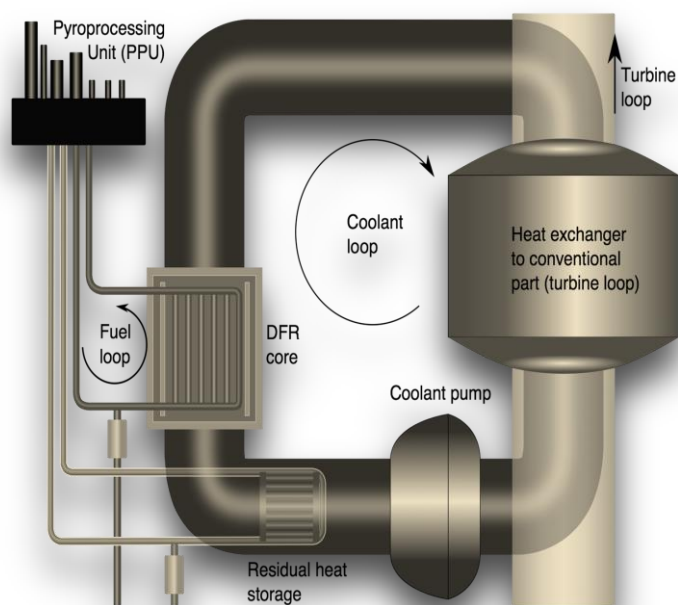


# RAPORT WEWNĘTRZNY NR. 1

ZESPÓŁ DS. ANALIZY I PRZYGOTOWANIA WARUNKÓW

DO WDROŻENIA WYSOKOTEMPERATUROWYCH REAKTORÓW JĄDROWYCH

## Charakterystyka reaktora DFR i plany badawcze



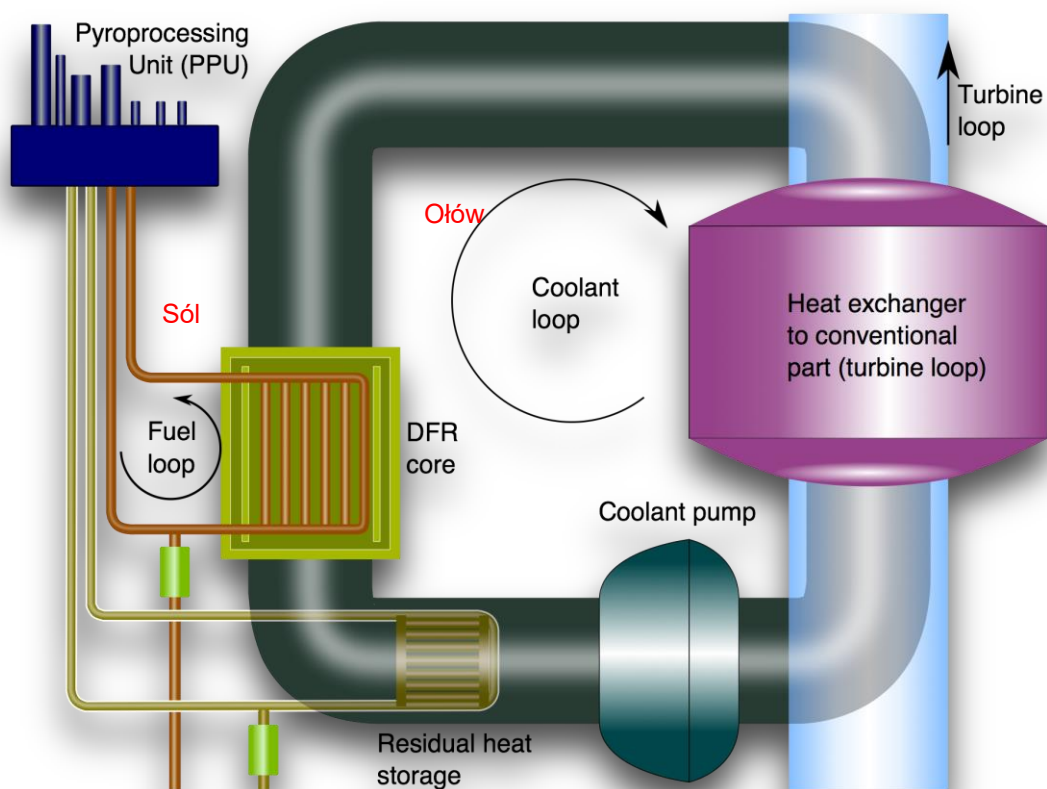
---

Warszawa, wrzesień 2017

## Charakterystyka reaktora DFR i plany badawcze

### Reaktor DFR

DFR (Dual Fluid Reactor – Reaktor Dwupłynowy) to wysokotemperaturowy reaktor jądrowy wykorzystujący tzw. **prędkie neutrony** i gwarantujący dzięki samopowielaniu paliwa jądrowego jego bardzo efektywne wykorzystanie. W odróżnieniu od innych reaktorów jądrowych, opierających się na płynnym paliwie jądrowym (np. MSR – Molten Salt Reactor) czynnik chłodzący jest odseparowany od płynnego paliwa. Rozwiązanie to zostało opatentowane w wielu krajach świata i umożliwia optymalizację parametrów pracy reaktora przy znacznej redukcji jego kosztów.



Grafika 1. Model reaktora DFR/s

Ze względu na wysoką temperaturę pracy rzędu  $1000^{\circ}\text{C}$  reaktor dwupłynowy może być użyty do produkcji zarówno taniej elektryczności, ciepła procesowego jak i wodoru. Do produkcji paliwa mogą być wykorzystane wypalone pręty paliwowe z drugiej i trzeciej generacji elektrowni jądrowych, po uprzednim przejściu przez proces recyklingu wypalonego paliwa jądrowego. Paliwem jądrowym może być zarówno płynny uran metaliczny (eutektyk w mieszaninie z chromem i niklem) jak i sole uranowe. Obecnie ukończone zostały dwie koncepcje DFR:

