

Bogusław Andres*

Stereotypowe postrzeganie grzyba *Serpula lacrymans* a prowadzenie remontów odgrzybieniovych w obiektach zabytkowych

The stereotypical perception of the fungus *Serpula lacrymans* and the issue of mould removal in historic buildings

Bogusław Andres, *Stereotypowe postrzeganie grzyba *Serpula lacrymans* a prowadzenie remontów odgrzybieniovych w obiektach zabytkowych*, „Ochrona Zabytków” 2025, nr 2, s. 147–166.

Abstrakt

Grzyb domowy właściwy (*Serpula lacrymans*, stroczek domowy) jest jednym z najczęstszych i najgroźniejszych gatunków grzybów niszczących drewno w zawilgoconych budynkach. Jego destrukcyjna działalność prowadzi do znacznych strat materialnych oraz nieodwracalnych szkód w substancji zabytkowej i strukturze budynków.

Błędne przekonania o małych wymaganiach wilgotnościowych tego grzyba oraz jego zdolności do zawilgacania drewna poprzez własne procesy metaboliczne przyczyniły się do powstania stereotypów, które skutkują nadmiernym usuwaniem oryginalnych elementów budynków i stosowaniem środków toksycznych. Zrozumienie, że *S. lacrymans* wymaga do wzrostu znacznego i stałego źródła wilgoci, a usuwanie przyczyn zawilgocenia powinno być podstawą procedury, stało się punktem zwrotnym w prowadzeniu remontów odgrzybieniovych w budynkach.

Współcześnie stosowane są dwie metody zwalczania *S. lacrymans*: metoda konwencjonalna i metoda kontroli czynników środowiskowych. Pierwsza polega na usunięciu źródeł i skutków zawilgocenia oraz wykorzystaniu środków chemicznych do zwalczania biokorozji i profilaktycznego zabezpieczenia drewna. Istotą drugiej jest szybkie osuszenie (po likwidacji źródeł zawilgocenia) skolonizowanego przez grzyb drewna, z dbałością o minimalną ingerencję w strukturę zabytku. Zastosowanie kombinacji obu metod pozwoli kompleksowo i skutecznie usuwać *S. lacrymans*, a jednocześnie zachować jak największą liczbę oryginalnych elementów budynku (zgodnie z zasadami

* Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna
Instytut Nauk Drzewnych i Meblarstwa
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
ORCID: 0000-0002-1430-6786
e-mail: boguslaw_andres@sggw.edu.pl

konserwatorskimi). Długoterminowy monitoring warunków środowiskowych po zakończeniu prac konserwatorskich zapewni zaś ochronę dziedzictwa kulturowego przed biokorozją.

Słowa kluczowe

Serpula lacrymans, stroczek domowy, grzyb domowy właściwy, obiekty zabytkowe, metody odgrzybiania budynków

Abstract

The dry rot fungus (*Serpula lacrymans*) is one of the most prevalent and hazardous species of fungi that destroy wood in damp buildings. Its destructive activity can lead to significant material losses and irreversible damage to the substance and structure of historic buildings.

There are misconceptions about the low moisture requirements of this fungus and its ability to moisten wood through its own metabolic processes. These misconceptions have contributed to stereotypes that result in the extensive removal of original building elements and the use of toxic chemicals. It has been determined that *S. lacrymans* requires a substantial and consistent source of moisture to facilitate its growth. Therefore, the elimination of moisture-causing factors should be the fundamental principle guiding the mould remediation process in buildings.

Currently, two methods are employed in the fight against *S. lacrymans*: the conventional method and the environmental control method. The first method involves eliminating the sources and effects of dampness, with the use of chemicals to combat biocorrosion and to provide preventive protection for the wood. The second method involves drying the wood colonized by the fungus quickly (after eliminating moisture sources) and taking care to minimize interference with the structure of the monument. The combination of both methods will allow for the comprehensive and effective removal of *S. lacrymans*, while preserving as many original elements of the building as possible (in accordance with conservation principles). Long-term monitoring of environmental conditions, after the conservation work is completed, is necessary to ensure the protection of cultural heritage against biocorrosion.

Keywords

Serpula lacrymans, dry rot fungus, historic buildings, methods of removing mould from buildings

GRZYBY (*FUNGI*) TO SZEROKO ROZPOWSZECHNIONA GRUPA ORGANIZMÓW W RANDZE KRÓLESTWA. Zaliczające się do niej grzyby domowe są grupą gatunków odpowiedzialną za degradację zawilgoconego drewna, materiałów budowlanych pochodzenia organicznego oraz wyrobów budowlanych. Aktywność życiowa tych organizmów prowadzi do korozji biologicznej, czego konsekwencją są znaczne straty ekonomiczne w budownictwie ogólnym oraz w obiektach zabytkowych. Do najważniejszych gatunków grzybów domowych w Europie pod względem występowania oraz siły niszczenia drewna zalicza się grzyby brunatnego rozkładu¹, przy czym za najistotniejszy z tej grupy jest uznawany grzyb domowy właściwy (*Serpula lacrymans*, stroczek domowy). Wynika to z kilku rzeczy:

- spośród grzybów domowych występujących w zawilgoconych budynkach *S. lacrymans* to najczęściej notowany gatunek²;

¹ B. Andres, K.J. Krajewski, I. Betlej, *Grzyby domowe. Warunki rozwoju, rozpoznawanie zwalczanie*, wyd. 2, Warszawa 2025, s. 34-35.

² Eidem, *Diversity of indoor wood decaying fungi in Poland*, „BioResources” 2022, vol. 17, iss. 3, s. 4861.



1 Wyraźnie uformowane czoło rozrastającej się grzybni powierzchniowej *S. lacrymans*. Fot. Bogusław Andres

Clearly formed edge of the spreading surface mycelium of *S. lacrymans*. Photo: Bogusław Andres

- grzyb ten jest uważany za najbardziej destrukcyjny gatunek, a koszty remontów zagrzybionych nim budynków są bardzo wysokie³;
- grzyb ten jest postrzegany jako gatunek najtrudniejszy do zwalczenia w budynkach⁴.

Opis pierwszej metody zwalczania grzybów w budynkach (przynajmniej najstarszy, jaki się zachował do naszych czasów) zamieszczono w Księdze Kapłańskiej (Kpł 14:33-55) Starego Testamentu. Istnieją przypuszczenia, że fragment *Trąd na domach* może się odnosić do porażenia budynków przez *S. lacrymans*⁵. W takiej sytuacji kapłan nakazywał rozebranie zainfekowanych ścian i odbudowę ich z nowych materiałów, a w przypadku nawrotu choroby cały dom miał zostać zburzony i wyrzucony w miejsce nieczyste.

Od czasów biblijnych znacząco zmieniły się metody postępowania z zagrzybionymi budynkami. Rozwój mykologii budowlanej jako interdyscyplinarnej dziedziny łączącej wiedzę biologiczną z problematyką techniczną dotyczącą rozwoju grzybów w obiektach budowlanych⁶ pozwolił na głębsze zrozumienie przyczyn i skutków zjawiska zagrzybienia oraz wypracowanie skutecznych metod jego zwalczania. Niemniej jednak ugruntowane przekonanie o wyjątkowej trudności

³ O. Schmidt, T. Huckfeldt, *Characteristics and identification of indoor wood-decaying basidiomycetes* [w:] *Fundamentals of mold growth in indoor environments and strategies for healthy living*, ed. O.C.G. Adan, R.A. Samson, Wageningen 2011, s. 123.

⁴ N. Krzyzanowski et al., *The management and control of dry rot. A survey of practitioners' views and experiences*, „Journal of Environmental Management” 1999, vol. 57, iss. 3, s. 144.

⁵ M.W., *Grzyb domowy i najnowsze środki do walki z nim*, Warszawa 1933, s. 13; E.A. Hilditch, *Chemical control of fungal decay in buildings* [w:] *Building mycology. Management of decay and health in buildings*, ed. J. Singh, London 1994, s. 212; O. Schmidt, *Wood and tree fungi. Biology, damage, protection, and use*, Berlin 2006, s. 234.

⁶ J. Ważny, *Mykologia budowlana – rys historyczny* [w:] *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, red. J. Ważny, J. Karyś, Warszawa 2001, s. 14; J. Karyś, *Geneza i historia mykologii budowlanej w Polsce* [w:] *Ochrona przed wilgocią i korozją biologiczną w budownictwie*, red. idem, Warszawa 2014, s. 13.

w zwalczaniu gatunku *S. lacrymans* może w przypadku obiektów zabytkowych prowadzić do nieuzasadnionych działań, zwłaszcza nadmiernego i niepotrzebnego usuwania substancji zabytkowej, co stoi w sprzeczności z zasadami etyki konserwatorskiej⁷. Oczywiście zagrożeń związanych z za-grzybieniem budynku przez *S. lacrymans* nie należy w żadnym wypadku lekceważyć. Pogłębione zrozumienie fizjologii rozwoju tego gatunku może stanowić podstawę do podejmowania bardziej racjonalnych decyzji, które pozwolą ograniczyć ingerencje w zabytek podczas prowadzonych prac remontowych, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej skuteczności zwalczania grzyba.

Celami artykułu są rewizja utrwalonego w krajowej literaturze oraz praktyce konserwatorskiej poglądu na *S. lacrymans*, a także przedstawienie założeń racjonalnych metod jego zwalczania, możliwych w obiektach zabytkowych.

W artykule znalazły się analiza historycznych źródeł, które przyczyniły się do ukształtowania błędnych przekonań o *S. lacrymans*, oraz przegląd późniejszych publikacji omawiających rzeczywiste wymagania wilgotnościowe tego gatunku, jego zdolność do rozprzestrzeniania się i przeżywalność w środowisku budowlanym. Ponadto omówiono aktualnie stosowane strategie zwalczania *S. lacrymans* w budynkach – na przykładzie doświadczeń i literatury konserwatorskiej z Wysp Brytyjskich – w kontekście skuteczności, wpływu na zachowanie oryginalnej substancji zabytkowej oraz możliwości długoterminowego zarządzania ryzykiem biodeterioracji obiektu.

