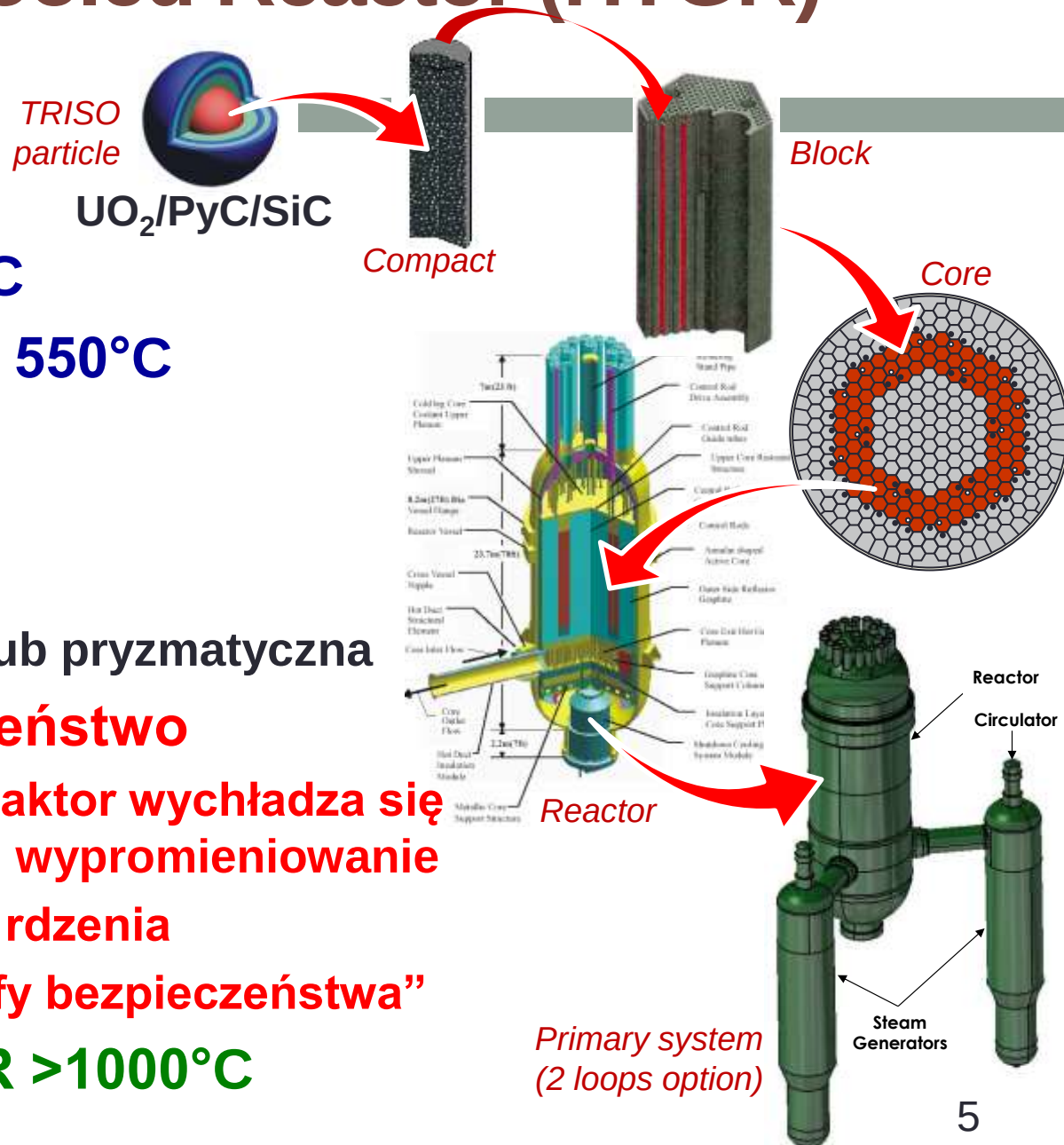
Wybór technologii reaktora



SFR, LFR, MSFR: Sodium-, Lead-, Molten Salt- Fast Reactor. MSThR: MS Thermal R.

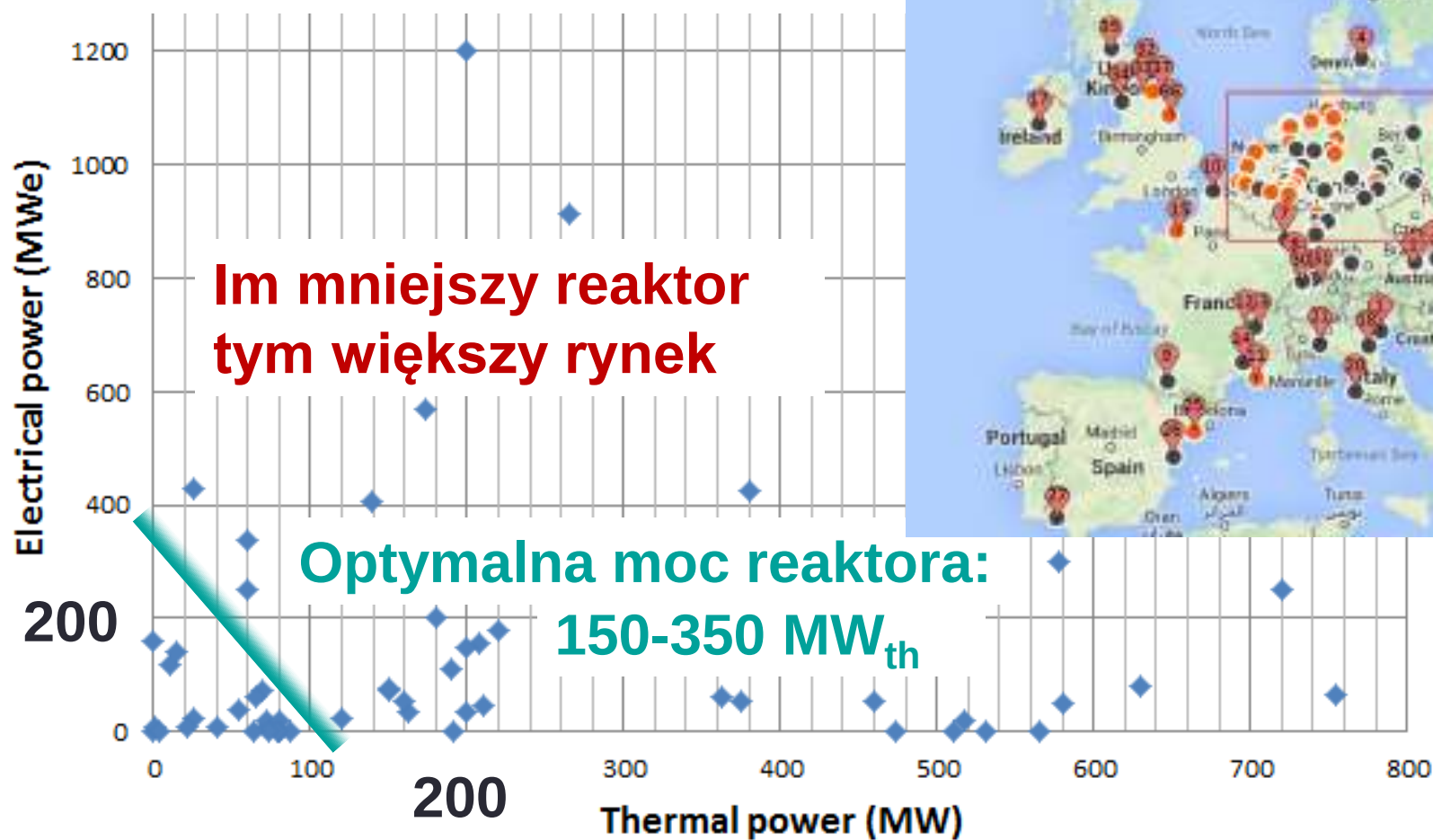
High T Gas-cooled Reactor (HTGR)