- DFR/s – paliwem są trójchlorki uranu 238 z domieszką uranu 235 (bądź tzw. plutonu reaktorowego), chłodziwo to płynny ołów (patrz Grafika 7.). Projektowany reaktor o mocy cieplnej  $3 \text{ GW}_{\text{th}}$  i elektrycznej  $1,5 \text{ GW}_{\text{e}}$  wyposażony jest w instalację ciągłego przerobu odpadów radioaktywnych (PPU) na zasadzie destylacji frakcyjnej, wielokrotnie redukującej ilość odpadów.
- DFR/m – paliwem jest metaliczny uran z domieszką chromu i niklu (eutektyk o temperaturze topnienia ok.  $800^{\circ}\text{C}$ ), a chłodziwo to płynny ołów. Ten typ reaktora jest szczególnie korzystny dla jednostek o stosunkowo małych mocach. Projektowany jest reaktor o mocy  $0,3 \text{ GW}_{\text{th}}$  do produkcji bardzo taniego ciepła procesowego dla wytworzenia pary wodnej na terenie zakładów chemicznych.

Oba typy reaktorów są jednostkami samoregulacyjnymi. Całkowitą moc reaktora można zredukować do ok. 7% w ciągu zaledwie kilku minut, utrzymując przy tym stałą temperaturę pracy. W połączeniu z ich pasywnym bezpieczeństwem stają się idealnymi urządzeniami do wykorzystania w zakładach chemicznych, gdzie elastyczność jednostek jest jedną z najważniejszych cech użytkowych.

Aktualnie **projekt jest na etapie koncepcyjnym**, a jego właściwości badane są za pomocą obliczeń i symulacji komputerowych.