Artykuł nie tylko prezentuje aktualny stan wiedzy o *S. lacrymans*, dotychczas nieopisywany w polskiej literaturze fachowej, ale również wskazuje możliwości alternatywnych kierunków postępowania konserwatorskiego, które łączą skuteczność zwalczania za-grzybienia z poszanowaniem integralności i autentyczności zabytkowej struktury.

Stereotypowe postrzeganie *Serpula lacrymans*

Pierwotnie grzyby zaliczano do roślin i określano „roślinami niższymi”⁸. Dopiero pod koniec XX wieku uznano je za niezależne królestwo, co było przejawem ówczesnego postępu w badaniach biologicznych. Nasuwa się zatem pytanie, dlaczego tak późno rozpoczęto intensywne badania nad tymi organizmami. Miały na to wpływ kontekst kulturowo-religijny oraz ograniczenia techniczne. Grzyby od czasów starożytnych kojarzono z wielobóstwem, siłami nadprzyrodzonymi, boską energią albo wręcz przeciwnie – siłami nieczystymi (stąd określenia: szatański grzyb, czarcie kręgi, czarcie miotły i tym podobne). Wszystko to spowodowało, że w chrześcijańskiej Europie grzyby pozostawały poza obszarem zainteresowań naukowych co najmniej do końca XVI wieku⁹.

Ponadto poważnym ograniczeniem był brak odpowiednich narzędzi badawczych. Dopiero skonstruowanie w XVII wieku mikroskopu¹⁰, który zapewniał odpowiednie powiększenie, spowodowało intensyfikację badań w naukach biologicznych, w tym jednym z jej działów – mykologii. Zaowocowało to wydaniem w XVIII wieku pierwszych dzieł o grzybach. Pierwsze, uznawane za fundamentalną pracę o *S. lacrymans*, opublikował w 1885 roku Robert Hartig¹¹. Kolejne, nie mniej wybitne, ukazało się w 1912 roku, a jego autorem był Richard Falck¹².

Duża skala występowania *S. lacrymans* w budynkach w wielu europejskich krajach przyczyniła się do opublikowania w drugiej połowie XIX i pierwszej połowie XX wieku licznych podręczników

⁷ B.J. Rouba, *Teoria w praktyce polskiej ochrony, konserwacji i restauracji dziedzictwa kulturowego* [w:] *Współczesne problemy teorii konserwatorskiej w Polsce*, red. B. Szmygin, Warszawa-Lublin 2008, s. 107.

⁸ J. Kochman, *Grzyby domowe*, Warszawa 1951, s. 5.

⁹ M. Ławrynowicz, *Królestwo grzybów na przelomie tysiącleci*, „Wiadomości Botaniczne” 2002, vol. 46, iss. 1–2, s. 21.

¹⁰ *Microscope* [hasło w:] *Wikipedia*, en.wikipedia.org, tinyurl.com/ufkad59n, dostęp: 23.03.2025.

¹¹ R. Hartig, *Der echte Hausschwamm (Merulius lacrymans Fr.)*, Berlin 1885 [cit. per:] R. Falck, *Die Merulius-fäule des Bauholzes, Neue Untersuchungen über Unterscheidung Verbreitung, Entstehung und Bekämpfung des echten Hausschwammes* [w:] *Hausschwammforschungen in amtlichem Auftrage*, t. 6, ed. A. Möller, Jena 1912, s. 251.

¹² R. Falck, *Die Merulius-fäule des Bauholzes...*, op. cit.

2

Grzybnia powierzchniowa *S. lacrymans* rozrastająca się na szkle – materiale, który nie stanowi źródła pożywienia dla grzyba. Fot. Bogusław Andres

S. lacrymans surface mycelium growing on glass – a material that is not a source of nutrition for the fungus. Photo: Bogusław Andres



2

omawiających tematykę rozwoju i zwalczania tego gatunku. Publikacje te często nie przekazywały rzetelnej wiedzy naukowej, lecz były oparte na obserwacjach poczynionych w zagrzybionych budynkach i na mylnych wnioskach wyciąganych z oględzin, co wynikało z niezrozumienia fizjologii rozwoju *S. lacrymans*. Co więcej, również w publikowanych wówczas pracach naukowych pojawiały się błędne informacje¹³, które następnie były powielane w podręcznikach dla praktyków zajmujących się zwalczaniem *S. lacrymans* w budynkach.

Do stereotypowego postrzegania *S. lacrymans* jako gatunku silnie inwazyjnego i trudnego do zwalczania w budynkach przyczyniły się błędne informacje dotyczące jego unikatowych zdolności do kolonizowania i degradacji materiałów budowlanych. Najbardziej brzemienne w skutki okazało się jednak użycie terminu *dry rot* w anglojęzycznych publikacjach. Określenie to dotyczyło bowiem wyglądu końcowego stadium rozkładu drewna, nie zaś możliwości degradacji suchego drewna przez *S. lacrymans*¹⁴. Wskutek tego przeinaczenia *S. lacrymans* był przez dziesięciolecia opisywany w literaturze fachowej jako gatunek o małych wymaganiach wilgotnościowych¹⁵. W rzeczywistości do zainicjowania infekcji w budynku potrzebuje on silnie zawilgoconego materiału organicznego (drewna, tektury, papieru) i pod tym względem nie wyróżnia się spośród innych grzybów domowych¹⁶.

W starszych publikacjach znajdują się oprócz tego stwierdzenia, że *S. lacrymans* może kolonizować i degradować drewno o bardzo małej wilgotności, wynoszącej 16,6-16,9%¹⁷. Wyniki tych badań laboratoryjnych nie mają jednak potwierdzenia w obserwacjach poczynionych

¹³ Przykładem takiej publikacji jest: K. Cartwright, W. Findlay, *Dry-rot in wood*, „Forest Products Research Bulletin”, no. 1, London 1928 [cit. per:] B. Ridout, *Understanding decay in building timbers [w:] Materials and skills for historic building conservation*, ed. M. Forsyth, Oxford 2008, s. 165.

¹⁴ K. Cartwright, W. Findlay, *Rozkład i konserwacja drewna*, przeł. H. Krahelska, Warszawa 1951, s. 312; Ch.R. Coggins, *Decay of timber in buildings. Dry rot, wet rot and other fungi*, East Grinstead 1980, s. 32.

¹⁵ J. Ważny, *Mikroorganizmy rozwijające się w budynkach [w:] Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, op. cit., s. 71.

¹⁶ O. Schmidt, *Indoor wood-decay basidiomycetes. Damage, causal fungi, physiology, identification and characterization, prevention and control*, „Mycological Progress” 2007, vol. 6, iss. 4, s. 265.

¹⁷ Ch.R. Coggins, *Decay of timber in buildings...*, op. cit., s. 82.



3

Biała grzybnia z młodymi sznurami grzybniovymi *S. lacrymans* uformowanymi wewnątrz strefy rozrastającej się grzybni. Fot. Bogusław Andres

White mycelium with young mycelial strands of *S. lacrymans* formed inside the zone of mycelial spread. Photo: Bogusław Andres

3

w zagrzybionych budynkach¹⁸. Obecnie uznaje się, że omawiany grzyb nie skolonizuje drewna o wilgotności poniżej 21%, a optymalna jego wilgotność do degradacji wynosi 45–140%^{19, 20}.

Podobnie jest ze stereotypowym postrzeganiem *S. lacrymans* jako gatunku wytwarzającego duże ilości wody podczas degradacji drewna, a więc mogącego się uniezależnić od zewnętrznego źródła zawilgocenia²¹. W starszych publikacjach jest przytaczane równanie chemiczne²² wykazujące, że *S. lacrymans* z 1 m³ drewna do czasu utraty przez nie 50% pierwotnej masy jest zdolny wytworzyć 139 l wody²³. Idąc dalej w tym rozumowaniu, można by obliczyć, że pozostała masa drewna zostanie zawilgocona nawet do około 138%²⁴, czyli blisko górnej granicy optymalnej wilgotności rozkładu drewna przez ten grzyb. To teoretyczne podejście mocno odbiega jednak od rzeczywistości, część wody zostanie bowiem zużyta przez *S. lacrymans* w procesie dalszej degradacji drewna²⁵, a druga część ulegnie odparowaniu²⁶ (stąd kropelki wody na grzybni i owocnikach). Zatem bilans wodny nie jest wystarczająco korzystny, aby grzyb mógł intensywnie

¹⁸ A.F. Bravery, *The strategy for eradication of Serpula lacrymans* [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*, ed. D.H. Jennings, A.F. Bravery, Chichester 1991, s. 120.

¹⁹ O. Schmidt, *Indoor wood-decay basidiomycetes...*, op. cit., s. 265.

²⁰ W praktyce do określenia wilgotności drewna najczęściej stosowany jest wzór na wilgotność bezwzględną drewna: $W = m_{\text{H}_2\text{O}} \times m_0^{-1} \times 100$, gdzie: W to wilgotność bezwzględna drewna (nazywana w skrócie wilgotnością drewna) [%], $m_{\text{H}_2\text{O}}$ – masa wody w drewnie [g], m_0 – masa drewna absolutnie suchego (o wilgotności $W = 0\%$) [g]. Ponieważ w powyższym wzorze masę wody odnosi się do masy drewna absolutnie suchego, wilgotność drewna może przybierać wartości powyżej 100%. Przykładowo w żywych drzewach wilgotność drewna osiąga 110–150%. Co więcej, im bardziej zdegradowane przez mikroorganizmy jest drewno, tym większą nasiąkliwość wykazuje. Znacznie rzadziej w praktyce stosowany jest wzór na wilgotność względną drewna: $W_w = m_{\text{H}_2\text{O}} \times m_w^{-1} \times 100$, gdzie: W_w to wilgotność względna drewna [%], $m_{\text{H}_2\text{O}}$ – masa wody w drewnie [g], m_w – masa drewna wilgotnego [g]. W tym przypadku masę wody odnosi się do masy drewna wilgotnego, dlatego wilgotność względna drewna może osiągnąć maksymalnie 100%.

²¹ E.G. Blake, *Enemies of timber. Dry rot and the death-watch beetle*, London 1925, s. 39.

