

CICHY ZABÓJCA KONSTRUKCJI DREWNIANYCH

PIOTR DUNAJ, *e-mail: p.dunaj@pb.edu.pl*

Rzecznik budowlany, biegły sądowy przy Sądzie Okręgowym w Białymstoku

PAWEŁ DUNAJ

PPUH Duna, P. Dunaj, Jerzego Waszyngtona 22/5, 15–269 Białystok

Streszczenie. Na wystąpienie awarii budowlanej zwykle wpływa szereg czynników. Błędy prowadzące do awarii w konstrukcjach budowlanych mogą powstawać w trzech etapach: projektowania konstrukcji, wykonania bądź też nienależytej eksploatacji. Do awarii budowlanych spowodowanych obciążeniami czynnymi bądź biernymi dochodzi jeszcze nowy rodzaj spowodowany korozją biologiczną. Porażone drewno grzybami domowymi, przy sprzyjających warunkach do ich rozwoju, może w ciągu sześciu miesięcy stracić swoją wytrzymałość nawet do 95 procent. Niekontrolowany spadek wytrzymałości drewna w elementach konstrukcyjnych stwarza realne zagrożenie zawalenia się konstrukcji nośnej.

Słowa kluczowe: korozja biologiczna, grzyby domowe, wentylacja w budynku, punkt rosy, mostki termiczne, wilgoć w przegrodach budowlanych, ozonowanie pomieszczeń

1. Wstęp

Coraz częściej dochodzi do błędów prowadzących do awarii z powodu niewłaściwego doboru materiałów. Wiąże się to głównie ze zmniejszeniem strat energii cieplnej, której koszty ciągle rosną. Podczas termoizolacji budynków wymienia się również stolarkę okienną i drzwiową, o znacznie lepszych parametrach termicznych i na bardziej szczelne.



Rys. 1. Elewacja frontowa i boczna

Zwiększona szczelność stolarki jest powodem mniejszej infiltracji powietrza do wnętrza ocieplanych pomieszczeń. Niezbędny strumień wymiany ilości powietrza w budynku zależy od sposobu użytkowania budynku, rodzaju pomieszczeń oraz liczby osób zamieszkujących

w budynku. Do tego musi być zapewniona sprawnie działająca wentylacja, gwarantująca usuwanie wilgoci z powietrza znajdującego się w pomieszczeniach. Brak należytej wentylacji może być dramatyczny w skutkach. W przedstawionym przypadku, z powodu niezapewnienia wymiany odpowiedniej ilości powietrza, wystąpił wzrost wilgotności. Był to jeden z powodów bardzo korzystny do rozwoju zagrzybienia budynku, które rozwijało się wewnątrz warstw ściennych, niszcząc niekiedy całkowicie strukturę drewna. W ciągu kilku miesięcy od wykonania termomodernizacji, w niektórych miejscach, doszło do całkowitego zniszczenia struktury drewna. Radość z zakupu nieruchomości przez nowego właściciela, w kilka miesięcy po jej zakupie i po stwierdzeniu zagrzybienia budynku wewnątrz warstw konstrukcyjnych, szybko przerodziła się w koszmar trwający do dziś. Przykład ten powinien stać się przestrogą dla wszystkich osób wykonujących termomodernizację budynków oraz dla osób zainteresowanych zakupem budynku drewnianego, po jego termomodernizacji.

2. Informacje dotyczące warunków środowiskowych w budynku mieszkalnym

Wykonano pomiary i badania parametrów fizycznych niezbędnych do oceny stanu technicznego konstrukcji. W piwnicy, na parterze oraz wewnątrz ścian zewnętrznych zarejestrowano wybrane wielkości fizyczne: temperatury powietrza, wilgotności względne powietrza oraz punkty rosy.

Tablica 1. Zestawienie wyników z pomiarów: temperatury – [°C], wilgotności względnej powietrza – [%] i punktów rosy – [°C]

Lp.	Lokalizacja	Rodzaj pomiarów	Maks. wartości	Średnie wartości	Minim. wartości	Odchylenie standardowe	Liczba pkt. pom.
-	2	3	4	5	6	7	8
1		Temperatura powietrza	22,5–28,0	16,4–20,1	14,5–18,0	1,0–1,4	5
2	PARTER, (mieszkanie)	Punkt rosy	16,5–22,7	7,1–8,8	4,4–6,0	1,4–2,0	5
3		Wilgotność powietrza	69,0–92,5	47,6–57,3	40,0–52,0	2,1–4,0	5
4	PIWNICA	Temperatura	15,0	13,3	13,0	0,3	1
5		Punkty rosy	13,5	11,9	10,7	0,3	1
6		Wilgotność powietrza	94,5	91,5	78,0	2,2	1
7	Wewnątrz ściany zewnętrznej	Wilgotność powietrza	94,5	91,5	78,0	2,2	3
8		Temperatura powietrza	13,5	11,9	10,7	0,3	3

