

Ochrona zabytków na podłożu papierowym przed mikroorganizmami i owadami

Protection of Paper-based Cultural Heritage against Microorganisms and Insects

JOANNA KARBOWSKA-BERENT

Ochrona zabytków na podłożu papierowym przed biodeteriacją polega przede wszystkim na zapewnieniu prawidłowych warunków ich przechowywania, a w szczególności odpowiedniego mikroklimatu (RH 35-50%, 14-18°C, częstotliwość wentylacji: 0,2 wymiany na godzinę, częstotliwość cyrkulacji powietrza: 2 wymiany na godzinę) oraz porządku i czystości w magazynach. Konieczna jest troska o stan techniczny budynku i eliminacja źródeł jego zawilgocenia. Odkurzanie zbiorów powinno odbywać się co 5 lat przy użyciu odkurzaczy z filtrami HEPA. Stężenia aerozoli grzybowych w magazynach książek lub archiwaliów nie powinny przekraczać 200 jtk/m³. W artykule podane są metody oceny aktywności mikroorganizmów i żerowisk owadów oraz aktualnie polecane sposoby walki z nimi, takie jak stosowanie atmosfer ubogich w tlen, pułapki monitorujące, liofilizacja i in.

Słowa kluczowe: papier, zabytki, grzyby strzępkowe, owady

The protection of paper-based cultural heritage against biodeterioration consists mainly in providing proper conditions of preservation, especially appropriate microclimate (RH 35-50%, 14-18°C, ventilation rate: 0,2 air change per hour, air circulation rate: 2 changes per hour) as well as order and cleanliness in repositories. The attention should be given to the technical state of the building and to elimination of the sources of its humidification. The cleaning of the collections should be held every 5 years using vacuum cleaners with HEPA filters. The concentration of fungal aerosols in the repositories preserving books and archives should not exceed 200 cfu/m³. The article presents methods of estimation of the microorganisms' and insects' activity as well as currently recommended procedures of fighting against them, such as anoxia, insect monitoring traps, freeze-drying and others.

Keywords: paper, cultural heritage, filamentous fungi, insects

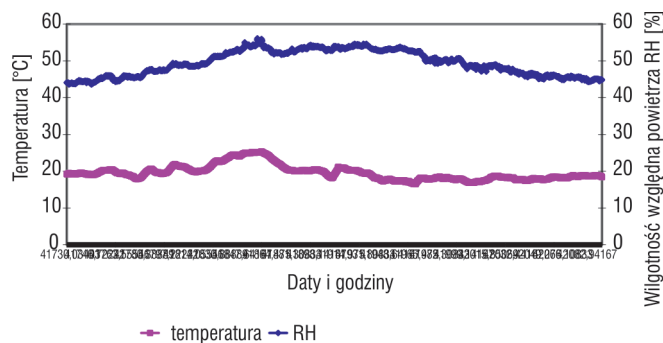
Wprowadzenie

Występowanie i rozwój mikroorganizmów oraz owadów na zabytkach na podłożu papierowym są niepożądane, ponieważ powodują ich biotereriację a ponadto mogą szkodliwie oddziaływać na zdrowie ludzi – archiwistów, bibliotekarzy, czytelników, konserwatorów i in. [21]. Skutki działania mikroorganizmów i owadów na papier zostały opisane uprzednio [14, 15], a w tym artykule zostaną przedstawione metody ochrony przed nimi tej grupy zabytków. Wchodzą one w zakres tzw. konserwacji zapobiegawczej, czyli czynności obejmujących prawidłowe przechowywanie zbiorów, jak i konserwacji zachowawczej, która ma na celu m.in. powstrzymanie aktualnie zachodzących procesów niszczenia. Zintegrowane działania mające na celu ochronę zbiorów przed owadami wchodzą w zakres tzw. systemu IPM (Integrated Pest Management) [4, 24].

