

POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ

VOL. 62 Z. 4 ISSN 0551-6846 WARSZAWA 2019



więcej na str. 20 i 55

4-2019

INSTYTUT CHEMII I TECHNIKI JĄDROWEJ
POLSKIE TOWARZYSTWO NUKLEONICZNE

SPIS TREŚCI

WYWIAD Z DR. TETSUO NISHIHARA NA TEMAT
REAKTORÓW WYSOKOTEMPERATUROWYCH
CHŁODZONYCH GAZEM (HTGR)

..... 2

INTERVIEW WITH DR. TETSUO NISHIHARA
ABOUT HIGH TEMPERATURE GAS COOLED
REACTOR (HTGR)

..... 5

MODEL MANKALA W ENERGETYCE JĄDROWEJ
NA PRZYKŁADZIE FIŃSKIEJ SPÓŁKI FENNOVOIMA
Łukasz Sawicki, Bożena Horbaczewska..... 8

RADON – OCHRONA RADIOLOGICZNA I WPŁYW
NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Sylwester Sommer, Patrycja Włudecka,
Urszula Zielińska..... 16

ENERGETYKA JĄDROWA ...PO CHIŃSKU

Piotr Leśny..... 20

NAPĘD JĄDROWY OKRĘTÓW WOJENNYCH

Krzysztof Rzymkowski 27

ZASTOSOWANIE RADIOGRAFII PRZEMYSŁOWEJ
W BADANIACH OBIEKTÓW KULTURY MATERIALNEJ

Wojciech Głuszewski 35

TOWARZYSTWO MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE
W HOŁDZIE- 25 LAT DZIAŁALNOŚCI

Małgorzata Sobieszczak-Marciniak 38

DONIESIENIA Z KRAJU 46

DONIESIENIA ZE ŚWIATA..... 55

OPINIE PTJ 55

WYDARZENIA..... 57

INFORMACJE O KSIĄŻKACH..... 62

IN MEMORIAM..... 64



więcej informacji na str. 20 i 55



Kwartalnik naukowo-informacyjny
Postępy Techniki Jądrowej

Wydawca:
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej
ul. Dorodna 16, 03-195 Warszawa,

Kontakt Telefoniczny:
Tel. 22 504 12 48
Fax.: 22 811 15 32

Redaktor naczelny:
Stanisław Latek
S.Latek@ichtj.waw.pl

Komitet redakcyjny:
Wojciech Głuszewski
Maria Kowalska
Łukasz Sawicki
Marek Rabiński
Edward Rurarz
Elżbieta Zalewska

Współpracują z nami:
Andrzej Mikulski
Małgorzata Sobieszczak-Marciniak
Małgorzata Nowina-Konopka

Redakcja:
PTJ-redakcja@ichtj.waw.pl

Adres strony internetowej PTJ:
<http://ptj.waw.pl>

Opracowanie graficzne:
Hubert Stańczyk (Agencja Reklamowa TOP)

Zastrzegamy sobie prawo skracania i adjustacji
tekstów oraz zmian tytułów.

Recenzowanie artykułów
Większość manuskryptów przesyłana jest do recenzowania
przez 1-2 ekspertów z dziedziny, której dotyczy artykuł. Na
podstawie opinii recenzentów artykuły są akceptowane do
druku, kierowane do poprawy, lub odrzucane.

Prenumerata
Zamówienia na prenumeratę kwartalnika
POSTĘPY TECHNIKI JĄDROWEJ
należy składać na adres redakcji jak wyżej.
Wpłaty proszę przekazać na konto:
Bank Pekao SA,
45 1240 3480 1111 0000 4278 2935
Koszt prenumeraty rocznej
(4 zeszyty łącznie z kosztami przesyłki) wynosi 50 zł.
Składając zamówienie należy podać adres osoby
lub instytucji zamawiającej, na który
ma być przesłane czasopismo oraz numer NIP.

Skład i druk:
Agencja Reklamowa TOP,
ul. Toruńska 148, 87-800 Włocławek

Szانونi Państwo

Po refleksjach Władysława Kielbasy na temat Żarnowca warto zająć się aktualnymi problemami dotyczącymi szeroko rozumianego polskiego programu energetyki jądrowej. Piszę te ostatnie cztery słowa małymi literami, bo PPEJ odnosi się do dokumentu, który nadal nie jest ostatecznie zatwierdzony przez władze państwowe.

Jednym z elementów tego szerokiego programu rozwoju energetyki jądrowej jest budowa w Narodowym Centrum Badań Jądrowych (NCBJ) reaktora wysokotemperaturowego chłodzonego gazem (HTGR). Partnerami przy realizacji tego ambitnego zadania polskich specjalistów mają być Japończycy.

Z okazji II seminarium pt. „Rozwój technologii reaktorów HTGR dla kogeneracji i dostarczania ciepła przemysłowego” zorganizowanego wspólnie przez NCBJ i Japońską Agencję Energii Atomowej w lipcu 2019 r. dr Andrzej Mikulski przeprowadził wywiad z dr. Tet-suo Nishihara, wicedyrektorem Biura Współpracy Międzynarodowej i Otoczenia Środowiska w Japońskiej Agencji Energii Atomowej. Dr Nishihara entuzjasta i zwolennik budowy HTGR-ów powiedział w wywiadzie, że „...reaktor HTGR jest wspaniały pod względem bezpieczeństwa i dostarcza ciepło wysokotemperaturowe, które nie może być dostarczane przez reaktory LWR (reaktory chłodzone lekką wodą). Potencjał reaktorów HTGR jest ogromny i można oczekiwać zastosowania ich w różnych gałęziach przemysłu”.

Wywiad opublikowany został w polskiej i angielskiej wersji językowej. Zachęcam Czytelników do uważnego przeczytania tego ciekawego i ważnego materiału.

Kolejny tekst w bieżącym numerze dotyczy innej, ale także bardzo ważnej kwestii: finansowania projektów inwestycyjnych w energetyce jądrowej. Tytuł artykułu: „MODEL MANKALA W ENERGETYCE JĄDROWEJ NA PRZYKŁADZIE FIŃSKIEJ SPÓŁKI FENNOVOIMA”. Autorami artykułu są Łukasz Sawicki i Bożena Horbaczewska. Jest to kontynuacja poprzedniego artykułu, opublikowanego w pierwszym tegorocznym numerze PTJ, w którym model Mankala został opisany na przykładzie spółki TVO. Niniejszy artykuł stanowi kontynuację tego tematu, przy czym przedmiotem analizy jest spółka Fenno-voima, która stosuje zmodyfikowaną (hybrydową) wersję modelu. Opisujący model finansowania stosowany jest przy budowie bloku jądrowego Hanhikivi-1 można uznać za projekt hybrydowy, ponieważ łączy on w sobie klasyczny fiński model Mankala (odbiorcy przemysłowi, gminne spółki obrotu energią, państwowy koncern energetyczny Fortum) z zaangażowaniem dużego inwestora zagranicznego i dostawcy technologii (rosyjski Rosatom).

7 listopada, w rocznicę urodzin Marii Skłodowskiej-Curie, obchodzimy Europejski Dzień Radonu. Ustanowiony został w 2015 r. z inicjatywy Europejskiego Stowarzyszenia Radonowego (European Radon Association) i ma na celu zwiększenie świadomości społecznej dotyczącej występowania radonu i konsekwencji zdrowotnych jego pojawiania się.

Nie wiem co było bezpośrednim powodem przygotowania artykułu „Radon – ochrona radiologiczna i wpływ na organizm człowieka” przez zespół autorów: Sylwester Sommer, Patrycja Włudecka, Urszula Zielińska, ale – moim zdaniem – tekst o radonie jest na czasie. Radon, radioaktywny gaz szlachetny, obecny w środowisku człowieka jest drugim po paleniu papierosów czynnikiem odpowiedzialnym za powstawanie raka płuc. W 2019 r. do prawa polskiego została zaimplementowana Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 2013/59/EURATOM (tak zwana BSS) wymagająca czynnej ochrony przed stężeniami radonu powyżej 300 Bq/m³. Jak piszą autorzy artykułu problem, jakie stężenia radonu zwiększają ryzyko powstawania nowotworów płuc, jest ciągle tematem dyskusji naukowej i nie jest jednoznaczny.

Kolejny artykuł opisuje stan energetyki jądrowej w Chinach. Autor, Piotr Leśny, pisze w streszczeniu swojego tekstu: „Chiński program budowy elektrowni jądrowych jest jednym z najszybciej rozwijających się programów jądrowych na świecie. Jedną z największych gospodarek globu potrzebuje dużych ilości energii elektrycznej, której produkcja nie wiąże się z emisją zanieczyszczeń. Dotyczy to przede wszystkim najbardziej uprzemysłowionych regionów Chin ze szczególnym uwzględnieniem terenów nadmorskich np. aglomeracji Szanghaju”. Opisujący tekst przybliży chiński program jądrowy. Opisuje też, jak Chinom udaje się budować reaktory jądrowe w wyjątkowo szybkim tempie. Przybliżone zostają również Czytelnikom projekty tych reaktorów energetycznych, które stanowią produkt eksportowy Chin i mogą wzbudzać zainteresowanie Polski.

Krzysztof Rzymkowski przygotował artykuł na temat okrętów atomowych, ściślej na temat napędu jądrowego okrętów wojennych. A oto co pisze autor we wstępie: „Obserwowane zmiany klimatyczne wymuszają konieczność znacznego ograniczenia wykorzystywania

paliw kopalnych we wszystkich dziedzinach gospodarki. Dotyczy to również bardzo rozwiniętego transportu morskiego, który w dalekiej przeszłości korzystał wyłącznie ze źródeł odnawialnych głównie wiatru. Pełny powrót do tego sposobu wykorzystania sił przyrody nie wydaje się możliwy. Pewną alternatywą ograniczenia zużycia paliw kopalnych w transporcie morskim może być powszechniejsze wykorzystanie napędu jądrowego[...]. Zaletą napędu jądrowego jest szczególnie małe zużycie paliwa. Energia uzyskana z kilograma paliwa uranowego odpowiada energii otrzymanej z 70 t węgla”.

Ciekawy tekst zamieszczony w części artykułowej bieżącego numeru przygotował dr Wojciech Głuszewski. Tytuł artykułu: „Zastosowanie radiografii przemysłowej w badaniach obiektów kultury materialnej”. W artykule przedstawiono przykład wykorzystania przez Międzynarodowy Instytut Spawalnictwa w Belgradzie przemysłowego systemu radiografii cyfrowej do badania obiektów istotnych dla dziedzictwa kulturowego. Prace te są prowadzone wspólnie z Instytutem Badań Jądrowych Vinča.

Autorką ostatniego artykułu jest Małgorzata Sobieszcza-Marciniak, Prezes Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Holdzie, które właśnie obchodzi 25 lat działalności. To 25 lat temu kilkoro pasjonatów podziwiających pracę, dokonania i osobowość Marii Skłodowskiej-Curie postanowiło utworzyć stowarzyszenie, którego zadaniem będzie propagowanie wiedzy na temat odkryć, pracy naukowej Uczonej. Dodatkowo postawili sobie za cel przypomnienie czy wręcz informowanie świata o fakcie, że Maria Skłodowska-Curie urodziła się w Warszawie, że uważała się za Polkę i była dumna z tego faktu. Na ręce pani Prezes redakcja PTJ składa serdeczne gratulacje i życzenia dalszego rozwoju Towarzystwa.

Drugą część omawianego zeszytu PTJ otwiera informacja przygotowana przez dr. S. Sommera o XVIII Zjeździe Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie, który odbył się w Kielcach w dniach 16-19 września 2019 r. Zjazdowi towarzyszyło sympozjum satelitarne „Applications of low radiation doses in medical diagnosis and therapy”.

Relację o 45. Zjeździe Fizyków Polskich przygotowała Małgorzata Nowina-Konopka. Tradycja organizacji Zjazdów Fizyków Polskich sięga blisko stu lat. Pierwszy odbył się w Warszawie w 1923 r., a kolejne mniej więcej co dwa lata w różnych miastach polskich. Inicjatywa organizacji zjazdów wyszła od Polskiego Towarzystwa Fizycznego. 45. Zjazd Fizyków Polskich inaugurował obchody 100-lecia Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Odbywał się w Krakowie w dniach 13-18 września 2019 r. W historii Towarzystwa był to już ósmy Zjazd Fizyków organizowany w Krakowie, co świadczy jak silną pozycję w Polsce ma krakowska fizyka. Jubileuszowy zjazd już za rok odbędzie się w stolicy.

Kolejne doniesienia dotyczą, między innymi, workshopu na temat badania szczelności instalacji w ramach projektu RER1020, w którym uczestniczyli specjaliści z siedmiu krajów oraz konferencji inspektorów ochrony radiologicznej.

Dr Wojciech Głuszewski przygotował doniesienia o laureatach nagród w konkursie PTN i o tegorocznych zdobywcach Polskich Nobli, czyli Nagród Fundacji na rzecz Nauki Polskiej.

Wśród doniesień ze świata znajdują Państwo informację o realizacji pierwszego komercyjnego projektu ciepłowniczego/ogrzewania jądrowego w Chinach.

Bardzo zachęcamy Czytelników do lektury opinii naszego eksperta z zakresu energetyki jądrowej na temat drugiej wersji dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2040 roku”.

W części kwartalnika poświęconej prezentacji ważnych wydarzeń z dziedziny atomistyki publikujemy informacje o ciekawej akcji to jest STAN ZA ATOMEM, o GALI XIX EDYCJI PROGRAMU L'OREAL-UNESCO – POLSKA DLA KOBIECI I NAUKI oraz o nadaniu przez UMCS PROF. PIERRE JOLIOT tytułu DOKTORA HONORIS CAUSA.

W bieżącym numerze PTJ publikujemy omówienie książki JERZEGO LIPKI „ODKŁAMAC ŻARNOWIEC” oraz przegląd artykułów o energetyce jądrowej publikowanych w mediach drukowanych.

Podobnie jak w niemal każdym numerze naszego czasopiśma publikujemy informacje/wspomnienia o Zmarłych. Tym razem wspominamy prof. Wojciecha Królikowskiego – wybitnego fizyka członka rzeczywistego Polskiej Akademii Nauk.

I obejrzyjcie Państwo nasze okładki!!!

Życzę Państwu — po ciepłej jesieni i zimie — pięknej, zielonej, wiosny. I oby wiosna nadeszła także dla polskiej energetyki jądrowej.

Stanisław Latek,
redaktor naczelny

WYWIAD Z DR. TETSUO NISHIHARA NA TEMAT REAKTORÓW WYSOKOTEMPERATUROWYCH CHŁODZONYCH GAZEM (HTGR)

Z okazji II seminarium pt. „Rozwój technologii reaktorów HTGR dla kogeneracji i dostarczania ciepła przemysłowego” zorganizowanego wspólnie przez Narodowe Centrum Badań Jądrowych i Japońską Agencję Energii Atomowej w dniach 11-12 lipca 2019 r. dr Andrzej Mikulski przeprowadził wywiad z dr. Tetsuo Nishihara, z wicedyrektorem Biura Współpracy Międzynarodowej i Spraw Socjalnych w Japońskiej Agencji Energii Atomowej.



Dr Tetsuo Nishihara

Rozwój technologii wysokotemperaturowych reaktorów chłodzonych gazem (ang. HTGR) rozpoczął się już w 1959 r., a obecnie koncentruje się na uruchomieniu reaktora HTTR po dokonaniu ulepszeń wykonanych po katastrofie w EJ Fukushima. Kiedy można się spodziewać uruchomienia tego reaktora?

W Japonii badania i rozwój technologii dla wielozadaniowego reaktora wysokotemperaturowego chłodzonego gazem trwają od 1969 r. Konstrukcja reaktora HTGR poprzedzona była prowadzeniem szeregu badań które obejmowały: napromienianie paliwa w pętli badawczej Oarai Nr 1 (OGL-1) w Japońskim Materiałowym Reaktorze Badawczym (JMTR), testy krytyczności w bardzo wysokotemperaturowym zestawie krytycznym (VHTGR) oraz warunki wymiany

ciepła w helowej pętli badawczej (HENDEL). Pozwoliło to na zebranie podstawowych informacji o tej technologii.

Prace konstrukcyjne wysokotemperaturowego reaktora badawczego (HTTR) rozpoczęły się w 1985 r., a proces licencjonowania w 1989 r. Budowa rozpoczęła się w 1991 r. i pierwsze doświadczenie krytyczne miało miejsce w 1990 r. Następnie przeprowadzono wiele doświadczeń takich jak: praca na mocy 30 MW z temperaturą wylotową helu, jako chłodziwa równą 850°C, test wysokotemperaturowy z temperaturą wylotową równą 950°C, pokaz bezpieczeństwa, który obejmował redukcję przepływu gazu, usunięcie prętów kontrolnych z rdzenia itd. Pozwoliło to na zgromadzenie danych testowych i zdobycie doświadczenia operacyjnego.

W 2010 r. reaktor pracował bez przerwy przez 50 dni utrzymując temperaturę wylotową gazu na poziomie 950°C, by wykazać możliwość dostarczania ciepła technologicznego oraz testowano utratę wymuszonego chłodzenia, by potwierdzić inherentne (wewnętrzne) bezpieczeństwo reaktora HTGR, jako jeden z testów pokazujących bezpieczeństwo pracy tego reaktora.

Z powodu Wielkiego Wschodnio-japońskiego Trzęsienia Ziemi w marcu 2011 r. i katastrofy w EJ Fukushima-Daiichi należącej do holdingu TEPCO japoński Urząd Dozoru Jądrowego (NRA) dokonał przeglądu wymagań bezpieczeństwa, które weszły w życie w grudniu 2013 r. NRA wymaga by JAEA przeprowadziła ponowną ocenę bezpieczeństwa wszystkich reaktorów badawczych, a w tym reaktora HTTR. W listopadzie 2014 r. JAEA dostarczyła wniosek dotyczący reaktora HTTR do NRA.

Przegląd bezpieczeństwa reaktora HTTR został prawie ukończony. Po przeglądzie projektu i zbadaniu zgodności z nowymi regulacjami praca reaktora zostanie wznowiona.

Zakres prac wykonanych w zakresie analiz bezpieczeństwa po 2011 r. [przedstawiony na seminarium] robi duże wrażenie. Ilu specjalistów pracowało, by wykonać tę pracę?

W JAEA jest zatrudnionych około 100 osób przy pracach badawczych i rozwojowych reaktora HTGR, a także w zakresie eksploatacji i utrzymania w ruchu reaktora HTGR. W odniesieniu do analiz bezpieczeństwa około 10 ekspertów pracowało przy rozwijaniu scenariuszy awaryjnych, modelowaniu i przeprowadzeniu analiz bezpieczeństwa.



Fot. 1. Widok budynku reaktora HTTR (fot: JAERI)

Reaktor HTTR jest reaktorem badawczym, a dla celów przemysłowych taki reaktor trzeba dopiero zbudować, kiedy budowa może się rozpocząć? Czy w Japonii znajduje się jakaś fabryka chemiczna zainteresowana, by posiadać (lub kupić) taki reaktor? Kiedy budowa może się rozpocząć i od kiedy może być on eksploatowany?

Reaktor HTTR jest reaktorem badawczym. Aby podnieść ekonomiczność tego reaktora, jako reaktora przemysłowego, jego moc musi być większa. Ponieważ moc reaktora jest określona przez wymagania użytkownika JAEA prowadzi studia nad systemem reaktorów o mocy w zakresie od 50 do 600 MW.

W Japonii potrzeba zastosowań ciepłowniczych reaktora HTGR, by przeciwdziałać globalnemu ociepleniu jest znana i prace badawczo-rozwojowe nad reaktorem HTGR wpisane są w kilka kierunków działań politycznych. Od czasu awarii w EJ Fukushima-Daiichi trudno jest uzyskać publiczne zrozumienie dla wykorzystania energii jądrowej. Ostatnio, ponownie uznano potrzebę wykorzystania energii jądrowej jako środka przeciwdziałania globalnemu ociepleniu. Agencja Źródeł Naturalnych i Energii w Ministerstwie Gospodarki, Handlu i Przemysłu (METI) ogłosiła nowy projekt „Energia Jądrowa x Promocja Innowacyjności” (Nuclear Energy x Innovation Promotion – NEXIP). Zgodnie z tym projektem, kilku japońskich producentów prowadzi studia badawcze nad komercjalizacją reaktorów HTGR. Oczekiwania na reaktory HTGR o obiecującej (wspaniałej) technologii rozwiniętej poprzez projekt i eksploatację reaktora HTTR rosną, jako że jest to bezpieczny i mały reaktor modułowy.

Aby spełnić wymagania Porozumienia Paryskiego, JAEA przyjmuje, że wielokierunkowa komercjalizacja reaktora HTGR do zastosowań ciepłowniczych będzie uruchomiona do 2050 r., jako że jest to sprawa zasadnicza nie tylko dla wytwarzania energii elektrycznej, ale również do zastosowania energii jądrowej na innych polach. Zatem będziemy uruchamiać system pokazowy przynajmniej od 2030 r.

Podczas seminarium stwierdzono, że czas przeładunku paliwa będzie trwał kilka miesięcy. Tak długi czas jest nieakceptowalny w warunkach przemysłowych, jak według Pana operacja ta może być przeprowadzona w krótszym czasie?

Czas trwania przeładunku paliwa w reaktorze HTR jest tak długi, ponieważ jest to reaktor badawczy. Przyjmujemy, że roczny czas eksploatacji reaktora będzie wynosił 60%. Okresowe, roczne przeglądy trwają wystarczająco długo tak, że nie jest potrzebne skracanie okresu przeładunku, więc nie przewiduje się zainstalowania płyty obrotowej na górze zbiornika reaktora dla skrócenia tego czasu.

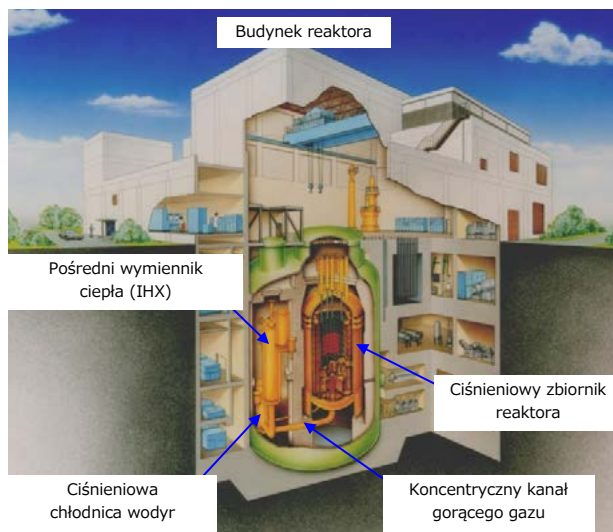
Z drugiej strony, reaktor przemysłowy wymaga wzrostu współczynnika wykorzystania dla zwiększenia jego efektywności ekonomicznej. Rozważamy wprowadzenie bardziej wydajnej procedury wymiany paliwa. Zainstalowanie płyty obrotowej, równoczesna praca dwóch maszyn przeładunkowych i zastosowanie pracy wielozmianowej pozwoli na skrócenie czasu przeładunku do około jednego miesiąca. Co więcej, przyjmuje się, że przeglądy okresowe będą prowadzone raz na dwa lata w reaktorze przemysłowym, poza tym przeładunek będzie prowadzony w okresie przeglądu technicznego, zatem współczynnik wykorzystania nie zmniejszy się z powodu przeładunku paliwa.

W ostatnim pytaniu chciałbym zapytać o Pana osobistą opinię. Program energetyki jądrowej w Polsce został sformułowany 10 lat temu i oparty jest o bloki dużej mocy. Obecnie małe reaktory modułowe (SMR) stają się coraz bardziej popularne. Nie mam tu na myśli reaktorów HTGR produkujących ciepło przemysłowe, a zintegrowane reaktory wodno-ciśnieniowe (PWR), które pracują już wiele lat i są dobrze rozwinięte technicznie. Zatem, czy Polska powinna podążać w kierunku reaktorów dużej mocy, czy rozpocząć prace rozwojowe nad reaktorem SMR (jak czynią to inne kraje) i próbować budować je w lokalizacjach, gdzie stare konwencjonalne bloki o mocy około 200 MW będą wyłączane z eksploatacji w najbliższych latach?

Wprowadzenie do eksploatacji reaktorów jądrowych w dużej mierze zależy od krajowej polityki energetycznej i potrzeb przemysłu. Dowiedzieliśmy się, że polityka energetyczna Polski w zakresie energetyki jądrowej promuje dwa projekty, wytwarzanie energii elektrycznej w reaktorach LWR o dużej mocy (reaktory chłodzone lekką wodą) i ciepła przemysłowego za pomocą małych reaktorów modułowych, a w tym reaktorów HTGR.

Konstrukcja dużych reaktorów lekko-wodnych (LWR) wymaga ogromnych nakładów finansowych, zatem proponujemy zbudowanie energetyki jądrowej poprzez wprowadzenie reaktorów HTGR dostarczających ciepło jako reaktory SMR wymagające małych nakładów finansowych w połączeniu z faktem, że wiele projektów reaktorów LWR zostało wstrzymanych w wielu krajach. Wcześniejsze przejście od paliw kopalnych do energetyki jądrowej pokazuje sposób redukcji emisji CO₂ w kraju i za granicą, co jest pilnym wymogiem UE, a w tym i Polski.

JAEA i NCBJ będą pracować wspólnie nad zastąpieniem kotłów parowych opalanych węglem przez systemy dostarczania wysokotemperaturowej pary wodnej przy wykorzystaniu reaktorów HTGR.



Fot. 2. Widok reaktora HTTR w przekroju (JAERI)

Co chciałby Pan powiedzieć specjalistom zatrudnionym przy konstrukcji reaktora HTGR w Polsce?

Reaktor HTGR jest wspaniały pod względem bezpieczeństwa i dostarcza ciepło wysokotemperaturowe, które nie może być dostarczane przez reaktory LWR. Potencjał reaktorów HTGR jest ogromny i można oczekiwać zastosowania ich w różnych gałęziach przemysłu.

JAEA proponuje systemy hybrydowe łączące odnawialne źródła energii z reaktorem HTGR wytwarzającym w kogeneracji wodór celem stabilnego dostarczania energii elektrycznej i wodoru bez emisji CO₂.

Mam nadzieję, że naukowcy i inżynierowie zaangażowani w rozwój reaktora HTGR w Polsce zaproponują atrakcyjne systemy, które mogą znaleźć zastosowanie nie tylko w Polsce, ale również na świecie.

Dr Tetsuo Nishihara jest wicedyrektorem Biura Współpracy Międzynarodowej i Spraw Socjalnych w Sektorze Reaktorów Prędkich i Zaawansowanych Badań i Rozwoju w Japońskiej Agencji Energii Atomowej (JAEA).

Przed objęciem obecnego stanowiska przez 25 lat był zaangażowany w rozwój reaktorów HTGR.

Ukończył Uniwersytet Tohoku w 1991 r. i rozpoczął badania i prace nad rozwojem reaktorów HTGR w Japońskim Instytucie Badań Energii Atomowej (JAERI). Przez ponad 15 lat prowadził projekt wykorzystania reaktora HTGR w JAERI.

Przeprowadził wielogodzinny test pracy reaktora przy wysokiej temperaturze gazu i test wykazujący bezpieczeństwo reaktora HTTR, jako kierownik działu inżynierii reaktora HTTR.

Wywiad przeprowadził dr Andrzej Mikulski, Polskie Towarzystwo Nukleoniczne, Warszawa

II Seminarium Rozwój technologii reaktorów HTGR do celów kogeneracji i produkcji ciepła

Organizator SEMINARIUM: Japońska Agencja Energii Atomowej (JAEA) i Narodowe Centrum Badań Jądrowych w Świerku we współpracy z japońskim Ministerstwem Edukacji, Kultury, Sportu oraz Nauki i Technologii i polskim Ministerstwem Energii.

Miejsce: Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), Otwock - Świerk

Czwartek, 11 lipca 2019 r.

Przewodniczy: Mr. Yuki Tachibana (JAEA)

Otwarcie seminarium: wystąpienia przedstawicieli NCBJ i Ambasady Japonii w Warszawie

Sesja plenarna

Obecny stan rozwoju reaktora HTGR w Polsce

Prof. Grzegorz Wrochna

- Ogólna informacja o reaktorze HTGR na seminarium w Polsce
Dr Tetsuo Nishihara
Sesja techniczna nr 1:

Proces licencjonowania reaktora HTGR

Wymagania bezpieczeństwa reaktora HTGR
Dr Hirofumi Ohashi

- Uzyskane doświadczenia przy licencjonowaniu reaktora HTTR
Dr Shoji Takada

Sesja techniczna nr 2:

Technologia i projektowanie reaktora HTGR

- Projektowanie rdzenia reaktora
Dr Minoru Goto
- Projektowanie elementów wyposażenia
Mr Yukio Tachibana

Piątek, 12 lipca 2019

Przewodniczy: Prof. Grzegorz Wrochna (NCBJ)

Sesja techniczna nr 2 (kontynuacja):

Technologia i projektowanie reaktora HTGR

- Analizy bezpieczeństwa
Dr Hirofumi Ohashi

Sesja techniczna nr 3:

Materiały dla reaktora HTGR

- Grafit
Dr Tetsuo Nishihara
- Metale
Mr Yukio Tachibana
- Paliwo
Dr Minoru Goto

Sesja techniczna nr 4:

Zagadnienia specjalne produkcji wodoru i technologii kogeneracji z wykorzystaniem reaktora HTGR

Mr Hiroki Noguchi

INTERVIEW WITH DR. TETSUO NISHIHARA ABOUT HIGH TEMPERATURE GAS COOLED REACTOR (HTGR)

On the occasion of the 2nd seminar “Development of HTGR Technology for Cogeneration and Heat Applications” co-organized by National Centre for Nuclear Research and Japan Atomic Energy Agency on 11-12 July 2019. Dr. Andrzej Mikulski conducted interview with Dr. Tetsuo Nishihara, Deputy Director, International Cooperation and Social Environment Office, Japan Atomic Energy Agency.



Dr. Tetsuo Nishihara

The development of HTGR technology in Japan has started as early as in 1969 and now has reached position of resumption of HTTR reactor restart after safety improvement done after Fukushima disaster. When the reactor will be ready to restart?

In Japan, we started research and development of multi-purpose high temperature gas cooled reactor (HTGR) since 1969 for diversifying energy resources and expanding use of nuclear energy. For construction of HTGR, irradiation test of HTGR fuel using the Oarai gas loop No.1 (OGL-1) which was one of test loops in Japan Materials Testing Reactor (JMTR), critical test of

HTGR core using the very high temperature reactor critical assembly (VHTRC), and heat transfer test using the helium engineering demonstration loop (HENDEL), has been carried out. Basic technology has been accumulated through these tests.

We started design for construction of the high temperature engineering test reactor (HTTR) in 1985, and licensing process in 1989. Construction began in 1991 and the first criticality was achieved in 1998. Thereafter, we have carried out various operations such as 30 MW rated power operation at 850°C of reactor outlet temperature, 30 MW high temperature test operation at 950°C of reactor outlet temperature, safety demonstration tests which include the primary helium flow reduction test, the control rod withdrawal test and so on. We accumulate many test data and operation experiences.

In 2010, we carried out the 50 days continuous operation at 950°C of reactor outlet temperature to demonstrate the high temperature heat supply capacity of HTGR and a loss of forced core cooling test to demonstrate the inherent safety feature of HTGR as one of safety demonstration tests.

Due to the Great East Japan Earthquake in March 2011 and resulting the Fukushima-Daiichi power plant accident of TEPCO Holdings, Japan's nuclear safety regulations were revised by Nuclear Regulation Authority (NRA) in Japan and they came into force in December 2013. NRA requires JAEA to reassess the nuclear safety of all test reactors including HTTR. In November 2014, JAEA submitted an application of HTTR to NRA.

The amount of work done for safety analysis after 2011 [presented during the seminar] is very impressive. How many specialists was working to do this job?

In JAEA, about 100 persons of researcher and engineer are involving the research and development of HTGR, operation and maintenance of HTTR. They are working together to respond the safety review of NRA for restart of HTTR operation. With regard to safety analysis, about 10 experts developed accident scenario, modelling and safety analysis.



Fot. 1. The building of the HTTR reactor (photo: JAERI)

The HTTR is a test reactor, but for industrial applications a reactor with higher power must be constructed, when this process will start? Do you have already a chemical factory which is interested to have (or to buy) this reactor? When the construction may be started and operational?

HTTR is a test research reactor. In order to enhance the economy as a commercial reactor, reactor power should be higher. Since the reactor power is determined by the user's requirement, JAEA carries out design studies of HTGR systems which power range is from 50 MW to 600 MW.

In Japan, the need of heat application of HTGR for countermeasure of global warming is recognized, and the research and development of HTGR is incorporated in the several national policies. Since the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, it has been difficult to gain public understanding of the use of nuclear power. Recently, the need of nuclear energy as a measure to prevent global warming has been recognized again. Agency for Natural Resources and Energy in Ministry of Economy, Trade and Industry (METI) has launched new project "Nuclear Energy x Innovation Promotion" (NEXIP). Under NEXIP, several Japanese manufacturers carry out feasibility study on the commercialization of HTGR system. Expectation for HTGR with excellent technologies developed through HTTR design and operation are increasing as HTGR is safe and small modular reactor.

In order to achieve the Paris Agreement, JAEA recognises that multiple commercial HTGR heat application systems will be deployed by 2050 as it is essential not only to generate electricity but also to expand the use of nuclear energy in various fields. And we will implement a demonstration system at least in the 2030s.

During the seminar was stated that "the duration of the whole refuelling is estimated about several months". For the industrial reactor it is not acceptable, how you think this operation may be done in shorter time?

Refuelling period of HTTR is estimated to take several months because HTTR is a test reactor. We assume the annual operation rate of 60% in design. The annual inspection period is sufficiently long and it is not necessary to shorten the refuelling period so that a rotating plug of the top of reactor vessel for shortening the refuelling time is not provided.

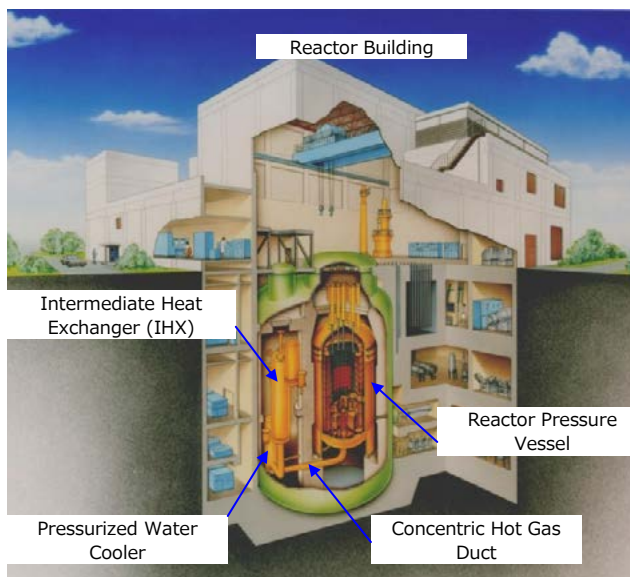
On the other hand, commercial reactor needs to increase the operation rate to increase economic efficiency. We considered efficient refuelling procedure. Installation of the rotating plug, simultaneous operation of double refuelling machine and day and night continuous operation make the refuelling period short to about one month. In addition, it is assumed to be the periodic inspection once every two years in commercial HTGR system, refuelling will be carried out within this inspection period so that the operation rate of commercial system does not decrease by the refuelling.

In the last question I would like to ask you about your personal opinion. The program for nuclear energy in Poland was formulated 10 year ago and is based on the high power units. Now the SMR reactors becomes more and more popular. I don't think about HTGR reactors for heat production but about integral PWR reactors with very long history and very well developed. Should Poland still follow the way with high power units or start to develop SMRs (as some other countries) and try to build them where the old conventional units of power about 200 MW will be taken out of service in few years?

The introduction of nuclear reactors depends heavily on the national energy policy and the needs of industries. We have heard that Poland's nuclear energy policy will promote two projects, power generation by large LWR and heat application use by small modular reactor including HTGR.

Since the construction of large LWR needs a large amount of money, we propose to build up the achievements of nuclear power use by introducing a HTGR heat application system as an SMR with small initial investment, due to the fact that many LWR projects are suspended in various countries. By realizing the energy shift from fossil fuels to nuclear power earlier, we can also show the contribution to reducing CO₂ emission to domestic and overseas which is an urgent issue for EU including Poland.

JAEA and NCBJ will work together to replace steam boilers using coal fired systems with high temperature steam supply system powered by HTGRs



Fot. 2. The cross-section of the HTTR reactor (JAERI)

What do you want to say to people involved in construction of HTGR reactor in Poland?

HTGR has excellent safety and can supply high temperature heat that cannot be supplied by LWRs.

The potential of HTGR is immense and expected to be utilized in various industries.

JAEA proposes a hybrid system combined renewable energy power generation system with HTGR hydrogen cogeneration system to supply electricity and hydrogen stably without CO₂ emission.

I hope that researchers and engineers involved in the development of HTGR in Poland propose an attractive system that can be used not only in Poland but also in the world.

Dr. Tetsuo NISHIHARA is the Deputy Director of International Cooperation and Social Environment Office, Sector of Fast Reactor and Advanced Reactor Research and Development, Japan Atomic Energy Agency (JAEA). Prior to current position, He was engaged in HTGR development for over 25 years.

He graduated Tohoku University in 1991 and started research and development of HTGR in Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI).

He was carried out safety design for coupling hydrogen production plant to HTGR for over 15 years.

He conducted high temperature long-term operation and safety demonstration test as the manager of HTTR reactor engineering section of Department of HTTR.

Interview was conducted by Andrzej Mikulski, Polish Nuclear Society, Warsaw

2nd Seminar on Development of HTGR Technology for Cogeneration and Heat Applications

Organized by Japan Atomic Energy Agency National Centre for Nuclear Research (PL) in cooperation with Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (Japan) and Ministry of Energy (Poland)

National Centre for Nuclear Research, Otwock - Swierk (Poland)

Thursday, 11 July 2019

Chair: Mr. TACHIBANA Yukio (JAEA)

Opening Ceremony Welcome address by NCBJ and Embassy of Japan

Plenary Session

- Present status of Polish HTGR development plan Prof. WROCHNA Grzegorz

- Briefing of HTGR seminar in Poland

Dr. NISHIHARA Tetsuo

Technical Session 1:

HTGR licensing process

- HTGR safety requirements Dr. OHASHI Hirofumi
- Experience with HTTR licensing Dr. TAKADA Shoji

Technical Session 2:

HTGR Technology and Design

- Core design Dr. GOTO Minoru
- Components design Mr. TACHIBANA Yukio

Friday, 12 July 2019

Chair: Prof. Grzegorz Wrochna (NCBJ)

Technical Session 2 (cont.):

HTGR Technology and Design

- Safety analysis Dr. OHASHI Hirofumi

Technical Session 3:

Materials for HTRGs

- Graphite Dr. NISHIHARA Tetsuo
- Metallic material Mr. TACHIBANA Yukio

- Fuel

Dr. GOTO Minoru

Technical Session 4:

Special Issue Hydrogen production technology for HTGR cogeneration

Mr. NOGUC

MODEL MANKALA W ENERGETYCE JĄDROWEJ NA PRZYKŁADZIE FIŃSKIEJ SPÓŁKI FENNOVOIMA

The Mankala model in the nuclear power industry - case of the Finnish Fennovoima company

Łukasz Sawicki, Bożena Horbaczewska

Streszczenie: W niniejszym artykule, na przykładzie fińskiej spółki Fennovoima, została zaprezentowana jedna z metod finansowania projektów inwestycyjnych w energetyce jądrowej, tzw. model *Mankala*. Jest to kontynuacja poprzedniego artykułu, w którym model *Mankala* został opisany na przykładzie spółki TVO.

Abstract: This paper presents one of the methods of financing of investment projects in nuclear power sector, the so-called *Mankala*, based on example of Finnish company Fennovoima. This is a follow-up to the previous paper concerning the *Mankala* model used by the TVO company.

Słowa kluczowe: Mankala, Finlandia, energetyka jądrowa, projekt inwestycyjny, odbiorcy energii, przemysł, Hanhikivi, Fennovoima, AES-2006, Rosatom.

Keywords: Mankala, Finland, nuclear power, investment project, electricity consumers, industry, Hanhikivi, Fennovoima, AES-2006, Rosatom.

