



Badawczo-demonstracyjny reaktor wysokotemperaturowy HTGR dla kogeneracji

dr Agnieszka Boettcher
Zakład Energetyki Jądrowej i Analiz Środowiska
Narodowe Centrum Badań Jądrowych



NATIONAL
CENTRE
FOR NUCLEAR
RESEARCH
ŚWIERK

16.05.2023



11.

INTERNATIONAL SCHOOL ON NUCLEAR POWER
MIĘDZYNARODOWA SZKOŁA ENERGETYKI JĄDROWEJ

Wprowadzenie

Podział ze względu na przeznaczenie:

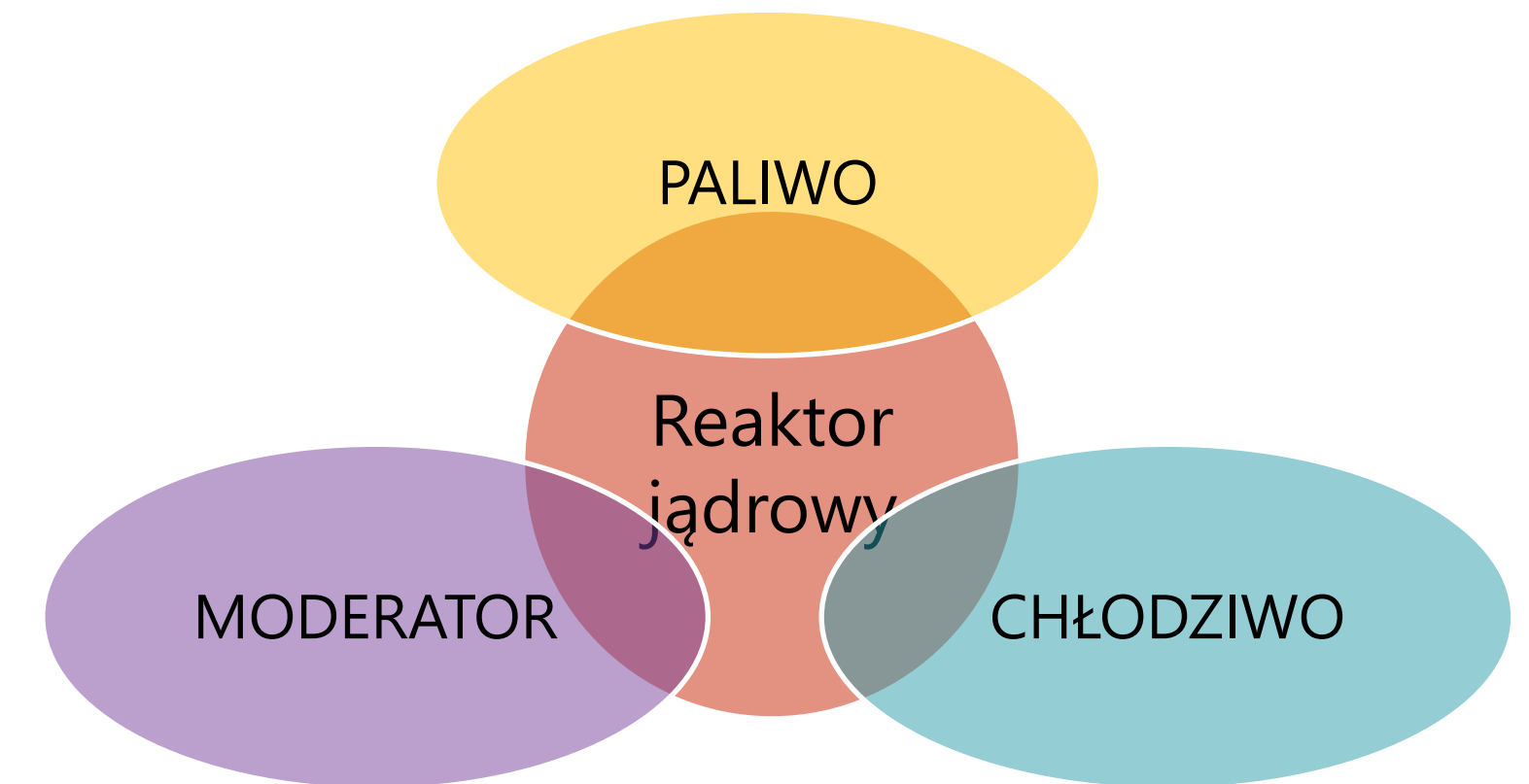
- **badawcze**
- **energetyczne**
- *inne: okrętowy napęd jądrowy, militarny do produkcji plutonu*

Podział ze względu na energię neutronów powodujących rozszczepienie:

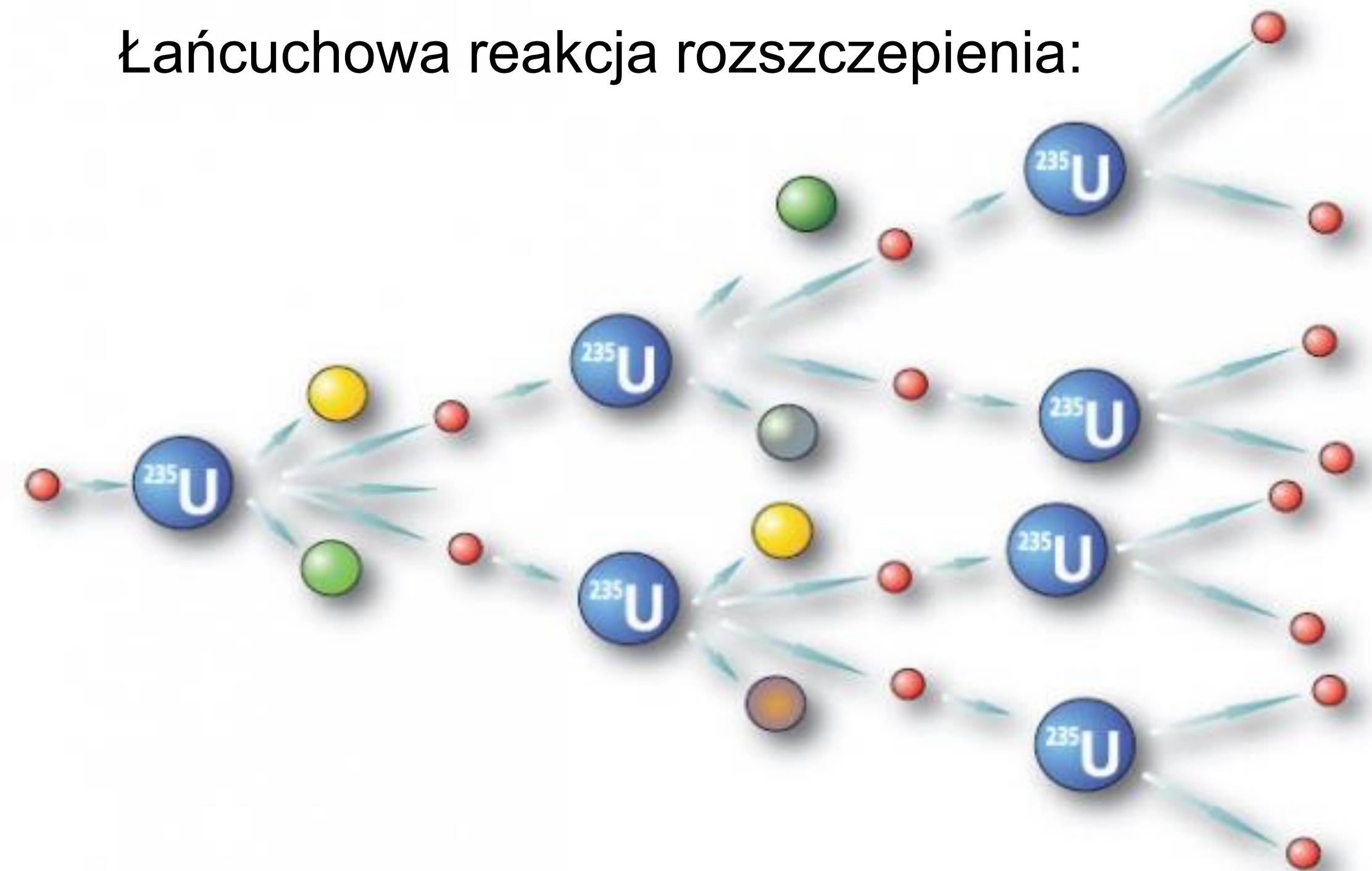
- **termiczne ($E_n < 0.1\text{eV}$)**
- **prędkie ($E_n > 1\text{MeV}$)**

