

# STRATEGICZNY PROJEKT BADAWCZY NARODOWEGO CENTRUM BADAŃ I ROZWOJU P.T. „TECHNOLOGIE WSPOMAGAJĄCE ROZWÓJ BEZPIECZNEJ ENERGETYKI JĄDROWEJ” ZADANIE NR 6. ROZWÓJ METOD ZAPEWNIENIA BEZPIECZEŃSTWA JĄDROWEGO I OCHRONY RADIOLOGICZNEJ DLA BIEŻĄCYCH I PRZYSZŁYCH POTRZEB ENERGETYKI JĄDROWEJ

*Strategic research project of The National Centre for Research and Development  
'Technologies supporting the development of safe nuclear power'  
Research task No. 6 „Development of nuclear safety and radiological  
protection methods for the nuclear power engineering's current and future needs”*

Paweł Krajewski, Grażyna Krajewska

Zadanie Nr 6 pt. „Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej”, strategicznego projektu badawczego NCBR pt. „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”, realizowała sieć czterech wiodących w kraju instytutów, które mają stanowić zaplecze naukowo-badawcze zapewniające wsparcie dla dozoru jądrowego i administracji rządowej w procesie wydawania zezwoleń na budowę, rozruch, eksploatację i likwidację elektrowni jądrowych oraz w trakcie ich budowy, eksploatacji i likwidacji. Sieć tworzyły Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ), Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ), Instytut Fizyki Jądrowej PAN im. Henryka Niewodniczańskiego (IFJ) oraz Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR-Lider Sieci). Głównym celem Zadania 6 było wytworzenie mechanizmów umożliwiających powstanie w Polsce zaplecza technicznego i naukowego, zdolnego do oceny i kontroli wpływu elektrowni jądrowej na zdrowie ludzi i środowisko na wszystkich etapach wdrażania energetyki jądrowej w Polsce. W wyniku tego programu powstało 18 opracowań eksperckich, zgłoszono 5 akredytowanych metod badawczych oraz jedno zgłoszenie Secondary Standard Laboratory (SSL), zrealizowano 6 obronionych prac magisterskich, 10 prac doktorskich, zgłoszono 2 wzory użytkowe do uzyskania patentu oraz napisano 8 przyjętych do druku publikacji w recenzowanych i punktowanych czasopismach naukowych. W kolejnych artykułach główni liderzy Zadania Nr 6 przedstawiają zakres i wyniki wykonanych prac skupionych wokół czterech kluczowych bloków tematycznych.

The 3 years project entitled “The development of methods to ensure nuclear safety and radiological protection for current and prospective requirements of nuclear power” was carried on in the period 2011-2014 in a frame of the strategic program of The National Centre for Research and Development (NCBR) “Technologies for Safety Nuclear Energy” by network of four most important research institutes involved in development of research and operational foundation to ensure support for the nuclear regulatory and government administration in the process of granting permits for localization, construction, commissioning, operation and decommissioning of Polish NPP. The network consisted of National Centre of Nuclear Research (NCBJ), Institute of Nuclear Chemistry and Technology (ICHTJ), The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Science and Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR-the network leader). The main project goal was a development and strengthening domestic expert infrastructure in the area of nuclear safety and radiological protection. The program products encompassed 18 expert reports, 5 accredited research methods, application for Secondary Standard Laboratory status, 6 master of science thesis, 10 doctoral dissertations two patent applications and 8 accepted for publishing papers in high impact factor journals. In the present paper, the main project leaders presents most significant project results and achievements comprised in four key thematic blocks.

**Słowa kluczowe:** program strategiczny, energetyka jądrowa, bezpieczeństwo jądrowe i ochrona radiologiczna, wsparcie dla dozoru jądrowego, system monitoringu wokół elektrowni jądrowej,

**Key words:** strategic project, nuclear power program, nuclear safety and radiation protection, support for nuclear regulatory body, EJ monitoring system

**WPROWADZENIE**

Na wniosek Ministerstwa Gospodarki, minister nauki i szkolnictwa wyższego w czerwcu 2010 r. zlecił Narodowemu Centrum Badań i Rozwoju (NCBiR) uruchomienie strategicznego projektu badawczego pt. „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”. Projekt powstał z myślą o wzmocnieniu krajowych podmiotów mogących zapewniać wsparcie dla dozoru jądrowego i administracji rządowej przy wdrażaniu energetyki jądrowej oraz późniejszej eksploatacji i likwidacji obiektów energetyki jądrowej w Polsce. Szczególne znaczenie miało Zadanie Nr 6 tego programu „Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej”, które obejmowało problematykę monitoringu środowiska, badań lokalizacyjnych przyszłej elektrowni jądrowej oraz ochrony radiologicznej ludności, jak również przyszłej kadry energetyki jądrowej i było ukierunkowane na bezpośrednich odbiorców programu tzn. dozoru jądrowego czyli Państwowej Agencji Atomistyki, Operatora (PGE EJ) i Głównego Inspektoratu Ochrony Środowiska.