1. Wstęp

W poprzednim artykule¹ przedstawiony został ogólny opis modelu *Mankala* i jego zastosowanie do finansowania projektów inwestycyjnych w energetyce jądrowej w Finlandii. Jako przykład wybrano spółkę TVO. Niniejszy artykuł stanowi kontynuację tego tematu, przy czym przedmiotem analizy jest spółka Fennovoima, która stosuje zmodyfikowaną (hybrydową) wersję modelu.

2. Historia i właściciele spółki Fennovoima

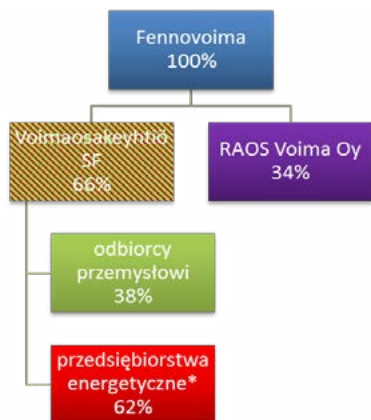
W czerwcu 2007 r. w Finlandii powstała druga spółka, której celem jest budowa i eksploatacja elektrowni jądrowej w formule *Mankala*. Spółkę o nazwie Fennovoima Oyi założyło 67 przedsiębiorstw produkcyjnych z sektora przemysłowego (tj. odbiorców energii), a także wytwarzania, dystrybucji i obrotu energią. Największym udziałowcem (34%) był fiński oddział niemieckiego E.On-u, ale faktyczną kontrolę sprawowała duża grupa rodzimych fińskich przedsiębiorstw zrzeszonych w konsorcjum o nazwie Voimaosakeyhtiö SF.

W styczniu 2009 r. Fennovoima złożyła do rządu wniosek o wydanie tzw. decyzji zasadniczej na budowę EJ. Uzyskała zgodę w maju 2010 r. Badania lokalizacyjne były prowadzone od 2008 r., a docelową lokalizację w gminie Pyhäjoki na półwyspie Hanhikivi wybrano w październiku

2011 r. Od tego właśnie półwyspu wzięto nazwę dla nowej elektrowni (nazwa bloku: Hanhikivi-1). Początkowo ogłoszono przetarg na wybór technologii dla mocy 1000-1700 MWe. W Raporcie Oddziaływania na Środowisko podano informację, że blok może posiadać człon ciepłowniczy, podobnie, jak zrobiono w przypadku planowanego trzeciego bloku w EJ Loviisa. W lutym 2013 r. zakończono przetarg na technologię (generalne wykonawstwo), który wygrała japońska Toshiba z reaktorem ABWR. Jednak nieco wcześniej doszło do zdarzenia, którego następstwem było zerwanie umowy z Toshiba i zmiana typu reaktora. Otóż w 2012 r. E.On wycofał się z projektu i sprzedał swoje udziały pozostałym właścicielom. Przedsięwzięcie było jednak zbyt duże, jak na możliwości finansowe fińskich przedsiębiorstw, dlatego przyjęły one ofertę odkupienia udziałów E.On-u złożoną przez rosyjski Rosatom (za pośrednictwem spółki zależnej Rusatom Overseas, obecnie Rusatom Energy International), firmę zajmującą się generalnym wykonawstwem bloków jądrowych. W grudniu 2013 r. obie strony podpisały umowę na dostawę kompletnego bloku energetycznego o nazwie handlowej AES-2006, opartego na reaktorze WWER-1200 W-491. Rosjanie zaproponowali także finansowanie inwestycji przez ich banki. Aby móc objąć udziały założyli specjalną spółkę z siedzibą na terenie Finlandii, RAOS Voima Oy. Wycofanie się E.On-u i wejście Rosjan spowodowało, że niektórzy udziałowcy Voimaosakeyhtiö opuścili projekt, ich liczba spadła do 44. Ich udziały zostały wykupione przez niektórych pozostałych udziałowców (w tym największego – producenta stali Outokumpu) oraz nowych, w tym m.in.

¹ Sawicki Ł., Horbaczewska B., *Model Mankala w energetyce jądrowej na przykładzie fińskiej spółki TVO*, „Postępy Techniki Jądrowej” nr 1/2019.

kontrolowanej przez fiński skarb państwa spółki Fortum, która jest właścicielem EJ Loviisa. Rząd Finlandii nie zgodził się na sprzedaż pozostałych tytułów własności rosyjskim współwłaścicielom i dalszą realizację projektu uzależnił od posiadania przez fińskie przedsiębiorstwa łącznie co najmniej 60% udziału we własności. Ostatecznie fińskim podmiotom udało się objąć 65,1% udziałów, a 0,9% pozostało w posiadaniu innych podmiotów zarejestrowanych na terenie UE.



* prowadzące działalność w sektorze wytwarzania, dystrybucji i sprzedaży (obrotu) energii elektrycznej, niektóre należące do jednostek samorządu terytorialnego oraz kontrolowana przez fiński skarb państwa firma Fortum.

Rys. 1. Struktura własności spółki Fennovoima (źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://www.voimaosakeyhtiö.fi/osakkaat/dostep>; 2018-09-14)

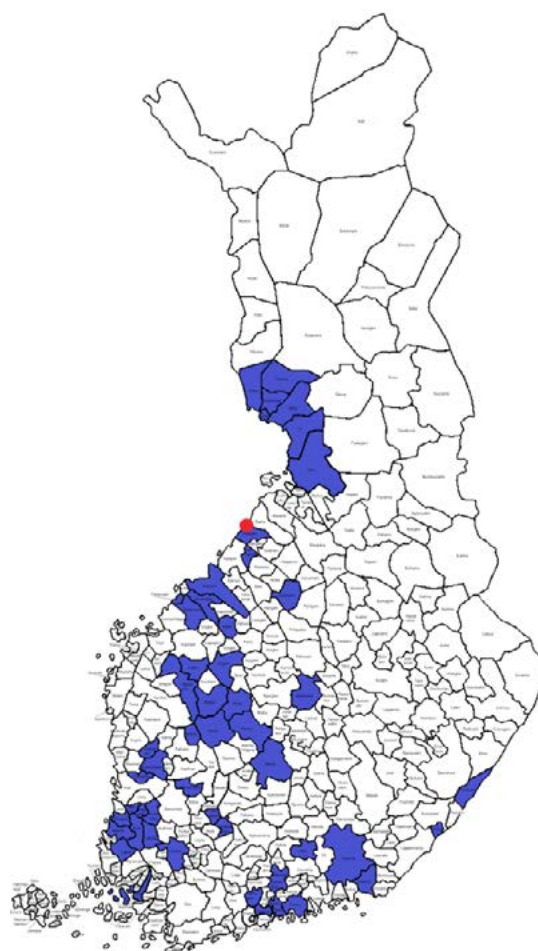
Fig. 1. Ownership structure of Fennovoima (source: own study based on: <http://www.voimaosakeyhtiö.fi/osakkaat/access>; 2018-09-14)

Na uwagę zasługuje fakt, że około 41% udziałów posiadają przedsiębiorstwa prowadzące działalność w sektorze wytwarzania, dystrybucji i sprzedaży (obrotu) energii elektrycznej, czyli spółki energetyczne. Większość z nich to małe przedsiębiorstwa komunalne. Rozdrobnienie akcjonariatu i jednocześnie jego doskonale zorganizowanie jest typowe dla przedsięwzięć realizowanych w formule Mankala. Świadczy o bardzo wysokiej kulturze prowadzenia działalności gospodarczej w Finlandii, a także o stabilności prawa i zaufaniu do organów władzy państwowej. Większość gmin, do których należą wspomniane spółki komunalne, położona jest w znacznej odległości od planowanej EJ Hanhikivi, niektóre oddalone są nawet o 450 km.

Wśród akcjonariuszy elektrowni znajduje się gmina Pyhäjoki, co ma istotne znaczenie w kontekście akceptacji społeczności lokalnej. Poparcie dla budowy EJ w tej gminie w 2017 r. sięgnęło aż 75%, a przeciwnicy stanowili tylko 19,5%.²

3. Statut i zasady funkcjonowania spółki

Forma prawna spółki Fennovoima ma elementy polskiej spółki akcyjnej, ale również spółki z ograniczoną odpowiedzialnością (sp. z o.o.). Jest to główna różnica między nią a TVO, która z kolei jest odpowiednikiem polskiej spółki akcyjnej niemal w czystej postaci. Podstawowe zasady regulujące funkcjonowanie spółki w formule

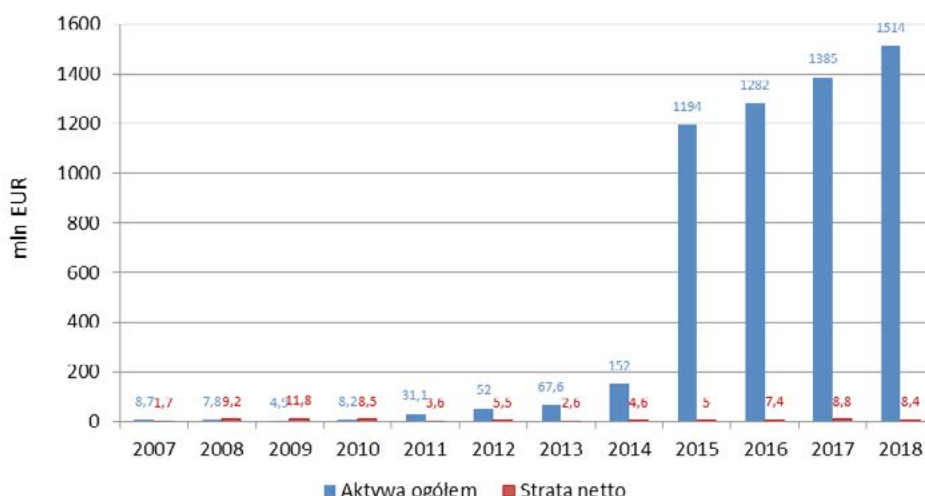


Rys. 2. Położenie gmin posiadających akcje spółki Voimaosakeyhtiö SF, kontrolującej spółkę Fennovoima. Czerwoną kropką zaznaczono EJ Hanhikivi. Źródło: opracowanie własne na podstawie: <http://www.voimaosakeyhtiö.fi/osakkaat/>; <http://www.ksat.fi/yritys/>; <https://www.herrfors.fi/om-oss/>; <http://kronobyvelverk.fi/yritysinfo/historiikki/>; <http://www.lammaistenenergia.fi/yritys/>; <http://www.naantalinenergia.fi/eng/>; <https://nkab.fi/fi/>; <http://www.valkeakoskenenergia.fi/Yhtiö/tabid/2612/Default.aspx>; <http://www.venergia.fi/yritys/>; <http://www.haminanenergia.fi/fi/yritys/>; <https://www.keravanenergia.fi/fi/keravan-energia/>; <http://www.kokemaensahko.fi/yritys/>; <https://ksenergia.fi/en/>; <http://www.koyliionsakylansahko.fi/yritys/historia/>; <https://www.nivos.fi/>; <http://www.nurmijarvensahko.fi/nurmijarven-sahko/>; <http://www.paneliankoskenvoima.fi/yritys/>; <http://porvoonenergia.fi/fi/>; <http://www.sallilaenergia.fi/>; <https://www.vatajankoski.fi/meista/historiamme/>; <https://www.vsv.fi/>; <http://www.issoy.fi/>; <http://www.parikkalanvalo.fi/yhteystiedot/>; <http://www.hso.fi/sivu/fi/yritys96/>; <http://www.keminmaanenergia.fi/yritys/>; <https://www.oulunseudunsahko.fi/Info/Oulun-Seudun-Sahko/>; <http://www.raahenenergia.fi/>; http://rantakaira.fi/tietoa_yrityksesta/; <http://www.keminenergia.fi/>; <http://www.tenergia.fi/tenergia+oy/>; http://www.tomionenergia.fi/tornion_energia/tietoa_yrityksesta/; <http://www.alajarvensahko.fi/index.php?sivu=Yritys&kieli=fi>; http://www.seinajoenenergia.fi/Seinajoen_Energia; <http://www.aanekoskenenergia.fi/en/our-company/>; <http://haapajarven-lampo.fi/haapajarven-lampo-oy/haapajarven-lampo-oy-historia/>; <http://www.lapuanenergia.fi/default.aspx?pageid=146>; <http://www.lempaalan-lampo.fi/yhtiö/> (dostęp: 2018-01-01)

Fig. 2. Location of municipalities holding shares in Voimaosakeyhtiö SF, controlling Fennovoima. EJ Hanhikivi is marked with a red dot. Source: own study based on the above

Mankala są takie same w obu przypadkach, to znaczy udziałowcy są zobowiązani do odbioru wyprodukowanej energii elektrycznej i pokrywania kosztów jej produkcji proporcjonalnie do posiadanych udziałów.

² <https://responsibility.fennovoima.com/en/stakeholder-engagement/stakeholder-engagement-1> (dostęp: 2018-09-08)



Rys. 3. Podstawowe informacje finansowe dla spółki Fennovoima w latach 2009-2018. Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://www.fennovoima.fi/en/media/publications/annual-reports> (dostęp: 2019-09-13)

Fig. 3. Basic financial information for Fennovoima in the years 2009-2018. Source: own study based on: <https://www.fennovoima.fi/en/media/publications/annual-reports> (access: 13/09/2019)

4. Wielkość spółki

Fennovoima jest ciągle projektem w fazie realizacji, ale po rozpoczęciu produkcji może dostarczać ilość energii równą około 10% zapotrzebowania Finlandii³. W 2018 r. nie zarejestrowała żadnych obrotów (podobnie, jak i w latach wcześniejszych). Nie udostępnia także pełnych sprawozdań finansowych, publikuje jednak wybrane informacje.

Na ich podstawie można stwierdzić, że od powstania spółki do końca 2018 r. rosła jej suma bilansowa. W 2015 r. jej wartość zwiększyła się kilkakrotnie w wyniku wpłat dokonanych przez akcjonariuszy (99,6 mln EUR), ale przede wszystkim długoterminowych kredytów zaciągniętych na kwotę 920 mln EUR. Nie pozostało to bez wpływu na wartość wskaźnika kapitału własnego (equity ratio). Spółka podkreśla jednak, że jej sytuacja finansowa jest stabilna i nie ma powodów do obaw o płynność finansową⁴.

W związku z brakiem przychodów i koniecznością ponoszenia kosztów operacyjnych i finansowych spółka generuje straty księgowe, należy jednak podkreślić, że nie są one duże w relacji do sumy bilansowej. Na koniec 2018 r. zatrudnienie wynosiło 365 pracowników (łącznie z zewnętrznymi doradcami), przy czym ich liczba w analizowanym okresie stopniowo rosła⁵, co jest naturalnym skutkiem rozwoju projektu inwestycyjnego.

5. Plany rozwojowe i inwestycje

Podstawowym i jedynym projektem inwestycyjnym Fennovoimy jest budowa i eksploatacja 1 jądrowego bloku energetycznego w lokalizacji Hanhikivi. Jak wspomniano wcześniej, blok będzie działał w oparciu o rosyjski reaktor WWER-1200 W-491 o mocy elektrycznej 1200 MW

netto (1250 MW brutto). Jest to blok z reaktorem generacji III+, z wieloma pasywnymi układami bezpieczeństwa, spełniający wymagania EUR⁶ i nieustępujący ani pod względem bezpieczeństwa, ani pod względem parametrów eksploatacyjnych reaktorom amerykańskim, japońskim, francuskim czy koreańskim. Blok ma zostać zsynchronizowany z siecią w 2027 r., a pełna eksploatacja rozpocznie się w 2028 r. Jednostkowy koszt produkcji ma wynosić poniżej 50 EUR₂₀₂₄/MWh nominalnie (ok. 40 EUR₂₀₁₅/MWh)⁷, co wydaje się wartością niską, zważywszy na bardzo wysokie nakłady inwestycyjne - 6 mld EUR (5 mln EUR/MW netto). Prawdopodobnie wynika to z niskich kosztów kapitału. Kredyt inwestycyjny zapewniają rosyjskie państwowe banki oraz rosyjski państwowy fundusz emerytalny (inwestujący za pośrednictwem banku Wnieszekonombank)⁸, który w latach 2015-2017 pożyczył Fennovoimie łącznie 150 mld RUB (ok. 2,4 mld EUR). Rosyjski budżet państwa (fundusz emerytalny jest jego częścią) spodziewa się zwrotu w postaci odsetek od udzielonego kredytu na poziomie 338 mld RUB (ok. 5,2 mld USD). Z informacji branżowych⁹ wynika, że zadłużenie inwestycji Hanhikivi-1 będzie rolowane do końca eksploatacji bloku. Jeżeli będzie się to odbywało za pośrednictwem rosyjskich instytucji finansowych, to rzeczywiście rosyjski budżet i fundusz emerytalny będą posiadały bardzo cenne aktywa generujące stały, przewidywalny dochód w perspektywie 80 lat, być może dłużej, i to nie licząc

⁶ European Utility Requirements, rozpowszechniony w państwach UE system wymagań bezpieczeństwa elektrowni jądrowych, stworzony w latach 90. przez przedsiębiorstwa energetyczne eksploatujące bloki jądrowe. Wymagania EUR są znane z restrykcyjności.

⁷ <http://www.neimagazine.com/news/newsrosatom-signs-contracts-for-hanhikivi-nuclear-plant-4154432> (dostęp: 2018-09-14); http://2014.atomexpo.ru/mediafiles/u/files/Materials/5/D._Aliiev_1.pdf (dostęp: 2018-09-14).

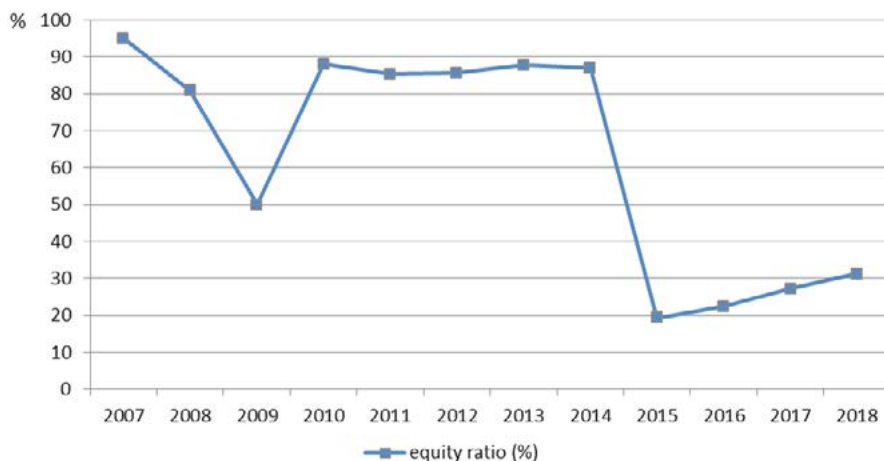
⁸ Strategy 2021 and Business Model, VEB Bank for Development, s. 30, [http://www.veb.ru/common/upload/files/veb/21VEB_Strategy_ENG.pdf] (dostęp: 2018-09-14).

⁹ <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Russia-approves-funding-for-Hanhikivi-1-19011501.html> (2018-09-14).

³ <https://www.fennovoima.fi/en/fennovoima/why-fennovoima> (dostęp: 2018-09-12).

⁴ <https://www.fennovoima.fi/en/media/publications/annual-reports> (dostęp: 2018-09-09).

⁵ <https://www.fennovoima.fi/en/media/publications/annual-reports> (dostęp: 2018-09-08).



Rys. 4. Wskaźnik kapitału własnego dla spółki Fennovoima w latach 2007-2018 Źródło: opracowanie własne na podstawie: <https://www.fennovoima.fi/en/media/publications/annual-reports> (dostęp: 2018-09-08)

Fig. 4. Equity ratio for Fennovoima in 2007-2018 Source: own study based on: <https://www.fennovoima.fi/en/media/publications/annual-reports> (access: 08/08/2018)

zysków samego RAOS Voima Oy. Tego typu długoterminowe planowanie i próby zabezpieczenia finansów państwa w perspektywie kilkudziesięciu lat są czymś niemal niespotykanym w Europie, może za wyjątkiem Norwegii (fundusz naftowy). Z drugiej strony, niekończące się rolowanie spowoduje uzależnienie fińskich udziałowców projektu od rosyjskich banków, aczkolwiek zawsze będą istniały (zapewne kosztowne) możliwości wyjścia z rosyjskiego długu.



Fot. 1. Model 3D przedstawiający docelowy wygląd EJ Hanhikivi (fot. Fennovoima CC BY-NC-ND 2.0)

Photo. 1. 3D model showing the target appearance of EJ Hanhikivi (photo: Fennovoima CC BY-NC-ND 2.0)

Kapitał własny, zgromadzony w celu budowy elektrowni Hanhikivi-1, w dniu rozruchu elektrowni jądrowej wyniesie około 1,7 mld EUR. Kapitał ten gromadzony jest przez akcjonariuszy stopniowo, w transzach, zgodnie z ustalonym przez nich harmonogramem.

Rosatom organizuje finansowanie projektu z różnych źródeł. Państwowy fundusz emerytalny (National Welfare Fund of Russia, NWF) zapewnił kredyt w wysokości do 2,4 mld EUR, z czego w 2015 r. Fennovoima Oy otrzymała pierwszą transzę w kwocie równej 920 mln EUR (o czym była mowa powyżej). Łączna kwota finansowania dłużnego wyniesie około 2,8 mld EUR. Będzie to finansowanie przez zagraniczne banki komercyjne (na dostawę komponentów zagranicznych, np. turbozespołów), kredyty z rosyjskich banków komercyjnych zabezpieczonych przez Agencję Ubezpieczeń Eksportowych Rosji EXIAR

oraz środki z rosyjskich i zagranicznych banków komercyjnych¹⁰ oraz inne źródła. Z tytułu finansowania Hanhikivi-1 Rosja oczekuje dochodów w wysokości 5,2 mld USD w całym okresie trwania tego projektu¹¹.

Wspomniane wcześniej wysokie nakłady inwestycyjne wynikają z dwóch powodów. Po pierwsze, fiński dozór jądrowy STUK stawia bardzo wyśrubowane wymagania i posiada prerogatywy pozwalające mu na zmianę wydanych wcześniej decyzji, co stanowi duży czynnik ryzyka podczas budowy. To ryzyko zmaterializowało się w przypadku Olkiluoto-3¹². Po drugie, wydaje się, że wysokie nakłady w połączeniu z niskimi kosztami kapitału są strategią biznesową (marketingową) Rosatomu, który, zdaniem Autorów, stosuje politykę wysokiej marży na wykonawstwie. Koszty pracy w Rosji i niski kurs rubla w stosunku do euro, promujący rosyjski eksport, powodują, że prawdziwy koszt budowy w sensie usług EPC¹³ jest prawdopodobnie znacznie niższy niż ten oficjalnie deklarowany przez Fennovoimę. Wysoka marża może też częściowo tłumaczyć niskie oprocentowanie kredytu, ponieważ w Rosji dokonywanie transferów pieniężnych między wszystkimi podmiotami roku kontrolowanymi przez państwo jest znacznie łatwiejsze niż w państwach UE. Ponadto banki państwowe (w tym przypadku jest to Sberbank) realizujące politykę rządu wcale nie muszą zarabiać na kredytach, przynajmniej w krótkiej perspektywie. Wysoka marża służy też Rosatomowi do zabezpieczenia różnych rodzajów

¹⁰ <http://rusatom-energy.com/projects/hanhikivi-1/financing/> (dostęp: 2018-09-08).

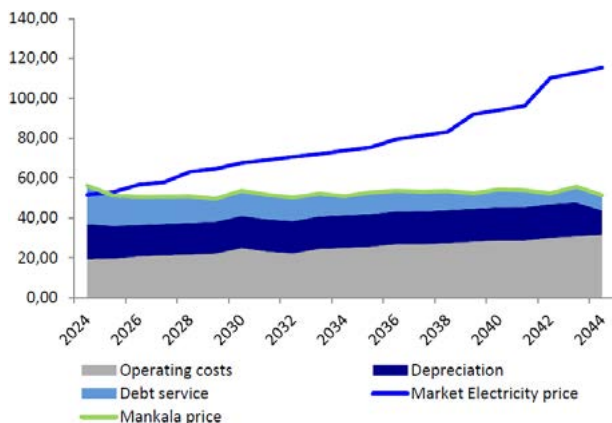
¹¹ <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Russia-approves-funding-for-Hanhikivi-1-19011501.html> (dostęp: 2018-09-13).

¹² Zostało to szczegółowo opisane w: Sawicki Ł., Horbaczewska B., Model Mankala w energetyce jądrowej na przykładzie fińskiej spółki TVO, „Postępy Techniki Jądrowej” nr 1/2019.

¹³ Engineering, Procurement and Construction – projektowanie, składanie zamówień na dostawę maszyn, urządzeń, wyposażenia, materiałów itp. oraz realizacja prac budowlano-montażowych i rozruchu. Typowy zakres usług Generalnego Wykonawcy bloku energetycznego i innych instalacji przemysłowych.

ryzyka związanego z budową, w tym ryzyka wzrostu kosztu materiałów, robocizny, usług zewnętrznych itp. Jest to o tyle istotne, że kontrakt na budowę zawarto w formule *fixed price*, czyli stałej ceny, co oznacza, że wykonawca wziął na siebie większość ryzyka związanego z budową¹⁴.

Interesujący jest fakt, że przewidywany jednostkowy koszt wytwarzania energii elektrycznej z bloku Hanhikivi-1 jest wyższy niż średnia cena energii na fińskiej części Nordpool (skandynawska giełda energii), która w latach 2014-2017 wynosiła średnio około 33 EUR/MWh¹⁵. Dlatego rentowność inwestycji prawdopodobnie opiera się na co najmniej dwóch założeniach: po pierwsze, w średniej i długiej perspektywie (tzn. po roku 2025) cena energii na rynku hurtowym powinna wzrosnąć; po drugie, część odbiorców będzie bezpośrednio przyłączona do bloku liniami przesyłowymi, zatem nie będą oni ponosili kosztów przesyłu/dystrybucji, które w UE w ciągu ostatniej dekady bardzo wzrosły, a wzrost ten częściowo skompensował sztuczny spadek cen na rynku hurtowym. Koszt zakupu energii na rynku stanowi mniej niż połowę łącznego kosztu energii dla odbiorcy końcowego. Wydaje się, że pierwsze założenie już się zaczęło materializować, ponieważ od początku 2018 r. aż do sierpnia 2019 r. ceny na giełdzie energii znacznie wzrosły, co jest częściowo skutkiem wzrostu cen EUA. Prawdopodobny jest dalszy wzrost po 2020 r. z uwagi na działania Komisji Europejskiej (backloading, MSR itp.), co obrazuje wykres na rys. 5.



Rys. 5. Koszt energii z bloku Hanhikivi-1 (wraz z jego strukturą) na tle prognozowanych cen na rynku hurtowym w Finlandii w latach 2024-2044. Wartości w EUR. Źródło: Advantages of Rosatom solutions and risk management – "Hanhikivi-1" case study, slajd nr 4 [http://2014.atomexpo.ru/mediafiles/u/files/Materials/5/D._Aliev_1.pdf] (dostęp: 2019-09-14)

Fig. 5. The cost of energy from the Hanhikivi-1 block (along with its structure) against the background of projected prices on the wholesale market in Finland in 2024-2044. Values in EUR. Source: Advantages of Rosatom solutions and risk management - 'Hanhikivi-1' case study, slide 4 [http://2014.atomexpo.ru/mediafiles/u/files/Materials/5/D._Aliev_1.pdf] (access: September 14, 2019)

¹⁴ Application for a Construction License pursuant to Section 18 of the Nuclear Energy Act (990/1987) for the Hanhikivi 1 Nuclear Power Plant, Fennovoima, s. 31 [https://issuu.com/fennovoima/docs/construction_license_application_pu] (dostęp: 2019-09-14).

¹⁵ <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/1/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Yearly/?view=table> (dostęp: 2018-09-14)

W grudniu 2014 r. fiński parlament ponownie wyraził zgodę na budowę nowej EJ w lokalizacji Hanhikivi, tym razem na bazie technologii Rosatomu (WWER-1200). Wniosek o pozwolenie na budowę został złożony do Ministerstwa Zatrudnienia i Gospodarki w czerwcu 2015 r. Obecnie inwestor przygotowuje dokumentację techniczną z raportem bezpieczeństwa dla STUK. Rozpoczęcie normalnej eksploatacji ma nastąpić w 2028 r. Dostawcą paliwa jądrowego jest rosyjski TVEL, który ma zapewnić pierwszy wsad oraz wymianę paliwa przez pierwsze 10 lat. W szczytowym momencie prac na placu budowy zatrudnionych będzie około 4000 ludzi, a przy eksploatacji bloku pracę znajdzie bezpośrednio 450-500 osób załogi stałej oraz personel pomocniczy i obsługowy zatrudniony przez firmy zewnętrzne (ochrona obiektu, stółówka zakładowa, utrzymanie zieleni itd.).



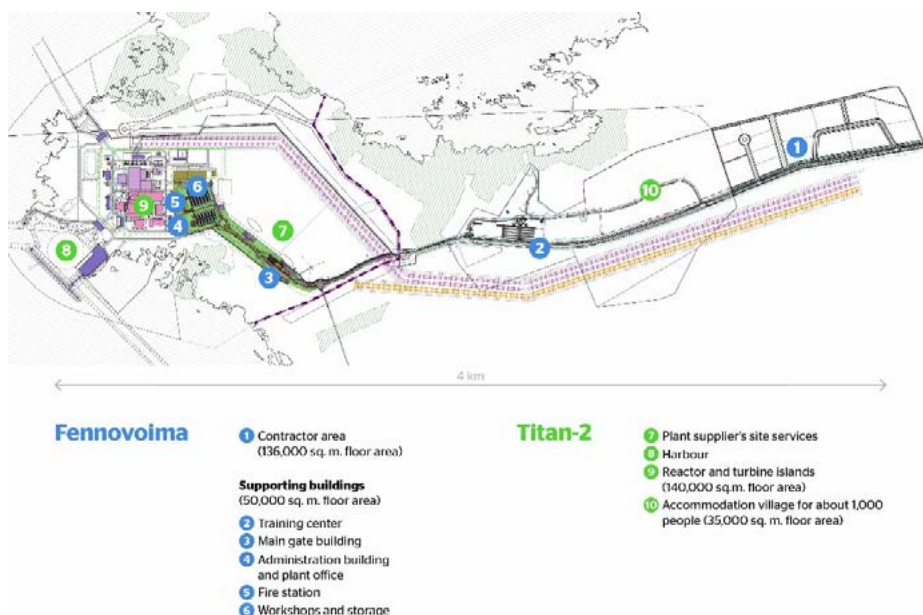
Fot. 2. Prace makroniwelacyjne pod główne budynki: reaktorownię i maszynownię, stan na dzień 28.05.2019 (fot. Fennovoima, CC BY-NC-ND 2.0). Nie zainstalowano jeszcze systemu drenażowego, czego efektem jest widoczny na zdjęciu wysoki poziom lustra wody.

Photo 2. Macro-leveling works for the main buildings: reactor and engine room, as of 28.05.2019 (photo: Fennovoima, CC BY-NC-ND 2.0). A drainage system has not yet been installed, resulting in a high water level in the photo

Generalnym Wykonawcą/Dostawcą EJ jest RAOS Project Oy, spółka córka Rosatomu powołana wyłącznie do realizacji projektu Hanhikivi-1. RAOS Project Oy, będący stroną kontraktu EPC, koordynuje wszystkich kluczowych podwykonawców i dostawców, tzn. Generalnego Projektanta, Generalnego Projektanta JUWP, generalnego wykonawcę robót, dostawcę JUWP i dostawcę turbozespołu. Schemat organizacji budowy został przedstawiony na rys. 7.

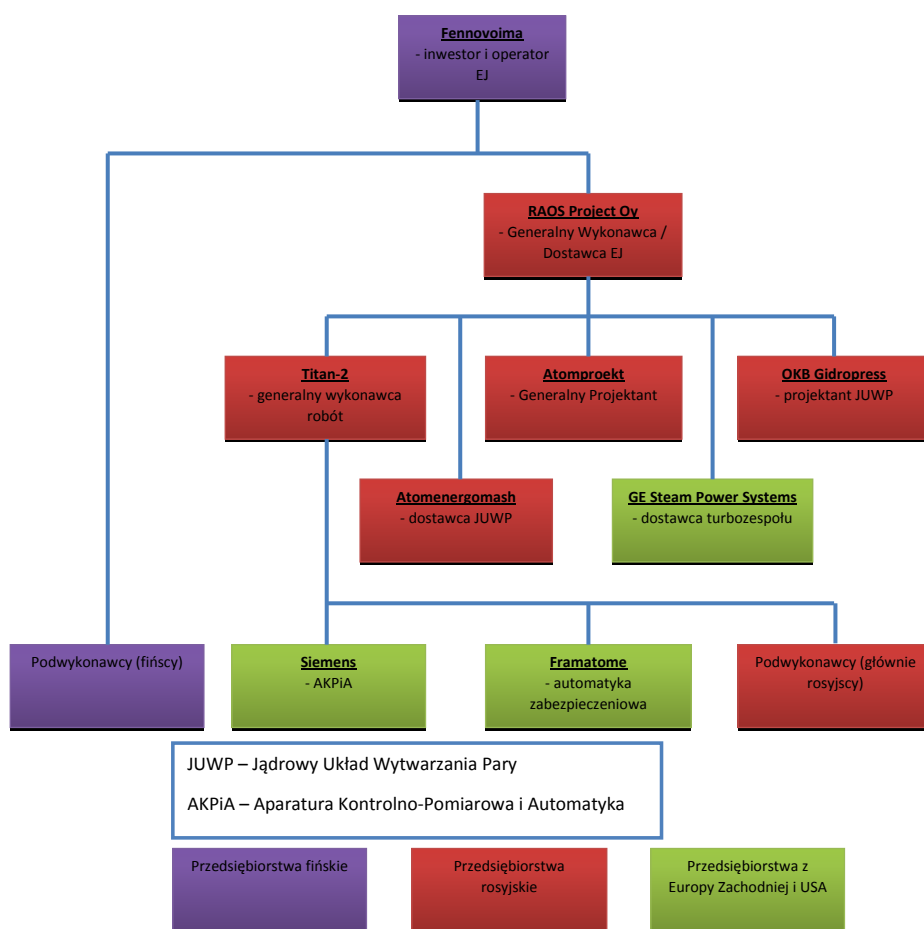
Rosyjskie firmy zarówno projektują całą EJ, jak i dostarczają główne urządzenia (z wyjątkiem turbiny i generatora). Wykonują też część prac budowlanych, głównie przy reaktorowni. W maszynowni ma pracować turbozespół wyprodukowany przez dawny francuski Alstom (obecnie GE Steam Power Systems), bazujący na słynnej turbinie Arabelle i generatorze Gigatop 4. Urządzenia te zostaną dostarczone z fabryki we Francji.

Hanhikivi-1 można uznać za projekt hybrydowy, łączący w sobie klasyczny fiński model *Mankala* (odbiorcy przemysłowi, gminne spółki obrotu energią, państwowy koncern energetyczny Fortum) z zaangażowaniem dużego inwestora zagranicznego i dostawcy technologii (Rosatom).



Rys. 6. Mapa podziału zakresu prac przy budowie EJ Hanhikivi między podwykonawców spółki Fennovoima a podwykonawców rosyjskiej firmy Titan-2. Źródło: Fennovoima

Fig. 6. Map of the scope of works on the construction of EJ Hanhikivi between subcontractors of Fennovoima and subcontractors of the Russian company Titan-2. Source: Fennovoima



Rys. 7. Ogólny schemat organizacji budowy EJ Hanhikivi

Źródło: opracowanie własne na podstawie: „Hanhikivi 1 project update”, Toni Hemminki, CEO, SYP2016, Fennovoima, 2-3 November 2016 [https://www.ats-fns.fi/images/files/2016/syp2016/presentations/OS2_TheHemminki_FennovoimasHanhikivi1Project.pdf]; „TITAN-2 in Hanhikivi 1 NPP project”, Big Projects Info Day, Alexander Entin, Kalajoki 25.08.2016 [https://www.lisaakauppaa.fi/file/download&file_id=187/]; <http://www.titan2.ru/en/media-press/lenta-novostej/47-projects-news/proekt-hanhikivi-2/1271-rolls-royce-to-supply-hanhikivi-1-nuclear-power-plant-s-main-automation>

Fig. 7. General diagram of the organization of the construction of EJ Hanhikivi

Projekt został zgłoszony do Komisji Europejskiej na podstawie art. 41 Traktatu Euratom we wrześniu 2013 r. Od stycznia do października 2014 r. inwestor odbył szereg spotkań z Komisją, które stały się podstawą do wydania warunkowej pozytywnej decyzji przez KE w czerwcu 2015 r.¹⁶

Niniejszy artykuł odzwierciedla prywatne opinie Autorów i nie stanowi oficjalnego stanowiska instytucji, w których są oni zatrudnieni.

