

Czym fascynuje,
a czym niepokoi energetyka jądrowa?

**Kohabitacja. Rola gazu w rozwoju
gospodarki niskoemisyjnej**

Ludwik Pieńkowski
*Środowiskowe Laboratorium Ciężkich Jonów
Uniwersytet Warszawski*

Fascynacja

- Podstawowym paliwem dla elektrowni jądrowej jest myśl ludzka, technologia, organizacja, a nie surowiec energetyczny
 - Koszt zakupu „yellow cake”, naturalnego uranu w postaci U_3O_8 to mniej niż 3% ceny produkcji energii elektrycznej

Elektrownia jądrowa

w odniesieniu do innych technologii

- Koszt budowy:
 - Duży
 - ☞ *Możliwość budowy jedynie dużego bloku, o mocy powyżej 1GWel*
- Czas budowy:
 - Długi
 - ☞ *Ograniczona możliwość finansowania kolejnych inwestycji przez zysk z już uruchomionych*
 - ☞ Czym innym jest budowa przez 10 lat jednego bloku o mocy 1 GWe,
 - ☞ a czym innym przez 10 lat uruchamianie co dwa lata kolejnych bloków o mocy 200 MWel
- Koszt surowca (yellow cake):
 - Mały
 - ☞ *Stabilna cena, gdyż istnieje możliwość gromadzenia zapasów*
- Elastyczność w dostosowaniu się do zapotrzebowania odbiorców:
 - Minimalna
 - ☞ *Konieczność pracy „w bazie”*

Elektrownia jądrowa

w odniesieniu do innych technologii

- Ryzyko w trakcie prowadzenia inwestycji
 - Duże
 - ☞ *AREVA szacuje, że miesiąc opóźnienia budowy powoduje straty w wysokości około 50 milionów EUR*
- Ryzyko w trakcie eksploatacji
 - Małe
 - ☞ *Ale istnieje znaczne, często bardzo przesadzone uwrażliwienie na mało istotne z punktu widzenia bezpieczeństwa jądrowego incydenty, co może wywołać przesadne reakcje i straty finansowe*
 - ☞ *Ale, dowolny incydent, czy też wypadek w jakiejkolwiek elektrowni jądrowej na świecie może wpłynąć negatywnie na zyski z pracy elektrowni jądrowej*