Prawidłowy mikroklimat

Obecnie dominuje pogląd, że najlepszym sposobem ochrony obiektów na podłożu z papieru przed biodeteriacją jest zapewnienie prawidłowych warunków ich przechowywania, w szczególności mikroklimatu, w którym nie mogą się rozwijać mikroorganizmy, a rozwój owadów jest uniemożliwiony lub utrudniony. Polska Norma PN-ISO 11799 „Informacja i dokumentacja. Wymagania dotyczące warunków przechowywania materiałów archiwalnych i bibliotecznych” zaleca utrzymywanie w magazynach archiwalnych i bibliotecznych w zakresie 14-18°C i wilgotności względnej powietrza w zakresie 35-50%. Bardzo ważne jest zapewnienie stabilności

Dr J. Karbowska-Berent, Uniwersytet Mikołaja Kopernika, Instytut Zabytkoznawstwa i Konserwatorstwa, Zakład Konserwacji Papieru i Skóry, ul. Sienkiewicza 30/32, 87-100 Toruń; e-mail: karber@umk.pl



Rys. 1. Wyniki monitoringu całorocznych zmian temperatury i wilgotności względnej powietrza w jednym z magazynów archiwalnych

mikroklimatu w magazynach, tzn. amplitudy dzienne temperatury nie powinny przekraczać 1°C , a amplitudy dzienne wilgotności względnej powietrza 3% [23]. Takie warunki powinny panować w całym magazynie, także w narożnikach, w strefach w pobliżu ścian, we wnętrzach regałów kompaktowych, szaf, szuflad i pudeł.

Wartości wilgotności względnej powietrza niższe od 35% powodują przesuszenie papieru, zmniejszają jego elastyczność a zwiększają kruchość, natomiast wartości wyższe od 60% umożliwiają rozwój mikroorganizmów. Przy aktywności wody¹ w papierze $A_w=0,6$, która w przybliżeniu odpowiada wilgotności względnej powietrza wynoszącej 60%, mogą rosnąć sucholubne grzyby m.in. odpowiedzialne za niektóre rodzaje zaplamień typu *foxing*. Im wyższa wilgotność względna powietrza, tym więcej gatunków grzybów i bakterii może występować w zbiorach na podłożu papierowym.

W celu oceny a następnie poprawy jakości mikroklimatu w magazynach niezbędny jest monitoring temperatury i wilgotności względnej powietrza. Precyzyjne i wygodne w użyciu są termohigrometry elektroniczne, a szczególnie rejestratory, czyli termohigrometry dokonujące pomiarów w zaprogramowanych interwałach czasowych, mieszczących się w zakresie od kilku sekund do kilkudziesięciu godzin, i wyposażone w pamięć przechowującą dane. Po zebraniu danych z miesiąca, kwartału lub roku można dokonać ich wizualizacji w postaci wykresów lub tabel oraz wykonać obliczenia statystyczne (rys. 1). Monitoring mikroklimatu powinien być przeprowadzany w każdym pomieszczeniu, w którym przechowuje się lub ekspozuje obiekty zabytkowe [29].

W przypadku stwierdzenia nieprawidłowości można rozważyć doraźne stosowanie nawilżaczy lub osuszaczy powietrza, jednak niezbędne jest dokonanie oceny stanu technicznego budynku

w celu wykrycia źródeł zawilgocenia przegród budowlanych (ścian, stropów). Przyczyn zawilgocenia przegród budowlanych a także przechowywanych zbiorów może być wiele, np. brak izolacji fundamentów i związane z tym podciąganie wody gruntowej siłami kapilarnymi w murze, zbyt cienkie, „przemarzające” ściany zewnętrzne budynku, niewystarczająca wentylacja pomieszczeń, zalanie pomieszczeń wodą w wyniku awarii instalacji wodnych, przecieki spowodowane nieszczelnościami w pokryciu dachowym, nieprawidłowe rozmieszczenie lub brak konserwacji rynien i rur spustowych, wadliwa izolacja instalacji wodno-kanalizacyjnej skutkująca kondensacją wody. W razie wykrycia zawilgocenia przegród budowlanych lub nieszczelności instalacji wodnych w budynku należy przede wszystkim usunąć źródła zawilgocenia i możliwie jak najszybciej przeprowadzić niezbędne naprawy lub remont, obejmujący także dezynfekcję zagrzybionych ścian lub stropów.