Wyniki w formie skondensowanej zamieszczono w tablicy 1. Oprócz tego zarejestrowano wydatki powietrza we wszystkich kanałach wentylacyjnych, z czego cztery kanały miały zerowy wydatek powietrza, a tylko jeden kanał wentylacyjny w kuchni był drożny o wydatku powietrza wynoszącym znacznie poniżej wartości wynikających z Warunków Technicznych.

3. Dane o budynku oraz analiza występujących zjawisk

Przedmiotowy budynek mieszkalny zbudowany został około 60 lat temu. Wykonany w technologii tradycyjnej z bali drewnianych, grubości około 12 cm, z szalówką z desek

sosnowych grubości 25 mm, z dachem dwuspadowym, kryty blachą. Pod szalówką zastosowano folię przeciwwiatrową. Budynek częściowo podpiwniczony, dwukondygnacyjny o wymiarach: 7,20×9,25 m. Przed sprzedażą budynek został ocieplony za pomocą wełny mineralnej o grubości 12 cm w części nadziemnej oraz styropianem na wysokości cokołu o grubości 2 cm. Styropian był zastosowany na wysokości podwaliny. Na materiałach termoizolacyjnych, na siatce wykonano tynk cienkowarstwowy o grubości 2 do 3 mm metodą lekko-mokrą. Od wewnątrz wykonano również zabudowę z płyt gipsowo-kartonowych, na stelażu metalowym z profili cienkościennych. Za grzejnikami zamontowano płyty OSB. Pod płytami OSB i płytami g.-k. stwierdzono brak folii paroizolacyjnej, której zadaniem było zabezpieczenie przed penetracją wilgoci zawartej w powietrzu we wnętrzu pomieszczeń mieszkalnych. Pomiarów wybranych wielkości fizycznych prowadzono w sposób ciągły, w czasie ponad 150 godzin, zarejestrowano: temperatury i wilgotności powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych i w piwnicy, zbadano wydatek powietrza w kanałach wentylacyjnych przeznaczonych do wentylacji naturalnej, wykonano częściowo pomiary termowizyjne samego grzyba domowego (*Serpula lacrymans*). Wykonano również bogatą dokumentację fotograficzną obrazującą rozprzestrzenianie się grzybów, z pokazaniem skutków destrukcyjnego działania na konstrukcjach drewnianych. Szczególnie duże wartości wilgotności powietrza stwierdzono w piwnicy oraz w ścianach zewnętrznych na styku wełny mineralnej z dylami drewnianymi stanowiącymi konstrukcję nośną budynku. Średnie wartości: temperatury, wilgotności powietrza oraz punktów rosy zamieszczono w tablicy 1, kolumna 5. Do rejestracji wyników z pomiarów użyto profesjonalną aparaturę kontrolno-pomiarową: Testo, rejestratory Lexar, kamerą termowizyjną produkcji amerykańskiej Flir T640 (640×480 – o 307200 punktach pomiarowych temperatury jednocześnie), oraz specjalistyczne oprogramowanie komputerowe do analizy rozkładu temperatury i wilgotności wewnątrz przegród budowlanych (ścian zewnętrznych). W celu uzyskania pełniejszych informacji dotyczących warunków panujących wewnątrz ściany (t – temperatury i H – wilgotności powietrza wewnątrz ściany – na pograniczu warstwy wełny mineralnej i konstrukcji drewnianej, ściany nośnej), poprzez wykonane otwory od zewnątrz w ścianie, zamontowano odpowiednią sondę pomiarową. Wizualizację stanowiska pomiarowego zamieszczono na rys. 2.1 i 2.2. Na rys. 2.3 przedstawiono wykresy temperatury i wilgotności powietrza wewnątrz ściany zewnętrznej



Rys. 2.1–2.3. Pomiary sondą wewnątrz ściany (t – temperatury, H – wilgotności względnej powietrza)