Wyzwania stojące przed energetyką jądrową

- **Wysokie koszty budowy nowych elektrowni**

- Dziś dostępne są jedynie drogie reaktory dużej mocy

- **Wypalone paliwo**

- Przede wszystkim brak powszechnie akceptowanej strategii

- **Ograniczone zasoby uranu**

- Jedynie potencjalna bariera, za kilkadziesiąt lat

- **Bezpieczeństwo**

- Absolutny priorytet

- **Ryzyko proliferacji**

- Szeroki rozwój energetyki wzmocni zaniepokojenie



pierwotne
bariery
wzrostu

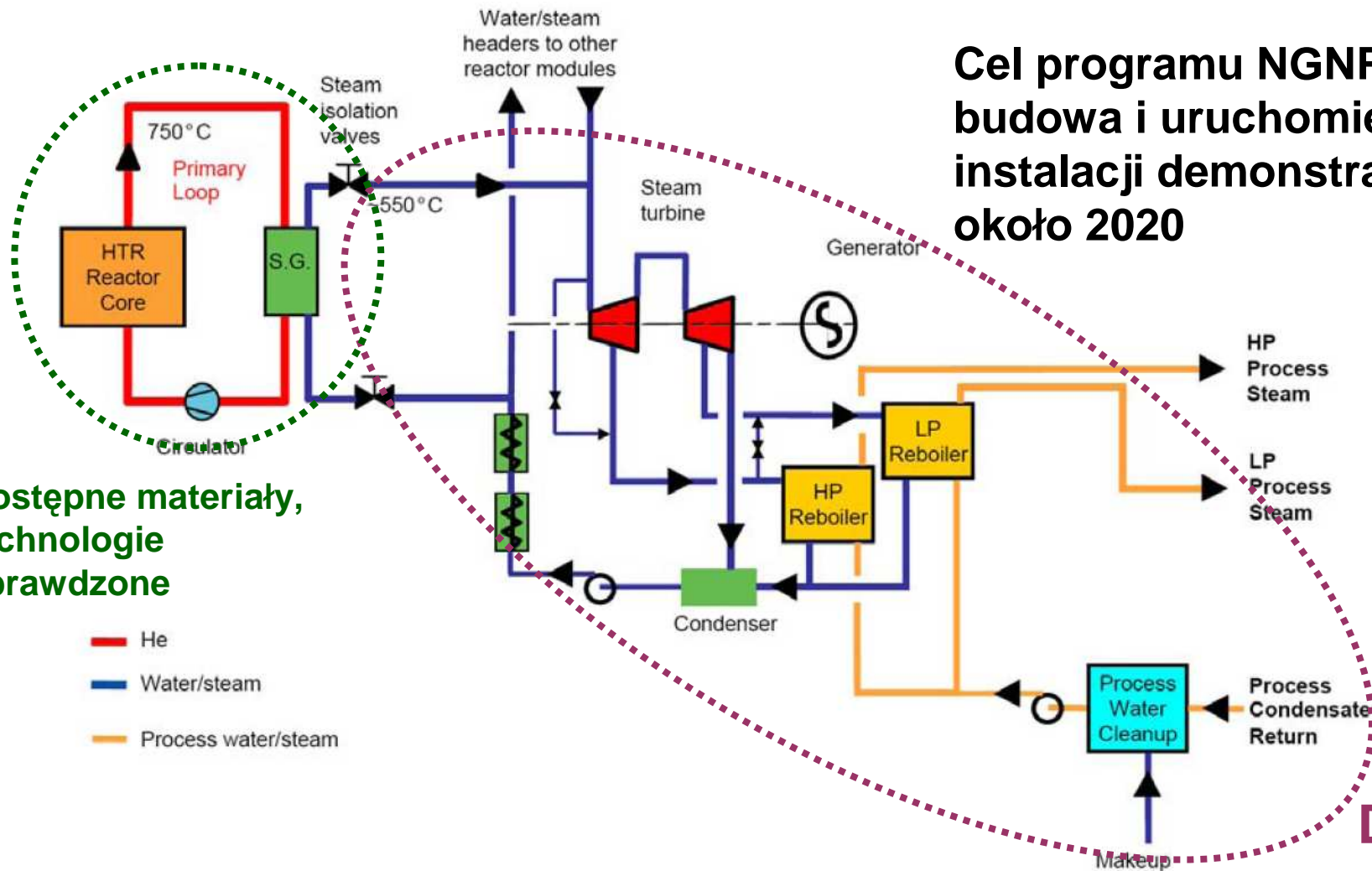
Działania dla rozwoju energetyki jądrowej

- Wydłużenie czasu pracy dzisiejszych elektrowni
- Wsparcie publiczne dla budowy nowych elektrowni
- R&D, nowe technologie
 - Brak prostych rozwiązań
 - ☞ *Dwa razy mniejszy reaktor nie jest dwa razy tańszy*
 - ☞ *Rewolucyjne zmiany, jak fuzja jądrowa, to bardzo odległy cel*
 - **Reaktory małe i średniej mocy (SMR) celem**
 - ☞ *Redukcji ryzyka inwestycji, bo kolejne moduły można finansować z pracy już działających*
 - Reaktory prędkie celem
 - ☞ *Zamknięcia cyklu paliwowego*
 - Technologie paliwowe, wypalonego paliwa
- R&D, budowa nowego rynku dla energetyki jądrowej
 - **Jądrowa kogeneracja**
 - ☞ *Jednoczesne wytwarzanie energii elektrycznej oraz*
 - ☞ **wysokotemperaturowego ciepła technologicznego dla przemysłu**