W zapobieganiu rozwojowi mikroorganizmów w zbiorach na podłożu papierowym niemniej ważne jak utrzymywanie właściwej temperatury i wilgotności względnej powietrza jest zapewnienie dostatecznej wentylacji w magazynach. Valentin i wsp. [27] badali możliwości wzrostu grzyba *Penicillium commune* i bakterii *Bacillus subtilis* na próbkach bibuły Whatman no. 1 w izolowanej komorze w różnych zakresach temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz przy różnych krotnościach wymiany powietrza na godzinę. Stwierdzili, że można zapobiec kiełkowaniu zarodników grzybów przy stosunkowo niskich wartościach krotności wymiany powietrza na godzinę w zakresie 0,48-1,20. Wg wytycznych Dutch State Archives wystarczająca jest częstotliwość wentylacji wynosząca 0,2 wymiany powietrza na godzinę przy jednoczesnym zapewnieniu częstotliwości cyrkulacji w ilości 2 wymian na godzinę², prędkości powietrza 0,01 m/s, temperatury $18 \pm 2^{\circ}\text{C}$ i RH $50 \pm 5\%$ [6]. Ponadto, aby poprawić cyrkulację powietrza w magazynie zaleca się stosowanie regałów otwartych, zachowanie odstępów 70-80 cm między regałami i 20 cm między regałami a ścianami, szczególnie zewnętrznymi, a także perforowanie metalowych półek i wsporników.

Umieszczanie obiektów w zamkniętych szafach lub pudłach pozwala na częściowe zniwelowanie wahań parametrów mikroklimatu, jednak trudniej zapewnić w nich ruch powietrza. Obecnie nowe magazyny chętnie wyposaża się w metalowe przesuwne regały kompaktowe, ponieważ pozwalają one na oszczędność miejsca oraz chronią obiekty przed światłem i kurzem (rys. 2). Jednak korzystanie z takich regałów jest bezpieczne tylko w pomieszcze-

¹ Aktywność wody A_w oznacza stosunek ciśnienia pary wodnej nad materiałem w stosunku do ciśnienia pary wodnej nad czystą wodą w tej samej temperaturze. Czysta chemicznie woda ma aktywność $A_w=1$. Wraz ze wzrostem stężenia związków rozpuszczalnych aktywność wody spada poniżej 1.

² Częstotliwość wentylacji określa ilość razy, jaką w ciągu godziny powietrze wewnątrz pomieszczenia zostanie wymienione przez powietrze zewnętrzne; częstotliwość cyrkulacji określa, ile razy w ciągu godziny powietrze obiegło pomieszczenie; odnosi się zarówno do powietrza dostarczonego z zewnątrz, jak i krążącego wewnątrz pomieszczenia.

niach klimatyzowanych, o prawidłowym i stabilnym mikroklimacie, ponieważ ruch powietrza jest w nich ograniczony a w razie wzrostu wilgotności względnej powietrza nadmiar pary wodnej wnika w papierowe obiekty, co może doprowadzić do rozwoju mikroorganizmów. W kilkunastu włoskich archiwach i bibliotekach zaobserwowano na oprawach książek umieszczonych w regałach kompaktowych białe naloty grzybni sucholubnego grzyba *Eurotium halophilicum* [20].

Czystość mikrobiologiczna zbiorów i powietrza

Drugim kluczowym elementem troski o zbiory na podłożu papierowym jest zachowanie porządku i czystości w miejscach ich przechowywania, w tym zachowanie odpowiedniej czystości mikrobiologicznej powietrza. Aby zbadać jakość mikrobiologiczną powietrza w pomieszczeniu, pobiera się specjalnym próbnikiem próbę powietrza o określonej objętości i wykrywa się obecne w niej mikroorganizmy. Mikroorganizmy zawieszone w powietrzu (żywe i obumarłe) oraz wytwarzane przez nie struktury i substancje tworzą tzw. bioaerazol. Cząstki te mogą występować samodzielnie lub tworzyć agregaty biologiczne z cząstkami pyłów, włóknami lub kroplami cieczy. W celu przeprowadzenia analiz ilościowych i jakościowych bioaerozolu najczęściej stosuje się metody hodowlane, dzięki którym zostaną wykryte mikroorganizmy tzw. hodowalne, czyli takie, które utworzą kolonie na zastosowanych pożywkach mikrobiologicznych.

