

# ARC-NUCLÉART 50 LAT RADIACYJNEJ KONSERWACJI OBIEKTÓW O ZNACZENIU HISTORYCZNYM

## ARC-NUCLÉART – 50 years of radiation conservation of historical objects



Laurent Cortella, Christophe Albino, Quoc Khoi Tran,  
Karine Froment, Wojciech Głuszewski

**Streszczenie:** Artykuł powstał z okazji 50 rocznicy utworzenia radiacyjnego laboratorium badawczego i profesjonalnej pracowni konserwacji dzieł sztuki ARC-NucleArt (*Atelier de Recherche et de Conservation Nucléart*). Przypomniano historię tej zasłużonej dla ratowania obiektów historycznych placówki. Jest ona pionierem w zastosowaniu technik radiacyjnych do dezynsekcji, dezynfekcji i konsolidacji. Krótko omówiono zasady wykorzystania promieniowania jonizującego do ratowania zagrożonych insektami, grzybami i bakteriami obiektów archeologicznych i dzieł sztuki. W przeglądzie literaturowym odsyłamy do publikacji podsumowujących światowe badania w zakresie radiacyjnej konserwacji różnych materiałów.

**Abstract:** The article was created on the occasion of the 50th anniversary of the creation of the radiation research laboratory and professional art conservation studio ARC-NucleArt (*Atelier de Recherche et de Conservation Nucléart*). The history of this institution merited for saving historical objects was recalled. She is a pioneer in the application of radiation techniques for disinfection, disinfection and consolidation. The principles of using ionizing radiation to rescue archaeological sites and works of art endangered by insects, fungi and bacteria are briefly discussed. In the literature review, we refer to publications summarizing the global research in the field of radiation conservation of very different materials.

**Słowa kluczowe:** konserwacja, radioliza, promieniowanie jonizujące, dezynsekcja, dezynfekcja, radiacyjna konsolidacja, dzieła sztuki, archeologia

**Keywords:** conservation, radiolysis, ionizing radiation, dissection, disinfection, radiation consolidation, works of art, archeology

### Wstęp

Pół wieku temu francuski Komisariat ds. Energii Atomowej i Alternatywnych Źródeł Energii (CEA) powołał do życia w Grenoble radiacyjną pracownię konserwacji obiektów istotnych dla dziedzictwa kulturowego. CEA (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) to organizacja naukowo badawcza działająca w zakresie energetyki, obrony, bezpieczeństwa, technologii informatycznych oraz medycznych. Jej dewizą jest dbanie o interdyscyplinarną kulturę inżynierów i naukowców, opierającą się na synergii między badaniami podstawowymi i technologicznymi.

W latach 1970 i 1973 przy konserwacji historycznego parkietu i średniowiecznych przedmiotów drewnianych po raz pierwszy wykorzystano promieniowanie jonizujące. Wyrazem uznania dla osiągnięć naukowych pracowni było powierzenie jej w roku 1977 dezynfekcji mumii Ramzesa II, którą przetransportowano z Egiptu. W roku 1981 w ramach partnerstwa między CEA,

Dyrekcją Muzeów Francji i Miastem Grenoble, utworzono Centrum Badań i Konserwacji Mokrego Drewna (CETBGE).

ARC-Nucléart jest pionierem w stosowaniu radiacyjnych technologii do ochrony dzieł sztuki. Nieprzerwanie od lat 70. wykorzystuje basenowe źródło promieniowania gamma do dezynsekcji, dezynfekcji i radiacyjnej konsolidacji [1]. Podobne prace prowadzone są na świecie, przez wiele innych instytucji dysponujących dużymi źródłami promieniowania jonizującego. W żadnym jednak przypadku działalność ta nie jest nakierowana wyłącznie na ratowanie obiektów historycznych. Zwykle jest to połączone z modyfikacją materiałów dla innych celów, najczęściej radiacyjną sterylizacją wyrobów medycznych lub konserwacją ziół, przypraw ziołowych i żywności.