Podział ze względu na chłodziwo:

- wodne (H_2O , D_2O)
- gazowe (He , CO_2)
- na stopionych solach (F)
- chłodzone stopionym metalem (Pb, Na)



Łańcuchowa reakcja rozszczepienia:

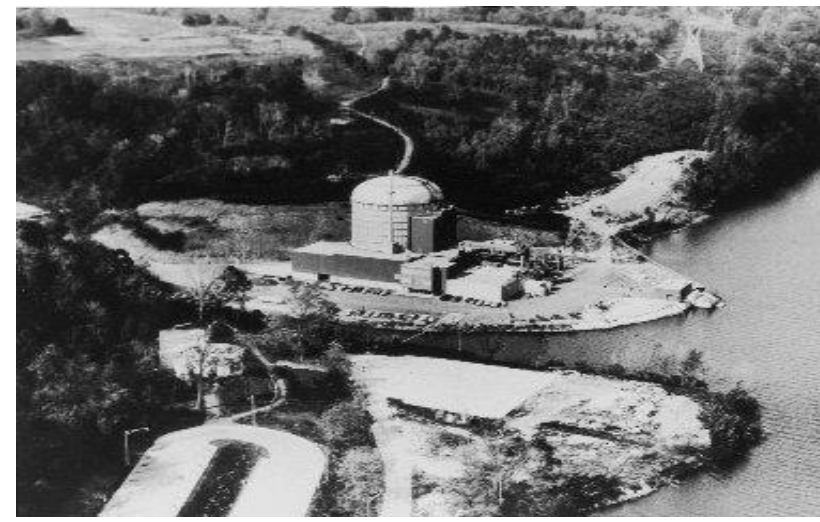


Technologia HTGR

► Reaktory badawcze



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

► Reaktory przemysłowe



Fort Saint-Vrain, US
300 MWe
1976-89



THTR, Germany
300 MWe
1986-89



HTR-PM, China
2 x 106 MWe
2021-



11.

INTERNATIONAL SCHOOL ON NUCLEAR POWER
MIĘDZYNARODOWA SZKOŁA ENERGETYKI JĄDROWEJ

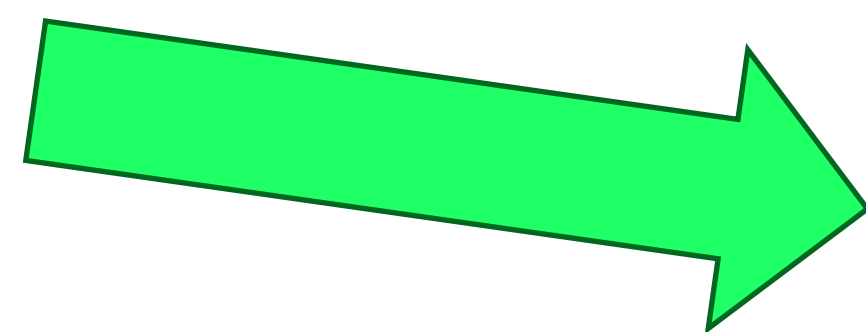
Reaktor wysokotemperaturowy

High-Temperature Gas-cooled Reactor

Podział ze względu
na konstrukcję rdzenia:

- kulowy- ze złożem usypanym
- blokowy (tzw. pryzmatyczny)