W literaturze proponuje się różne wartości graniczne stężeń bioaerozoli, powyżej których powietrze we wnętrzach uznaje się za zbyt zanieczyszczone mikroorganizmami. Biorąc pod uwagę zagrożenia dla zdrowia ludzi Zespół Ekspertów d/s Czynniki Biologiczne (ZECB) Międzyresortowej Komisji d/s Najwyższych Dopuszczalnych Stężeń i Natężeń Czynniki Szkodliwych dla Zdrowia w Środowisku Pracy zaproponował wartość $5,0 \times 10^3$ jtk/m³ dla stężenia aerozolu bakteryjnego i taką samą wartość dla stężenia aerozolu grzybowego jako najwyższe wartości dopuszczalne w powietrzu pomieszczeń mieszkalnych i użyteczności publicznej [9].

Specjaliści w dziedzinie ochrony zbiorów bibliotecznych i archiwalnych proponują znacznie niższe wartości jako maksymalne dopuszczalne stężenia bioaerozoli, ponieważ uwzględniają także ich szkodliwość dla przechowywanych obiektów. Jako górną dopuszczalną granicę stężenia aerozolu grzybowego najczęściej przyjmuje się 200 jtk/m³ [16, 22], 150 jtk/m³ [19] lub 100-120 jtk/m³ [7].

Jedną z ciekawszych interpretacji wyników jakości mikrobiologicznej powietrza, łączącą stężenia bioaerozoli z obecnością wewnętrznych źródeł mikroorganizmów, opublikowali Brokerhof i wsp. [3] na podstawie wieloletnich badań i obserwacji przeprowadzanych przez National Archives of the Netherlands. W pomieszczeniach



Rys. 2. Regały kompaktowe w magazynie bibliotecznym (fot. G. Sławińska)

mogą bowiem występować wewnętrzne źródła mikroorganizmów, np. zawilgocone i zagrzybione przegrody budowlane lub zbiory biblioteczne lub archiwalne pokryte nalotami mikroorganizmów, ziemia w doniczkach z roślinami ozdobnymi, a także nieoczyszczane kanały przewodów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych. Według tych autorów stężenia bioaerozolu w zakresie 0-25 jtk/m³ świadczą o braku zagrożeń mikrobiologicznych, stężenia w zakresie 25-100 jtk/m³ mogą wskazywać na istnienie wewnętrznych źródeł mikroorganizmów i powinno się powtórzyć badania, stężenia od 100 do 1000 jtk/m³ potwierdzają obecność wewnętrznych źródeł mikroorganizmów a kolonie grzybów strzępkowych często obserwuje się na obiektach, natomiast stężenia powyżej 1000 jtk/m³ wskazują na aktywny wzrost grzybów strzępkowych w pomieszczeniu. Wymienione zakresy dotyczą mieszanych zespołów mikroorganizmów, natomiast jeśli wykrywa się tylko jeden gatunek, wówczas jego stężenie już w zakresie 25-100 jtk/m³ jest wskaźnikiem infekcji.

Obecnie obok metod hodowlanych badania bioaerozoli wykorzystuje się także metody niewymagające hodowli mikroorganizmów, np. zmodyfikowaną metodę CAMNEA³, która pozwala na wykrycie wszystkich mikroorganizmów, tj. żywych hodowlanych, żywych niehodowlanych i martwych, i tym samym na uzyskanie danych o stężeniu bioaerozolu całkowitego. Porównanie wyników stężeń bioaerozoli uzyskanych obiema metodami w Bibliotece Jasnogórskiej wykazało, że dzięki metodom hodowlanym wykryto tylko 0,5-3,9% całkowitej liczby mikroorganizmów obecnych w powietrzu [11]. Niehodowlalne mikroorganizmy są prawdopodobnie jedną z przyczyn

³ Istotą zmodyfikowanej metody CAMNEA jest pobranie mikroorganizmów z powietrza metodą filtracji, przeniesienie ich do zawiesiny wodnej, zabarwienie oranżem akrydynowym, filtracja przez czarny filtr o średnicy por 0,8 μm i liczenie cząstek w mikroskopie epifluorescencyjnym [11]

zaburzeń zdrowotnych, takich jak bóle głowy, zmęczenie, podrażnienie oczu i gardła oraz katar, dla których wcześniej nie znajdowano wystarczającego wytłumaczenia [10].