- Chłodziwo: hel 700°C
- Obwód wtórny: para 550°C
 - typowa w przemyśle
- Paliwo TRISO
 - Wytrzymuje > 1700°C
 - Konfiguracja kulowa lub pryzmatyczna
- Inherentne bezpieczeństwo
 - W przypadku awarii reaktor wychładza się przez przewodnictwo i wypromieniowanie
 - Nie możliwe stopienie rdzenia
 - Nie ma potrzeby „strefy bezpieczeństwa”
- W przyszłości: VHTR >1000°C



Zapotrzebowanie przemysłu

- Próbką >130 zakładów w UE
- Głównie zakłady chemiczne



Przemysł w Polsce

- ❑ 13 największych zakładów chemicznych w Polsce potrzebuje 6500 MW ciepła o $T=400-550^{\circ}\text{C}$
- ❑ Rocznie zużywają 200 TJ, co odpowiada spaleniu >5 mln t gazu ziemnego lub oleju opałowego
- ❑ Zastąpienie przez HTGR zmniejszyłoby emisję CO_2 o 14-17 mln t rocznie
- ❑ Łącznie potrzeba 10-20 HTGR do 2050



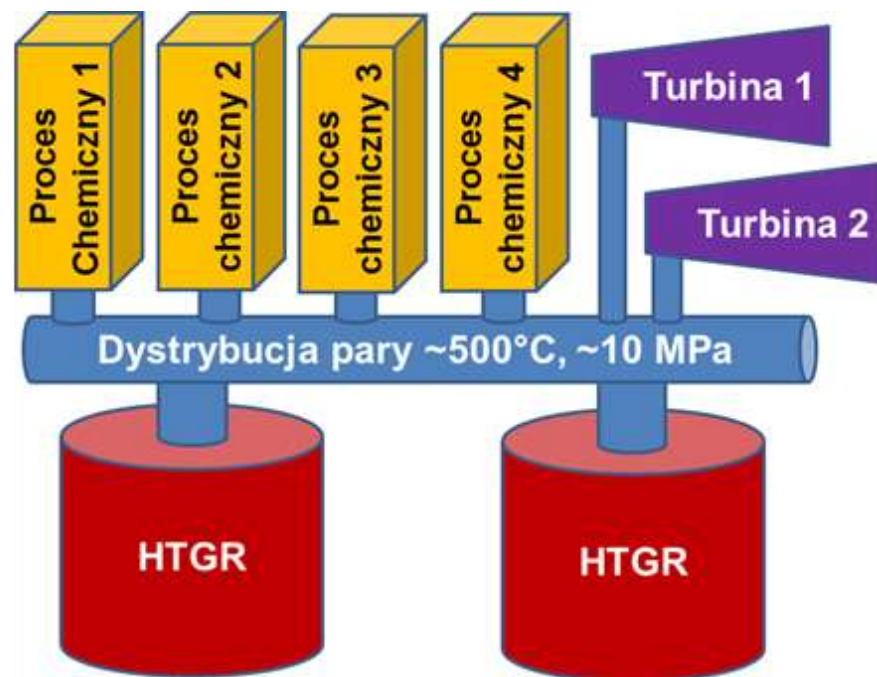
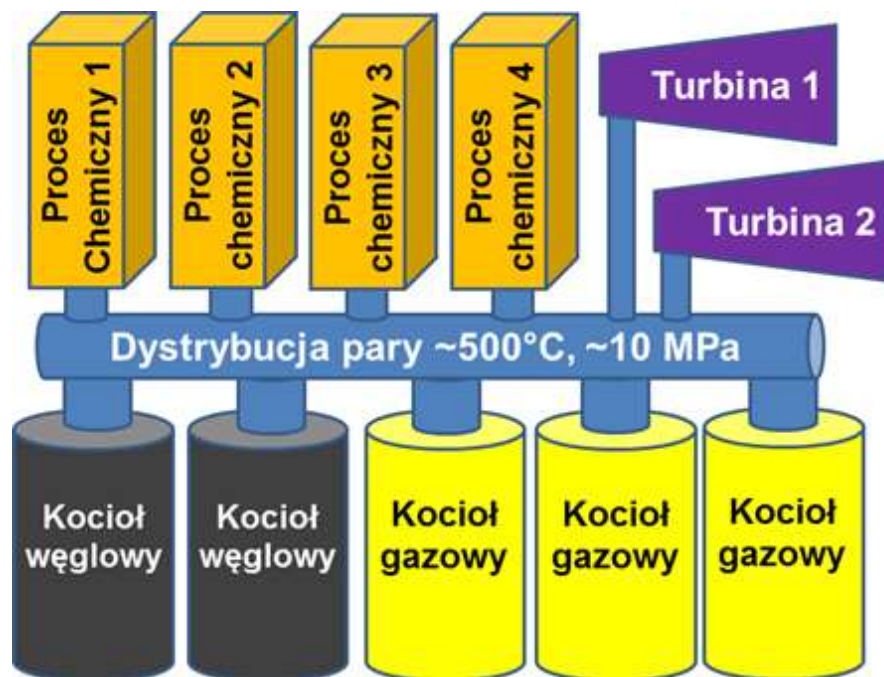
Plant	Boilers	MW
ZE PKN Orlen S.A. Płock	8	2140
Arcelor Mittal Poland S.A.	8	1273
Zakłady Azotowe "Puławy" S.A.	5	850
Zakłady Azotowe ANWIL SA	3	580
Zakłady Chemiczne "Police" S.A.	8	566
Energetyka Dwory	5	538
International Paper - Kwidzyn	5	538
Grupa LOTOS S.A. Gdańsk	4	518
ZAK S.A. Kędzierzyn	6	474
Zakł. Azotowe w Tarnowie Mościcach S.A.	4	430
MICHELIN POLSKA S.A.	9	384
PCC Rokita SA	7	368
MONDI ŚWIECIE S.A.	3	313