Wykonano również pomiary i rejestrację wydatku powietrza przez kanały wentylacyjne. Na rys. 3.1 i 3.2 zamieszczono stanowisko pomiarowe wydatku powietrza przez kanały wentylacyjne. Na rys. 3.3 przedstawiono wyniki w postaci graficznej. Na wykresie tym są widoczne ekstremalne wartości wydatku powietrza oraz wynikające z zasysania powietrza przez kanał wentylacyjny do wnętrza pomieszczenia kuchennego. Do pomiaru wydatku

powietrza w kanałach wentylacyjnych w m^3/h , zastosowano urządzenie pomiarowe, wielofunkcyjne Testo 435-2, z wiatraczkiem o średnicy 100 mm, z zestawem komputerowym do rejestracji danych pomiarowych. Wykonano również rejestrację temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz punktów rosy w piwnicy i na parterze, wewnątrz mieszkania. Część zarejestrowanych wyników zamieszczono w tablicy 1. Wysoką wilgotność względną zarejestrowano w piwnicy.



Rys. 3.1–3.3. Zestaw komputerowy do pomiaru wydatku powietrza w kanałach wentylacyjnych

W pomieszczeniach mieszkalnych stwierdzono zbyt mały wydatek powietrza przez kanały wentylacyjne. Na 5 kanałów wentylacyjnych był sprawny tylko jeden kanał wentylacyjny w kuchni, o wydatku powietrza do $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Wysoka wilgotność względna powietrza oraz mały wydatek powietrza przez kanały wentylacyjne, stwarzały doskonałe warunki do rozwoju grzybów domowych powodujących, destrukcję drewna. Na rys. 4.1–4.3 przedstawiono wygląd grzyba piwnicznego (*Coniophora puteana*) w piwnicy. W praktyce rozróżnia się cztery grupy szkodliwości grzybów. Najbardziej szkodliwe grzyby należą do pierwszej grupy. Grzyb piwniczny (*Coniophora puteana*) należy do drugiej grupy szkodliwości. Do drugiej grupy szkodliwości zaliczane są grzyby rozwijające się na drewnie o podwyższonej wilgotności, powodujące silny i szybki rozkład drewna na dużych powierzchniach. W mieszkaniu, na parterze, występują liczne miejsca porażone przez Stroczek domowy (*Serpula lacrymans*) [1], należący do Grupy I.



Rys. 4.1–4.3. Wygląd grzyba piwnicznego (*Coniophora puteana*) oraz ślady pożerowania szkodnika

Nazywany jest również grzybem domowym właściwym. Gatunek ten opisywany był też pod nazwami: stroczek łzawy, stroczek rosisty, huba rosista, drzewoniszcz rosisty, toczek rosisty, prawdziwy grzyb domowy, stroczek łzawiący, stroczek płaczący. Ma ok. 40 synonimów. Do grupy tej należą najbardziej szkodliwe grzyby, rozwijające się po infekcji również na drewnie suchym, powodujące silny i szybki rozkład drewna na dużych powierzchniach. Przykłady

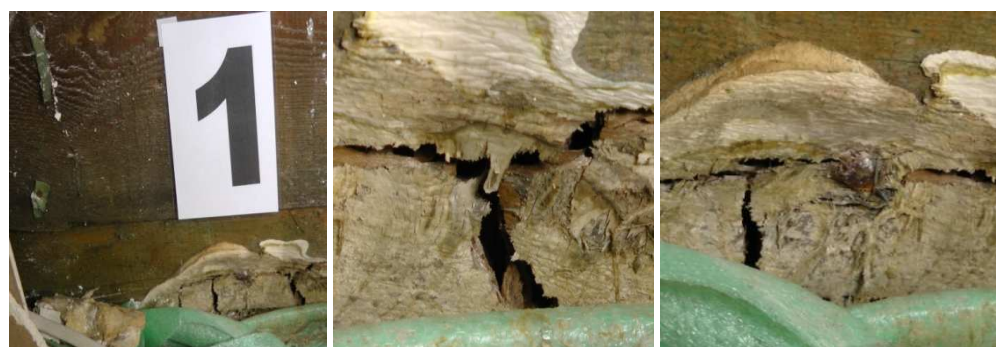
grzybni oraz skutków niszczylińskiego działania grzyba domowego właściwego zamieszczono na rys. 5.1 do 9.3 i rys. 10.2. W warunkach domowych sprzyjających rozwojowi grzyba, grzybnia osiąga określony stopień wzrostu i zaczyna wytwarzać owocniki, różnorodne pod względem budowy, koloru i wielkości (rys. 4.1–4.3, 5.3, 6.1–6.3). Na hymenoforze (część owocnika grzyba), na podstawkach, wytwarzają się zarodniki kuliste, cylindryczne lub owalne o wielkości 5–10 μm (1 μm = 0,000001 m).