W przypadku stwierdzenia zbyt wysokiego stężenia aerozolu grzybowego w powietrzu magazynu personel jest zobowiązany do ustalenia jego przyczyny oraz podjęcia kroków w celu poprawy jakości mikrobiologicznej powietrza. Działania te mogą obejmować oczyszczenie i konserwację kanałów wentylacyjnych lub klimatyzacyjnych, usunięcie doniczek z roślinami ozdobnymi względnie izolację obiektów porażonych przez grzyby lub owady. W tym przypadku zakurzenia obiektów znaczne obniżenie stężenia bioaerozolu można uzyskać dzięki mechanicznemu odkurzaniu zbiorów. Jednocześnie usuwane są obecne w kurzu cząstki stanowiące pożywienie dla owadów, a także ich jaja, martwe osobniki lub wylinki. Wspomniana Polska Norma PN-ISO 11799 zaleca odkurzanie całości zasobu archiwalnego co 5 lat [23]. Do odkurzania polecane są najczęściej odkurzacze wyposażone w filtry powietrza typu HEPA (High Efficiency Particulate Air Filter). Filtry te są zbudowane z włókny szklanej i zatrzymują cząstki o średnicy większej niż $0,3 \mu\text{m}$, co oznacza, że nie przepuszczają większości mikroorganizmów obecnych w powietrzu. Dostępne są także wyposażone w filtry HEPA urządzenia do odkurzania poszczególnych ksiąg.

Rozpoznawanie aktywności mikroorganizmów i owadów w zbiorach papierowych

W celu wykrycia miejsc rozwoju mikroorganizmów lub żerowania owadów zalecane są systematyczne przeglądy stanu zachowania zbiorów. W razie wykrycia zniszczeń spowodowanych przez mikroorganizmy lub owady przed podjęciem zabiegów dezynfekcji lub dezynsekcji trzeba określić, czy są one aktywne.

Rozpoznanie aktywnego żerowiska owadów w zbiorach obiektów na podłożu z papieru nie nastręcza wielu trudności. Dowodem na to jest znalezienie żywych larw lub poczwerek w drążonych przez nie korytarzach w księgach lub wykrycie żywych lub martwych osobników dojrzałych chrząszczy w pobliżu obiektów, najczęściej w miejscach oświetlonych, np. na parapetach okien bądź na półkach, szczególnie górnych, położonych blisko lamp. Niekiedy na półkach są widoczne wysypujące się z książek kopczyki składające się z licznych odchodów larw. Żerowanie rybaka cukrowego najczęściej rozpoznaje się wykrywając świeże ślady zniszczenia obiektów lub obserwując spłoszone owady. Do wykrywania, a także do ograniczania populacji owadów, służą różnego typu pułapki monitorujące, w tym pułapki zawierające atraktanty (pożywienie lub feromony), które przywabiają i zabijają m.in. rybiki cukrowe, gryzki, mrzyki i mole.

Ocena aktywności kolonii grzybów lub bakterii na papierze jest bardziej skomplikowana a wyniki nie zawsze są jednoznaczne. Hოდowie mikropórbek pobranych z nalotów lub zaplamień widocznych na papierze pozwalają na uzyskanie żywych kolonii tylko wtedy gdy mikroorganizmy te są żywe i hodowalne. Można zastosować metody niewymagające hodowli, polegające na wykrywaniu związków typowych dla żywych mikroorganizmów. Jedną z takich metod jest wykrywanie na powierzchni papieru zmienionego przez mikroorganizmy adenozyntrifosforanu (ATP), czyli związku służącego do magazynowania i uwalniania energii i występującego tylko w żywych komórkach mikroorganizmów, zwierząt czy roślin [17]. Z kolei urządzenie zwane elektronicznym nosem pozwala na detekcję lotnych związków wydzielanych przez grzyby strzępkowe, nawet we wczesnych fazach ich rozwoju, gdy objawy biodeterioracji są jeszcze niewidoczne [5, 25].

Zwalczanie owadów i mikroorganizmów w zbiorach papierowych

Stosowanie metod zwalczania mikroorganizmów i owadów przy użyciu preparatów chemicznych lub metod fizycznych jest obecnie ograniczane wyłącznie do obiektów porażonych przez aktywnie rozwijające się grzyby i owady, ponieważ wiele z nich ma szkodliwy wpływ na zdrowie ludzi, materię zabytkową lub środowisko [30]. Szereg preparatów biobójczych używanych w latach 50., 60. i 70. ubiegłego wieku zostało całkowicie wycofanych, np. tymol, octan fenylortęciowy, pentachlorofenol, dichlorofen, bromek metylu, formaldehyd.