**Cel programu NGNP w USA:
budowa i uruchomienie
instalacji demonstracyjnej
około 2020**

**Dostępne materiały,
technologie
sprawdzone**

- He
- Water/steam
- Process water/steam



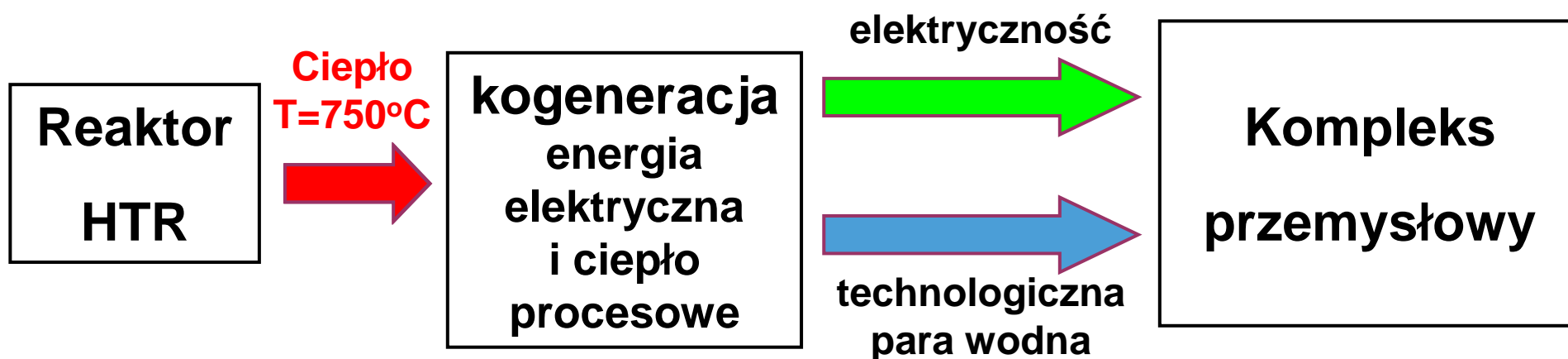
**Dostępne
technologie**



EUROPAIRS

End-User Requirements for industrial Process heat Applications with Innovative nuclear Reactors for Sustainable energy supply

Europejski program uruchomiony we wrześniu 2009



Główne zadanie:

- EUROPAIRS powinien zainicjować tworzenie międzynarodowego konsensusu dla wykorzystania jądrowej kogeneracji w przemyśle

Ciepło
 $T \geq 750^{\circ}\text{C}$



R&D
produkcja wodoru,
nowe technologie

Zadanie uzupełniające:

- Strategia R&D

Niepokoje

- Niepokój może budzić w mniejszym, lub większym stopniu każdy z elementów programu budowy i wykorzystania elektrowni jądrowych
 - **MOJA OPINIA:** obawiam się programu źle skonstruowanego co spowoduje, że energia z elektrowni jądrowych będzie droga,
 - ☞ *droższa niż z innych źródeł, w tym z elektrowni jądrowych u naszych sąsiadów, a to zmniejszy konkurencyjność polskiej gospodarki, ograniczy możliwości rozwoju*
 - **MOJA OPINIA:** wierzę, że wszystkie ewentualne trudności techniczne, technologiczne, organizacyjne są do pokonania w rozsądnym czasie i za rozsądną ceną

Podsumowanie

- Silne strony energetyki jądrowej
 - Niskoemisyjna technologia wykorzystywana od ponad pół wieku
 - Stabilna, przewidywalna cena naturalnego uranu („yellow cake”)
 - Duża dyspozycyjność elektrowni
 - Posiada technologiczne i biznesowe możliwości rozwoju
- Słabe strony energetyki jądrowej
 - Duże ryzyko inwestycyjne
 - Nadwrażliwość społeczna na zagadnienia związane z bezpieczeństwem
 - Bardzo ograniczone dostosowania mocy do zapotrzebowań sieci, odbiorców
 - Brak akceptowanej strategii postępowania z wypalonym paliwem
 - ☞ *Czy wypalone paliwo zostawić przyszłym pokoleniom jako potencjalne źródło surowców, czy też w możliwie krótkim czasie trwale rozwiązać problem?*
- Każda technologia ma swoje mocne i słabe strony
 - Istnieje przestrzeń dla kohabitacji
 - ☞ *Należy dostrzec możliwości i je wykorzystać*