Paliwo:
kapsułki TRISO

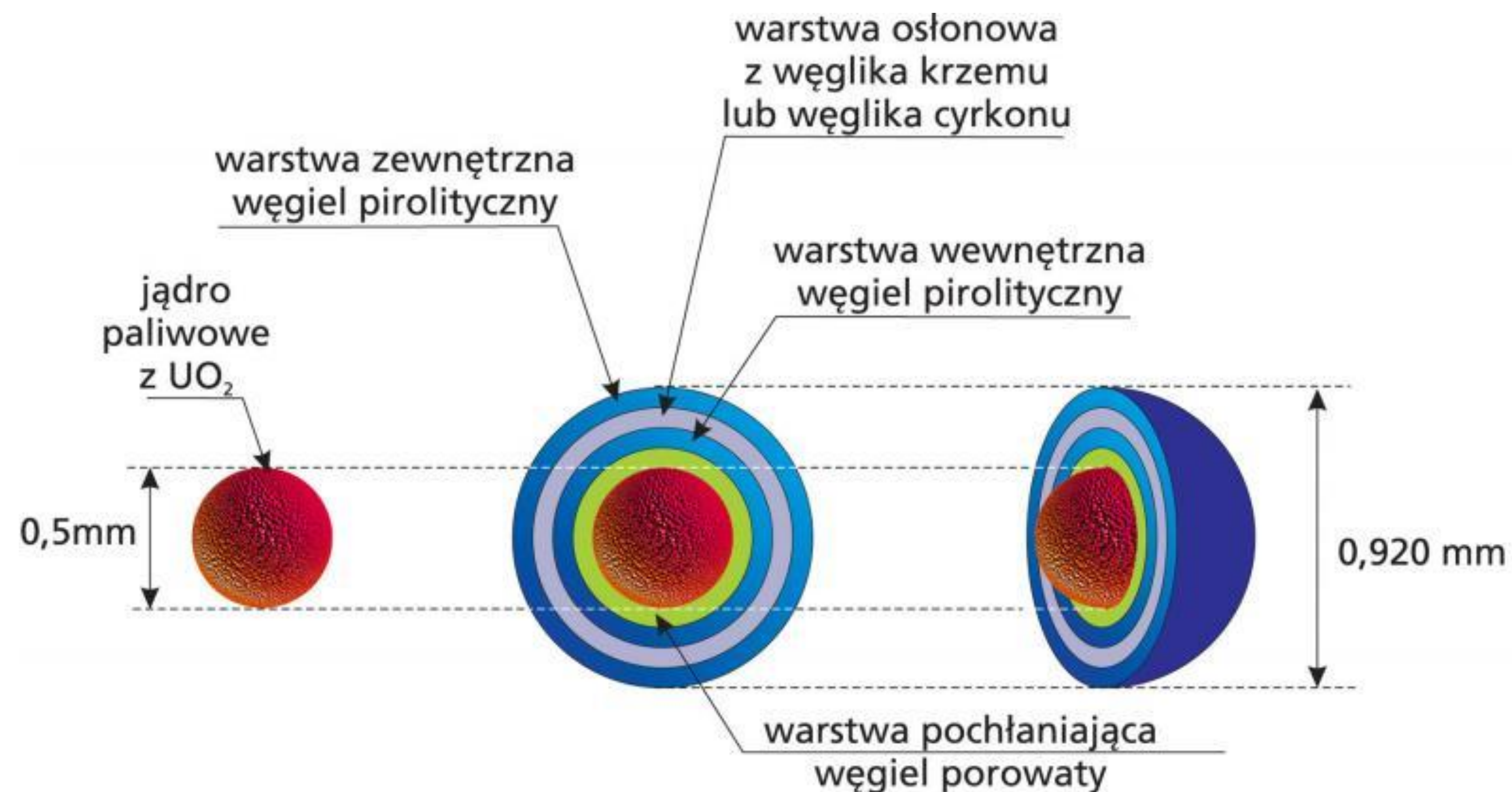


Chłodziwo: hel 700°C

Moderator: grafit

Temperatura pary wodnej w obiegu wtórnym: ~550°C

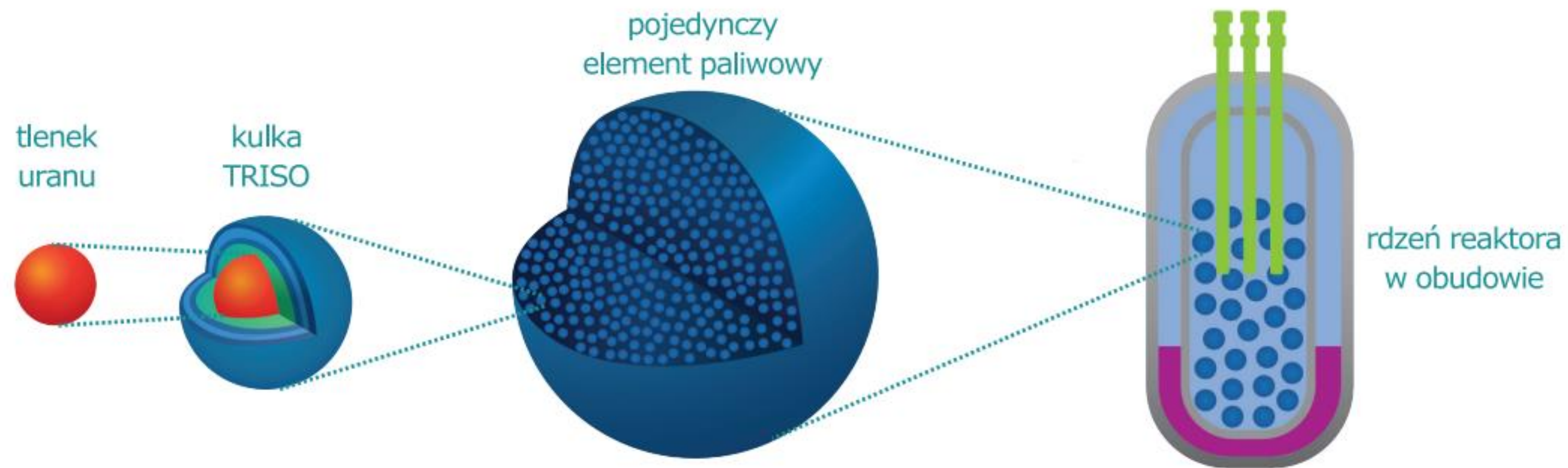
W przypadku utraty chłodziwa odprowadzanie ciepła
za pomocą przewodzenia i radiacji.



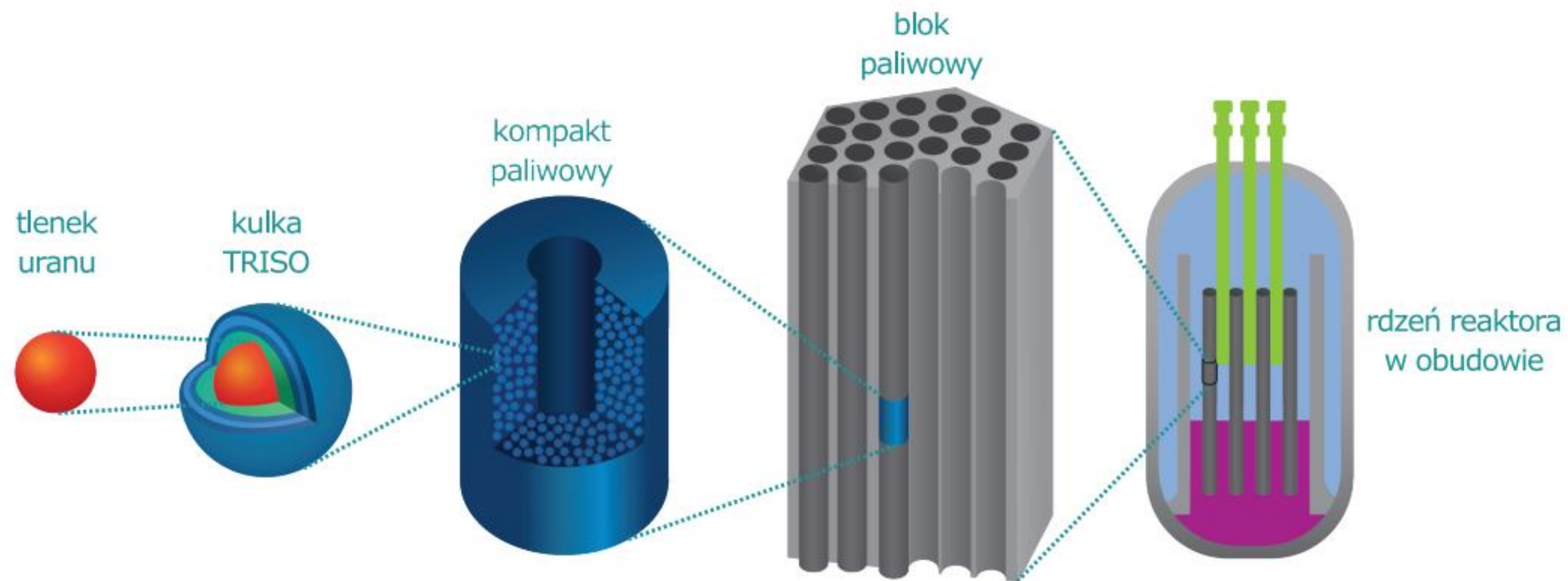
11.

