

Symposium NCBJ 2016

Wysokotemperaturowe reaktory jądrowe szansą dla NCBJ i dla polskiej gospodarki

Grzegorz Wrochna

Narodowe Centrum Badań Jądrowych

g.wrochna@ncbj.gov.pl

Nuclear Cogeneration Industrial Initiative
Sustainable Nuclear Energy Technology Platform

Jądrowa Mapa Drogowa

Każda duża inwestycja przemysłowa lub infrastrukturalna może rozwinąć nową gałąź gospodarki, jeśli zainwestuje się kilka % wartości inwestycji w projekty badawcze i rozwojowe.

Przykłady „jądrowe”:

- Budowa EJ w Żarnowcu: reaktor Maria w Świerku
 - Dziś 18% rynku światowego radioizotopu ^{99}Mo , eksport radioizotopów do 80 krajów, sprzedaż licencji do Japonii.
- Budowa EJ w Wielkiej Brytanii: rozwój SMR
 - Rząd chce odzyskać pozycję producenta reaktorów i ogłosił konkurs na Małe Reaktory Modułowe

Jądrowa Mapa Drogowa

Program Polskiej Energetyki Jądrowej także stanowi szansę dla rozwoju nowych technologii, poprzez stowarzyszone projekty badawcze i rozwojowe.

Podwójny cel projektów:

- Zaadresowanie przewidywanych potrzeb gospodarki (np. energia cieplna dla przemysłu).
- Rozwój rodzimych kompetencji, technologii i produktów (np. komponenty i nowe typy reaktorów).

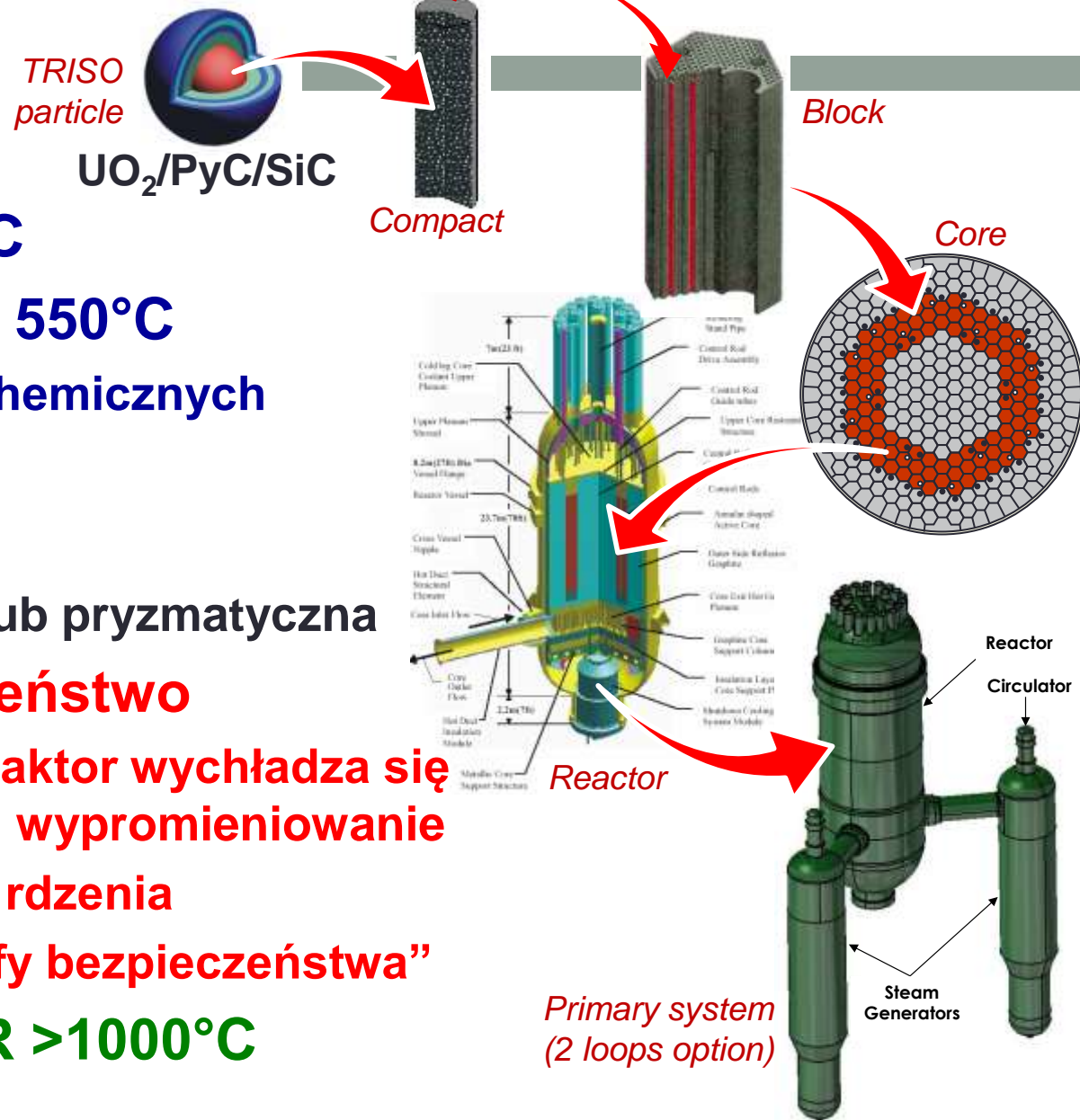
Impuls dla gospodarki będzie tym silniejszy, im więcej intelektualnej wartości dodanej przyniosą projekty.

