



Środki ochrony zabytków - perspektywy dezynsekcji i dezynfekcji zabytków za pomocą promieni gamma

Adam Krajewski¹, Jan Perkowski², Piotr Witomski¹

¹ Zakład Ochrony Drewna SGGW w Warszawie
² Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej PŁ

Wstęp

Działania zmierzające do eliminacji czynników biokorozji materialnych dóbr kultury podzielić można na ochronę profilaktyczną i zwalczanie. Ochrona profilaktyczna obejmuje przede wszystkim właściwe warunki przechowywania w magazynach muzealnych i właściwe warunki ekspozycji obiektów muzealnych oraz odpowiednie warunki eksploatacji zabytkowych budynków. Sprowadza się to przede wszystkim do utrzymania właściwego reżimu termiczno - wilgotnościowego i warunków oświetlenia eksponatów w muzeach oraz eliminacji zawilgocenia obiektów architektonicznych. Właściwe warunki wilgotności środowiska rozstrzygają o trwałej nieobecności wszystkich gatunków grzybów i bakterii oraz niektórych gatunków owadów. Uważa się, że względna wilgotność powietrza w muzeach powinna zawierać się w przedziale 50 - 65% (Bronikowski 1966, Wolters 1974). Za optymalne warunki przechowywania eksponatów muzealnych uważa się względną wilgotność powietrza 58% i temperaturę na poziomie 16 - 18 °C (Wolters 1974). Konieczny jest również monitoring obiektów muzealnych, zwłaszcza złożonych w magazynach i schodzących uwadze personelu na "dalszy plan", jak też zabytkowych budynków. Oprócz możliwie częstych przeglądów można stosować pułapki, pozwalające wykryć obecność przynajmniej niektórych gatunków szkodliwych owadów (Story 1985) - przede wszystkim świetlne. W grę wchodzi także użycie środków chemicznych - impregnatów do profilaktycznej ochrony drewna i substancji działających jako repelenty w przypadku szkodników tkanin, filcu, wołoku, skór i futer.

Podjęciem eliminację czynników niszczących materialne dobra kultury korzysta się z chemicznych, fizycznych i znacznie rzadziej biologicznych metod zwalczania. Zwalczanie czynników biodegradacji różnych materiałów zawsze powinno uwzględniać zachowanie lub doprowadzenie do właściwych warunków przechowywania i ekspozycji muzealiów oraz właściwych warunków eksploatacji obiektów architektonicznych. Zwłaszcza w przypadku grzybów i bakterii brak zachowania takich warunków, mimo stosowania najlepszych środków i metod zwalczania, nie da trwałych rezultatów. Tworzywo zabytku w dużej mierze określa środki i metody zwalczania czynników biokorozji.

1. Metody i środki zwalczania owadów w zabytkach

Owady niszczące papier

Wydaje się, że w warunkach współczesnych budynków ogryzające papier owady stanowią mniejsze zagrożenie niż przed drugą wojną światową. Zarówno rybnik cukrowy jak i karaczany wymagają bowiem stosunkowo dużej wilgotności powietrza i szczelin do ukrycia się. Eliminacja tych uwarunkowań, która objęła zdecydowaną większość placówek muzealnych (pomijając ekspozycje w muzeach skansenowskich) jest dobrym środkiem profilaktyki ochronnej. W czasach, gdy gatunki te stanowiły poważne zagrożenie, sięgano po chemiczne środki zabezpieczania i zwalczania. Jako substancję zwalczającą rybnika Zacher (1927) zalecał naturalny pyretroid, znany pod handlową nazwą proszku perskiego i dalmatyńskiego. Syntetyczne pyretroidy zalecane były później (Dyjeciński 1964) oraz zalecane są i w ostatnich latach do zwalczania tego gatunku (Story 1985). Jako środek ochrony zbiorów zalecane są substancje odstrasżające - repelenty (Story 1985). Do wczesnych repelentów można zaliczyć naftalinę i kamforę, zalecane przez Zachera (1927). Od dawna zalecano również chwytny, lepki pułapki pokarmowe (syrop lub miód)

z dodatkiem substancji toksycznej (zw. arsenu lub fosforu) (Zacher 1927, Dyjечиński 1964), co figuruje w arsenale środków zwalczających i dziś (Story 1985). Współczesne opracowania sięgają również do typowych działań o charakterze ekologicznym zalecając usuwanie potencjalnych źródeł podstawowego pokarmu, obniżenie wilgotności oraz oświetlenie pomieszczeń w celu odstraszania tego gatunku o aktywności nocnej (Story 1985). Jako element walki z rybikiem Dyjечиński (1964) zalecał doprowadzenie do obniżenia wilgotności w pomieszczeniach nawiedzanych przez ten gatunek, zapewnienie czystości z usuwaniem wszelkich odpadków organicznych.