*Łukasz Sawicki,
główny specjalista w Departamencie Energii Jądrowej
Ministerstwa Energii, zajmuje się strategią Programu
polskiej energetyki jądrowej i zagadnieniami
ekonomicznymi przemysłu jądrowego*

*dr Bożena Horbaczewska,
adiunkt w Katedrze Ekonomii II Szkoły Głównej
Handlowej w Warszawie, zajmuje się m.in. finansami
przedsiębiorstw i rynkiem kapitałowym*

Literatura:

- [1] KOMISSION KANTA. Euratomin perustamissopimuksen 43 artiklan mukaisesti, annettu 3.6.2015, Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoshankkeesta Suomessa (Ainoastaan suomen- ja ruotsinkieliset tekstit ovat todistusvoimaiset), Bryssel 3.6.2015, C(2015) 3763 final [https://doczz.net/doc/7065973/euroopan-komission-kanta-hanhikivi-1] (dostęp: 2018-08-22)
- [2] Strategy 2021 and Business Model, VEB Bank for Development, [http://www.veb.ru/common/upload/files/veb/21VEB_Strategy_ENG.pdf] (dostęp: 2018-09-14)
- [3] „Hanhikivi 1 project update”, Toni Hemminki, CEO, SYP2016, Fennovoima, 2-3 November 2016 [https://www.ats-fns.fi/images/files/2016/syp2016/presentations/OS2_THemminki_Fennovoima-sHanhikivi1Project.pdf]
- [4] „TITAN-2 in Hanhikivi 1 NPP project”, Big Projects Info Day, Alexander Entin, Kalajoki 25.08.2016 [https://www.lisaakauppaa.fi/file/download&file_id=187/]
- [5] http://www.pohjolanvoima.fi/en/company/corporate-governance/shareholders (dostęp: 2016-10-16)
- [6] https://www.world-nuclear-news.org/Articles/Framatome-Siemens-awarded-Hanhikivi-I-C-contract (dostęp: 2019-10-08)
- [7] https://en.wikipedia.org/wiki/Hanhikivi_Nuclear_Power_Plant (dostęp: 2019-10-08)
- [8] http://epv.fi/en/ (dostęp: 2016-10-16)
- [9] https://www.helen.fi/en/annual-report/annual-report-2013/financial-statements/helen-group-financial-statements/report-on-operations/ (dostęp: 2016-10-16)
- [10] http://www.kemira.com/en/about-us/our-business/pages/default.aspx (dostęp: 2016-10-16)
- [11] http://kotkanenergia.fi/fi/karhu-voima-oy (dostęp: 2016-10-16)
- [12] [12] http://www.upm.com/Businesses/Pages/default.aspx (dostęp: 2016-10-16)
- [13] http://www.storaenso.com (dostęp: 2016-10-16)
- [14] http://www.kymppivoima.fi/sivu.php?page_n=sisalto&haluttu_sivu=147&suljesivu=1 (dostęp: 2016-10-16)
- [15] https://www.ifnec.org/ifnec/upload/docs/application/pdf/2016-02/ifnec_finance_workshop_-_finland_perspective_-_may_9_2012.pdf (dostęp: 2018-09-14)
- [16] https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/suomalaisten_energia-asenteet_2016.html (dostęp: 2018-09-14)
- [17] http://www.voimaosakeyhtio.fi/osakkaat/ (dostęp: 2018-09-14)
- [18] http://www.ksat.fi/yritys (dostęp: 2018-01-01)
- [19] https://www.herrfors.fi/om-oss/ (dostęp: 2018-01-01)
- [20] http://kronobyelverk.fi/fi/yritysinfo/historiikki/ (dostęp: 2018-01-01)
- [21] http://www.lammaistenenergia.fi/yritys (dostęp: 2018-01-01)
- [22] http://www.naantalinenergia.fi/eng/ (dostęp: 2018-01-01)
- [23] https://nkab.fi/fi/ (dostęp: 2018-01-01)
- [24] http://www.valkeakoskenenergia.fi/Yhtiö/ta-bid/2612/Default.aspx (dostęp: 2018-01-01)
- [25] http://www.venergia.fi/yritys/ (dostęp: 2018-01-01)
- [26] http://www.haminanenergia.fi/fi/yritys (dostęp: 2018-01-01)
- [27] https://www.keravanenergia.fi/fi/keravan-energia/ (dostęp: 2018-01-01)
- [28] http://www.kokemaensahko.fi/yritys (dostęp: 2018-01-01)
- [29] https://kssenergia.fi/en (dostęp: 2018-01-01)
- [30] http://www.koylionsakylansahko.fi/yritys/historia/ (dostęp: 2018-01-01)
- [31] https://www.nivos.fi (dostęp: 2018-01-01)
- [32] http://www.nurmijarvensahko.fi/nurmijarven-sahko/ (dostęp: 2018-01-01)
- [33] http://www.paneliankoskenvoima.fi/yritys (dostęp: 2018-01-01)
- [34] http://porvoonenergia.fi/fi/ (dostęp: 2018-01-01)
- [35] http://www.sallilaenergia.fi (dostęp: 2018-01-01)

¹⁶ KOMISSION KANTA. Euratomin perustamissopimuksen 43 artiklan mukaisesti, annettu 3.6.2015, Hanhikivi 1 -ydinvoimalaitoshankkeesta Suomessa (Ainoastaan suomen- ja ruotsinkieliset tekstit ovat todistusvoimaiset), Bryssel 3.6.2015, C(2015) 3763 final (dokument w języku fińskim) [https://doczz.net/doc/7065973/euroopan-komission-kanta-hanhikivi-1] (dostęp: 2018-08-22); http://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=P-2015-012546&language=PL (dostęp: 2018-08-22)

- [36] <https://www.vatajankoski.fi/meista/historiamme/> (dostęp: 2018-01-01)
- [37] <https://www.vsv.fi> (dostęp: 2018-01-01)
- [38] <http://www.isssoy.fi> (dostęp: 2018-01-01)
- [39] <http://www.parikkalanvalo.fi/yhteystiedot> (dostęp: 2018-01-01)
- [40] <http://www.hso.fi/sivu/fi/yritys96/> (dostęp: 2018-01-01)
- [41] <http://www.keminmaanenergia.fi/yritys/> (dostęp: 2018-01-01)
- [42] <https://www.oulunseudunsahko.fi/Info/Oulun-Seudun-Sahko> (dostęp: 2018-01-01)
- [43] <http://www.raahenenergia.fi> (dostęp: 2018-01-01)
- [44] http://rantakaira.fi/tietoa_yrityksesta/ (dostęp: 2018-01-01)
- [45] <http://www.keminenergia.fi> (dostęp: 2018-01-01)
- [46] <http://www.tenergia.fi/tenergia+oy/> (dostęp: 2018-01-01)
- [47] http://www.tornionenergia.fi/tornion_energia/tietoa_yrityksesta (dostęp: 2018-01-01)
- [48] <http://www.alajarvensahko.fi/index.php?sivu=Yritys&kieli=fi> (dostęp: 2018-01-01)
- [49] http://www.seinajoenenergia.fi/Seinajoen_Energia (dostęp: 2018-01-01)
- [50] <http://www.aanekoskenenergia.fi/en/our-company/> (dostęp: 2018-01-01)
- [51] <http://haapajarvenlampo.fi/haapajarven-lampo-oy/haapajarven-lampo-oy-historia/> (dostęp: 2018-01-01)
- [52] <http://www.lapuanenergia.fi/default.aspx?pageid=146> (dostęp: 2018-01-01)
- [53] <http://www.lempaalanlampo.fi/yhtio/> (dostęp: 2018-01-01)
- [54] <https://responsibility.fennovoima.com/en/stakeholder-engagement/stakeholder-engagement-1> (dostęp: 2018-09-08)
- [55] <https://www.fennovoima.fi/en/fennovoima/why-fennovoima> (dostęp: 2018-09-12)
- [56] <http://www.neimagazine.com/news/newsrosatom-signs-contracts-for-hanhikivi-nuclear-plant-4154432> (dostęp: 2018-09-14)
- [57] http://2014.atomexpo.ru/mediafiles/u/files/Materials/5/D_Aliev_1.pdf (dostęp: 2018-09-14)
- [58] <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Russia-approves-funding-for-Hanhikivi-1-19011501.html> (2018-09-14)
- [59] <http://rusatom-energy.com/projects/hanhikivi-1/financing/> (dostęp: 2018-09-08)
- [60] <http://www.world-nuclear-news.org/NP-Russia-approves-funding-for-Hanhikivi-1-19011501.html> (dostęp: 2018-09-13)
- [61] <https://www.nordpoolgroup.com/Market-data/1/Dayahead/Area-Prices/ALL1/Yearly/?view=table> (dostęp: 2018-09-14)
- [62] <http://www.titan2.ru/en/media-press/lenta-novostej/47-projects-news/proekt-hanhikivi-2/1271-rolls-royce-to-supply-hanhikivi-1-nuclear-power-plant-s-main-automation>
- [63] <http://www.world-nuclear-news.org/Articles/Schedule-for-Hanhikivi-1-project-revised> (dostęp: 2019-01-31)
- [64] <http://www.europarl.europa.eu/sides/getAllAnswers.do?reference=P-2015=012546-&language=PL> (dostęp: 2018-08-22)
- [65] http://tilastokeskus.fi/tup/suoluk/suoluk_energia_en.html (dostęp: 2018-09-14)

XV SZKOŁA STERYLIZACJI I MIKROBIOLOGICZNEJ DEKONTAMINACJI RADIACYJNEJ

Stało się już tradycją, iż co dwa lata Instytut Chemii i Techniki Jądrowej w Warszawie organizuje Szkołę Sterylizacji i Mikrobiologicznej Dekontaminacji Radiacyjnej. Zasadniczym celem konferencji jest podsumowanie dorobku krajowych instytucji naukowo-badawczych i produkcyjnych w dziedzinie wykorzystania promieniowań jonizujących do obróbki materiałów ze szczególnym uwzględnieniem problematyki zwalczania patogenów.

W szkoleniach w charakterze wykładowców oprócz pracowników IChTJ uczestniczą naukowcy z Międzyresortowego Instytutu Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej oraz Zakładu Transplantologii i Centralnego Banku Tkanek Akademii Medycznej w Warszawie. Omawiane są także mikrobiologiczne aspekty produktów w procesie sterylizacji radiacyjnej oraz zmiany wymagań prawnych w odniesieniu do wytwórców produktów leczniczych.

Tematyka Szkoły obejmowała następujące zagadnienia:

- Porównanie różnych metod sterylizacji
- Przemysłowe wykorzystanie wiązki elektronów i promieniowania gamma w sterylizacji
- Możliwości wykorzystania promieniowania hamowania w sterylizacji
- Wpływ promieniowania na materię i organizmy żywe
- Mikrobiologiczne aspekty sterylizacji, badania jałowości, wyznaczanie dawki sterylizacyjnej
- Przegląd materiałów poddawanych sterylizacji radiacyjnej
- Dobra praktyka wytwarzania
- Walidacja procesu sterylizacji radiacyjnej.

Materiały szkoleniowe opublikowane zostały w wersji drukowanej i elektronicznej.

Komitet Organizacyjny: dr inż. Zbigniew Zimek, dr inż. Andrzej Rafalski, dr inż. Wojciech Głuszewski, dr Rafał Kocia, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej.

*Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

RADON – OCHRONA RADIOLOGICZNA I WPŁYW NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Radon – radiological protection and effects on human organism

Sylwester Sommer, Patrycja Włudecka, Urszula Zielińska

Streszczenie: Radon jest radioaktywnym gazem szlachetnym, obecnym w środowisku człowieka. Jest on drugim po paleniu papierosów czynnikiem odpowiedzialnym za powstawanie raka płuc. W 2019 r. do prawa polskiego została zaimplementowana Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 2013/59/EURATOM (tak zwana BSS) wymagająca czynnej ochrony przed stężeniami radonu powyżej 300 Bq/m³. Jednak problem jakie stężenia radonu zwiększają ryzyko powstawania nowotworów płuc jest tematem dyskusji naukowej i nie jest jednoznaczny. Cytogenetyczne efekty działania radonu można pokazać przy pomocy testu kometowego w limfocytach krwi obwodowej oraz przy pomocy analizy częstości mikrojąder w komórkach nabłonkowych pochodzących z worka płuczkowego.

Abstract: Radon is a radioactive noble gas present in the human environment. It is the second factor behind lung cancer after smoking cigarettes. In 2019, the European Council Directive 2013/59/EURATOM (so-called BSS) was implemented into Polish law, requiring active protection against radon concentrations above 300 Bq/m³. However, the problem of what radon levels increase the risk of lung cancer is a topic of scientific discussion and is not clear. The cytogenetic effects of radon can be demonstrated using a comet assay in peripheral lymphocytes or the micronucleus frequency analysis in buccal epithelial cells.

Słowa kluczowe: radon, ochrona radiologiczna, mikrojądra, komórki nabłonkowe pochodzące z worka policzkowego.

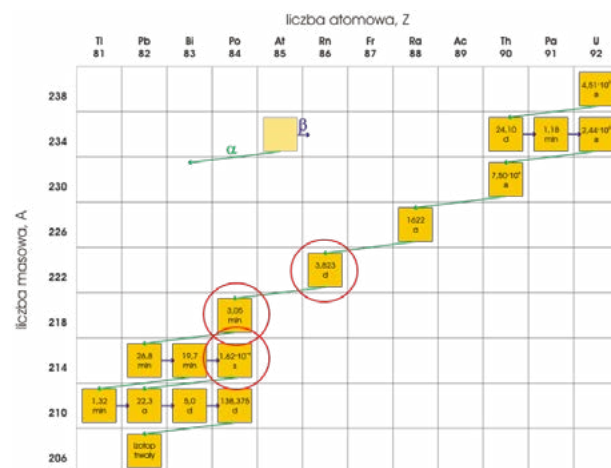
Key words: radon, radiation protection, micronucleus, buccal epithelial cells.

Co to jest radon

Radon jest radioaktywnym gazem szlachetnym obecnym w środowisku człowieka. Znany 30 izotopów radonu, wszystkie są radioaktywne. Tylko 3 z nich są naturalne, a najbardziej rozpowszechniony w środowisku jest Rn 222, pochodzący z szeregu promieniotwórczego uranowo-radowego, o okresie półrozpadu wynoszącym 3,82 dnia. W trakcie rozpadu radonu generowana jest cząstka α oraz powstają kolejne izotopy, które rozpadają się w krótkim czasie (minuty) generując 2 kolejne cząstki α oraz promieniowanie β i γ (rys. 1). Radon powstaje w skałach w skorupie ziemskiej i następnie migruje na powierzchnię ziemi poprzez uskoki geologiczne, spękania, przepuszczalne gleby oraz jako rozpuszczalny w wodzie przez ciekły wodne. Dzięki temu, że radon może być obecny w materiałach budowlanych oraz gromadzi się w budynkach, jest największą składową naturalnego narażenia na promieniowanie ogółu populacji [1]. Statystyczny Polak otrzymał w 2017 r. 3,56 mSv dawki efektywnej ze źródeł naturalnych i sztucznych w tym 1,2 mSv od radonu i jego pochodnych (główną składową dawki od radonu jest promieniowanie α).

Ponieważ radon jest gazem, a emitowane przez niego i jego pochodne promieniowanie α nie przechodzi przez skórę, miejscem jego działania w naszym organizmie są głównie płuca. Tam też, jak i w drogach odde-

chowych osadzają się aerozole z promieniotwórczymi pochodnymi radonu metalami: polonem 218 i 214. Radon jest wskazywany przez Światową Organizację Zdrowia (WHO) jako druga przyczyna, po paleniu papierosów, indukcji nowotworów płuc [3].



Rys. 1. Szereg promieniotwórczy uranowo-radowy (Wikipedia, zmieniony) [2]. Cząstki α emitowane są przez sam radon ^{222}Rn oraz jego pochodne polon ^{218}Po i polon ^{214}Po – czerwone obwódki

Fig. 1. Uranium series (Wikipedia, changed) [2]. The α particles are emitted by radon 222 itself and its daughters polonium 218 and polonium 214 - red borders

Ochrona przed radonem w Polsce

Ryzyko ekspozycji na radon zostało uwzględnione w przepisach dotyczących ochrony radiologicznej. Należy podkreślić, że mamy tutaj do czynienia z ochroną przed promieniowaniem naturalnym, co jest odstępstwem od przyjętej filozofii, która kładła nacisk na ochronę przed promieniowaniem antropogenicznym.

Rozporządzenie Ministra Zdrowia w sprawie jakości wody przeznaczonej do spożycia przez ludzi z dnia 7 grudnia 2017 r. (Dz. U. z 2017 r., poz. 2294) ustala stężanie 100 Bq/dm³ radonu w wodzie, jako graniczne powyżej którego należy ocenić, czy obecność substancji promieniotwórczych stanowi zagrożenie dla zdrowia ludzi i wymaga dalszych działań naprawczych. Rozporządzenie wprowadza również obowiązek systematycznego monitorowania i raportowania poziomu radonu, izotopów radu Ra-226 i Ra-228 oraz trytu w ujęciach wody, przez producentów wody do celów handlowych i przedsiębiorstwa wodociągowo-kanalizacyjne.

Miejscem pracy gdzie szczególnie istnieje narażenie na radon, są kopalnie. Górnicy, tak jak osoby zawodowo pracujące z promieniowaniem nie mogą przekroczyć dawki efektywnej 20 mSv rocznie. Jednak w tym przypadku dawka pochodzi głównie od radonu, ale również od radu – wody kopalniane i promieniowanie γ w powietrzu [4]. Szczegółowe przepisy wykonawcze dotyczące ochrony radiologicznej pracowników kopalni znajdują się w rozporządzeniu Ministra Energii z 23 listopada 2016 r. w sprawie szczegółowych wymagań dotyczących prowadzenia ruchu podziemnych zakładów górniczych oraz w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20 czerwca 2017 r. w sprawie zagrożeń naturalnych w zakładach górniczych (Dz. U. z 2015 r. poz. 1702 z późn. zm.). Należy podkreślić, że istnieje grupa zawodowa, przewodnicy podziemnych tras turystycznych, która jest narażona na znaczące dawki radonu, a nie jest objęta systemem ochrony radiologicznej [5].

Pod koniec września 2019 r. ukazał się tekst jednolity ustawy z dnia 29 listopada 2000 r. – Prawo atomowe. Zawiera on między innymi implementację tzw. Dyrektywy BSS, czyli Dyrektywy Rady Unii Europejskiej 2013/59/EURATOM, która ustanawia podstawowe normy bezpieczeństwa w celu ochrony przed zagrożeniami wynikającymi z narażenia na działanie promieniowania jonizującego. Państwa członkowskie ustanawiają krajowe poziomy referencyjne dla stężeń radonu w pomieszczeniach. Poziomy referencyjne dla średniego rocznego stężenia promieniotwórczości radonu w powietrzu nie mogą być wyższe niż 300 Bq/m³. Taki właśnie poziom referencyjny został przyjęty w Polsce. Głos w tej sprawie zabrała również organizacja WHO, proponując poziom odniesienia w wysokości 100 Bq/m³ dla pomieszczeń [6].

Dyrektywa BSS wymaga czynnej ochrony przed promieniowaniem jonizującym, punkt drugi artykułu 74, „W ramach krajowego planu działania, o którym mowa w art. 103, państwa członkowskie propagują działania mające na celu zidentyfikowanie budynków mieszkalnych, w których stężenie radonu (jako średnia roczna) przekracza poziom referencyjny i zachęcają, w stosownych przypadkach za pomocą środków technicznych lub finansowych, do wprowadzania w tych budynkach środków służących ograniczeniu stężenia radonu.” Nie zostały jeszcze wydane przepisy wykonawcze do tej części ustawy – Prawo atomowe przez Ministra Środowiska, Ministra Zdrowia i Głównego Inspektora Sanitarnego.

Do tej pory w Polsce praktycznie nie wykonuje się badań stężenia radonu w pomieszczeniach. Teoretycznie nabywca nieruchomości może zażądać od sprzedawcy czegoś w rodzaju „certyfikatu radonowego” przy kupnie lokalu. Być może implementowanie dyrektywy BSS zmieni tę sytuację, ponieważ wymaga pomiarów w miejscach pracy i budynkach publicznych. W Stanach Zjednoczonych wykonuje się takich pomiarów setki tysięcy czy nawet więcej rocznie.

Biologiczne działanie radonu, epidemiologia, radon a papierosy

Radon i jego pochodne dostają się do naszego organizmu głównie przez układ oddechowy, co powoduje zwiększenie ryzyka chorób płuc i krtani. Emitowane przez radon i jego pochodne cząstki α uszkadzają materiał genetyczny komórek płuc i oskrzeli powodując powstanie mutacji i aberracji, które mogą być początkiem nowotworzenia. Pierwsze prace pokazujące, że narażenia na radon może indukować raka płuc, pochodzą z badań kohortowych górników [7].

W kolejnych latach wykazano, że również w zakresie takich stężeń radonu, które mogą występować w budynkach mieszkalnych, istnieje korelacja stężenia radonu i ryzyka nowotworów płuc [8]. Niektórzy badacze kwestionują tę zależność np. wielokrotnie komentowana i krytykowana praca Cohena (1995), który pokazał zmniejszenie umieralności na nowotwory płuc wraz z rosnącym stężeniem radonu w budynkach mieszkalnych u mieszkańców 1729 hrabstw w Stanach Zjednoczonych czy metaanaliza Dobrzyńskiego (2018) obejmująca 34 prace, w której nie stwierdzono zależności pomiędzy zapadalnością na raka płuc a rosnącym stężeniem radonu, do wartości 1000 Bq/m³ [9, 10].

Niemniej jednak ochrona radiologiczna w tym zakresie opiera się na założeniu, że istnieje zależność między stężeniem radonu a ryzykiem raka płuc [7, 8]. Takie podejście, oparte na hipotezie LNT (Linear Non Threshold, Liniowa Bezprogowa hipoteza działania promieniowania) prezentuje model zaproponowany

przez VI Raport BEIR (1999) oraz publikacje WHO [3, 11]. Według WHO radon jest drugim po paleniu papierosów czynnikiem wywołującym raka płuc na świecie. Szacuje się, że odpowiada on za 3 do 14% przypadków zachorowań, w zależności od średniego stężenia radonu w danym kraju i stosowanych metod statystycznych. W dodatku uważa się, że radon istotnie zwiększa ryzyko palenia papierosów i jeżeli chodzi o nowotwory płuc, to czynniki te działają synergistycznie [12, 13]. Większość przypadków zachorowań na raka płuc wywołanego przez radon występuje u palaczy [3].

Analiza częstości mikrojąder w komórkach nabłonkowych pobranych z worka policzkowego - metoda pokazująca cytotoskyczne i genotoksyczne działanie radonu

Tak jak opisano w poprzednim rozdziale istnieje naukowy spór czy niskie stężenia radonu (do 1000 Bq/m³) zwiększają ryzyko powstania choroby nowotworowej. Ważnym argumentem w dyskusji mogłoby być pokazanie, że środowiskowe, często spotykane stężenia radonu wywołują możliwe do zaobserwowania efekty cytotoskyczne, cytogenetyczne czy genotoksyczne (biomarkery). Wiele badań pokazuje, że zwiększenie częstości np. mikrojąder, fragmentów acentrycznych czy chromosomów dicentrycznych u zdrowych dawców koreluje, w badaniach retrospektywnych, z ryzykiem rozwoju różnych rodzajów nowotworów [14, 15].

Ostatnio ukazała się praca Walczaka (2019) z Instytutu Medycyny Pracy im. prof. Jerzego Nofera w Łodzi pokazująca brak korelacji stężenia radonu w miejscu zamieszkania ze wskaźnikami genotoksycznymi takimi jak częstość mikrojąder we krwi obwodowej oraz poziom przeciwciał przeciwko białku p-53 w surowicy krwi obwodowej [16]. Ta sama grupa badała również wpływ radonu na pojedynczoniowe i podwójnioniowe pęknięcia DNA (alkaliczna wersja testu kometowego oraz analiza częstości ognisk histonu gamma-H2AX) oraz na uszkodzenia oksydacyjne zasad (test kometowy w modyfikacji z formamidopirymidyną) [17]. Stwierdzono, że test kometowy w wersji alkalicznej pokazuje istotnie więcej uszkodzeń DNA u osób ekspozowanych na całoroczne stężenia radonu równe lub powyżej 100 Bq/m³ niż w grupie ekspozowanej na niższe stężenia radonu.

Jednak najbardziej wiarygodnym testem pokazującym potencjalny genotoksyczny wpływ radonu może być analiza częstości mikrojąder w komórkach nabłonkowych pobranych z worka policzkowego (rys. 2). Istotną sprawą jest, że radon wdychany z powietrzem do płuc przechodzi przez jamę ustną, a błona śluzowa jest dobrą powierzchnią do osadzania się aerozoli z radioaktywnymi produktami rozpadu radonu. Należy podkreślić, że jest to metoda nieinwazyjna, bo materiał do badania pobierany jest w postaci wymazów z jamy ustnej.

Dotychczasowe prace demonstrują zależność częstości mikrojąder (oraz ich wskaźników genotoksycznych i cytotoskycznych możliwych do zbadania w komórkach nabłonkowych) od stężenia radonu w miejscu zamieszkania [18, 19]. Metoda jest używana w Instytucie Chemii i Techniki Jądrowej. Na rys. 3 demonstrujemy częstości mikrojąder u 5 osób mieszkających w miejscu o wysokim stężeniu radonu w porównaniu z kontrolami – osobami z województwa mazowieckiego i kontrolami z literatury [20]. Badania zostały przeprowadzone w trakcie przygotowywania pracy inżynierskiej pani Urszuli Zielińskiej pt. „Zastosowanie metody mikrojądrowej w komórkach nabłonka jamy ustnej do biomonitoringu narażenia na radon”, obronionej na Politechnice Warszawskiej w 2019 roku [21].



Rys. 2. Komórki nabłonkowe z jamy ustnej. Na zielono zabarwiona cytoplazma, na fioletowo jądra komórkowe. Na lewym zdjęciu nieuszkodzona komórka nabłonkowa, na prawym zdjęciu nad jądrem widoczne mikrojądro (fot. Urszula Zielińska)

Fig. 2. Buccal epithelial cells. Cytoplasm – green color, cell nuclei – purple color. In the left photo an intact buccal cell, in the right photo a micronucleus visible above the nucleus (photos by Urszula Zielińska)



Rys. 3. Częstość mikrojąder w komórkach nabłonkowych z worka policzkowego. YC – osoby kontrolne w wieku 18 – 26 lat, OC – osoby kontrolne w wieku 64 – 75 (Thomas 2009), Our C – 3 osoby kontrolne z ICHTJ, Łądek – 5-ciu pracowników uzdrowiska Łądek Zdrój. Pionowe słupki obrazują 95 % przedział ufności. Widać, że u osób żyjących i pracujących na terenie o wyższym stężeniu radonu znaleziono wyższą częstość mikrojąder. Test Manna - Whitneya pomiędzy osobami kontrolnymi z ICHTJ, a osobami z Łądeka Zdroju pokazał, że różnice są statystycznie istotne ($p = 0,037$).

Fig. 3. The frequency of micronuclei in buccal epithelial. YC - control people aged 18-26, OC - control people aged 64-75 (Thomas 2009), Our C - 3 control people from ICHTJ, Łądek - 5 employees of the health resort Łądek Zdrój. Vertical bars represent the 95% confidence interval. It can be seen that a higher frequency of micronuclei was found in people living and working in areas with higher radon concentrations. The Mann-Whitney test between controls from ICHTJ and people from Łądek Zdrój showed that the differences were statistically significant ($p = 0.037$).

*Sylwester Sommer,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

*Patrycja Włudecka,
Uniwersytet Warszawski,
Wydział Fizyki,
Warszawa*

*Urszula Zielińska
Politechnika Warszawska,
Wydział Fizyki,
Warszawa*

Literatura:

- [1] J. Henschke. Ocena narażenia radiacyjnego ludności Polski w 2017 roku. Raport roczny CLOR 2017, pod redakcją P. Krajewskiego, Raport CLOR Nr 159, Warszawa 2018;
- [2] https://pl.wikipedia.org/wiki/Szereg_promieniotw%C3%B3rczy#/media/Plik:Szereg_promieniotw%C3%B3rczy_uranowo-radowy.svg;
- [3] WHO Handbook on indoor radon. A public health perspective. Edited by Hajo Zeeb, and Ferid Shannoun. World Health Organization 2009;
- [4] Raport Roczny Działalność Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki oraz ocena stanu bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce w 2018 roku. Warszawa 2019;
- [5] K. Walczak, J. Olszewski, P. Politański, M. Zmyślony. Occupational exposure to radon for underground tourist routes in Poland: Doses to lung and the risk of developing lung cancer. *Int J Occup Med Environ Health*. 2017 Jul 14;30(5): 687-694;
- [6] <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/radon-and-health>;
- [7] J.H. Lubin, J.D. Boice Jr, C. Edling, R.W. Hornung, G. Howe, E. Kunz, R.A. Kusiak, H.I. Morrison, E.P. Radford, J.M. Samet, et al. Radon-exposed underground miners and inverse dose-rate (protraction enhancement) effects. *Health Phys*. 1995 Oct;69(4): 494-500;
- [8] S.C. Darby, E. Whitley, G.R. Howe, S.J. Hutchings, R.A. Kusiak, J.H. Lubin, H.I. Morrison, M. Tirmarche, L. Tomásek, E.P. Radford, et al. Radon and cancers other than lung cancer in underground miners: a collaborative analysis of 11 studies. *J Natl Cancer Inst*. 1995 Mar 1;87(5): 378-84;
- [9] B.L. Cohen. Test of the linear-no threshold theory of radiation carcinogenesis for inhaled radon decay products. *Health Phys*. 1995 Feb;68(2): 157-74;
- [10] L. Dobrzyński, K.W. Fornalski, J. Reszczynska. Meta-analysis of thirty-two case-control and two ecological radon studies of lung cancer. *J Radiat Res*. 2018 Mar 1;59(2): 149-163;
- [11] BEIR VI. Health Effects of Exposure to Radon. National Academy Press, Washington, D.C. 1999;
- [12] K.M. Butler, L. Huntington-Moskos, M.K. Rayens, A.T. Wiggins, E.J. Hahn. Perceived Synergistic Risk for Lung Cancer After Environmental Report-Back Study on Home Exposure to Tobacco Smoke and Radon. *Am J Health Promot*. 2019 May; 33(4): 597-600;
- [13] C. Meenakshi, M.N. Mohankumar. Synergistic effect of radon in blood cells of smokers - an in vitro study. *Mutat Res*. 2013 Sep 18;757(1): 79-82;
- [14] A. Fucic, S. Bonassi, S. Gundy, J. Lazutka, R. Sram, M. Ceppi, J.N. Lucas. Frequency of Acentric Fragments Are Associated with Cancer Risk in Subjects Exposed to Ionizing Radiation. *Anticancer Res*. 2016 May; 36(5):2451-7;
- [15] S. Bonassi, A. Znaor, M. Ceppi, et al. An increased micronucleus frequency in peripheral blood lymphocytes predicts the risk of cancer in humans. *Carcinogenesis*, 2007, 28, 625–631;
- [16] K. Walczak, J. Olszewski, K. Domaradzka-Gajda, P. Politański, M. Zmyślony, K. Kowalczyk, M. Stępnik. Micronuclei frequency in peripheral blood lymphocytes and levels of anti-p53 autoantibodies in serum of residents of Kowary city regions (Poland) with elevated indoor concentrations of radon. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen*. 2019 Feb; 838: 67-75;
- [17] K. Walczak, J. Olszewski, P. Politański, K. Domaradzka-Gajda, K. Kowalczyk, M. Zmyślony, M. Stępnik. Genotoksyczny biomonitoring mieszkańców obszaru mineralizacji uranowej. XVIII Kongres Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych. 2019 Kielce;
- [18] A.E. Marcon, J.A. Navoni, M.F. de Oliveira Galvão, A.C.F.S. Garcia, V.S. do Amaral, R.A. Petta, T.F.D.C. Campos, R. Panosso, A.L. Quinelato, S.R.B. de Medeiros. Mutagenic potential assessment associated with human exposure to natural radioactivity. *Chemosphere*. 2017 Jan; 167: 36-43;
- [19] D.P.S. Linhares, P.V. Garcia, C. Silva, J. Barroso, N. Kazachkova, R. Pereira, M. Lima, Camarinho R3, T. Ferreira, A. Dos Santos Rodrigues. DNA damage in oral epithelial cells of individuals chronically exposed to indoor radon (222Rn) in a hydrothermal area. *Environ Geochem Health*. 2018 Oct; 40 (5): 1713-1724;
- [20] P. Thomas et al., "Buccal micronucleus cytome assay," *Nat. Protoc.*, vol. 4, no. 6, pp. 825–837, 2009;
- [21] U. Zielińska. Zastosowanie metody mikrojądrowej w komórkach nabłonka jamy ustnej do biomonitoringu narażenia na radon. Praca dyplomowa inżynierska na kierunku fizyka techniczna, w specjalności fizyka medyczna, 2019 Politechnika Warszawska.

ENERGETYKA JĄDROWA ...PO CHIŃSKU

Nuclear power ... in Chinese

Piotr Leśny

Streszczenie: Chiński program budowy elektrowni jądrowych jest jednym z najszybciej rozwijających się programów jądrowych na świecie. Jedną z największych gospodarek globu potrzebuje dużych ilości energii elektrycznej, której produkcja nie wiąże się z emisją zanieczyszczeń. Dotyczy to przede wszystkim najbardziej uprzemysłowionych regionów Chin ze szczególnym uwzględnieniem terenów nadmorskich np. aglomeracja Szanghaju. Poniższe opracowanie przybliża chiński program jądrowy. Opisuje też, jak Chinom udaje się budować reaktory jądrowe w wyjątkowo szybkim tempie. Autor koncentruje się na wyjątkowej wadze jaką ma dla bezpieczeństwa dotrzymywanie harmonogramu prac i brak opóźnień przy budowie reaktorów jądrowych. Przybliżone zostają również Czytelnikom projekty tych reaktorów energetycznych, które stanowią produkt eksportowy Chin i mogą wzbudzać zainteresowanie jeżeli chodzi o Program Polskiej Energetyki Jądrowej. Artykuł opisuje również SNERDI chiński instytut badawczy i projektowy zaangażowany w projektowanie najbardziej zaawansowanych reaktorów jądrowych.

Abstract: China's nuclear power plant program is one of the fastest-growing nuclear programs in the world. One of the world's largest economies needs large amounts of electricity, the production of which is not associated with emissions. This applies above all to the most industrialized regions of China with particular emphasis on coastal areas, e.g. the agglomeration of Shanghai. The following study introduces the Chinese nuclear program. He also describes how China manages to build a nuclear reactor at an extremely fast pace. The author focuses on the extraordinary importance of safety in keeping to the work schedule and barracks of delays in the construction of nuclear reactors. Readers are also familiarized with the designs of these energy reactors, which are an export product of China and may arouse interest when it comes to the Polish Nuclear Energy Program. The article also describes SNERDI, a Chinese research and design institute involved in the design of the most advanced nuclear reactors.

Keywords: China, the pace of construction of nuclear power plants, nuclear block project, CAP 1000, CAP1400, Hualong One, SNERDI.

Słowa kluczowe: Chiny, tempo budowy elektrowni jądrowych, projekt bloku jądrowego, CAP 1000, CAP1400, Hualong One, SNERDI.

Wstęp

Stare chińskie przysłowie mówi ...tak powinienem chyba rozpocząć artykuł, który będzie siłą rzeczy tylko impresją dotyczącą chińskiej energetyki jądrowej. Dlaczego impresją? Z jednego ważnego powodu: mała ilość źródeł i opracowań – zwłaszcza w języku polskim, które dotyczą tego zagadnienia. Druga przyczyna jest równie istotna – materiały dotyczące Chin i ich przemysłu ze szczególnym uwzględnieniem wysokich technologii starzeją się w tempie błyskawicznym. Mówiąc nieco złośliwie: Chińczycy po prostu budują nieco szybciej swoje instalacje, niż powstają nowe opracowania dotyczące tego zagadnienia. (To trochę kamyk do mojego własnego ogródka: od roku przymierzam się do napisania artykułu o chińskim programie jądrowym w tym czasie w Chinach rozpoczęło pracę pięć bloków jądrowych Sanmen-2, Tianwen-4, Haiyang-2, Yangjiang-6 oraz Taishen-2). Dlatego jako motto mego opracowania wybrałem nie starochińskie przysłowie, tylko chiński paradoks pochodzący jeszcze z księgi I-cing:

„Przemiana jest czymś stałym.”

W momencie ukazania się tego artykułu – mam takie wrażenie, że będzie on wymagał aktualizacji. Opo-

wiem prawdziwą anegdotę: kiedy leciałem do Szanghaju, wziąłem mapę tamtejszego metra z kilkunastoma liniami. Jak znalazłem się na miejscu, okazało się, że wymaga aktualizacji: właśnie zbudowano kolejną linię. Zmiana jest czymś, czego zawsze należy spodziewać się w Chinach. Choć może do współczesnej chińskiej ultranowoczesnej energetyki jądrowej pasowałoby bardziej powiedzenie Steve'a Jobsa: **„Jeżeli ktoś Ciebie wyprzedził – przeskocz go”.**

Chiński program jądrowy i to w jego formie najbardziej zaawansowanej miałem okazję poznać podczas spotkania eksperckiego w Chinach. Technical Meeting on Challenges and Opportunities in the Construction Management of Advanced Nuclear Power Plants, które odbyło się w sierpniu 2018 r. w Szanghaju.

Moim głównym celem podczas spotkania było zapoznanie się ze zarządzaniem projektami i metodami kontroli zarządzania projektami najbardziej zaawansowanych elektrowni jądrowych. Ponadto omawiane były takie istotne z punktu widzenia dozoru jądrowego zagadnienia jak ocena charakterystycznych dla konkretnych lokalizacji projektów budowlanych i inżynierskich, kontrola podwykonawców i dostawców w zakresie zarządzania konfiguracją projektu (między innymi

zachowanie spójności projektowej i bezpieczeństwa projektu), zapewnienie bezpieczeństwa środowiska pracy i metody kontroli najbardziej wykwalifikowanego personelu EJ i wiele innych zagadnień. Z punktu widzenia dozoru jądrowego najważniejsza była kwestia zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego najbardziej zaawansowanym projektom obiektów jądrowych. W Chinach budowane są teraz najbardziej zaawansowane i nowoczesne modele EJ i obiektów jądrowych. Co istotne w związku z olbrzymią różnorodnością budowanych tam konstrukcji spotkanie stanowiło ogromną szansę na zapoznanie się z unikalnym w świecie spektrum informacji oraz praktycznych umiejętności dotyczących zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego zarządzania budową, ciągłością projektu oraz konfiguracją obiektów jądrowych. Spotkanie stanowiło unikalną możliwość doskonalenia umiejętności inspektora dozoru w nadzorze i kontroli w tych wyjątkowo istotnych dla bezpieczeństwa jądrowego zagadnieniach. Niestety w artykule nie mogę z wielu względów posłużyć się wieloma uzyskanymi tam materiałami. Wiedza dotycząca projektowania 3d, szkolenia lub pracy z użyciem wirtualnej rzeczywistości czy najnowszych programów komputerowych stosowanych w chińskiej energetyce jądrowej jest fascynująca – szczegóły jednak nie mogą niestety być, choćby ze względów bezpieczeństwa powszechnie dostępne. Dlatego w niniejszym opracowaniu cytuję i przedstawiam bezpośrednio źródła tylko i wyłącznie ogólnodostępne.

Przyczyny gwałtownego rozwoju chińskiej energetyki jądrowej. To zdjęcie może wystarczyć za wszystkie wyjaśnienia.



Fot. 1. Widok na współczesny Szanghaj (fot. Piotr Leśny). Zwraca uwagę na pierwszym planie wieża telewizyjna Oriental Pearl – 468 metrów wysokości i budynek Shanghai Tower mierzący 632 metry

Photo 1. View of modern Shanghai (authors photo). In the foreground, the Oriental Pearl TV Tower is highlighted - 468 meters high and the Shanghai Tower building measuring 632 meters (authors photo Piotr Leśny)

Gwałtowny rozwój Chin (przemysłowy, gospodarczy itd. można wstawić dowolny przymiotnik) spowodował równie gwałtowne zapotrzebowanie na energię. Nie będę tu się zagłębiał w statystyki, ale zamieszczony na fotografii wyżej widok szanghajskiego „Manhattanu” mówi sam za siebie. Trzydzieści lat temu te budynki nie istniały (Shanghai Tower ukończono 4 lata temu). Tak jak te rozświetlone ulice:



Fot. 2. Ulica w Szanghaju (fot. Piotr Leśny)

Photo 2. Street in Shanghai (authors photo Piotr Leśny)

Teraz parę liczb. Miasto Szanghaj liczy ponad 24 mln mieszkańców, jako metropolia 34 mln – czyli nie wiele mniej niż cała Polska. To największe miasto w Chinach. W całym Państwie Środka żyje prawie półtora mld ludzi (dokładniej 1 mld 400 mln według Międzynarodowego Funduszu Walutowego). Chiny są w tej chwili jedną z największych gospodarek świata (według różnych rankingów pierwszą albo drugą zależy, jak się liczy).



Fot. 3. Wielopiętrowy dom towarowy w Szanghaju (fot. Piotr Leśny)

Photo 3. A multi-story department store in Shanghai (authors photo Piotr Leśny)

Ponadto w związku z tym, że energetyka chińska opiera się na paliwach kopalnych (73% według World Nuclear Association) zanieczyszczenie powietrza jest sprawą wyjątkowo istotną, jeżeli chodzi o decyzję o budowie nowych bloków jądrowych. Tu dodajmy, że poza zanieczyszczeniami przemysłowymi Chin od wieków zmagają się z burzami piaskowymi i pyłowymi z pustyń Azji Centralnej. W związku z tym każda energetyka, która nie dorzuca nic do zapylenia powietrza, jest w Państwie Środka czymś bardzo pożądanym. Olbrzymie elektrownie wodne na Rzece Żółtej i elektrownie wiatrowe (4% produkcji energii) dopełniają energetycznego miksu Państwa Środka. Jednakże znajdują się one w pewnym oddaleniu od najważniejszych ośrodków handlowych i przemysłowych Chin takich jak Szanghaj (jeden z największych portów świata) mieszczących się nad morzem. Tamtejszy przemysł by mógł sprzedawać na cały świat swoje produkty potrzebuje dużo taniej energii.

Chińskie reaktory jądrowe

Chiny rozpoczęły przygodę z energią jądrową, bardzo niedawno, na przełomie lat 80. i 90. XX wieku, wraz z wprowadzeniem do eksploatacji reaktorów Dajabay 1 i 2 oraz Qinshan.

Chiński przemysł jądrowy poczynił w ostatniej dekadzie ogromny postęp, którego celem jest uzyskanie całkowitej samodzielności we wszystkich technologiach jądrowych.

Czas budowy bloku jądrowego w Chinach

Chińczycy budują bardzo szybko elektrownie jądrowe. Weźmy na przykład Taishan 2 od rozpoczęcia budowy w 2010 r. do rozpoczęcia pracy tego bloku minęło 10 lat. Identycznie jak w przypadku jego bliźniaka Taishan 1. Są to reaktory typu PWR model CPR 1750 o mocy nominalnej 1750 MWe. Reaktor CPR jest reaktorem trzeciej generacji francuskiej firmy Areva i jednym z potencjalnych kandydatów do budowy w ramach Programu Polskiej Energetyki Jądrowej. Poza Chinami zarówno we Finlandii, czyli Olkiluoto (budowa trwa już 15 lat), jak i we Francji, czyli Flamanville (budowa trwa już 13 lat) budowa CPR ma duże opóźnienia. Budowa Yangjiang-6 trwała natomiast 6 lat – reaktor typu APR 1400. Ta szybkość nie dotyczy tylko budowy reaktorów – chiński zakład produkujący sterownice dla bloków jądrowych w ciągu 10 lat od stanu „zielonej trawy”, na której go stawiano, przeszedł drogę przez budowę produkowanych na licencji sterowni do produkcji własnych udoskonalonych modeli. Taka szybkość może niepokoić ze względu na przykład na jakość czy bezpieczeństwo jednakże... Po pierwsze dzięki nieprzekraczaniu planów budżetowych budowa reaktorów jądrowych kosztuje Chińczyków znacznie mniej pieniędzy (zob. casus Olkiluoto gdzie projekt przekroczył koszty co najmniej dwukrotnie niż planowano). Anegdota: gdy rozmawiałem o przekraczaniu terminów budowy na europejskich budowach z chińskimi kolegami to jeden z nich z niedowierzaniem spytał: „To nikogo za to nie ukarano?”. Jak w Chinach potraktowano by takie, nazwijmy błędy-zostawiam domyślności Czytelnika. Chyba odniesiono by się do nich raczej surowo nieprawdaż? Chińczycy (podobnie jak Koreańczycy) podchodzą bardzo poważnie do przygotowania i jakości projektu.