- Dlatego trzeba poszukiwać nowych technologii i nowych obszarów zastosowań.

Jądrowa Mapa Drogowa

- W zakresie produkcji energii elektrycznej rynek zdominowały wielkie (~1000 MWe) reaktory lekkowodne (LWR).
 - Duża konkurencja na rynku
 - 5 dostawców zadeklarowało udział w polskim przetargu
 - Chiny i Rosja aktywne na innych rynkach
- Rynek energii cieplnej dzisiaj w 100% zdominowany przez paliwa kopalne.
 - Olbrzymi potencjał dla reaktorów jądrowych
 - Obecnie zaadresowany jedynie w zakresie LWR, czyli $T < 250^{\circ}\text{C}$.
 - Sieci ciepłownicze, odsalanie wody, ...
- Potrzeba nowych technologii
 - HTGR (High Temperature Gas Reactor) $\sim 600^{\circ}\text{C}$
 - VHTR (Very HTR), DFR (Dual Fluid Reactor) $\sim 1000^{\circ}\text{C}$

High T Gas-cooled Reactor (HTGR)



- **Chłodziwo: hel 700°C**
- **Obwód wtórny: para 550°C**
 - typowa w zakładach chemicznych
- **Paliwo TRISO**
 - Wytrzymuje > 1600°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**