Skuteczne zwalczanie karaczanów i rybików przy ich masowym pojawie osiągnąć można poprzez **gazowanie**. W starszych opracowaniach zalecano takie związki chemiczne, jak dwusiarczek węgla, czterochlorek węgla i paradwuchlorobenzen, oraz kilka firmowych preparatów (Zacher 1927). Do 1981 r. w Niemczech stosowano do zwalczania karaczanów akrylonitryl (Unger i Unger 1986).

Oprócz gazowania od dawna stosowano również **rozpylane środki**. Czynność takich proszków uwarunkowana jest tu zwyczajem czyszczenia czułek i odnóży przez karaczany za pomocą aparatu gębowego, dzięki czemu część substancji czynnej może trafić do przewodu pokarmowego (Zacher 1927). W zw. z tym, oprócz działania kontaktowego i oddechowego, niektóre substancje mogą mieć działanie wewnętrzne (żołądkowe). Do ich zwalczania stosowano naturalny pyretroid - proszek *Perthrum* (Kemper 1943).

Starym sposobem zwalczania karaczanów było **wykładanie trutek** w postaci past lub proszków. Postać **pasty** miały kombinacje kłajstru z mąki z dodatkiem cukru i 1-2% fosforu, rozgotowanego grochu z tłuszczem i piwem z dodatkiem trucizny pokarmowej w składzie 2 części boraksu i 1 części kwasu salicylowego. Masa formowana w pigułki wykładana była w uczęszczanych miejscach przez karaczany.

Pasta o podobnym składzie zawierała zamiast kwasu salicylowego fluorek sodu. Trutki **w postaci proszku** zawierały: fluorek sodowy, fluorek wapniowy, kwaśny fluorek sodowy, dodawane do substancji spożywczych: mąki, cukru itp.

Silne ograniczenie karaczanów umożliwiają **pułapki chwytne**. Pułapki starszych typów konstruowane były w oparciu o pokarmowe upodobania karaczanów oraz ich skłonność do wyszukiwania szczelin i zakamarków do ukrywania się (Zacher 1927). Karaczany wydają niemilą woń z wydzieliny produkowanej przez gruczoły na grzbiecie, na co od dawna zwracano uwagę.

Najskuteczniejszym sposobem pozbycia się gryzków w budynkach jest przesuszenie potencjalnych obiektów ataku i doprowadzenie powietrza do względnej wilgotności poniżej ok. 55% (Rassmann i Wohlgemuth 1982, Ignatowicz 2003), co prowadzi do szybkiej śmierci tych zwierząt lub ich usunięcia się z takich pomieszczeń.

Owady niszczące tkaniny

Ochrona przed "keratynożercami" sprowadza się do częstego przeglądania zbiorów oraz eksponowania ich w szczelnych gablotach (Story 1985). Najgroźniejszy owada niszczący tkaniny w warunkach współczesnych budynków, mól włosienniczek, należy bowiem do gatunków znoszących bardzo niską wilgotność powietrza (Van Emden 1927). Stosowane jest chemiczne zabezpieczenie, mające również charakter zwalczający, poprzez wykładanie preparatów uwalniających **trucizny oddechowe i lotne repelenty**, np. paradwuchlorobenzen, chlorpiryfos, dichlorfos, jodfenfos. Szereg preparatów zawiera również **syntetyczne pyretroidy**, działające kontaktowo i żołądkowo. Bywają one kombinowane w preparatach z wymienionymi wcześniej substancjami uwalniającymi fazę lotną lub stosowane w emulsjach wodnych, którymi opryskuje się szczeliny w meblach i podłogach, stanowiące miejsca przenikania owadów (zwłaszcza gąsienic moli). Ekspozyty mogą też być okresowo gazowane przy użyciu toksycznych fumigantów, wspomnianych już przy opisywaniu metod dezynsekcji drewna.

