

RAPORT Z EKSPLOATACJI REAKTORA BADAWCZEGO MARIA W 2009 ROKU

ANDRZEJ GOŁĄB

Wysokostrumieniowy reaktor badawczy MARIA, eksploatowany w Instytucie Energii Atomowej w Świerku od 1975 r., wykorzystywany jest do produkcji izotopów promieniotwórczych dla potrzeb medycyny i przemysłu oraz do prowadzenia badań fizycznych z wykorzystaniem neutronów. W grudniu 2009 r. obchodzono 35-lecie pierwszego doświadczenia krytycznego, czyli uzyskania samopodtrzymującej się reakcji rozszczepienia uranu.

W roku 2009 reaktor przepracował 4270 godz., na mocy od 17 do 22 MW, według przedstawionego zestawienia (rys.1). Eksploatacja reaktora przebiegała zgodnie z harmonogramem i dostosowana była w szczególności do zapotrzebowań Ośrodka Radioizotopów IEA oraz Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej na napromienianie materiałów tarczowych.

Napromieniania dotyczyły głównie takich materiałów tarczowych, jak: dwutlenek telluru (do produkcji J-131), siarka (do produkcji P-32), chlorek potasu (do produkcji S-35), iryd, bromek potasu, związki samaru, lutet, iterb, lantan, miedź, kobalt, próbki materiałów alkalicznych, biologicznych i geologicznych. Całkowita aktywność napromienionych materiałów wyniosła ok. 1000 TBq. Wykaz napromienianych materiałów tarczowych w reaktorze MARIA, w postaci liczby załadowywanych zasobników przedstawiono na rys. 2. Widoczne na rysunku obniżenie produkcji w 2004 r. spowodowane było wyłączeniem reaktora z powodu braku paliwa jądrowego. Ponadto w 2009 r. prowadzono napromienianie minerałów, w czterech specjalnych stanowiskach co wymagało stosowania „nietypowej” konfiguracji rdzenia reaktora z pięcioma/sześcioma elementami paliwowymi odsuniętymi od zasadniczego

rdzenia reaktora dla zmniejszenia wartości strumienia neutronów termicznych (rys.3). Prowadzono również napromieniania igieł irydowych wykorzystywanych w brachyterapii oraz tarcz irydowych stosowanych w defektoskopii. Celem uzyskania wysokiej aktywności właściwej tych tarcz wynoszącej min. 18,5 TBq/g, zdecydowano się na wydłużenie cykli pracy ponad normalne 100 godzin (w sumie 7 cykli) i podniesienie mocy do ok. 22 MW.

Celem pracy reaktora MARIA w 2009 r. było również wykorzystywanie wiązek neutronów, wyprowadzonych przez kanały poziome reaktora do prac badawczych prowadzonych przez Środowiskowe Laboratorium Neutronografii. Poniżej przedstawiono zakres prac badawczych prowadzonych na kanałach poziomych:

Kanał poziomy nr H-3

(łącznie czas otwarcia kanału:

1500 godz. czyli 35% czasu pracy reaktora)

- Badanie rozmiarów mezoporów w próbkach ceramiki specjalnej na bazie ZnO oraz Al_2O_3 (współpraca z Wydziałem Chemii Politechniki Warszawskiej).

Kanał poziomy nr H-4

(łącznie czas otwarcia kanału:

1200 godz. – 28%)