Właściwie przygotowany projekt musi się odznaczać:

- odpowiednią jakością. W energetyce jądrowej jakość to bezpieczeństwo. Jeżeli projekt jest właściwie przygotowany i dopracowany, nie wymaga większej liczby zmian, a co za tym idzie, braki w projekcie nie powodują opóźnień i zmian w harmonogramie prac.
- odpowiednią szczegółowością. Nie może w nim zabraknąć żadnego wymaganego ze względów bezpieczeństwa elementu. Już trochę pro domo sua: zdaniem chińskiego wykładowcy „dobrze przygotowany projekt obroni was przed dozorem jądrowym, uchroni przed opóźnieniami lub po prostu nie przyznaniem zezwolenia”. Chiński dozór jądrowy NNSA (The National

Nuclear Safety Administration) jest znany ze swoich surowych wymagań i autorytetu. W sprawach dotyczących np. bezpieczeństwa reaktorów AP 1000 ściśle współpracuje z amerykańskim dozorem jądrowym American Nuclear Corporation – NRC.

- przejrzystością zawartych informacji. Inaczej mówiąc, informacja musi być łatwo dostępna. Osoba, która korzysta z informacji projektowej, musi łatwo i szybko do niej dotrzeć. Mówiąc kolokwialnie: nie przebijając się przez góry papieru. Osiąga się to poprzez stosowanie projektów 3d, odpowiednich programów komputerowych, urządzeń elektronicznych etc. Kluczem jest unikanie produkcji nadmiernej ilości dokumentacji papierowej. Ma to znaczenie przy samej budowie: przykładowo pracownik wykonujący pracę ma przesyłane potrzebne informacje do gogli elektronicznych, które wyświetlają mu potrzebne w danym momencie instrukcje lub polecenia przełożonego. Ma to również znaczenie przy kontroli dokumentacji: weryfikując projekt znacznie łatwiej i co istotne skuteczniej sprawdzić projekt za pomocą technik komputerowych jak weryfikując treść całej biblioteki dokumentacji. Co najważniejsze szybko i efektywnie wyłapuje się ewentualne błędy i niezgodności podczas prac budowlanych.

Nie chodzi tylko i wyłącznie o pieniądze. Brak opóźnień zwiększa bezpieczeństwo konstrukcji:

- Unika się starzenia i zmniejszenia wytrzymałości materiałów. Jeżeli prace budowlane trwają całe lata, to starzeją się materiały typu polimerowego np. izolacja kabli, materiały budowlane i konstrukcyjne. Przykładowo w Stanach Zjednoczonych, gdy jeden z reaktorów po zakonserwowaniu w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku postanowiono uruchomić, to wymagał wymiany dużej części oprządzenia np. kabli i przewodów.
- Unika się problemów związanych z korozją. Plac budowy może nie być zbyt przyjaznym środowiskiem dla metalowych urządzeń reaktora. Komponenty, które długo nie były używane i przez długi okres czekały bezczynnie, wymagają niekiedy dodatkowych prac antykorozyjnych.

Następna sprawa – im dłuższa budowa, tym większe zmiany zachodzą w jej otoczeniu. W szerokim znaczeniu tego słowa.

- Zmieniają się normy i standardy dotyczące jakości, a co za tym idzie, zmieniają wymagania. Powoduje to błędne koło: opóźnienie projektu powoduje kolejne opóźnienie projektu.
- Zmieniają się materiały i technologie, a co za tym idzie także dostępność wcześniej stosowanych. Zaznaczam, że to, co starsze nie oznacza gorsze – ale fachowcy, którzy umieli się posługiwać starszymi technikami, powoli się wykruszają, a młodsze pokolenie nie koniecznie może im dorównać.

Dlatego tak ważne jest trzymanie się harmonogramu i dopilnowanie jakości projektu.

Technologie jądrowe

Chiny importowały technologię jądrową z kilku krajów przede wszystkim z Rosji (wcześniej Związku Radzieckiego), Francji, Kanady i Stanów Zjednoczonych. Po imporcie rozwijały technologie, tworząc własne projekty. Przykładowo w samym SNERDI (Shanghai Nuclear Energy Research and Development Institut) nad pracami badawczymi dotyczącymi energetyki jądrowej pracuje prawie półtora tysiąca specjalistów.

Aktualny stan chińskiej energetyki jądrowej (05.11.2019)

W tej chwili pracuje w Chinach 48 bloków jądrowych i budowanych jest kolejnych 9. Według danych Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA PRIS) aktualny stan wygląda następująco:

Reactors Name/ Nazwa reaktora	Type/ Typ	Status/ Status	Location/ Lokalizacja	Reference Unit Power [MW] /Moc referencyjna [MW]	Gross Electrical Capacity [MW] / Moc elektryczna brutto [MW]	First Grid Connection / Pierwsze przyłączenie do sieć
CEFR	FBR	Operational	Tuoli	20	25	2011-07-21
CHANGJIANG-1	PWR	Operational	Changjiang	601	650	2015-11-07
CHANGJIANG-2	PWR	Operational	Changjiang	601	650	2016-06-20
DAYA BAY-1	PWR	Operational	SHENZHEN CITY	944	984	1993-08-31
DAYA BAY-2	PWR	Operational	SHENZHEN CITY	944	984	1994-02-07
FANGCHENGANG-1	PWR	Operational	Fangchenggang	1000	1086	2015-10-25
FANGCHENGANG-2	PWR	Operational	Fangchenggang	1000	1086	2016-07-15
FANGCHENGANG-3	PWR	Under Construction	Fangchenggang	1000	1180	
FANGCHENGANG-4	PWR	Under Construction	Fangchenggang	1000	1180	
FANGJIASHAN-1	PWR	Operational	Jiaxing	1012	1089	2014-11-04
FANGJIASHAN-2	PWR	Operational	Jiaxing	1012	1089	2015-01-12
FUQING-1	PWR	Operational	Fuqing	1000	1089	2014-08-20
FUQING-2	PWR	Operational	Fuqing	1000	1089	2015-08-06
FUQING-3	PWR	Operational	Fuqing	1000	1089	2016-09-07
FUQING-4	PWR	Operational	Fuqing	1000	1089	2017-07-29
FUQING-5	PWR	Under Construction	Fuqing	1000	1150	
FUQING-6	PWR	Under Construction	Fuqing	1000	1150	
HAIYANG-1	PWR	Operational	Haiyang	1170	1250	2018-08-17
HAIYANG-2	PWR	Operational	Haiyang	1170	1250	2018-10-13
HONGYANHE-1	PWR	Operational	DALIAN	1061	1119	2013-02-17
HONGYANHE-2	PWR	Operational	DALIAN	1061	1119	2013-11-23
HONGYANHE-3	PWR	Operational	DALIAN	1061	1119	2015-03-23
HONGYANHE-4	PWR	Operational	DALIAN	1061	1119	2016-04-01
HONGYANHE-5	PWR	Under Construction	DALIAN	1000	1119	
HONGYANHE-6	PWR	Under Construction	DALIAN	1000	1119	

Reactors Name/ Nazwa reaktora	Type/ Typ	Status/ Status	Location/ Lokalizacja	Reference Unit Power [MW] /Moc referencyjna [MW]	Gross Electrical Capacity [MW] / Moc elektryczna brutto [MW]	First Grid Connection / Pierwsze przyłączenie do siec
LING AO-1	PWR	Operational	SHENZEN	950	990	2002-02-26
LING AO-2	PWR	Operational	SHENZEN	950	990	2002-09-14
LING AO-3	PWR	Operational	SHENZEN	1007	1086	2010-07-15
LING AO-4	PWR	Operational	SHENZEN	1007	1086	2011-05-03
NINGDE-1	PWR	Operational	Ningde	1018	1089	2012-12-28
NINGDE-2	PWR	Operational	Ningde	1018	1089	2014-01-04
NINGDE-3	PWR	Operational	Ningde	1018	1089	2015-03-21
NINGDE-4	PWR	Operational	Ningde	1018	1089	2016-03-29
QINSHAN 2-1	PWR	Operational	Jiaxing	610	650	2002-02-06
QINSHAN 2-2	PWR	Operational	Jiaxing	610	650	2004-03-11
QINSHAN 2-3	PWR	Operational	Jiaxing	619	660	2010-08-01
QINSHAN 2-4	PWR	Operational	Jiaxing	619	660	2011-11-25
QINSHAN 3-1	PHWR	Operational	Jiaxing	677	728	2002-11-19
QINSHAN 3-2	PHWR	Operational	Jiaxing	677	728	2003-06-12
QINSHAN-1	PWR	Operational	Jiaxing	298	330	1991-12-15
SANMEN-1	PWR	Operational	Taizhou	1157	1251	2018-06-30
SANMEN-2	PWR	Operational	Taizhou	1157	1251	2018-08-24
SHIDAO BAY-1	HTGR	Under Construction	Weihai	200	211	
TAISHAN-1	PWR	Operational	Taishan	1660	1750	2018-06-29
TAISHAN-2	PWR	Operational	Taishan	1660	1750	2019-06-23
TIANWAN-1	PWR	Operational	Lianyungang	990	1060	2006-05-12
TIANWAN-2	PWR	Operational	Lianyungang	990	1060	2007-05-14
TIANWAN-3	PWR	Operational	Lianyungang	1045	1126	2017-12-30
TIANWAN-4	PWR	Operational	Lianyungang	1045	1126	2018-10-27
TIANWAN-5	PWR	Under Construction	Lianyungang	1000	1118	
TIANWAN-6	PWR	Under Construction	Lianyungang	1000	1118	
YANGJIANG-1	PWR	Operational	Yangjiang	1000	1086	2013-12-31
YANGJIANG-2	PWR	Operational	Yangjiang	1000	1086	2015-03-10
YANGJIANG-3	PWR	Operational	Yangjiang	1000	1086	2015-10-18
YANGJIANG-4	PWR	Operational	Yangjiang	1000	1086	2017-01-08
YANGJIANG-5	PWR	Operational	Yangjiang	1000	1086	2018-05-23
YANGJIANG-6	PWR	Operational	Yangjiang	1000	1086	2019-06-29

Według World Nuclear Association w październiku tego roku pracowało 45 bloków i 15 było w budowie. Ponadto jest jeszcze pewna liczba bloków tuż przed rozpoczęciem budowy. Trudno to oszacować ze względu na tempo, w jakim rozwija się w Państwie Środka program jądrowy.

Hualong 1

Tu zacytuje serwis informacyjny CIRE artykuł „Zakończono testy paliwa dla chińskich reaktorów Hualong One” z dnia 22.03.2019 r. „Reaktor Hualong One (Hualong Pressurised Reactor – HPR1000) jest reaktorem wodnym ciśnieniowym (PWR) chińskiej konstrukcji o mocy 1150 MWe. Powstał on ze scalenia dwóch konstrukcji reaktorów: ACP1000 koncernu CNNC i ACPR1000 koncernu CGN w jeden standardowy model Hualong One. Spełnia on standardy bezpieczeństwa ustanowione przez MAEA i przyjęto go do szerokiego zastosowania w kraju oraz na eksport. W Chinach budowane są obecnie cztery jednostki Hualong One. CNNC buduje dwa bloki HPR1000 w elektrowni jądrowej Fuqing. Wylewanie pierwszego betonu w bloku 5 rozpoczęto 7 maja 2015 r. i 22 grudnia 2015 r. w bloku 6. Mają one zostać uruchomione po czterech latach budowy, odpowiednio w 2019 i 2020 r. CGN buduje dwa takie reaktory w elektrowni jądrowej Fangchenggang-3 i 4 w Regionie Autonomicznym Guangxi. Ich konstrukcja rozpoczęła się 24 grudnia 2015 r. i 23 grudnia 2016 r., a pracę komercyjną mają rozpocząć także w latach 2019-2020. Hualong One promowany jest na rynku międzynarodowym i dwa reaktory HPR1000 od roku 2015 znajdują się w budowie w pakistańskiej elektrowni jądrowej Karachi. Mają one zostać uruchomione w roku 2021 i 2022.

W październiku 2015 r. CGN zaproponował koncernowi EDF zastosowanie technologii Hualong One przy budowie elektrowni jądrowej Bradwell B w Wielkiej Brytanii. Projekt UK HPR1000 przechodzi obecnie proces ogólnej oceny (Generic Design Assessment – GDA) przez brytyjski urząd regulacji jądrowych (Office for Nuclear Regulation – ONR) oraz agencję ochrony środowiska (Environment Agency – EA). W listopadzie 2015 r. Chiny zawarły porozumienie z Argentyną w sprawie budowy na jej terytorium reaktorów tego typu.” Koniec cytatu. Poniżej fotografia Hualong One z Global Construction Review.



Fot. 4. EJ w Pakistanie. Nałożenie kopuły obudowy bezpieczeństwa (fot.GCR)
Photo 4. China Tops out Hualong One nuclear plant in Pakistan (By GCR Staff)

Zdjęcie przedstawia zamknięcie obudowy reaktora Karachi 2 kopułą. Wykonano to zgodnie z założonym harmonogramem. Jeszcze parę dodatkowych informacji o Hualong One zwanego również HPR 1000. Rdzeń reaktora załadowany jest 177 zestawami paliwowymi o długości 3,66 m, okres do refueling wynosi 18-24 miesiące, wzbogacenie 4,45%. Trzy obiegi chłodzenia, podwójna obudowa bezpieczeństwa, aktywne systemy bezpieczeństwa z elementami pasywnymi, przewidywany czas pracy 60 lat. Systemy pasywne zdolne do pracy przez 72 godziny przy odpowiednim poziomie wody i załadowanych akumulatorach. Między poszczególnymi wersjami występują nieznaczne różnice dotyczące np. ilości aktywnych systemów bezpieczeństwa. System kontroli Areva-Siemens. To informacje z World Nuclear Association. Generalnie chińska firma CNNC rozwijała amerykański model AP 1000, a firma CGN wcześniejsze modele oparte na francuskiej technologii. Jest to więc dość ciekawe połączenie kilku technologii w jedną oferowaną przez dwie chińskie firmy zagranicznym klientom. Co ciekawe potencjalnymi klientami przy tym reaktorze są również kraje Europy Wschodniej.

CAP 1000 /CAP 1400

Kolejnym ciekawym chińskim reaktorem jest CAP 1000. Jest to właściwie dostosowanie AP 1000 do lokalnych standardów. Chińskie modyfikacje dotyczyły obniżenia kosztów, usprawnienia pracy i obsługi. Dostosowano amerykański projekt do wymagań chińskiej normy projektowej i dodano ulepszenia wymagane po Fukushima przez międzynarodowe standardy bezpieczeństwa. Model CAP 1400 stanowi rozwinięcie CAP 1000. Różnica to przede wszystkim zwiększenie mocy do 1400 MWe. CAP 1400 jest kolejną chińską ofertą eksportową. Jako ciekawostkę można podać, że trwają prace nad jeszcze bardziej zaawansowanym projektem CAP 1700. Prace nad rozwojem chińskich projektów prowadzi SNERDI.

SNERDI

Ten instytut placówka badawcza jest jednocześnie pierwszym komercyjnym dostawcą (vendor) technologii jądrowych w Chinach. Powstał 8 lutego 1970 r. Shanghai Nuclear Engineering Research and Design Institute Co., Ltd. (SNERDI), podaje nazwę i informację za oficjalną stroną internetową instytutu. Jest przedsiębiorstwem high-tech i wsparciem dla State Power Investment Corporation (SPIC). W tej chwili jest znaną na cały świat placówką badawczą oraz projektową w zakresie energetyki jądrowej. Po zakończeniu prac nad pierwszą elektrownią jądrową w Chinach Qinshan Phase I, SNERDI zaprojektowało w Pakistanie EJ Chashma Nuclear Power Plants (CHASNUPP unit 1, 2, 3 and 4).



Fot. 5. Qinshan Phase I (fot. z oficjalnej strony internetowej SNERDI)
Photo 5. Qinshan Phase I (Photo from the SNERDI official website)

Od 2008 r. SNERDI jest sponsorowane przez rząd w zakresie R&D projektów bardzo zaawansowanych reaktorów PWR (large-advanced pressurized water reactor), co jest jednym z 16 kluczowych dla narodu naukowo-technologicznych projektów w Chinach (16 National Key Science & Technology Projects in China). Przez 10 lat wprowadzania, wchłaniania, absorpcji i innowacji technologii III Generacji, SNERDI było zaangażowane w projekty AP 1000 w Sanmen i Haiyang.



Fot. 6. AP1000 w Sanmen (fot. z oficjalnej strony internetowej SNERDI)
Photo 6. AP1000 in Sanmen (Photo from the official SNERDI website)

Następnie SNERDI pracowało nad projektem CAP1400. Projekt CAP1400 jako zdolny do licencjonowania został zaaprobowany przez chiński dozór National Nuclear Safety Administration, a następnie przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej w ramach Generic Reactor Safety Review (GRSR).



Fot. 7. CAP1400 (fot. z oficjalnej strony internetowej SNERDI)
Photo 7. CAP1400 photo from the official SNERDI website

SNERDI zapewnia wsparcie dla SPIC (to jeden z trzech chińskich operatorów w dziedzinie energetyki jądrowej) w zakresie R&D na terenie 29 elektrowni jądrowych 583 nagrodzone przez Państwo (Chiny) i Ministerstwa (tak podaje SNERDI – ciekawe rozróżnienie) do grudnia 2018 r. projekty badawcze nie tylko za postęp w nauce i technologii, ale i za doskonały projekt (design). W Polsce SNERDI

nie ma odpowiednika – więc jakkolwiek próba mojej oceny byłaby intelektualnym nadużyciem. Dzięki moim koreańskim mistrzom miałem okazję zapoznać się z Kepco Engineering&Construction, które projektuje koreańskie reaktory jądrowe. Widać wiele podobieństw: perfekcjonizm oraz naukę na najwyższym poziomie.

Podsumowanie

To opracowanie, to de facto impresja na temat chińskiego programu jądrowego. Brakuje w nim bardzo wielu elementów jak np. opisu chińskiego rynku energetycznego, polityki najważniejszych operatorów energetyki jądrowej, całego świata chińskiej fizyki jądrowej, systemu chińskich norm technicznych i jądrowych oraz wielu, bardzo wielu innych kwestii kluczowych dla tego zagadnienia i wymagających ...lat studiów. Jego celem jest zaznajomienie i przede wszystkim zainteresowanie tym tematem. Brakuje opracowań w języku polskim dotyczących tej dziedziny. Jako „wychowanek” koreańskiego KINS (dozór jądrowy Korei Południowej) mam trochę koreański punkt widzenia na Chiny, więc być może trochę subiektywny. Ale widać wiele podobieństw między tymi krajami. Tak jak Korea (a jeszcze wcześniej podobnie postępowała Japonia) Chiny zakupują technologie, czy projekty z dziedziny energetyki jądrowej, uczą się ich, następnie rozwijają, a na koniec tworzą nową jakość. Powstają silnie wspierane przez państwo centra naukowe, a nawet całe miasta. W Korei takim miastem jest Daejeon, w Chinach placówki naukowe dotyczące przemysłu jądrowego skupione są w Szanghaju. W Korei program jądrowy w związku z polityką nowego rządu spowolnił (teoretycznie – i tak budują nowe bloki, rozwijają nowe technologie), w Chinach rozwija się. Co istotne jeszcze nie tak dawno Chiny uczyły się w innych krajach między innymi...od nas. Teraz, aby poznać najnowszą inżynierię czy technologie trzeba wybrać się do Chin, to one wyznaczają najnowsze trendy.

Piotr Leśny,
 Inspektor Dozoru Jądrowego,
 Departament Nadzoru i Kontroli,
 Państwowa Agencja Atomistyki,
 Warszawa

Literatura:

- [1] IAEA PRIS: <https://pris.iaea.org/PRIS/home.aspx>
- [2] SNERDI: <https://www.snerdi.com.cn/en/index>
- [3] World Nuclear Association: <https://www.world-nuclear.org/>
- [4] CIRE: <https://www.cire.pl/>
- [5] Global Construction Review: <http://www.global-constructionreview.com/>
- [6] World Nuclear News: <https://www.world-nuclear-news.org/>
- [7] Nuclear Engineering International: <https://www.neimagazine.com/>
- [8] Xinhua: <http://www.chinaview.cn/>

NAPĘD JĄDROWY OKRĘTÓW WOJENNYCH

Nuclear warship propulsion

Krzysztof Rzymkowski

Streszczenie: W opracowaniu przedstawiono napęd jądrowy stosowany w okrętach podwodnych i nawodnych. Omówiono związane z nim zalety dla tego typu jednostek pływających oraz przedstawiono trudności związane z ich demontażem.

Summary: Nuclear warship and submarine propulsion with systems are presented, together with, discussion on its advantages and dismantling process problems.

Słowa kluczowe: napęd jądrowy, reaktor wodno ciśnieniowy, paliwo Caramel.

Key words: nuclear propulsion, pressurized water reactor, Caramel fuel type.

Obserwowane zmiany klimatyczne wymuszają konieczność znacznego ograniczenia wykorzystywania paliw kopalnych we wszystkich dziedzinach gospodarki. Dotyczy to również bardzo rozwiniętego transportu morskiego, który w dalekiej przeszłości korzystał wyłącznie ze źródeł odnawialnych głównie wiatru. Pełny powrót do tego sposobu wykorzystania sił przyrody nie wydaje się możliwy. Pewną alternatywą ograniczenia zużycia paliw kopalnych w transporcie morskim może być powszechniejsze wykorzystanie napędu jądrowego. Wprawdzie dotychczasowe próby się nie powiodły, częściowo ze względów politycznych, częściowo z obawy przed energetyką jądrową co miało pośrednio wpływ na ekonomię transportu, ale ogromny postęp w technice reaktorowej pozwala przewidywać zmiany. Zaletą napędu jądrowego jest szczególnie małe zużycie paliwa. Energia uzyskana z kilograma paliwa uranowego odpowiada energii otrzymanej z 70 t węgla. Inną zaletą wykorzystywaną obecnie na okrętach wojennych jest możliwość bardzo długiego przebywania na morzu bez zawijania do portów. Napęd jądrowy jest obecnie stosowany na okrętach podwodnych i w pływających miastach – lotniskowcach mających kilka reaktorów jądrowych wykorzystywanych do napędu i produkcji energii elektrycznej. Jedynymi cywilnymi jednostkami z napędem jądrowym są lodołamacze, w których budowie specjalizuje się Rosja. Zgromadzone dotychczas doświadczenie w wykorzystaniu energii jądrowej do napędu jednostek pływających jest znaczne i bardzo ułatwi jego rozwój w przyszłości. Przewidywana jest nawet budowa podwodnej, szybkiej, energooszczęd-

nej floty transportowej nienarażonej na anomalie pogodowe, huragany, sztormy przeznaczonej dla ładunków specjalnych.

Geneza powstania napędu jądrowego na morzu

Po wejściu pierwszych okrętów podwodnych do służby, w czasie I wojny światowej stały się one jednym z kluczowych oręży wojny morskiej i podstawowym środkiem zwalczania celów morskich przeciwnika. Marynarka Wojenna Stanów Zjednoczonych od końca I wojny światowej poszukiwała najlepszego napędu dla łodzi podwodnych zwiększającego ich zasięg i czas przebywania pod wodą. Prowadzono badania przy wykorzystaniu najnowszych osiągnięć technologicznych. Podstawową barierą ograniczającą była konieczność używania silników spalinowych wymagających dostępu tlenu.

W latach trzydziestych XX wieku, Leo Szilard przedstawił teoretyczną możliwość wywołania samopodtrzymującej się reakcji jądrowej, stanowiącej źródło energii. Nasuwającym się w tym czasie zastosowaniem nowego źródła energii było wykorzystanie go przede wszystkim do celów wojskowych. Jedną z koncepcji jeszcze przed potwierdzeniem rozważań teoretycznych, była propozycja fizyka Rossa Gunna z laboratorium badawczego Marynarki Wojennej Stanów Zjednoczonych (*Naval Research Laboratory – NRL*) zastosowanie nowego źródła energii do ewentualnego napędu okrętów szczególnie łodzi podwodnych. Potwierdzenie rozważań teoretycznych uzyskano dopiero po uruchomieniu pierwszego reaktora jądrowego przez Enrico Fermiego i Leo Szilar- da w 1942 r.

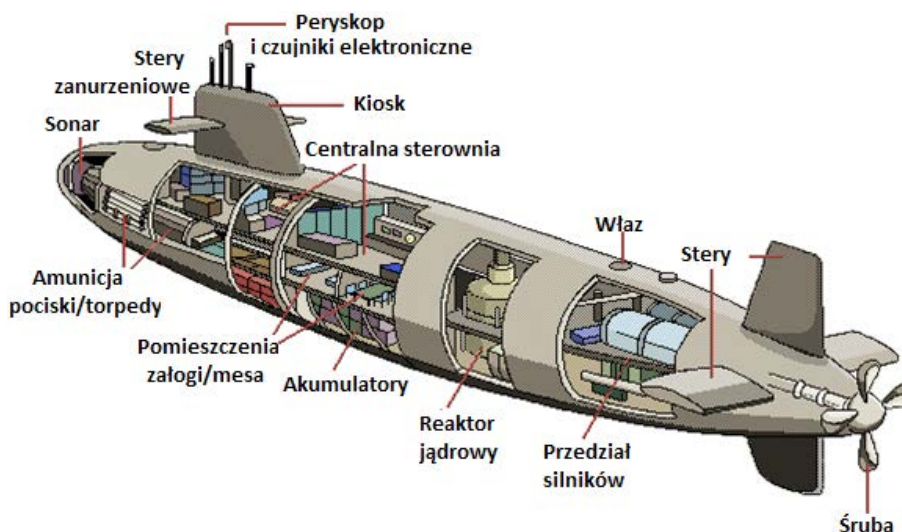
Propozycja Rossa Gunna zgłoszona w 1939 r. została po konsultacjach z Enrico Fermim i Leo Szilardem zaakceptowana i wstępne badania rozpoczęto już w 1940 r., przygotowując się do pozyskania odpowiedniego materiału jądrowego. W następnych latach naukowcy marynarki wojennej opracowali metody: separacji izotopów uranu za pomocą dyfuzji termicznej cieczy oraz produkcji fluorku uranu (UF_6). Obie te metody były niezbędne do produkcji uranu U^{235} i zostały wykorzystane do budowy bomby atomowej. Ze względu na absolutny priorytet projektu Manhattan prace nad ewentualnym napędem wykorzystującym energię jądrową na okrętach wojennych zostały zawieszone. Bezpośrednio po wojnie w 1946 r. Marynarka Wojenna rozpoczęła starania o uzyskanie środków na kontynuację zapoczątkowanego programu budowy napędu jądrowego dla okrętów podwodnych. Ostatecznie po wielu trudnościach biurokratycznych program budowy napędu jądrowego dla marynarki (*Naval Nuclear Propulsion Programme – NNPP*) został przyjęty w Stanach Zjednoczonych w 1948 r. i na zlecenie Komisji Energii Atomowej (*Atomic Energy Commission – AEC*) rozpoczęto prace badawcze. Miały być one ostatecznie prowadzone pod kierownictwem dwóch koncernów Westinghouse Electric Corporation i General Electric Company opracowujących niezależne koncepcje rozwiązań reaktorów jądrowych i sposobu realizacji napędu. Do rozwiązania powołano wiele nowych ośrodków badawczych. Podstawowy problem polegał na opracowaniu specjalnego niewielkiego gabarytowo reaktora jądrowego. W pierwszej koncepcji projektowano nawet jego umieszczenie na zewnątrz kadłuba. Innymi ważnymi problemami były: wybór moderatora neutronów i związanego z nim chłodzenia rdzenia, wzbogacenie uranu, konstrukcja bloków paliwowych, sposób wymiany paliwa i szereg wymagań dotyczących bezpieczeństwa, wyciszenia itd. Odebrane z rdzenia ciepło miało służyć do wytworzenia pary napędzającej turbinę parową. Brano pod uwagę trzy rodzaje chłodziwa: wodę, gaz i ciekły metal. Szybko zrezygnowano z gazu (helu). Powstały dwa projekty reaktor wodno ciśnieniowy (*Pressurized Water Reactor – PWR*) (Westinghouse) typ Mk I i reaktor chłodzony ciekłym sodem (General Electric) typ Mk A. Ostateczny wybór rodzaju reaktora miał nastąpić po sprawdzeniu prototypów w warunkach laboratoryjnych. Pierwszy okręt podwodny – **Nautilus** wszedł do służby w 1953 r. i był wyposażony w reaktor PWR. Konstrukcja reaktora była na tyle udana, że jej ulepszane wersje są stosowane prawie we wszystkich obecnie budowanych okrętach. Reaktor ten stał się rozwiązaniem modelowym dla reaktorów energetycznych. Chłodzenie za pomocą ciekłego sodu zastosowano na okręcie podwodnym typu **Seawolf**, który wszedł do służby w 1957 r., ale po próbach morskich reaktor zdemontowano.

Udane wprowadzenie napędu jądrowego na okrętach podwodnych spowodowało rewolucję techniczną

i rewolucję w taktycznym prowadzeniu działań wojennych. Rewolucja techniczna spowodowała ogromne zmiany w konstrukcji okrętów podwodnych, promieniując pośrednio na zmiany w technikach cywilnych. Do najważniejszych zmian w działaniach wojennych było całkowite wyeliminowanie konieczności częstego wynurzania w celu ładowania baterii pozwalających na działania w zanurzeniu, niewyobrażalne zwiększenie zasięgu i czasu przebywania w zanurzeniu, zwiększenie szybkości pod wodą i w wynurzeniu do 30 – 40 węzłów. Przykładem atrakcyjności wprowadzonych zmian może być podwodne opłynięcie świata trasą „wyznaczoną” przez Magellana przez **USS Triton** w ciągu 60 dni i 83 dniach zanurzenia.

Okręty podwodne, będąc w zanurzeniu około 500 m, są niewidoczne dla radarów samolotowych i satelitarnych systemów obserwacyjnych. Przeplnięcie pod lodem nad biegunem północnym przez okręt podwodny **Nautilus**, ten wyczyn powtarzany przez inne okręty Stanów Zjednoczonych i radzieckie zmienił zasadniczo doktryny wojenne obu państw. Wbudowanie małych reaktorów na okrętach podwodnych (niepotrzebne są np. magazyny paliwa) pozwoliło zaoszczędzić bardzo dużo miejsca wewnątrz okrętu, poprawiając warunki życiowe załogi. Na największym rosyjskim okręcie podwodnym **Akula** (o długości 175 m prawie dwukrotnie dłuższym od **Nautilusa**) były baseny i sauna, sale kinowe. Wolną przestrzeń wykorzystano przede wszystkim do zmagazynowania nowego uzbrojenia głównie raketowego oraz na osłony bezpieczeństwa załogi żyjącej i nocującej przez ścianę z reaktorem jądrowym i głowicami. Problem braku osłon wystąpił na pierwszych rosyjskich okrętach podwodnych, które ze względów ekonomicznych i pośpiechu były całkowicie pozbawione osłon biologicznych. Ochrona przed promieniowaniem wykonana jest najczęściej w postaci płaszcza z ołowiu lub betonu otaczającego ze wszystkich stron reaktor. Oprócz tego stosowane są specjalnie opracowane materiały z tworzyw sztucznych (polietylen) i dodatkowo rozmieszcza się wokół reaktora zbiorniki z paliwem do silnika pomocniczego. Wokół rdzenia wewnątrz reaktora wbudowana jest osłona, która ma chronić stalową obudowę przed bombardowaniem neutronami powodującymi jej degradację. Stosowanie osłon zwiększa znacznie całkowity ciężar okrętu, są jednak niezbędne. Nie pozwalają na przedostanie się szkodliwych czynników poza chronione pomieszczenie.

Bardzo wysokie koszty budowy i eksploatacji okrętów z napędem jądrowym ograniczają ich dalszy rozwój w mniej zasobnych państwach. Dość istotną, niespodziewaną wadą, wynikającą ze stosowania napędu jądrowego jest konieczność wyciszania pracy różnych elementów głównie pomp w systemie chłodzenia. Okręty te są głośniejsze niż okręty napędzane silnikami elektrycznymi.



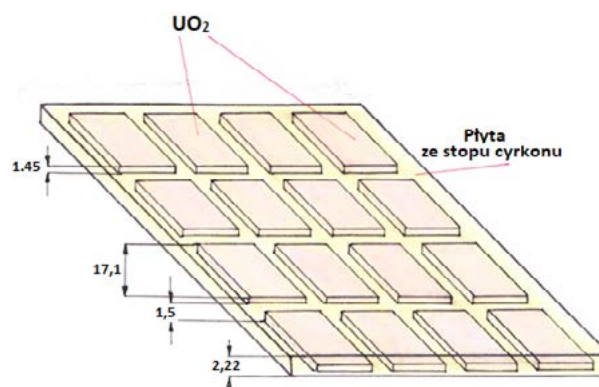
Rys. 1. Okręt podwodny Nautilus 1954 – 1980, Reaktor S2W o mocy 11 MW. Prędkość 22 w. W roku 1958 przepłynął pod lodem biegun północny (według Ashokachakra.blogspot.com K. Rzymkowski)

Fig. 1. Nautilus 1954 – 1980 submarine 11 MW S2W reactor. Speed 22 knots. In 1958 it crossed the North Pole under ice (według Ashokachakra.blogspot.com K. Rzymkowski)

Napęd jądrowy w okręcie podwodnym

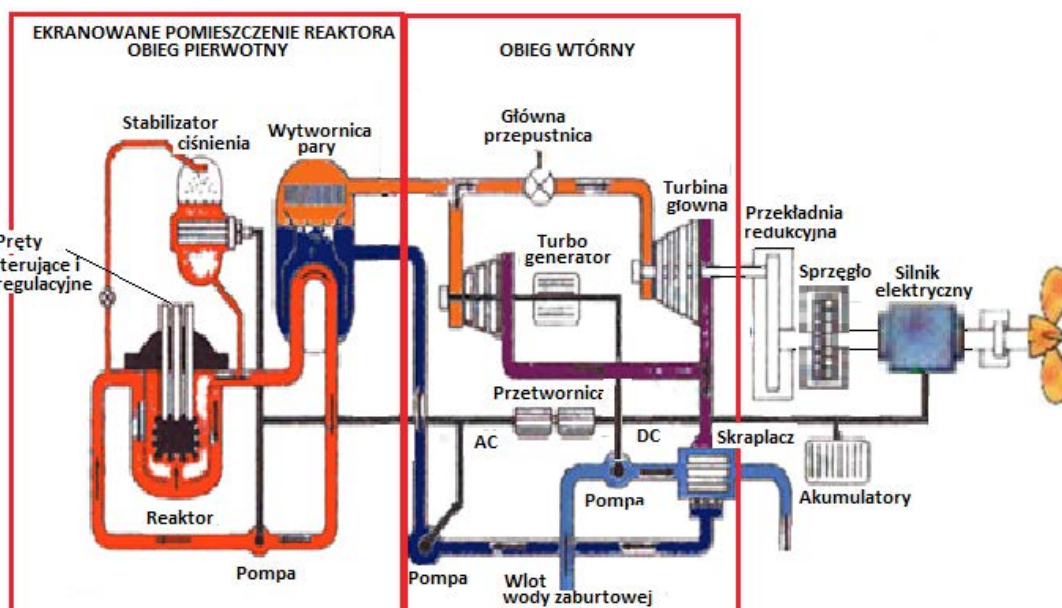
W siłowni okrętów z napędem jądrowym używa się jednej lub wielu turbin parowych. Siłownię parową zastosowano po raz pierwszy w 1997 r. na parowcu **Turbinia** – eksperymentalnym statku zbudowanym w 1894 r. w Newcastle upon Tyne przez Charlesa Parsonsa. Ponieważ źródłem ciepła jest reaktor jądrowy, konieczne jest wprowadzenie dodatkowych zabezpieczeń przed promieniowaniem, co powoduje, że siłownia staje się bardzo ciężka, a ta ma decydujący wpływ na konstrukcję kadłuba. Aby nieco zniwelować tę wadę, umieszcza się siłownię blisko rufy, by skrócić długość wałów napędowych w ten sposób oszczędzając na całkowitej masie. Budowa siłowni jądrowej w okręcie podwodnym wymaga od konstruktorów, zintegrowania budowy wszystkich urządzeń siłowni ustawianych zwykle w osi pionowej ze względu na ograniczenia dostępnej przestrzeni. Szerokość (średnica) kadłuba wynosi około 10 m i zależy, oczywiście jak wszystko od typu okrętu. Decydujący wpływ na rozmiary fizyczne siłowni ma konstrukcja reaktora. Sam reaktor jest najczęściej walcem o średnicy około 1 m i wysokości 1,5 m, ale wszystkie ważne elementy (sterowanie prętami sterującymi i regulacyjnymi, wytwornice pary, stabilizator ciśnienia) są umieszczane nad nim. Najczęściej używanym typem reaktora jądrowego okrętowego jest reaktor wodny ciśnieniowy PWR. Paliwem jądrowym jest wzbogacony uran U^{235} (wzbogacenie – stosunek łącznej masy izotopów U^{233} i U^{235} do całkowitej masy uranu). Konstrukcja zestawów paliwowych jest różnorodna. W początkowo budowanych reaktorach przeważało rozwiązanie wykorzystywane do dzisiaj w reaktorach energetycznych – pastylki uranowe zamknięte w rurowych pojemnikach cyrkonowych łączo-

nych w zestawy kasetowe o przekroju kwadratowym. Konieczność oszczędności miejsca, trudność wymiany paliwa, szczególnie na okrętach podwodnych, w których wymiana wymagałaby demontażu fragmentu kadłuba, to wszystko wymusiło zmiany konstrukcyjne paliwa. Podstawowa zmiana polega na odejściu od kasetowej budowy paliwa zastąpionej płytami metaliczno – ceramicznymi zawierającymi UO_2 oraz stopami uran-aluminium, uran-cyrkon (15%, cirkonu i 85% uranu o wzbogaceniu 93%). Paliwo typu *Caramel* używane we francuskich okrętach podwodnych to zatopione prostopadłościennie płytki UO_2 o grubości 1,45 mm i długości 17,1 mm oddalone od siebie o 1,5 mm w płycie wykonanej ze stopu cyrkonowego o grubości 2,22 mm. Nie podaje się żadnych innych informacji o konstrukcji ewentualnych modułów paliwowych.



Rys. 2. Paliwo typu *Caramel* używane we francuskich okrętach podwodnych składające się z gęsto upakowanych płytek niskowzbogaconego uranu zatopionych w stopie cyrkonowym (według Nonproliferation Review K. Rzymkowski)

Fig. 2. *Caramel* – type fuel used in French submarines, composed of densely packed enriched uranium tiles embedded in circonium alloy (według Nonproliferation Review K. Rzymkowski)



Rys. 3. Siłownia okrętu podwodnego (K. Rzymkowski)
Fig. 3. Submarine power plant (K. Rzymkowski)

Wydaje się, że obecnie kasetowe konstrukcje zbudowane z cyrkonowych pojemników rurkowych nie są już używane w napędach morskich jednostek pływających.

Inną bardzo poważną zmianą w stosunku do rozwiązań klasycznych reaktorów PWR jest użycie paliwa o bardzo dużym wzbogaceniu. W pierwszych okrętach podwodnych powstałych w Stanach Zjednoczonych stosowano paliwo o wzbogaceniu 97,3%. W Wielkiej Brytanii korzystającej z doświadczeń amerykańskich stosuje się uran również o wzbogaceniu 97,3%. W Rosji stosowane wzbogacenie jest bardzo zróżnicowane. Pierwsze jednostki pracowały ze wzbogaceniem 20-21% później wprowadzono nowe reaktory wykorzystujące uran o wzbogaceniu 21-45%, a najnowsze używają uranu wzbogaconego do 50-90%. We Francji na pierwszym okręcie podwodnym, budowanym według francuskiego projektu reaktor pracował z uranem o wzbogaceniu 90%. W następnych okrętach projektowane jest wzbogacenie tylko 7,5% i w przyszłości reaktory mają używać uranu o wzbogaceniu stosowanym w elektrowniach jądrowych tj. 4-5%. W Indyjskich okrętach podwodnych wykorzystywane są doświadczenia rosyjskie i stosowane jest wzbogacenie 20%. W okrętach CHRL wzbogacenie paliw zawiera się w granicach 3-5% podobnie jak w energetyce. Wymiana paliwa przy niskim wzbogaceniu odbywała się zwykle co 6 – 10 lat. Dalsze obniżanie wzbogacenia uranu do poziomu wzbogacenia w reaktorach energetycznych może skrócić ten czas od 1 roku – do 2 lat. Zwykle przy wysokim (90%) wzbogaceniu wymiana przewidywana jest co 30 – 40 lat, co odpowiada żywotności okrętu. By wydłużyć czas pomiędzy kolejnymi wymianami paliwa wprowadzane są do rdzenia

substancje (gadolin, kwas borowy w chłodziwie) pozwalające regulować reaktywność reaktora, stabilizując reakcję łańcuchową. W miarę wypalania się paliwa substancje te są usuwane.