²² H. Orłoś, *Grzyby szkodliwe w budynkach i na składach drewna*, „Wydawnictwa Pomocnicze i Techniczno-Gospodarcze”, seria B, nr 24, Warszawa 1950, s. 23; J. Ważny, *Grzyby domowe [w:] Impregnacja i odgrzybianie w budownictwie*, red. M. Czajnik et al., Warszawa 1956, s. 61.

²³ J. Kochman, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 10; J. Ważny, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 62.

²⁴ Obliczenia własne, do których przyjęto niską gęstość drewna bielastego sosny zwyczajnej – charakterystyczną dla drewna szerokościostego. Dla drewna o średniej gęstości stopień zawilgocenia, według analogicznych obliczeń, teoretycznie może wynieść 55–93%.

²⁵ J. Ważny, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 61.

²⁶ C.R. Coggins, *Decay of timber in buildings...*, op. cit., s. 41.

4

Sznury *S. lacrymans* rozrastające się pod tynkiem. Większość grzybni uległa atrofii. Fot. Bogusław Andres

S. lacrymans strands growing under the plaster. Most of the mycelium has atrophied. Photo: Bogusław Andres



rozkładać drewno bez zewnętrznego źródła zawilgocenia²⁷. Należy jednocześnie zaznaczyć, że po odcięciu źródła wilgoci *S. lacrymans* może jeszcze przez pewien czas kontynuować rozkład do momentu spadku wilgotności drewna poniżej 20%²⁸, choć w znacznie wolniejszym tempie²⁹. Na zakończenie wyjaśnień tej kwestii trzeba dodać, że tego typu zdolności do produkcji wody w procesie rozkładu drewna mają również inne grzyby brunatnego rozkładu powodujące szybką degradację drewna w budynkach³⁰. Tak więc również w tym wypadku *S. lacrymans* nie przejawia wyjątkowych zdolności.

Według kolejnego funkcjonującego stereotypu wyspecjalizowane sznury grzybniowe *S. lacrymans* służą do szybkiej kolonizacji stref budynku odległych od pierwotnego miejsca infekcji³¹ oraz do transportu wody w celu zawilgocenia suchego drewna³² (informacja ta pojawiała się w publikacjach znacznie częściej jako hipoteza³³). W rzeczywistości sznury tego grzyba nie rozrastają się po budynku po to, by lokalizować nowe źródła pożywienia (drewno, materiały drewnopochodne i tym podobne). Celem jest dostarczanie rozpuszczonych w wodzie substancji odżywczych z miejsca ich pozyskania (strefy aktywnego rozkładu substancji organicznych) do czoła rozrastającej się grzybni³⁴.

Sznury grzybniowe tworzą się przez agregację strzępek grzybni powierzchniowej³⁵, a zatem nie mogą wyprzedzać czoła rozrastającej się grzybni. Formują się nie tylko na drewnie, lecz także na materiałach niestanowiących pożywienia dla grzyba, takich jak tynki wapienne i cementowo-wapienne czy cegły ceramiczne. Występują również wewnątrz murowanych przegród budowlanych.

²⁷ A.F. Bravery, *The strategy...*, op. cit., s. 119.

²⁸ Ibidem, s. 124.

²⁹ Ibidem, s. 117.

³⁰ J. Ważny, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 62; W. Bavendamm, *Der Hausschwamm und andere Bauholzpilze. Erkennung und Bestimmung. Verhütung und Bekämpfung*, Stuttgart 1969, s. 23.

³¹ R. Hartig, *Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz zerstörende Pilze*, Berlin 1902, s. 9; F.X. Skupieński, *Czynniki mikrobiologiczne niszczące drewno użytkowe [w:] Grzyby domowe i inne szkodniki budulca oraz metody i środki walki*, red. idem, Warszawa 1937, s. 81; J. Kochman, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 27.

³² N.E. Hickin, *The dry rot problem*, London 1963, s. 31.

³³ F.X. Skupieński, *Czynniki mikrobiologiczne...*, op. cit., s. 81; S.I. Wanin, *Domowyje griby, ich biologija, diagnostyka i miery bor'by*, Leningrad 1930, s. 31; J. Kochman, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 27; H. Orłoś, *Grzyby szkodliwe w budynkach...*, op. cit., s. 23.

³⁴ C.R. Coggins, *Decay of timber in buildings...*, op. cit., s. 32.

³⁵ I. Nuss, D.H. Jennings, C.J. Veltkamp, *Morphology of Serpula lacrymans [w:] Serpula lacrymans. Fundamental biology...*, op. cit., s. 36.



5 Grube sznury grzybniowe *S. lacrymans* na murze. Większość grzybni uległa atrofii. Fot. Bogusław Andres

Thick mycelium strands of *S. lacrymans* on the wall. Most of the mycelium has atrophied. Photo: Bogusław Andres

Tego typu obserwacje prowadzone w silnie zagrzybionych obiektach murowanych legły u postaw stereotypu, że sznury grzybniowe przerastają mur w poszukiwaniu nowych źródeł pożywienia. Jak już wcześniej wspomniałem, sznury są formowane z grzybni powierzchniowej. Grzybnia musi więc najpierw skolonizować powierzchnię lub szczeliny muru, aby na późniejszym etapie jej część splotła się w sznury³⁶. Pozostała część grzybni często ulega wówczas rozpadowi³⁷ (atrofii) i staje się pożywieniem dla czoła aktywnie rozrastającej się grzybni³⁸. Stąd sznurom grzybniowym nie zawsze towarzyszy obfita grzybnia powierzchniowa.

Sznury grzybniowe dostarczają grzybni rozpuszczone w wodzie składniki odżywcze, aby mogła ona aktywnie się rozwijać oraz wydzielać krople cieczy³⁹. Dzięki temu grzybnia najpierw zwiększa wilgotność powietrza, a następnie zawilgaca podłoże, na którym się rozrasta⁴⁰. Mimo efektywnego procesu fizjologicznego, jakim jest transport wody przez grzybnię, zwiększenie wilgotności podłoża przez krople wody wydzielane przez strzępki daje się zaobserwować głównie w strefie czoła rozrastającej się grzybni⁴¹.

Choć grzybnia *S. lacrymans* może do pewnego stopnia modyfikować wilgotność środowiska, w którym się rozwija, to zdolności te nie pozwalają na znaczne rozprzestrzenianie się w suchym drewnie czy w suchym murze⁴². W warunkach laboratoryjnych stwierdzono, że grzybnia *S. lacrymans* zawilgacała drewno sosnowe z maksymalną prędkością około 3 mm na tydzień, po czym następowała jego kolonizacja⁴³. Opracowano również matematyczny model wzrostu *S. lacrymans* w zależności od temperatury, aktywności wodnej (a_w) i pH. Model ten pozwala prognozować ryzyko

³⁶ C.R. Coggins, *Growth characteristics in building* [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology...*, op. cit., s. 86.

³⁷ Ibidem, s. 88.

³⁸ I. Nuss, D.H. Jennings, C.J. Veltkamp, *Morphology of Serpula lacrymans*, op. cit., s. 15.

³⁹ R. Hartig, *Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz...*, op. cit., s. 9.

⁴⁰ J. Kochman, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 10.

⁴¹ D.H. Jennings, *The physiology and biochemistry of the vegetative mycelium* [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology...*, op. cit., s. 71.

⁴² J.M. Bricknell, *Surveying to determine the presence and extent of an attack of dry rot within building in the United Kingdom* [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology...*, op. cit., s. 113.

⁴³ T. Huckfeldt, O. Schmidt, H. Quader, *Ökologische Untersuchungen am Echten Hausschwamm und weiteren Hausfäulepilzen*, „Holz als Roh- und Werkstoff” 2005, Vol. 63, s. 216.

degradacji drewna w budynkach⁴⁴. Należy jednak zaznaczyć, że badania stanowiące podstawę tego modelu przeprowadzono nie na drewnie, lecz na pożywce MEA z dodatkiem rozdrobionego drewna. Zatem model nie uwzględnia rzeczywistej wilgotności drewna jako istotnego czynnika wpływającego na rozwój grzyba.

Ostatnią kwestią wymagającą weryfikacji jest żywotność poszczególnych tworów morfologicznych *S. lacrymans*, a więc zarodników wytwarzanych przez owocniki, grzybni i sznurów grzybniowych. Co do tego nie powstały typowe stereotypy, choć w publikacjach z początku XX wieku można znaleźć przesadzone informacje choćby o bardzo długiej, rzędu dziesięcioleci, przeżywalności zarodników w budynkach⁴⁵. Tymczasem w badaniach laboratoryjnych żywotność zarodników określono średnio na trzy lata, a sporadycznie sięgała ona pięciu lat⁴⁶. Zapewne na zdolność kiełkowania zarodników duży wpływ mają warunki środowiskowe (wilgotność i temperatura powietrza), w badaniach Hartiga⁴⁷ zarodniki przetrzymywane w suchych warunkach nie przejawiały bowiem zdolności kiełkowania już po półtora roku.

Równie duże rozbieżności w literaturze dotyczą przeżywalności grzybni i sznurów grzybniowych, przy czym badania laboratoryjne na ogół wskazują na znacznie dłuższą żywotność *S. lacrymans* niż obserwacje prowadzone w budynkach. Przeżywalność tych struktur grzybowych wydaje się w znacznej mierze zależeć od temperatury powietrza, ponieważ w badaniach laboratoryjnych prowadzonych w temperaturze 75°C *S. lacrymans* w powietrzno-suchym drewnie mógł przetrwać do dziewięciu lat, podczas gdy w temperaturze około 22°C nie przetrwał dłużej niż rok⁴⁸, a w innych badaniach przeżył zaledwie miesiąc⁴⁹. Dłuższa przeżywalność grzybni w niskiej temperaturze prawdopodobnie jest związana z powstawaniem zarodników przetrwalnikowych (oidiów) w grzybni podczas powolnego wysychania drewna w takich warunkach⁵⁰. Między innymi dlatego obecnie taką wagę przykładają się do szybkiego zmniejszania wilgotności zawilgoconych przegród budowlanych⁵¹.