INTERNATIONAL SCHOOL ON NUCLEAR POWER
MIĘDZYNARODOWA SZKOŁA ENERGETYKI JĄDROWEJ

Reaktor wysokotemperaturowy



Schemat reaktora HTR z rdzeniem usypanym (ang. „pebble bed”)



Schemat reaktora HTR z rdzeniem pryzmatycznym (ang. „prismatic”)



Reaktor wysokotemperaturowy- BEZPIECZEŃSTWO

- Paliwo TRISO, limit temp. 1600°C.
- Grafit- przewodność i pojemność cieplna, odporny na wys. temp.
- Chłodziwo (He) obojętne chemicznie.
- Ujemny współczynnik temperaturowy reaktywności. **Wzrost temperatury=wygaszenie reaktora.**
- Absorbery neutronów.
- Odbiór ciepła nawet w przypadku utraty chłodziwa: przewodzenie i radiacja (**pasywne!**).



Zastosowania HTGR- sprawność

Najczęściej pożądaną formą energii jest energia elektryczna (!)

ALE wymaga to przemiany energii cieplnej na energię elektryczną.

Sprawność procesu konwersji energii, dla **el. konwencjonalnych** wynosi **30-46%** , dla **el. jądrowych** ok **30%**.

HTGR do produkcji energii cieplnej!

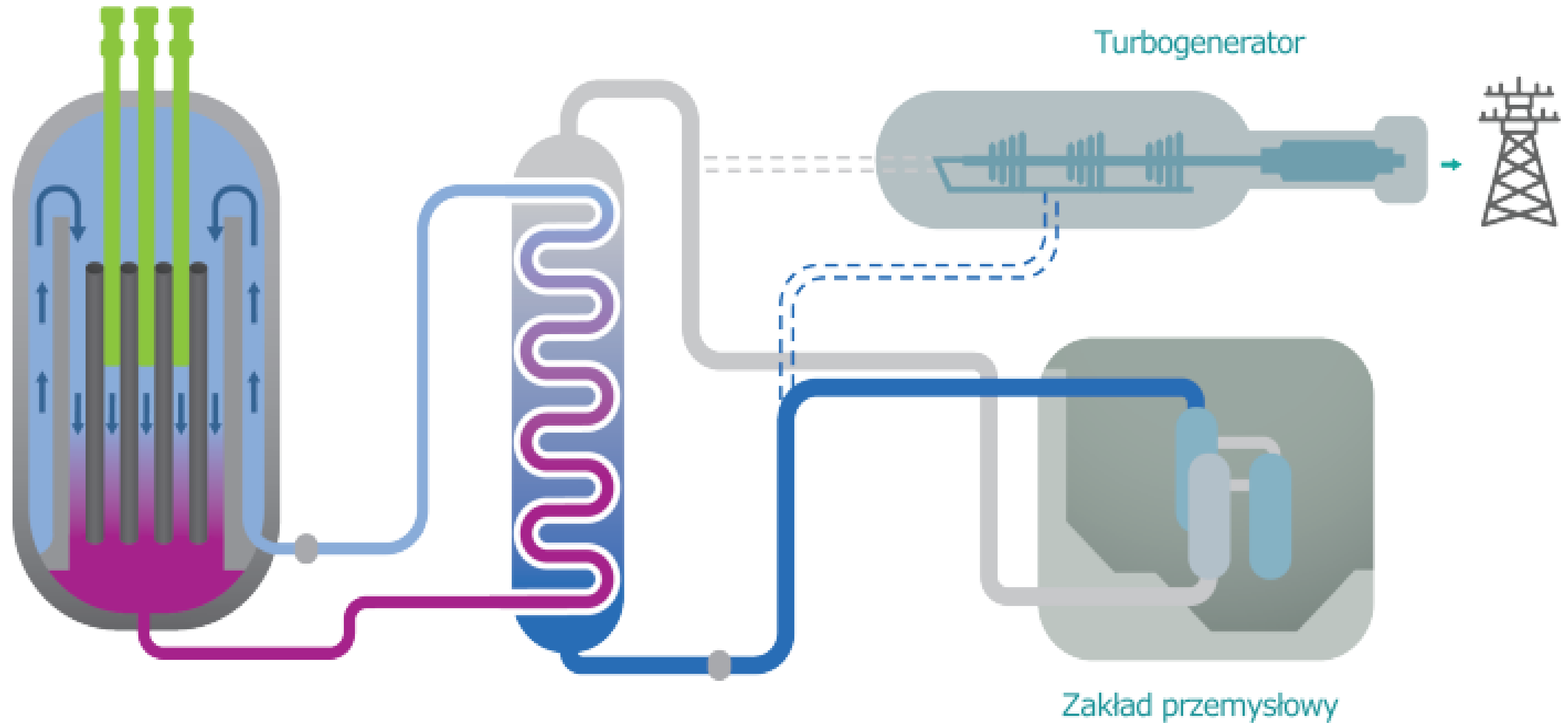
Energia elektryczna w kogeneracji!



11.