The Dual Fluid Reactor

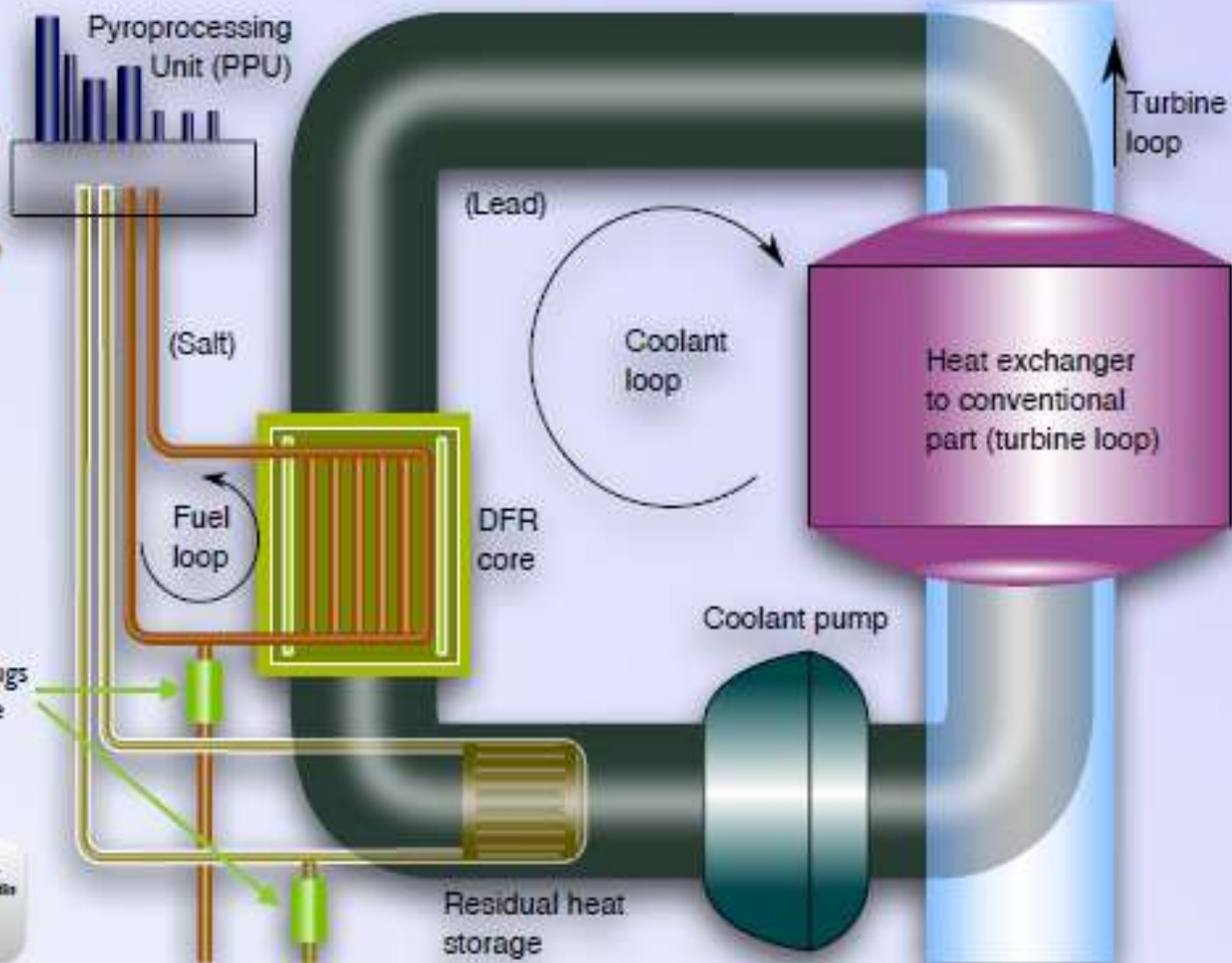
A concept beyond Generation IV

- Natural Uranium
- Depleted Uranium
- Thorium
- Used fuel elements



- Fission products
- Med. radioisotopes
- Fissile material

Melting fuse plugs
= run-away safe



International patent protection
for the Dual Fluid principle since
Sep. 2011

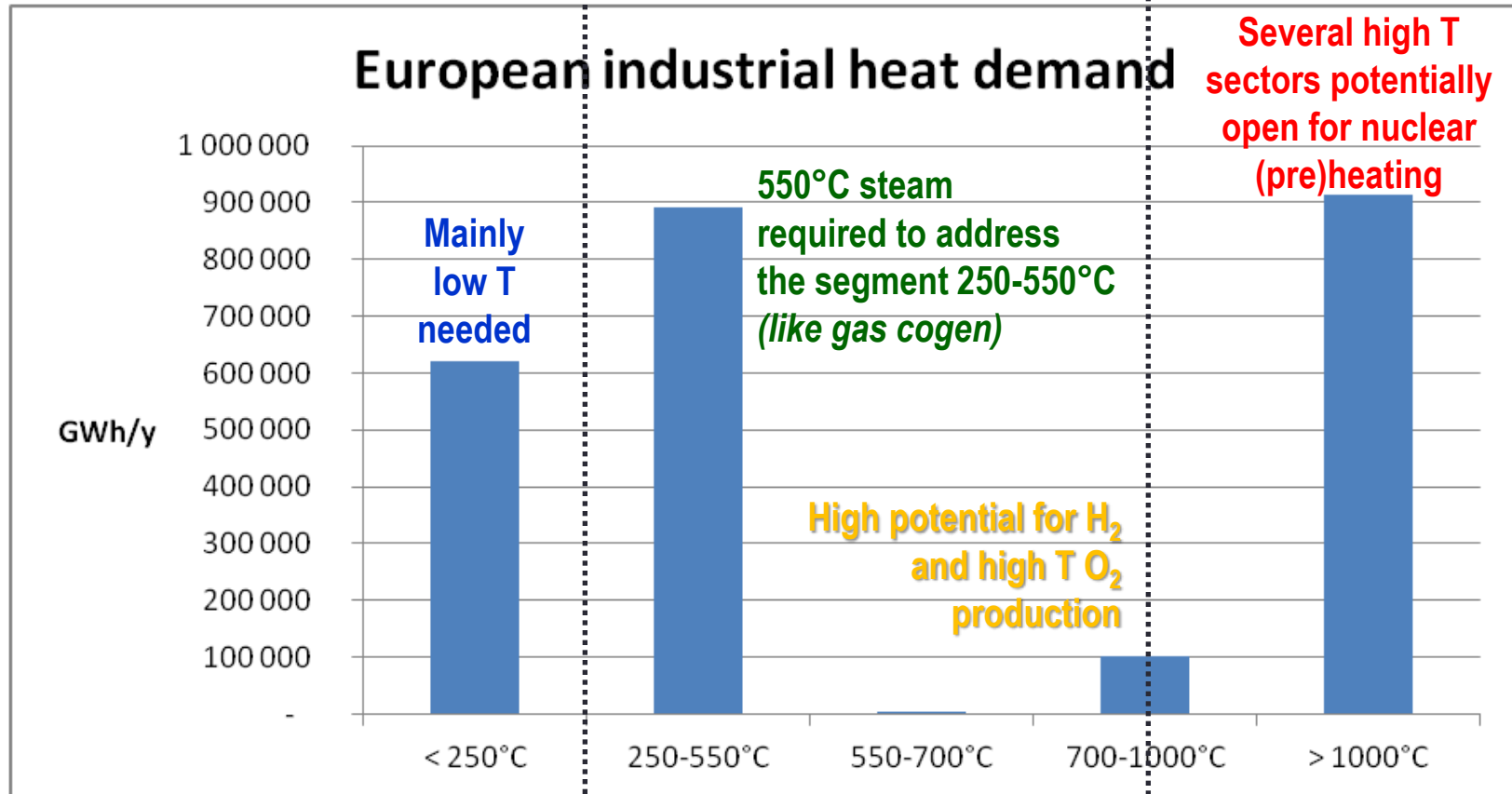


Zapotrzebowanie na ciepło

LWR, FBR
District heating, pulp & paper, desalination

HTGR
Chemicals, refining, H₂, steelmaking, soda ash, lime, glassmaking, industrial gases, etc.