Zmiana koncepcji prowadzenia remontów odgrzybienionych

Powielane w publikacjach błędne informacje o *S. lacrymans* wywołały powszechne przekonanie o dużych trudnościach w zwalczaniu tego grzyba w budynkach. Dodatkowo określenie „sucha zgnilizna”⁵² pogłębiło przeświadczenie, że grzyb nie potrzebuje dużo wody, a zatem będzie wymagał drastycznych działań podczas remontów odgrzybienionych. Sprawilo to, że remonty zagrzybionych budynków początkowo koncentrowały się wyłącznie na niszczeniu grzyba, a nie na usuwaniu pierwotnych przyczyn infekcji⁵³.

Przez długi czas obecność zarodników *S. lacrymans* w budynku uznawano za główne zagrożenie dla drewna budowlanego i czynnik inicjujący jego infekcję⁵⁴. Wynikało to z informacji o bardzo dużej produkcji zarodników przez owocniki oraz ich długiej żywotności w budynkach. Ugruntowało się wówczas przekonanie, że niekonserwowane drewno pozostawione w obiekcie po wyeliminowaniu *S. lacrymans* jest poważnie zagrożone ponownym zakażeniem przez zarodniki

⁴⁴ S. Maurice et al., *Modelling the effect of temperature, water activity and pH on the growth of Serpula lacrymans*, „Journal of Applied Microbiology” 2011, vol. 111, s. 1436–1446.

⁴⁵ R. Hartig, *Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz...*, op. cit., s. 33.

⁴⁶ K. Cartwright, W. Findlay, *Rozkład i konserwacja drewna*, op. cit., s. 274.

⁴⁷ R. Hartig, *Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz...*, op. cit., s. 32.

⁴⁸ A.F. Bravery, *The strategy...*, op. cit., s. 121.

⁴⁹ R. Falck, *Die Merulius-fäule des Bauholzes...*, op. cit., s. 238.

⁵⁰ O. Schmidt, *Wood and tree fungi...*, op. cit., s. 232.

⁵¹ J. Singh, *Dry rot and timber decay. Don't panic and poison yourself*, „Journal of Building Survey, Appraisal & Valuation” 2020, vol. 9, iss. 1, s. 60.

⁵² K. Cartwright, W. Findlay, *Rozkład i konserwacja drewna*, op. cit., s. 267.

⁵³ N. Krzyzanowski et al., *The management and control of dry rot...*, op. cit., s. 144.

⁵⁴ E.G. Blake, *Enemies of timber...*, op. cit., s. 30.

pozostające w budynku⁵⁵. Konsekwencją tego poglądu było wydawanie rygorystycznych zaleceń, obejmujących demontaż całego drewna (nawet zdrowego) z silnie zagrzybionych budynków⁵⁶ lub stosowanie na szeroką skalę silnie toksycznych środków dezynfekujących typu chlorek rtęci (sublimat)⁵⁷ czy olej kreozotowy⁵⁸. Standardowo stosowano opalanie murów⁵⁹ oraz przesycaenie ich dużymi ilościami wodnych roztworów toksycznych środków dezynfekujących⁶⁰. Choć jej istotą nie było zrozumienie fizjologii rozwoju *S. lacrymans* w budynkach, to ta metoda była wysoce skuteczna.

Na utrwalenie się tak ekstremalnego podejścia do zwalczania *S. lacrymans* w obiektach budowlanych miały wpływ dwa czynniki: błędna interpretacja ówczesnej wiedzy o fizjologii grzyba oraz chęć skutecznego pozbycia się zagrzybienia. W Wielkiej Brytanii wprowadzono nawet wymóg udzielania gwarancji na przeprowadzone roboty odgrzybieniowe⁶¹, więc wykonawcy nie chcieli ryzykować. Ale stosowanie wspomnianej metody nie ograniczało się jedynie do Wysp Brytyjskich. W polskiej literaturze również można odnaleźć informacje o podobnych praktykach⁶². Reasumując, brak zrozumienia biologii i ekologii⁶³ grzyba doprowadził do radykalnego postępowania podczas prowadzenia remontów w zagrzybionych budynkach. Tak ekstremalna metoda zwalczania *S. lacrymans* wyrządzała więcej szkód w budynkach niż działanie samego grzyba⁶⁴, gdyż drewno i tynki były nadmierne i bezzasadnie usuwane, a stosowane w dużych ilościach środki chemiczne powodowały dodatkowe zawilgocenie murów budynku. To zaś skutkowało pojawianiem się wysoleń i wydłużeniem czasu wysychania obiektu po wykonaniu zabiegów odgrzybieniowych⁶⁵. Ponadto w tej metodzie na pierwszym miejscu stawiano skuteczność zwalczania zagrzybienia, a nie poszanowanie oryginalnej substancji w obiektach o znaczeniu historycznym i kulturowym, co stało w sprzeczności z zapisami Karty weneckiej czy Karty z Burra⁶⁶. Brak przyzwolenia na dalsze praktykowanie tej metody wynikał również z obawy o negatywny wpływ stosowanych środków chemicznych na zdrowie ludzi i środowisko⁶⁷.

Z czasem zaprzestano wykonywania najbardziej kontrowersyjnych zabiegów podczas prowadzenia prac odgrzybieniowych w budynkach i coraz częściej w literaturze zaczęto nazywać tę metodę konwencjonalną (tab.). Zrezygnowano z opalania murów, a przede wszystkim z nasycania ścian dużymi ilościami wodnych roztworów toksycznych impregnatów. Ograniczono również stosowanie substancji chemicznych, głównie do miejsc porażenia murów. Preparaty stosowano przede wszystkim powierzchniowo. Iniekcje wykonywano miejscowo, by ograniczyć rozprzestrzenianie się *S. lacrymans* w budynku do czasu wyschnięcia murów⁶⁸. Znacznemu ograniczeniu uległa również ilość bezpodstawnie usuwanego drewna z budynków porażonych przez *S. lacrymans*.

⁵⁵ A.F. Bravery, *The strategy...*, op. cit., s. 127.

⁵⁶ E.G. Blake, *Enemies of timber...*, op. cit., s. 104.

⁵⁷ Ibidem, s. 88; J.M. Czechowski, *Grzyb domowy i walka z nim*, Warszawa 1927, s. 63; E.G. Blake, *Enemies of timber...*, op. cit., s. 88.

⁵⁸ R. Hartig, *Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz...*, op. cit., s. 87; S.I. Wanin, *Domowyje grzyby...*, op. cit., s. 69.

⁵⁹ E.G. Blake, *Enemies of timber...*, op. cit., s. 89.

⁶⁰ W. Bavendamm, *Der Hausschwamm...*, op. cit., s. 24.

⁶¹ A.F. Bravery, *The strategy...*, op. cit., s. 117.

⁶² Z. Przewalski, *Profilaktyka i odgrzybianie drewna użytkowego oraz budynków [w:] Grzyby domowe i inne szkodniki budulca...*, op. cit., s. 235 i 242.

⁶³ Ekologia (ekologia gatunku) jest tu rozumiana jako nauka (dział nauki) o wzajemnych relacjach między organizmami a ich środowiskiem, w tym między innymi o sposobach zdobywania pokarmu i wpływie czynników środowiskowych na żywe organizmy (*Ekologia* [hasło w:] *Encyklopedia PWN*, [encyklopedia.pwn.pl, tinyurl.com/4xcmjb98](https://encyklopedia.pwn.pl/tinyurl.com/4xcmjb98), dostęp: 16.07.2025).

⁶⁴ B. Ridout, *Timber decay in building and its treatment*, Swindon 2019, s. 48.

⁶⁵ A.F. Bravery, *The strategy...*, op. cit., s. 126.

⁶⁶ B. Ridout, *Timber decay in buildings. The conservations approach to treatment*, London 2001, s. 275.

⁶⁷ J. Singh, *Dry rot and timber decay...*, op. cit., s. 49.

⁶⁸ A.F. Bravery, *The strategy...*, op. cit., s. 127.

6

Grzybnia i sznury *S. lacrymans* rozrastające się w przestrzeni podpodłogowej. Fot. Bogusław Andres

Mycelium and strands of *S. lacrymans* spreading in the space beneath the floor.
Photo: Bogusław Andres



Zmniejszono także margines bezpieczeństwa, czyli długość odcinka – jak to określano – pozornie zdrowego drewna odcinanego od porażonej części elementu konstrukcyjnego (na przykład belki stropowej, której osadzona w murze końcówka została porażona przez *S. lacrymans*). W pierwotnym wariantcie tej metody zalecano odcinać 1,2⁶⁹, a nawet 1,5 m⁷⁰ „pozornie zdrowego” drewna. Z czasem długość tego odcinka skrócono do około 1 m⁷¹, a ostatecznie zalecano usuwać odcinek o długości 0,3-0,45 m⁷². Do 0,3 m od miejsca ostatnich oznak porażenia muru ograniczono również strefę usuwania tynków⁷³.

Dodatkowo zwrócono uwagę na konieczność zdiagnozowania i usunięcia źródeł zawilgocenia obiektu⁷⁴, co było najważniejszym elementem ewolucji metody konwencjonalnej. Zaniechano również skrupulatnego oczyszczania ścian ze struktur morfologicznych grzyba, gdyż uznano, że usunięcie źródła zawilgocenia (pozbawienie wody) oraz likwidacja lub odizolowanie drewna (pozbawienie pożywienia) spowodują obumarcie *S. lacrymans* w murze⁷⁵. Przy braku możliwości szybkiego wyschnięcia grubych murów ważniejsze stało się ograniczenie w nich dalszej kolonizacji grzybiczej poprzez stworzenie głębokiej bariery toksycznej niż usuwanie grzybni i sznurów grzybniowych z porażonych ścian⁷⁶.

W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie społeczeństwa i służb konserwatorskich na metodę mniej inwazyjną (ograniczającą ilość usuwanego drewna) oraz minimalizującą stosowanie substancji chemicznych podczas remontów odgrzybienionych powstała alternatywna strategia, zwana metodą kontroli czynników środowiskowych⁷⁷ (tab.). Opiera się ona na badaniach laboratoryjnych i terenowych, w tym obserwacjach *S. lacrymans* w jego naturalnym środowisku (w lasach iglastych regionu Himalajów)⁷⁸. Nowa, holistyczna strategia została oparta na pełniejszym

⁶⁹ E.G. Blake, *Enemies of timber...*, op. cit., s. 86.