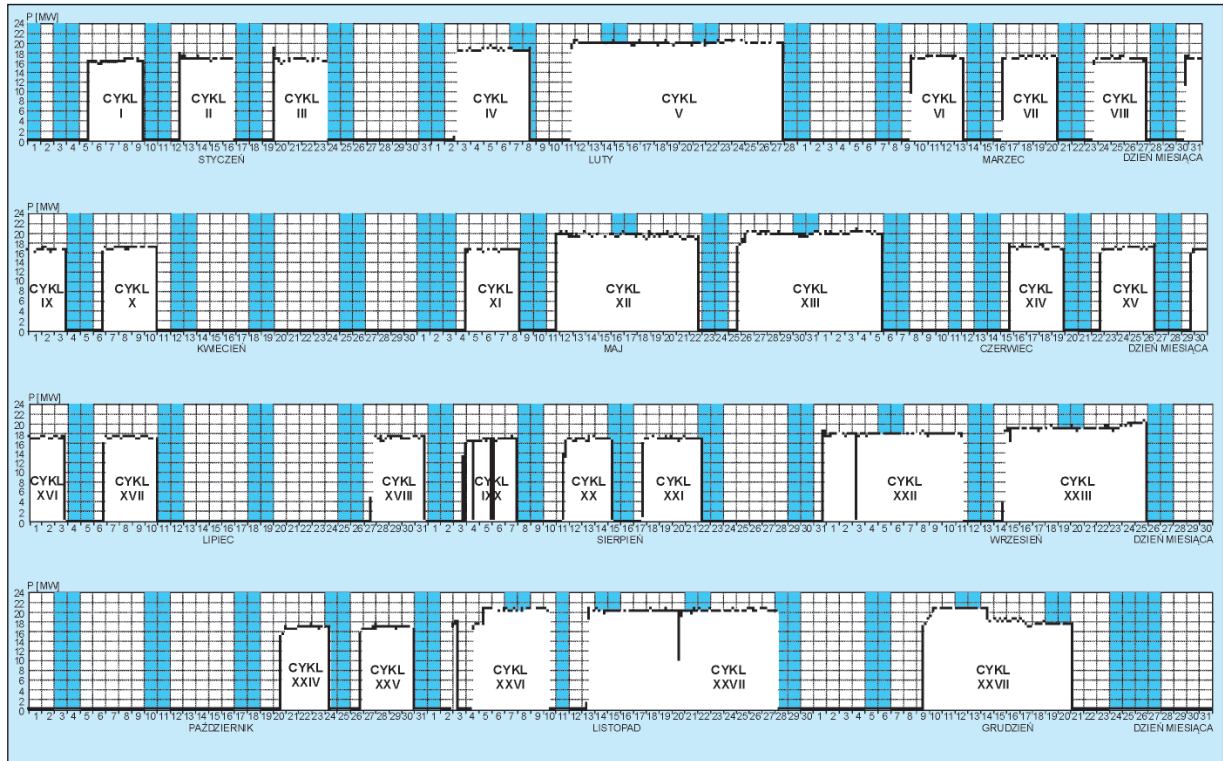
- Badanie średnich rozmiarów makroniejednorodności złóż kwarcu, zeolitu, grafitu i suchego kaolinu.

Kanał poziomy nr H-5

(łącznie czas otwarcia kanału:

1200 godz. – 28%)

- Badanie uporządkowania atomowego w stopach układu $Dy(Fe_xCo_{1-x})$ (współpraca z Akademią Górniczo-Hutniczą).



Rys. 1. Zestawienie pracy reaktora w 2009 roku

Kanał poziomy nr H-6
(łącznie czas otwarcia kanału:
3700 godz. – 87%)

- Badanie uporządkowania atomowego w stopach układu Dy($\text{Fe}_x\text{Co}_{1-x}$).
- Badanie dynamiki fluktuacji magnetycznych w temp. 290°K w hartowanej próbce stopu $\text{Mn}_{0,75}\text{Cu}_{0,25}$.

- Badanie magnetycznego uporządkowania bliskiego zasięgu w hartowanej próbce stopu $\text{Mn}_{0,75}\text{Cu}_{0,25}$ oraz temperaturowej zależności namagnesowania podsieci.

Kanał poziomy nr H-7
(łącznie czas otwarcia kanału:
2900 godz. – 68%)

- Badanie anizotropii tłumienia fal spinowych w stopie Fe-Al-Si.

- Badanie relacji dyspersji magnonów w stopie sendust w pobliżu centrum strefy Brillouina.
- Badanie magnetycznego uporządkowania bliskiego i dalekiego zasięgu w zdeformowanej plastycznie próbce stopu $\text{Mn}_{0,75}\text{Cu}_{0,25}$ po rozpadzie fazowym.

- Wyznaczenie temperatury Neela w próbce stopu $\text{Mn}_{0,75}\text{Cu}_{0,25}$ po rozpadzie spinoidalnym i deformacji.