W marcu 2015 r. w odpowiedzi na pismo Prezesa Państwowej Agencji Atomistyki, opracowania eksperckie Zadania Nr 6 zostały przekazane do Centrum do Spraw Zdarzeń Radiacyjnych CEZAR PAA, które pełni rolę informacyjno-konsultacyjną w zakresie oceny poziomu dawek i skażeń oraz innych ekspertyz i działań wykonywanych na miejscu zdarzenia.

W maju 2015 r. Komitet Sterujący NCBiR pozytywnie rozliczył pod względem merytorycznym Zadanie Badawcze Nr 6.

Obecnie trwają konsultacje z PGE EJ w sprawie powstania konsorcjum naukowo-przemysłowego do m.in. do współpracy w ramach programu Horyzont 2020.

**PRZESŁANKI, STRUKTURA I ISTOTNE WYNIKI ZADANIA NR 6**

Dnia 28 stycznia 2014 r. Rada Ministrów Uchwałą Nr 15/2014 przyjęła wieloletni „Program Polskiej Energetyki Jądrowej” (2014-2030), w skrócie PPEJ. Długo oczekiwany powrót rządu RP do programu energetyki jądrowej ma zapewnić większe bezpieczeństwo energetyczne kraju poprzez dywersyfikację bazy paliwowej i przynieść polskiej elektroenergetyce źródło energii bezpieczne, stabilne, po konkurencyjnych kosztach, bez emisji gazów cieplarnianych, z uwzględnieniem wymagań ochrony środowiska, jak to zostało określone w celu 4-tym Polityki energetycznej Polski do 2030 r.

W rozdziale 5 PPEJ pt. „Organizacja Prac nad Wdrożeniem Programu Polskiej Energetyki Jądrowej”, w podrozdziale 5.4.3. Bezpieczeństwo Jądrowe i Ochrona Radiologiczna znalazł się istotny zapis o ścisłym powiązaniu prawodawstwa krajowego, tworzącego system bezpieczeństwa jądrowego (obejmujący także ochronę radiologiczną, ochronę fizyczną obiektów i materiałów jądrowych

oraz zabezpieczenie materiałów jądrowych przed proliferacją) z instrumentami prawa międzynarodowego oraz ponadnarodowego: „Polska ratyfikowała i implementowała wszystkie umowy międzynarodowe niezbędne do zapewnienia ram prawnych dla wykorzystywania energii jądrowej, a jako członek Wspólnoty EURATOM przyjęła też europejski dorobek prawny w tej dziedzinie. .... w polskim prawie znajdują zastosowanie także postanowienia licznych instrumentów o niewiążącym charakterze (tzw. soft law), z których najważniejsze to zalecenia MAEA w postaci tzw. Safety Standards”.

Warto tu zwrócić uwagę, że w związku z obowiązkiem wdrożenia Nowej Dyrektywy Unii Europejskiej Basic Safety Standard (zatwierdzonej przez Parlament UE 14 stycznia 2014 r. z okresem transpozycji do prawa krajowego Państw Członkowskich najpóźniej do 6 lutego 2018 r.), wprowadzone tą Dyrektywą podwyższone standardy warunków pracy ze źródłami promieniowania jonizującego i wyśrubowane normy ochrony środowiska przed skażeniami promieniotwórczymi, będą miały w roku 2018 r. wiążący charakter. Cytowana powyżej Dyrektywa unieważnia wcześniejsze regulacje dotyczące bezpieczeństwa działalności polegającej na stosowaniu promieniowania jonizującego, jak również bezpieczeństwa jądrowego obiektów jądrowych określone dyrektywą Rady 96/29/EURATOM62. Po awarii elektrowni jądrowej Fukushima Dai-ichi, Międzynarodowa Agencja Energii Atomowej (MAEA) opublikowała szereg nowych dokumentów dotyczących zastrzonych standardów bezpieczeństwa reaktorów jądrowych. Aktualizacja polskiego prawodawstwa, w tym nowelizacja ustawy Prawo atomowe do nowych przepisów UE i rekomendacji MAEA, szczególnie w perspektywie rozwoju polskiej energetyki jądrowej, stanowi na pewno wyzwanie dla instytucji odpowiedzialnych za zapewnienie bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej w Polsce.