⁷⁰ J.M. Czechowski, *Grzyb domowy...*, op. cit., s. 77.

⁷¹ N.E. Hickin, *The dry rot problem*, op. cit., s. 62; J. Kochman, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 10.

⁷² B. Ridout, *Timber decay in buildings ...*, op. cit., s. 87.

⁷³ Ibidem.

⁷⁴ C.R. Coggins, *Decay of timber in buildings...*, op. cit., s. 103.

⁷⁵ A.F. Bravery, *The strategy...*, op. cit., s. 118 i 125.

⁷⁶ Ibidem, s. 118 i 127.

⁷⁷ N. Krzyzanowski et al., *The management and control of dry rot...*, op. cit., s. 148.

⁷⁸ J. Singh, *Review – dry rot and other wood-destroying fungi. Their occurrence, biology, pathology and control*, „Indoor and Built Environment” 1999, vol. 8, iss. 1, s. 4–6.



7

Młody owocnik *S. lacrymans* bez wyraźnie uformowanej mięsistej krawędzi. Fot. Bogusław Andres

Young fruiting body of *S. lacrymans* without a clearly formed fleshy edge. Photo: Bogusław Andres

8

Owocnik *S. lacrymans* z wyraźnie uformowaną mięsistą krawędzią. Fot. Bogusław Andres

Fruiting body of *S. lacrymans* with a clearly formed fleshy edge. Photo: Bogusław Andres

9

Owocnik *S. lacrymans* z dobrze wykształconym hymenoforem merulioidalnym. Fot. Bogusław Andres

Fruiting body of *S. lacrymans* with a well-developed merulioid hymenophore. Photo: Bogusław Andres



8



9

zrozumieniu biologii grzybów⁷⁹. Przyjęto w niej proste założenie: jeśli warunki wzrostu są nieodpowiednie, to mikroorganizm nie będzie się rozwijał. Podstawową zasadą kontroli wzrostu grzybów jest zatem wytworzenie warunków środowiskowych, w których materiał podlegający ochronie będzie utrzymywany w stanie fizycznym poważnie ograniczającym lub całkowicie uniemożliwiającym kiełkowanie zarodników i wzrost grzybni⁸⁰.

Dla tego ekologicznego i holistycznego podejścia do kontroli rozwoju *S. lacrymans* kluczowe jest zidentyfikowanie wszystkich źródeł wilgoci w budynku, a po ich usunięciu – utrzymywanie niskiej wilgotności materiałów budowlanych. Bardzo ważne założenie tej strategii, na które warto zwrócić uwagę pod kątem ochrony dóbr kultury, to minimalna ingerencja w strukturę obiektu podczas wykonywania remontu odgrzybieniowego, w tym zachowanie jak największej liczby oryginalnych materiałów⁸¹. Skuteczność tej metody potwierdzono w badaniach przeprowadzonych na pełnowymiarowym modelu odtwarzającym połączenie drewnianego stropu ze ścianą z piaskowca. Model ten wykonano z materiałów pozyskanych z zabytkowej zabudowy z okresu

⁷⁹ J. Singh, *Nature and extent of deterioration in buildings due to fungi* [w:] *Building mycology...*, op. cit., s. 50-51; J. Kochman, *Grzyby domowe*, op. cit., s. 10.

⁸⁰ J. Singh, *Review – dry rot and other wood-destroying fungi...*, op. cit., s. 17.

⁸¹ J.W. Palfreyman, G.A. Low, *The environmental control of dry rot*, Edinburgh 2002, s. 50; J. Singh, *Dry rot and timber decay...*, op. cit., s. 62.

wiktoriańskiego. Wyniki wykazały, że wentylacja oraz suszenie powietrzem skutecznie dezaktywują *S. lacrymans*, a trwałe usunięcie wilgoci lub odizolowanie drewna od zawilgoconych murów zapobiegają ponownemu rozwojowi grzyba – bez konieczności stosowania środków chemicznych⁸².

Tabela. Porównanie podstawowych działań podejmowanych w ramach metody konwencjonalnej i metody kontroli środowiskowej w razie wystąpienia biokorozi w budynkach

Metoda konwencjonalna (MK) ^a	Metoda kontroli środowiskowej (MKS) ^b
1. Zlokalizować i wyeliminować wszystkie źródła zawilgoce- nia budynku.	1. Zlokalizować i wyeliminować wszystkie źródła zawilgoce- nia budynku.
	2. Zaplanować i przeprowadzić szybkie suszenie zawilgoconych obszarów budynku. Do suszenia przegród budowlanych zastosować wentylatory, nagrzewnice, ewentualnie osuszacze. Kontrolować tempo wysychania murów. W razie potrzeby zmodyfikować sposób suszenia.
2. Usunąć tynk, boazerię, panele ściennie i sufitowe i tym podobne, aby odstąpić cały obszar zagrzybienia. Inspekcję rozpocząć od środka infekcji i przesuwać się na zewnątrz do krawędzi, aby dokładnie wyznaczyć obszar zagrzybienia.	3. Rozważyć usunięcie tynków zdegradowanych przez wodę i sól. Jeśli tynk ma znaczenie historyczne, to należy podjąć działania konserwatorskie. Odstąpić przestrzenie podpodłogowe poprzez podniesienie desek podłogowych i pozostawić je odstąpione jak najdłużej, by je wysuszyć. Określić całkowity zasięg zagrzybienia budynku i usunąć aktywne struktury morfologiczne grzyba (grzybnię, sznury grzybniowe, owocniki).
3. Przeprowadzić szczegółową kontrolę drewnianych elementów konstrukcyjnych narażonych na zagrzybienie. W tym celu odstąpić wszystkie zakryte elementy nośne (w zakresie umożliwiającym ich oględziny) w zawilgoconych strefach budynku. Szczególną wagę należy zwrócić na stan połączeń ciesielskich oraz zagnieżdżenie i oparcie belek w murze.	4. Określić wytrzymałość konstrukcji drewnianych przez z-kwalifikowanie poszczególnych jej elementów do wymiany lub wzmocnienia. Zachować jak najwięcej oryginalnych materiałów, szczególnie w zabytkowych budynkach. Uwaga ta dotyczy również stolarki otworowej. Decyzje o możliwości pozostawienia uszkodzonego elementu – po jego wzmocnieniu – powinien podjąć konstruktor, a metoda wzmocnienia powinna zostać zaakceptowana przez służby konserwatorskie.
4. Usunąć całe drewno wykazujące symptomy degradacji* lub obecność białej grzybni powierzchniowej (wraz z drewnem usunąć wszystkie widoczne struktury morfologiczne <i>S. lacrymans</i>) oraz „pozornie zdrowe” drewno w odległości 30–45 (ewentualnie 50) cm od miejsca ostatnich oznak infekcji. Usunąć ten materiał z budynku i odpowiednio go zutylizować. Powyższe działania każdorazowo muszą zostać zaakceptowane przez służby konserwatorskie.	5. Usunąć silnie uszkodzone drewniane elementy konstrukcyjne* – takie, które utraciły nośność (w takim przypadku klasyfikacja elementów do wymiany powinna zostać podjęta po konsultacji z konstruktorem). Powyższe działania każdorazowo muszą zostać zaakceptowane przez służby konserwatorskie.
5. Czoła przyciętych elementów konstrukcyjnych (z pkt 4) wraz z odcinkami o długości około 50 cm (licząc od miejsca przycięcia) zabezpieczyć preparatem grzybobójczym (wskazanym w ekspertyzie mykologicznej). W przypadku elementów konstrukcyjnych o dużych przekrojach może być konieczne wykonanie impregnacji głębokiej drewna metodą zastrzyków, nabożów (kołkowania) lub iniekcji ciśnieniowej***. Jeśli drewno jest mokre, to najlepszą penetrację zapewnią preparaty na bazie związków boru i glikolu (wykaz produktów biobójczych**** nie uwzględnia tego typu preparatów).	6. Powierzchniowo zdegradowane elementy konstrukcyjne* (takie, które jedynie częściowo utraciły nośność) po konsultacji z konstruktorem wzmocnić nowym drewnem lub zastosować preparaty do wzmocnienia strukturalnego drewna. Powyższe działania każdorazowo muszą zostać zaakceptowane przez służby konserwatorskie.

⁸² J.W. Palfreyman, D. Smith, G.A. Low, *The use of representative modelling to test the efficacy of environmental control treatments for the dry rot fungus Serpula lacrymans. Simulating the infection and the treatment of flooring timber*, „International Biodeterioration & Biodegradation” 2001, vol. 47, iss. 1, s. 27–36.