W reaktorze wyzwolana jest bardzo duża ilość energii cieplnej, która jest przekazywana przez chłodziwo (w reaktorach PWR – wodę) pierwotnego obiegu c do wytwornicy pary. Woda w obiegu pierwotnym jest utrzymywana pod wysokim ciśnieniem, które jest regulowane automatycznie, co nie dopuszcza do jej wrzenia oraz przemiany w parę. Powstała w wytwornicy para w obiegu wtórnym napędza turbinę parową. Stosowane są dwa sposoby wykorzystania mocy z turbiny do napędu. W okrętach podwodnych i innych jednostkach wojennych amerykańskich, brytyjskich i rosyjskich moc na wał napędowy przenoszona jest przez przekładnie mechaniczne. W nowych konstrukcjach francuskich i chińskich turbina parowa napędza prądnicę, a powstała energia elektryczna napędza silnik poruszający wał napędowy.

W obiegu pierwotnym i obiegu wtórnym muszą pracować pompy dostosowane do potrzeb pracy kilku różnych systemów chłodzenia. W obiegu pierwotnym zapewniającym chłodzenie rdzenia i odbiór ciepła jest kilka pętli (2 – 4) z wytwornicami pary, z których każda musi posiadać własną pompę o znacznej wydajności, ponieważ wymagany jest duży przepływ wody wynikający z niedużej różnicy temperatur pomiędzy wodą wpływającą do wytwornicy a wypływającą z niej. W obiegu wtórnym pracują pompy przy znacznie niższych temperaturach. Pompy i ich ilość są główną przyczyną tego, że okręty podwodne z napędem jądrowym są głośniejsze od klasycznych. W okręcie konstrukcji amerykańskiej typu **Ohio** wykorzystano zjawisko zmia-

ny gęstości wody wraz z temperaturą, eliminując częściowo pompy, włączane w chwilach konieczności podwyższenia szybkości okrętu.

Źródłem hałasu jest również napędowa śruba okrętowa. Głównym źródłem hałasu wywołanego przez śrubę jest zjawisko kawitacji powodujące powstawanie mikro pęcherzyków gazowych, których pękanie wywołuje hałas. Zjawisko to jest również powodem degradacji śruby. Opracowano szereg sposobów zmniejszenia kawitacji polegających na dobraniu odpowiedniego kształtu śruby i przygotowaniu jej powierzchni. W okrętach budowanych w latach osiemdziesiątych w Wielkiej Brytanii (typu *Trafalgar*) i w Stanach Zjednoczonych (typu *Seawolf*) śrubę okrętową zastąpiono pędnikiem wodnoodrutowym zmniejszającym znacząco hałas. Jest on także wydajniejszy od śruby, ponieważ przy mniejszych wymiarach wytwarza taką samą siłę ciągu, jest ponadto łatwiejszy w budowie i odporniejszy na uszkodzenia. Ten rodzaj napędu jest również wprowadzany w rosyjskich okrętach podwodnych.

Do wykrywania i lokalizacji okrętów podwodnych wykorzystywane są różne techniki. Jedną z najdawniejszych i najskuteczniejszych jest poszukiwanie śladu dźwiękowego, dlatego konstruktorzy okrętów starają się obniżyć poziom generowanych szumów do jak najniższego poziomu, starając się jednocześnie zwiększyć czułość własnych sensorów. Przykładem tych starań są okręty amerykańskie typu *Seawolf*. Osiągnięto w nich najlepsze rezultaty w wyciszaniu szumów. System napędowy tych okrętów był dziesięciokrotnie cichszy w każdym zakresie prędkości niż system napędowy innych współczesnych konstrukcji i nieporównywalnie niższy od pierwszej generacji okrętów. Oprócz zmiany sposobu napędu wprowadzono zmiany w budowie kadłuba, redukując ilość wszelkich elementów mogących wywoływać zawirowania i pokrywając kadłub powłoką anechoiczną (*anechoic coatings*) nazywaną w literaturze, zabiegami specjalnymi (*Special Hull Treatments*). Zadaniem powłoki było wygłuszenie dźwięków z wnętrza okrętu i pochłanianie (tłumienie) fal dźwiękowych systemów tropiących okręt. Pomysł zastosowania takiej powłoki (porowatego kauczuku) powstał w czasie II wojny światowej i tą powłoką pokryte były niektóre niemieckie okręty, ale rezultaty nie były zadowalające. W nowoczesnych konstrukcjach okrętów podwodnych wprowadzane są materiały izolacyjne tłumiące drgania elementów siłowni, kontrolowane przez komputerowy system.

Prowadzone są badania nad innym bezgłośnym systemem napędu, wykorzystującym pole magnetyczne i elektryczne działające na strumień wody, wytwarzając siłę, powodującą jego wirowanie w kanale tworząc kierunkowy przepływ. Nowy napęd magnetohydrodynamiczny eliminuje używanie śruby i wału napędowego, przekładni napędu i innych związanych z nimi elemen-

tów mechanicznych. Jego parametry mogą być poprawione przy wykorzystaniu nadprzewodnictwa. Idea budowy takiego napędu powstała w latach sześćdziesiątych XX wieku na Uniwersytecie Kalifornijskim. Eksperymentalny model łodzi wykorzystującej ten napęd powstał w Japonii. Próby wykazały pewne dość istotne wady napędu np., wytwarzanie pęcherzyków wodoru w wyniku elektrolizy wody i korozję elektrod. Atrakcyjność rozwiązania pozwala przypuszczać, że badania będą trwały nadal.

Jak już wspomniano wszystkie obecnie budowane i używane okręty wojenne są wyposażone w reaktory wodne ciśnieniowe PWR. W początkowym okresie w ramach programu NNPP zaprojektowano w firmie General Electric reaktor chłodzony ciekłym metalem przy założeniu, że będzie on podobnie jak w reaktorze PWR, pracował na neutronach termicznych. Zamontowany na okręcie typu *Seawolf* reaktor chłodzony ciekłym sodem niemoderującym neutronów, jak woda, pracował z neutronami o wyższych energiach. Wymagało to wprowadzenia dodatkowego moderatora. Zaletą takiego rozwiązania była możliwość uzyskania wyższej sprawności energetycznej całości systemu przy jednoczesnym zmniejszeniu wymiarów rdzenia. Słabo spowolnione neutrony trudniej utrzymują reakcję łańcuchową, ponieważ zmniejsza się prawdopodobieństwo rozszczepienia, więc by było więcej neutronów, wzbogacenie musi być bardzo wysokie, co z kolei ma wpływ na częstotliwość wymiany paliwa. Poza tym sól reaguje bardzo gwałtownie z wodą i każda drobna nieszczelność może być przyczyną pożaru. Proponowano przesłanie sodu w podwójnych rurach, między którymi miała być rtęć stanowiąca rodzaj izolatora dla sodu i jego detektora. Wykrycie sodu w rtęci sygnalizowało nieszczelności systemu. Zastosowanie rtęci znacznie zwiększało ciężar systemu chłodzenia, a ewentualne pary rtęci mogły być szkodliwe dla załogi. Sól ulega aktywacji i staje się radioaktywny, co wymaga dodatkowych zabezpieczeń szczególnie w czasie prac remontowych. Wspólną wadą wszystkich systemów chłodzonych ciekłym metalem (stosowane są metale o niskiej temperaturze topnienia) jest to, że w czasie postoju okrętu, gdy reaktor jest wyłączony, ciekły metal przechodzi do stanu stałego i dlatego konieczne jest stałe jego podgrzewanie. Zastygnięcie chłodziwa w systemie uniemożliwia ponowne uruchomienie reaktora. Właśnie było to powodem wycofania kilku okrętów z użytkowania. Po roku prób marynarka wojenna Stanów Zjednoczonych po poważnej awarii doświadczalnego okrętu zrezygnowała z tego rodzaju reaktorów. W Związku Radzieckim przeprowadzono eksperymenty z reaktorami chłodzonymi stopem ołowiu z bizmutem i mimo trudności użytkowano okręty z takimi reaktorami przez kilka lat, ostatecznie rezygnując z nich w 1981 r.

Reaktory chłodzone ciekłymi metalami bez dodatkowych moderatorów są reaktorami prędkimi. Ważny-

mi zaletami tych reaktorów dla marynarki wojennej jest ich wyższa wydajność cieplna i niższy ciężar, elastyczność zmiany mocy, cichsza praca całości systemu. Jednakże bardzo istotne wady jak rozbudowany system utrzymywania metalu chłodzącego w stanie ciekłym i związane z tym wysokie koszty konserwacji zdecydowały o ich eliminacji z jednostek wojskowych. Prowadzone są próby wykorzystania tego rodzaju reaktorów w energetyce, ale nie rokują na razie sukcesu, a niektóre z nich (reaktor Monju chłodzony sodem w Japonii) są demontowane.

Oprócz okrętów podwodnych z napędem jądrowym zbudowano łodzie podwodne przeznaczone do badań oceanograficznych, badań geologicznych, instalacji i konserwacji urządzeń podwodnych, poszukiwania i odzyskiwania zagubionych elementów katastrof nad wodami morskimi. Pierwsza powstała łódź podwodna w Stanach Zjednoczonych NR – 1 (nieformalna nazwa „*Nerwin*”), była najmniejszą jednostką podwodną z napędem jądrowym i była wyposażona w najmniejszy reaktor pracujący na jednostkach podwodnych. Łódź była obsługiwana przez nieliczną załogę. Komplet na załogę NR – 1 składała się 11 osób + 2 naukowców (przewidywany maksymalny okres zanurzenia 25 dni). Załoga przechodziła obowiązkowe szkolenie w zakresie obsługi reaktora. Łódź miała długość 45,7 m, szerokość 4,18 m, maksymalne testowane zanurzenie 910 m, maksymalna szybkość w zanurzeniu 4,5 węzła. Łódź była zbudowana w Groton (Connecticut) i wykorzystywana od czerwca 1967 r. do listopada 2008 r. Wyposażenie łodzi było przystosowane do wykonywania różnych zadań i obejmowało wysuwane koła dolne, trzy wizerunki widokowe, oświetlenie zewnętrzne, systemy telewizyjne i fotograficzne, pazur do odzyskiwania obiektu, manipulator, który można było wyposażać w różne narzędzia do chwytania i cięcia, a także kosz roboczy do magazynowania odzyskanych obiektów i próbek, peryskop telewizyjny do obserwacji powierzchni morza, zaawansowaną elektronikę, komputery i systemy sonarowe do lokalizacji i identyfikacji obiektów oraz wspomaganie nawigacji.

Bogate wyposażenie łodzi pozwalało na opracowanie map dna oceanu, prądów morskich rozkładu temperatur wykorzystywanych do celów wojskowych i naukowych. Jednym z opublikowanych zadań było odnalezienie części samolotu F-14, zgubionego przez lotniskowiec, a także części promu kosmicznego *Challenger*.

W Związku Radzieckim w roku 1988 rozpoczęto budowę podobnej łodzi właściwie okrętu podwodnego AS-31 lub AS-12 (nieoficjalna żartobliwa nazwa *Łoszarik* wynikająca z konstrukcji kadłuba zbudowanego z elementów sferycznych i nawiązująca do bohatera filmów rysunkowych) przeznaczonej do celów badawczych i ratownictwa oraz specjalnych operacji wojskowych. Łódź była wyposażona w manipulatory, urządzenia do

oczyszczania dna morza oraz wysięgnik z kamerami. Przypuszcza się, że okręt ten jest przystosowany do działań dywersyjnych polegających na niszczeniu urządzeń podwodnych (kable, rurociągów itp.). Konstrukcja kadłuba; ogranicza przestrzeń mieszkalną i wyposażenie, ale zapewnia zwiększoną wytrzymałość. Ze względu na trudności ekonomiczne budowę zakończono już w Rosji w 2003 r. Jego działaniami kieruje Główna Dyrekcja Badań Głębinowych. Długość okrętu wynosi około 60 m wykorzystywany jest tam reaktor PWR typu E-17, załogę stanowi 25 osób w stopniach oficerskich.

Podczas wykonywania pomiarów dna na rosyjskich wodach terytorialnych w lipcu 2019 r. na okręcie wybuchł pożar. Zginęło 14 osób. Przyczyną pożaru była awaria w przedziale akumulatorowym. Po naprawie okręt ma wrócić do służby.

Napęd jądrowy w okrętach nawodnych

Podstawową zaletą napędu jądrowego jest dla marynarki wojennej możliwość bardzo długiego przebywania okrętów na morzu bez konieczności częstego uzupełniania paliwa, co dla działań strategicznych ma ogromne znaczenie. Zaleta ta była główną przyczyną rozwoju floty podwodnej. We flocie nawodnej zaleta ta jest wykorzystywana przede wszystkim w lotniskowcach, zapewniając im możliwość pływania po wodach całego świata. W innych rodzajach okrętów niszczycielach, krążownikach, okrętach desantowych napęd jądrowy stosowany jest rzadziej i mimo doskonałego opanowania technologii budowy okrętów z takim napędem nie jest przewidywana zasadnicza zmiana w tym zakresie.

Idea wykorzystania napędu jądrowego w jednostkach nawodnych powstała równocześnie z koncepcją zastosowania go w okrętach podwodnych. Pierwszym okrętem nawodnym z napędem jądrowym był krążownik rakietowy **Long Beach**. Jego budowa rozpoczęła w 1957 r. trwała 2 lata, a po kolejnych 2 latach rozpoczął służbę, która trwała do roku 1995. Jednocześnie z budową **Long Beach**, rozpoczęto budowę pierwszego lotniskowca z napędem jądrowym **Enterprise**, który również wszedł do służby w 1961 r. Kolejny okręt z napędem jądrowym krążownik **Bainbridge** oddano do użytku w 1962 r. Te trzy okręty utworzyły oddział specjalny do wykonania operacji *Operation Sea Orbit*, wykorzystując do tego tylko energię jądrową, polegającą na okrążeniu Ziemi bez zawijania do portów. Operacja trwała 65 dni. **Enterprise** zasilano 8 reaktorów typu PWR A2W powstałych w firmie Westinghouse. **Enterprise** miał długość 342 m, szybkość 30 węzłów i magazynował 66 samolotów. Był w służbie do końca 2012 r. Doświadczenie zdobyte w jego budowie, jak i doświadczenie eksploatacyjne wykorzystano do zaprojektowania podstawowego typu amerykańskich lotniskowców z napędem jądrowym, okrętów typu **Nimitz**.

Tabela 1 Okręty wojenne wykorzystujące napęd jądrowy (dane przybliżone)**Table 1** Nuclear warship number approximation

Typ okrętu	Stany Zjednoczona	Rosja	Wielka Brytania	Francja	Chiny	Indie
Lotniskowiec	10	-	-	1	1	-
Krążownik	4	4	-	-	-	-
Okręt podwodny	>60	>60	około 30	około 30	6	1

Pierwszy okręt tego typu został nazwany **Nimitz** na cześć admirała Chestera Nimitza, dowódcy floty na Pacyfiku w czasie II wojny światowej. Odtąd wszystkie okręty tego typu są nazywane nazwiskami prezydentów i wybitnych polityków. Ostatnim z tej serii 10 lotniskowców jest **George H. W. Bush**.

Podstawowe dane tych okrętów są podobne. Znaczne różnice występują w wyposażeniu elektronicznym. Całkowita długość okrętu wynosi 332,8 m. Początkowo maksymalna szerokość wnosila 76,8 m i została powiększona do 78,8 m, szybkość 30 węzłów (podawana oficjalnie), zasięg nieograniczony, załoga jest podzielona na marynarzy – 3300 osób i obsługę lotniczą – 3000 osób. Na okręcie może stacjonować 130 samolotów różnych typów. Napędem są dwa reaktory typu PWR A4W/ A1G zbudowane przez firmę Westinghouse o mocy 550 MWth. Pierwszą wymianę paliwa przewidziano po 20 latach użytkowania. W czasie pokoju rola lotniskowców ogranicza się do demonstracji siły i pełnienia roli ruchomej bazy lotniczej.

Obecnie na świecie pływa około 200 okrętów wykorzystujących energię jądrową reaktorów do napędu i wytwarzania energii elektrycznej.

Demontaż i unieszkodliwianie napędu jądrowego okrętów

Od chwili zwodowania pierwszego okrętu z napędem jądrowym minęło 66 lat i w tym czasie zbudowano bardzo wiele okrętów wykorzystujących ten rodzaj napędu. Zakładany czas eksploatacji okrętu wynosi 20-30 lat. Powstaje więc problem demontażu i unieszkodliwiania odpadów promieniotwórczych. Problem demontażu okrętu i sposób postępowania z wysoko aktywnym paliwem i materiałami promieniotwórczymi jest w każdym kraju odmienny. Pewne działania są podobne. W reaktorze znajduje się „gorące” (silnie promieniotwórcze) paliwo i niektóre elementy obiegu pierwotnego mogą być aktywowane. Demontaż okrętu zaczyna się zwykle od usunięcia wypalonego paliwa z reaktora, usunięcia chłodziwa i usunięcia reaktora. Wycinana jest też część kadłuba, w której znajdował się reaktor. Wszystkie aktywowane i promieniotwórcze części są składowane w wydzielonym podziemnym składowisku. Wypalone paliwo jest po odpowiednich zabezpieczeniach składowane w przystosowanym do tego składowisku. Oczywiście wszystkie prace muszą być wykonywane w specjalizowanych stocznich. W Sta-

nach Zjednoczonych zdemontowano do 2017 r. w ten sposób 117 okrętów podwodnych. Ponieważ oczekiwanie na demontaż może się przedłużać, wycofane ze służby okręty szczególnie kadłub i reaktor znajdują się pod stałą kontrolą techniczną.

We Francji usuwane jest paliwo, a części promieniotwórcze są składowane w suchym doku, by po obniżeniu aktywności można było dokończyć demontaż.

W Wielkiej Brytanii system demontażu i unieszkodliwiania materiałów aktywnych pochodzących z jednostek pływających jest podobny i zakłada usuwanie wypalonego paliwa jądrowego i demontaż części radioaktywnych, a następnie składowanie „pustych” kadłubów okrętów i ich demontaż w krajowej stoczni prywatnej. Jednakże, gdy w roku 1980 wycofano 20 okrętów z eksploatacji, to demontaż pierwszej jednostki rozpoczęto dopiero w 2016 r. W pewnym momencie składowano w oczekiwaniu na rozpoczęcie prac demontażowych, więcej okrętów wycofanych z użytkowania, niż było aktywnych. Średni czas składowania okrętów do chwili wyładowania paliwa wynosił 9 lat.

Problemy z demontażem i składowaniem skażonych promieniotwórczo elementów okrętów podwodnych z napędem jądrowym, miała i ma Marynarka Wojenna Rosji. Wycofane ze służby okręty (około 130) stały zacumowane w portach wojennych. Niektóre z nich po 20 latach miały problemy z unoszeniem się na powierzchni. Zdemontowane reaktory i paliwo jądrowe, były niedostatecznie zabezpieczone i po wypełnieniu składowiska zaczęto zatapiać reaktory jądrowe (16) wraz z paliwem (6) w Morzu Karskim w pobliżu Nowej Ziemi. Powodem tego były trudności ekonomiczne. Po nawiązaniu współpracy międzynarodowej i uzyskaniu środków finansowych rozpoczęto systematyczny demontaż.

Prace demontażowe związane z unieszkodliwianiem materiałów promieniotwórczych tak złożonych i dużych obiektów, jakimi są okręty, wymaga bardzo dużych nakładów finansowych i jest długotrwałe.

Perspektywy rozwoju napędu jądrowego

Jak już wspomniano, były prowadzone próby szerokiego wykorzystania napędu jądrowego w marynarce handlowej i zbudowano cztery takie jednostki: **Savannah** w Stanach Zjednoczonych, **Otto Hahn** w Niemczech, **Siewmorput** w ZSRR, **Mutsu** w Japonii. Okazały się one jednak zbyt kosztowne w eksploatacji, wyma-

gały wysoko wykwalifikowanych załóg, dodatkowych kontroli. Jedynymi jednostkami „cywilnymi” z napędem jądrowym były i są lodołamacze opracowane i produkowane w Rosji (ZSRR). Pierwszym był lodołamacz **Lenin** z wodno ciśnieniowymi reaktorami pracującymi z niskowzbożonym (5%) uranem. Powstały później konstrukcje typu *Arktika*.

Powszechne dążenie do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, dążenie do usuwania zanieczyszczeń powietrza, mające na celu ograniczenie zmian klimatycznych wywołanych działalnością człowieka może powodować ponowne zwiększenie zainteresowania bezemisyjnymi źródłami energii. Sprzyja temu ogromne doświadczenie w budowie nowoczesnych bezpiecznych jądrowych reaktorów energetycznych i pojawiających się koncepcji małych reaktorów modularnych wykorzystujących niskowzbożony uran. W żegludze handlowej zaczynają dominować duże jednostki, takie jak kontenerowce, tankowce transportujące gaz, ropę, węgiel, chemikalia itp. wymagające znacznej energii do napędu i utrzymania pracy urządzeń statków.

Wiele przedsiębiorstw transportowych rozpoczęło badania opłacalności powrotu do napędu jądrowego statków handlowych. Starania rozpoczęła w 2009 r., jako jedna z pierwszych, chińska firma Cosco jednak awaria w Fukushima przerwała negocjacje z projektantem. Badania przeprowadzone w 2010 r. przez brytyjską firmę dotyczącą budowy tankowca LNG wykazały, że na pewnych trasach napęd jądrowy byłby bardzo atrakcyjny. Lloyd's z amerykańską firmą Hyperion Power Generation, brytyjskim BMT i operatorem greckim rozpoczęli w 2010 r. badania nad możliwością wykorzystania małego modularnego reaktora o mocy 70 MWth do napędu tankowca. Reaktor byłby reaktorem prędkim z chłodziwem metalicznym ołowiowo-bizmutowym. Czas pracy reaktora przewidziano na 25 lat. Rozpoczęto też wstępne prace unifikacyjne dotyczące certyfikowania statków z napędem jądrowym z wymaganiami dotyczącymi lądowych reaktorów energetycznych. Wyniki tych prac przedstawiono w 2014 r. Poza bardzo wstępnymi opracowaniami brak jest informacji o podjęciu wiążących decyzji.

Pewną nadzieję powrotu energii jądrowej do marynarki handlowej można również wiązać z doświadczeniami francuskiej marynarki wojennej planującej wykorzystanie na okrętach podwodnych reaktorów, w których wzbogacenie paliwa będzie niskie takie jak w reaktorach energetycznych. Szerokie zastosowanie takiego rozwiązania może znacznie ułatwić procesy legislacyjne i ułatwić akceptację społeczną dla wykorzystania energii jądrowej.

dr inż. Krzysztof Rzymkowski,
Stowarzyszenie Ekologów na
Rzecz Energii Nuklearnej,
Warszawa

Literatura:

- [1] Grzegorz Jezierski, *Energia jądrowa wczoraj i dziś*, NT Warszawa 2016
- [2] Adam Rajewski, *Morskie napędy jądrowe*, Morza i Okręty Numer specjalny 1/2016 Warszawa
- [3] Nuclear-Powered Ships | Nuclear Submarines - World Nuclear ...
- [4] www.world-nuclear.org/...power-nuclear.../nuclear-powered-ships
- [5] Sławomir Kuźnicki, *Ewolucja Napędu Okrętów Podwodnych od Połowy XX Wieku*, Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej Rok XLVII NR 3 (166) 2006
- [6] Magdi Ragheb, *Nuclear Naval Propulsion*, DOI: 10.57772/19007 2011
- [7] Chunyn Ma, Frank von Hippel, *Ending the Propulsion of Highly Enriched Uranium of Naval Reactors*, Thw Nonproliferation Review 2001 USS NIMITZ <http://pl.wikipedia.org>
- [8] Łukasz Pacholski, *Okręt podwodny USS Nautilus*, Dziennik Zbrojny 2011
- [9] *Okręt podwodny z napędem jądrowym*, <http://pl.wikipedia.org>
- [10] Anna Przybyszewska, *Reaktory jądrowe na okrętach podwodnych*, Energia jądrowa.pl 2014



NUTECH 2020

W poprzednim numerze PTJ ukazała się obszerna informacja na temat organizowanej w dniach 4-7 października w Warszawie międzynarodowej konferencji NUTECH 2020. W imieniu organizatorów zapraszamy do rejestracji uczestnictwa w konferencji na uruchomionej na początku roku stronie internetowej https://nutech2020.pl/registration_form.

ZASTOSOWANIE RADIOGRAFII PRZEMYSŁOWEJ W BADANIACH OBIEKTÓW KULTURY MATERIALNEJ

Application of industrial radiography in research of tangible cultural heritage

Wojciech Głuszewski

Streszczenie: W artykule przedstawiono przykład wykorzystania przez Międzynarodowy Instytut Spawalnictwa w Belgradzie przemysłowego systemu radiografii cyfrowej do badania obiektów istotnych dla dziedzictwa kulturowego. Prace te są prowadzone wspólnie z Instytutem Badań Jądrowych Vinča. Instytut ten zlokalizowany jest opodal słynnego stanowiska eponimicznego w Vinča na przedmieściach Belgradu. Neolityczna kultura archeologiczna Vinča rozwijała się w Europie południowo – wschodniej od około 5500 do około 4000 p.n.e.

Abstract: The article presents an example of the use of the industrial digital radiography system by the International Welding Institute in Belgrade to study objects of importance for cultural heritage. These works are carried out jointly with the Vinča Nuclear Research Institute. This institute is located near the famous eponymous site in Vinča on the outskirts of Belgrade. The Neolithic archaeological culture of Vinča developed in south-eastern Europe from around 5500 to around 4000 BC.

Słowa kluczowe: konserwacja dzieł sztuki, archeologia, rentgenografia przemysłowa, rentgenografia cyfrowa.

Keywords: conservation of works of art, archeology, industrial x-ray, digital x-ray.

Wstęp

Radiografia to rejestracja obrazów (tzw. radiogramów) badanego obiektu na materiale promienioczułym za pomocą przenikliwego promieniowania jonizującego (rentgenowskiego, gamma, elektronowego, neutronowego) [1]. Celem tych badań jest zwykle uwiarygodnienie wewnętrznej struktury obiektu (nieciągłości materiałowych, powstających w procesach wytwarzania i podczas eksploatacji, w szczególności w złączach spawanych, odlewach, odkuwkach i innych wyrobach hutniczych). W zależności od zastosowanego promieniowania radiografię dzieli się na: rentgenografię, gammografię, elektronografię, neutronografię. Jest to obecnie podstawowa technika przemysłowych badań niszczących oraz medycznych badań rentgenowskich. Stosowana jest ona również w identyfikacji obiektów o znaczeniu historycznym, a w przypadku malarstwa jest podstawowym rodzajem diagnostyki. Warto przypomnieć, że zastosowanie przenikliwego promieniowania hamowania doprowadziło wielokrotnie do spektakularnych odkryć przemalowań danego płótna przez autora. Przykładem może być obraz Rembrandta van Rijna „Dama w ramie obrazu” (dzieło znane także, jako „Żydowska narzeczona” lub „Dziewczyna w kapeluszu”) z kolekcji подарowanej Zamkowi Królewskiemu w Warszawie przez Karolinę Lanckorońską. Zdjęcie rentgenowskie obrazu ujawniło zarys innej postaci kobiecej

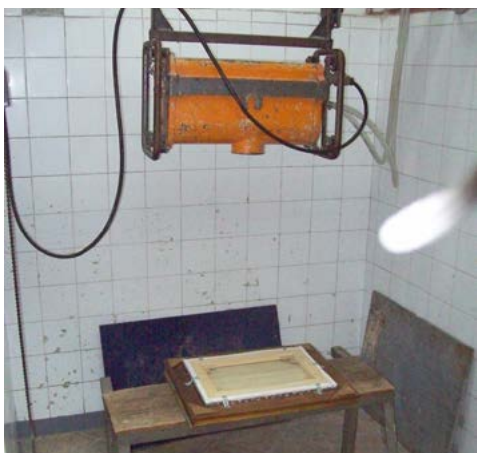
znajdujący się pod obecnym malowidłem. Jest to ślad niedokończonego portretu: widoczny jest kształt głowy, krzyży i ramion.



Fot. 1. Radiogram obrazu „Dama w ramie obrazu” (fot. Wojciech Głuszewski)
Photo. 1. Radiogram of the painting „Lady in the picture frame” (photo: Wojciech Głuszewski)

Radiografia cyfrowa

Techniki radiograficzne rozwijają się głównie z myślą o badaniach medycznych i przemysłowych. Konserwatorzy dzieł sztuki korzystają z tego postępu, chociaż nie zawsze stać ich na najnowszej generacji radiografię cyfrową (DR – Digital Radiography). Metoda ta po raz pierwszy została zastosowana w stomatologii. Ogólnie w skład DR wchodzi źródło promieniowania hamowania, płyta rejestrująca oraz komputerowy system wyświetlania obrazu i jego obróbki. Systemy radiografii cyfrowej dzieli się na bezpośrednie i pośrednie. W systemach bezpośrednich rejestratorem promieniowania jest cyfrowy detektor typu CCD (chargé – coupled device) lub CMOS (complementary metal – oxide – semiconductor). Są to układy wielu elementów światłoczułych, z których każdy rejestruje, a następnie pozwala odczytać, sygnał elektryczny proporcjonalny do ilości padającego na niego promieniowania. Oba rodzaje matryc składają się z płytki krzemowej, na której znajdują się punkty światłoczułe zwane pikselami. Obraz rentgenowski pojawia się na ekranie komputera niemal natychmiast po ekspozycji na promieniowanie rentgenowskie. W systemach pośrednich rejestratorem obrazu jest magazynująca płyta pamięciowa pokryta materiałem fosforescencyjnym (PSP – Photostimulable Storage Phosphor) służąca do zapisu obrazu utajonego, który odczytywany jest dopiero w specjalnym skanerze.



Fot. 2. Obraz pod źródłem promieniowania hamowania (fot. Wojciech Głuszewski)

Photo. 2. The image under the braking radiation source (photo: Wojciech Głuszewski)

W radiografii komputerowej, gdy płytki obrazowe są napromieniowane, energia pochłonięta przechowywana jest w specjalnej warstwie luminoforu (wybite elektrony pułapkowane są w materiale elektronicznym). Do odczytu ukrytego obrazu używa się specjalnego skanera, który stymuluje wyświecanie za pomocą precyzyjnie zogniskowanej wiązki laserowej (światło lasera uwalniania elektrony z pułapek). Po stymulacji płytka emituje światło o intensywności proporcjonalnej do ilo-

ści promieniowania otrzymanego podczas ekspozycji. Światło jest następnie wykrywane przez bardzo czułe urządzenie analogowe znane, jako fotopowielacz (PMT) i przekształcane na sygnał cyfrowy za pomocą przetwornika analogowo-cyfrowego (ADC). Wygenerowany cyfrowy obraz rentgenowski można następnie wyświetlić na monitorze komputera i analizować. Zasadniczo technologię CR można uznać za cyfrowy zamiennik konwencjonalnej folii rentgenowskiej. Płytki obrazowe są używane z tymi samymi metodami i technikami kontroli radiograficznej, co filmy, a także są dostępne w różnych klasach systemów, (jakość obrazu), które mają różne wymagane czasy ekspozycji. Jednak w technologii CR nie tylko rodzaj płytki obrazowej wpływa, na jakość obrazu, ale również ustawienia sposobu skanowania.



Fot. 3. Skaner do odczytu i rejestracji obrazów (fot. Wojciech Głuszewski)
Photo. 3. Scanner for reading and recording images (photo: Wojciech Głuszewski)

Niektóre pracownice zajmujące się, na co dzień badaniami przemysłowymi, decydują się na współpracę z pracowniami konserwacji dzieł sztuki (muzeami). Przykładem jest Międzynarodowy Instytut Spawalnictwa w Belgradzie, który od lat prowadzi prace z pracownią konserwacji obiektów historycznych Serbskiego Instytutu Badań Jądrowych (Vinča Institute of Nuclear Sciences). W omawianym przykładzie w ramach warsztatów organizowanych przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej wykonano badania dwóch obiektów: miecza i obrazu. Na fotografiach widać przemysłowe źródło promieniowania hamowania oraz skaner do odczytu obrazów zarejestrowanych na materiale fosforescencyjnym.

Kultura Vinča

Nazwa instytutu Vinča w archeologii kojarzona jest z kulturą Vinča, która rozwijała się w Europie południowo-wschodniej od 5500 do 4000 roku p.n.e. Pierwszego odkry-

cia w naddunajskiej miejscowości Vinča, 16 km na wschód od Belgradu dokonał w 1908 r. serbski archeolog Miloje Vasić. Jest to unikatowy rejon badawczy, przypominający nieco Pompeje zniszczone w czasach cesarstwa rzymskiego przez erupcję wulkanu Wezuwiusz. Popiół wulkaniczny utrwalił budowle, przedmioty oraz niektóre ciała ludzi i zwierząt, co umożliwia obejrzenie wyglądu starożytnego rzymskiego miasta średniej wielkości i jego mieszkańców.



Fot. 4. Przygotowanie obiektów historycznych do badań radiograficznych. W środku Stefano Ridolfi, światowej sławy ekspert w zakresie identyfikacji i konserwacji dzieł sztuki, ekspert Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej [2] (fot. Wojciech Głuszewski)

Photo 4. Preparation of historical objects for radiographic examinations. Inside is Stefano Ridolfi, a world-renowned expert in the field of identification and conservation of works of art, an expert of the International Atomic Energy Agency [2] (photo: Wojciech Głuszewski)

W przypadku Vinči naddunajskie osiedla były, co jakiś czas narażone na powódzie, które nanosiły warstwy gliny i piasku. W ten sposób zachowało się wiele przedmiotów z okresu obejmującego ponad 7 000 lat. Archeolodzy warstwa po warstwie wydobywali z osadowej glinianej skały artefakty z różnych epok historycznych. Znaleźiska z miejsca wykopalisk są przechowywane w Muzeum Narodowym w Belgradzie i w Kolekcji Archeologicznej Wydziału Filozofii w Belgradzie.



Fot. 4. Fragment ekspozycji w Muzeum Narodowe w Belgradzie (fot. Wojciech Głuszewski)

Photo 4. The fragment of the exhibition at the National Museum in Belgrade (photo: Wojciech Głuszewski)

Vinča uosabia zenit europejskiego neolitu. Terytorium dzisiejszej Serbii i Bałkanów Centralnych stało się europejskim centrum kultury w latach 5300–4300 p.n.e., a Vinča w tym czasie ogromną osadą. Z kilkunastometrowych archeologicznych warstw osadowych w Vinči wydobyto: narzędzia wykonane z kamieni i kości zwierząt, naczynia ceramiczne do codziennego użytku, luksusowe naczynia ceramiczne, bogato zdobione wazony rytualne, dużą liczbę antropomorficznych i zoomorficznych figurek, biżuterię wykonaną z różnych cennych materiałów i inne przedmioty wykonane albo w Vinči, albo zakupione z dalszych regionów Europy Środkowej. Na podstawie każdego z tych odkryć, a także pozostałości architektonicznych i użytych surowców udało się odtworzyć kulturę materialną i duchową populacji neolitycznego Vinči. Ekspozowane dzieła z epoki miedzi i brązu, w tym nekropolia ze średniowiecza, stanowią dowód życia na tym obszarze przez tysiąclecia. W zbiorach muzeum znajdują się liczne rzeźby, broń rzymska i grecka oraz różnorodne artefakty celtyckie, z których najcenniejszym jest ceramiczna figurka wozu – rydwan z Dupljaja (XVI-XIII w. p.n.e.). Archeolodzy serbscy podkreślają, że odkrycia z Vinči i inne znaleziska neolityczne w tych częściach Europy zmieniły nasze rozumienie przedhistorycznych ludzi. Pozostałości wykopanych osad opowiadają nam historię rozwoju kultury osadniczej i postępu cywilizacyjnego.

Badania w zakresie wykorzystania technik jądrowych do konserwacji i identyfikacji obiektów cennych dla dziedzictwa kulturowego są od lat koordynowane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej [3, 4, 5].

dr inż. Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa

Literatura:

- [1] W. Głuszewski; Nuklearne NDT – krok ku harmonizacji standardów szkolenia i certyfikacji ekspertów, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 2018, 2, 41-43
- [2] Stefano Ridolfi, La Decollazione Del Battista Di Antonio Pomarancio, 2015, 192
- [3] J. Havermans i in., IAEA Radiation Technology Series No. 6, Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation, IAEA, 2017, 246
- [4] W. Głuszewski, Identyfikacja i konserwacja dzieł sztuki a ochrona radiologiczna, Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna, Biuletyn Informacyjny Państwowej Agencji Atomistyki, 2017, 108, 2, 32-39
- [5] W. Głuszewski: Features of radiation conservation of high collections of objects about of historical interest, Journal of Heritage Conservation, 2015, 41, 84 – 91

TOWARZYSTWO MARIII SKŁODOWSKIEJ-CURIE W HOŁDZIE- 25 LAT DZIAŁALNOŚCI

The Maria Skłodowska-Curie Society in Tribute - 25 years of activity

Małgorzata Sobieszczak-Marciniak

Streszczenie: 25 lat temu kilkoro pasjonatów podziwiających pracę, dokonania i osobowość Marii Skłodowskiej-Curie postanowiło utworzyć stowarzyszenie, którego zadaniem będzie propagowanie wiedzy na temat odkryć, pracy naukowej Uczzonej. Dodatkowo postawili sobie za cel przypominanie czy wręcz informowanie świata o fakcie, że Maria Skłodowska-Curie urodziła się w Warszawie, że uważała się za Polkę i była dumna z tego faktu. Na początku lat 90. rzadko poza Polską można było przeczytać o Jej polskim pochodzeniu. Liczne spotkania, imprezy, wystawy organizowane przez Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie oraz bardzo wyraźnie podkreślona w statucie działalność edukacyjna była i jest obecnie w centrum działań Towarzystwa.

Abstract: 25 years ago, several enthusiasts admiring the work, achievements and personality of Maria Skłodowska-Curie decided to create an association whose task would be to promote knowledge about the discoveries and scientific work of the Scientist. In addition, they set themselves the goal of reminding or even informing the world about the fact that Maria Skłodowska-Curie was born in Warsaw, that she considered herself Polish and was proud of this fact. At the beginning of the 90s, it was rarely possible to read about her Polish origin outside Poland. Numerous meetings, events, exhibitions organized by the Maria Skłodowska-Curie Society in Homage and very clearly highlighted in the statute educational activity was and is now at the center of the Society's activities.

Słowa kluczowe: Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie, Instytut Radowy, popularyzacja wiedzy, rocznica, pomnik, Maria Skłodowska-Curie, uczona, pamięć, Organizacja Pożytku Publicznego.

Key words: Maria Skłodowska-Curie, Institute of Radium, memory, the monument, anniversary, scientist, dissemination of knowledge, the Maria Skłodowska-Curie Society in Tribute.

„Celem Towarzystwa (Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie) jest rozpowszechnianie informacji o życiu i dziele Marii Skłodowskiej-Curie dla utrwalenia Jej pamięci i przyczynianie się do ochrony i uznawania wartości Jej pism, prac oraz wszelkich dokumentów z Nią związanych, a także szeroko pojęta działalność promująca Jej idee i zainteresowania, zwłaszcza w zakresie walki z chorobami nowotworowymi.

Dodatkowym celem Towarzystwa jest podkreślanie polskiego pochodzenia Marii Skłodowskiej-Curie, tym bardziej, że zawsze czuła się Polką, a tymczasem na świecie znana jest jako uczona francuska”.