I chociaż w latach 2009 -2013 wykonano w PAA olbrzymią pracę nad przygotowaniem ram prawnych dla realizacji Programu Polskiej Energetyki Jądrowej, (dziewięć rozporządzeń do zmienionej ustawy – Prawo atomowe<sup>1</sup>), pilnego wzmocnienia wymaga system bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej – bjiór, szczególnie w zakresie rozwoju kadry i infrastruktury wspomagającej (szersze omówienie tego zagadnienia można znaleźć w artykule<sup>2</sup>). Zgodnie z ustawą – Prawo atomowe, szeroki wachlarz zadań, jak np. nadzór nad działalnością z wykorzystaniem materiałów jądrowych i źródeł promieniowania jonizującego, nadzór, kontrola i analiza informacji związanych z oceną sytuacji radiacyjnej kraju, licencjonowanie użytkowników źródeł promieniotwórczych i materiałów jądrowych, ustalanie norm dopuszczalnego narażenia na promieniowanie jonizujące, prewencja i zarządzanie akcją antykrzysową, wypełniany jest przez Prezesa PAA (będącego centralnym organem administracji rządowej), wspomaganego przez odpowiednie departamenty Państwowej Agencji Atomistyki. Szczególną rolę w ramach struktury PAA pełni dozór jądrowy, który jako niezależny organ ma zapewnić bezpieczeństwo obiektu jądrowego m.in. przez

stawianie wymagań, wydawanie zaleceń technicznych i organizacyjnych, przeprowadzanie kontroli elektrowni jądrowej i opiniowanie decyzji innych organów. Takie rozwiązanie gwarantuje, że istnieje jedno wspólne podejście do wszelkich aspektów bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej, zabezpieczenia materiałów jądrowych i źródeł promieniotwórczych.

Zgodnie z wytycznymi MAEA i doświadczeniami innych państw, które z sukcesem i przy społecznej akceptacji wdrożyły i rozwijają energetykę jądrową, istotne jest posiadanie zaplecza naukowo-badawczego zapewniającego wsparcie dla dozoru jądrowego i administracji rządowej w procesie wydawania zezwoleń na budowę, rozruch, eksploatację i likwidację elektrowni jądrowych oraz w trakcie ich budowy, eksploatacji i likwidacji. W rozdziale 12 PPEJ zatytułowanym „Zaplecze Techniczne i Naukowo-Badawcze Polskiej Energetyki Jądrowej” znalazły się m.in. takie sformułowania: *Chodzi tu przede wszystkim o działalność ekspercką dla dozoru jądrowego i administracji rządowej, której służby publiczne nie są w stanie samodzielnie zrealizować zadań w zakresie: bezpieczeństwa jądrowego, ochrony radiologicznej, monitoringu radiologicznego, badań materiałów i urządzeń do instalacji jądrowych, pracy instalacji jądrowych, cyklu paliwowego, kształcenia kadr, informacji i edukacji społecznej*. Dalej w tym samym rozdziale czytamy *„Należy zadbać o maksymalne wykorzystanie tego potencjału i rozwój krajowych kompetencji, korzystając ze współpracy wyspecjalizowanych organizacji zagranicznych”*.

Wydaje się, że zaplecze merytoryczne (tzw. TSO - Technical Support Organization) w porównaniu z innymi krajami UE pozostaje nadal, niewątpliwie słabą stroną systemu bjiór w Polsce. Szczególną troską napawa rozproszony w kraju potencjał ekspercki. Obecnie, badawczo-rozwojowa działalność w zakresie bjiór prowadzona jest na ogół przez niewielkie zespoły specjalistów, rozmieszczone w kilkunastu instytucjach wykorzystujących większe urządzenia badawcze (reaktor, cyklotron, wysokoaktywne źródła promieniowania jonizującego) lub utworzone w związku z potrzebami branżowymi (medycyna, górnictwo, obrona kraju). Monitoring radiacyjny środowiska i ludności, oparty jest obecnie na wielu placówkach takich jak: instytuty badawcze, instytuty naukowe PAN, specjalistyczne wydziały wyższych uczelni, stacje sanitarno-epidemiologiczne, których sprawność zależy od aktualnych zdolności pomiarowych tych placówek. Jakakolwiek modernizacja, unowocześnienie czy rozbudowa poszczególnych elementów tej sieci zależy tylko od zaradności i zmiennej kondycji finansowej wspomnianych placówek, a integracja sieci jest praktycznie niemożliwa. Niepokoi wysoka średnia wieku pracowników tych placówek, niskie zarobki i co za tym idzie, brak lub odpływ młodej wykwalifikowanej kadry.