VHTR, DFR



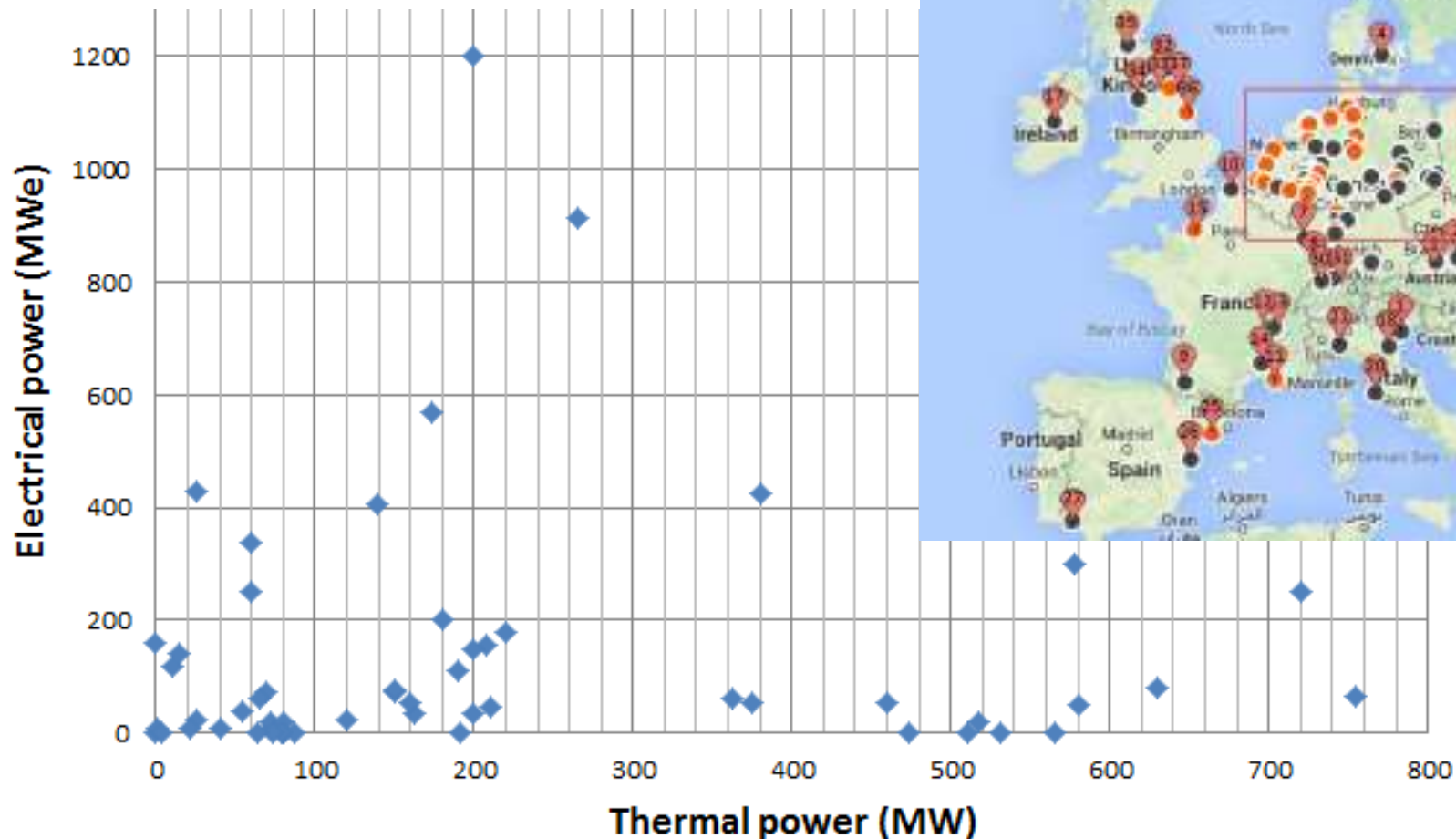
Reactors mature + experience in cogen

Proven reactor technology, high potential for cogen

Long-term

Potencjalni odbiorcy ciepła z HTGR

- Próbką >130 zakładów w UE
- Głównie zakłady chemiczne



Zapotrzebowanie w PL

- 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



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 Moszczicach S.A.	4	430