INTERNATIONAL SCHOOL ON NUCLEAR POWER
MIĘDZYNARODOWA SZKOŁA ENERGETYKI JĄDROWEJ

Reaktor wysokotemperaturowy- zastosowanie



Zastosowanie reaktorów wysokotemperaturowych



papiernia



nawozy azotowe



produkcja amoniaku



rafineria



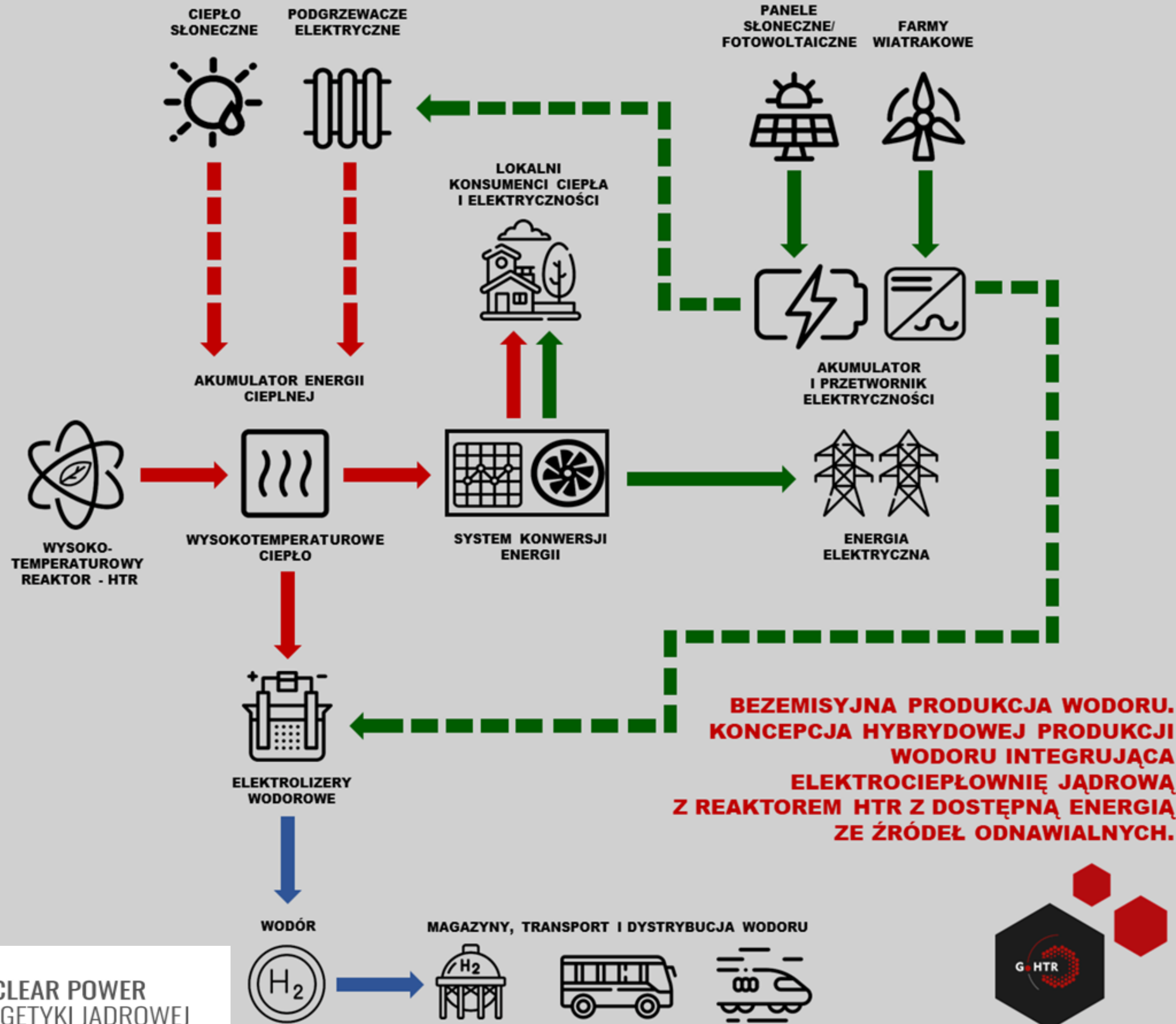
przemysł chemiczny



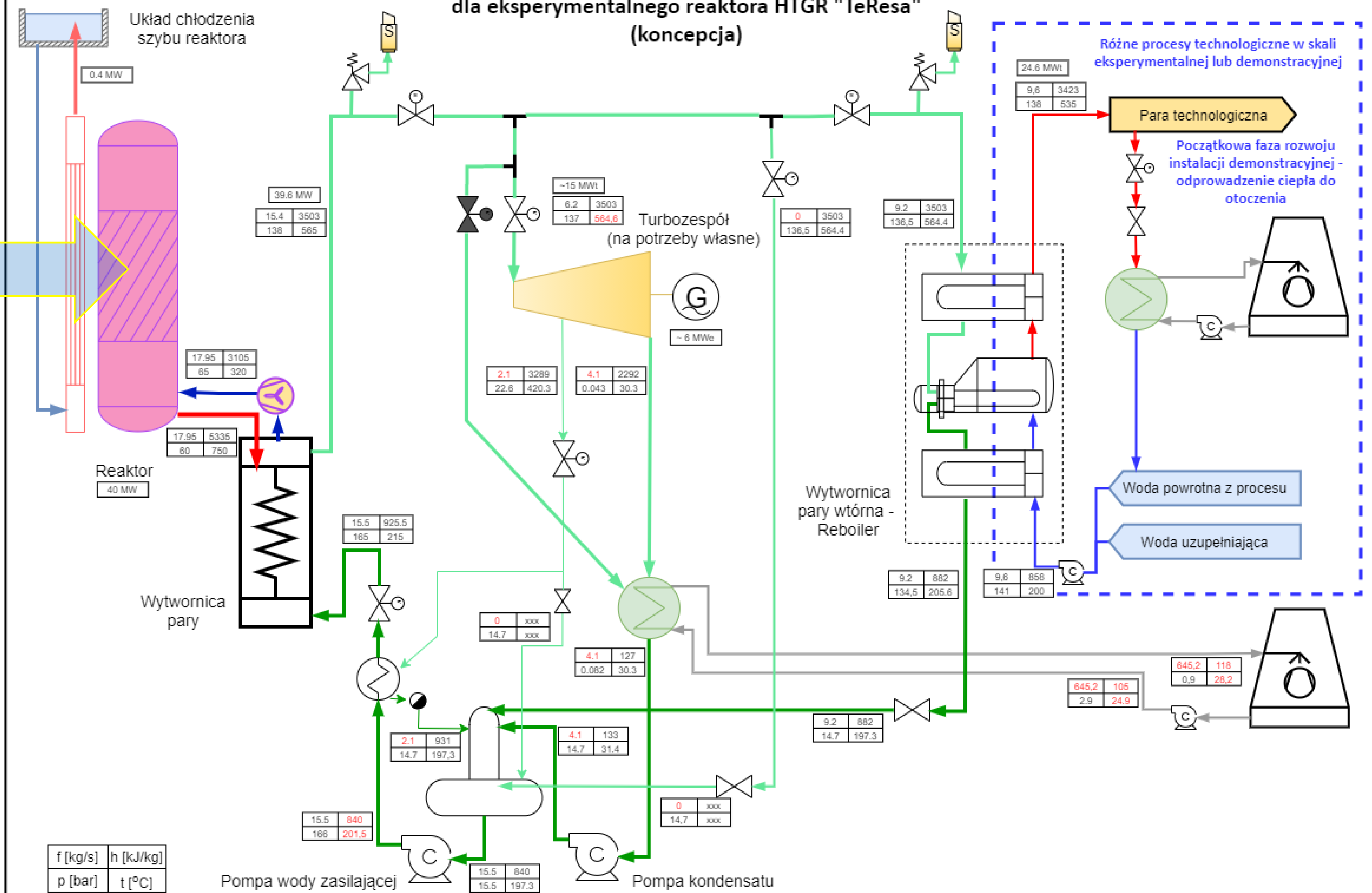
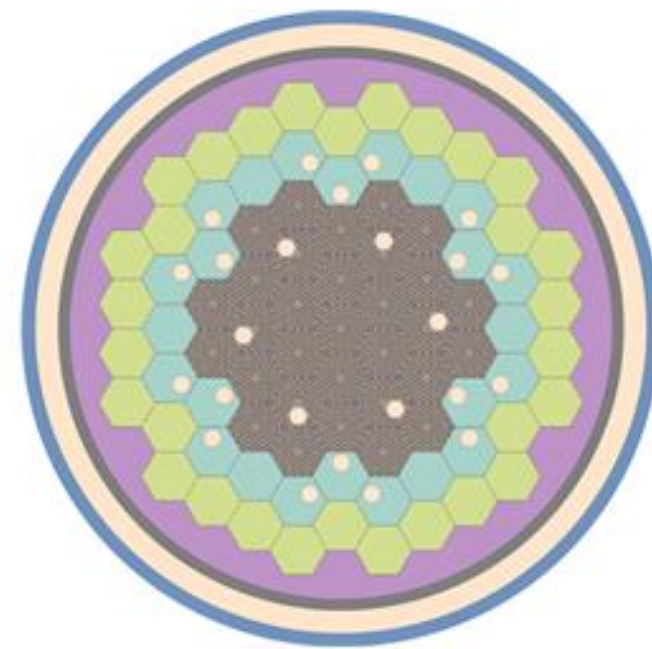
produkcja wodoru