Istotne znaczenie dla integracji i wzmocnienia ośrodków związanych z jądrowym sektorem elektroenergetycznym miał konkurs Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach strategicznego projektu badawczego „Technologie wspomagające rozwój bezpiecznej energetyki jądrowej”, gdzie szczególną rolę dla budowy nowoczesnej

infrastruktury i zaplecza merytorycznego bjiór dla potrzeb energetyki jądrowej pełniło Zadanie Nr 6 w/w projektu pt: **„Rozwój metod zapewnienia bezpieczeństwa jądrowego i ochrony radiologicznej dla bieżących i przyszłych potrzeb energetyki jądrowej”**.

Zasadniczym celem zadania, było wytworzenie mechanizmów umożliwiających powstanie w Polsce zaplecza technicznego i naukowego, zdolnego do oceny i kontroli wpływu elektrowni jądrowej na zdrowie ludzi i środowisko, na wszystkich etapach wdrażania energetyki jądrowej w Polsce, a jednocześnie konkurującego pod względem innowacyjności na arenie międzynarodowej. Te same mechanizmy miały ułatwić rozwój polskich specjalności naukowych: m.in. dozymetrii promieniowania neutronowego, technologii detektorów promieniowania oraz badań dotyczących oddziaływania promieniowania z materiałami biologicznymi, czy też uznanych na świecie polskich patentów: np. stacje do poboru i pomiaru aerozoli promieniotwórczych w powietrzu.

Projekt rozpoczął się we wrześniu 2011 r., a zakończył się w sierpniu 2014 r., kosztował 6 mln zł, i był realizowany przez Sieć Naukową, o potencjale liczącym ponad 30-tu pracowników naukowych. Instytuty te mają stanowić potencjalne zaplecze naukowo-badawcze dla programu uruchomienia w Polsce energetyki jądrowej, zgodnie z wytycznymi Międzynarodowej Agencji Energii Atomowej<sup>3</sup>. Były to:

- Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej (CLOR)- Lider Sieci
- Instytut Chemii i Techniki Jądrowej (ICHTJ)
- Narodowe Centrum Badań Jądrowych (NCBJ)
- Instytut Fizyki Jądrowej (IFJ)

Koordinator programu, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej – jest specjalistyczną (w kraju) instytucją, powołaną w 1957 r. Zarządzeniem Prezesa Rady Ministrów, nieprzerwanie zajmującą się pracami operacyjnymi i naukowymi związanymi z bezpieczeństwem radiacyjnym kraju.