Kanał poziomy nr H-8
(łącznie czas otwarcia kanału:
880 godz. – 19%)

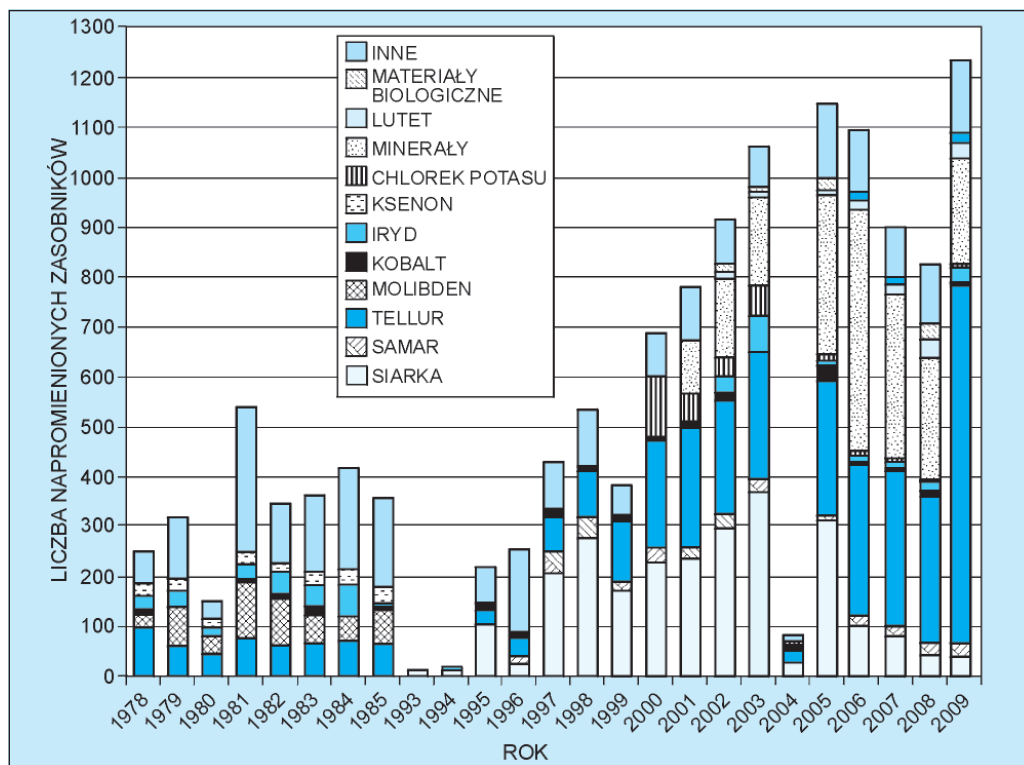
- Badanie procesu schnięcia płaskich warstw mokrego piasku kwarcowego w warunkach konwekcji wymuszonej.

- Badanie procesu schnięcia walców kaolinyowych w warunkach konwekcji wymuszonej (współpraca z Politechniką Poznańską).

- Badanie wpływu temperatury na szybkość transportu kapilarnego wody w złożach drobnopiękniściego zeolitu naturalnego poddanego wygrzewaniu w temperaturach 50, 100 i 150°C.

Od 2006 r. eksploatowano tylko elementy paliwowe o wzbogaceniu 36% i o zawartości 430 g rozszczepialnego izotopu U-235 (paliwo rosyjskie typu MR-6). Od tego czasu stwierdzono zdecydowany spadek uwolnień produktów rozszczepienia z tych elementów do wody obiegu chłodzenia kanałów paliwowych i co za tym idzie, spadek zagrożenia radiologicznego w pomieszczeniach technologicznych. Ze względu na lepszą jakość, możliwe jest uzyskanie głębszego wypalenia elementów paliwowych, przewyższającego 50%, co zdecydowanie podnosi efektywność jego paliwa.