<p>6. Usunąć drewniane nadproża oraz inne drewniane elementy osadzone w zagrzybionej strefie muru i zastąpić je materiałem nieorganicznym.</p> <p>To postępowanie jest zalecane w przypadku murów trudnych do osuszenia w relatywnie krótkim czasie. Podjęcie tego typu działań jest dodatkowo uzależnione od stanu i typu konstrukcji oraz każdorazowo musi zostać zaakceptowane przez służby konserwatorskie.</p>	
<p>7. W razie potrzeby wzmocnić elementy konstrukcyjne nowym, odpowiednio zaimpregnowanym drewnem. Decyzję o możliwości pozostawienia uszkodzonego elementu po jego uprzednim wzmocnieniu powinien podjąć konstruktor, a metoda wzmocnienia powinna zostać zaakceptowana przez służby konserwatorskie. Przycięte końce nowych elementów konstrukcyjnych zaimpregnować metodą smarowania lub zanurzeniową.</p>	<p>7. Nowe drewno, które będzie miało kontakt z mokrym murem, zaimpregnować środkami konserwującymi. Tego typu zabiegi zazwyczaj należy wykonać jedynie na końcach elementów konstrukcyjnych osadzonych w murze. Końce tych elementów zaimpregnować metodą smarowania lub metodą zanurzeniową.</p>
<p>8. Nowe drewno odizolować od muru membraną przeciwwilgociową.</p>	<p>8. Odizolować drewno od muru, pozostawiając przestrzeń wentylacyjną i/lub stosując membranę przeciwwilgociową. Szczególnie ważne jest odizolowanie drewna od zawilgoconych materiałów budowlanych, które będą długo wysychać.</p>
<p>9. Zdemontować stolarkę okienną i drzwiową w strefie zagrzybienia. Wykonać jej konserwację, restaurację lub rekonstrukcję – w zależności od stopnia degradacji drewna.</p> <p>Powyższe działania każdorazowo muszą zostać zaakceptowane przez służby konserwatorskie.</p>	<p>Analogiczne do pkt 9 MK zalecenia znajdują się w pkt 4 MKŚ.</p>
<p>10. Odsłonięte mury spryskać środkiem grzybobójczym (do zwalczania <i>S. lacrymans</i> w murach) na bazie wody.</p>	
	<p>9. Zapewnić efektywną wentylację tynków, boazerii, paneli ściennych, przestrzeni podpodłogowych i tym podobnych.</p>
	<p>10. Usunąć wszelkie odpady budowlane (luźne i nieistotne, zniszczone materiały budowlane z pustych przestrzeni). Odkurzyć zagrzybione strefy budynku.</p>
	<p>11. Wdrożyć harmonogram regularnych przeglądów i konserwacji budynku i/lub zainstalować sprzęt monitorujący wilgotność powietrza (szczególnie wewnątrz przegród budowlanych) oraz materiałów budowlanych (zwłaszcza drewna).</p>

^a Opracowanie własne (z uwzględnieniem polskich realiów) na podstawie: B. Ridout, *Timber decay in buildings. The conservations approach to treatment*, London 2001, s. 194–196; B. Ridout, *Timber decay in building and its treatment*, Swindon 2019, s. 54; J. Singh, *Dry rot and timber decay. Don't panic and poison yourself*, „Journal of Building Survey, Appraisal & Valuation” 2020, vol. 9, iss. 1, s. 60.

^b Opracowanie własne (z uwzględnieniem polskich realiów) na podstawie: B. Ridout, *Timber decay in buildings...*, op. cit., s. 187; J.W. Palfreyman, G.A. Low, *The environmental control of dry rot*, Edinburgh 2002, s. 34–39, 44, 50; J. Singh, *Dry rot and timber decay...*, op. cit., s. 61–62.

* Według klasyfikacji zamieszczonej w: J. Karyś, *Ocena zaawansowania procesu korozji biologicznej w obiekcie i usuwanie skutków korozji* [w:] *Ochrona przed wilgocią i korozją biologiczną w budownictwie*, red. tenże, Warszawa 2014, s. 169–170, gdzie omówiono stopnie degradacji drewna.

** Zob. A. Krajewski, P. Witomski, *Ochrona drewna – surowca i materiału*, Warszawa 2023, s. 303, gdzie omówiono metody impregnacji drewna konstrukcyjnego *in situ*.

*** Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, *Wykaz produktów biobójczych*, gov.pl, tinyurl.com/mpstr6ea, dostęp: 26.07.2025.

Na koniec należy wspomnieć o pozostałych alternatywnych strategiach zwalczania *S. lacrymans* w budynkach. Poniższe sposoby nie znalazły jednak szerszego praktycznego zastosowania, zwłaszcza w obiektach zabytkowych. Metoda termiczna zwalczania polega na wykorzystaniu



10 Owocniki *S. lacrymans* uformowane na posadzce. Fot. Bogusław Andres
Fruiting bodies of *S. lacrymans* formed on the floor. Photo: Bogusław Andres

wrażliwości *S. lacrymans* na podwyższoną temperaturę. Według opracowanych procedur⁸³ budynki ogrzewa się gorącym powietrzem przez 24 godziny, aby wewnątrz zagrzybionych murów i drewna konstrukcyjnego utrzymać temperaturę rzędu 40°C. Modyfikacją tej metody jest metoda mikrofalowa, w której do ogrzewania zagrzybionych przegród budowlanych używa się generatorów mikrofalowych⁸⁴. Z kolei w metodach kontroli biologicznej wykorzystywano antagonistyczne oddziaływanie mikroorganizmów. Zastosowanie między innymi grzybów z rodzaju *Trichoderma* wyraźnie zmniejszało zdolność do kolonizacji i degradacji drewna przez *S. lacrymans*, a nawet powodowało jego obumarcie. Należy jednak zaznaczyć, że są to wyniki badań laboratoryjnych, a skuteczność tej metody nie została szeroko potwierdzona w mikrośrodkowisku budynków⁸⁵.

Podsumowanie

Jak wynika z przedstawionego przeglądu literatury, na przełomie XIX i XX wieku kluczową rolę w pionierskich badaniach nad grzybem *S. lacrymans* odegrali niemieccy uczeni, którzy opublikowali fundamentalne opracowania poświęcone temu gatunkowi⁸⁶. W późniejszych dekadach, ze względu na szerokie rozpowszechnienie *S. lacrymans* na Wyspach Brytyjskich, to właśnie Wielka Brytania stała się głównym ośrodkiem, jeśli chodzi o publikację tekstów poświęconych tej tematyce. Liczne opracowania anglojęzyczne, a zwłaszcza powielane w nich błędne informacje,

⁸³ A.P. Koch, *The current status of dry rot in Denmark and control strategies* [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology...*, op. cit., s. 147-154.

⁸⁴ A. Liner et al., *Implementation of optical meanders in the temperature measurement of the extermination of basidiomycete Serpula lacrymans using microwave heating*, „Advances in Electrical and Electronic Engineering” 2013, vol. 11, iss. 6, s. 528-534.

⁸⁵ A.J. Score, J.W. Palfreyman, *Biological control of the dry rot fungus Serpula lacrymans by Trichoderma species. The effects of complex and synthetic media on interaction and hyphal extension rates*, „International Biodeterioration & Biodegradation” 1994, vol. 33, iss. 2, s. 115-128; A. Bruce, *Biological control of wood decay* [w:] *Forest products biotechnology*, ed. A. Bruce, J.W. Palfreyman, London 1998, s. 251-266; P. Susi et al., *Biological control of wood decay against fungal infection*, „Journal of Environmental Management” 2011, vol. 92, iss. 7, s. 1681-1689.

⁸⁶ R. Hartig, *Der echte Hausschwamm (Merulius lacrymans Fr.)*, op. cit.; R. Falck, *Die Merulius-fäule des Bauholzes...*, op. cit.

przyczyniły się do utrwalenia stereotypowego postrzegania *S. lacrymans*. Ograniczony udział prac z obszaru Europy kontynentalnej w niniejszym opracowaniu jest bezpośrednim następstwem dominowania w przedmiotowej literaturze narracji anglojęzycznej. Warto jednak podkreślić, że rewizja poglądów dotyczących *S. lacrymans* rozpoczęła się również dzięki anglojęzycznym monografiom⁸⁷, które ukazały się w latach 90. XX wieku.

Wyniki badań laboratoryjnych, popartych obserwacjami prowadzonymi w naturalnym środowisku występowania oraz w zagrzybionych budynkach⁸⁸, potwierdziły, że *S. lacrymans*:

- potrzebuje znacznego i stałego źródła wilgoci do intensywnej kolonizacji oraz degradacji drewna w budynku;
- nie może podtrzymywać warunków dogodnych do rozkładu drewna dzięki wodzie wytwarzanej podczas rozkładu polisacharydów zawartych w drewnie, a jego wymagania dotyczące wilgoci są porównywalne z wymaganiami innych grzybów domowych powodujących brunatny rozkład drewna;
- sznury grzybniowe wykorzystuje nie do kolonizacji budynku, lecz do transportu substancji pokarmowych rozpuszczonych w wodzie z miejsca ich pozyskania do czoła rozrastającej się grzybni (to grzybnia, a nie sznury grzybniowe, dokonuje kolonizacji budynku);
- nie transportuje sznurami grzybniowymi wody, by zawilgościć suche drewno w znaczącym stopniu – zdolność ta nie jest większa niż u innych grzybów domowych wytwarzających sznury grzybniowe;
- obumiera w wyniku szybkiego wysuszenia drewna i murów do wilgotności normatywnej, a suche struktury morfologiczne grzyba nie grożą ponowną infekcją budynku (o ile nie nastąpi jego ponowne zawilgocenie).

Pomimo rewizji dotychczasowych przekonań na temat *S. lacrymans* jego szkodliwy wpływ na konstrukcje budowlane nadal pozostaje istotny, zwłaszcza w przypadku nieużytkowanych i zaniedbanych obiektów zabytkowych. Zagrożeń związanych z zagrzybieniem budynku przez *S. lacrymans* nie można lekceważyć, odkładanie remontu zazwyczaj powoduje bowiem nieodwracalne szkody i straty w oryginalnej substancji obiektu. Szczególnie niebezpieczna jest sytuacja, gdy w obiekcie występuje stałe lub cykliczne źródło zawilgocenia. Wówczas znacząco wzrasta ryzyko postępującej biodegradacji budynku, czego skutkiem może być znaczna utrata integralności i autentyczności substancji zabytkowej.

W artykule przedstawiłem dwie najważniejsze, obecnie powszechnie stosowane na Wyspach Brytyjskich, strategie zwalczania *S. lacrymans*⁸⁹ w budynkach o znaczeniu historycznym, artystycznym lub kulturowym, w tym objętych ochroną konserwatorską. By lepiej zobrazować różnice pomiędzy obiema strategiami, w zamieszczonej w tekście tabeli zostały zestawione standardowo podejmowane działania – w taki sposób, aby umożliwić bezpośrednie porównanie analogicznych etapów w obu metodach. Trzeba jednak podkreślić, że są to jedynie ramowe zalecenia, gdyż do każdego zagrzybionego obiektu należy podejść indywidualnie, z uwzględnieniem jego specyfiki wynikającej z: konstrukcji, zastosowanych materiałów, warunków gruntowo-wodnych i tym podobnych, a wytyczne należy bezwzględnie dostosować do analizowanego przypadku. Podstawą do sformułowania zaleceń jest rzetelne przeprowadzenie niezbędnych badań w ramach wizji lokalnej obiektu. W tym kontekście ekspertyza mykologiczna, wykonana według krajowego standardu⁹⁰ i uzupełniona o ekspertyzę konstrukcyjną, może w pełni posłużyć do zaplanowania odpowiednich

⁸⁷ *Serpula lacrymans*. *Fundamental biology...*, op. cit.; *Building mycology...*, op. cit..