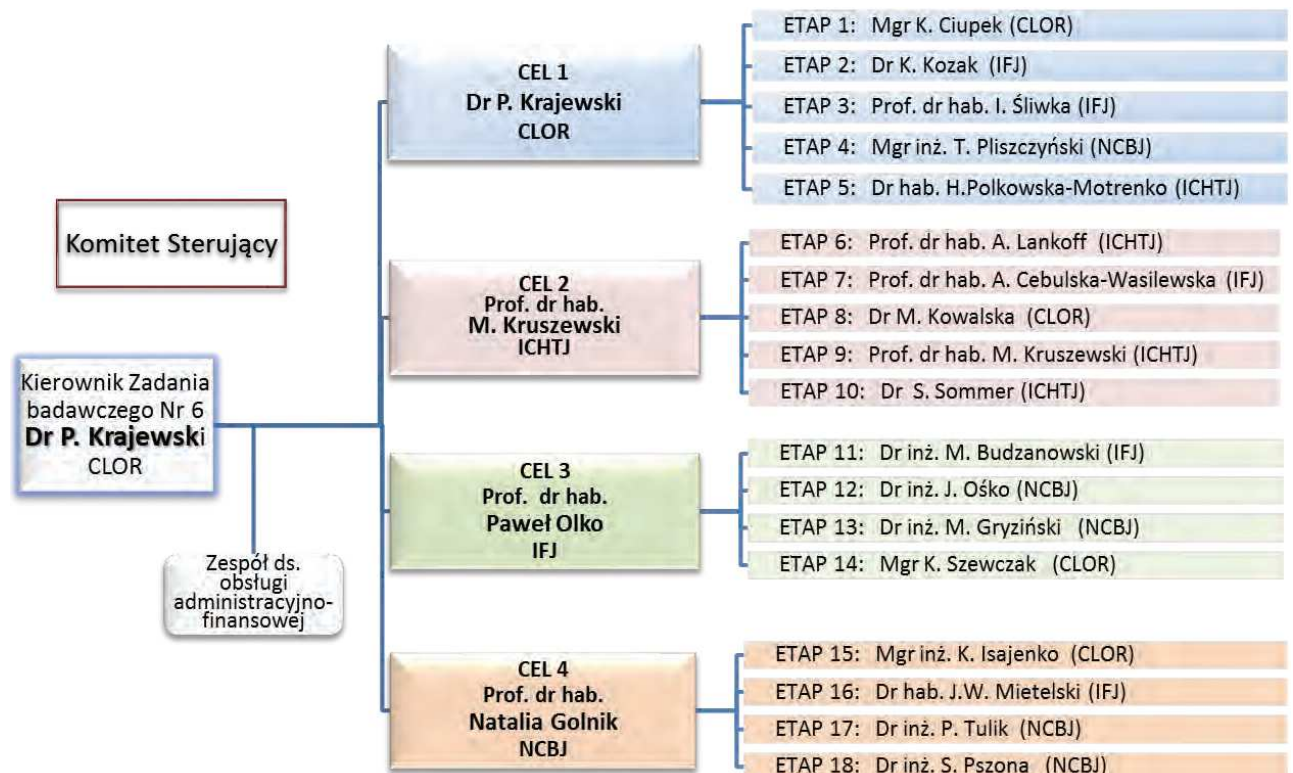
Zadanie Nr 6 składało się z czterech kluczowych bloków tematycznych tzw. celów:

1. Opracowanie ogólnej koncepcji i metod badań środowiskowych (w tym zdrowotności) dla przewidywanej lokalizacji elektrowni jądrowej.
2. Rozwój metod dozymetrii biologicznej oraz biofizycznych markerów i indykatorów wpływu promieniowania na organizmy żywe.
3. Adaptacja istniejących i opracowanie nowych metod radiometrycznych do zastosowań w ochronie radiologicznej pracowników, ludności i środowiska wokół elektrowni jądrowej, z uwzględnieniem pomiarów niskich aktywności izotopów emitowanych z elektrowni jądrowej oraz dozymetrii awaryjnej i retrospektywnej.
4. Opracowanie nowych lub udoskonalenie przyrządów do pomiarów radiometrycznych.



Każdy cel składał się z 4 lub 5 etapów (w sumie 18), a każdy etap stanowił oddzielny temat badawczy, wdrożeniowy lub konstrukcyjny (Struktura wykonawcza Zadania

Nr 6: liderzy poszczególnych celów i kierownicy poszczególnych etapów rys. 1).



**Rys. 1.** Struktura wykonawcza Zadania Nr 6: liderzy poszczególnych celów i kierownicy poszczególnych etapów  
**Fig. 1.** Executive structure of Task No 6: leaders of objectives 1, 2, 3, 4 and chiefs of particular phases: 1-18

Prowadzone prace odznaczały się wysokim standardem naukowym i niemałym stopniem innowacyjności. W sumie opracowano 16 nowych rozwiązań systemowych i metod pomiarowych oraz zgłoszono lub przygotowano do zgłoszenia do postępowania patentowego kilka nowych rozwiązań konstrukcyjnych: (P.404072) pt. „Wielosygnałowa komora jonizacyjna jako spektrometr neutronów”, (P.400679) pt. „Komora jonizacyjna jako detektor awaryjnej dawki promieniowania”, „Technologia pokrywania elektrod pastą polimerowo grafitową z dodatkiem boru do komór jonizacyjnych” (NCBR), (fot.1.). Samodzielna przewoźna stacja do pomiarów trzech frakcji promieniotwórczego jodu” (CLOR) (fot.2.). Dokonano też usprawnień we wcześniej opracowanych prototypach: rozszerzono możliwości prototypu czynnika termoluminescencyjnego do rozróżnienia przypadków ekspozycji statycznej od dynamicznej” (IFJ) (fot. 3.).