Paląca potrzeba gospodarki

- ❑ Firmy chemiczne i energetyczne do produkcji ciepła i kogeneracji wykorzystują dziś kotły węglowe i gazowe
- ❑ W latach 2030-50 duża ich część musi być wymieniona
- ❑ Na co wymienić?
Co będzie bardziej opłacalne i mniej ryzykowne?
 - ❑ **Węgiel i gaz**
 - ❑ Olbrzymie koszty emisji CO₂ (20→75€/t)
 - ❑ Duża niepewność cen paliw
 - ❑ Ryzyko limitu emisji poniżej poziomu węgla
 - ❑ Ryzyko polityczne przerwania/redukcji dostaw gazu
 - ❑ **Reaktory jądrowe**
 - ❑ Konieczność zastosowania nowych technologii
(reaktory lekkowodne dają $\leq 250^{\circ}\text{C}$, potrzeba $>500^{\circ}\text{C}$)

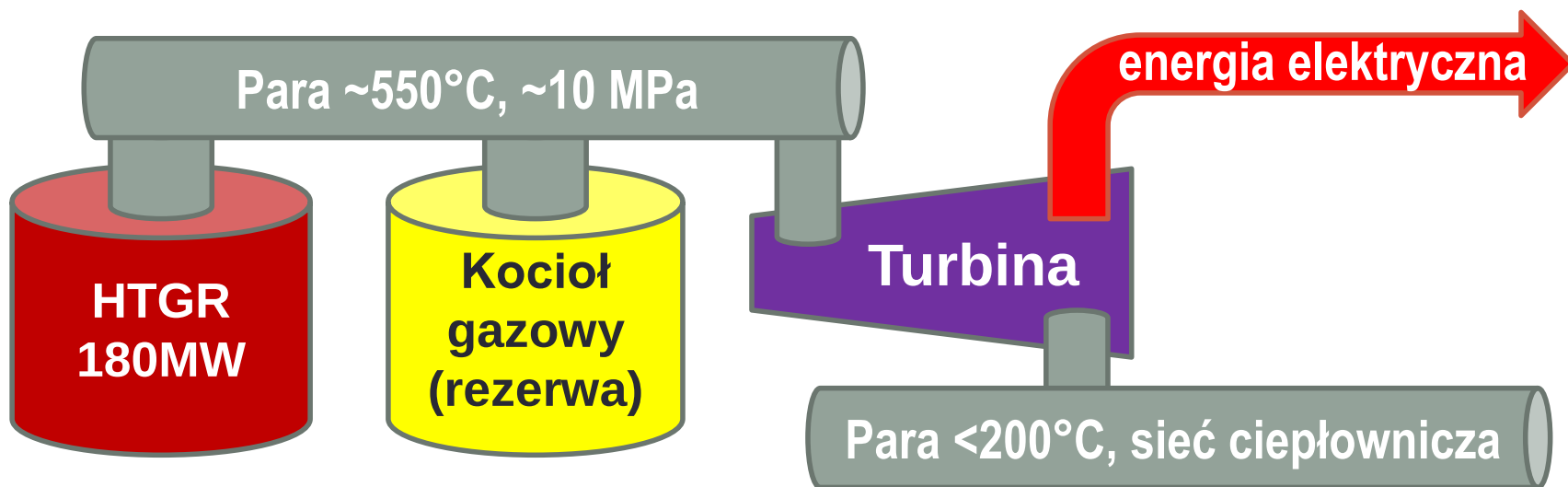
HTGR w przemyśle

Wymiana starych kotłów gazowych/węglowych na HTGR, bez zmian w istniejących instalacjach



Elektrociepłownie, bloki kogeneracyjne <200MW

- W Polsce mamy ~50 starych elektro(ciepło)wni <200MW.
 - Po remontach mogą działać do 2035-2050.
- **Czym zastąpić?**
 - **Duże (>1000MW_e) reaktory LWR nie możliwe ze względu na rozproszenie i lokalizację w miastach.**
- **HTGR (+ ew. gazowy backup) dobrym rozwiązaniem**



Samochody elektryczne

Baterie Li-ion – dynamiczny rozwój, ale duże ograniczenia

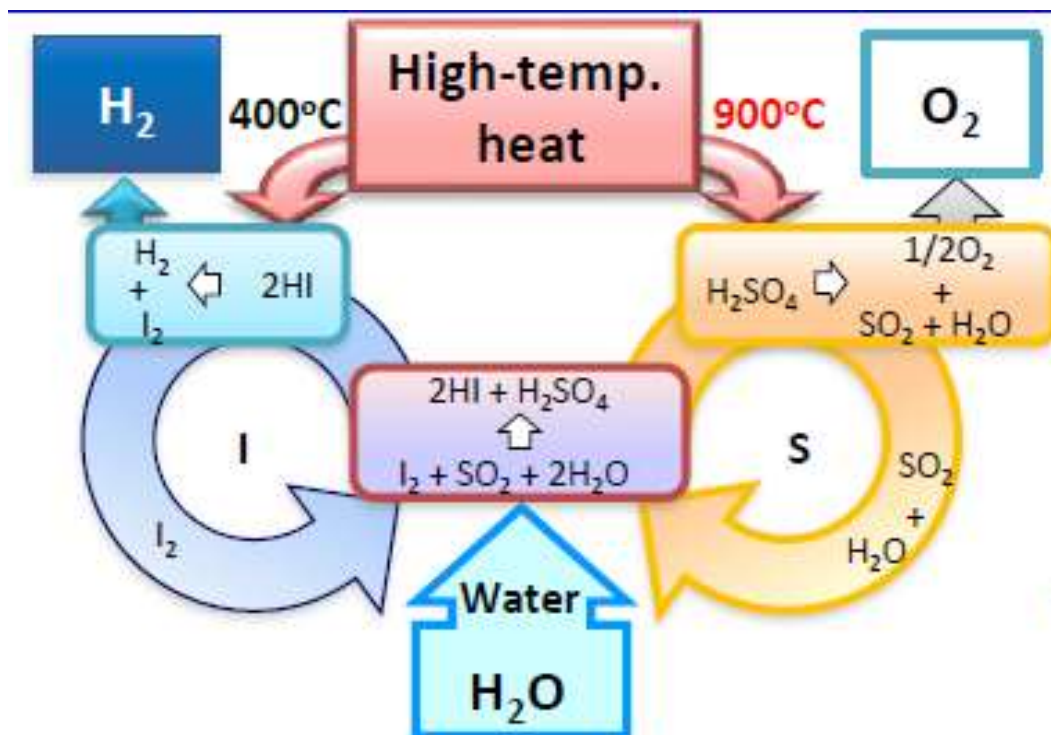
- Długi czas ładowania
- Problem z dostarczeniem mocy do dużych osiedli
- Pik obciążenia po powrotach z pracy
- Ograniczone zasoby litu
- Ograniczony czas użytkowania, nierozwiązany problem utylizacji