To fragment statutu założonego 25 lat temu Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie, organizacji pożytku publicznego, które działa w dawnym, historycznym budynku Instytutu Radowego (obecnie Klinika Centrum Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie), przy ul. Wawelskiej 15 w Warszawie. Mówi się, nie bez racji zresztą, że wszystkie organizacje, stowarzyszenia, fundacje etc. tworzą ludzie; ich założyciele, członkowie, pasjonaci, Ci dla których idea jest ważniejsza niż uposażenie, a czas jej poświęcony nie

jest czasem straconym. Dzięki takim właśnie ludziom, oddanym swojej pasji powstało nasze Towarzystwo. Do tych Pasjonatów należeli twórcy Towarzystwa: inż. Michał Hłasko, prof. Andrzej Kułakowski, prof. Zofia Dańczak-Ginalska, prof. Jerzy Tołwiński i dr Maria Jokiel. To Oni utworzyli Komitet Założycielski, choć twórcą idei utworzenia Towarzystwa był niewątpliwie nieżyjący już niestety p. Michał Hłasko, który przyjechał do Warszawy z Paryża w 1993 r. i postanowił utworzyć w rodzinnym mieście Uczzonej towarzystwo będące niejako bliźniaczym do Association Curie et Joliot-Curie, którego sam był członkiem.

Francuskie Stowarzyszenie Curie i Joliot-Curie powstało w roku 1959 z inicjatywy rodziny Curie i Joliot oraz przyjaciół rodzin, a także osób, którym zależało zarówno na promowaniu dokonań, jak i wartości wyznawanych przez tych genialnych Uczonych. W 1993 r. nadano mu obecną nazwę, a kiedy w 1994 r. powstało Muzeum Curie w Paryżu, obie organizacje zaczęły ściśle współpracować wspierając się nawzajem. Cele stowarzyszenia uległy rozszerzeniu o kwestie kultury naukowej w społeczeństwie i równości płci w nauce.

Inż. Michał Hłasko, którego miałam zaszczyt poznać tuż po rozpoczęciu przez mnie pracy w utworzonym w 1967 r. warszawskim Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie, w 1993 lub 1994 r., z łatwością zaraził tym pomysłem ówczesnego dyrektora Centrum Onkologii w Warszawie, prof. Andrzeja Kułakowskiego. Jak pisze, Alicja Rupińska w książeczce poświęconej 20 lat działalności Towarzystwa, 25 kwietnia 1994 r. w Centrum Onkologii na Ursynowie spotkało się 18 Członków Założycieli i odbyło się założycielskie, pierwsze spotkanie Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie. Na jego czele stanął właśnie prof. Andrzej Kułakowski. Podjęto wówczas decyzję, że siedzibą Towarzystwa będzie dawny, historyczny budynek otwartego przez Uczoną w 1932 r., Instytutu Radowego, a w latach 90. stanowiący integralną część Instytutu Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie. 3 października 1994 r. Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie zostało wpisane do Rejestru Stowarzyszeń. Pozwolę sobie przez szacunek wymienić wszystkich członków założycieli Towarzystwa: prof. dr hab. n. med. A. Kułakowski, inż. M. Hłasko, prof. dr hab. n. med. T. Koszarowski, prof. dr hab. n. med. Z. Dańczak-Ginalska, prof. dr hab. n. med. J. Dziukowa, dr hab. n. med. A. Hliniak, dr n. med. L. Tarłowska, prof. dr hab. n. fiz. J. Tołwiński, prof. dr hab. n. fiz. B. Gwiazdowska, doc. dr hab. n. med. Z. Wronkowski, dr n. med. M. Jokiel, dr n. med. Z. Malinowski, dr wf. K. Mika, dr n. med. E. Towpik, mgr chemii O. Chomicki, mgr geografii Z. Dzik, mgr fil. M. Zagórska, dr n. med. E. Jordan, dr n. fiz. W. Bulski, doc. dr n. med. I. Hliniak, dr med. M. Nicke-Psikuta, inż. J. Rybicki. Bardzo szybko przybywało członków Towarzystwa, a także darczyńców, dzięki którym Towarzystwo, mogło funkcjonować, ponieważ nie prowadziło (i teraz nie prowadzi) żadnej działalności gospodarczej. Powstały także liczne sekcje zagraniczne, m.in. w Anglii, Australii, Kanadzie, Włoszech, USA, Francji. Sprawami merytorycznymi i proceduralnymi zajmowała się dr Maria Jokiel, a pierwszym prezesem został prof. Andrzej Kułakowski. Na wyraźną prośbę M. Hłaski prowadzeniem sekretariatu i pracą edukacyjną na miejscu, na Wawelskiej, zajęła się mgr Alicja Rupińska. Prowadziła tę działalność wkładając w nią całe swoje serce, wiedzę i zaangażowanie do roku 2017, kiedy to przeszła na emeryturę. Pomimo tego, obecnie aktywnie wspomaga działania Towarzystwa, prowadząc jego Facebook, a także służąc doświadczeniem i radą.

Pełna nazwa naszego Towarzystwa (tak jest także zapisana w KRS oraz w statucie), brzmi – Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie. Często wywołuje ona zdziwienie, niektórzy skracają ją, odrzucając słowa „w Hołdzie”. Te słowa są jednak niezmiernie istotne. Przybliżę zatem sens nazwy naszego Towarzystwa. Na budynku Instytutu Radowego i współczesnej kliniki onkologii – Centrum Onkologii od strony ul. Wawelskiej, widnieje napis: MARII SKŁODOWSKIEJ-CURIE W HOŁDZIE. W tym miejscu warto przypomnieć sobie ideę utworzenia Instytutu Radowego w Warszawie, którą nosiła w sobie i którą przekazała Maria Skłodowska-Curie w roku 1921 na spotkaniu z polonią amerykańską wypowiadając znamienne słowa: „**Polska**

niepodległa powinna mieć [...] swój instytut radowy. Początek tego instytutu istnieje w pracowni radiologicznej założonej za moją inicjatywą w Warszawie”. Przypomnijmy, że od roku 1914 działał w Paryżu zbudowany, zaprojektowany i kierowany przez Uczoną Instytut Radowy. Słowa Marii Skłodowskiej-Curie „*Mojem najgorętszym życzeniem jest powstanie Instytutu Radowego w Warszawie*” nie mogły pozostać w próżni. Polacy mimo niezwykle ciężkiej sytuacji gospodarczej kraju i materialnej swoich obywateli (123 lata zaborów, straty I wojny światowej etc.) zmobilizowali się dokonując powszechnej zbiórki pieniędzy na rzecz budowy Instytutu Radowego i realizacji marzenia Uczoney.

Dlaczego? Byli dumni z tej wybitnej kobiety, Uczoney, Polki, która choć dorosłe życie spędzała poza granicami kraju, to jednak podkreślała z dumą swoje pochodzenie, używała także polskiego członu nazwiska, mówiła po polsku i utrzymywała ścisły kontakt z ojczyzną. Była wzorem do naśladowania dla bardzo wielu młodych dziewcząt w każdym z zaborów. Można podawać wiele przykładów patriotyzmu Marii Skłodowskiej-Curie, skupmy się jednak tylko na kilku.

Nazwanie pierwszego odkrytego przez małżonków Curie pierwiastka promieniotwórczego Polonem, w roku 1898, kiedy Polski nie było na mapach świata i Europy, kiedy o niepodległości można było tylko marzyć. „*Proponujemy nadać mu nazwę (pierwiastkowi) POLON, od ojczyzny jednego z nas.*” napisali uczeni w komunikacie do Francuskiej Akademii Nauk. Zasiadając w Lidze Narodów reprezentowała także sprawę polską; prowadząc własne badania naukowe w Paryżu, utrzymywała kontakt z uczonymi polskimi przekazując im informacje o swoich odkryciach, wspierając tym samym polską naukę, otworzyła pierwszą w tej części Europy pracownię radiologiczną, która dała początek późniejszemu Instytutowi Radowemu. Wreszcie w paryskim Instytucie Radowym przyjmowała na stypendia polskich uczonych, budując tym samym podstawy polskiej kadry naukowej w zakresie fizyki, fizyki medycznej, onkologii, chemii. Spod jej opiekuńczych naukowych skrzydeł wyszedł m.in. pierwszy dyrektor Instytutu Radowego w Warszawie, prof. F. Łukaszczyk, prof. C. Pawłowski, szef pracowni fizycznej Instytutu, prof. A. Dorabalska, pierwsza kobieta-prezes Polskiego Towarzystwa Chemicznego, polska fizykochemik, profesor Politechniki Lwowskiej, Warszawskiej i Łódzkiej. Jak zatem odmówić prośbie tak wielkiej Polki, jak nie pomóc w realizacji Jej marzenia, którego realizacja – warszawski Instytut Radowy miał przecież leczyć i służyć Polakom. [...] **przekształcić pracownię tę w Instytut przeznaczony nie tylko dla prac naukowych, lecz również dla leczenia chorych bez względu na zamożność, to także słowa Marii Skłodowskiej-Curie.** Stąd właśnie taki, a nie inny napis umieszczono na budynku Instytutu Radowego od strony ul. Wawelskiej w podziękowaniu dla jego Twórczyni. Do tego właśnie Hołdu nawiązali twórcy i założyciele naszego Towarzystwa nadając mu taką właśnie nazwę.



Fot. 1. Prof. A. Kułakowski i E. Curie na Wawelskiej 1999 (fot. Alicja Rupińska)
Photo 1. Prof. A. Kułakowski and E. Curie in the headquarter of the Maria Skłodowska-Curie Society in Tribute, Wawelska str. 1999 (photo: Alicja Rupińska)

Kadencje władz Towarzystwa obejmowały (i obejmują) 4 lata, a od samego początku do roku 2015 funkcję prezesa

pełnił prof. Andrzej Kułakowski. W roku 2015 nastąpiła zmiana, dotychczasowy prezes stał się Prezesem Honorowym, a funkcję prezesa objęła pisząca te słowa. Wśród Członków Honorowych Towarzystwa znajdują się wspaniali ludzie, uczeni, osoby oddane zarówno swej pracy zawodowej, jak i działalności pro publico bono. Ewa Curie-Labouisse, inż. Michał Hłasko, Monique Bordy (była wieloletnia dyrektor Musée Curie w Paryżu), prof. Tadeusz Koszarowski, prof. Janina Dziukowa, prof. Jerzy Tołwiński, prof. Józef Hurwic, prof. Włodzimierz Zych, prof. Andrzej Kułakowski. Na ostatnim posiedzeniu, Zarząd Towarzystwa podjął uchwałę nadania tytułu Członka Honorowego laureatce literackiej Nagrody Nobla za rok 2019, Pani Oldze Tokarczuk. Laureatka dołączyła do znamienitego grona polskich laureatów Nagrody Nobla, jest trzecią kobietą uhonorowaną tym wyróżnieniem. Jeśli popatrzeć jak rozkładają się przyznane Polkom Nagrody Nobla, mamy następujący układ, dwie naukowe Nagrody Nobla (fizyka i chemia, obie dla Marii Skłodowskiej-Curie) oraz dwie Nagrody Nobla w dziedzinie literatury (dla Wisławy Szymborskiej i Olgi Tokarczuk).

Członkowie Honorowi Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie Honorary Members of the Maria Skłodowska-Curie Society in Tribute



Ewa Curie-Labouisse



Michał Hłasko



Prof. Andrzej Kułakowski



Monique Bordry



Prof. Tadeusz Koszarowski



Prof. Jerzy Tołwiński



Prof. Janina Dziuk



Prof. Józef Hurwic



Prof. Włodzimierz Zych

W listopadzie 1996 r. Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie otrzymało do dyspozycji salę, w której postanowiono utworzyć Salę Edukacyjną im. Bronisławy Dłuskiej (lekarki, siostry Marii Skłodowskiej-Curie, skarbnika Komitetu Budowy Instytutu Radowego). Salę należało oczywiście wyremontować, przysposobić do zadań, które miały być w niej realizowane, wyposażyć w odpowiedni sprzęt, tak, aby można było przyjmować grupy młodzieży, chętnych do zwiedzania miejsc związanych z historią Instytutu i Marii Skłodowskiej-Curie, słuchania wykładów, prelekcji i pokazów filmowych. Stało się to możliwe dzięki darczyńcom i sponsorom, którzy wówczas, na podobieństwo zrywu w latach dwudziestych, przekazywali środki potrzebne na ten cel, m.in. Urząd Dzielnicy Ochota, Polska Fundacja Europejskiej Szkoły Onkologii, Polski Komitet Zwalczania Raka oraz kancelaria prawna Sołtysiński, Kawecki & Ślęzak. Od tego czasu nieustannie Sala Edukacyjna spełnia swoje zadania. Nadal bowiem odbywają się w niej wykłady, spotkania, prelekcje, zajęcia warsztatowe z dziećmi (np. Lato i Zima w mieście) czy z młodzieżą i choć głównym jej użytkownikiem stała się obecnie Klinika Centrum Onkologii, to Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie nadal może z niej korzystać.



Fot. 2. Medal Towarzystwa MSC w Hołdzie (fot. Alicja Rupińska)
Photo 2. Medal awarded by the Society in Tribute (photo: Alicja Rupińska)

W roku 1996 Towarzystwo wraz z Wydziałem Rzeźby ASP zorganizowało konkurs na medal upamiętniający przypadającą w roku 1998, setną rocznicę odkrycia polonu i radu. Efektem konkursu był projekt Beaty Wątróbskiej-Wdowiarskiej, a posrebrzany medal wybiła Mennica

Polska, dzięki wsparciu sponsorów. Zarząd Towarzystwa przyznaje go osobom zasłużonym dla Towarzystwa oraz za propagowanie i upowszechnianie wiedzy o życiu i dokonaniach Marii Skłodowskiej-Curie. Do tej pory uhonorowano nim około 250 osób. Medal z numerem 1 otrzymał inż. Michał Hłasko. Otrzymali je wszyscy Członkowie Honorowi Towarzystwa, a także liczne instytucje i osoby prywatne. Od tego też czasu rozpoczęła się współpraca Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie z Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie, w którym wówczas już pracowała pisząca te słowa, wtedy także zostałam członkiem Towarzystwa. W Muzeum zorganizowana została także wspólnie z Towarzystwem wystawa prac pokonkursowych.



Fot. 3. Fragment muralu przy metrze Centrum w Warszawie 2017 (fot. Małgorzata Sobieszczak-Marciniak)

Photo 3. Fragment of mural in Warsaw devoted to Maria Skłodowska-Curie and Institute of Radium 2017 (photo: Małgorzata Sobieszczak-Marciniak)

Przez 25 lat swego istnienia Towarzystwo zorganizowało samodzielnie, współorganizowało z różnymi instytucjami lub uczestniczyło w bardzo wielu wydarzeniach, konferencjach, happeningach, uroczystościach, konkursach w kraju i za granicą. Nie sposób tu wymienić wszystkie formy aktywności Towarzystwa Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie. Zrobiła to z resztą w sposób bardzo dokładny wspomniana wcześniej Alicja Rupińska, początkowo prowadząca sekretariat Towarzystwa, a potem kierownik biura w napisanej przez siebie książeczce pt. *Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie. 20 lecie działalności.*



Fot. 4. Uroczystości pod pomnikiem (fot. Alicja Rupińska)

Photo 4. Celebrations at the Maria Skłodowska-Curie monuments at the Wawelska str. (photo: Alicja Rupińska)

Wymienię niektóre z nich, które pokazują, na jaką skalę działało Towarzystwo nie prowadząc działalności gospodarczej, nie pobierając składek od swoich członków, bazując na ofiarności owych członków, darczyńców i tych, dla których idee zawarte w statucie Towarzystwa, były istotne. W tym miejscu pozwolę sobie na osobistą refleksję. Przygotowując się do napisania tego tekstu, zdałam sobie sprawę, jak zmienił się świat i rzeczywistość od lat 90., od czasów, kiedy Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie rozpoczęło swą działalność. Wydaje mi się, że paradoksalnie pomimo problemów finansowych, organizacyjnych, lata 90 były bardziej twórcze. Ludzie chcieli coś zbudować, coś stworzyć, w coś się zaangażować. Powstawało wiele stowarzyszeń, instytucji, zrzeszających pasjonatów, którzy oprócz pracy zawodowej (przecież musieli pracować, aby zarabiać na utrzymanie) działali społecznie w imię wyższego celu. Darczyńcy rozumieli historyczną i edukacyjną rolę Towarzystwa propagującego wiedzę o Marii Skłodowskiej-Curie, jej życiu i do-

konaniach. Oczywiście, prezesem i jednym z założycieli Towarzystwa był cieszący się ogromnym szacunkiem i poważaniem, prof. Andrzej Kułakowski, co niewątpliwie podnosiło prestiż Towarzystwa, ale też o Marii Skłodowskiej-Curie nie mówiono wtedy tak wiele, można powiedzieć, że nie była wtedy tak „modna” jak dziś. W roku 2005 Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie otrzymało status organizacji pożytku publicznego (OPP), nadal nie prowadzimy działalności gospodarczej, utrzymujemy się z darowizn i z wpłat 1%. Nasza praca jest całkowicie społeczna. Choć jak widać są odpowiednie narzędzia, sytuacja jest bardzo trudna.

Jak wspominałam wcześniej, Towarzystwo angażowało i angażuje się w różnorodną działalność; kulturalną, wydawniczą, naukową, edukacyjną (tę trzeba podkreślić szczególnie). Odwiedzali nas znamienici goście m.in.: Ewa Curie-Labouisse, prezydenci Warszawy Marcin Świąćicki, Hanna Gronkiewicz-Waltz, wiceprezydent Warszawy Włodzimierz Paszyński, p. Elżbieta Staniszkis i prof. Jerzy Staniszkis, Barbara Wachowicz.



Fot. 5 Aukcja charytatywna Tow. MSC w Hołdzie i Muzeum MSC (fot. Alicja Rupińska)

Photo 5. Charity auctions for the Maria Skłodowska-Curie Society in Tribute and Maria Skłodowska-Curie Museum (photo: Alicja Rupińska)

Podczas ostatniej wizyty w Warszawie, w październiku br. kwiaty pod pomnikiem uczonej przy ul. Wawelskiej złożył wnuk Marii Skłodowskiej-Curie, prof. Pierre Joliot z żoną Anną.

W organizowanych przez Towarzystwo i Muzeum Marii Skłodowskiej-Curie trzech aukcjach charytatywnych brali udział aktorzy Zofia Kucówna, Anna Seniuk, Jan Kobuszewski, Jan Kociniak, Halina Kunicka, Joanna Trzepiecińska, Czesław Majewski i inni. Odbływały się one w Muzeum raz na Wydziale Chemii UW.

Z inicjatywy Towarzystwa w roku 2002 odsłonięto w holu Instytutu przy windzie kopię tablicy upamiętniającej podarowanie przez Uczoną Instytutowi Radowemu 1 gram radu. Tablica oryginalna została zniszczona w czasie wojny. W roku 2011, w roku Marii Skłodowskiej-Curie i Międzynarodowym Roku Chemii na skwerze przed pomnikiem Uczonej i przed wejściem do budynku Instytutu stanęła ścieżka edukacyjna, którą merytorycznie przygotowało nasze Towarzystwo, a sfinansowała Dzielnica Ochota. Stanowiło ją pięć elementów nawiązujących w swej konstrukcji do budowy atomów, na których znajdowały się zdjęcia i informacje o życiu i działalności naukowej Marii Skłodowskiej-Cu-

rie. Jej zaangażowaniu w budowę Instytutu Radowego, związkom z Warszawą. Ścieżkę otworzyła prezydent Warszawy. P. H. Gronkiewicz-Waltz i prezes Towarzystwa, prof. A. Kułakowski.

Niestety po kilku latach z powodu ciągłego niszczenia konstrukcji ścieżki zmuszeni byliśmy przenieść ją do ogrodu Instytutu, gdzie nie wszyscy mogą ją oglądać. Obecnie wymaga ona renowacji, niestety pozyskanie koniecznych funduszy jest rzeczą niebywale trudną. Podobny los spotkał niestety planszową wystawę o historii Instytutu Radowego wykonaną przez Towarzystwo i zawieszoną na ogrodzeniu w roku 2015. Inna wersja tej wystawy prezentująca historię powstania, losy Instytutu Radowego i osiągnięcia polskiej onkologii w tym samym roku była prezentowana w Domu Poselskim, a otwierała ją Marszałek Sejmu p. Małgorzata Kidawa-Błońska. Z inicjatywy Towarzystwa przy schodach prowadzących na piętro w szpitalu przy ul. Wawelskiej zawiązała planszowa wystawa o życiu i dokonaniach jego Twórczyni. Celem tych działań było przybliżenie pacjentom oraz personelowi szpitala działalności Marii Skłodowskiej-Curie.



Fot. 6. Wmurowanie tablicy MSC do ochockiego Panteonu (fot. Alicja Rupińska)

Photo 6. laying the memory plaque to the Pantheon of Ochota district in Warsaw (photo: Alicja Rupińska)

Przedstawiciele Towarzystwa utrzymywali i nadal utrzymują kontakty ze szkołami noszącymi nazwisko uczzonej w Warszawie i poza nią. Uczestniczą w wydarzeniach organizowanych przez te szkoły, w konkursach, wystawach, spotkaniach etc.



Fot. 8. Warsztaty z dziećmi w Sali Dłuskiej (fot. Małgorzata Sobieszczak-Marciniak)

Photo 8. Workshop for children in Dłuska Hall (photo: Małgorzata Sobieszczak-Marciniak)



Fot. 7. Otwarcie wystawy o Instytucie Radowym w Domu Poselskim (fot. Alicja Rupińska)

Photo 7. Opening of the exhibition about the Radium Institute in the Deputies House (photo: Alicja Rupińska)

Towarzystwo organizowało także pikniki naukowe dla szkół oraz mieszkańców Warszawy na terenie ogrodu, do których zapraszaliśmy różne instytucje naukowe Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Wydział Fizyki PW, Wydział Chemii UW, Centrum Nauk Biologiczno-Chemicznych UW, Stowarzyszenie Amazonki.



Fot. 9. I edycja biegu „Przepędzić raka 2015” (fot. Alicja Rupińska)

Photo 9. The first edition of run „Chase of cancer” (photo: Alicja Rupińska)

W 2015 i 2016 r. z okazji kolejnych rocznic otwarcia Instytutu Radowego udało nam się zrealizować dwie edycje biegu pod hasłem Przepędzić Raka, który odbywał się na Polu Mokotowskim. Biegi odbywały się pod Honorowym Patronatem Burmistrza Dzielnicy Ochoty oraz Dyrektora Centrum Onkologii. Cieszyły się dużym powodzeniem i panowała na nich fantastyczna atmosfera. Najstarsza uczestniczka biegu pierwszej edycji liczyła 73 lata, najmłodsza zaś lat pięć, pokonała ona dystans na małym rowerku. Szkoda, że tak trudno jest zorganizować bieg bez funduszy, a sponsorzy nie są tak skorzy do pomocy....

Rok 2018 to stulecie odzyskania przez Polskę niepodległości. Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie bardzo aktywnie włączyło się w jego obchody organizując w Sali Edukacyjnej Bronisławy Dłuskiej oraz w Miejscu Aktywności Lokalnej na Ochocie cykl 10 wykładów poświęconych sławnym kobietom Ochoty. Były wśród nich m.in.: Maria Skłodowska-Curie, Bronisława Dłuska, Wanda Chotomska, Jadwiga i Wanda Piłsudskie, Krystyna Skarbek, Wanda Telakowska, siostry Posseltowny. Projekt był finansowany przez Dzielnicę Ochota. Zorganizowaliśmy także 10 wykładów w Liceum Władysława IV dla licealistów prezentujące sylwetki Ludzi Niepodległej.



Fot. 10. Uroczystość 90-lecia urodzin prof. A. Kułakowskiego, od lewej A. Rupińska, M. Sobieszczak-Marciniak, prof. A. Kułakowski, dr W. Bułski (fot. Alicja Rupińska)

Photo 10. Celebration of the Professor's 90 birthday, from the left: A. Rupińska, M. Sobieszczak-Marciniak, prof. A. Kułakowski, dr W. Bułski (photo: Alicja Rupińska)

W bieżącym roku oprócz 25 lat istnienia Towarzystwa, przypada jeszcze jeden bardzo ważny dla nas jubileusz. W sierpniu bowiem 90 lat ukończył jego Prezes Honorowy, jeden z założycieli i Członek Honorowy Towarzystwa, wieloletni Prezes, prof. Andrzej Kułakowski. To niezwykle postać. Darzony ogromnym szacunkiem i zaufaniem, lubiany przez pacjentów i pacjentki, chirurg onkolog, profesor nauk medycznych, wychowaw-

ca wielu pokoleń młodych lekarzy. Urodzony w Warszawie, w rodzinie oficera zawodowego, komendanta „Strzelca” na Francję i Belgię i urzędniczek państwowej później uczestniczki powstania warszawskiego i więźniarki Ravensbruck. Po wybuchu II wojny światowej i ukończeniu gimnazjum na tajnych kompletach wstępuje w szeregi ZHP i konspiracyjnych hufców polskich, a następnie Narodowej Organizacji Wojskowej i Armii Krajowej z nr 12636. Bierze także udział w akcji „Burza” w Lasach Janowskich. Kiedy wybucha Powstanie Warszawskie, ma 15 lat. Przypadek, odrobina szczęścia czy łaska Boga uniemożliwiły Mu 13 sierpnia pojawienie się na ul. Kilińskiego kiedy wybuchł czołg pułapka.

Po wojnie, rozpoczyna naukę w Liceum Batorego, gdzie zdaje maturę, potem w latach 1948-1953 studiuje na Akademii Medycznej. Jeden z profesorów mówi o Nim jako o *bardzo sumiennym i starannym studencie, myślącym i umiejącym spojrzeć na niektóre sprawy krytycznie*. Rozpoczyna pracę w Klinice Chirurgicznej Instytutu Onkologii im. Marii Skłodowskiej-Curie. Jest uczniem i współpracownikiem kierującego nią prof. Tadeusza Koszarowskiego, twórcy polskiej chirurgii onkologicznej. Specjalizację w zakresie chirurgii ogólnej I stopnia zrobił w 1959 r., chirurgii onkologicznej – w 1961 r.; certyfikat amerykański – trzy lata później. Doktorat uzyskał w roku 1964, habilitację w 1970, tytuł profesora nadzwyczajnego w 1978, a zwyczajnego w 1986 r. W latach 1972-1994 był Kierownikiem Kliniki Chirurgii Onkologicznej, w latach 1991-1998 Dyrektorem Naczelnym Centrum Onkologii w Warszawie, w latach 2000-2012 pracował jako konsultant naukowy w Świętokrzyskim Centrum Onkologii w Kielcach. W roku 1972 stworzył pierwszą w Polsce placówkę rehabilitacji dla kobiet po radykalnej operacji raka piersi. Wspierał powstanie Klubu dla kobiet po mastektomii „Amazonki”, organizacji, która pomagała i pomaga (choć teraz już pod nazwą Stowarzyszenie Amazonki Warszawa Centrum) kobietom po operacji raka piersi. Prof. Kułakowski znany jest także z wprowadzenia do chirurgii nowotworów głowy i szyi nowych technik chirurgii rekonstrukcyjnej. Uczestniczył w pracach nad leczeniem nowotworów skóry, czerniaka, mięsaków tkanek miękkich i zarodkowych nowotworów jądra. Profesora Andrzeja Kułakowskiego poznałam w roku 1994, wydał mi się człowiekiem niezwykle otwartym, ciepłym, serdecznym i budzącym zaufanie. Był przy tym, i zachował tę cechę do dziś, bardzo pogodny i dowcipny, z dużym dystansem do świata i samego siebie. Niech świadczy o tym fakt, że dość szybko zaproponował, abyśmy mówili sobie po imieniu. Wymienione wyżej cechy uczyniły z prof. Kułakowskiego lekarza, do którego lgnęły pacjentki, nawet Te, które musiały przejść poważne operacje. Anna Seniuk będąc pacjentką prof. Kułakowskiego, wspominała, że poprowadził ją na salę operacyjną krokiem poloneza. Barbara Wachowicz porównała Go do wykreowanego przez Stefana Żeromskiego symbolu literackiego – doktora Judyma. I jak tu nie kochać takiego lekarza???

Miałam to szczęście, że los postawił na mojej drodze kilku wspaniałych ludzi, osoby, które były i są dla mnie autorytetami, od których mogłam się uczyć, którzy pomagali zrozumieć świat. Prof. Andrzej Kułakowski jest niewątpliwie jednym z nich.



Fot. 11. Konferencja poświęcona J. Hurwicowi organizowana przez Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie (fot. Małgorzata Sobieszczak-Marciniak)

Photo 11. Conference dedicated to prof. J. Hurwic organized by the Maria Skłodowska-Curie Society in Tribute (photo: Małgorzata Sobieszczak-Marciniak)

Minęło 25 lat... Odeszło wielu twórców i dobroczyńców naszego Towarzystwa, zmieniły się warunki działania, jednak cele i priorytety pozostały te same. Jest też na szczęście jeszcze wielu ludzi, dla których nasze istnienie i działanie ma sens. Choć czasem świat wydaje się wariować i toczyć się w zupełnie nieznanym kierunku. Pozwolę sobie zacytować życzenia prof. Józefa Hurwica, które napisał dla Towarzystwa na rok 2005 na swoich pełnych dowcipu karteczkach: *Póki się Ziemia jeszcze obraca, mogę jak dotąd życzyć serdecznie, by i ten 2005, był szczęśliwy.*

Małgorzata Sobieszczak-Marciniak,
Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie,
Warszawa

Literatura:

- [1] A. Rupińska *Towarzystwo Marii Skłodowskiej-Curie w Hołdzie 20 lat działalności Nowotwory – 75 lecie Instytutu Radowego w Warszawie*
- [2] <https://www.coi.pl/piekny-jubileusz-wspanialego-czlowieka-prof-andrzeja-kulakowskiego/>



XVIII ZJAZD POLSKIEGO TOWARZYSTWA BADAŃ RADIACYJNYCH

W dniach 16-19 września 2019 r. odbył się w Kielcach XVIII Zjazd Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych im. Marii Skłodowskiej-Curie. Organizatorem Zjazdu był Świętokrzyski Oddział Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych. Zjazdowi towarzyszyło sympozjum satelitarne „Applications of low radiation doses in medical diagnosis and therapy”.



Fot. 1. Prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski dyrektor Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej w trakcie wykładu inauguracyjnego XVIII Zjazd Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych (fot. Aneta Węgierek-Ciuk)

Wykład inauguracyjny wygłosił prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski dyrektor Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej, który mówił o energetyce jądrowej w aspekcie ochrony środowiska. Następnie prof. Yuri Berlin (Rosja, Stany Zjednoczone) i dr James F. Wishart (Stany Zjednoczone) odebrali prestiżowe medale imienia Marii Skłodowskiej-Curie przyznawane przez PTBR. Laureaci wygłosili wykłady plenarne. Wręczono również nagrody za najlepsze prace naukowe z zakresu badań radiacyjnych, opublikowane w latach 2016-2019.



Fot. 2. Profesor Yuri Berlin (Rosja, Stany Zjednoczone) otrzymuje medal Marii Skłodowskiej-Curie (pierwszy z lewej strony). Nagrodę wręczając ustępująca prezes Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych prof. dr hab. Ewa Szajdzińska-Piętek i nowy prezes PTBR prof. dr hab. Marek Zmyślony (fot. Aneta Węgierek-Ciuk)

W trakcie zjazdu wygłoszono interesujące prezentacje i przedstawiono plakaty z zakresu chemii radiacyjnej i fotochemii, radiobiologii, radioterapii, higieny radiacyjnej (ochrona radiologiczna, promieniowanie jonizujące w środowisku naturalnym) oraz bioelektromagnetyzmu i ochrony przed promieniowaniem niejonizującym. W konferencji uczestniczyło około 100 naukowców. Odbęło się również Walne Zebranie PTBR, w którego trakcie wybrano zarząd towarzystwa na nadchodzącą kadencję oraz nowego prezesa prof. dr hab. Marka Zmyślonego z Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi. Serdecznie podziękowano ustępującej Prezes PTBR prof. dr hab. Ewie Szajdzińskiej-Piętek.



Fot. 3. Dr James F. Wishart (Stany Zjednoczone) otrzymuje medal Marii Skłodowskiej-Curie (pierwszy z lewej strony). Nagrodę wręczają ustępująca prezes Polskiego Towarzystwa Badań Radiacyjnych prof. dr hab. Ewa Szajdzińska-Piętek i nowy prezes PTBR prof. dr hab. Marek Zmyślony (fot. Aneta Węgierek-Ciuk)

Sylwester Sommer,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa
Uniwersytet Jana Kochanowskiego,
Kielce



45. ZJAZD FIZYKÓW POLSKICH

Tradycja organizacji Zjazdów Fizyków Polskich sięga blisko stu lat. Pierwszy odbył się w Warszawie w 1923 r., a kolejne mniej więcej co dwa lata w różnych miastach polskich. Inicjatywa organizacji zjazdów wyszła od Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Zjazdy mają na celu integrację środowiska fizyków, przedstawienie najciekawszych kierunków badań a ponadto rozpoznawanie czynników hamujących rozwój fizyki i jej nauczania na wszystkich poziomach. Stanowią znakomite forum dla wymiany doświadczeń w pokonywaniu trudności, z jakimi muszą się borykać fizycy.

45. Zjazd Fizyków Polskich inaugurował obchody 100-lecia Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Odbęwał

się w Krakowie w dniach 13-18 września 2019. Głównym organizatorem było Polskie Towarzystwo Fizyczne, a w szczególności Oddział Krakowski PTF przy współudziale krakowskich ośrodków fizyki: Uniwersytetu Jagiellońskiego, Akademii Górniczo-Hutniczej, Instytutu Fizyki Jądrowej, Uniwersytetu Pedagogicznego, Politechniki Krakowskiej i Uniwersytetu Śląskiego. Ta wspólna organizacja przełożyła się na różnorodność miejsc obrad Zjazdu, który się odbywał w Audytorium Maximum UJ (13-15 września br.), Akademii Górniczo-Hutniczej (16 września br.) oraz na Wydziale Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, na III Kampusie UJ (17-18 września br.).

W historii Towarzystwa był to już ósmy Zjazd Fizyków organizowany w Krakowie, co świadczy jak silną pozycję w Polsce ma krakowska fizyka. Liczbą zjazdów przebiliśmy Warszawę (co prawda tylko na chwilę, bo jubileuszowy zjazd już za rok odbędzie się w stolicy).

Ramowy harmonogram zjazdów wypracowano przez długie lata, niemniej każdy ma swój szczególny charakter podyktowany zarówno okolicznościami czasu, miejsca, jak i uczestniczącymi ludźmi. Na inaugurację są zwykle zapraszani dostojnicy państwowi, przedstawiciele władz miasta, reprezentanci Europejskiego Towarzystwa Fizycznego, zagranicznych Towarzystw Fizycznych, nobliści z dziedziny fizyki. Po uroczystym otwarciu spotkania i powitaniu gości stałym punktem programu jest wręczenie nagród Polskiego Towarzystwa Fizycznego przyznawanych co roku przez kapituły tych nagród. Są to nagrody naukowe, za rozprawy doktorskie i prace magisterskie, nagroda za popularyzację fizyki oraz nagrody dla wyróżniających się nauczycieli. W tym roku z okazji zbliżającego się 100-lecia Polskiego Towarzystwa Fizycznego zasłużonym członkom Towarzystwa zostały wręczone pierwsze Medale Stulecia PTF za działalność społeczną na rzecz środowiska i Towarzystwa.



Fot. 1. Wręczenie Medalu Mariana Smoluchowskiego: od lewej Przewodniczący Kapituły Medalu prof. Franciszek Krok, Prezes PTF prof. Leszek Sirko i laureat Prof. Józef Spalek (fot. Krzysztof Magda)

Najwyższą nagrodę – Medal Mariana Smoluchowskiego otrzymał prof. **Józef Spalek** z Uniwersytetu Jagiellońskiego, który wygłosił wykład pt. „Why strongly correlated

quantum matter belongs to fundamental physics?" (Dlaczego silnie skorelowana materia kwantowa należy do fizyki fundamentalnej?). Laureatem Nagrody Mariana Smoluchowskiego – Emila Warburga w 2019 r. został prof. **Peter Hänggi** z Uniwersytetu w Augsburgu. Jego referat miał tytuł: „The ring of Brownian motion: Past - Presence – Future Trends” (Pierścień ruchu Browna: Przeszłość – Obecność – Przyszłe trendy).

Wykłady podczas sesji plenarnych stanowiły panoramę najaktualniejszych trendów w fizyce. **Frank Wilczek** (noblista 2004 r.) mówił na temat nowych pomysłów w badaniach aksjonów (New Ideas in Axion Searches), **Wojciech Żurek** z Los Alamos University – o kwantowej teorii klasyki (Quantum Theory of the Classical), **Christopher Sachrajda** – o precyzji fizyki zapachu i sieci QCD jako ścieżce do odkrycia nowej fizyki (Precision Flavour Physics and Lattice QCD. A path to discovering new physics), **Dan Shechtman** (noblista 2011 r.) – o zmianie paradygmatu w krytalografii w wyniku odkrycia quasi-okresowych kryształów (Quasi-periodic crystals – a paradigm shift in crystallography), **Agnieszka Zalewska** – o neutrinach w fizyce i astrofizyce, a **Marek Biesiada** – o soczewkowaniu grawitacyjnym.

Łącznie wygłoszono 31 wykładów plenarnych, bardziej lub mniej specjalistycznych. Wśród nich znalazły się dwa „rocznicowo – historyczne”. Pierwszy zatytułowany „Zanim powstało Towarzystwo Fizyczne” wygłosił, jak zawsze z wielką swadą **Andrzej K. Wróblewski**. Drugi – pt. „Sto lat to nie wiek, czyli Jubileusz fizyki na AGH” wygłosił **Wojciech Łużny**.

Ważnym i specjalnie przeznaczonym dla nauczycieli był plenarny referat **Dagmary Sokołowskiej** pt. „W poszukiwaniu metody”, wywołał ciekawą dyskusję. Dydaktyce fizyki na różnych poziomach kształcenia były poświęcone osobne sesje równoległe. Łączyła je Konferencja Dydaktyczna dla nauczycieli fizyki, warsztaty dydaktyczne i pokazy eksperymentów fizycznych.

Szczególne zainteresowanie wywołała debata na temat **Granicy Fizyki**, w której wzięli udział luminarze polskiej nauki: Andrzej Biały, Iwo Białynicki Birula, Włodzimierz Duch, Michał Heller, Tadeusz Marek, Andrzej Kajetan Wróblewski i Maciej Żylicz. Moderatorami byli Józef Spałek i Leszek Sirko. Dyskutanci reprezentowali bardzo różne perspektywy patrzenia na fizykę, ale żaden z nich nie wskazał ostrych barier ograniczających możliwości nieskończonego rozwoju poznania, aczkolwiek wszyscy uznali, że tempo tego rozwoju zapewne nie jest liniowe.

Równoległe sesje specjalistyczne oraz sesja plakatowa nadały Zjazdowi charakter typowej konferencji naukowej z doniesieniami o najnowszych wynikach badań oraz dyskusjami w ścisłe kompetentnych gremiach. Autorami wielu prezentacji byli doktoranci międzynarodowych studiów doktoranckich prowadzonych w Polsce. Program obejmował 16 sesji specjalistycznych:

- Fizyka medyczna i biofizyka
- Nanofizyka i nanotechnologia

- Fizyka jądrowa
- Fizyka cząstek
- Fizyka materii skondensowanej
- Fizyka statystyczna
- Fizyka atomowa, molekularna i optyczna, fotonika, informacja kwantowa
- Grawitacja, kosmologia i astrofizyka
- Fizyka układów złożonych
- Sesja „kobiety w fizyce”
- Fizyka środowiska
- Sesja „Fizyka – Przemysł – Innowacje”
- Zagadnienia interdyscyplinarne fizyki
- Fizyka ogólna
- Dydaktyka i popularyzacja fizyki
- Konferencja Dydaktyczna.

Zagadnienia fizyki jądrowej i fizyki cząstek wypełniły siedem sesji specjalistycznych. Główne tematy to coraz bardziej wyrafinowana analiza danych z eksperymentów na LHC, poszukiwanie nowej fizyki, nowe eksperymenty w CERN, rozpady ciężkich jąder, metody jądrowe w terapii nowotworowej itp.

Najwięcej, bo aż pięć sesji dotyczyło fizyki materii skondensowanej. Z tej dziedziny wygłoszono 25 referatów. Bogato reprezentowane były sesje: nanofizyki i nanotechnologii, fizyki atomowej, molekularnej i optycznej, fotoniki, informacji kwantowej i fizyki układów złożonych.