Rys. 5.1–5.3. Wybrane miejsca na parterze porażone przez grzyb domowy właściwy (*Serpula lacrymans*)



Rys. 6.1–6.3. Ślady grzyba domowego na parterze (*Serpula lacrymans*, Wulf.), w różnych stadiach rozwoju



Rys. 7.1–7.3. Efekty zniszczenia drewna w podwalinie przez grzyb domowy właściwy



Rys. 8.1–8.3. Dalsze przykłady całkowitej destrukcji drewna w warstwie konstrukcyjnej w ścianie

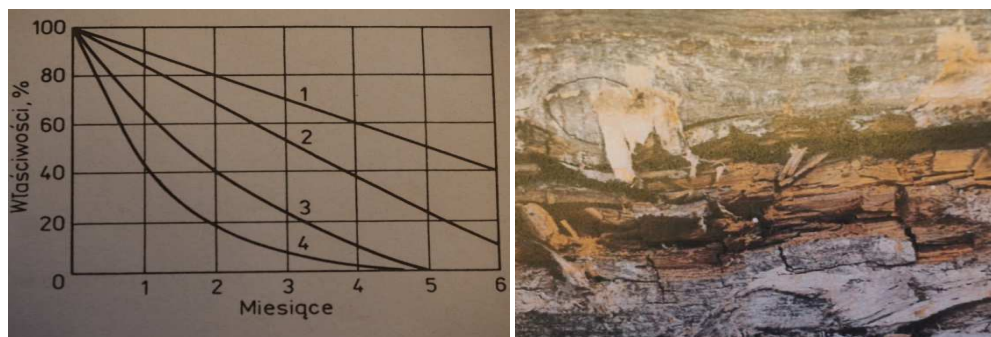
Powstaje ich zawrotna liczba. Na przykład owocnik grzyba domowego (*Serpula lacrymans*) o powierzchni $0,9 \text{ cm}^2$ może wytwarzać 50 milionów zarodników na minutę, przez okres wielu dni [1, s. 59]. Pojedyncze zarodniki są bezbarwne lub słabo zabarwione, np.: żółte, brązowe, czerwone. W skupiskach barwa staje się bardziej intensywna (rys.: 5.3, 6.2, 6.3). W dalszej części przedstawimy krótki opis zniszczenia drewna i jego właściwości mechanicznych. Zmiany właściwości mechanicznych drewna porażonego przez grzyby [1]. Drewno porażone przez grzyby znacznie zmniejsza wszystkie wytrzymałości – rys. 10.1 (rys. nr 30, [1]). Dla przykładu zamieszczono modelowe, maksymalne zmiany wytrzymałości drewna pod wpływem najgroźniejszych grzybów domowych (str. 66, [1]), gdzie: 1 – oznacza gęstość, 2 – wytrzymałość na ściskanie, 3 – wytrzymałość na zginanie statyczne, 4 – wytrzymałość na zginanie dynamiczne. Po sześciu miesiącach zagrzybienia przez grzyb domowy właściwy (*Serpula lacrymans*) – wytrzymałość drewna sosnowego zmniejszyła się o 95%, przez grzyb piwniczny (*Coniophora puteana*) – o 75%, przez grzyb domowy biały (*Poria vaporaria*) – o 60%. Stosunkowo w krótkim czasie zmniejsza się wytrzymałość drewna, co pociąga za sobą poważne następstwa i zagrożenia. Porażenie grzybami w budynkach ze słupami oraz stropami drewnianymi może powodować poważne zagrożenie zawalenia się konstrukcji nośnej.



Rys. 9.1–9.3. Porażenie drewna przez grzyb domowy właściwy oraz ślady po żerowaniu szkodnika

Porażenie grzybami w budynkach o konstrukcji szkieletowej oraz ze słupami, stropami drewnianymi, konstrukcjami drewnianymi więźb dachowych, może powodować poważne zagrożenie zawalenia się konstrukcji nośnych. W przypadku porażenia drewna do połowy wysokości elementu konstrukcyjnego (podwaliny), jak na rys. 10.2, wystąpi zmniejszenie: ośmiokrotne momentu bezwładności oraz czterokrotnie wartość wskaźnika wytrzymałości