ZINTEGROWANY, HYBRYDOWY SYSTEM ENERGETYCZNY Z PRODUKCJĄ WODORU



Uproszczony schemat układu ciepłego dla eksperymentalnego reaktora HTGR "TeResa" (koncepcja)



f [kg/s]	h [kJ/kg]
p [bar]	t [°C]





Projekt współfinansowany w ramach strategicznego programu badań naukowych i prac rozwojowych: „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEG.

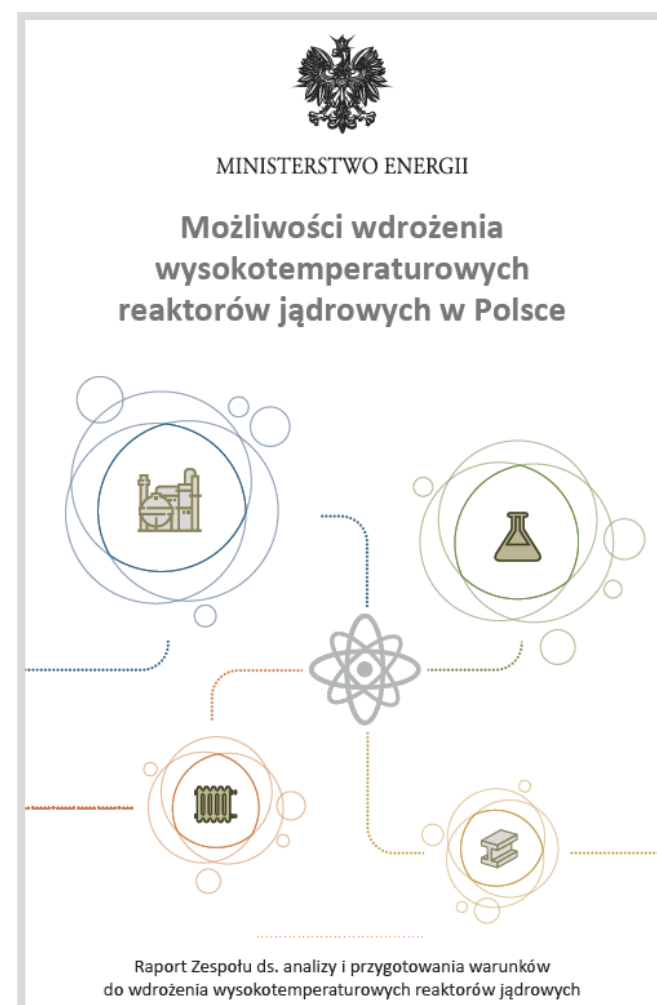
"Opis techniczny badawczego wysokotemperaturowego reaktora jądrowego chłodzonego gazem (ang. High Temperature Gas cooled Reactor, HTGR)", finansowany przez MEiN.

1. Analiza potrzeb rynku.
2. Doświadczenie z realizacji projektów krajowych i międzynarodowych.

1. Określenie etapów wdrażania HTGR w Polsce.
2. Misja i cele reaktora badawczego.
3. Pre-koncepcja reaktora.

Opracowanie projektu podstawowego i elementów WRB badawczego HTGR.

Ramowa umowa o współpracy badawczo-rozwojowej (R&D) zawarta przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych z Japońską Agencją Energii Atomowej.



- Strategia Odpowiedzialnego Rozwoju
- Polityka energetyczna Polski do 2040 r (PEP2040)
- Polska Strategia Wodorowa do roku 2030 z perspektywą do 2040 r.
- **KRAJOWE INTELIGENTNE SPECJALIZACJE**