Projekt pozwolił na zaktywizowanie młodej kadry naukowej, co zaowocowało obroną (lub w trakcie postępowania) ośmiu prac licencjackich i magisterskich, otwarciem siedmiu przewodów doktorskich oraz opublikowaniem lub zgłoszeniem do publikacji kilkunastu prac naukowych. Poza znaczeniem poznawczym i wdrożeniowym, warto-

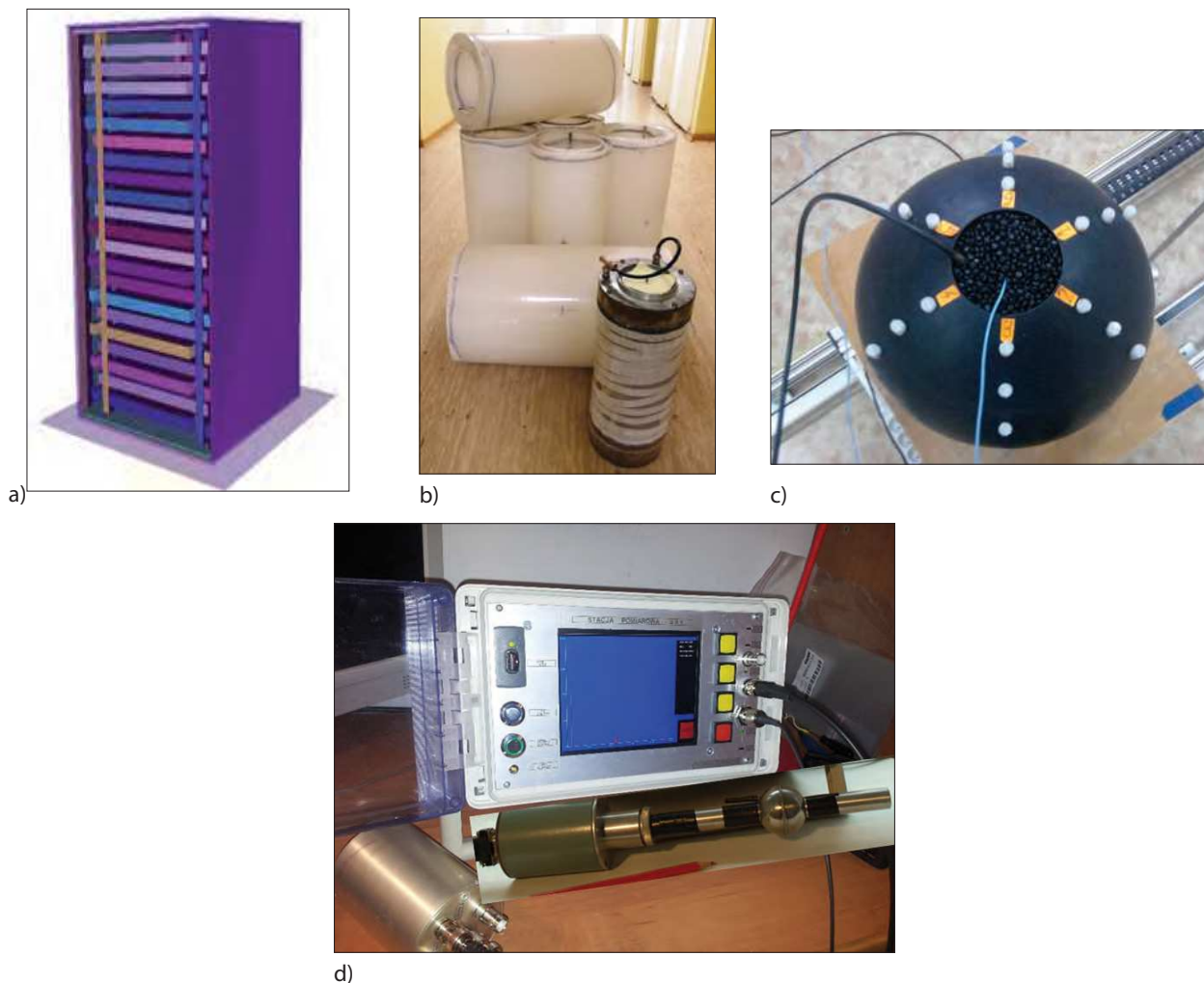
ścią dodaną programowi jest większa integracja ośrodków związanych z budową nowoczesnej infrastruktury i stanowiących zaplecze merytoryczne dla potrzeb energetyki jądrowej. Wysokie kompetencje i wiarygodność (tzw. *extended credibility*) krajowego zaplecza eksperckiego (TSO) będzie skutkowało pozytywnym wpływem na społeczną akceptację rozwoju energetyki jądrowej.