Sesja „Fizyka – Przemysł – Innowacje” miała na celu umożliwienie spotkania ludzi biznesu z naukowcami. Tworzyły ją 22 referaty oraz dwa panele dyskusyjne. Na stronie www Zjazdu czytamy, że ta sesja była „miejscem wymiany poglądów i nawiązywania współpracy, zarówno na poziomie interpersonalnym, jak i instytucjonalnym tj. pomiędzy naukowcami mającymi potencjał badawczy i/lub gotowe pomysły mogące znaleźć zastosowanie w przemyśle, przedstawicielami przedsiębiorców, szczególnie małych start-upów oraz przedstawicielami instytucji finansujących prace wdrożeniowe.” (...) Chodziło o „rozpowszechnianie idei doktoratów wdrożeniowych oraz prezentację działalności przyuczelnianych centrów rozwoju technologii zrzeszonych w ogólnopolskiej sieci Porozumienie Akademickich Centrów Transferów Technologii (PACTT)”.



Fot. 2. Od lewej: Grzegorz Sęk, Jakub Kaszowski, Witold Zawadzki, Józef Spałek (fot. Krzysztof Magda)

Sesja plakatowa trwała dwie godziny. Zwiedzający przez wrzucenie kartki do przygotowanych urn głosowali na najlepsze spośród prezentowanych posterów. Laureatami zostali: **Witold Zawadzki** (IF UJ), **Jakub Kaszowski** (Pałac Młodzieży w Katowicach), **Grzegorz Sęk** (Młodzieżowe Obserwatorium Astronomiczne w Niepołomicach) i **Karolina Martinson** (IFJ PAN).



Fot. 3. Sesja plakatowa (fot. Krzysztof Magda)

Nietypowym punktem programu 45. Zjazdu Fizyków Polskich był Dzień Otwarty dla szerokiej publiczności Krakowa.



Fot. 4. Plakat reklamujący Dzień otwarty 45. Zjazdu Fizyków Polskich (fot. Krzysztof Magda)

Bezpłatne zaproszenia rozprowadzano poprzez miejskie punkty informacji kulturalnej. Duża aula Auditorium Maximum mieszcząca 1500 osób wypełniła się po brzegi. Spotkanie prowadzili: Roman Płaneta i Monika Marzec – dyrektorzy Instytutu Fizyki UJ. Przedstawili trzy „gwiazdy” wieczoru. Jako pierwszy wystąpił prof. **Łukasz Turski** z wykładem pt. „O Prawach Podobieństwa i Symetrii w Przyrodzie”. „Theatrum Experimentatorium Physicorum” zaprezentował dr **Marek Gołąb**. Były to pokazy ciekawych zjawisk fizycznych, realizowanych „na żywo” na oczach zebranych widzów. Ks. prof. **Michał Heller** w swoim filozoficznym wykładzie rozważał „Czy fizyka jest nauką o materii?”

Zwieńczeniem wieczoru było widowisko muzyczne zatytułowane „Na styku dwóch nieskończoności” z muzyką Józefa Skrzeka, która posłużyła jako kanwa do edukacyjnej narracji filmowej Jerzego Grębosza. Była nią artystyczna wizja historii Naszego Wszechświata zapoczątkowana osobliwością tuż przed Wielkim Wybuchem (Bubble Universe), poprzez wytworzenie wodoru, powstanie gwiazd i lekkich pierwiastków (od helu do żelaza) w trakcie syntezy jądrowej aż wreszcie do wybuchów Supernowych, podczas których powstały pierwiastki cięższe od żelaza i razem ze wszystkimi były rozsiewane w bezmiar Wszechświata. To umożliwiło powstanie życia. Kulminacyjny utwór muzyczny – suita Children of the Stars nawiązywał do ludzi żyjących na styku dwu nieskończoności: mikroświata atomów i makro Wszechświata. Pointą widowiska była wizja scenariusza końca istniejącego Wszechświata (np. w wyniku Wielkiego Rozzerwania – Big Rip) i możliwości powstania Nowego Wszechświata – czyli nowej osobliwości.

Trwająca prawie dwie godziny orgia kolorowych światel, błysków i dźwięków poprzez huk zderzeń, hałaśliwe eksplozje, aż po budzące się życie, zwiastujące nastrojową łagodność i spokój wzbudziła owacje widzów.

Wykonawcami oprócz Józefa Skrzeka byli: Jerzy Grębosz jako narrator, Mirosław Muzykant grający na instrumentach perkusyjnych, CzeT Minkus na trąbce elektrycznej, Chór Nowodworski pod dyrekcją Ryszarda Żróbka oraz Wiktoria i Julia Minda (saksofon i obój).



Fot. 5. Koncert w Operze Krakowskiej (fot. Krzysztof Magda)

Jako atrakcję kulturalną dla uczestników Zjazdu przygotowano uroczysty koncert zatytułowany: „Oscylacje. Propagacje. Transformacje”, który odbył się w Operze Krakowskiej.

– „Obok utworów tradycyjnych, wykonanych na dobrze znanych instrumentach, zabrzmiały efekty uzyskane dzięki zastosowaniu najnowszych zdobyczy nanotechnologii i informatyki w tworzeniu struktur zdolnych do reagowania na bodźce akustyczne – mówi prof. **Piotr Zieliński (IFJ)** – koordynator całego przedsięwzięcia i prowadzący koncert. – Być może takie układy, naśladując funkcjonowanie komórek nerwowych, pozwolą kiedyś dotrzeć do istoty percepcji i rozumienia muzyki jako złożonego procesu przetwarzania informacji płynącej z niezbyt przecież skomplikowanego zjawiska propagacji drgań, czyli oscylacji gęstości i ciśnienia w powietrzu”.

Wykonawcami koncertu byli: zespół instrumentów dętych Cracow Golden Quintet, zespół The Nano Consort złożony z inżynierów materiałowych Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, Dominika Peszko – fortepian oraz Marcin Strzelecki ze Studia Muzyki Elektroakustycznej Akademii Muzycznej w Krakowie – autor transformacji komputerowych dźwięków z natury i zaawansowanych technologii.

Słuchacze nagrodzili artystów huraganowymi bra-
wami, podziwiając fantazję, talent i kunszt twórców koncertu.



Fot. 6. Bankiet konferencyjny w Operze Krakowskiej: w centrum Jarosław Gowin (wicepremier i minister NSW) i Stanisław Kistryn (prorektor UJ) (fot. Krzysztof Magda)

Po koncercie odbył się bankiet konferencyjny. Zaszczycił go swoją obecnością Wicepremier, Minister Nauki i Szkolnictwa Wyższego Jarosław Gowin.

Interującym eventem na koniec Zjazdu było sadzenie dębów wokół budynków Instytutu Fizyki Uniwersytetu Jagiellońskiego. Z inicjatywy Prezesa Oddziału Krakowskiego PTF a zarazem Przewodniczącego Komitetów: Naukowego i Organizacyjnego Zjazdu prof. Józefa Spalka posadzono 5 dębów: po dwa z okazji 100-lecia odzyskania niepodległości Polski (obchodzo-

nego w 2018 r.) oraz zbliżającego się 100-lecia Polskiego Towarzystwa Fizycznego. Piąty dąb był darem od inicjatora.



Fot. 7. Sadzenie dębów: od lewej: Józef Spalek, Leszek Sirko i Stanisław Kistryn (fot. Krzysztof Magda)

Na 45. zjazd zarejestrowało się około 700 osób, w tym było 367 mówców (31 wykładów plenarnych), 135 autorów plakatów. Panowała znakomita atmosfera, dociekliwe dyskusje naukowe oraz serdeczne spotkania przyjacielskie, a rozmowy kularowe zapewne doprowadziły do nawiązania różnorodnej współpracy i powstania nowych projektów badawczych. W kwietniu 2020 odbędzie się Jubileuszowy Zjazd w Warszawie, a zgodnie z dwuletnim rytmem w 2021 kolejny zjazd w Bydgoszczy.

*Małgorzata Nowina Konopka,
emerytowany pracownik Instytutu Fizyki Jądrowej
im. H. Niewodniczańskiego PAN,
Kraków*



WORKSHOP NA TEMAT BADANIA SZCZELNOŚCI INSTALACJI W RAMACH PROJEKTU RER1020

W dniach 21-24 października 2019 r. Laboratorium Techniki Jądrowych z udziałem Pracowni Metod Diagnostycznych (PMD) zorganizowało spotkanie w ramach

regionalnego projektu IAEA RER1020 "Developing Radio-tracer Techniques and Nuclear Control Systems for the Protection and Sustainable Management of Natural Resources and Ecosystems". Tematyka konferencji dotyczyła wykorzystania technik radioizotopowych w badaniach szczelności instalacji przemysłowych. Udział w niej wzięli przedstawiciele następujących państw: Chorwacji, Grecji, Rosji, Turcji, Węgier, Rumunii oraz Polski. Osobą współprowadzącą warsztaty był prof. Jovan Thereska, ekspert Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej (IAEA) w tej tematyce oraz przedstawiciel organizacji International Society for Tracer and Radiation Applications (ISTRA).



Fot. 1. Mgr inż. Tomasz Smoliński wita uczestników warsztatów (fot. Sylwester Wojtas)

Zagraniczni delegaci przedstawili swoje prace badawcze dotyczące wykorzystania radioizotopów oraz technik jądrowych. Z kolei ekspert IAEA przybliżył wszystkim zebranym podstawowe założenia metod radioizotopowych ze szczególnym uwzględnieniem ich przemysłowego wykorzystania na przykład do badania szczelności w wymiennikach ciepła czy podziemnych rurociągach. Z ramienia IChTJ Pan Cezary Nobis, członek zespołu badawczego wykonującego kontrolę szczelności obiektów przemysłowych, opowiedział o praktycznych aspektach diagnostyki obiektów i instalacji technologicznych z wykorzystaniem opracowanej w Instytucie metody opartej o użycie znaczników promieniotwórczych. Zaproszeni goście mieli również możliwość zwiedzania wybranych laboratoriów znajdujących się na terenie Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej.



Fot. 2. Uczestnicy warsztatów przy pracy w laboratorium Pracowni Metod Diagnostycznych. Objaśnia mgr inż. Cezary Nobis (pierwszy z lewej; fot. Sylwester Wojtas)

Istotną częścią warsztatów było porównanie międzylaboratoryjne kontroli szczelności wykonanej na instalacji pokazowej, symulującej rzeczywisty obiekt przemysłowy, przy zastosowaniu kryptonu-85. Celem tego porównania było potwierdzenie biegłości Pracowni Metod Diagnostycznych (PMD) w kontroli szczelności. Eksperymenty zostały wykonane przez pracowników PMD z użyciem systemu skonstruowanego w IChTJ oraz jednocześnie przez prof. Thereskę z użyciem aparatury należącej do IAEA.



Fot. 3. Wręczenie świadectwa kompetencji w obszarze wykorzystania technik radioizotopowych w badaniach szczelności instalacji przemysłowych Pani dr Irenie Herdzik-Koniecko, pracownicy IChTJ. Świadectwo wręczają prof. dr hab. inż. Andrzej G. Chmielewski, dyrektor Instytutu Chemii i Techniki Jądrowej oraz prof. Jovan Thereska ekspert IAEA oraz ISTRA (fot. Sylwester Wojtas)

Porównanie wykazało zgodność wyników otrzymanych przez PMD oraz eksperta, co zostało potwierdzone wręczeniem stosownego certyfikatu pracownikom PMD wydanego przez organizację ISTRA. Ostatniego dnia spotkania 13 uczestników przystąpiło do egzaminu sprawdzającego kompetencje w zakresie metod radioizotopowych uzyskując świadectwa kompetencji.

Marcin Rogowski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



SPOTKANIE STOWARZYSZENIA INSPEKTORÓW OCHRONY RADIOLOGICZNEJ 2020

Konferencja inspektorów ochrony radiologicznej dotycząca projektu ustawy – Prawo atomowe zorganizowana przez Stowarzyszenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej i Państwową Agencję Atomistyki w Warszawie cieszyła się w kwietniu 2019 r. tak ogromnym zainteresowaniem, że zabrakło miejsca dla wszystkich chętnych. Wdrożenie dyrektywy BSS w Polsce dokonano na podstawie uchwalonej przez Sejm ustawy z dnia 13 czerwca 2019 r. o zmianie ustawy – Prawo atomowe

oraz ustawy o ochronie przeciwpożarowej. Ustawa weszła w życie 23 września tego roku. Zmiany przepisów mają na celu zapewnienie najwyższego możliwego do osiągnięcia poziomu bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej w Polsce, dostosowując go do europejskich i światowych standardów.

SIOR zaplanował kolejne spotkanie tym razem pod hasłem „Nowelizacja Prawa Atomowego”. Konferencja zorganizowana została w dniach 30-31 stycznia 2020 r. w Poznaniu, w hotelu Mercure (ul. Roosevelta 20). Program konferencji i szczegóły organizacyjne są dostępne na stronie www.sior.pl.

Maria Kubicka,

*Stowarzyszenie Inspektorów Ochrony Radiologicznej,
Poznań*



NAGRODY W KONKURSIE POLSKIEGO TOWARZYSTWA NUKLEONICZNEGO

W tym roku po raz kolejny Polskie Towarzystwo Nukleoniczne przyznało nagrody za najlepsze prace doktorskie, magisterskie, inżynierskie i licencjackie związane tematycznie z atomistyką (wykorzystaniem zjawisk, procesów i technik jądowych, technicznymi aspektami, ekonomią i odbiorem społecznym zastosowań energetyki jądowej itp.). Do konkursu mogły być zgłaszane również prace obronione na humanistycznych kierunkach studiów (prawo, ekonomia, turystyka, dziennikarstwo itd.) obronione w latach 2018/2019. O przyznaniu nagród zadecydowała powołana przez Zarząd Główny PTN Komisja Konkursowa w składzie: prof. dr hab. Andrzej G. Chmielewski (przewodniczący), dr inż. Krzysztof Fornalski (PGE EJ. 1), prof. dr hab. Jerzy Niewodniczański, prof. dr hab. Jan Składzień, prof. dr hab. Grażyna Zakrzewska, dr inż. Nikola Uzunow, dr inż. Wojciech Głuszewski oraz dr inż. Bożena Sartowska (koordynator). Komisja w swojej ocenie brała pod uwagę oryginalność i nowatorstwo rozwiązań technicznych, technologicznych oraz organizacyjnych, a także walory poznawcze nadesłanych prac. Autorzy najlepszych prac otrzymali dyplomy i nagrody pieniężne w trakcie inauguracji roku akademickiego 2019/2020 z rąk członków ZG PTN.

W kategorii doktoratów pierwszą nagrodę otrzymał Piotr DARNOWSKI z Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej za pracę pt. „New Methods in the Assessment of Recriticality Potential in Severe Accidents”. Promotorem pracy był prof. dr hab. inż. Konrad Świrski. Drugą nagrodę przyznano Justynie PIJAROWSKIEJ-KRUSZYŃIE z Instytutu Chemii i Techniki Jądowej w Warszawie za pracę zatytułowaną „Innowa-

cyjna metoda syntezy radiofarmaceutyku do obrazowania transportera dopaminy (DAT) w technice Tomografii Pozytonowej (PET)”. Promotorem pracy była dr hab. inż. Renata Mikołajczak, prof. nadzw. NCBJ. Trzecie miejsce zajęła Kamila KOŁACIŃSKA z Laboratorium Jądowych Technik Analitycznych IChTJ za pracę pt. „Oznaczanie wybranych radionuklidów w chłodziwie reaktorowym z zastosowaniem metod analizy przepływowej”. Promotorem pracy był prof. dr hab. Marek Trojanowicz, a promotorem pomocniczym dr hab. Edyta Łokas.

W kategorii prac magisterskich pierwszą nagrodę przyznano Barbarze KĘDZIEŃSKIEJ z Wydziału Mechanicznego Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej za pracę pt. „LOFT LP-FP-2 experiment modeling for RELAP/SCDAPSiM MOD3.5 with Integrated Uncertainty Analysis validation”. Promotorem pracy był dr inż. Rafał Laskowski.

W kategorii prac licencjackich i inżynierskich komisja konkursowa przyznała pierwszą nagrodę Emilii GÓRZYŃSKIEJ z Wydziału Chemii Uniwersytetu Warszawskiego za pracę pt. „Radiokoniugat $^{198}\text{AuNP}$ -Oktreotyd do celowanej terapii guzów neuroendokrynnych”. Praca została wykonana pod kierunkiem dr inż. Agnieszki Majkowskiej-Pilip (IChTJ) i dr hab. Zbigniewa Rogulskiego (UW). Przyznano również dwie trzecie nagrody absolwentom Wydziału Fizyki Politechniki Warszawskiej. Otrzymali je Zuzanna PUZIO za pracę pt. „Badanie widm elektronowego rezonansu paramagnetycznego leków na potrzeby dozymetrii awaryjnej” oraz Jakub WÓCICKI za pracę pt. „Badanie widm elektronowego rezonansu paramagnetycznego i UV cukrów na potrzeby dozymetrii promieniowania jonizującego”. Promotorem obu prac był dr inż. Daniel Kikoła (PW Wydział Fizyki), a opiekunami naukowymi: pierwszej pracy mgr inż. Dariusz Aksamit (PW Wydział Fizyki), drugiej pracy mgr inż. Marta Janczuk-Richter (Instytut Chemii Fizycznej PAN) oraz obu prac dr inż. Jarosław Sadło (IChTJ).

Wszystkim laureatom i ich opiekunom serdecznie gratulujemy. Komisja podjęła również decyzję po porozumieniu z autorem o udzieleniu rekomendacji i zgłoszeniu pracy doktorskiej Piotra Darnowskiego do konkursu European Nuclear Society ENS.

*Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądowej,
Warszawa*



POLSKIE NOBLE 2019

Fundacja na rzecz Nauki Polskiej po raz dwudziesty ósmy przyznała Nagrody Fundacji, które cieszą się opinią najważniejszego wyróżnienia naukowego w Polsce. Laureatami zostało trzech wybitnych uczonych: prof. Marcin Drąg, prof. Andrzej Kossakowski i prof. Andrzej Wiśniewski. Nagrody Fundacji są przyznawane za szczególne osiągnięcia i odkrycia naukowe, które przesuwają granice poznania i otwierają nowe perspektywy

poznawcze, wnoszą wybitny wkład w postęp cywilizacyjny i kulturowy naszego kraju oraz zapewniają Polsce znaczące miejsce w podejmowaniu najbardziej ambitnych wyzwań współczesnego świata. W obszarze nauk o życiu i o Ziemi nagrody nie przyznano.

Prof. Marcin Drąg z Wydziału Chemicznego Politechniki Wrocławskiej otrzymał Nagrodę Fundacji na rzecz Nauki Polskiej 2019 w obszarze nauk chemicznych i o materiałach *za opracowanie nowej platformy technologicznej umożliwiającej otrzymywanie związków biologicznie aktywnych, w szczególności inhibitorów enzymów proteolitycznych*. Platforma ta może służyć do opracowywania nowych terapii, leków czy metod diagnostycznych.

Marcin Drąg urodził się w 1975 r. w Świdnicy. W 1999 r. ukończył studia chemiczne na Uniwersytecie Wrocławskim. Stopień doktora uzyskał na Politechnice Wrocławskiej w 2003 r., a habilitację na tej samej uczelni w roku 2011. Tytuł profesora zaś w 2016 r., w wieku 41 lat. Od początku swojej kariery naukowej pracuje na Wydziale Chemicznym Politechniki Wrocławskiej. Związany jest również z instytutem Sanford Burnham Prebys Medical Discovery Institute w USA. Pracował też m.in. we francuskiej École de Chimie w Montpellier (Francja), na Politechnice Wiedeńskiej (Austria) czy na Emory University w Atlancie (USA). Nagrodą Fundacji na rzecz Nauki Polskiej 2019 zostały docenione osiągnięcia prof. Marcina Drąga dotyczące wykorzystania bardzo szerokiej gammy nienaturalnych aminokwasów do monitorowania aktywności enzymów proteolitycznych. Enzymy proteolityczne (proteazy) rozcinają białka na prostsze elementy tzn. peptydy i aminokwasy. Mają zasadnicze znaczenie w tak wielu różnych procesach, jak rozwój embrionalny, krzepnięcie, obumieranie komórek, rozwijanie stanów zapalnych i odporności. Pełnią więc kluczową rolę dla zdrowia lub zapadania na choroby. Ich nieprawidłowe działanie prowadzi do powstania w organizmie stanów chorobowych: nowotworów, cukrzycy, chorób neurodegeneracyjnych, a także do replikacji oraz rozprzestrzeniania się wirusów i bakterii. Proteazy mają więc też ogromne znaczenie w badaniach biomedycznych. Monitorowanie aktywności proteaz jest możliwe przy użyciu markerów molekularnych (znaczników) i inhibitorów, czyli związków hamujących aktywność poszczególnych proteaz. Właśnie projektowaniem i syntezą tego rodzaju związków biologicznie aktywnych, służących selektywnemu wykrywaniu i blokowaniu aktywności proteaz zajmuje się prof. Marcin Drąg. Opracowana przez niego technologia (Hybrydowa Kombinatoryczna Biblioteka Substratów, HyCoSuL) umożliwia zaprojektowanie i otrzymanie wysoce aktywnych i selektywnych narzędzi chemicznych w postaci substratów, inhibitorów i markerów chemicznych. Prof. Marcin Drąg wraz ze współpracownikami, łącząc chemię, biochemię i biologię molekularną wykorzystał to podejście badawcze do zbadania wielu ważnych medycznie enzymów.

W pionierskich badaniach z wykorzystaniem HyCoSuL zidentyfikował m.in. marker elastazy neutrofilowej, która jest proteazą serynową pełniącą istotną rolę w rozwoju nowotworów, a także uczestniczy w procesie zwalczania patogenów. Uzyskany marker, który jest kilka tysięcy razy aktywniejszy w porównaniu do innych dostępnych na rynku, może być wykorzystany do selektywnej identyfikacji tej proteazy, a także monitorować jej szkodliwe działanie. Zastosowanie technologii prof. Drąga ułatwiło też badania mechanizmów działania enzymów z rodziny kaspaz, które odgrywają kluczową rolę w procesie programowanej śmierci komórki (apoptozie), a także w stanach zapalnych. Dzięki apoptozie z organizmu usuwane są zużyte lub uszkodzone komórki np. komórki rakowe. Zakłócenie tego procesu może skutkować zaburzeniem przeżywalności komórek rakowych. Biorąc pod uwagę, jak wielkim problemem są obecnie choroby nowotworowe, badania te skupiły uwagę nie tylko naukowców, ale także firm farmaceutycznych. Zespół prof. Marcina Drąga zaprojektował także zestaw markerów fluorescencyjnych, które można wykorzystać do jednoczesnego obrazowania w neutrofilach (rodzaj białych krwinek wchodzących w skład układu odpornościowego) aż czterech proteaz serynowych jednocześnie. To ważne, bo neutrofile są pierwszą linią obrony organizmu przed infekcją. Zachwiana równowaga w ich działaniu może świadczyć, że organizm nie radzi sobie z patogenami. Obecnie ta technologia jest dalej rozwijana do detekcji chorób neutrofilii (neutropenii) w ramach grantu TEAM-NET Fundacji na rzecz Nauki Polskiej. W swoich badaniach zespół prof. Marcina Drąga współpracuje obecnie z ponad trzydziestoma zespołami naukowymi z placówek akademickich z całego świata, a także firmami biotechnologicznymi oraz farmaceutycznymi. Technologia opracowana przez prof. Marcina Drąga może znaleźć i już znajduje wiele zastosowań we współczesnej medycynie i farmakologii. Naukowcy pracują nad narzędziami do badań wielu innych proteaz np. proteaz z wirusa ZIKA, Dengue czy SARS, a także wielu innych uczestniczących w rozwoju chorób cywilizacyjnych. Uzyskanie nowych, selektywnych cząsteczek będzie mogło być wykorzystane do opracowywania nowych terapii czy projektowania i otrzymywania leków. Opracowywane markery, dzięki obecności grup fluorescencyjnych, będzie można z kolei wykorzystywać przede wszystkim do testów diagnostycznych, szybkiego wykrywania chorób, czy podczas operacji onkologicznych.

Prof. Andrzej Kossakowski z Instytutu Fizyki Uniwersytetu Mikołaja Kopernika w Toruniu otrzymał nagrodę w obszarze nauk matematyczno-fizycznych i inżynierskich *za rozwinięcie teorii kwantowych układów otwartych*. Teoria ta stanowi podstawę intensywnie rozwijającej się obecnie dziedziny naukowej – kwantowej teorii informacji.

Andrzej Kossakowski urodził się w lutym 1938 r. we Lwowie. Od początku swoją naukową drogę związał z Uniwersytetem Mikołaja Kopernika w Toruniu, gdzie w latach 1955-1960 studiował fizykę, w roku 1966 obronił pracę doktorską, a w 1972 r. uzyskał habilitację. W 1979 r. otrzymał tytuł profesora nadzwyczajnego. Prof. Andrzej Kossakowski wykładał na wielu uniwersytetach zagranicznych m.in.: w Stuttgarcie, Mediolanie, Austin w Teksasie, Essen, Leuven, Santiago de Chile, Neapolu i Tokio. Jest jednym z twórców toruńskiej szkoły fizyki matematycznej oraz kwantowej teorii układów otwartych. Teoria ta, wraz z kwantową teorią informacji, stanowiły główne obszary badań prowadzonych w Zakładzie Fizyki Matematycznej Instytutu Fizyki UMK. Do naukowych osiągnięć prof. Andrzeja Kossakowskiego należą również prace o teorii laserów, teorii odwzorowań dodatnich oraz cykl prac dotyczących kwantowego splątania. Mechanika kwantowa (teoria kwantów) jest jedną z fundamentalnych teorii fizycznych. Opisuje przede wszystkim świat mikroskopowy (obiekty o bardzo małych masach i rozmiarach, np. atomy, cząstki elementarne), ale także zjawiska makroskopowe, jak nadprzewodnictwo i nadciekłość.

Teoria kwantowych układów otwartych jest z kolei podstawowym narzędziem analizy własności układów kwantowych, które nie są izolowane, lecz oddziałują z zewnętrznym otoczeniem. Do analizy dynamiki kwantowych układów otwartych wykorzystuje się różne typy równań podstawowych. Prof. Andrzej Kossakowski jest współtwórcą jednego z takich równań, znanego dzisiaj jako równanie GKS-L, które weszło do kanonu fizyki teoretycznej. Pierwsze rezultaty dotyczące struktury tego równania prof. Andrzej Kossakowski opisał w swoich artykułach opublikowanych w 1972 r. Koncepcje te zostały następnie rozwinięte w publikacjach, które ukazały się niemal równocześnie w roku 1976: pierwsza – autorstwa Vittoria Goriniego, Andrzeja Kossakowskiego i George'a Sudarshana, ukazała się w „Journal of Mathematical Physics”, zaś druga – Görana Lindblada – w „Communications in Mathematical Physics”. Równanie GKS-L umożliwia modelowanie procesów, które odgrywają istotną rolę w kwantowej komunikacji, kryptografii i kwantowym przetwarzaniu danych, takich jak dekoherencja i dyssypacja. Rozwijana przez prof. Kossakowskiego w latach 70. XX wieku teoria układów otwartych stanowi podstawę intensywnie rozwijającej się obecnie dziedziny naukowej – kwantowej teorii informacji.

Prof. Andrzej Wiśniewski z Wydziału Psychologii i Kognitywistyki Uniwersytetu im. A. Mickiewicza w Poznaniu otrzymał nagrodę w obszarze nauk humanistycznych i społecznych za *opracowanie koncepcji inferencyjnej logiki pytań*. Rozwiązania zaproponowane przez prof. Wiśniewskiego mogą znaleźć zastosowanie m.in. w uczeniu maszynowym, rozwijaniu sztucznej inteligencji, ulepszaniu internetowych wyszukiwarek czy skutecznej analizie baz danych.

Andrzej Wiśniewski urodził się w 1958 r. w Poznaniu. W 1981 r. ukończył studia filozoficzne na tamtejszym Uniwersytecie im. Adama Mickiewicza. Po ukończeniu studiów związał się z Instytutem Filozofii UAM, gdzie w 1986 r. uzyskał stopień doktora. Dysertacja „Stawianie pytań: logika i racjonalność” zapewniła mu z kolei w 1991 r. stopień doktora habilitowanego, zaś w roku 1999 otrzymał tytuł profesora. W 1995 r. rozpoczął pracę w Wyższej Szkole Pedagogicznej im. Tadeusza Kotarbińskiego w Zielonej Górze, rok później został dyrektorem Instytutu Filozofii tej placówki. W 1999 r. wybrano go rektorem wspomnianej uczelni. Był nim do 2001 r., kiedy to WSP połączyła się z Politechniką Zielonogorską, tworząc Uniwersytet Zielonogórski. W Instytucie Filozofii Uniwersytetu Zielonogórskiego uczony pracował do 2005 r., skąd przeniósł się do Zakładu Logiki i Kognitywistyki UAM, którym kierował do 2007 r. Do dziś tam pracuje. Prof. Wiśniewski prowadził również badania w wielu ośrodkach zagranicznych, m.in.: Uniwersytecie Kalifornijskim, brukselskim ośrodku The Royal Flemish Academy of Belgium for Science and the Arts, w Netherlands Institute for Advanced Study in the Humanities and Social Sciences w Wassenaar czy Uniwersytecie w Cambridge. Naukowiec, uznawany za ojca polskiej szkoły logiki pytań, w ostatnich trzech dekadach wniósł znaczący wkład w teorię pytań, proponując i rozwijając tzw. inferencyjną logikę erotetyczną. Erotetyka (od greckiego erotema = pytanie) jest dziś jednym z działów logiki, który zajmuje się pytaniami jako odrębnym rodzajem zdań. Logikę formalną w badaniach nad pytaniami zaczęto stosować pod koniec lat 50. XX wieku. Pierwsze logiczne teorie pytań opracowywali różni autorzy, m.in. polski logik Tadeusz Kubiński, jednak teorie te znacznie się między sobą różniły. W kolejnych dekadach pojawiały się nowe teorie, ale brakowało zgody, zarówno co do ogólnych założeń, jak i w kwestiach szczegółowych. Dokonania prof. Wiśniewskiego są uznawane za udaną próbę wprowadzenia nowego paradygmatu w logicznej teorii pytań.

Istotnym elementem procesu badawczego jest przechodzenie od pytań głównych do pytań pomocniczych oraz od pytań pomocniczych – po uzyskaniu na nie odpowiedzi – do kolejnych pytań tego rodzaju. Logika pytań zaproponowana przez prof. Wiśniewskiego dostarcza tzw. erotetycznych scenariuszy poszukiwań, charakteryzujących rozkład pytania głównego na pytania pomocnicze oraz wskazujących, jakie kolejne pytania pomocnicze należy stawiać wobec uzyskania takich, a nie innych odpowiedzi na wcześniejsze pytania pomocnicze. Scenariusze erotetyczne nie są zestawami reguł heurystycznych, lecz obiektami formalnymi mającymi postać drzew, w których węzły będące pytaniami pozostają w relacji semantycznej leżącej u podstaw logicznie poprawnego wnioskowania prowadzącego od pytania do pytania. Choć badania dotyczące logiki

pytań z pozoru są rozważaniami czysto teoretycznymi, to mogą mieć przełożenie na praktykę i nowe technologie. Teorie opracowane przez prof. Wiśniewskiego stosują już kolejni badacze np. do analizowania słynnego

Testu Turinga, w teorii dowodu, czy też w modelowaniu logicznej struktury dialogów i argumentacji.

Wojciech Głuszewski,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa



CHIŃSKI PROJEKT OGRZEWANIA JĄDROWEGO WYSTARTOWAŁ

Realizacja pierwszego komercyjnego projektu ciepłowniczego/ogrzewania jądrowego w Chinach rozpoczęła się w elektrowni jądrowej Haiyang w prowincji Shandong. Dwa bloki AP1000 tej elektrowni początkowo zapewnią ogrzewanie do 700 000 m² mieszkań.

Shandong Nuclear Power Company (SDNPC) – spółka zależna od State Power Investment Corporation (SPIC) – właściciel elektrowni Haiyang – ogłosiła 15 listopada br., że po kilku dniach próbnej eksploatacji demonstracyjny system ogrzewania został oficjalnie uruchomiony.

System pobiera nieradioaktywną parę z obwodu wtórnego dwóch bloków Haiyang AP1000, która jest następnie kierowana do wielostopniowego wymiennika ciepła. Ciepło jest następnie dostarczane do zewnętrznej stacji wymiany ciepła należącej do lokalnej firmy ciepłej Fengyuan Thermal Power, skąd podgrzana woda przepływa przez miejskie rury grzewcze do odbiorców.

System początkowo – tej zimy – ogrzeje 700 000 m² mieszkań, w tym pomieszczenia SDNPC i niektórych mieszkańców Haiyang.

Oczekuje się, że zastosowanie ogrzewania energią jądrową pozwoli uniknąć zużycia 23 200 ton węgla rocznie, zmniejszając emisję sadzy o 222 tony, dwutlenku siarki o 382 tony, tlenu azotu o 362 tony i dwutlenku węgla o 60 000 ton.

Oczekuje się, że do roku 2021 projekt ogrzewania z wykorzystaniem energii jądrowej zapewni ogrzewanie całemu miastu Haiyang.

Według SDNPC, z niewielkimi modyfikacjami, bloki 1 i 2 Haiyang mogą mieć zdolność do ogrzania do 30 mln m² powierzchni.

Dzięki ukończeniu i uruchomieniu kolejnych bloków/jednostek w Haiyang, elektrociepłownia mogłaby ostatecznie zapewnić ogrzewanie ponad 200 mln m² mieszkań w promieniu 100 km, unikając zużycia około 6,62 mln ton węgla. W Haiyang planowana jest budowa sześciu bloków AP1000.

Spółka SDNPC oświadczyła, że wykorzystanie ogrzewania energią jądrową nie podnosi ceny, którą płać konsumenci, a interesy firm ciepłowniczych nie są naruszone. Korzyści ekologiczne i środowiskowe są ponadto „ogromne”, poprawia się wydajność elektrowni jądrowych i stymulowane są nowe gałęzie przemysłu.

Rząd chiński w 2017 r. uznał ogrzewanie jądrowe czystą energią za priorytet. Krajowa administracja energetyczna opracowała pięcioletni plan obejmujący lata 2017-2021, podkreślający znaczenie czystej technologii grzewczej.

Rosja, kilka krajów wschodnioeuropejskich, Szwajcaria i Szwecja wykorzystywały systemy ciepłownicze zasilane energią jądrową, a ciepło z elektrowni jądrowych przesyłano również do zakładów przemysłowych.

Blok 1 elektrowni Haiyang rozpoczął działalność komercyjną w październiku 2018 r., a blok 2 w styczniu tego roku. Razem jednostki 1 i 2 Haiyang dostarczą do sieci około 20 TWh energii elektrycznej rocznie, co wystarcza na zaspokojenie jednej trzeciej zapotrzebowania gospodarstw domowych w prowincji Shandong.

W ubiegłym miesiącu SDNPC podpisała umowę na projekt demonstracyjny odsalania na dużą skalę w Haiyang w celu zapewnienia wody mieszkańcom i przemysłowi w okolicy.

Na podstawie informacji podanej przez WNN w dniu 18 listopada br. pod tytułem „Chinese nuclear heating project starts up” przygotował Stanisław Latek, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

ENERGETYKA JĄDROWA W DRUGIEJ WERSJI PROJEKTU POLITYKI ENERGETYCZNEJ POLSKI DO 2040 ROKU

Ministerstwo Energi w ostatnim dniu swego istnienia, 8 listopada 2019 r., przekazało do konsultacji spo-

łecznych drugą wersję „Polityki energetycznej Polski do 2040 roku”. Trzeba przypomnieć, że pierwsza wersja przekazana została w listopadzie 2018 r., a konsultacje trwały do 15 stycznia br. W kwartalniku PTJ¹ opublikowane zostały uwagi do tego projektu i warto je porównać z wprowadzonymi zmianami.

¹ Energetyka jądrowa w projekcie polityki energetycznej Polski do 2040 roku, PTJ nr 4/2018, s.47-49

Zagadnienia energetyki jądrowej znalazły się głównie w KIERUNKU NR 5, który w obu wersjach liczy tylko 3 strony (38-40 i 49-51), co zatem się zmieniło.

Uzasadnienie energetyki jądrowej pozostało bez zmian. Zostanie wprowadzona ze względu na „pożądany efekt środowiskowy oraz stabilność wytwarzania energii elektrycznej”, ale nie napisano już o „braku obciążenia kosztami polityki klimatyczno-środowiskowej”. Termin uruchomienia w 2033 r. „pierwszego bloku pierwszej elektrowni jądrowej (o mocy ok. 1-1,5 GW)” pozostał bez zmian. Poprzednio pisano, że „W latach 2033-2039 r. zbudowane zostaną 4 bloki jądrowe o całkowitej mocy około 4-6 GW, dwa kolejne w latach 2041 i 2043” a obecnie „Kolejne 5 bloków o łącznej mocy 5-7,5 GW będzie uruchamianych co 2-3 lata.” Nie są to plany imponujące i bardzo odległe w czasie jeśli brać pod uwagę unijne wymagania ochrony środowiska i wyznaczenie terminu odchodzenia od spalania węgla w energetyce. W tym okresie, tj. do 2033 r. przewiduje się intensywny rozwój morskiej energetyki wiatrowej i źródeł fotowoltaicznych oraz budowę elektrowni na gaz ziemny na wypadek przerw w dostawach energii z OZE.

Pozostało stwierdzenie, że „Terminy te [uruchomienia bloków elektrowni jądrowej] wynikają z bilansu mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym”, ale w dokumencie w dalszym ciągu „brakuje analizy ekonomicznej kosztów utrzymania w ruchu bieżących jednostek wytwórczych i budowy bloków jądrowych”. W uwagach do pierwszej wersji PEP2040 napisano, że jeżeli „istnieje bezwzględna potrzeba uruchomienia ze względu na bilans mocy pierwszego bloku jądrowego w 2033 r. zatem trzeba planować przystąpienie do uruchomienia tego bloku minimum rok wcześniej, czyli już w 2032 r. biorąc pod uwagę znajomość powszechnie występujących opóźnień w uruchomieniu pierwszego w kraju energetycznego reaktora jądrowego.” Autorzy nowej wersji Polityki nie uwzględnili tej uwagi, a teraz napisałbym, patrząc na opóźnienie uruchomienia pierwszego bloku w Zjednoczonych Emiratach Arabskich, że istnieje potrzeba przystąpienia do uruchamiania nawet dwa lata wcześniej, czyli w 2031 r. Nie jest to wymaganie zbyt wygórowane, gdyż obecnie budowa bloku trwa około 5-6 lat.

W dokumencie obejmującym perspektywę 20 lat stwierdzono „W dalszej perspektywie może pojawić się możliwość wykorzystania małych reaktorów jądrowych w ciepłownictwie i przemyśle (ciepło technologiczne). Będzie to wymagało uzyskania doświadczeń eksploatacyjnych z instalacji prototypowych, które zostaną uruchomione w innych krajach i które potwierdzą bezawaryjność i efektywność tego typu reaktorów”, ale to nie jest wystarczające i zamykające możliwości badawcze Polski nad nowymi konstrukcjami oraz sprzeczne z wizją przedstawioną w raporcie dotyczącym reaktora wysokotemperaturowego². Małe reaktory wielokrotnie

wymieniane są w licznych doniesieniach medialnych i dokumentach (np. raport przygotowany przez MAEA zawiera nawet ponad 50 różnych ich koncepcji³) zatem należy dokładnie rozważyć ich perspektywę w naszych, polskich warunkach.

Zacznijmy od tego, że powstał, poprzednio wymieniony, dokument o wysokotemperaturowych reaktorach chłodzonych gazem, Polska włączyła się w ich badania na poziomie UE, ale tempo tych prac wydaje się niezadowolające jeśli w tym dokumencie napisano „chcemy być liderem w ich budowie na skalę światową”. Należy wyraźnie stwierdzić, że koncepcja tych reaktorów wymaga weryfikacji, jak będą się sprawować w masowym zastosowaniu. Obecnie istnieją dwa reaktory badawcze tego typu, ale borykają się one z ogromnymi trudnościami. Reaktor HTTR w Japonii nie został uruchomiony od 2011 r. po awarii w EJ Fukushima, natomiast o pracy reaktora HTR-10 w Chinach jest bardzo mało aktualnych wiadomości. Również w Chinach budowane są dwa bliźniacze, prototypowe reaktory o mocy 260 MWt pracujące na jedną turbinę o mocy 210 MWe, ale termin ich uruchomienia przesunięty jest na 2020 rok. Zatem jest to technologia do wykorzystania przemysłowego, w drugim dziesięcioleciu obowiązywania tego dokumentu (lata 2030-2040). Wymagane jest tu uzyskanie wiarygodnych doświadczeń eksploatacyjnych, by można było uruchomić ten reaktor w przemyśle jako niezawodne źródło ciepła lub w celach ciepłowniczych. Jeśli znajdą się pieniądze na te badania można je rozpocząć, a rząd musi zatwierdzić i ustalić odpowiednie ramy współpracy międzynarodowej (w ostatnim czasie rozwija się na tym polu współpraca z Japonią, patrz wywiad w tym numerze PTJ), przeznaczyć konkretne środki finansowe oraz przyjąć harmonogram prac.