Zwalczanie owadów niszczących drewno

Drewno wymaga chemicznego zabezpieczenia przed gatunkami owadów zaszeregowanych do grupy I. Jeśli któryś gatunek opanował już obiekt mający wartość jako dobro kultury (lub przynajmniej ekonomiczną), wówczas podejmuje się zwalczanie, nazywane dezynsekcją drewna. Wykorzystuje się do tego niektóre **specjalne impregnaty** (Becker G. 1964, Dominik J. i Starzyk J.R. 1989, Krajewski i Mączyński D. 1993). Wymaga się od nich głębokiej penetracji przy

stosowaniu prostych sposobów nasycania oraz działania żołądkowego i kontaktowego. W latach 60-tych XX w. oczekiwano od nich również uwalniania **trucizn oddechowych** (Becker 1964). Obecnie preparaty takie z reguły zawierają syntetyczne pyretroidy w benzynie. Do zwalczania owadów niszczących drewno stosuje się również liczne toksyczne gazy (Kemper 1943, Unger i Unger 1986, Bond 1989, Dominik i Starzyk 1989). Obecnie do dezynsekcji drewna stosowany jest fosforowodór oraz tlenek etylenu w mieszaninie z dwutlenkiem węgla (Krajewski 2002). W krajach UE bromek metylu, stosowany do niedawna dość powszechnie, zostaje zastępowany fluorkiem siarki. Jak wynika z piśmiennictwa (np. Unger i Unger 1992) oraz obserwacji własnych, stosowane sporadycznie niereaktywne gazy, takie jak azot i argon, wymagają wielotygodniowego działania przy podwyższonej temperaturze otoczenia, żeby można było uzyskać skuteczność takiego zabiegu. Podejmowane są również próby działania wspomagającego przy użyciu paradwuchlorobenzenu, sublimującego środka, używanego dość powszechnie w preparatach przeciwmolowych (Kigawa Rika i Yamano Katsuji 1996).

Do dezynsekcji drewna stosowane są także od wielu lat **niektóre metody fizyczne**: z użyciem gorącego powietrza (Becker i Loebe 1961, Krajewski 2001) oraz promieni gamma (Krajewski 1990, 1991, 1992, 1996, 1997 b, 1997 c, 2001, Krajewski i Mączyński 1993, Krajewski i Stachowicz 2003). Larwy kołatka domowego wykazują przy tym większą wrażliwość na działanie wysokiej temperatury (Becker i Loebe 1961, Krajewski 2001). Ten rodzaj dezynsekcji może być jednak groźny dla zabytków o złożonej strukturze materiałowej, a zwłaszcza drewna z mono- i polichromiami. Specyficzne efekty termiczne dają również krótkie i ultrakrótkie fale radiowe (zwłaszcza mikrofały). Nie nadają się stanowczo do dezynsekcji drewna z mono- i polichromiami, a zwłaszcza pokrytego złoconiami, mimo iż pomysł ten odżywa co pewien czas. W wyniku takich działań mogą powstawać bardzo poważne uszkodzenia powłok, a nawet samego drewna (Krajewski 2001).

W odróżnieniu od fal radiowych promienie gamma wykorzystywane są od lat siedemdziesiątych do konserwacji zabytków: do strukturalnego wzmacniania drewna (sieciowanie wprowadzonych monomerów), dezynsekcji i dezynfekcji drewna.

Larwy kołatkowatych, w tym larwy kołatka domowego i larwy wyschlika grzebykorożnego wykazują mniejszą wrażliwość na promienie gamma, w stosunku do larw spuszczela pospolitego. Do zwalczania ksylofagicznych kołatkowatych celowe jest zatem stosowanie dawek wielkości 2–3 kGy (Bär i inni 1983, Krajewski 1990, 1991, 1992, 1996, 1997 b, 2001).

2. Dotychczasowa praktyka zwalczania ksylofagicznych owadów w zabytkach za pomocą promieni gamma w Polsce

Po analizach podjętych w 1969 r. przez Francuską Komisję d.s. Energii Atomowej uruchomiono we Francji program NUCLEART (Anonim), mający zapewnić wykorzystanie energii jądowej dla potrzeb konserwacji zabytków. Pierwsze prace w tym zakresie we Francji podjął L. de Nadaillac (Ramiere 1996) w Centrum Badań Nuklearnych (CEA) w Grenoble. Od tej pory instytucje odpowiadające za te prace uległy wielokrotnym przeobrażeniom. W 1996 r. sprawami tymi zajmowała się „Regionalna Pracownia Konserwacyjna NUCLEART”, skupiająca licznych partnerów, m. in. CEA oraz Ministerstwo Kultury i Samorządów Terytorialnych (region Rodan – Alpy i miasto Grenoble) (Ramiere 1996). Dotychczas we Francji poddano napromieniowaniu kilkaset obiektów reprezentujących mokre drewno archeologiczne od neolitu po XVIII w., kilkaset obiektów reprezentujących suche drewno (rzeźby, meble, zabytki etnograficzne itp.), mumię Ramzesa II-ego, różnego rodzaju rzeźby kamienne: głowice kolumn, stelle i inne znaleziska archeologiczne (Anonim, Detanger i inni 1974, Ginier – Gillet i inni 1984).