Ogniwa paliwowe – wiele zalet, ale drogie paliwo

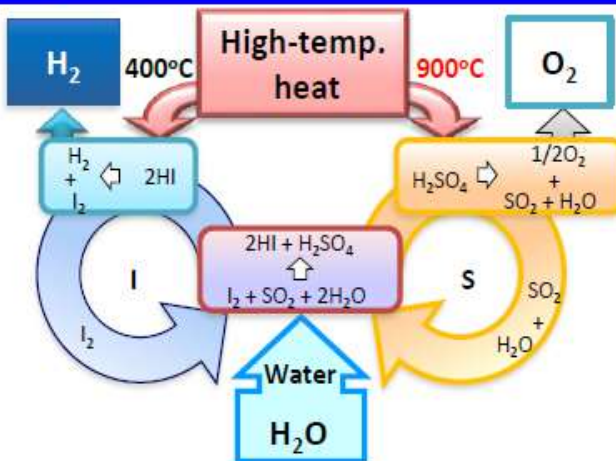
- Duży zasięg, wykorzystanie sieci stacji benzynowych
- Duża trwałość ogniw
- Toyota Mirai, Hyundai Nexa, Honda Clarity, Ursus Lublin w sklepach
- >100 stacji H₂ w Japonii, 11 w Korei, 26 w USA, 30 w Niemczech
- Nissan pracuje nad ogniwem na wódkę (55% C₂H₅OH + 45% H₂O).
- **Produkcja H₂ bardzo energochłonna – wysoki koszt**
 - Zastosowanie HTGR może przełamać barierę ekonomiczną

Produkcja wodoru

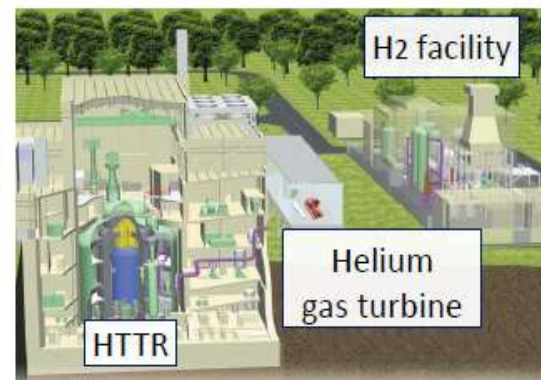
- Termoliza (rozpad na H_2 i O_2) zachodzi w $T > 2500^\circ\text{C}$
- Elektroliza możliwa $< 100^\circ\text{C}$, ale efektywniejsza w 600°C
- Reforming parowy wymaga $T > 700^\circ\text{C}$
- JAEA proponuje cykl siarkowo-jodowy w 900°C



Commercial use



- Below 900°C using chemical reactions of iodine (I) and sulfur (S)
- I and S circulate in the process (No emission of harmful chemicals)
- Drive with HTGR (No CO₂ emission)



Technology transfer to private companies

Present

HTTR-GT/H₂ test

Industrial material component test

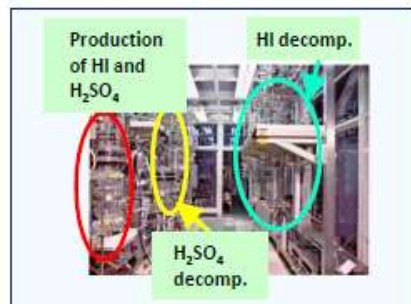
Last week 150 hours operation was succeeded



H₂ production test facility

- Verification of integrity of components and stability of hydrogen production
- Development of strength evaluation methodology for ceramic components

Demonstration of one-week continuous hydrogen production by glass apparatus (0.03 m³/h-H₂)



Elemental technologies

Bench-scale test

Lab-scale test

Uncovering an closed-cycle continuous operation condition (0.001 m³/h-H₂)

2000



H₂SO₄ reactor



HI reactor



Bunsen reactor

Integrity of key components in the IS process environment (corrosion resistance, heat resistance)

Program HTGR dla Polski

Impuls dla gospodarki będzie tym silniejszy, im więcej intelektualnej wartości dodanej przyniosą projekty.

- Dlatego trzeba poszukiwać nowych technologii i nowych obszarów zastosowań.

Podwójny cel programu:

- **Zaadresowanie przewidywanych potrzeb gospodarki**
 - produkcja ciepła przemysłowego
 - elektrociepłownie
 - produkcja wodoru
- **Rozwój rodzimych kompetencji, technologii i produktów**
 - komponenty reaktorów, obliczenia i analizy, B+R

Korzyści z wdrożenia HTGR w Polsce

Zmniejszenie zależności gospodarki od importu paliw.

HTGR jest jedyną alternatywą dla paliw kopalnych przy produkcji ciepła. Polski przemysł (ze względu na swoją energochłonność) jest wrażliwy na ewentualne przerwy w dostawach oraz poziom cen surowców. Produkcja ciepła w reaktorach HTGR pozwoliłaby zmniejszyć uzależnienie polskiej gospodarki od importu gazu oraz zapewniłaby większą przewidywalność i kontrolę nad poziomem cen ciepła systemowego.

Zwiększenie odporności przemysłu na nowe regulacje środowiskowe,

w tym w zakresie CO₂ czy śladu węglowego produktów. Wytwarzanie ciepła systemowego w oparciu o węgiel powoduje, że systematycznie zaostrzanie wymagań środowiskowych przez UE oraz możliwy w przyszłości wzrost cen uprawnień do emisji CO₂ będzie stawiał polskie podmioty w gorszej pozycji niż konkurentów z innych państw.

Impuls dla wzrostu gospodarczego opartego o rozwój produktów o wyższej wartości dodanej.

Wdrażanie dużego, ambitnego projektu o charakterze naukowo-infrastrukturalnym uruchomi szereg interakcji w całej gospodarce i stanie się jednym z kół zamachowych reindustrializacji.

Wartość dodana dla projektu dużych elektrowni jądrowej.

Rozwój HTGR będzie wiązał się z budową potencjału w zakresie energetyki jądrowej zarówno po stronie instytutów, jak i przemysłu. Pozwoli na podniesienie poziomu kadr oraz stworzy szanse rozwoju dla poddostawców komponentów dla energetyki jądrowej, co zaprocentuje przy budowie dużych bloków jądrowych.

Zwiększenie polskiego potencjału w obszarze eksportu technologii energetycznych.

Reaktor HTGR ze względu na bardzo wysokie standardy bezpieczeństwa, relatywnie nieduży rozmiar oraz wielorakość potencjalnych zastosowań w sposób naturalny stanie się towarem eksportowym.

HTGR w strategiach rządowych



„Strategia na rzecz odpowiedzialnego rozwoju” (2017.02)

Przygotowanie, przy wykorzystaniu polskiego potencjału przemysłowego i naukowego, wdrożeń wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych HTR do produkcji ciepła przemysłowego w skojarzeniu oraz wsparcie polskich badań i rozwoju materiałów dla IV generacji reaktorów.