⁸⁸ J.W. Palfreyman et al., *The impact of current research on the treatment of infestations by the dry rot fungus Serpula lacrymans*, „International Biodeterioration & Biodegradation” 1995, vol. 35, iss. 4, s. 369-395.

⁸⁹ Warto nadmienić, że obie przytoczone strategie są z powodzeniem stosowane również do zwalczania innych grzybów domowych powodujących szybką i silną degradację drewna, szczególnie jeśli doszło do rozległego porażenia przez nie danego obiektu.

⁹⁰ D. Mączyński, *Standard opracowania mykologicznego dla zabytku nieruchomego zbudowanego z drewna oraz zawierającego elementy konstrukcji drewnianych*, „Kurier Konserwatorski” 2024, nr 23, s. 17-31.

działań w zabytkowym obiekcie architektonicznym⁹¹ na podstawie założeń opisanych w strategii. Trzeba jednak pamiętać, że unikatowy charakter obiektu często wymaga indywidualnego doboru metod i środków, ukierunkowanego na osiągnięcie optymalnych i trwałych rezultatów.

Obie przedstawione metody mają swoje zalety i wady. Do zalet metody konwencjonalnej zaliczają się jej skuteczność oraz wydłużenie ochrony materiałów budowlanych przed biokorozją, które wynika z zastosowania preparatów chemicznych zawierających biocydy. Warto też zwrócić uwagę, że już w ramach prowadzonego remontu odgrzybieniowego można profilaktycznie zabezpieczyć drewno przed owadami ksylofagicznymi. Jest to bardzo ważne, gdyż istnieje ryzyko, że zastosowanie nowego drewna w konstrukcjach zabytkowych przywabi samice takich owadów, na przykład spuszczela pospolitego (*Hylotrupes bajulus*)⁹². Duże kontrowersje może natomiast budzić zakres prac związanych z inspekcją zagrzybienia obiektu, w ramach której zalecany jest rozległy demontaż desek podłogowych, boazerii i innych elementów wystroju wnętrz, co w przypadku obiektów zabytkowych jest nieakceptowalne z punktu widzenia ochrony oryginalnej substancji. W takich przypadkach warto rozważyć wykorzystanie metod nieinwazyjnych, na przykład wideoendoskopii⁹³.

Niewątpliwą zaletą metody kontroli środowiskowej biokorozji jest z kolei holistyczne podejście, uwzględniające nieodłączność wartości historycznej i/lub artystycznej każdego elementu – nawet zdegradowanego. W przypadku obiektów zabytkowych ma to szczególne znaczenie, ponieważ jest zgodne z zapisami ustawy o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami⁹⁴, wytycznymi generalnego konserwatora zabytków⁹⁵ oraz standardami działań konserwatorskich⁹⁶. Dodatkową zaletą tej metody jest wdrożenie harmonogramu stałych przeglądów w wyremontowanym obiekcie, a niejednokrotnie też objęcie budynku stałym monitoringiem temperatury i wilgotności powietrza oraz wilgotności przegród budowlanych. Daje to podstawy do dalszego utrzymania nieruchomości zabytkowej w dobrym stanie technicznym. Znaczne kontrowersje budzą natomiast zalecenia dotyczące osuszania stropów, które zakładają demontaż ułożonych na nich drewnianych posadzek. W takiej sytuacji można by wykonać jedynie punktowy demontaż podłóg i zastosować nadmuch ciepłego powietrza (z nagrzewnic) w przestrzenie podpodłogowe.

Stosowanie metody kontroli środowiskowej niestety wiąże się też z pewnym ryzykiem. W szczególnych przypadkach ryzyko to wynika na przykład z powolnego tempa wysychania grubych murów, co sprzyja wydłużeniu żywotności *S. lacrymans* i zwiększa szkody przez niego wyrządzane. W skrajnych sytuacjach, kiedy grzyb nie obumiera, lecz przechodzi czasowo w stan utajony, istnieje groźba powtórnego zagrzybienia budynku. Z tego powodu monitorowanie warunków środowiskowych po wykonaniu remontu odgrzybieniowego jest bardzo ważnym elementem tej strategii.

Odrębnym zagadnieniem pozostaje kwestia środków biobójczych stosowanych w obydwu wariantach działań – z jednej strony ich skuteczności i trwałości (które są uzależnione głównie od metod aplikacji), a z drugiej bezpieczeństwa dla ludzi nie tylko bezpośrednio po wykonaniu zabiegu, ale także w dalekiej przyszłości, kiedy w wyniku starzenia się i degradacji do środowiska będą trafiać elementy nasycone tymi środkami.

⁹¹ Zaplanowane działania powinny uwzględniać wytyczne konserwatorskie wydane dla danego obiektu oraz uzyskać ostateczną akceptację służb konserwatorskich.

⁹² A. Krajewski, P. Witomski, *Korozja biologiczna drewnianych dóbr kultury. Poradnik konserwatora*, Warszawa 2012, s. 87.

⁹³ Eidem, *Videoendoskopia jako metoda oceny stanu drewnianych konstrukcji w zabytkach*, „Ochrona Zabytków” 2005, nr 4, s. 105.

⁹⁴ Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2003, nr 162, poz. 1568 ze zm.).

⁹⁵ Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego, *Wytyczne Generalnego Konserwatora Zabytków dotyczące ochrony zabytków drewnianych i konstrukcji drewnianych w obiektach zabytkowych*, [konserwator.nid.pl, tinyurl.com/3nst3wn9](https://konserwator.nid.pl/tinyurl.com/3nst3wn9), dostęp: 23.03.2025.

⁹⁶ Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego, *Pismo do wojewódzkich konserwatorów zabytków z 5 października 2018 roku*, [konserwator.nid.pl, tinyurl.com/mr37cx34](https://konserwator.nid.pl/tinyurl.com/mr37cx34), dostęp: 23.03.2025.

Reasumując, prace konserwatorskie⁹⁷ powinny być prowadzone w sposób jak najmniej inwazyjny, tak aby zachować jak najwięcej oryginalnej substancji zabytkowej, a do wymiany elementów na nowe powinno dochodzić jedynie w sytuacjach, gdy oryginalne fragmenty są zniszczone w stopniu uniemożliwiającym ich naprawę. Nie oznacza to, że w obiektach zabytkowych powinna być stosowana wyłącznie metoda kontroli czynników środowiskowych (z zaproponowaną jej modyfikacją dotyczącą osuszania stropów), zakładająca poszanowanie oryginalnej substancji. Wysoki stopień porażenia budynku przez *S. lacrymans* niejednokrotnie będzie uzasadniać wybór metody konwencjonalnej (z zaproponowaną jej modyfikacją dotyczącą inspekcji zagrzybienia), zwłaszcza gdy złożona struktura zabytkowego budynku utrudnia szybkie osuszenie jego elementów. Stosowanie kombinacji obu metod, na przykład połączenie ukierunkowanych zabiegów chemicznych z kontrolą czynników środowiskowych (zwłaszcza z wdrożeniem harmonogramu okresowych przeglądów i długoterminowym monitoringiem warunków środowiskowych w obiekcie), może oznaczać bardziej kompleksowe działanie, przy jednoczesnym zwiększeniu skuteczności zabiegów odgrzybieniu. Takie podejście pozwoli zachować dziedzictwo kulturowe dzięki skutecznemu ograniczeniu ryzyka jego biodeterioracji.

dr inż. Bogusław Andres

Rzeczoznawca Polskiego Stowarzyszenia Mykologów Budownictwa w zakresie mykologii budowlanej. Pracownik Instytutu Nauk Drzewnych i Meblarstwa SGGW w Warszawie. W pracy zawodowej zajmuje się zagadnieniami związanymi z biokorozją, ochroną i konserwacją drewna. Autor artykułów dotyczących między innymi czynników degradujących drewno i inne materiały budowlane w zabytkach, ze szczególnym uwzględnieniem grzybów domowych.

Bogusław Andres, PhD

An expert in the field of building mycology at the Polish Association of Building Mycologists. He is an employee of the Institute of Wood Sciences and Furniture at the Warsaw University of Life Sciences. In his professional capacity he addresses issues related to biocorrosion and the protection and conservation of wood. He is the author of articles on various subjects, including factors that degrade wood and other building materials in historical monuments, with a particular focus on domestic fungi.

Bibliografia

- Andres Bogusław, Krajewski Krzysztof J., Betlej Izabela, *Diversity of indoor wood decaying fungi in Poland*, „BioResources” 2022, vol. 17, iss. 3, s. 4856-4869.
- Andres Bogusław, Krajewski Krzysztof J., Betlej Izabela, *Grzyby domowe. Warunki rozwoju, rozpoznawanie zwalczanie*, wyd. 2, Warszawa 2025.
- Bavendamm Werner, *Der Hausschwamm und andere Bauholzpilze. Erkennung und Bestimmung, Verhütung und Bekämpfung*, Stuttgart 1969.
- Bravery Anthony F., *The strategy for eradication of Serpula lacrymans [w:] Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*, ed. David H. Jennings, Anthony F. Bravery, Chichester 1991, s. 117-130.
- Blake Ernest G., *Enemies of timber. Dry rot and the death-watch beetle*, London 1925.
- Bricknell James M., *Surveying to determine the presence and extent of an attack of dry rot within building in the United Kingdom [w:] Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*, ed. David H. Jennings, Anthony F. Bravery, Chichester 1991, s. 95-115.
- Bruce Alan, *Biological control of wood decay [w:] Forest products biotechnology*, ed. Alan Bruce, John W. Palfreyman, London 1998, s. 251-266.
- Building mycology. Management of decay and health in buildings*, ed. Jagjit Singh, London 1994.
- Cartwright Kenneth, Findlay Walter, *Rozkład i konserwacja drewna*, przeł. Halina Kraheńska, Warszawa 1951.
- Coggins Chris R., *Decay of timber in buildings. Dry rot, wet rot and other fungi*, East Grinstead 1980.
- Coggins Chris R., *Growth characteristics in building [w:] Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*, ed. David H. Jennings, Anthony F. Bravery, Chichester 1991, s. 81-93.