### Radiacyjna konserwacja

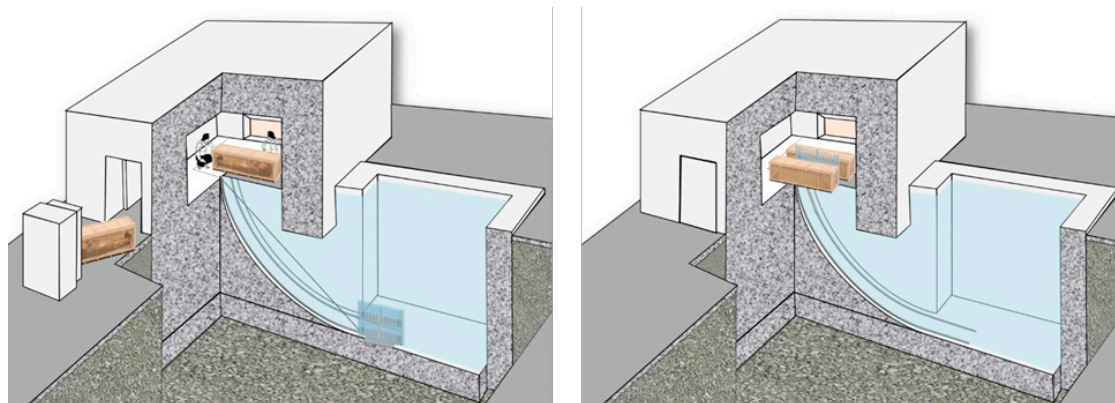
Radiacyjną konserwacją obiektów istotnych dla dziedzictwa kulturowego są wszelkiego rodzaju dzia-

łania prowadzone z użyciem promieniowania jonizującego mające na celu zahamowanie trwającego procesu degradacji przedmiotów lub grupy przedmiotów bądź utrwalenia najbardziej delikatnych artefaktów. Różni się ona od konserwacji zapobiegawczej, która odnosi się do działań pośrednich mających na celu unikanie i minimalizowanie przyszłego pogorszenia stanu obiektu. Zgodnie z zasadą deontologiczną konserwacja musi obejmować koncepcję minimalnej interwencji. Zabiegi radiacyjnej dezynsekcji i dezynfekcji prowadzić można w dowolnej temperaturze. Najczęściej jest to temperatura otoczenia (rzadziej ujemna). Co bardzo istotne zabiegi takie nie wprowadzają do materiału dodatkowych zanieczyszczeń.

które zawsze zwraca się szczególną uwagę. Dozymetrią (kontrolą dawki pochłoniętej promieniowania) można łatwo zarządzać na podstawie pomiarów rozkładu mocy dawki i czasu napromieniowania.

### Dezynfekcja

W walce z pleśniami i grzybami stosuje się dawki od 3 do 10 kGy. Obniża się ten sposób zanieczyszczenia do akceptowalnego poziomu dla tzw. „zdrowego” muzeum lub pomieszczenia magazynowego. Całkowita sterylizacja nie jest potrzebna gdyż zarodniki grzybów są i tak zawsze obecne w powietrzu.



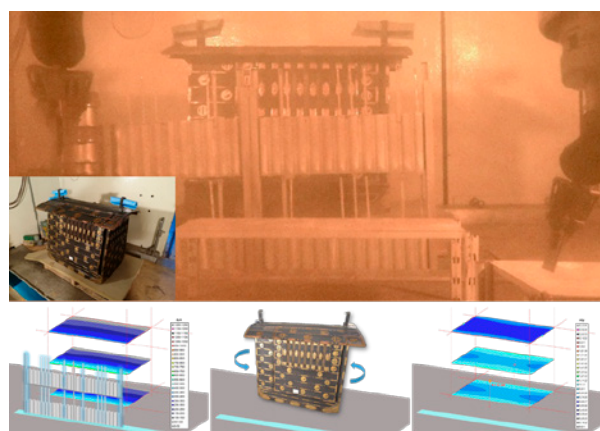
**Rys. 1.** Zasada działania basenowego źródła promieniowania gamma w ARC-NUCLÉART. Pręty z radioaktywnym  $^{60}\text{Co}$  wciągane są do bunkra (komory napromieniowania) z basenu wodnego o głębokości 8 m. Wcześniej w komorze napromieniowania umieszczane są obiekty przeznaczone do konserwacji. (© ARC-Nucléart)