Drugim kierunkiem działania w naszych warunkach mogą być małe zintegrowane reaktory, ale ograniczone do reaktorów wodno-ciśnieniowych, jako tych najlepiej opanowanych technologicznie. Konstrukcja ich polega na zmniejszeniu mocy (i wymiarów) dużych bloków PWR i zastosowaniu zintegrowanego obiegu pierwotnego, czyli umieszczenia w jednym zbiorniku rdzenia reaktora wraz z wytwornicami pary, co przyczyni się istotnie do zwiększenia bezpieczeństwa ich eksploatacji. Korzyści z tej zmiany są wielorakie i powinny być przedmiotem zainteresowania specjalistów od energetyki jądrowej w Polsce. Niestety tak nie jest i Departament Energii Jądrowej (teraz już w Ministerstwie Aktywów Państwowych) usilnie obstaje przy budowie reaktorów dużej mocy. Artykuł ten będący oceną Polityki energetycznej w zakresie energetyki jądrowej nie jest miejscem argumentacji za rzetelnym rozważeniem koncepcji tych reaktorów, szczególnie w świetle działań podejmowanych w kilku państwach oraz ostatnio odbytego forum USA-UE właśnie na ten temat (Bruksela, 17 października br.).

Omawiając pierwszą wersję dokumentu PEP2040

² Raport Zespołu ds. analizy i przygotowania warunków do wdrożenia wysokotemperaturowych reaktorów jądrowych, <http://www.me.gov.pl/node/28011raportME>

³ Advances in Small Modular Reactor Technology Development, Raport MAEA, https://aris.iaea.org/Publications/SMR-Book_2018.pdf

wskazano dziewięć istotnych zastrzeżeniach, ale niestety autorzy tego dokumentu uwzględnili tylko wybrane z nich, a komentarze do nich podane są poniżej (zachowując numerację z poprzedniego artykułu):

1) usunięto informację, że wstrzymanie budowy EJ Żarnowiec i EJ Warta nastąpiło w skutek awarii w EJ Czarnobyl, a nie na skutek „przewidywanego braku zapotrzebowania na energię elektryczną i obawy że elektrownia nie będzie zaakceptowana przez urzędy dozoru jądrowego w krajach Europy Zachodniej”.

2) pozostała stale powtarzana informacja, że „niewielkie gabaryty (chyba niewielka objętość) umożliwiają utrzymanie wieloletniego zapasu [paliwa jądrowego] co zapewnia także stałość kosztów”, ale ostatnio słyszymy o badaniach nad udoskonalonym, bardziej bezpiecznym paliwem i jeśli ono takie się okaże, to magazynowanie paliwa na wiele lat stałoby się wątpliwe ekonomicznie.

3) jako jeden z argumentów za energetyką jądrową stale wymienia się żywotność bloków jądrowych, pisząc w tej wersji dokumentu, że „przekracza 60 lat (z możliwością przedłużenia do 80 lat), czyli o co najmniej 20 lat więcej, niż w przypadku bloków węglowych, czy gazowych”, ale są to tylko teoretyczne oszacowania dla bloków III generacji, a w praktyce od uruchomienia pierwszych dwóch bloków tej generacji typu ABWR w Japonii minęło ponad 20 lat i nie pracują one od 2011 r., a bloki typu PWR pracują dopiero drugi rok w Chinach, więc są to tylko przewidywania nieoparte żadnym doświadczeniem.

4) powtórzono informację, że „Po awarii w Fukushima niektóre państwa Europy Zachodniej zdecydowały się na stopniową rezygnację lub redukcję wykorzystania energetyki jądrowej, jednakże coraz częściej deklaracje te podlegają weryfikacji”, ale dokument ten powinien wymieniać o jakie państwa chodzi w przypadku weryfikacji decyzji o rezygnacji z energetyki, podobnie jak dalej wymieniono dwa państwa „uruchamiające programy energetyki jądrowej”, czyli Zjednoczone Emiraty Arabskie i Arabię Saudyjską zapominając o Białorusi, Turcji i Egipcie.

5) poprawiono sformułowanie, że rzeczywiście chodzi o „wybór technologii i generalnego wykonawcy projektu”, a nie „wymaganie opracowania ... technologii i generalnego wykonawcy”.

6) pozostał zapis, „dla oszacowania potrzeb kadrowych kluczowy będzie wybór technologii”, wydaje się, że nie ma większej różnicy w zapotrzebowaniach na kadry między reaktorem typu PWR i BWR.

7) skorygowano termin opracowania modelu finansowo-biznesowego programu jądrowego na 2020 rok i oczekujemy, że zostanie zrealizowany.

8) prawdą jest, że Polska aktualnie „nie posiada przemysłowych ilości uranu ze złóż konwencjonalnych”, ale te złoża zostały wyczerpane w latach czterdziestych i pięćdziesiątych ubiegłego wieku, natomiast istnieje „potencjał złóż niekonwencjonalnych (np. w popiołach, odpadach po wydobywczym miedzi)” i przypuszczalnie możliwe będzie ich wykorzystanie.

9) słusznie napisano, że „ważnym zadaniem jest uruchomienie potencjału naukowo-badawczego, tak aby zapewnić narzędzia wsparcia technicznego dla organów dozorowych (Prezes Państwowej Agencji Atomistyki, Prezes Urzędu Dozoru Technicznego)”, ale wsparcia technicznego potrzebuje również inwestor w trakcie budowy i przyszły operator i o to należy zadbać w Programie Polskiej Energetyki Jądrowej.

Celem przedstawionych wyżej uwag jest wsparcie projektu „Polityki Energetycznej Polski do 2040 roku” w zakresie zrozumienia roli energetyki jądrowej dla zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego kraju związanego z dostawami energii elektrycznej. Chodzi również o zwrócenie uwagi, że w chwili obecnej oprócz reaktorów dużej mocy nabierają znaczenia małe reaktory jądrowe, przeznaczone do produkcji energii elektrycznej i ciepła technologicznego, a które zostały zbyt marginalnie przedstawione w perspektywie 20 lat.

Na zakończenie można tylko wyrazić nadzieję, że autorzy, jeśli nie zechcą uwzględnić tych uwag w końcowym dokumencie, to w liście do reakcji PTJ przekażą swoje uzasadnienie i ostateczna już wersja dokumentu „Polityka Energetyczna Polski do 2040 roku” będzie szybko przyjęta przez rząd i opublikowana, a wskazane agendy rządowe energicznie przystąpią do jej realizacji.

Andrzej Mikulski,
Polskie Towarzystwo Nukleoniczne,
Warszawa

STAŃ ZA ATOMEM

STAŃ ZA ATOMEM (STAND UP FOR NUCLEAR) to nowy, ogólnopolski ruch obywatelski popierający rozwój energetyki jądrowej na świecie, który powstał w 2016 r. od jednoczesnych wystąpień w czterech miastach, a mianowicie w San Francisco, Chicago, Monachium i Brukseli. W pierwszym zdaniu swojej ulotki informacyjnej Ruch ten zapewnia, że „tylko energia jądrowa pozwoli uniknąć nam ubóstwa, jakiego doznalibyśmy, walcząc bez niej o zachowanie środowiska naturalnego”. Ruch ten w ogłoszeniu opublikowanym w Internecie w dniu 5 października 2019 r.

zapowiedział zorganizowanie kolejnej manifestacji w dniu 20 października br. już w 32 miastach na świecie, a wśród nich w Europie, a są to takie miasta jak: Amsterdam, Berlin, Bruksela, Dublin, Helsinki, Kopenhaga, Londyn, Madryt, Mediolan, Paryż, Sztokholm, Triest, Trydent i Zurych, a także na innych kontynentach w Ameryce Północnej: Berkeley, Charlotte, Los Angeles, Nanaimo, Nowy Jork, San Luis Obispo, Seattle, Stamford, Toronto i Waszyngton, w Ameryce Południowej: Bariloche i Buenos Aires, w Azji: Manila, Mumbai (Bombaj), Seoul i Tajpej, w Afryce: Johannesburg, a nawet w odległej Australii w Melbourne i po raz pierwszy w Warszawie.

W Polsce organizacją zajął się Obywatelski Ruch na rzecz Energetyki Jądrowej (ORnREJ) przygotowując stoisko edukacyjne pod pomnikiem Mikołaja Kopernika na Krakowskim Przedmieściu w Warszawie, gdzie jego członkowie i sympatycy dyżurowali w godz. od 12 do 16. Akcja ta została zgłoszona kilka dni wcześniej i umieszczona na stronie internetowej „Stand Up For Nuclear”.

Na stoisku, w obecności p. Jerzego Lipki, przewodniczącego ORnREJ prezentowano plansze, rozdawano ulotkę specjalnie przygotowaną na tą manifestację, rozmawiano z licznymi przechodniami (była wyśmienita pogoda). W materiałach edukacyjnych objaśnione są takie zagadnienia jak bezpieczeństwo elektrowni jądrowej i jej zerowa emisyjność wszelkich szkodliwych substancji, sprawa zabezpieczenia odpadów i wypalonego paliwa itp. Prowadzono rozmowy z przechodniami i nie spotkano się ze sprzeciwem wobec planów budowy elektrowni jądrowej. Zbierano również podpisy pod petycją „Jestem za atomem” do decydentów o wykazanie woli politycznej budowy pierwszej elektrowni jądrowej w Polsce. Przypominano też o oszacowaniu, że każdy rok zwłoki z uruchomieniem elektrowni przynosi Polsce stratę rzędu 2 mld zł, a ostatnio NIK dodał do tej sumy dalsze 1,5 mld zł wynikające z kosztów zakupu prawa do emisji dwutlenku węgla z elektrowni konwencjonalnych.



Fot. 1. Jerzy Lipka, prezes Stowarzyszenia na Rzecz Energetyki Jądrowej, zaprasza przez megafon przechodniów do rozmowy przy stoisku oraz rozmawia z przechodniami zainteresowanymi energetyką jądrową na Krakowskim Przedmieściu w Warszawie (fot. Stanisław Latek)



Fot. 2. Jerzy Lipka, rozmawia z przechodniami (fot. Stanisław Latek)

Warto może przytoczyć dwa fragmenty z ulotki przygotowanej przez dr Andrzeja Mikulskiego:

Stanowisko Ministerstwa Energii w sprawie energetyki jądrowej

Konieczność transformacji naszej energetyki wymaga podjęcia decyzji. Czy zbudujemy teraz stabilne źródło energii [elektrownię jądrową] dla czterech pokoleń, czy też nasze dzieci, a później także wnuki będą musiały co pokolenie odtwarzać wielkim kosztem moc wytwórczą w sektorze elektroenergetyki?

W sektorze jądrowym coraz częściej obserwujemy model, w którym państwa – eksporterzy technologii – przedstawiają także ofertę dostarczenia względnie taniego kapitału. (...). Wolą polskiego rządu jest, aby kraj dostawcy technologii jądrowej zapewnił również częściowe finansowanie, mniej więcej w proporcjach 50 na 50 z przewagą kapitału polskiego.

Obecnie na świecie buduje się najwięcej elektrowni jądrowych od 25 lat, a zdolności wytwórcze w tym sektorze, po raz pierwszy w historii, przekroczyły 400 GWe.

Alternatywą dla programu energetyki jądrowej w Polsce – opartego na dużych elektrowniach – nie są małe reaktory modułowe (SMR). Główne powody to znaczny (i niepewny) czas oczekiwania na tę technologię (podczas gdy rozwiązania potrzebujemy już teraz, jako państwo i globalnie), a także mniejsza wartość dodana w gospodarce, większe koszty, gorsze parametry techniczne i trudniejsza praca w polskim systemie elektroenergetycznym.

(artykuł: T. Nowacki, Wszystko co Najważniejsze, 02-10-2019)

oraz

Energetyka jądrowa w programach wyborczych

Redakcja portalu BiznesAlert.pl przygotowała zestawienie stanowisk partii politycznych na temat energetyki jądrowej przed wyborami do Sejmu i Senatu w dniu 13 października 2019 r.

PiS nie rezygnuje z planów budowy elektrowni jądrowych, ale dalej nie przedstawiło recepty na sukces. Model finansowania pozostaje nadal niewiadomą, a program partii rządzącej nie daje odpowiedzi w tej sprawie.

KO proponuje nowe podejście do energetyki, a w tym wyeliminowanie węgla do 2040 r. w energetyce sprawienie, że do 2030 r. co najmniej 1/3 energii pochodzić zacznie ze źródeł odnawialnych, czyli powstanie w Polsce 10 GW energetyki słonecznej, 10 GW energetyki morskiej i 10 GW z elektrowni wiatrowych zlokalizowanych na lądzie (3×10 dla OZE).

PSL chce przyspieszyć udział OZE w miksie energetycznym do 2030 r. do poziomu 50%, głównie poprzez morskie farmy wiatrowe. Przypomina, że te inwestycje także będą kosztować poprzez budowę tzw. źródeł bilansujących, jak bloki gazowo-parowe.

Partie **Lewicy** (SLD, Razem i Wiosna) dzieli stosunek do energetyki jądrowej. Popiera ją Razem, przeciwko opowiada się Wiosna występując za szybką transformacją ku OZE, a historycznie SLD była za obroną sektora węglowego przed zmianami, zatem trudno to przełożyć na faktyczny program dla energetyki.

Konfederacja przyjmuje ideowy punkt wyjścia, że globalne ocieplenie jest kłamstwem i konspiracją, a w programie wyborczym przestrzega przed „zabobonnym lękiem wobec energii jądrowej” oraz wspiera „korzystanie z nowszych, bardziej efektywnych i czystszych technologii w energetyce”, czyli zdecydowanie postawić na rozwój elektrowni jądrowych. (<https://biznesalert.pl/programy-partii-energetyka-wybory-2019/>)



Fot. 3. Jeden z uczestników manifestacji wrześniowej p. Jacek Burski (fot. Piotr Czerski)



Fot. 4. Marsz za energię jądrową. Od prawej: członek Polskiego Towarzystwa Nukleonicznego Andrzej Mikulski i red. nac. Postępów Techniki Jądrowej Stanisław Latek (fot. Piotr Czerski)



Fot. 5. Uczestnicy przed rozpoczęciem manifestacji (fot. Piotr Czerski)

Redaktor Naczelny kwartalnika Postępy Techniki Jądrowej dr Stanisław Latek rozdawał ostatni numer (3/2019), a w nim warto zwrócić uwagę na dwa artykuły:

- „Jak to z «Żarnowcem» było – refleksja w 30 lat po wstrzymaniu budowy, Część II: Jak powstawała decyzja rządowa i jej konsekwencje” przygotowany przez Władysława Kielbasę,
- „Dziesięciolecie drugiego podejścia do energetyki jądrowej w Polsce” napisany przez Andrzeja Mikulskiego.

Manifestacja nawiązywała do zorganizowanego w Warszawie we wrześniu br. przez ORnREJ marszu za energię jądrową na trasie od Pomnika Mikołaja Kopernika na Krakowskim Przedmieściu do Urzędu Rady Ministrów i złożenia petycji do Premiera Mateusza Morawieckiego.

Jacek Burski,
Polskie Towarzystwo Nukleoniczne,
Warszawa

GALA XIX EDYCJI PROGRAMU L'ORÉAL-UNESCO POLSKA DLA KOBIET I NAUKI

10 października br. ogłoszono nazwiska **sześciu** utalentowanych stypendystek programu L'Oréal-UNESCO For Women in Science. Uroczystość zgromadziła wybitne osobistości ze świata nauki, polityki i biznesu.



Fot. 1. Ogłoszenie wyników 19. edycji konkursu Dla Kobiet i Nauki (fot. Magda M. Trebert)

Tegoroczne stypendystki polskiej edycji konkursu dołączyły do grona blisko **3100** badaczek z całego świata wyróżnionych w programie For Women in Science. Jest on prowadzony już od 21 lat, a jego celem jest zapewnienie kobietom miejsca w nauce, które cały czas jest zdominowane przez mężczyzn.

Jak podkreślał podczas swojego przemówienia **Niels Westerby Juhl, Prezes Zarządu L'Oréal Polska i Kraje Bałtyckie** – *Zdajemy sobie jednak sprawę, że wciąż dużo pracy przed nami, bo nadal kobiety stanowią 29% wszystkich naukowców na świecie, a tylko 11% piastuje najwyższe stanowiska na uczelniach wyższych. Zaledwie 3% kobiet*

zostało wyróżnionych Nagrodą Nobla w dziedzinie nauk ścisłych. Ostatnie analizy wykazały, że jakość badań cierpi z powodu nieobecności kobiet.

Program *For Women in Science* powstał we Francji w 1998 r. dzięki powołaniu partnerstwa między Fundacją L'Oréal a Organizacją Narodów Zjednoczonych do spraw Oświaty, Nauki i Kultury (UNESCO). Celem programu jest wspieranie pracy naukowej kobiet i zachęcanie ich do kontynuacji badań, a dzięki temu zwiększanie ich reprezentacji i przyczynianie się do pełnego rozwoju nauki. Program, poza stypendiami, oferuje badaczkom możliwość promowania swoich osiągnięć naukowych. Do 2019 r. wyróżnionych zostało blisko 3100 kobiet ze 117 krajów. Tworzą one unikalną społeczność stypendystek, niejednokrotnie nawiązujących interdyscyplinarną współpracę naukową w dziedzinach takich jak: medycyna, biologia, chemia, fizyka, matematyka, informatyka, biotechnologia i wiele innych. Laureatki z całego świata korzystają z mentoringu, a międzynarodowa sieć kontaktów, jaką tworzą, wspomaga zarówno ich rozwój indywidualny, jak i rozwój nauki.



Fot. 2. Nagrodzone badaczki w towarzystwie organizatorów i członków jury (fot. Magda M. Trebert)

Z organizatorami programu współpracują instytucje naukowe oraz narodowe komitety do spraw UNESCO z całego świata.

Na strukturę nagród przyznawanych w programie składają się:

- lokalne programy stypendialne wyróżniające i nagradzające badaczki na szczeblu narodowym lub regionalnym (wśród nich polski program stypendialny L'Oréal-UNESCO *dla Kobiet i Nauki*);
- nagroda *International Rising Talents* – wyróżnienie przyznawane od 2014 r., do którego nominowane są stypendystki krajowych edycji. Do tej pory nagrodę *International Rising Talents* otrzymały trzy Polki: dr hab. Bernadeta Szewczyk (2016), dr hab. Joanna Sułkowska (2017) oraz dr Agnieszka Gajewicz (2018);
- nagroda globalna L'Oréal-UNESCO *For Women in Science Award* co roku przyznawana: 5 kobietom z poszczególnych kontynentów. Do tej pory przyznano ją 107 laureatkom, 3 spośród nich zostały w późniejszym czasie wyróżnione Nagrodą Nobla;

Polska była pierwszym krajem, w którym zorganizowano lokalną edycję tej globalnej inicjatywy. Partnerami zainicjowanego w 2001 r. programu L'Oréal *Dla Kobiet i Nauki* są Polski Komitet do spraw UNESCO (od początku trwania inicjatywy), Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (od 2013 r.) oraz Polska Akademia Nauk (od 2016 r.).

Decyzję o przyznaniu stypendiów podejmuje corocznie niezależne Jury pod przewodnictwem prof. Ewy Łojkowskiej złożone z 15 wybitnych naukowców. Każdy z jurorów reprezentuje różne dziedziny nauki oraz różne ośrodki naukowe z całej Polski.

Przez 19 edycji programu w Polsce wyróżniono łącznie 99 polskich kobiet naukowców. Roczne stypendia przyznawane są w trzech kategoriach: habilitacyjnej (35 000 zł), doktoranckiej (30 000 zł) oraz magistranckiej (20 000 zł), odpowiednio na ostatnich etapach przygotowywania rozprawy habilitacyjnej, doktorskiej lub pracy magisterskiej. Stypendia stanowią nagrodę za dotychczasowy wkład badaczek w rozwój nauki oraz pasję i zaangażowanie w wykonywaną pracę. Nagradzane kobiety reprezentują różne dyscypliny naukowe, łączy je natomiast wysoki poziom prowadzonych badań i powstających w ich wyniku prac naukowych. Ich projekty mają również ogromny potencjał rozwojowy i stwarzają możliwość praktycznego zastosowania uzyskanych wyników.

Wszystkie stypendystki programu L'Oréal Polska *Dla Kobiet i Nauki*, prowadzą innowacyjne projekty badawcze w zakresie m.in. zwalczania niebezpiecznych infekcji wirusowych i zakażeń pasożytniczych u ludzi, poszukiwania innowacyjnych metod leczenia nieuleczalnych chorób neurodegeneracyjnych i opracowywania nowych terapii nowotworu nerki.

Po raz pierwszy przyznano także stypendium z zakresu fizyki i astronomii. Jak już wspomniano, nazwiska badaczek zostały ogłoszone 10 października br. podczas uroczystej Gali w Warszawie.



Fot. 3. Stypendystki Programu DLA KOBIECI I NAUKI (fot. Stanisław Latek)

W ramach 19. edycji programu trzy stypendia habilitacyjne, każde o wartości 35 tys. zł, zdobyły:

- **dr Ewelina Król**, Międzyuczelniany Wydział Biotechnologii Uniwersytetu Gdańskiego i Gdańskiego Uniwersytetu Medycznego w Gdańsku. Tytuł projektu: *Opracowanie innowacyjnych strategii zwalczania infekcji wirusowych u ludzi ze szczególnym uwzględnieniem wirusa zapalenia wątroby typu C, wirusa kleszczowego zapalenia mózgu i wirusa Zika poprzez zastosowanie chemicznie zsyntetyzowanych środków terapeutycznych oraz szczepionek nowej generacji*;
- **dr Ulrike Topf**, Instytut Biochemii i Biofizyki, Polska Akademia Nauk w Warszawie. Tytuł projektu: *Molekularne mechanizmy modulacji homeostazy białek podczas stresu komórkowego*;
- **dr Renata Welc-Falęciak**, Wydział Biologii, Uniwersytet Warszawski. Tytuł projektu: *Różnorodność genetyczna patogenów u kleszczy i ich żywicieli, w tym u ludzi o różnym statusie immunologicznym oraz ocena ryzyka infekcji w drodze transfuzji krwi*.

Dwa stypendia dla doktorantek w wysokości 30 tys. zł otrzymały:

- **mgr Paulina Marona**, Wydział Biochemii, Biofizyki i Biotechnologii, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie. Tytuł projektu: *Rola białka MCPIP1 w procesach wzrostu, unaczynienia i progresji nowotworowej jasnokomórkowego raka nerki*;
- **mgr Karolina Pierzynowska**, Wydział Biologii, Uniwersytet Gdański. Tytuł projektu: *Indukcja autofagii jako mechanizm działania genisteiny w eksperymentalnej terapii chorób neurodegeneracyjnych*;

Stypendium dla magistrantki o wartości 20 tys. zł odebrała:

- **Beata Zjawin**, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu. Tytuł projektu: *Optyczne zegary atomowe w badaniach fundamentalnej fizyki*.

Polacy w większości (61%) mają świadomość, że w zespołach badawczych brakuje różnorodności.

W najnowszym badaniu przeprowadzonym na zlecenie L'Oréal respondenci wskazywali, że liczba kobiet w zespołach badawczych zajmujących się nauką to mniej niż 40% – w rzeczywistości kobiety nadal stanowią tylko 29% wszystkich naukowców na świecie. Natomiast na pytanie o liczbę kobiet na wyższych stanowiskach w dziedzinie nauki ponad połowa społeczeństwa (58,1%) uważa, że jest ich więcej niż w rzeczywistości – wskazywali na ponad 20% kobiet, podczas gdy tylko 11% piastuje wyższe stanowiska w nauce. Taka sama opinia dominuje (61,3%), jeżeli chodzi o liczbę kobiet, które zostały nagrodzone naukowym Noblem. W rzeczywistości zaledwie 3% kobiet otrzymało Nagrodę Nobla w naukach ścisłych, a większość Polaków odpowiadała, że ponad 10% zostało docenionych tym wyróżnieniem. Z kolei 1/3 Polaków uważa, iż główną przyczyną niezajmowania przez kobiety wysokich stanowisk w strukturach naukowych jest brak wsparcia ich działań przez wła-

dze uczelni i instytucji, w których pracują. Co piąta osoba wskazała, że przyczyną może być też brak możliwości pogodzenia kariery zawodowej z życiem rodzinnym.

– Program L'Oréal-UNESCO Dla Kobiet i Nauki pomaga i wspiera kobiety naukowców na wczesnym etapie ich karier. Jest to jeden ze sposobów na rozwiązanie problemu niedostatecznej reprezentacji kobiet w nauce. Cieszę się, że kolejne 6 utalentowanych Pań dołączyło do grona 93 wybitnych badaczek nagrodzonych w polskiej edycji programu – podkreśliła w swoim wystąpieniu prof. Katarzyna Turnau, Dziekan Wydziału II Nauk Biologicznych i Rolniczych Polskiej Akademii Nauk, reprezentująca PAN na Gali.

Na podstawie materiałów przekazanych przez organizatorów Gali pań Barbary Stępień i Marty Grzegorzczak opracował Stanisław Latek, Instytut Chemii i Techniki Jądrowej, Warszawa

PROF. PIERRE JOLIOT DOKTOREM HONORIS CAUSA UMCS

Prof. Pierre Joliot otrzymał tytuł doktora honoris causa Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej. Uroczystość, która odbyła się 24 października 2019 r. w Auli Uniwersyteckiej na Wydziale Prawa i Administracji UMCS zgromadziła liczne grono osób chcących się spotkać z wnukiem Marii Skłodowskiej-Curie.



Fot. 1. Prof. Pierre Joliot, wnuk Marii Skłodowskiej-Curie w UMCS. Obok prof. Joliot p. tłumaczka (fot. Bartosz Prolli/UMCS)



Fot. 2. Rektor prof. Stanisław Michałowski i członkowie Senatu UMCS (fot. Bartosz Prolli/UMCS)

Senat uczelni postanowił nadać Profesorowi tytuł doktora honoris causa UMCS w uznaniu dla jego światowej pozycji naukowej i wybitnych osiągnięć w dziedzinie biochemii, biofizyki, biologii i bioenergetyki roślin, ale również za jego koncepcję wolności, kreatywność i pasję w prowadzeniu badań naukowych, która powinna stanowić przesłanie dla obecnych oraz przyszłych pokoleń badaczy.



Fot. 3. Prof. Pierre Joliot w towarzystwie członków Senatu UMCS (fot. Bartosz Proll/UMCS)

Doktorat prof. Pierre'a Joliot jest osiemdziesiątym piątym w historii Uniwersytetu i przypada w jubileuszu 75-lecia powstania uczelni. Dla społeczności akademickiej UMCS wizyta wnuka Marii Curie-Skłodowskiej i jego małżonki jest niezwykle ważnym wydarzeniem. W swojej laudacji podkreślał to także promotor nadania tytułu DHC zagranicznemu naukowcowi, prof. Wiesław Gruszecki – kierownik Katedry Biofizyki UMCS. Pięknie podsumował on dorobek naukowy prof. Joliot: „W świetle lektury prac autorstwa prof. Joliot, jawi się on jako przyjaciel natury oraz genialny i wnikliwy badacz jej tajemnic. Jego droga życiowa pokazuje ponadto, iż jest to wspinały, wielowymiarowy człowiek a Jego wrażliwość na problemy społeczne znacznie wykracza poza środowisko naukowe. (...) Wdzięczni mu jesteśmy za wzór człowieka i naukowca, dla którego praca badawcza jest wyzwaniem, jeśli idzie o jakość i odpowiedzialność, będąc jednocześnie źródłem równowagi życiowej i radości!”



Fot. 5. Prof. Pierre Joliot odbiera dyplom doktoratu honoris causa Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie (fot. Bartosz Proll/UMCS)

Dodajmy, że prof. Joliot jest profesorem honorowym College de France, członkiem Francuskiej Akademii Nauk i międzynarodowym autorytetem w dziedzinie fotosyntezy. Jego zainteresowania nauką wynikają też z rodzinnych tradycji dwóch pokoleń laureatów Nagrody Nobla – babci oraz rodziców: Ireny i Fryderyka Joliot-Curie. Jest autorem 157 prac naukowych.

Przed uroczystościami nadania doktoratu honoris causa UMCS odbyła się konferencja prasowa z udziałem naszych i zagranicznych gości: prof. Pierre'a i dr Anne Joliot, przedstawicieli władz rektorskich uczelni: prof. Stanisława Michałowskiego i prof. Radosława Dobrowolskiego oraz promotora doktoratu, prof. Wiesława Gruszeckiego.

*Katarzyna Skalecka,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej,
Warszawa*



JERZY LIPKA

ODKŁAMAĆ ŻARNOWIEC

Warszawska Firma Wydawnicza 2019



Fot.1. Projekt okładki Piotr Górski

Publikacja jest próbą obszernego przedstawienia przyczyn przerwania budowy pierwszej polskiej elektrowni jądrowej oraz próby przedstawienia zaangażowania autora niezgadzanego się z decyzją podjętą przez pierwszy niekomunistyczny rząd.

Publikacja zawiera bardzo dużo informacji o źródłach powstania tej decyzji. Jest to zarazem pewna próba przedstawienia historii budowy energetyki jądrowej w Polsce zaczynająca się jednakże dopiero od rozpoczęcia budowy elektrowni Żarnowiec.

W opracowaniu przedstawiono również bardzo wiele powodów konieczności rozwijania tej gałęzi energetyki. Autor w wielu miejscach polemizuje z przeciwnikami energetyki jądrowej, przytaczając szereg ich niedorzecznych argumentów wytwarzających wrażenie potężnego zagrożenia. Polemika przewijająca się we wszystkich rozdziałach książki, powoduje konieczność powtarzania niektórych danych, naruszając spójność kompozycji. Czytając, odnosi się wrażenie, że jest to zbiór niezależnych esejów, których myślą przewodnią jest wykazanie istnienia zorganizowanego, zaplanowanego, bardzo silnego lobby przeciwników budowy energetyki jądrowej kierowanego przez nieprzygotowane merytorycznie osoby wpływające na podejmowanie ważkich decyzji.

Wiele istotnych informacji podkreślających zalety energetyki jądrowej jest przyćmionych przez dominującą w tekście polemikę. Polemika bez wyjaśnienia tła politycznego i historycznego warunków tworzenia energetyki jądrowej w Polsce w odległych czasach (minęło już około 50 lat) może być przez obecne pokolenia niedoceniona i nie zrozumiała. Podobnie poruszona we wstępie sprawa wyjaśnienia istoty energetyki jądrowej – jak działa elektrownia jądrowa, wymagałaby przedstawiania graficznego. Ułatwiłoby to osobom mniej zorientowanym jeśli chodzi o zrozumienie, jakie faktyczne było zaawansowanie budowy elektrowni Żarnowiec i na czym polegała katastrofa w Czarnobylu. Jednym z przywoływanych argumentów przeciwników energetyki jądrowej było zagrożenie promieniowaniem i tu warto by coś dodać.

Bardzo ważnym i interesującym fragmentem książki są rozmowy z budowniczymi lub bezpośrednio zaangażowanymi w budowę elektrowni ekspertami m. in. z mgr inż. Władysławem Kielbasą przedstawiającym ogrom wykonanych prac i dr inż. Andrzejem Strupczewskim wyjaśniającym niektóre ważne zagadnienia techniczne i bezpośrednio zaangażowanym w obronę budowy elektrowni w Żarnowcu. Ponieważ książka stanowi przyczynek do historii budowania energetyki jądrowej w Polsce, jej uzupełnieniem mogłaby być tablica chronologiczna wraz z indeksem licznych osób wymienionych w teście. Trzeba pogratulować autorowi, że w tak trudnych obecnie czasach dla energetyki jądrowej udało mu się wydać tę książkę.

Krzysztof Rzymkowski,
Stowarzyszenie Ekologów na
Rzecz Energii Nuklearnej,
Warszawa



MEDIA DRUKOWANE O PROGRAMIE POLSKIEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ (2)

W drugim tegorocznym numerze PTJ zamieściliśmy reprodukcje stron tytułowych artykułów na temat Programu Polskiej Energetyki Jądrowej opublikowanych w pięciu różnych polskich periodykach.

W bieżącym numerze chcemy zarekomendować naszym Czytelnikom dwa kolejne artykuły.



Fot. 1. *POLITYKA* – *ATOM W DOM* – Szymon Malinowski (UW) i Tomasz Polak (UAM)

Pierwszy opublikowany w *POLITYCE* napisali profesorowie Szymon Malinowski (UW) i Tomasz Polak (UAM). Tytuł artykułu *ATOM W DOM*. W swej publikacji autorzy podkreślają znaczenie energetyki jądrowej dla ograniczenia zmian klimatu i nawiązują do spokojnej, bez złych emocji debaty na temat energetyki jądrowej w Polsce.



Fot. 2. *GAZETA POLSKA* – *MAŁE NIE ZAWSZE JEST PIĘKNE* – prof. Andrzej Chmielewski

Autorem drugiego artykułu (MAŁE NIE ZAWSZE JEST PIĘKNE) jest prof. Andrzej Chmielewski, dyrektor IChTJ. Artykuł ukazał się w piśmie GAZETA POLSKA. Jego główna teza sprowadza się do stwierdzenia, że Polska powinna budować duże reaktory typu PWR, a małe

reaktory modułowe (SMR) mogłyby być ewentualnym uzupełnieniem systemu energetycznego.

*Stanisław Latek,
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,
Warszawa*

IN MEMORIAM



WSPOMNIENIE O PROF. DR HAB. WOJCIECHU KRÓLIKOWSKIM

(16 lipca 1926 – 29 kwietnia 2019)



Fot. 1. Prof. dr hab. Wojciech Królikowski

W dniu 29 kwietnia 2019 r. zmarł prof. dr hab. Wojciech Królikowski – wybitny fizyk związany z naszym instytutem, członek rzeczywisty Polskiej Akademii Nauk.

Dla wielu, wielu roczników studentów fizyki Profesor Królikowski był autorem wraz z Wojciechem Rubinowiczem podręcznika „Mechanika teoretyczna” wydanego w 1955 r., który doczekał się aż dziewięciu wydań. Uczylem się z niego jako student, korzystałem z podręcznika, przygotowując swoje wykłady i teraz do niego zaglądam, gdy chcę sprawdzić, jak to jest np. z równaniem Hamiltona-Jacobiego. A jednak ów legendarny podręcznik to jedynie niewielka część spuścizny Profesora, epizod wczesnego okresu jego błyskotliwej kariery.

Wojciech Królikowski urodził się 16 lipca 1926 r. w Warszawie. Studiował fizykę na Uniwersytecie Warszawskim. W roku 1950 uzyskał stopień magistra, a po zaledwie dwóch latach doktora, pracując pod kierunkiem prof. Wojciecha Rubinowicza – jednego z najwybitniejszych polskich fizyków teoretyków. Habilitował się w 1957 r., a w 1965 r. otrzymał tytuł profesora. W 1969 r. został wybrany członkiem korespondentem Polskiej Akademii Nauk, członkiem rzeczywistym stał się 11 lat później. Jest laureatem przyznawanego w 1987 r. Medalu Mariana Smoluchowskiego – najwyższego odznaczenia Polskiego Towarzystwa Fizycznego.

Profesor Królikowski miał rozległe kontakty międzynarodowe, prowadził badania na słynnej Politechnice w Zurychu, w Instytucie Studiów Zaawansowanych w Princeton, w Europejskim Centrum Badań Jądrowych

(CERN) w Genewie, w Międzynarodowym Instytucie Fizyki Teoretycznej (ICTP) w Trieście. Jednak całe życie zawodowe Profesor Królikowski związał z Warszawą i z Uniwersytetem Warszawskim. W latach 1958-1970 pracował również w Instytucie Badań Jądrowych, poprzedniku Narodowego Centrum Badań Jądrowych, kierując Zakładem Teorii Jądra Atomowego i Cząstek Elementarnych.

Profesor Królikowski zainicjował w Warszawie badania najmniejszych struktur materii, był „ojcem” warszawskiej fizyki teoretycznej cząstek i oddziaływań elementarnych. Jego dorobek naukowy obejmuje ponad 200 publikacji, pośród których jest kilka prawdziwie pionierskich. Sformułował, wkrótce potwierdzoną, hipotezę neutrina mionowego, wprowadził kolor jako nową liczbę kwantową charakteryzującą kwarki, rozważał leptony i kwarki jako stany związane bardziej elementarnych obiektów.

Nigdy nie zabiegał o promocję swoich wyników, więc wiele z nich nie zostało dostrzeżonych i właściwie docenionych. Nawet z okazji odnowienia doktoratu okolicznościowy wykład poświęcił nie własnej drodze, historii swoich sukcesów i porażek, lecz dokonaniom fizyki cząstek w ciągu półwiecza, które upłynęło od obrony doktoratu. Pracował wytrwale, najczęściej sam, pozostał aktywny naukowo do późnych lat. Publikacja ostatniej pracy, bynajmniej nie wspominkowej, lecz wymagającej skrupulatnych obliczeń, a odnoszącej się do aktualnego problemu cząstek elementarnych, zbiegła się z dziewięćdziesiątą rocznicą urodzin.

Zawsze elegancki, w marynarce, często pod krawatem, poruszał się Profesor charakterystycznym nieśpiesznym krokiem. Maniery odpowiadały strojowi – był uprzedzająco grzeczny, uprzejmy dla starszych i młodych, choć zawsze zdystansowany. Na seminariach zadawał pytania, zawsze elegancko, nigdy agresywnie.

Pamiętam jeszcze przed doktoratem, poszedłem porozmawiać z Profesorem o swoim świeżym pomysle. Plotłem coś o bozonie Higgsa i tachionach – hipotetycznych cząstkach szybszych niż światło, co Profesor zniósł dzielnie. Nie powiedział mi, że gadam głupstwa, sam się musiałem domyślić.

Przez długie lata wydawał się Profesor Królikowski trwałym i niezmiennym elementem siedziby fizyki na Hożej, gdzie w pawilonie, naprzeciw biblioteki mieścił się jego pokój. W ostatnich latach bywał coraz rzadziej, a teraz i fizyka wyprowadziła się z Hożej, zamykając całą epokę, którą Profesor Królikowski współtworzył.

*prof. dr hab. Stanisław Mrówczyński,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego,
Kielce
Narodowe Centrum Badań Jądrowych,
Warszawa*

XV SZKOŁA STERYLIZACJI I MIKOBIOLOGICZNEJ DEKONTAMINACJI RADIACYJNEJ

Warszawa, 17-18 października 2019 r.



Uczestnicy szkoły na tle Stacji Sterylizacji Radiacyjnej. Na trawie stoją od lewej: Magdalena Dumała, Renata Sawicka, Małgorzata Dorabialska, Ilona Latańska, dr inż. Marta Walo (7), dr Stanisław Latek (14), prof. dr hab. Andrzej G. Chmielewski (15), Agnieszka Dobosz (16), Jacek Krus (22), Janisław Muszyński (25), dr Zbigniew Zimek (29), Aneta Jarosz (32). Na ulicy stoją: dr inż. Andrzej Rafalski, Ewelina Kuźmich – Mirosław (3), dr inż. Wojciech Głuszewski (5)



Zwiedzanie Stacji Sterylizacji Radiacyjnej (hala przyjmowania wyrobów do wyjaławiania)



Prof. dr hab. Andrzej G. Chmielewski (dyrektor IChTJ) i dr inż. Andrzej Rafalski (kierownik Stacji Sterylizacji Radiacyjnej) witają uczestników szkoły



Taśmowy przenośnik na którym medyczne wyroby są transportowane pod wiązkę elektronów



Bunkier w którym znajduje się sekcja przyspieszająca elektrony w akceleratorze

więcej na str. 15

45. ZJAZD FIZYKÓW POLSKICH

Kraków, 13-18 września 2019 r.



Wykład ks. prof. Michała Hellera



Prof. Józef Spałek otwiera Zjazd w Audytorium Maksimum UJ w Krakowie



Wykład prof. Łukasza Turskiego



Theatrum Experimentatorium Physicorum: dr Marek Gołąb



Widowisko Muzyczne „Na styku dwóch nieskończoności”

(fot. Krzysztof Magda)

zob. więcej na str. 47