Założenia technologiczne dokonane we Francji przyjęto w latach osiemdziesiątych w byłej Czechosłowacji. W Muzeum Środkowych Czech w Roztokach koło Pragi uruchomiono komorę jonizacyjną, z zastosowaniem kobaltu ⁶⁰Co, gdzie w szczytowym okresie ok. połowy lat osiemdziesiątych XX w. poddawano dezynsekcji nawet 1850 obiektów w skali rocznej (Urban i Justa 1986). W obu krajach posługiwano się kobałtem ⁶⁰Co.

W latach osiemdziesiątych XX w. w byłej NRD przeprowadzono za pomocą promieni gamma pierwszą (i jak dotąd jedyną) dezynsekcję *in situ* w obiekcie architektonicznym przy użyciu mobilnego urządzenia HWK-3, zawierającego cez ¹³⁷Cs (Bär i inni 1983, Unger 1984). Zaletą źródeł kobaltowych jest niższa cena i metaliczna postać izotopu. Wadą jest stosunkowo krótki okres półtrwania. Źródła cezowe ze względu na niższą energię kwantów mogą być osłaniane

uranem, co zmniejsza gabaryty urządzeń. Natomiast postać chemiczna, łatwo rozpuszczalny chlorek cezu, stwarza większe zagrożenie w przypadku rozszczelnienia osłony (Bogus 1996).

Zainteresowanie użyciem promieni gamma do konserwacji zabytków znalazło oddźwięk w polskim piśmiennictwie konserwatorskim od lat osiemdziesiątych XX w. (Mączyński 1985, Krajewski 1990, 1991, Pękala i Perkowski 1993, Perkowski i Pękala 1995, Krajewski 1996, 1997, 2001). Ostatnia dekada XX w. przyniosła bardzo duży postęp w badaniach i praktycznym wykorzystaniu promieni gamma do konserwacji zabytków w Polsce. Zwłaszcza w dziedzinie dezynsekcji drewna możemy poszczycić się sporym postępem. Zauważa się natomiast potrzebę wnikliwszych badań nad dezynfekcją różnych materiałów, zwłaszcza papieru, tekstyliów i skóry wobec pojawiania się potrzeby zwalczania mikroorganizmów na bardzo licznych obiektach zawierających takie materiały.

Praktyczne użyciu promieni gamma znalazło wyraz w konserwacji szeregu zabytków, przeprowadzonej w Międzyresortowym Instytucie Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej, posiadającym komorę jonizacyjną z urządzeniem zawierającym kobalt ^{60}Co . Zestawienie tych obiektów zamieszczono w tabeli 1.

Większość zabytków traktowanych promieniami gamma to obiekty drewniane, poddawane przede wszystkim dezynsekcji. Zastosowane dawki są dobrane do zwalczania ksylofagicznych kołatkowatych (*Anobiidae*), zgodnie z nowszymi zaleceniami w literaturze polskiej i niemieckiej. W takich przypadkach brak jest większych problemów, gdyż stan badań jest zaawansowany a wymagane dawki stosunkowo niezbyt wysokie.

Kamień jedynie raz poddany został dezynfekcji. I tu bez większych problemów dawkę można było dobrać do zakładanego mikroorganizmu i rodzaju tworzywa. Uwagę zwracają jednak dwie pozycje zbiorcze: książki z Biblioteki Głównej Politechniki Łódzkiej i 60 tys. obuwia więziarskiego z Państwowego Muzeum w Majdanku. Zwłaszcza w przypadku książek zastosowana dawka musiała być kompromisem pomiędzy zaleceniami dotyczącymi zwalczania mikroorganizmów a zaleceniami ostrożności w stosunku do papieru. W konsekwencji była dość niska – 6 kGy wobec zalecanych 15 – 18 kGy. W stosunku do skóry i tekstyliów w obuwiu zastosowano już znacznie większą dawkę – 19,4 kGy, wobec braku w piśmiennictwie sygnałów ostrzegawczych odnośnie napromieniowania takich materiałów dużymi dozami promieni gamma.