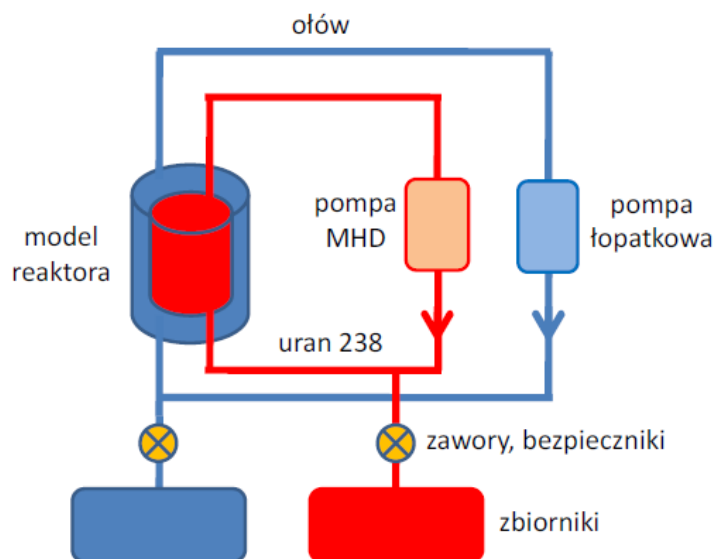
## Demonstrator DFR

W celu udoskonalenia konstrukcji reaktorów wysokotemperaturowych (w tym DFR) i wybrania optymalnych parametrów ich pracy **konieczne jest wykonanie szeregu badań rozwojowych**. Powinny one zostać przeprowadzone w ciągu 3-4 lat i obejmują następujące obszary zagadnień:

- opracowanie modeli komputerowych reaktorów i odpowiednich programów komputerowych z uwzględnieniem otrzymanych wyników eksperymentalnych, przy ścisłej współpracy z PAA;
- badanie właściwości mechanicznych i odporności na korozję materiałów konstrukcyjnych przyszłych reaktorów wysokotemperaturowych (ceramicznych SiC, ZrC, TiC i stopów metali bazujących na molibdenie) w warunkach intensywnego promieniowania neutronowego;
- opracowanie optymalnego składu chemicznego płynnego paliwa jądrowego (eutektyku) i wyznaczenie jego fizyko-chemicznych właściwości w szerokim zakresie temperatur;
- konstrukcja minidemonstratora reaktora dwupłynowego w celu sprawdzenia modeli komputerowych w skali laboratoryjnej, w tym efektów termohydrodynamicznych oraz stabilności mechanicznej i termicznej konstrukcji przy uwzględnieniu koncepcji bezpieczeństwa pracy przyszłego prototypu reaktora jądrowego.

Koncepcja minidemonstratora DFR jest przedstawiona na poniższym rysunku. Składa się on z dwóch niezależnych pętli – pętli paliwowej (płynny uran) i pętli chłodzenia (płynny ołów). Badania przeprowadzone zostaną przy różnych temperaturach i prędkościach przepływu płynów, których obieg będzie wymuszony zarówno przez klasyczną pompę łopatkową jak i pompę magnetohydrodynamiczną. Analiza odporności konstrukcji na wibracje i wysokotemperaturową korozję zostanie uzupełniona o testy procedury startu i wygaszania reaktora oraz koncepcji bezpieczeństwa.

## RAPORT WEWNĘTRZNY NR. 1



Grafika 2. Minidemonstrator DFR.

Opisana wyżej instalacja testowa DFR, opracowana wspólnie z Uniwersytetem Szczecińskim, będzie umiejscowiona w rozbudowywanym w NCBJ laboratorium badań materiałowych NOMATEN. Koncepcja laboratorium jest opracowana pod kątem dodatkowej specjalizacji w zakresie pomiarów wysokotemperaturowych i korozyjnych. Wymogi te odpowiadają przewidywanym warunkom pracy reaktorów IV Generacji, zwłaszcza reaktorów chłodzonych ciekłym sodem lub ołowiem i reaktorów chłodzonych gazem. Obecnie w Europie brak jest wyspecjalizowanych instalacji umożliwiających takie prace. Poza przemysłem jądrowym, naturalnym odbiorcą takich badań będzie przemysł chemiczny (głównie wysokotemperaturowe procesy syntezy chemicznej) i niskoemisyjne technologie spalania węgla.

Koszty instalacji do badań materiałowych (w szczególności instalacji testowej DFR) oraz wykonywanych na nich badań to kwota rzędu 60 mln zł w okresie 3 lat. **Najodpowiedniejszym źródłem finansowania byłby instrument NCBR o nazwie „wspólne przedsięwzięcie”**. 50% wkładu powinno pochodzić od końcowego odbiorcy prac natomiast reszta pochodziłaby z funduszu NCBR.