„Polityka Energetyczna Polski do 2040r.” (projekt 2018.11)

"W dalszej perspektywie możliwe jest także wykorzystanie małych reaktorów wysokotemperaturowych (HTR, ang. High Temperature Reactor), które mogą mieć zastosowanie przede wszystkim w przemyśle." (str.39)

„Krajowe Inteligentne Specjalizacje” (KIS) (aktualizacja 2018.12)

- Opracowanie i wdrożenie technologii wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych do produkcji ciepła przemysłowego.
- Wytwarzanie ciepła procesowego dla przemysłu i kogeneracji przy użyciu wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych.

„Polska Mapa Drogowa Infrastruktur Badawczych” (wniosek złożony 2018)

European High Temperature Experimental Reactor (EUHTER)

Zespół Ministra Energii ds. HTR

13.07.2016 Minister Energii powołał „Zespół ds. analizy i przygotowania warunków do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych (HTR)”.

Przewodniczący: G.Wrochna

Członkowie reprezentowali:

- Naukę: NCBJ, Uniw. Szczeciński
- Firmy inżynierskie: Energoprojekt, Prochem
- Odbiorców ciepła: Azoty, Orlen, Enea, Tauron, KGHM

Współpracowali przedstawiciele: PAA , NCBR, PKO BP

Raport w 2018.01 na www.me.gov.pl

- Dokonano oceny potrzeb krajowych i eksportowych
- Zarekomendowano technologię HTGR i parametry reaktora
- Oszacowano koszty i korzyści ekonomiczne
- Zidentyfikowano potencjalne bariery i ryzyka
- Zaproponowano plan wdrażania



Zespół Ministra Energii ds. HTR

Konkluzje Zespołu zbieżne z konkluzjami ekspertów międzynarodowych:

- **SNETP** - Sustainable Nuclear Energy Technology Platform „Deployment Strategy”, 2015, www.snetp.eu/publications
- **OECD Nuclear Energy Agency** „Nuclear Innovations 2050”, www.oecd-neo.org/ndd/ni2050
- **IAEA** - International Atomic Energy Agency “Industrial Applications of Nuclear Energy”, IAEA Nuclear Energy Series No. NP-T-4.3, 2017.
- **Rząd Wielkiej Brytanii**: “Small Modular Reactors: Techno-Economic Assessment”, 2017 www.gov.uk/government/publications/small-modular-reactors-techno-economic-assessment

Nuclear Energy Agency

Nuclear Innovations 2050

SCOPE

2015 (375GWe)

2030

2050(930 GWe)

2100

REACTOR

GENII LTO AGEING

GENIII NEW BUILD

GENIV SFR/FR/SC

GENIV VHTR/GFR/MSR

SMR (ia HTGR) DEMO

FUEL/ FUEL CYCLE

ATF AND FUEL EFFICIENCY

FNR FUEL

MA FUEL

SMR/CPF

AQUAEUS/PYRO

MULTI/P&T(ia ADS)

WASTE/ DECOM

DECOMMISSIONING

EXTEND STORE

GEOLOGICAL DISPOSAL

EMRGNG ENERGY SYSTEMS

FLEXIBILITY IN ELECTRICITY

WIDER APPLICATIONS OF NUCLEAR ENERGY

CROSS C

Timeline is for technology readiness (for commercial deployment)

Deployment Strategy
2015

SNETP
Advanced Nuclear Energy
Transition System

Deployment
Strategy



OECD NEA i SNETP postrzegają HTGR
jako technologię najbliższą wdrożeniu po LWR

Technologia HTGR wszechstronnie sprawdzona, ale nie dostępna komercyjnie. Wdrożenie na skalę przemysłową byłby przełomem w energetyce światowej.

► Test reactors



DRAGON, U.K.
20 MW
1963-76



Peach Bottom, US
200 MWth
1967-74



AVR, Germany
15 MWe
1967-88



HTR-10, China
10 MWth
since 2000



HTTR, Japan
30 MWth
since 1998

► Industrial prototypes



Fort Saint-Vrain, US
300 MWe
1976-89



THTR, Germany
300 MWe
1986-89



HTR-PM, China
2 x 106 MWe
2019? 20

Reaktor eksperymentalny 10 MW_{th} w Świerku

- Projekt HTGR, ze względu na swoją złożoność może napotkać opóźnienia we wdrażaniu, tym bardziej, że obecne przepisy oraz procedury licencjonowania przystosowane są do reaktorów wodnych.
- W tej sytuacji, najlepszym sposobem na mitygację ryzyka w realizacji projektu HTGR jest budowa europejskiego reaktora eksperymentalnego małej mocy. Umożliwiłoby to podbudowanie analiz bezpieczeństwa dużego HTGR bezpośrednimi pomiarami oraz symulacjami walidowanymi na małym reaktorze. Prace nad takim reaktorem byłyby też znakomitym polem przygotowania kadr i łańcucha dostaw do dużych reaktorów.
- Wieloletni program badawczy reaktora obejmowałby m.in.
 - badanie starzenia się materiałów poddawanych promieniowaniu, wysokiej temperaturze i dużej prędkości przepływu helu,
 - eksperymentalne wsparcie rozwoju oprogramowania do obliczeń i symulacji reaktorów HTGR,
 - testy nowych rozwiązań technologicznych, w szczególności nowych rodzajów paliwa.
- Harmonogram: projekt 2018-20, zgody 2020-21, budowa 2022-25

Koszt projektowania i budowy HTGR

- Koszt zaprojektowania i licencji ogólnej: ~500 mln zł
 - Praktycznie nie zależy od mocy reaktora
- Koszt budowy obliczono skalując koszty większych modeli do 165 MW_{th}:

Moc oryginalna [MW _{th}]	600	2×250	350	165
Typ	blokowy pryzmatyczny			kulowy
Koszt 165 MW _{th} [Mzł]	2500	1900	1750	1550

- Koszt HTGR blokowego powinien być 5-10% niższy niż kulowego
- Zmniejszenie mocy spowoduje przekroczenie barier technologicznych skokowo obniżając koszt
 - np. zbiornik wykonany w całości w hucie (walcowany)
- Do analiz ekonomicznych przyjęto wariant środkowy, bliski 2000 mln zł
 - Rozrzut ±500 mln zł jest miarą niepewności oszacowania
- Koszt budowy zawiera 10% kosztu projektowania

Opłacalność ekonomiczna

Porównano koszt pary 540°C, 13.8 MPa z kotłów na gaz, węgiel i HTGR 165 MW_{th}, 230 t/h. Przyjęto aktualne ceny paliw, 60 lat pracy, a dla HTGR - 15 dni przestoju w roku, 80% wykorzystania mocy, koszt projektowania rozłożony na 10 sztuk. Największe niewiadome to dostępność i cena gazu, opłaty za CO₂, oraz koszt pieniądza.

	koszt pary LCOE zł/GJ				F-NPV Mzł		E-NPV Mzł	
	8%		4%		8%	4%	8%	4%
Koszt pieniądza	8%		4%		8%	4%	8%	4%
Cena emisji tony CO ₂	20€	50€	20€	50€	50€		50€	
Kocioł węglowy OP-230	27	37	25	35	158	619	-91	-119
Kocioł gazowy OG-230	37	43	36	42	20	144	4	98
HTGR 165 MW	55	55	36	36	-268	538	-268	538

Dla stopy 4% koszt pary z HTGR ≈ z gazu, nieco większy niż z węgla
 Niepewności powodują, że decyzja o uruchomieniu programu powinna
 uwzględniać pełną analizę ryzyk, a nie tylko wskaźniki ekonomiczne.