MICHELIN POLSKA S.A.	9	384
PCC Rokita SA	7	368
MONDI ŚWIECIE S.A.	3	313

Jądrowa Mapa Drogowa

Projekt inwestycyjny: energia elektryczna

- 6000 MW_e, reaktory LWR 1000-1600 MW_e
- gotowe reaktory na rynku

Projekt wdrożeniowy: kogeneracja, para ~500-550°C

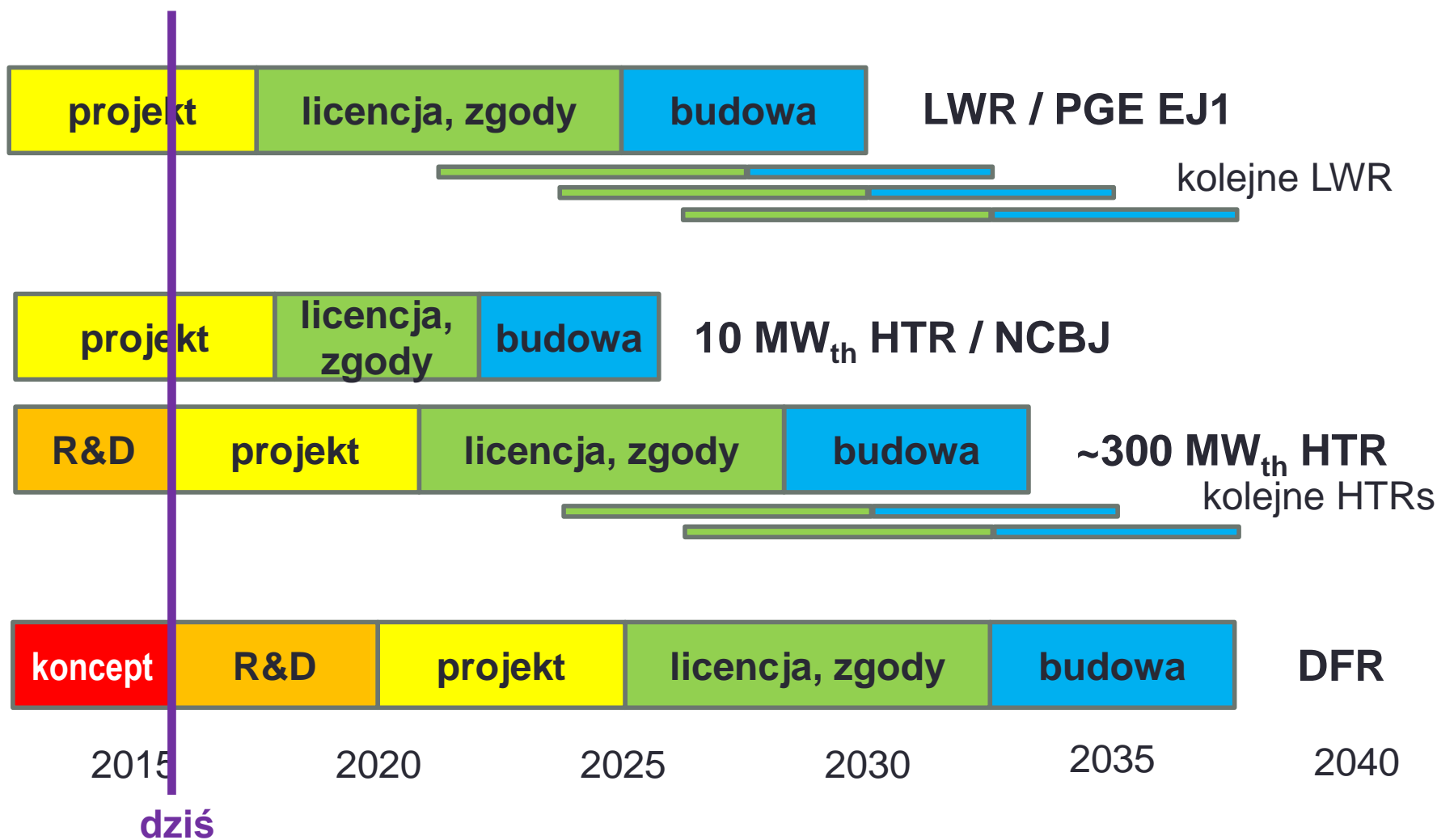
- HTR (High Temperature Reactors) 200-350 MW_{th}
- sprawdzona technologia, trzeba zaprojektować reaktor