W sierpniu 2009 r. rozpoczęto testowe napromienianie dwu prototypowych elementów paliwowych niskowzbogaconych o wzbogaceniu 19,75% i zawartości 480 g izotopu U-235 (elementy typu MC). Elementy te wyprodukowane zostały przez francuską firmę CERCA i w przy-



Rys. 2. Wykaz napromienionych materiałów tarczowych

padku pozytywnych wyników ich testowania, tego typu paliwo będzie mogło być w przyszłości eksploatowane w reaktorze MARIA. Konwersja rdzenia reaktora MARIA na paliwo niskowzbożone poddyktowana jest przystąpieniem Polski do amerykańskiego programu Redukcji Globalnego Zagrożenia od Materiałów Rozszczepialnych znanego pod skrótem GTRI (*Global Threat Reduction Initiative*).

Poziomy uwolnień produktów rozszczepienia uranu do atmosfery przedstawione na rys. 4-6 były niższe niż w ostatnich latach i odpowiednio wyniosły:

- emisja gazów szlachetnych (głównie Ar-41) – $9,2 \cdot 10^{12}$ Bq, co stanowiło 0,9% limitu uwolnień,
- emisja jodów – $1,5 \cdot 10^7$ Bq, co stanowiło 0,3% rocznego limitu uwolnień,
- uwolnienie krótkożyjących izotopów Rb-88 i Cs-138 – $5,5 \cdot 10^8$ Bq.

W 2009 roku 102 pracowników reaktora otrzymało dawkę mierzalną na całe ciało (Hp-10) zawierającą się w granicach 0,10-1,98 mSv, a 8 pra-

cowników otrzymało dawkę mierzalną na skórę (Hp-0,07) w granicach 2,73-6,29 mSv. Otrzymałe w tym roku dawki są niższe od otrzymanych w latach ubiegłych, ze względu na lepszą jakość paliwa, jak stwierdzono powyżej.

W 2009 roku wystąpiło 6 krótkotrwałych przerw w czasie pracy reaktora (ok. 20 minut) oraz 3 wyłączenia nieplanowane prowadzące do skrócenia cykli pracy. Wyłączenia te spowodowane były nieszczelnością wymiennika ciepła oraz dwukrotnie wadliwą pracą komór jonizacyjnych wskazujących moc reaktora.

Poniżej przedstawiono dwa parametry mówiące o dyspozycyjności reaktora MARIA:

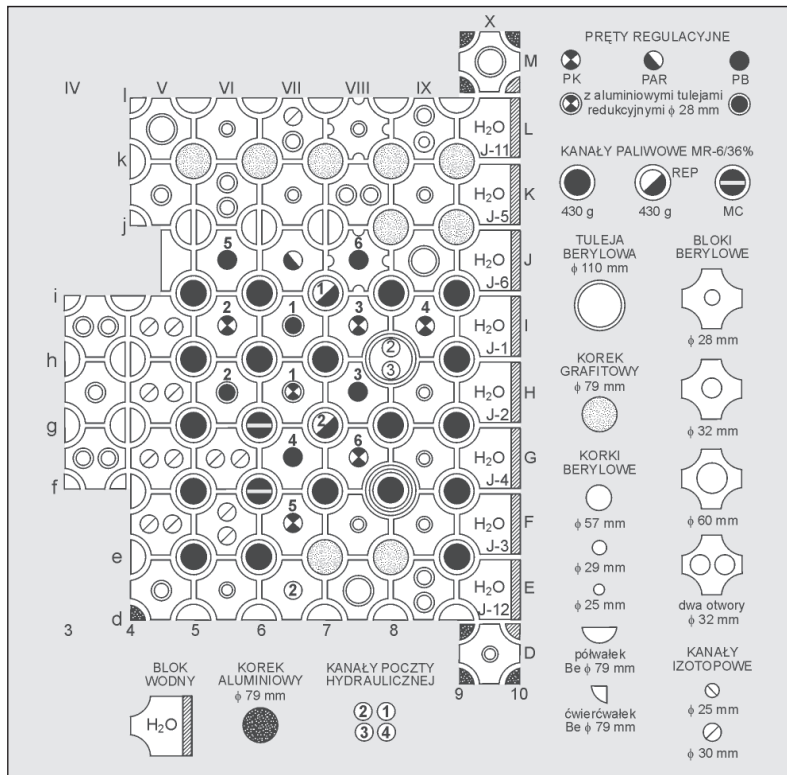
(1) stosunek sumy przepracowanych godzin przez reaktor do sumy przepracowanych godzin i sumy godzin nieplanowanych wyłączeń (A_1), który wynosił 96,8%,

(2) stosunek przepracowanych godzin przez reaktor do liczby 8760 godzin w roku (A_2) wynoszący 48,7%.