Zwalczanie owadów, szczególnie larw chrząszczy niszczących zabytki, obecnie najczęściej przeprowadza się przy pomocy atmosfer zmodyfikowanych, ubogich w tlen, czyli tzw. anoksji. Obiekty umieszcza się w komorach utworzonych z gazoszczelnej, termozgrzewalnej folii, w której obniża się zawartość tlenu do 0,5% lub niższej (rys. 3). Miejsce tlenu zajmuje azot, rzadziej argon lub ditlenek węgla. Owady, zarówno jaja, larwy, poczwarki, jak i imaga, giną z powodu braku tlenu oraz wysuszenia spowodowanego przez stałe otwarcie przetchlinek – otworów na bokach tułowia i odwłoka owada, służących do pobierania świeżego powietrza z zewnątrz. W trakcie dezynsekcji konieczne jest utrzymywanie stabilnego poziomu wilgotności względnej zmodyfikowanej atmosfery, tak aby obiekt nie uległ przesuszeniu. Zabieg trwa ok. 3 tygodnie i jest nieszkodliwy zarówno dla zabytków jak i dla środowiska [2].

Nie udało się dotąd opracować równie skutecznej i bezpiecznej metody zwalczania mikroorganizmów niszczących zabytki na podłożu papierowym. Atmosfery ubogie w tlen powodują jedynie

zahamowanie ich rozwoju, ale nie zabicie [28]. W Polsce w tym celu nadal stosuje się skuteczny, ale jednocześnie toksyczny i rakotwórczy tlenek etylenu, ewentualnie bibułowe przekładki nasycone 4-chloro-3-metylofenolem lub kąpiele w roztworach czwartorzędowych soli amoniowych. W Holandii w przypadkach silnego porażenia obiektów papierowych przez grzyby poleca się promieniowanie gamma lub zamrażanie w temperaturze -20°C [3]. W Niemczech po katastrofie budowlanej z 3 marca 2009 r., w wyniku której zawalił się budynek Historycznego Archiwum Miasta Kolonii, mokre i zabrudzone archiwalia (ok. 3 km półek) wypłukano w wodzie i zamrożono w temperaturze -26°C , a następnie osuszono metodą liofilizacji [26]. Mrożenie i liofilizacja powodują obumarcie większości komórek grzybów, szczególnie strzępek grzybni [8]. W Czechach i na Słowacji do dezynfekcji zabytków na papierze używa się par butanolu [1].

Niestety każda z wymienionych metod posiada pewne wady i ograniczenia, dlatego ciągle trwają próby i poszukiwania nowych, które będą skuteczne wobec mikroorganizmów, bezpieczne dla zdrowia konserwatorów i użytkowników zbiorów i jednocześnie nie będą powodowały szkodliwych skutków ubocznych dla papierowego podłoża ani dla ogromnie różnorodnych mediów na papierze, takich jak atramenty, druk czarny, nadruki kolorowe, zapiski długopisem, ołówkiem, warstwy malarskie (pasty, akwarele), warstwy barwne na fotografiach i in. [12]. Obiecujące wyniki uzyskano niedawno dzięki zastosowaniu par etanolu [13], trwają próby wykorzystania do dezynfekcji zabytkowych papierów plazmy niskotemperaturowej [18]. Trudności i koszty związane z dezynfekcją zabytków na podłożu papierowym powinny więc tym bardziej skłaniać bibliotekarzy, archiwistów i innych opiekunów kolekcji na podłożu papierowym do zapewnienia takich warunków przechowywania, które uniemożliwią rozwój mikroorganizmów i owadów.