Zgodnie z ustaleniami Komitetu Sterującego NCBR, zespoły naszej Sieci, w połowie 2014 r. opracowały założenia do przyszłego programu strategicznego „Bezpieczna energetyka jądrowa”. Przedstawione w opracowaniu i przekazane w czerwcu 2014 r. Komitetowi Sterującemu NCBR propozycje tematów, powstały na podstawie doświadczenia Instytutów tworzących Sieć zdobytego w trakcie realizacji Zadania Nr 6 oraz analiz potrzeb krajowego systemu bji. W dalszej perspektywie planowane są wspólne działania nakierowane na aktywną współpracę z międzynarodowymi sieciami i konsorcjami z aktualnie prowadzonych projektów w programach ramowych Euratom oraz Horyzont 2020, a w szczególności w programie European Concerted Program on Radiation Protection Research (Concert) w ramach konsorcjum European Radioecology Alliance.

Cytując zapis zamieszczony w wieloletnim Programie Polskiej Energetyki Jądrowej" (2014-2030), Rozdział 12: Zaplecze Techniczne i Naukowo-Badawcze Polskiej Energetyki Jądrowej: „Po przeprowadzeniu oceny wspomnianych zadań badawczych, zrealizowanych w ramach strategicznego programu badawczego pod kątem ich użyteczności dla wdrażania energetyki jądrowej w Polsce, należy rozważyć przygotowanie kolejnej edycji projektu, w której uwzględni-

ne zostaną oczekiwania administracji rządowej i dozoru jądrowego m.in. w perspektywie przyszłego zapotrzebowania na zewnętrzne usługi eksperckie”.

Zespół wykonawców Zadania Nr 6 pozostaje w nadziei na kontynuację prac w kolejnych latach. W poniższych dwóch podrozdziałach kierownicy Celów 1 i 2 omówili wyniki prac wykonawców.

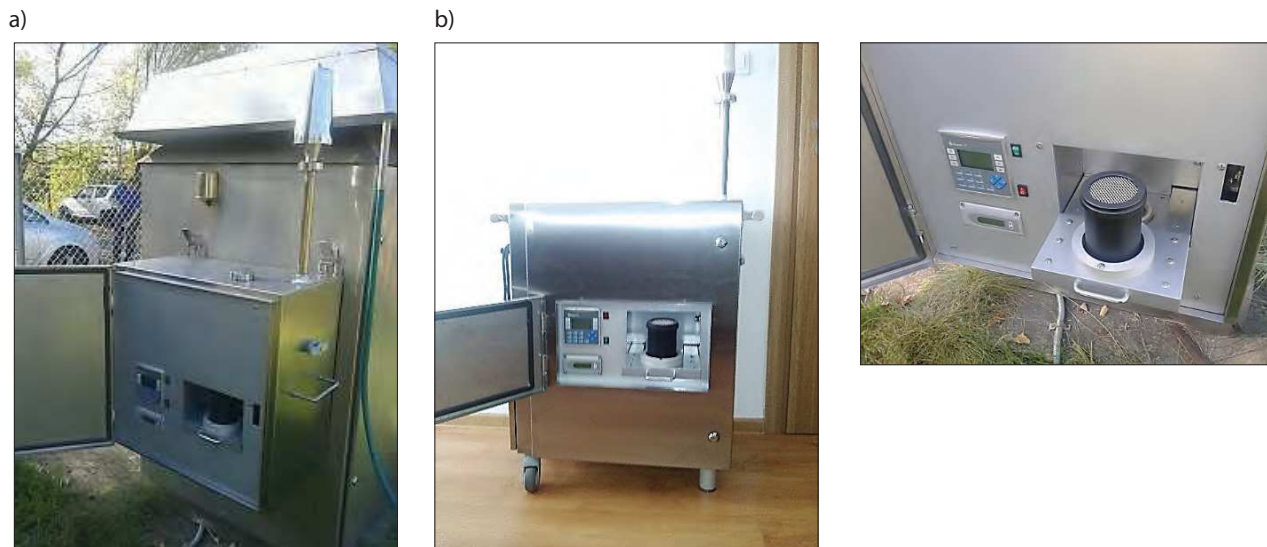


**Fot.1.** Rozwiązania innowacyjne NCBJ:

- a) Spektrometryczna komora rekombinacyjna do analizy promieniowania neutronowego nr P.404072,
- b) Wysokociśnieniowa komora jonizacyjna  $^{10}\text{B}$  z moderatorem polietylenowym nr P.400679,
- c) Model wielowarstwowego pasywnego detektora kulistego,
- d) Wysokoczuła stacja pomiarowa do rejestracji promieniowania neutronowego i gamma.