**Fig. 1.** Principle of operation of the pool gamma radiation source in ARC-NUCLÉART. The  $^{60}\text{Co}$  radioactive rods are pulled into the bunker (irradiation chamber) from an 8 m deep water basin. Prior to this, the irradiation chamber contains objects for maintenance. (© ARC-Nucléart)

W ARC obróbce radiacyjnej poddano wiele tysięcy artefaktów, od skromnych wyrobów sztuki ludowej po najbardziej prestiżowe eksponaty archeologiczne. Czas napromieniowania zmienia się od kilku godzin dla dezynsekcji do kilkudziesięciu godzin w przypadku dezynfekcji.

### Dezynsekcja

Eliminacja owadów jest najczęstszym zabiegiem radiacyjnej konserwacji. Próg wymagany do osiągnięcia deterministycznej śmierci dowolnych rodzajów owadów został eksperymentalnie ustalony na poziomie 500 Gy. Eliminuje się w ten sposób jaja i powoduje bezpłodność form dorosłych insektów. Żyją one po napromieniowaniu jeszcze od 2 do 3 tygodni. Zwiększając dawkę do 2 kGy można skrócić ten czas do kilku dni. Oprócz niektórych rzadkich przeciwwskazań technika radiacyjna jest bezpieczna dla bardzo szerokiego zakresu materiałów [2]. Minimalną dawkę ustala się z punktu widzenia oczekiwanego celu biologicznego. Maksymalną dawkę, której nie należy przekraczać, ocenia się po analizach potencjalnych działań niepożądanych, na



**Rys. 2.** Dezynsekcja japońskiego ślubnego palankinu (lakierowane drewno, ozdoby ze stopu miedzi, dekoracje wewnętrzne w formie tapet, jedwab, XIX wiek, muzeum Saint-Rémi w Reims). Rozkład dawki obliczono przy założeniu obrócenia eksponatu w połowie napromieniowania. (© ARC-Nucléart)

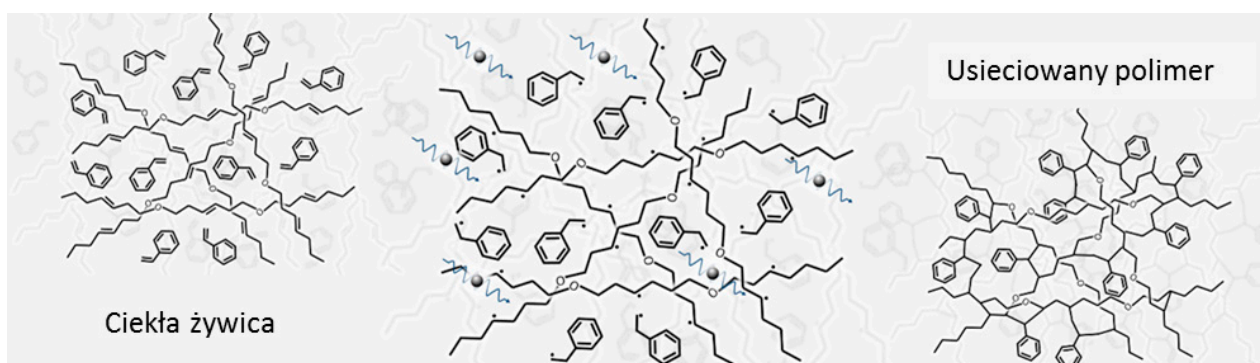
**Fig. 2.** Disinfestation of Japanese wedding palanquin (varnished wood, copper alloy decorations, interior decorations in the form of wallpaper, silk, 19th century, Saint-Rémi museum in Reims). The dose distribution was calculated assuming the exhibit was rotated at half irradiation. (© ARC-Nucléart)

## Radiacyjna konsolidacja

Tak zwana radiacyjna konsolidacja powoduje objętościowe wzmocnienie porowatego materiału w wyniku inicjowanych promieniowaniem jonizującym polimeryzacji monomerów i sieciowania żywic. We Francji stosuje się najczęściej żywice typu styren/nienasycony poliester. Wcześniej prowadzi się impregnację materiału techniką próżniowo-ciśnieniową. Zabieg taki w odróżnieniu od klasycznych metod z użyciem poli(tlenku etylenu) można wykonać w bardzo krótkim czasie. Osiągnięta w ten sposób konsolidacja jest szczególnie stabilna, ale nieod-

pięnie ilustrowany kolejny raport z działalności ARC, który ukazał się w tym roku [6].