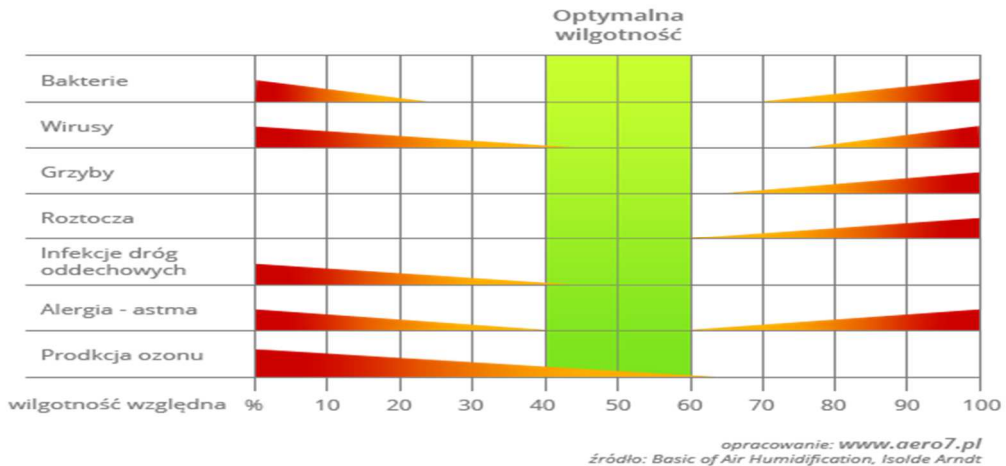
przekroju. To oznacza, że w przypadku elementów zginanych, jakim są belki stropowe, krokwie, podłogi, ich ugięcia wzrosną ośmiokrotnie, a naprężenia na zginie, w skrajnych włóknach – wzrosną czterokrotnie. Wyniki te świadczą (gwarantują) o tym, że wystąpi nieuchronnie awaria lub katastrofa budowlana jeszcze przed osiągnięciem tych wartości. Na wilgotność powietrza wpływa wiele czynników. Odczucie stężenia pary wodnej oddziałuje na funkcjonowanie ludzkiego organizmu oraz budynku (meble, podłogi, sprzęt), dlatego warto zadbać o jej właściwe proporcje. Mianem wilgotności powietrza określa się zawartość pary wodnej w powietrzu. Jaka zatem jest prawidłowa wilgotność powietrza w domu i mieszkaniu? Minimalne wartości określa polska norma PN 78/B-03421, i tak: w pomieszczeniach zamkniętych prawidłowa wilgotność powietrza powinna kształtować się na poziomie 30–65%, człowiek najlepiej się czuje przy wilgotności rzędu 40–60% (rys. 11). W domu wilgotność powietrza nie powinna spaść poniżej 30%. Brak należytej wentylacji powoduje nadmiar wilgotności, w wyniku tego powstają niekorzystne warunki do życia. Dochodzi często do występowania wykwitów na ścianach, w narożach, w miejscach mostków termicznych, w tych miejscach gdzie jest słabe wietrzenie (występuje „zastoiskowe, wilgotne powietrze”) stwarzając odpowiednie warunki do powstawania pleśni oraz zagrzybienia. Podstawowym aktem prawnym dotyczącym wentylacji jest Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Bardziej szczegółowe wymagania przedstawione są w Polskich Normach: PN-83/B-03430/Az3:2000 oraz PN-73/B-03431. Zagadnienia związane z wentylacją pomieszczeń, podane są w rozdziale 6 Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dn. 12.04.2002 roku.



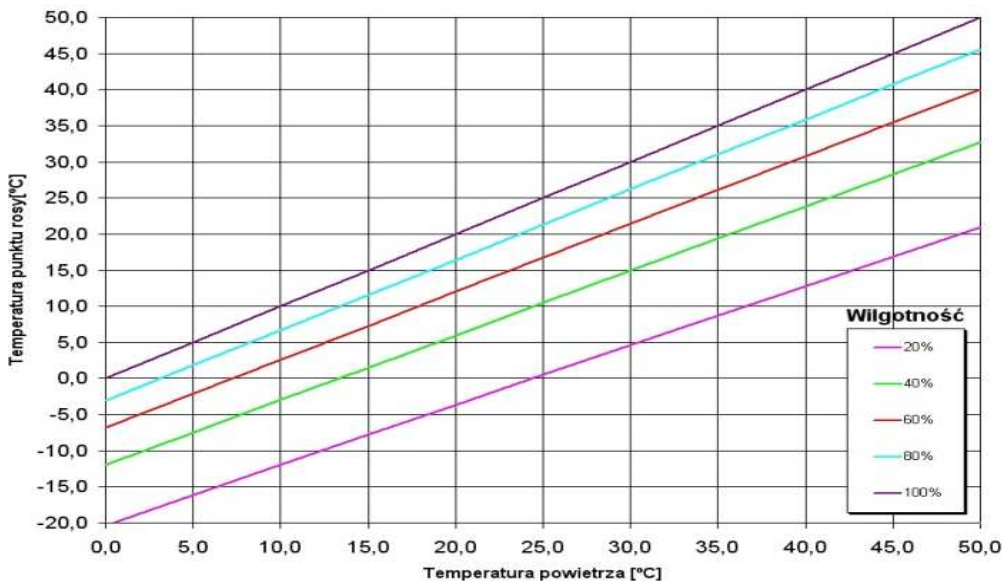
Rys. 10.1–10.2. Wykres modelowy, maksymalnych zmian wytrzymałości drewna pod wpływem najgroźniejszych grzybnicy domowych [1] wraz z przykładem wpływu zniszczenia struktury drewna