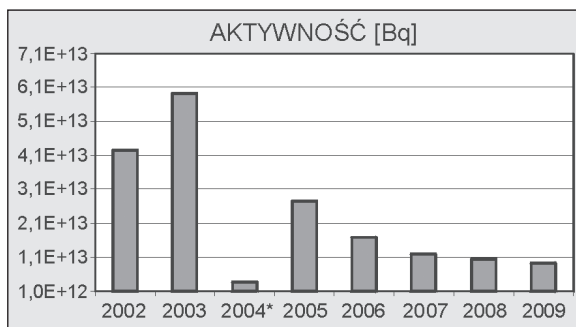
W latach poprzednich wskaźniki te kształtowały się następująco:

Wskaźnik	Rok												
	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
A_1	96,4	96,8	97,0	99,4	98,0	99,5	95,7	100,0	99,0	99,1	98,7	98,8	96,8
A_2	44,0	35,5	32,0	42,3	40,0	44,5	45,8	3,4 ⁾	43,7	45,7	45,7	49,1	48,7

⁾ Z powodu braku paliwa reaktor pracował tylko 300 godzin.

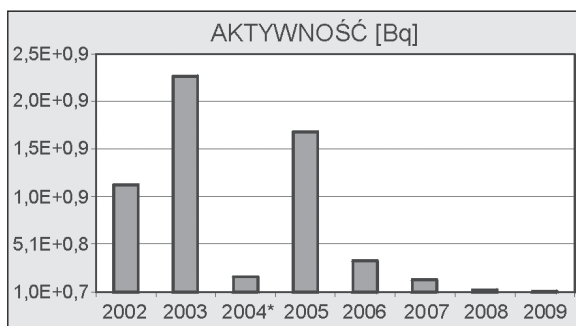


Rys. 3. Konfiguracja rdzenia reaktora w grudniu 2009



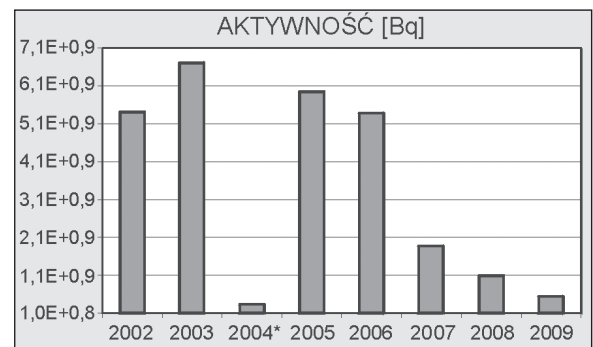
*) reaktor pracował tylko w styczniu 2004

Rys. 4. Roczne uwolnienia gazów szlachetnych w ciągu ostatnich ośmiu lat



*) reaktor pracował tylko w styczniu 2004

Rys. 5. Roczne uwolnienia jodów w ciągu ostatnich ośmiu lat



*) reaktor pracował tylko w styczniu 2004

Rys. 6. Roczne uwolnienia aerozoli krótkożyjących izotopów rubidu (Rb-88) i cezu (Cs-138) w ciągu ostatnich ośmiu lat

W ramach upowszechniania wiedzy o atomistyce w 2009 roku, reaktor MARIA zwiedziło ok. 5000 uczniów szkół średnich i studentów uczelni wyższych z terenu całej Polski. Dla niektórych grup studenckich organizowano również ćwiczenia praktyczne.

Podsumowując, należy stwierdzić, że praca reaktora przebiegała bez większych zakłóceń, potwierdzając jego dobrą dyspozycyjność oraz bezpieczną eksploatację. ■

*mgr inż. Andrzej Gołąb,
Instytut Energii Atomowej, Otwock-Świerk*