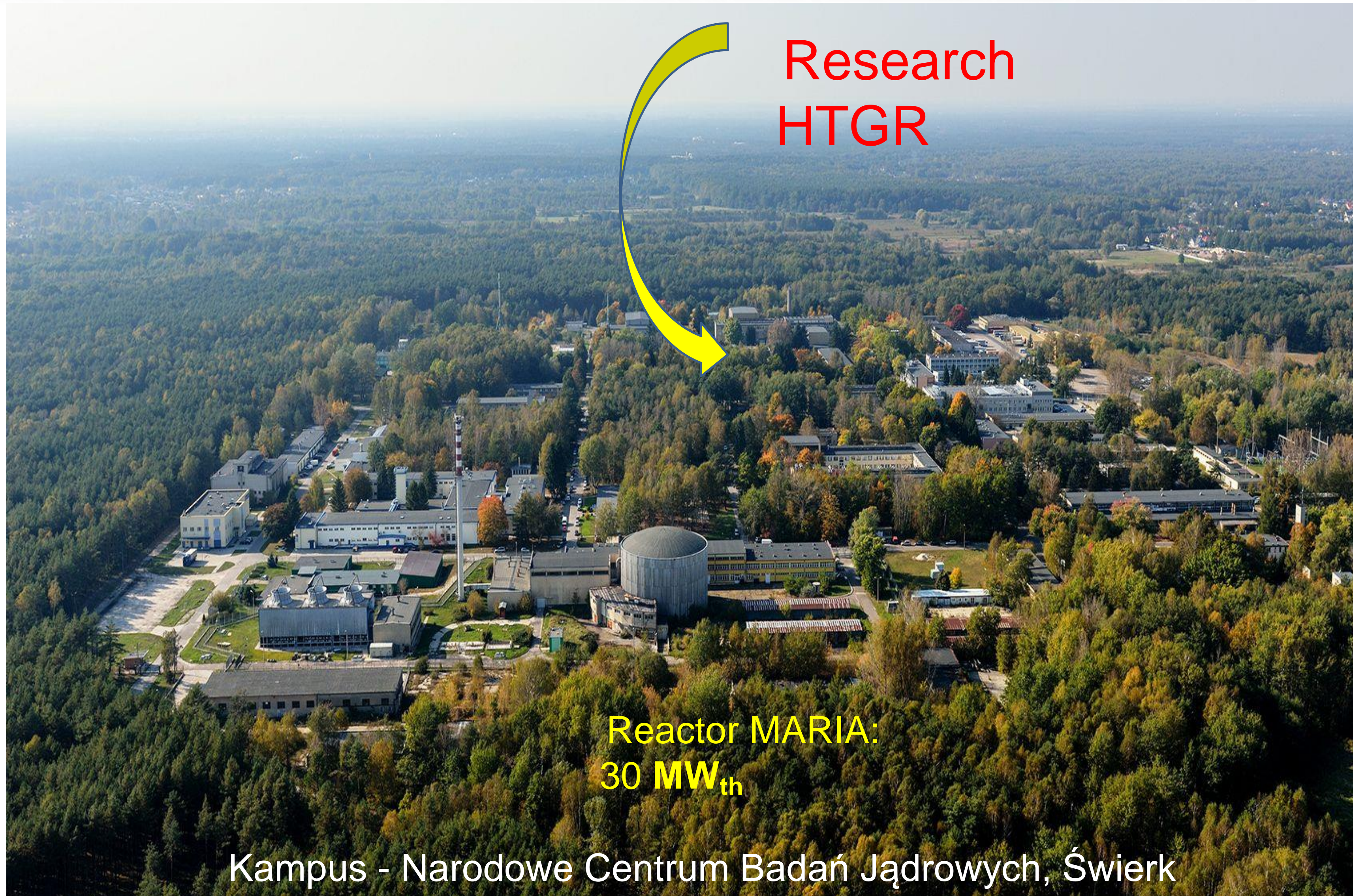
Reaktor badawczy wysokotemperaturowy HTGR w Świerku (NCBJ)

Założenia:

- reaktor powinien służyć do **budowania kompetencji i kształcenia kadr** w obszarze energetyki jądrowej (dla nauki, przemysłu, regulatora (PAA) itd.),
- zadania badawcze (analiza pasywnych cech bezpieczeństwa, badania materiałów odpornych na wysokie temperatury, badanie paliwa TRISO, walidacja kodów itp.)
- jako **demonstrator technologii** o niewielkiej mocy do zastosowania w przemyśle chemicznym i paliwowym; powinien **łączyć cechy reaktora przemysłowego i testowego** w oparciu o istniejące już technologie*;
- konstrukcja reaktora powinna jednak być dostosowana do **specyficznych wymagań polskiego rynku** w zakresie zastosowań w przemyśle chemicznym i paliw);
- moc reaktora (obecnie 30 MW_{th}) oraz jego projekt powinny być **maksymalnie zbliżone** do mocy wymaganej przez polski przemysł jednostki typu FOAK, czyli 180 MW_t.

** strategicznym partnerem jest Japońska Agencja Energii Atomowej (JAEA), posiadająca reaktor badawczy High Temperature Test Reactor (HTTR)*