3. Oddziaływanie promieniowania gamma na organizmy żywe

Promieniowanie jonizujące może wywołać szereg zmian chemicznych w mikroorganizmach. Zakłada się, że dla spowodowania śmierci drobnoustroju konieczne jest uszkodzenie DNA, który jest nośnikiem informacji genetycznej w komórce żywej. Promieniowanie może uszkodzić jedną (single-strand break) lub obie cząsteczki DNA (double strand break). Zarówno bakterie, jak pleśnie i drożdże są zdolne do naprawy różnych uszkodzeń DNA. Uszkodzenie jednego tylko łańcucha jest z reguły łatwe do naprawy, gdyż prawidłowa informacja genetyczna jest zawarta w drugiej - komplementarnej nici. Rozerwanie obu nici DNA pod wpływem promieniowania jonizującego stanowi tylko od 5% do 10% liczby uszkodzeń pojedynczych. Większość drobnoustrojów nie jest zdolna do naprawy takich uszkodzeń, przykładem jest *Escherichia coli*. Jednakże w przypadku bardziej opornych szczepów, w których DNA jest przyłączony w wielu punktach do membrany plazmowej, istnieje możliwość naprawy także takich uszkodzeń. Tym można tłumaczyć wysoką oporność na promieniowanie szczepu *Micrococcus radiodurans*. Możliwością naprawy uszkodzeń DNA tłumaczony jest również fakt, że bakterie będące w wykładniczej fazie cyklu wzrostu są znacznie bardziej wrażliwe na promieniowanie w porównaniu do fazy stacjonarnej.

Uszkodzenia DNA mogą być spowodowane bezpośrednio absorpcją energii promieniowania i wzbudzeniem cząsteczki lub pośrednio - w wyniku reakcji rodnikowych produktów radiolizy wody, a szczególnie rodników hydroksylowych, $\cdot\text{OH}$. Rodniki hydroksylowe powstają w wodnej otoczkę cząsteczki DNA. Przyjmuje się, że około 90% uszkodzeń DNA powodują te rodniki.

Zależnie od rodzaju i wielkości zakażenia, a także czynników związanych z rodzajem dezynfekowanego obiektu oraz warunkami otoczenia, konieczne są różnej wielkości dawki promieniowania. Stwierdzono, że do całkowitej eliminacji owadów niszczących drewno potrzeba około 2 do 3 kGy, natomiast dla likwidacji sporów bakteryjnych i pleśniowych konieczne są dawki wyższe nawet do 15 kGy. Najogólniej można przyjąć tezę, że im forma organizmu jest wyższa i młodsza w rozwoju tym odporność na promieniowanie jest mniejsza. Z reguły określona dawka powoduje wyższą śmiertelność osobników żeńskich niż męskich.

W odniesieniu do owadów bardzo ważnym zagadnieniem jest, czy chcemy osiągnąć skutek natychmiastowy czy też efekt może być rozłożony w czasie. I tak dla spowodowania szybkiej śmierci owadów (w ciągu 24 godzin) konieczne są dawki rzędu 3 - 5 kGy (dawki letalne). Natomiast dawka 1 kGy jest wystarczająca do wywołania z dużym prawdopodobieństwem śmierci owadów w ciągu kilku dni, dawki 0.25 do 0.50 kGy spowodują śmierć w ciągu kilku tygodni lub powodują tylko zanik zdolności rozmnażania się owadów. Niższa śmiertelność występuje, gdy dawka jest frakcjonowana, a ma to związek z możliwością naprawy uszkodzeń wywołanych promieniowaniem.

Obecnie do dezynfekcji drewna stosowana jest na ogół dawka 500 Gy, która uznana jest za całkowicie bezpieczną dla drewna. Stwierdzono, że do zniszczenia owadów i ich larw wystarczy około 20 razy mniejsza dawka promieniowania niż do pleśni i grzybów.

Ważnym, lecz mało wspomnianym zagadnieniem jest fakt, że wykonanie radiacyjnej dezynfekcji przed dalszymi pracami konserwatorskimi daje poczucie bezpieczeństwa zdrowia (a może i życia) prowadzącym prace konserwatorom. Przecież znane są także i w Polsce fakty zapadania na różnego typu niezidentyfikowane choroby osób prowadzących prace konserwatorskie. Związane jest to oczywiście z występowaniem w niektórych przypadkach na starych obiektach pewnych dawnych form przetrwalnikowych, na które nie jesteśmy dziś uodpornieni.