Polska Norma PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej określa szczegółowo strumienie powietrza niezbędne do wentylacji. Powinny one wynosić: dla kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchnię gazową lub węglową – 70 m³/h, dla łazienki (z ustępem lub bez) – 50 m³/h, dla oddzielnego ustępu – 30 m³/h, dla pokoju mieszkalnego 30 m³/h. W rozpatrywanym przypadku suma niezbędnych strumieni powietrza wentylacyjnego wyniesie 290 m³/h (4 pokoje, 2 łazienki oraz kuchnia z kuchenką gazową). Maksymalny wydatek powietrza w kanale wentylacyjnym wynosił 10 m³/h. Stąd wartość ta była 29-krotnie za mała w stosunku do potrzebnej (wynikającej z WT). Do dokładniejszego określenia parametrów powietrza wilgotnego służy wykres opublikowany w 1904 roku przez niemieckiego profesora, prekursora obliczeń termodynamicznych, nazywany powszechnie wykresem Richarda Molliera. Możemy z niego odczytać wzajemne zależności temperatury, wilgotności względnej oraz bezwzględ-

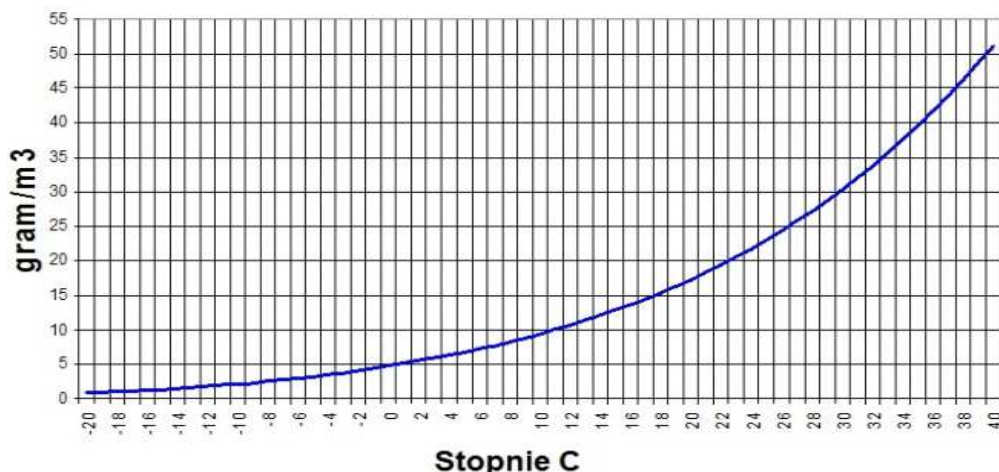
nej, temperatury punktu rosy i entalpii powietrza wilgotnego. Znając dwa parametry: temperaturę powietrza oraz wilgotność względną z wymienionych, możemy z wykresu Molliera odczytać pozostałe parametry. Np. dla powietrza o danej wilgotności względnej $\varphi = 40\%$ i temperatury $t = 20^\circ\text{C}$ odczytujemy entalpię $i = 35 \text{ kJ/kg}$ – (entalpia – zawartość ciepła, w termodynamice wielkość fizyczna będąca funkcją stanu mająca wymiar energii, będąca też potencjałem termodynamicznym) oraz temperaturę punktu rosy 6°C . W praktyce, do odczytania potrzebnych parametrów możemy również skorzystać z dostępnych kalkulatorów zamieszczonych w specyficznych programach komputerowych lub w Internecie.