⁹⁷ Odgrzybianie wchodzi w zakres zabiegów stosowanych w ramach konserwacji według: J. Tajchman, *Metoda konserwacji i restauracji dziedzictwa architektonicznego w zakresie zabytkowych budowli [w:] Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych*, red. J. Jasiński et al., Wrocław 2006, s. 61.

- Czechowski Jan M., *Grzyb domowy i walka z nim*, Warszawa 1927.
- Ekologia [hasło w:] *Encyklopedia PWN*, encyklopedia.pwn.pl, tinyurl.com/4xcmjb98, dostęp: 16.07.2025.
- Falck Richard, *Die Merulius-fäule des Bauholzes, Neue Untersuchungen über Unterscheidung Verbreitung, Entstehung und Bekämpfung des echten Hausschwammes* [w:] *Hausschwammforschungen in amtlichem Auftrage*, t. 6, ed. Alfred Möller, Jena 1912.
- Hartig Robert, *Der echte Hausschwamm und andere das Bauholz zerstörende Pilze*, Berlin 1902.
- Hickin Norman E., *The dry rot problem*, London 1963.
- Huckfeldt Tobias, Schmidt Olaf, Quader Hartmut, *Ökologische Untersuchungen am Echten Hausschwamm und weiteren Hausfäulepilzen*, „Holz als Roh- und Werkstoff” 2005, vol. 63, s. 209–219.
- Jennings David H., *The physiology and biochemistry of the vegetative mycelium* [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*, ed. David H. Jennings, Anthony F. Bravery, Chichester 1991, s. 55–80.
- Karyś Jerzy, *Geneza i historia mykologii budowlanej w Polsce* [w:] *Ochrona przed wilgocią i korozją biologiczną w budownictwie*, red. idem, Warszawa 2014, s. 13–18.
- Karyś Jerzy, *Ocena zaawansowania procesu korozji biologicznej w obiekcie i usuwanie skutków korozji* [w:] *Ochrona przed wilgocią i korozją biologiczną w budownictwie*, red. idem, Warszawa 2014, s. 168–174.
- Koch Anne Pia, *The current status of dry rot in Denmark and control strategies* [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*, red. David H. Jennings, Anthony F. Bravery, Chichester 1991, s. 147–154.
- Kochman Józef, *Grzyby domowe*, Warszawa 1951.
- Krajewski Adam, Witomski Piotr, *Korozja biologiczna drewnianych dóbr kultury. Poradnik konserwatora*, Warszawa 2012.
- Krajewski Adam, Witomski Piotr, *Ochrona drewna – surowca i materiału*, Warszawa 2023.
- Krajewski Adam, Witomski Piotr, *Videoendoskopia jako metoda oceny stanu drewnianych konstrukcji w zabytkach*, „Ochrona Zabytków” 2005, nr 4, s. 105–108.
- Krzyzanowski Nick et al., *The management and control of dry rot. A survey of practitioners' views and experiences*, „Journal of Environmental Management” 1999, vol. 57, iss. 3, s. 143–154.
- Liner Andrej et al., *Implementation of optical meanders in the temperature measurement of the extermination of basidiomycete *Serpula lacrymans* using microwave heating*, „Advances in Electrical and Electronic Engineering” 2013, vol. 11, iss. 6, s. 528–534.
- Ławrynowicz Maria, *Królestwo grzybów na przełomie tysiącleci*, „Wiadomości Botaniczne” 2002, vol. 46, iss. 1–2, s. 19–25.
- Maurice Sundy et al., *Modelling the effect of temperature, water activity and pH on the growth of *Serpula lacrymans**, „Journal of Applied Microbiology” 2011, vol. 111, s. 1436–1446.
- Mączyński Dominik, *Standard opracowania mykologicznego dla zabytku nieruchomego zbudowanego z drewna oraz zawierającego elementy konstrukcji drewnianych*, „Kurier Konserwatorski” 2024, nr 23, s. 17–31.
- Microscope [hasło w:] *Wikipedia*, en.wikipedia.org, tinyurl.com/ufkad59n, dostęp: 23.03.2025.
- Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego, Pismo do wojewódzkich konserwatorów zabytków z 5 października 2018 roku, konserwator.nid.pl, tinyurl.com/mr37cx34, dostęp: 23.03.2025.
- Ministerstwo Kultury i Dziedzictwa Narodowego, *Wytyczne Generalnego Konserwatora Zabytków dotyczące ochrony zabytków drewnianych i konstrukcji drewnianych w obiektach zabytkowych*, konserwator.nid.pl, tinyurl.com/3nst3wn9, dostęp: 23.03.2025.
- Nuss Ingo, Jennings David H., Veltkamp Cornelis J., *Morphology of *Serpula lacrymans** [w:] *Serpula lacrymans. Fundamental biology and control strategies*, ed. David H. Jennings, Anthony F. Bravery, Chichester 1991, s. 9–38.
- Orłoś Henryk, *Grzyby szkodliwe w budynkach i na składach drewna*, „Wydawnictwa Pomocnicze i Techniczno-Gospodarcze”, seria B, nr 24, Warszawa 1950.
- Palfreyman John W., Low Gordon A., *The environmental control of dry rot*, Edinburgh 2002.
- Palfreyman John W., Smith D., Low Gordon A., *The use of representative modelling to test the efficacy of environmental control treatments for the dry rot fungus *Serpula lacrymans*. Simulating the infection and the treatment of flooring timber*, „International Biodeterioration & Biodegradation” 2001, vol. 47, iss. 1, s. 27–36.
- Palfreyman John W. et al., *The impact of current research on the treatment of infestations by the dry rot fungus *Serpula lacrymans**, „International Biodeterioration & Biodegradation” 1995, vol. 35, iss. 4, s. 369–395.
- Przewalski Zygmunt, *Profilaktyka i odgrzybianie drewna użytkowego oraz budynków* [w:] *Grzyby domowe i inne szkodniki budulca oraz metody i środki walki*, red. Franciszek X. Skupieński, Warszawa 1937, s. 189–259.
- Ridout Brian, *Timber decay in building and its treatment*, Swindon 2019.

- Ridout Brian, *Timber decay in buildings. The conservations approach to treatment*, London 2001.
- Ridout Brian, *Understanding decay in building timbers* [w:] *Materials and skills for historic building conservation*, ed. Michael Forsyth, Oxford 2008, s. 160-166.
- Rouba Bogumiła J., *Teoria w praktyce polskiej ochrony, konserwacji i restauracji dziedzictwa kulturowego* [w:] *Współczesne problemy teorii konserwatorskiej w Polsce*, red. Bogusław Szmygin, Warszawa-Lublin 2008, s. 101-120.
- Schmidt Olaf, *Indoor wood-decay basidiomycetes. Damage, causal fungi, physiology, identification and characterization, prevention and control*, „Mycological Progress” 2007, vol. 6, iss. 4, s. 261-279.
- Schmidt Olaf, *Wood and tree fungi. Biology, damage, protection, and use*, Berlin 2006.
- Schmidt Olaf, Huckfeldt Tobias, *Characteristics and identification of indoor wood-decaying basidiomycetes* [w:] *Fundamentals of mold growth in indoor environments and strategies for healthy living*, ed. Olaf C.G. Adan, Robert A. Samson, Wageningen 2011, s. 117-180.
- Score Alan J., Palfreyman John W., *Biological control of the dry rot fungus Serpula lacrymans by Trichoderma species. The effects of complex and synthetic media on interaction and hyphal extension rates*, „International Biodeterioration & Biodegradation” 1994, vol. 33, iss. 2, s. 115-128.
- Singh Jagjit, *Dry rot and timber decay. Don't panic and poison yourself*, „Journal of Building Survey, Appraisal & Valuation” 2020, vol. 9, iss. 1, s. 49-64.
- Singh Jagjit, *Review – dry rot and other wood-destroying fungi. Their occurrence, biology, pathology and control*, „Indoor and Built Environment” 1999, vol. 8, iss. 1, s. 3-20.
- Skupiński Franciszek X., *Czynniki mikrobiologiczne niszczące drewno użytkowe* [w:] *Grzyby domowe i inne szkodniki budulca oraz metody i środki walki*, red. idem, Warszawa 1937, s. 49-102.
- Susi Petri et al., *Biological control of wood decay against fungal infection*, „Journal of Environmental Management” 2011, vol. 92, iss. 7, s. 1681-1689.
- Tajchman Jan, *Metoda konserwacji i restauracji dziedzictwa architektonicznego w zakresie zabytkowych budowli* [w:] *Problemy remontowe w budownictwie ogólnym i obiektach zabytkowych*, red. Jerzy Jasieńko et al., Wrocław 2006, s. 48-68.
- Urząd Rejestracji Produktów Leczniczych, Wyrobów Medycznych i Produktów Biobójczych, *Wykaz produktów biobójczych*, gov.pl, tinyurl.com/mpstr6ea, dostęp: 26.07.2025.
- Ustawa z dnia 23 lipca 2003 r. o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami (Dz.U. 2003, nr 162, poz. 1568 ze zm.).
- Ważny Jerzy, *Grzyby domowe* [w:] *Impregnacja i odgrzybianie w budownictwie*, red. Michał Czajnik et al., Warszawa 1956.
- Ważny Jerzy, *Mikroorganizmy rozwijające się w budynkach* [w:] *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, red. Jerzy Ważny, Jerzy Karyś, Warszawa 2001, s. 52-90.
- Ważny Jerzy, *Mykologia budowlana – rys historyczny* [w:] *Ochrona budynków przed korozją biologiczną*, red. Jerzy Ważny, Jerzy Karyś, Warszawa 2001, s. 13-19.
- W.M., *Grzyb domowy i najnowsze środki do walki z nim*, Warszawa 1933.
- Wanin Stiepan I., *Domowyje griby, ich biologija, diagnostika i miery bor'by*, Leningrad 1930.