4. Wnioski

Promieniowanie jonizujące jest skutecznym i pewnym czynnikiem zwalczającym różnego typu organizmy niszczące dzieła sztuki. Jednak jego zastosowanie powinno być każdorazowo przeanalizowane i ograniczone jedynie do przypadków niewątpliwego zakażenia. Należy mieć duży dystans do działań Czeskich, gdy radiacyjna dezynsekcja stosowana jest na tzw. „wszelki wypadek”. Każde działania niepotrzebne są szkodliwe dla dzieł sztuki i odnosi się to do wszelkich metod dezynfekcji zarówno chemicznych, fizykochemicznych jak i użycia promieniowania jonizującego.

Szeroka akcja informacyjna powinna pracującym konserwatorom przedstawić zalety i wady poszczególnych metod walki z korozją biologiczną. Doboru właściwej, skutecznej i jak najmniej szkodliwej musi dokonać osoba odpowiedzialna za stan dzieła sztuki.

W Instytucie Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej istnieje jedyne w Polsce urządzenie - komora radiacyjna, które wyposażone jest w źródła izotopowe (^{60}Co) i może być wykorzystywane do dezynfekcji i dezynsekcji obiektów zabytkowych. Celem lepszego zapoznania się co do jej możliwości przedstawiamy rysunek rzutów komory w dwu płaszczyznach wraz z wymiarami, natomiast tabela zestawia wykonane dotychczasowe prace z tego zakresu. Mamy nadzieję, że technika radiacyjna zajmie w naszym kraju właściwe miejsce wśród metod konserwatorskich.

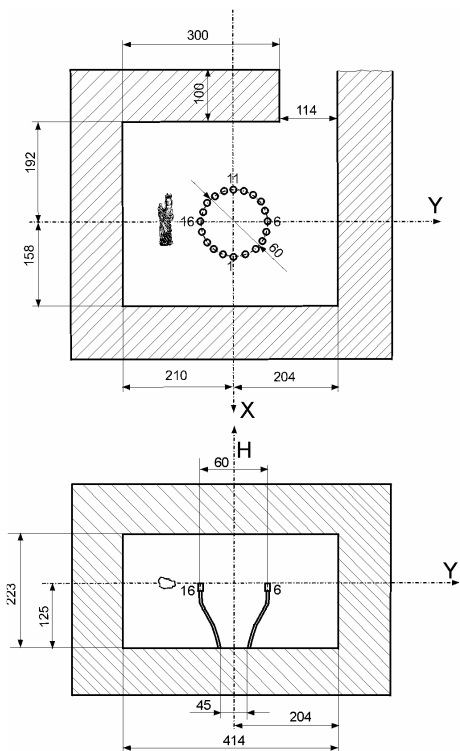
LITERATURA

- [1] Anonim: *Cultural Heritage and nuclear conservation*, NUCLEART, Grenoble, 3 s.
- [2] Bär M., Kerner G., Köhler W., Unger W. 1983: *Die Bekämpfung holzerstörender Insekten mit ionisierender Strahlung*, Neue Museums Kunde, nr 4, 208 – 215.
- [3] Beck W. 1969: *L'emploi des radiations ionisantes pour l'assainissement du bois ancien*, in: Symposium on the Weathering of Wood, International Council of Monuments and Sites, Ludwigsburg – Germany 8-11.06.1969, 53 –68.
- [4] Becker G. 1964: *Die Wirksamkeit von Schutzmitteln gegen holzerstörende Käfer und ihre Baständigkeit*, Anzeiger für Schädlingkunde, t. 37, 177 – 183.
- [5] Becker G., Loebe I. 1961: *Die Wirksamkeit Hitzenempfindlichkeit holzerstörender Käferlarven*, Anzeiger für Schädlingkunde, t. 34, 145 – 149.
- [6] Bogus W. 1996: *Zasady działania izotopowych urządzeń radiacyjnych*, w: materiały konferencyjne Ogólnopolskiego Sympozjum w Łodzi 23 – 24 kwietnia 1996 r. „Technika radiacyjna i izotopowa w konserwacji zabytków”, Fundacja Badań Radiacyjnych, Łódź, 7 – 14.
- [7] Bond E.J. 1989: *Zwalczanie owadów metodą gazowania* (tłumaczenie z j. angielskiego), Instytut Ochrony Roślin, Poznań.
- [8] Bronikowski J. 1966: *Niektóre problemy mikroklimatu pomieszczeń zabytkowych i muzealnych*, Biuletyn Informacyjny PKZ, nr 3, 21 – 25.
- [9] Detanger B., Ramiere R., de Tassigny C., Eymery R., L. de Nadaillac 1974: *The treatment of wooden objects*, *Revue Bois et Forets des Tropiques*, nr 154, 59 – 62.