Rys. 11. Przewidywane skutki różnej wilgotności względnej powietrza w pomieszczeniu



Rys. 12. Wykresy do odczytania punktów rosy w zależności od temperatury powietrza w pomieszczeniu oraz wilgotności względnej powietrza



Rys. 13. Wykresy umożliwiające odczytanie zawartości wody w gramach zawartej w powietrzu w zależności od temperatury otoczenia

Temperaturę punktu rosy możemy również odczytać korzystając z wykresu zamieszczonego na rys. 12. Na wykresie tym linie ukośne przedstawiają wilgotność względną powietrza, licząc od dołu: 20% do 100%, krokiem co 20%. Aby odczytać wartość temperatury punktu rosy, należy dla określonej temperatury powietrza w pomieszczeniu, odłożonej na osi odciętych, wystawić prostopadłą do osi odciętych. Z punktu przecięcia się prostopadłej z linią charakteryzującą daną wilgotność powietrza w pomieszczeniu, wystawić równoległą do osi odciętych. Punkt przecięcia się wyznaczonej linii z osią rzędnych, wskaże wartość temperatury punktu rosy. W praktyce oznaczać to będzie, że w miejscach spadku temperatury poniżej punktu rosy (łącznie z wyznaczoną wartością punktu rosy), będzie występować wykraplanie się pary wodnej na powierzchniach przegród budowlanych (lub wewnątrz przegród). Dla danych odczytanych z wykresu Molliera, tj.: dla powietrza o danej wilgotności względnej $\varphi = 40\%$ i temperatury $t = 20^\circ\text{C}$ temperatura punktu rosy wyniesie 6°C . Zamieszczony wykres może być przydatny w praktycznym zastosowaniu przez szeroki krąg odbiorców, zainteresowanych tematem wykraplania się pary wodnej w życiu codziennym. Na rys. 13 zamieszczono wykres z którego można odczytać zawartość pary wodnej w powietrzu w zależności od temperatury powietrza. Według Geryło R. ([5], s.: 235–236) – „przyjmuje się, że warunkiem koniecznym do rozwoju zagrzybienia jest kondensacja kapilarna w wierzchniej warstwie materiału przegrody (dawniej kondensacja pary wodnej na jej powierzchni). W PN-EN ISO 13788 [6] zakłada się, że prawdopodobieństwo wystąpienia zagrzybienia na wewnętrznej powierzchni masywnych przegród w przypadku materiałów o budowie kapilarno-porowatej jest niewielkie, jeżeli średnia miesięczna wilgotność względna powietrza wewnętrznego przy tej powierzchni pozostaje niższa od 80%. Sprawdzenie polega wówczas na porównaniu minimalnej wartości temperatury wewnętrznej powierzchni obudowy w stanie ustalonym (średnie miesięczne) z wartością krytyczną tej temperatury, która uwzględnia przeciętne eksploatacyjne warunki cieplne i wilgotnościowe w pomieszczeniu”. Klimat wewnętrzny pomieszczeń to bardzo ważny element wpływający na zdrowie i jakość życia ludzi, który powinien być brany pod uwagę przy projektowaniu budynków na równi z energooszczędnością i ochroną środowiska [4]. Współczesny człowiek spędza w budynkach około 90% czasu – pracując, ucząc się i odpoczywając. W 1984 roku Światowa Organizacja Zdrowia informowała, że „syndrom chorego budynku” SBS występuje aż w 30% nowych i odnawianych budynków na świecie nie zapew-