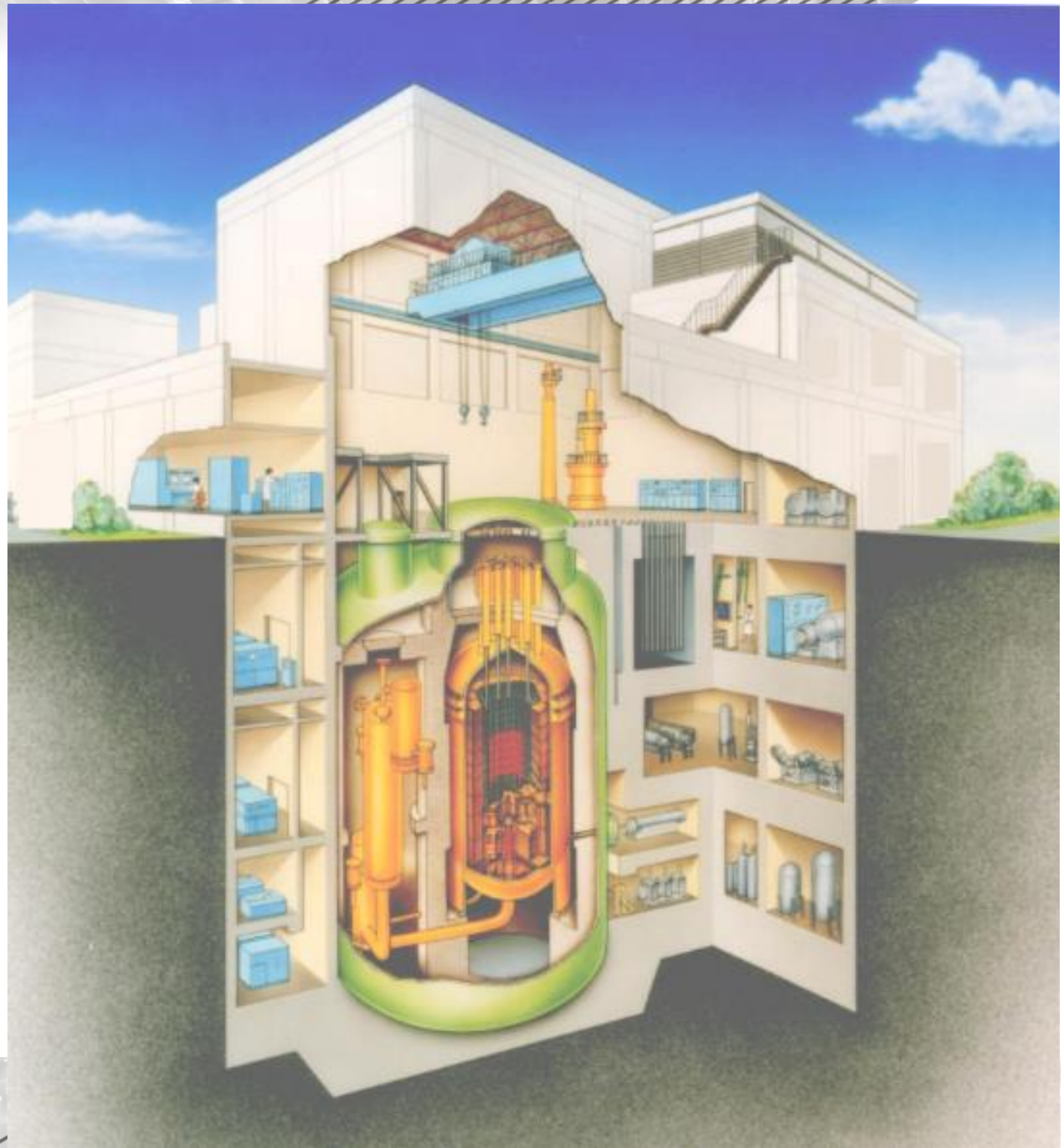
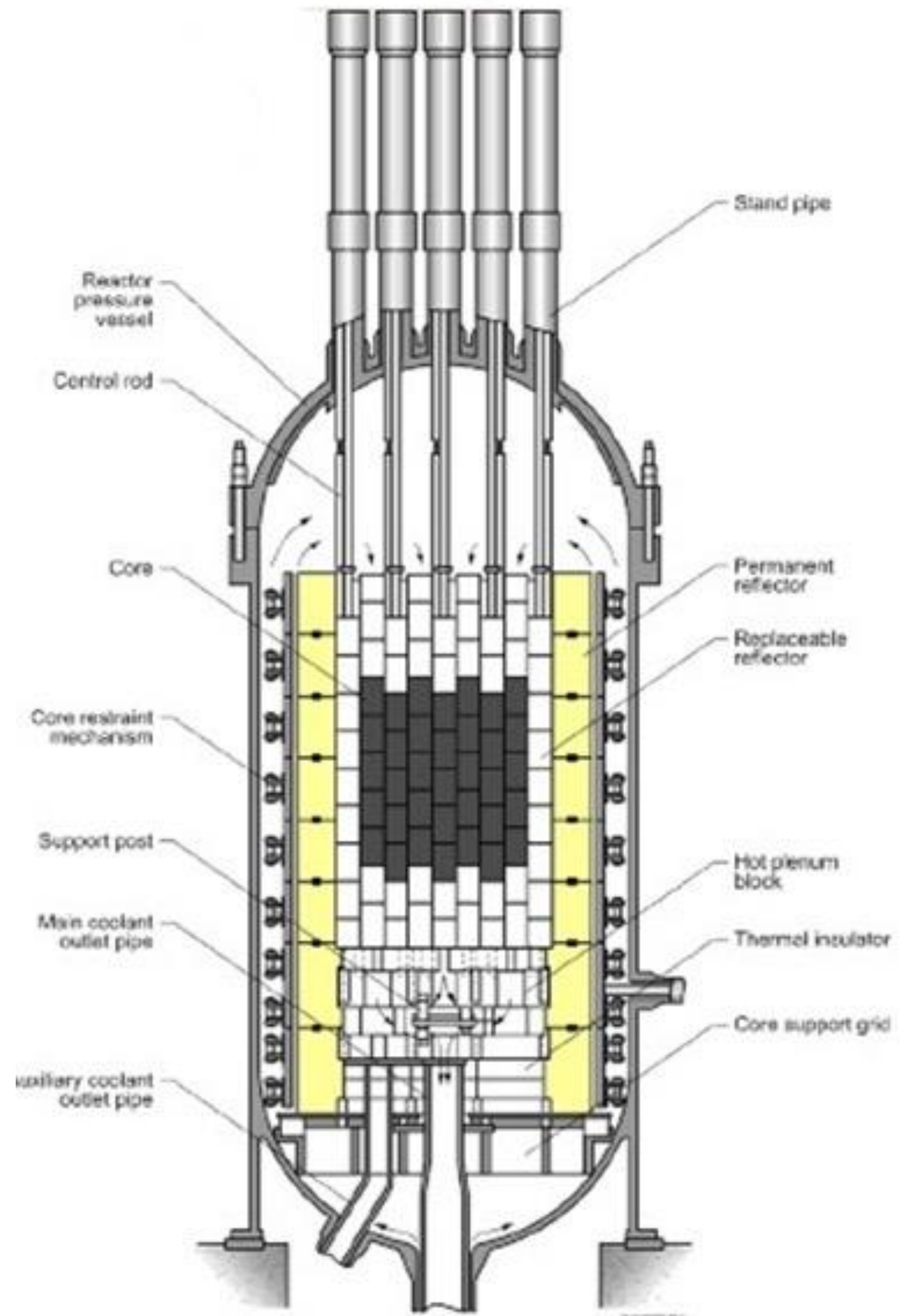


Research
HTGR

Reactor MARIA:
30 MW_{th}

Kampus - Narodowe Centrum Badań Jądrowych, Świerk

www.ncbj.gov.pl



Reaktor badawczy wysokotemperaturowy HTGR w Świerku (NCBJ) - status obecny

Projekt przedkonceptyjny w ramach GoHTR ("TeResa" - 40MWt) – **zakończony 31.03.2022.**

Projekt koncepcyjny (uszczegółowienie misji i funkcji reaktora, podstawowe charakterystyki rdzenia i paliwa, pierwotny układ chłodzenia, elementy i wyposażenia i konstrukcji, projekt urządzeń przetwarzania mocy, systemów kontroli oraz pozostałych komponentów i systemów wraz z urządzeniami pomocniczymi) – **zakończony 31.12.2022.**

Od 1.09.2022 trwają prace nad projektem podstawowym oraz Wstępnym Raportem Bezpieczeństwa - przewidywane zakończenie to 31.05.2024.

Dalsze fazy projektu: przygotowanie projektu technicznego (2 lata), licencjonowanie (min. 1 rok), budowa reaktora (ok. 4 lat).

Poszukiwani są **partnerzy przemysłowi** w celu wsparcia procesu projektowania, propozycji budowy instalacji demonstracyjnych dla odbioru ciepła wysokotemperaturowego.

Więcej informacji z stronie [www projektu](http://www.gohtr.pl) GOSPOSTRATEG-HTR

- Co to jest HTR i dlaczego potrzebujemy go w Polsce? Ekonomia, przemysł, potencjalne zastosowania.

Prowadzący: Waław Gudowski

- Zasada działania reaktora HTR – podstawy fizyki reaktorowej i aspekty bezpieczeństwa HTR.

Prowadzący: Piotr Darnowski

- Jak zbudowany jest reaktor HTR? Podstawy techniczne.

Prowadząca: Eleonora Skrzypek



ZAPRASZAM DO OBEJRZENIA SERII WYKŁADÓW I FILMÓW NA KANALE
NCBJ NA YOU TUBE!

Źródła danych

1. Większość wykorzystanych materiałów została opracowana w ramach projektu GOSPOSTRATEG-HTR, współfinansowanego przez NCBiR. Projekt realizowany był w latach 2019-2022, przez konsorcjum: MKiŚ, NCBJ, IChTJ. www.gohtr.pl
2. Materiały edukacyjne NCBJ, <http://ncbj.edu.pl/energia-jadrowa>.
3. Opracowania własne prof. W. Gudowskiego.

agnieszka.boettcher@ncbj.gov.pl



**NARODOWE
CENTRUM
BADAŃ
JĄDROWYCH
ŚWIERK**

www.ncbj.gov.pl



11.

**INTERNATIONAL SCHOOL ON NUCLEAR POWER
MIĘDZYNARODOWA SZKOŁA ENERGETYKI JĄDROWEJ**