Dlaczego HTGR nie są powszechne?

Technologia HTGR jest znana od >30 lat.

Dlaczego do dziś nie została wdrożona do powszechnego użytku?

- **Tradycyjny model biznesowy:**
 - Kontrakt między Dostawcą Technologii (vendor) i Firmą Energetyczną (utility)
 - Dostawca był (prawie) pewien, że znajdzie się odbiorca
 - Firma energetyczna nie bała się zamówić reaktora podobnego do sprawdzonych
- **Dla HTGR mamy błędne koło typu „jajko czy kura”**
 - Dostawców nie stać na zainwestowanie w projekt nie mając odbiorcy
 - Żadna firma nie zamówi reaktora, który jest nowatorski, a jego projekt jeszcze nie powstał
 - **Blokadą jest więc zbyt duży poziom ryzyka po stronie i dostawcy i odbiorcy**
- **Rozwiązanie: redukcja ryzyk – odbiorca=dostawca**
 - Rozłożenia ryzyka i kosztów między kilku odbiorców
 - **Faktoryzacja ryzyk poprzez podział projektu na fazę projektową i inwestycyjną**
 - Odroczenie decyzji inwestycyjnych (CAPEX) o ~5 lat do momentu zaprojektowania reaktora
 - **Finansowanie projektowania ze środków B+R (OPEX)**
 - Współfinansowanie projektowania ze środków publicznych
 - **Projektowanie pod kontrolą odbiorców**

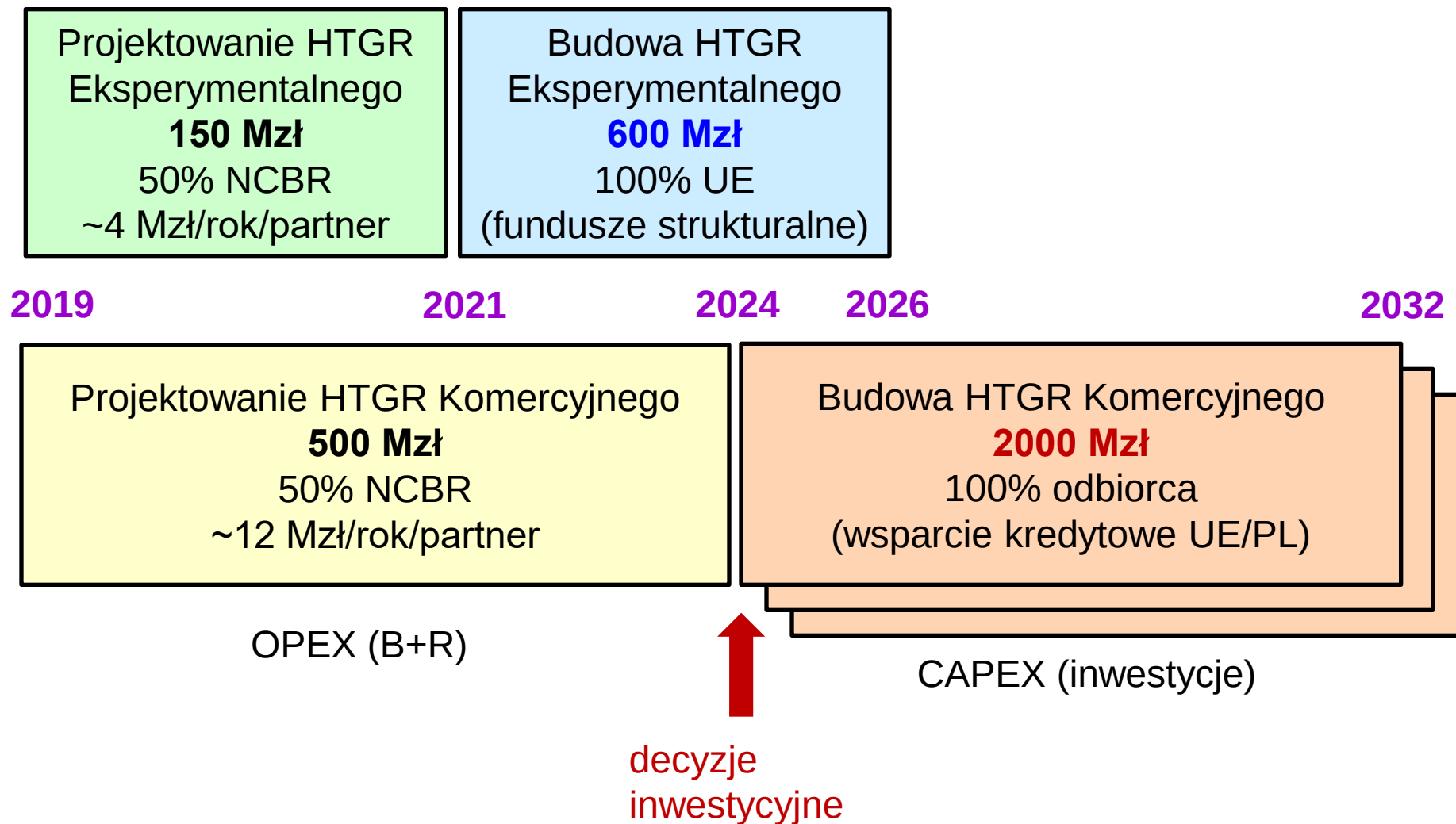
Punkt widzenia odbiorców

- Firmy energetyczne i chemiczne do produkcji pary wykorzystują dziś kotły węglowe i gazowe
- W latach 2030-50 duża ich część musi być wymieniona
- Na co wymienić? Co będzie bardziej opłacalne i mniej ryzykowne?
 - Węgiel i gaz
 - Duża niepewność cen i kosztów emisji CO₂ (20-75€/t)
 - Ryzyko wyczerpania zasobów krajowych węgla
 - Ryzyko polityczne przerwania/redukcji dostaw gazu
 - Reaktory jądrowe HTGR
 - Ryzyko technologiczne – brak gotowego projektu
 - Niepewność kosztu „overnight” reaktora (2,0±0,6 mld zł / 165 MW_{th})
 - Bardzo silna zależność opłacalności od kosztu pieniądza
- Kiedy podjąć decyzję inwestycyjną?
 - Gaz/węgiel: decyzja 4-6 lat przed uruchomieniem
 - Ale jeśli chcemy mieć możliwość opcji HTGR, trzeba ruszyć dziś
 - Dziś nie sposób jednak rozstrzygnąć, która technologia będzie najlepsza