Projekt badawczy: ciepło przemysłowe >1000°C

- DFR (Dual Fluid Reactors) ~1000 MW_{th}
- faza koncepcyjna, potrzebne R&D

Jądrowa Mapa Drogowa

Orientacyjny harmonogram budowy reaktorów różnych typów w Polsce



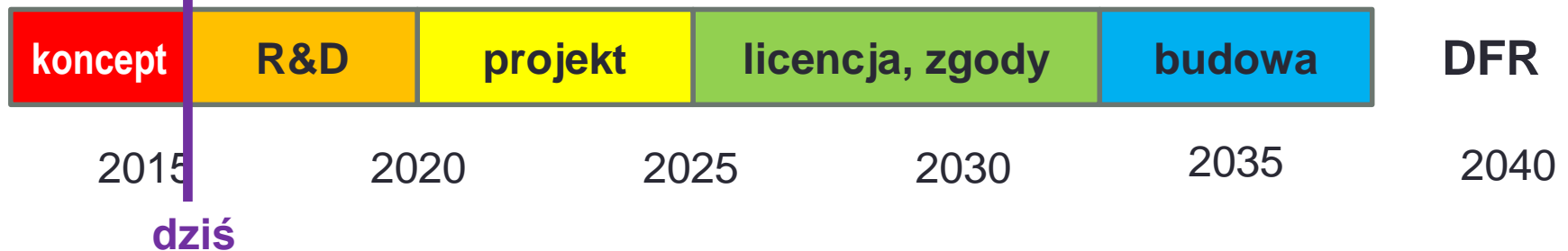
DFR

Małe ryzyko inwestycyjne
Wyniki przydatne dla przemysłu
chemicznego niezależnie
od przydatności dla DFR

Instalacja badawcza w Świerku
Grant NCBR + przemysł?

60 Mzł

Dalsze decyzje
zależne od wyników R&D



10 MW_{th} HTR @ NCBJ

Małe ryzyko inwestycyjne
Możliwość zwrotu nawet
przy braku budowy w Polsce

Decyzja: 12.2018
polityczna: know-how w Polsce
biznesowa: przyspieszenie dużego HTR

20 Mzł z NCBR?
80 Mzł URENCO + ..

100 Mzł

Grant dla NCBJ

600 Mzł



10 MW_{th} HTR / NCBJ

Reaktor badawczy z turbiną 4 MW_e

- Eksperymenty i pomiary wspierające licencjonowanie HTR >100 MW_{th}
- Walidacja kodów obliczeniowych i symulacyjnych
- Badanie materiałów i komponentów
- Zdobywanie doświadczenia przez NCBJ, PAA, wykonawców