Laurent CORTELLA,  
Christophe ALBINO,  
Quoc Khoi TRAN,  
Karine FROMENT,  
ARC-Nucléart, France  
Wojciech Głuszewski,  
Instytut Chemii i Techniki Jądrowej,  
Warszawa



Rys. 3. Schemat radiacyjnej konsolidacji. (© ARC-Nucléart)  
Fig. 3. Radiation consolidation scheme. (© ARC-Nucléart)

wracalna. Dlatego konsolidacja jest celowo ograniczana do uzasadnionych przypadków, w których konserwacja nie może być osiągnięta za pomocą mniej inwazyjnych środków. Jest to najczęściej tzw. konserwacja „ostatniej szansy” i dotyczy najczęściej znacznie zdegradowanych rzeźb drewnianych lub sytuacji, gdy wymagane jest uzyskanie funkcjonalnej wytrzymałości mechanicznej. Dzięki wysokiej stabilności chemicznej usiewanego polimeru jest również stosowana do konserwacji mokrego drewna archeologicznego, szczególnie w obecności nierozłącznych części metalowych, które podlegałyby korozji w konwencjonalnych metodach [3].

## Podsumowanie

Przykład ARC pokazuje jak w unikatowy sposób można wykorzystać techniki radiacyjne do konserwacji obiektów ważnych dla dziedzictwa kulturowego [4]. Należy podkreślić, że prowadzone od ponad pół wieku badania nad wpływem promieniowania jonizującego na historyczne materiały pozwoliły wyodrębnić grupy obiektów, które się do takich zabiegów nadają. Prace te przez wiele lat były koordynowane przez Międzynarodową Agencję Energii Atomowej. ARC-Nucléart współpracuje z instytucjami z całego świata i podejmuje się najtrudniejszych przypadków ratowania dzieł sztuki [5]. Ważnym elementem działalności, jest również promocja wiedzy na temat technik radiacyjnych w identyfikacji i konserwacji dzieł sztuki. Godny polecenia jest

## Literatura:

- [1] Chaumat G., Albino C. and Tran K., (2011). 'A new protocol suitable for the treatment of composite archaeological arte-facts: PEG treatment + freeze-drying + radiation-curing resin consolidation'. *Proceedings of International Conference on Shipwrecks: Chemistry and Preservation of Waterlogged Wooden Shipwrecks*, Royal Institute of technology, Stockholm, pp. 167-171.
- [2] Cortella L., Albino C., Tran Q.-K., Froment K., (2020). "50 years of French experience in using gamma rays as a tool for cultural heritage remedial conservation", *Radiation Physics and Chemistry*, 171, 108726, DOI: 10.1016/j.radphyschem.2020.108726.
- [3] IAEA (2017). *Uses of Ionizing Radiation for Tangible Cultural Heritage Conservation*. IAEA Radiation Technology Series N 6, International Atomic Energy Agency, Vienna.
- [4] Głuszewski W., Zagórski Z.P., Tran Q.K., Cortella L., (2011). Maria Skłodowska Curie – the precursor of radiation sterilization methods. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 400: 1577-1582. DOI: 10.1007/s00216-011-4699-7.
- [5] Głuszewski W., Khôi Tran, Cortella L., Abbasova D., (2016). Radiacyjna modyfikacja celulozy i konsolidacja radiacyjna, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, 3, 98-99.
- [6] ARC-Nucléart, (2020). *Rapports d'activité, 2017-2018*, 134 strony.
- [7] Głuszewski W., Khoi Tran., Cortella L., (2017). Radioliza naturalnych i syntetycznych polimerów a ochrona dziedzictwa kulturowego, *Tworzywa Sztuczne w Przemysle*, 6, 44-45.
- [8] Głuszewski W., (2015). Unikatowe cechy radiacyjnej konserwacji dużych zbiorów obiektów o znaczeniu historycznym, *Postępy Techniki Jądrowej*, 58, 1, 19-23.