Zmiana perspektywy odbiorców

- **Podział programu HTGR na fazę projektową i inwestycyjną przesunęła decyzję inwestycyjną o >5 lat.**
 - Znacznie zmniejsza to niepewność ekstrapolacji cen paliw i emisji CO₂
 - Znany jest projekt i koszt HTGR
- **Projektowanie przez CNP/spółkę kontrolowaną przez odbiorców zapewnia:**
 - zgodność z zapotrzebowaniem
 - zaufanie odbiorców do projektu
- **Współfinansowanie przez kilku odbiorców zapewnia:**
 - podział kosztów i możliwość ich pokrycia z budżetów B+R
- **Dofinansowanie ze środków publicznych zapewnia:**
 - zmniejszenie wkładu odbiorców
 - większe bezpieczeństwo decyzyjne

Koszty programu HTGR



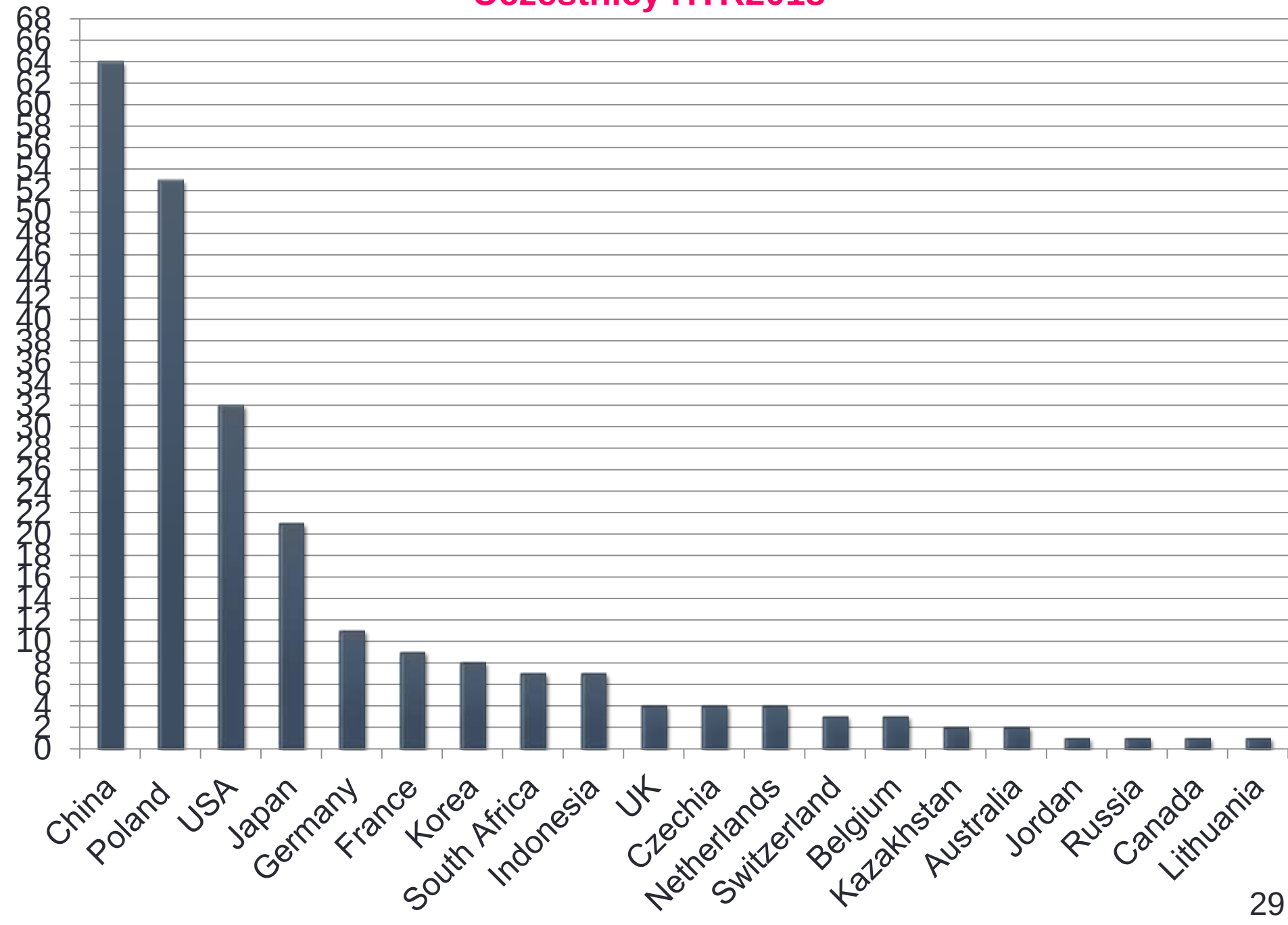
Założono 4 partnerów przemysłowych



- 2018.10 NCBJ organizował konferencję HTR2018
- Światowa konferencja HTR, co 2 lata inny kontynent
- 220 uczestników, 150 artykułów i prezentacji
- Szef OECD NEA, 2 wiceministrów, ministerstwa UK, JP



Uczestnicy HTR2018



Współpraca międzynarodowa

- Polska przewodzi europejskiej **Nuclear Cogeneration Industrial Initiative (NC2I)** – części jądrowej platformy technologicznej SNETP (www.nc2i.eu)
- Inicjatywa **Gemini**: MoU NC2I z US NGNP Industrial Alliance (Areva Inc, Atkins, Southern, SGL Carbon, Fluor, ...)
- Projekt Euratom **Gemini+** = Gemini + Japonia + Korea
 - Sieć skupiająca większość ekspertów HTGR na świecie (bez Chin), 4M€
- LoI/NDA NCBJ z **U-battery** (Urenco, AMEC FM, ...)
- LoI/NDA NCBJ z **X-energy** (USA)
- LoI/NDA NCBJ z **Japanese Atomic Energy Agency**
- **V4G4**: stowarzyszenie instytutów jądrowych
 - CZ+H+PL+SK, projekt reaktora Allegro (prędkie, chłodzony He)
- Regularne rozmowy PL ME i NCBJ z US DoE, UK DECC/BEIS, FR CEA ..., JP MEXT