2015

2020

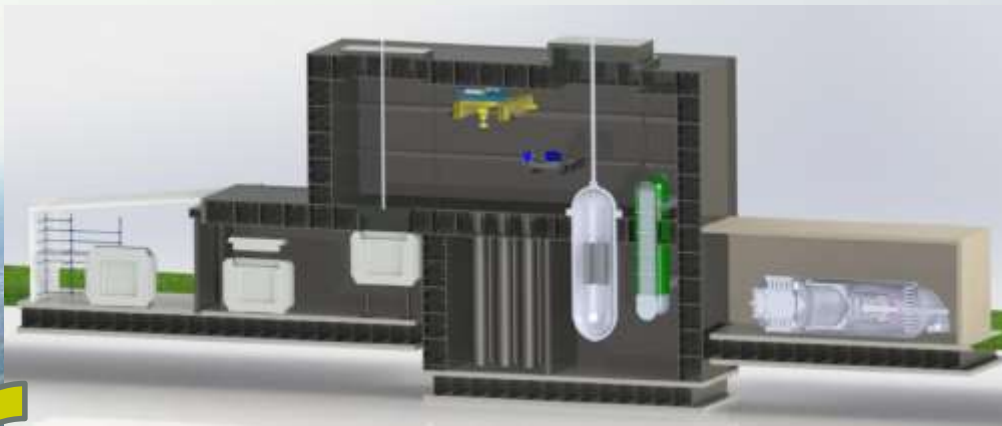
2025

2030

2035

2040

dziś



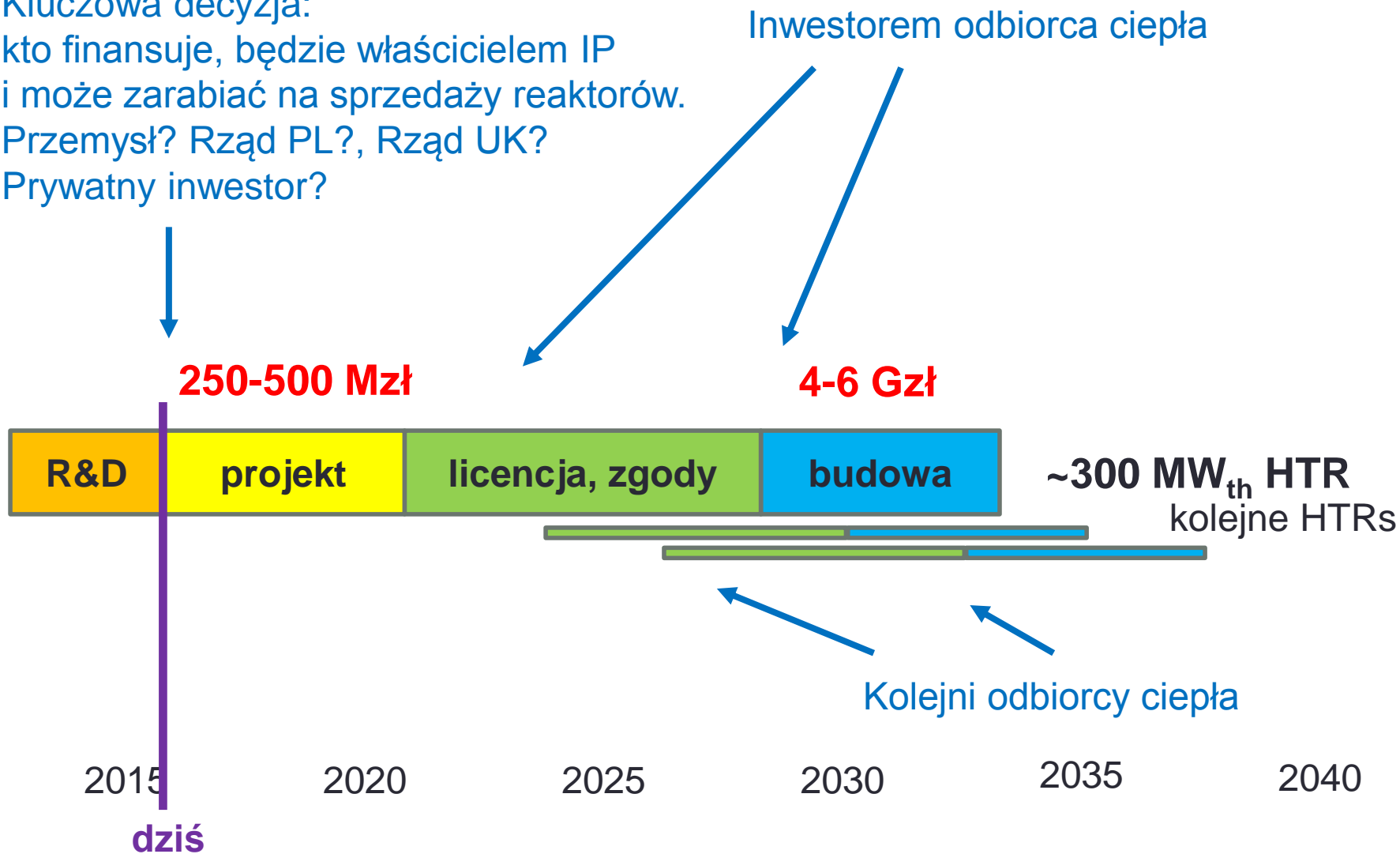
Reaktor MARIA



Narodowe Centrum Badań Jądrowych

~300 MW_{th} HTR

Kluczowa decyzja:
kto finansuje, będzie właścicielem IP
i może zarabiać na sprzedaży reaktorów.
Przemysł? Rząd PL?, Rząd UK?
Prywatny inwestor?



Projekt rządowy kogeneracji jądrowej

Minister Rozwoju 29.07.2016 opublikował projekt „Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju” (SOR).

Jednym z działań w obszarze energii jest:

Wdrożenie wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych HTR do produkcji ciepła przemysłowego

Na liście projektów służących realizacji SOR znalazł się projekt:

Kogeneracja jądrowa – przygotowanie do budowy pierwszego reaktora HTR o mocy termicznej 200-350 MW zasilającego instalację przemysłową w ciepło technologiczne

Wytycza to jednoznacznie kierunek prac Zespołu.