**Photo 1.** Innovative achievements of National Centre of Nuclear Research (NCBJ):

- a) Spectrometric recombination chamber for analysis spectra of neutron radiation,
- b) High pressure ionizing chamber  $^{10}\text{B}$  with polyethylene moderator,
- c) Model of multilayer passive spherical detector,
- d) High sensitive station for detection gamma + neutron radiation.

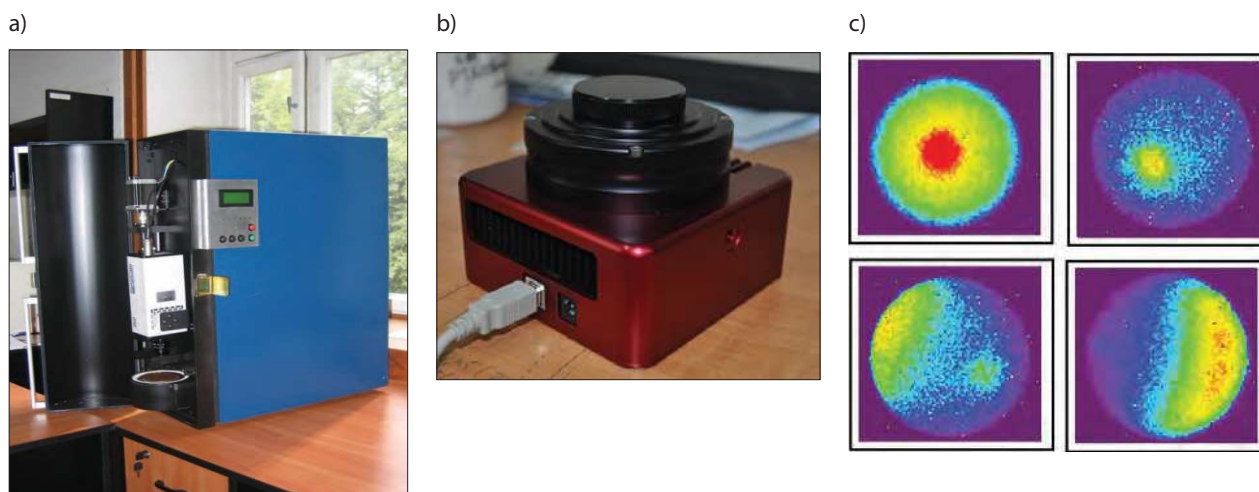


**Fot. 2.** Rozwiązania innowacyjne CLOR: Prototyp przenośnej stacji do poboru aerozolowej, gazowej i organicznej postaci jodu:

- a) w wersji współpracującej ze stacją ASS-500,  
b) w wersji wolno-stojącej.

**Photo 2.** Innovative achievements of Central Laboratory for Radiological Protection (CLOR) - Demonstration model of mobile station for collection aerosol, gaseous and organic form of radioactive iodine:

- a) assemble version with ASS-500 sampler,  
b) standalone version.



**Fot. 3.** Rozwiązania innowacyjne IFJ:

- a) nowa metoda weryfikacyjnego odczytu dawki dozymetru TLD,  
b) rozszerzenie zakresu dozymetru TLD do 10 Gy,  
c) rozróżnienie fałszywego naświetlenia statycznego.

**Photo 3.** Innovative achievements of The Henryk Niewodniczański Institute of Nuclear Physics Polish Academy of Science (IFJ):

- a) new method of verifying dose readout TLD dosimeter,  
b) extension of TLD detector dose range up to 10 Gy,  
c) distinction of false static exposure.

dr Paweł Krajewski,  
mgr Grażyna Krajewska  
Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej,  
Warszawa

#### Przypisy

- 1 Nowa ustawa – Prawo atomowe weszła w życie 1 lipca 2011 r.
- 2 P. Krajewski, „Wyzwania stojące przed instytucjami odpowiedzialnymi za zapewnienie bezpieczeństwa jądowego i ochrony radiologicznej w Polsce”, Potępy Techniki Jądowej, Vol.57 Z.2 2014.
- 3 „Guidebook on research & development support for nuclear power”; IAEA Technical Report Series no.298)