Nuclear Cogeneration Industrial Initiative

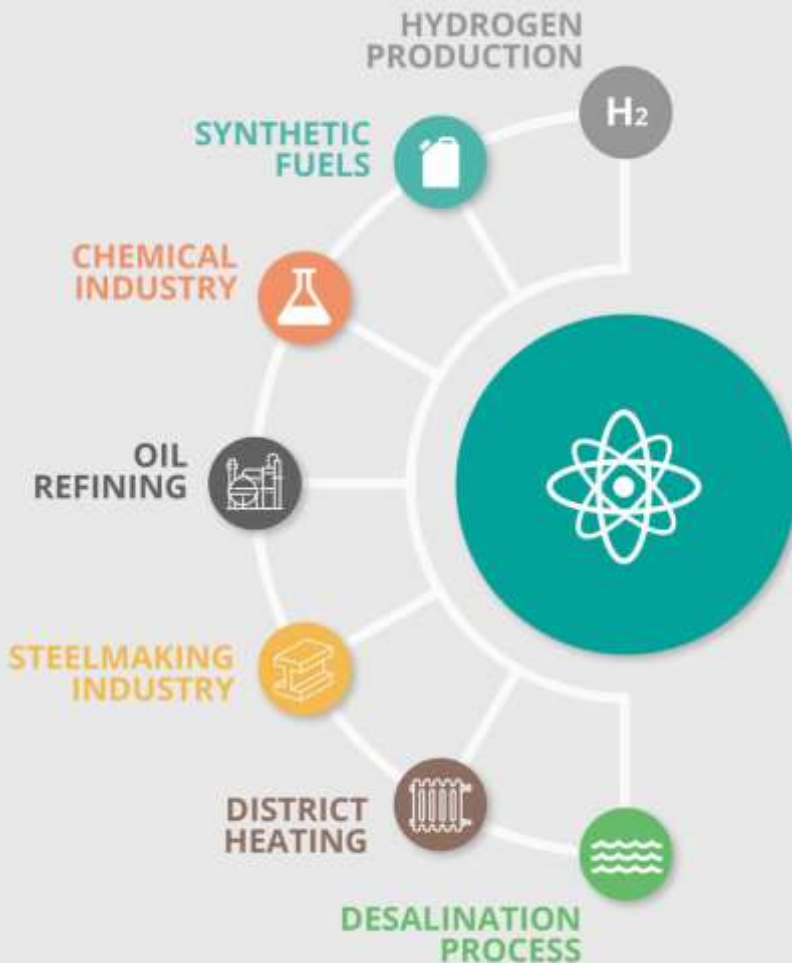
- Part of Sustainable Nuclear Energy Technology Platform

www.nc2i.eu



Mission:

Contribute to clean & competitive energy beyond electricity by facilitating deployment of nuclear cogeneration plants



GEMINI - partnership of EU NC2I with US „Next Generation Nuclear Plant” Industrial Alliance

Common initiative: Gemini+ project





No	Organisation	Type of organisation	Country
1	NCBJ	Research organisation	PL
2	AFW	Commercial in Confidence	UK
3	AREVA-G	Industry	DE
4	AREVA Inc	Industry	US
5	BrivaTech	SME	DE
6	CVRez	Research organisation	CZ
7	Empresarios Agrupados	Private Company	ES
8	Energoprojekt-Warszawa	SME	PL
9	FORTUM	Energy Utility	FI
10	IRSN	Research organisation	FR
11	JAEA	Research Organisation	JP
12	JRC	Research organisation	NL
13	LEI	Research organisation	LT
14	LGI	SME	FR
15	NGNP Alliance	Industry	US
16	NRG	Research organisation	NL
17	PROCHEM	Private Company	PL
18	Siempelkamp	SME	DE
19	TUD	University	DE
20	TÜV-R	Private Company	DE
21	UJV	Private company	CZ
22	USNC-EU	SME	FR
23	KAERI	Research organisation	KR
24	TAURON	Private company	PL
25	NAMRC/USFD	University	UK
26	NUCLIC	SME	NL
27	Baaten Energy Consulting	SME	NL



**The only SMR project winning the Euratom 2017 call
4M€/3y. 27 partners from EU, US, Korea, Japan**

- Gather a European & international partnership to support demonstration programme of industrial nuclear cogeneration (starting from Poland)
- Define jointly the main design options of the industrial system to enable deployment in Europe & overseas
- Support development a licensing framework for HTGR systems coupled with industrial applications
- Prepare conditions (site, supply chain, design data needs, business model, knowledge management, training of teams for the project) for making the demonstration programme a success

Gemini+: najtrudniejsze wyzwania

- **Jak przełamać „ekonomię skali”?**
 - **kogeneracja** (wykorzystanie ~100% energii)
 - **duży rynek** (PL: 10-20, EU: 100-200, świat >1000)
 - **SMR: produkcja w fabryce** (zamiast budowy na placu)
- **Reaktor musi być uniwersalny**
 - **Ten sam projekt do różnych zastosowań**
 - para dla zastosowań przemysłowych
 - Kogeneracja: turbina + sieć ciepłownicza
 - ???
 - **Odizolowanie od instalacji odbiorczych**
 - cokolwiek się tam stanie, nie może mieć wpływu na reaktor

Projekt Gospostrateg-HTR

Cel:

- **Przygotowanie instrumentów prawnych, organizacyjnych i technicznych do wdrażania reaktorów HTR**

Konsorcjum:

- **Ministerstwo Energii, IChTJ, NCBJ**

Finansowanie:

- **18 mln zł NCBR + 3 mln zł NCBJ**

Czas:

- **2018.02-2021.02**

Gospostrateg-HTR

Ministerstwo Energii, Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej

Faza A – faza badawcza

Zad. 1. Opracowanie metod diagnostyki materiałów strukturalnych w konstrukcji reaktora HTR (NCBJ);

Zad. 2. Opracowanie metod testowania materiałów strukturalnych w reaktorze jądrowym i wykonanie wyposażenia do testów w rdzeniu (NCBJ);

Zad 3. Badania i analiza wybranych chemicznych aspektów wytwarzania oraz stosowania paliwa TRISO w reaktorze jądrowym HTR (ICHTJ);

Zad. 4. Kompleksowa analiza koniecznych zmian środowiska prawnego oraz potencjalnych korzyści społecznych i ekonomiczno-przemysłowych dla polskiej gospodarki (ME, NCBJ).

Faza B – faza przygotowań wyników

Zad. 5. Przygotowanie procesu licencjonowania reaktorów HTR na przykładzie reaktora badawczego (ME, NCBJ, ICHTJ);

Zad. 6. Przygotowanie projektu regulacji prawnych dla realizacji inwestycji HTR; wypracowanie strategii w zakresie aspektów społecznych i ekonomiczno-przemysłowych projektu; (ME, NCBJ, ICHTJ);

Zad 7. Pilotaż procedur testów wykorzystania materiałów konstrukcyjnych na potrzeby projektu reaktora HTR, w tym testy w rdzeniu reaktora Maria (NCBJ);

Zad. 8. Przygotowanie założeń techniczno-ekonomicznych budowy instalacji do produkcji paliwa do reaktorów wysoko-temperaturowych (ICHTJ).

Największy program gospodarczy od 100 lat?

Program HTGR ma gigantyczny potencjał przełożenia zdobyczy nauki na korzyści gospodarcze:

- ❑ Zwiększenie konkurencyjności przemysłu w Polsce
- ❑ Uodpornienie gospodarki na regulacje emisyjne i redukcja zależności od importu
- ❑ Ogromny potencjał eksportowy
- ❑ Stworzenie nowej gałęzi gospodarki o dużej wartości dodanej (technologie jądrowe)
- ❑ Zaangażowanie nauki i przemysłu