- [10] Dominik J., Starzyk J.R. 1989: *Ochrona drewna. Owady niszczące drewno*, PWRiL, Warszawa.
- [11] Dyjeckiński J. 1964: *Szkodniki artykułów spożywczych. Wykrywanie, rozpoznawanie i zwalczanie*, Wydawnictwo Przemysłu Lekkiego i Spożywczego, Warszawa.
- [12] Ginier – Gillet A., Parchas M.-D., Ramiere R., Tran Q.K. 1984: *Methodes de conservation developpees au Centr d'Etude et Traitement des Bois Gorgre d'Eau (Grenoble – France)*: impregnation par une resine radiodurcissable et lyophilisation, in: Proceedings of the 2nd ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference, Centre d'Etude et de Traitement des Bois Gorges d'Eau, Grenoble, 125 – 137.
- [13] Ignatowicz S 2003: *Gryzki, ich szkodliwość i zwalczanie*, Biuletyn Polskiego Stowarzyszenia Pracowników Dezynfekcji, Dezynsekcji i Deratyzacji, nr 4, 24 – 25.
- [14] Kigawa Rika i Yamano Katsuji 1996: *Accelerated mortality of Sitophilus zeamais and Japanese common museum pests by application of p - dichlorobenzene to the low oxygen atmosphere fumigation*, Bunkazai Hozon Shufuku Gakkaishikobunkazai no kagaku, nr 40, 24 – 34.
- [15] Kemper H. 1943: *Die Haus- und Gesundheitsschädlinge Materialschädlinge und ihre Bekämpfung*, Duncker und Humblot, Berlin.
- [16] Krajewski A. 1990: *Zwalczanie owadów - szkodników technicznych drewna za pomocą promieni gamma*, w: „ochrona drewna” – XV Sympozjum, Rogów 26 – 28.09.1990, Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 23 – 29.
- [17] Krajewski A. 1991: *Wykorzystanie promieni gamma do ochrony zabytków*, Ochrona Zabytków, nr 2, 104 – 111.
- [18] Krajewski A. 1992: *Ochrona zabytkowych obiektów drewnianych przed grzybami i owadami*, Przemysł Drzewny, nr 3, 26 – 32.
- [19] Krajewski A. 1996: *Z badań nad zwalczaniem promieniami gamma owadów niszczących zabytki i muzealia*. Część 1 – odporność różnych stadiów rozwojowych, Ochrona Zabytków, nr 4, 394 – 408.
- [20] Krajewski A. 1997: *Z badań nad zwalczaniem promieniami gamma owadów niszczących zabytki i muzealia*. Część 2 – odporność różnych gatunków, Ochrona Zabytków, nr 1, 47 – 55.
- [21] Krajewski A. 2001: *Fizyczne metody dezynsekcji drewna dóbr kultury*, Wydawnictwo SGGW., Warszawa.
- [22] Krajewski A. 2002: *Rozwój technologii dezynsekcji dóbr kultury przy użyciu fumigacji*, Ochrona Zabytków, nr 3/4, 360 – 373.
- [23] Krajewski A., Mączyński D. 1993: *Problemy dezynsekcji drewnianych zabytków w Polsce*, Ochrona Zabytków, nr 4, 356 – 362.
- [24] Krajewski A., Stachowicz W. 2003: *Zwalczanie promieniami gamma owadów niszczących drewno zabytków*, Postępy Techniki Jądrowej, nr 2, 26 – 35.
- [25] Mączyński D. 1985: *Zastosowanie promieniowania gamma w dziedzinie konserwacji zabytków*, Ochrona Zabytków, nr 4, 311 – 314.
- [26] Perkowski J., Pękala W. 1995: *Promieniowanie dla zabytków*, Spotkania z Zabytkami, nr 1, 41 – 42.
- [27] Pękala W., Perkowski J. 1993: *Technika radiacyjna*, Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki, vol. 4, nr 3-4, 4 – 6.
- [28] Ramiere R. 1996: *Konserwacja dzieł sztuki promieniami gamma we Francji*, w: materiały konferencyjne Ogólnopolskiego Sympozjum w Łodzi 23 – 24 kwietnia 1996 r. „Technika radiacyjna i izotopowa w konserwacji zabytków”, Fundacja Badań Radiacyjnych, Łódź, 68 – 88.
- [29] Rassmann W., Wohlgemuth 1984: *Untersuchungen zur Biologie von Liposcelis divinatorius (Psocoptera, Liposcelidae)*, Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz, nr 7, 121 – 127.
- [30] Story K.O. 1985: *Pest Menagement in Museums*, Smithsonian Institution, Suitland, Maryland.
- [31] Unger W. 1984: *Möglichkeiten zur Bekämpfung holzerstörender Insekten durch physikalische Methoden*, Holztechnologie, nr 5, 264 – 269.
- [32] Unger A., Unger W. 1986: *Begasungsmittel zur Insektenbekämpfung in hölzernem Kulturgut*, Holztechnologie, nr 5, 232 – 236.
- [33] Unger A., Unger W. 1992: *Die Bekämpfung tierischer und pilzlicher Holzschädlinge*, w: Holzschutz, Holzfestigung, Holzergänzung, Beiträge einer Fortbildungsveranstaltung des Bayerischen Landesamtes für Denkmalpflege am 4. Mai 1992 in München, Bayerischen Landesamt für Denkmalpflege - Restaurierungswerkstätten, München München, 42 – 59.
- [34] Urban J., Justa P. 1986: *Conservation by gamma radiation: the Museum of Central Bohemia in Ritztoky*, Museum, nr 151, 165 – 167.
- [35] Van Emden F. 1929: *Über Rolle der Feuchtigkeit im Leben der Speicherschädlinge*, Anzeiger für Schädlingskunde, nr 5, 58 – 60.
- [36] Wolters Ch. 1974: *O ochronie zabytków w muzeach i odpowiednich środkach zaradczych*, Muzealnictwo, nr 22, 81 – 87.
- [37] Zacher F. 1927: *Die Vorrats-, Speicher- und Materialschädlinge und ihre Bekämpfung*, Paul Parey Verlag, Berlin.