Podsumowanie

Zalecenia dotyczące ochrony zbiorów na podłożu papierowym przed mikroorganizmami i owadami podlegają w ciągu ostatnich lat istotnym zmianom. Polegają one głównie na ograniczeniu dezynfekcji i dezynsekcji metodami chemicznymi (ETO) lub fizycznymi (promieniowanie gamma) do wyjątkowych przypadków silnego porażenia. Obecnie kładzie się nacisk na utrzymanie prawidłowych zakresów parametrów mikroklimatu, w tym temperatury, wilgotności względnej powietrza i wentylacji oraz czystości w magazynie. Częste przeglądy zbiorów oraz monitoring mikroorganizmów i owadów, czyli badania stężeń bioaerozoli i stosowanie pułapek monitorujących przeciw owadom, ułatwiają wczesne wykrycie ich ataku. W celu zwalczania



Rys. 3. Dezynsekcja w zmodyfikowanej atmosferze (zawartość tlenu $< 0,5\%$); na pierwszym planie folia, na której ukladają się książki przeznaczone do dezynsekcji, na drugim planie wypełniona azotem komora foliowa z książkami w trakcie dezynsekcji (fot. M. Pronobis –Gajdzis)

larw chrząszczy aktywnie żerujących w zabytkach zalecane jest obecnie 3-tygodniowe gazowanie w atmosferze prawie pozbawionej tlenu, natomiast zwalczanie aktywnych grzybów ciągle wymaga przeprowadzania badań i prób.

Artykuł recenzowany

LITERATURA

1. Bacílková Bronislava. 2006. "Study on the Effect of Butanol Vapours and Other Alcohols on Fungi". *Restaurator* 27 (3): 186–199.
2. Berzolla A., M.C. Reguzzi, E. Chiappini. 2011. Controlled atmospheres against insect pests in museums: a review and some considerations. *Journal of Entomological and Acarological Research Ser. II* 43 (2): 197-204.
3. Brokerhof Agnes, Bert van Zanen, Arnold den Teuling, „Fluffy Stuff. Integrated Control of Mould in Archives”. Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), Amsterdam, 2007.
4. Brokerhof Agnes, Bert van Zanen, Ko van de Watering, Henk Porck, „Buggy Biz. Integrated Pest Management in Collections“. Netherlands Institute for Cultural Heritage (ICN), Amsterdam, 2007.
5. Canhoto Olinda, Flavia Pinzari, Corrido Fanelli, Naresh Magan. 2004. „Application of electronic nose technology for the detection of fungal contamination in library paper.” *International Biodeterioration and Biodegradation* 54 (4): 303-309.
6. de Feber Marga, John Havermans, Eric Cornelissen. 1998. "The Positive Effects of Air Purification in the Dutch State Archives, part 1: Experimental Set up and Air Quality". *Restaurator* 19 (4): 212-221.