Zespół doradczy Ministra Energii

Minister Energii powołał Zespół ds. analizy i przygotowania warunków do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych zarządzeniem z dnia 13.07.2016

Zadania Zespołu:

1. Potrzeby polskiej gospodarki i potencjał eksportowy
2. Polskie możliwości projektowe i produkcyjne
3. Koszty i finansowanie
4. Prawo, licencjonowanie, zgody i pozwolenia
5. Współpraca międzynarodowa

Skład Zespołu HTR

Kamil Adamczyk, ME DEJ
Konrad Czerski, Uniwersytet Szczeciński
Sławomir Potemski, NCBJ
Marek Tarka, Prochem
Krzysztof Piotr Wilbik, Energoprojekt
Grzegorz Wrochna, NCBJ (przewodniczący)
Adam Żurek – Grupa Azoty S.A.

Przewidywane powiększenie Zespołu o przedstawiciela ME DIT

Osoby współpracujące z Zespołem:

- Małgorzata Świdorska, NCBR
- Marcin Dąbrowski, PAA
- Piotr Galas, Krystian Strabanik, PKO BP
- Zuzanna Nowak, NCBJ

Konsorcjum Gemini+

Euratom / H2020
Wniosek złożony wczoraj

NCBJ liderem

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	AZOTY	Private company	PL
25	NAMRC/USFD	University	UK
26	NUCLIC	SME	NL
27	Baaten Energy Consulting	SME	NL



Podział prac Gemini+

WP 1	Safety Approach and Licensing Framework
WP 2	Configuration for an industrial high temperature nuclear cogeneration system
WP 3	Innovation and long-term perspective
WP 4	Demonstration in Europe*
WP 5	Dissemination & Stakeholder Engagement
WP 6	Monitoring, Reporting & Management*



Struktura programu HTR

Zespół HTR :
wypracowanie warunków

NC2I / Euratom Gemini+:
przygotowanie merytoryczne

Projektowanie
10 MW_{th} HTR
20 Mzł

Budowa
10 MW_{th} HTR
600 Mzł

Projektowanie
~300 MW_{th} HTR
250-500 Mzł

Budowa
~300 MW_{th} HTR
4-6 Gzł

R&D DFR
60 Mzł

Struktura programu HTR

Zespół HTR :
wypracowanie warunków

- prace już bieżą

NC2I / Euratom Gemini+:
przygotowanie merytoryczne

- prace już bieżą,
złożony wniosek na 4M€, w tym 200k€ NCBJ

Projektowanie
10 MW_{th} HTR
20 Mzł

- można wystąpić o środki i rozpocząć
50% przemysł + 50% NCBR?

Projektowanie
~300 MW_{th} HTR
250-500 Mzł

- najtrudniejszy i kluczowy element

R&D DFR
60 Mzł

- można wystąpić o środki i rozpocząć
50% przemysł + 50% NCBR?

The HTRs built and operated in the world

► 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
2016?

Projektowanie HTR

- **Obecnie żadna firma (poza Chinami) nie ma zespołu zdolnego zaprojektować HTR**
 - Areva pogrążona w tarapatkach finansowych
 - AMEC wyraża zainteresowanie, udziela się w projekcie U-Battery
- **Technologia HTR nie jest już chroniona patentami**
- **Istnieje bardzo dużo wiedzy rozproszonej między małymi firmami (wiemy gdzie)**
- **Istnieje kilka gotowych projektów HTR, które można tanio kupić**
- **Na rynku jest wielu ekspertów, którzy kiedyś projektowali HTRy i chętnie wrócą do tematu (znamy ich)**
- **Problem braku firmy projektowej HTR oraz rozproszenia wiedzy i ekspertów jest szansą dla Polski:**
 - można stworzyć polską firmę, ściągając rozproszonych ekspertów i angażując podwykonawców (w tym np. Areva, AMEC, firmy US),
 - **w ten sposób 100% IP zostaje w Polsce,**
 - **HTR staje się polskim towarem eksportowym**

Projekt rządowy kogeneracji jądrowej

Minister Rozwoju 29.07.2016 opublikował projekt „Strategii na rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju” (SOR).

Jednym z działań w obszarze energii jest:

□ Wdrożenie wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych HTR do produkcji ciepła przemysłowego

Na liście projektów służących realizacji SOR znalazł się projekt:

□ Kogeneracja jądrowa – przygotowanie do budowy pierwszego reaktora HTR o mocy termicznej 200-350 MW zasilającego instalację przemysłową w ciepło technologiczne

Wytycza to jednoznacznie kierunek prac NCBJ.