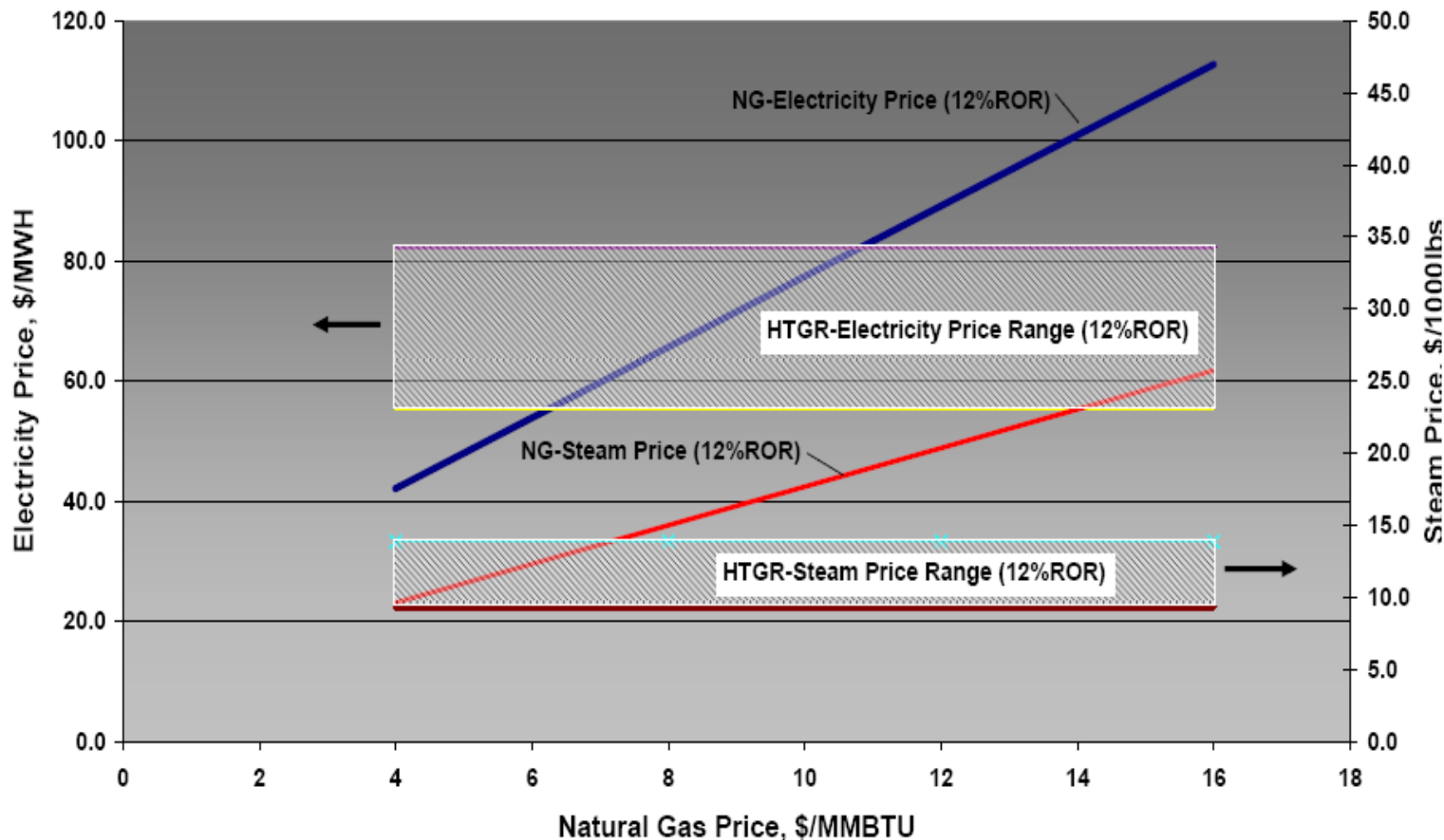
Slajd dodatkowy

Co-Generation Pricing Comparison



Typical Co-Generation Application Natural Gas versus High Temperature Gas Reactor Pricing as a function of NG Price

Natural Gas (\$1000/Kwe, equiv) , HTGR (\$2900 to \$4100/ Kwe, equiv)
Electric & Steam Conditions -- 400MWe, 1Mlb/hr stm, 2400 psi, 1000F (16.5 MPa, 540 °C)



MEX Natural Gas Prices 5 Years



1 MMBtu \approx 28 m³