7. Flieder Françoise, Christine Capderou. Sauvegarde des collections du Patrimoine. La lutte contre les détériorations biologiques. CNRS Editions, Paris, 1999.
8. Florian Mary-Lou E. Fungal facts. Solving fungal problems In heritage collections. Archetype Publications Ltd., London, 2002.
9. Górny Rafał L. „Aerozole biologiczne – rola normatywów w ochronie środowiska i zdrowia”. V Konferencja Naukowa „Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych”, Łódź, 2009, 91-102.
10. Górny Rafał L., Aleksander S. Harkawy, Anna Ławniczek-Wałczyk, Joanna Karbowska-Berent, Agnieszka Wlazło, Anna Niesler, Małgorzata Gołofit-Szymczak, Marcin Cyprowski. 2016. “Exposure to cultural and total microbiota In cultural heritage conservation laboratories.” *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* 29 (2):255-275.
11. Harkawy Aleksander, Rafał L. Górny, Leonard Ogierman, Agnieszka Wlazło, Anna Ławniczek-Wałczyk, Anna Niesler. 2011. “Bioaerosol assessment in naturally ventilated historical library building with restricted personnel access”. *Annals of Agricultural and Environmental Medicine* 18 (2): 323-329.
12. Karbowska-Berent Joanna. „Dezynfekcja chemiczna zabytków na podłożu papierowym – skuteczność i zagrożenia”. Wydawnictwo Naukowe UMK, Toruń, 2014.
13. Karbowska-Berent Joanna, Ethanol as a disinfectant for the conservation of historic paper items, XVI International Biodeterioration and Biodegradation Symposium, Łódź, 2014, 65.
14. Karbowska-Berent Joanna. 2015. “Zabytki na podłożu papierowym jako środowisko życia mikroorganizmów”. *Przegląd Papierniczy* 71 (12):679-683.
15. Karbowska-Berent Joanna. 2016. “Zabytki na podłożu papierowym jako środowisko życia owadów”. *Przegląd Papierniczy* 72 (2):126-130.
16. Karbowska-Berent Joanna, Rafał Górny, Alicja B. Strzelczyk, Agnieszka Wlazło. 2011. „Microbial quality in selected Polish libraries and archives”. *Building and Environment* 46 (10): 1872–1879.
17. Karbowska-Berent Joanna, Iwona Kotala. 2006. „Bioluminescencja – szybka metoda wykrywania żywych drobnoustrojów na powierzchniach zabytków – wyniki wstępnych badań”, *Biuletyn Informacyjny Konserwatorów Dzieł Sztuki* 17, 66-70.
18. Laguardia L., E. Vassallo, F. Cappitelli, E. Mesto, A. Cremona, C. Sorlini, G. Bonizzoni. 2005. “Investigation of the effects of plasma treatments on biodeteriorated ancient paper.” *Applied Surface Science* 252 (): 1159-1166.
19. MIBAC, 2001, Atto d’indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei, D.l.gs n. 112/98 art. 150 comma 6.
20. Micheluz Anna, Sabrina Manente, Valeria Tigini, Valeria Prigione, Flavia Pinzari, Giampietro Ravagnan, Giovanni Cristina Varese. 2015. “The extreme environment of a library: Xerophilic fungi inhabiting indoor niches.” *International Biodeterioration & Biodegradation* 99: 1-7.
21. Pałczyński Cezary, Walusiak Jolanta (red.), Zagrożenia i skutki zdrowotne związane z ekspozycją zawodową konserwatorów sztuki i pracowników muzeów, Instytut Medycyny Pracy im. Prof. J. Nofera, 2006.
22. Piotrowska M., Zielińska-Jankiewicz K., Kozajda A., Gutarowska B., Zanieczyszczenie powietrza grzybami strzępkowymi w archiwach i bibliotekach. IV Konferencja Naukowa „Rozkład i Korozja Mikrobiologiczna Materiałów Technicznych”, Łódź, 2006, 176–179.
23. Polska Norma PN-ISO 11799 „Informacja i dokumentacja. Wymagania dotyczące warunków przechowywania materiałów archiwalnych i bibliotecznych”, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa, 2006.
24. Querner Pascal, Michaela Morelli, Elke Oberthaller, Monica Strolz, Katja Schmitz von Ledebur, Johanna Diehl, Isabell Zatschek, Anna Fermi-Mebarek, Regina Hölzl, Irene Engelhardt, Hugo Krammer, Sophie Fürnkranz. 2011. „Ten years of Integrated Pest Management (IPM) at the Kunsthistorisches Museum in Wien”. *Journal of Entomological and Acarological Research Ser. II* 43 (2): 185-190.
25. Sawoszczuk T., J. Syguła-Cholewińska, J. M. del Hoyo-Meléndez. 2015. “Optimization of headspace solid phase microextraction for the analysis of microbial volatile organic compounds emitted by fungi: Application to historical objects”. *Journal of Chromatography A* 1409: 30-45.
26. Thiel Nadine, Weiler Katharine. 2013. “The Collapse of the Historical Archive of the City of Cologne – Four Years Later”. *Journal of Paper Conservation* 14 (1): 26-35.
27. Valentín Nieves, Rafael García, Oscar de Luis, Shin Maekawa. 1998. “Microbial Control in Archives, Libraries and Museums by Ventilation Systems”. *Restaurator* 19 (2): 85-107.
28. Valentín Nieves, Mary Lidstrom, Frank Preusser. 1990. „Microbial Control by Low Oxygen and Low Relative Humidity Environment”. *Studies in Conservation* 35 (4): 222-230.
29. Wall S., „Pomieszczenia muzealne, urządzenia kształtujące i monitorujące klimat”, konferencja „Konserwacja zapobiegawcza w muzeach” Warszawa, 2006, Materiały z konferencji, Krajowy Ośrodek Badań i Dokumentacji Zabytków, Warszawa, 2007, 265-278.
30. Woźniak Maria, Agnieszka Tymińska. 2004. „Mikrobiologiczne aspekty konserwacji starych druków”. *Notes Konserwatorski* 8: 147-163.