Tab. 1. Dotychczasowe zastosowanie promieni gamma do konserwacji zabytków w Polsce

Obiekt i jego pochodzenie	Tworzywo obiektu	Zakres działania	Dawka [kGy], nierównomierność dawki [%]	Rok
meble ze sklepu Wedla, pensjonat De Ja Vu w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1990,
ołtarz z kaplicy cmentarnej w Rząśni, woj. łódzkie	drewno	dezynsekcja i dezynfekcja	10 kGy , 15%	1993
ołtarz M. B. z kościoła w Kurowicach, woj. łódzkie	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1995
meble z pokoju W. Reymonta, Muzeum Historii Miasta Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1998
rzeźba gotycka M.B. z Dzieciątkiem (1 poł. XV w.), Muzeum Archidiec. w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy, 12%	1999
skrzydła tryptyku z Rosochy koło. Moszczenicy (pocz. XVI w.), Muzeum Archidiecezjalne w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	1999
zabytkowa komoda, własność prywatna	drewno	dezynsekcja	2 kGy	2000
Madonna z Dzieciątkiem, Muzeum Narodowe w Warszawie	piaskowiec	dezynfekcja – zwalczanie bakterii siarkowych	30 kGy, 20%	2001
60 tys. sztuk obuwia więźniarskiego w 600 workach, Państwowe Muzeum na Majdanku	skóra, tekstylna	dezynfekcja	19,4 kGy, 7,5%	2001
rzeźby św. Franciszka, Antoniego i Anny, Archikatedra w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy	2002
książki z Biblioteki Głównej Politechniki w Łódzkiej	papier	dezynfekcja	6 kGy	2002
rzeźba św. Jana Nepomucena, Muzeum Archidiec. w Łodzi	drewno	dezynsekcja	2 kGy, 12,5%	2003
drewniane maski afrykańskie, regionale skrzynie oraz komoda	drewno	dezynsekcja	10 kGy	2004
	drewno	dezynsekcja	2 kGy	2004



Rys 1. Usytuowanie rzeźby Matki Boskiej z Dzieciątkiem w trakcie zabiegu dezynfekcji w komorze radiacyjnej Instytutu Techniki Radiacyjnej PŁ (wymary komory podano w cm)



Rys 2. Rzeźba Matki Boskiej z Dzieciątkiem z pierwszej połowy XV wieku, własność Muzeum Archidiecezjalnego w Łodzi