nia zdrowych warunków klimatycznych, a ich brak wpływa na zdrowie ludzi i może być przyczyną dolegliwości określanych mianem syndromu chorego budynku. Termin „syndrom chorego budynku” (ang. „*sick building syndrome*”, SBS) używa się do opisu sytuacji, w których mieszkańcy lub użytkownicy pomieszczeń odczuwają dyskomfort wynikający bezpośrednio z przebywania w budynku. Często wiąże się też z negatywnymi skutkami zdrowotnymi. Niemożliwe jest jednak określenie konkretnego schorzenia towarzyszącego temu zjawisku. Także niemożliwe jest określenie podstawowego czynnika sprawczego wywołującego SBS. Przyczyny występowania syndromu są złożone i wielowymiarowe. Należą do nich między innymi hałas, kurz, złe oświetlenie, szkodliwe promieniowanie, zbyt wysoka lub zbyt niska temperatura i wilgotność powietrza, a także obecność w powietrzu lotnych związków organicznych i zanieczyszczeń biologicznych. O syndromie chorych budynków mówimy, gdy użytkownicy uskarżają się na dolegliwości zdrowotne występujące w wyniku przebywania w budynku. Dolegliwości te są tym silniejsze, im dłużej się przebywa w pomieszczeniach, a przy tym trudno konkretnie określić co właściwie jest ich przyczyną. Pewne jest natomiast, że większość z nich mija po opuszczeniu budynku. Występowanie objawów syndromu chorych budynków wiąże się ze złą jakością powietrza wewnętrznego. Powoduje ona nie tylko dyskomfort wywołany niewłaściwymi parametrami fizycznymi powietrza. Jakość powietrza psują także zanieczyszczenia chemiczne i biologiczne. Ograniczanie strumienia powietrza wentylacyjnego oraz niewłaściwa eksploatacja przewodów składają się na przyczyny syndromu chorych budynków. Do przyczyn SBS zaliczamy: zanieczyszczenia chemiczne wewnętrzne – emitowane przez materiały budowlane, wyposażenie, urządzenia biurowe (szczególnie duże zanieczyszczenie powodują drukarki laserowe, ksero kopiarki), środki czyszczące. Są to główne źródła zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego. Doświadczenia pokazały, że u niektórych osób nawet niewielkie stężenia wywołują chroniczne dolegliwości. Zanieczyszczenia chemiczne zewnętrzne – przedostają się wraz z powietrzem zewnętrznym. Są to spaliny, odpowietrzenie kanalizacji, odpowietrzenie kanałów wentylacyjnych łazienek, toalet i kuchni, dymy z sąsiednich kominów. Mogą się one dostawać do budynku przez okna lub, gdy czerpnie powietrza zostały niewłaściwie rozmieszczone. Zanieczyszczenia biologiczne – pyłki roślin, bakterie wirusy i pleśń. Te zanieczyszczenia mogą się rozwijać w stojącej wodzie, a więc na przykład w nawilżaczach i wszędzie tam, gdzie woda może się gromadzić. Niewłaściwa wentylacja – dążenie do ograniczenia energii spowodowało znaczne uszczelnienie nowych budynków, a więc zmniejszenie dopływu świeżego powietrza. Źle zaprojektowana lub niewłaściwie użytkowana wentylacja może się okazać niewystarczająca. Do rozwiązań można zaliczyć: Zwiększyć wydajność wentylacji oraz skuteczność dystrybucji powietrza w pomieszczeniach. Z reguły zmniejsza to w prosty sposób stężenie zanieczyszczeń. Należy pamiętać, że systemy wentylacji, klimatyzacji i ogrzewania spełnią oczekiwania tylko wtedy, gdy są zaprojektowane pod kątem rzeczywistych wymogów. Jeżeli w pomieszczeniach są silne źródła zanieczyszczeń np. stanowisko drukarek lub ksero kopiarek, konieczne może się okazać zapewnienie miejscowego sposobu usuwania zanieczyszczonego powietrza. Usuwanie źródeł i przyczyn zanieczyszczeń – to najskuteczniejsza metoda. Między innymi czyszczenie miejsc, w których może zbierać się kurz i wilgoć, w szczególności elementów systemu wentylacyjnego lub klimatyzacyjnego. Skutecznym sposobem na usuwanie różnego rodzaju zapachów, niszczenia bakterii, roztoczy, pleśni, grzybów domowych, itp. jest stosowanie ozonowania pomieszczeń. Ozonatory, to urządzenia wyposażone w wysokiej wydajności przetwornice wysokiego napięcia chłodzone powietrzem i wentylowane elementy emitujące wyładowania koronowe. Ozonowanie jest najskuteczniejszą formą dezynfekcji klimatyzacji samochodowej, stacjonarnej, przestrzeni ładunkowej samochodów ciężarowych oraz pomieszczeń mieszkalnych jak również strychów i piwnic nie pozostawiając przy tym szkodliwych dla zdrowia substancji chemicznych. Ozon w silnym stężeniu zabija bakterie, grzyby, zarodniki grzybów,

rozбивa łańcuch zapachowy tak dokuczliwy w zalanych pomieszczeniach. Przyspiesza osuszenie pomieszczeń. Przy omawianiu zalet ozonowania i jonizowania powietrza warto jest powołać się na specjalistę prof. dr hab. Ignatowicza St. z SGGW – Katedra Entomologii Stosowanej Warszawa. „Ozon jest zbudowany z trzech atomów tlenu O₃ [7]. Powstaje pod działaniem promieni UV, a także w wyniku reakcji tlenu azotu z lotnymi związkami organicznymi i podczas wyładowań atmosferycznych. Zawsze po burzy z licznymi piorunami czujemy odświeżone powietrze, właśnie z powodu obecności ozonu. To najsilniejszy znany utleniacz. W naszym kraju jest ponad 300.000 osób uczulonych na kurz domowy. Osoby te nie mogą przebywać w pomieszczeniach zakurzonych, nie mogą sprzątać. Uczulenie u nich wywołują alergeny znajdujące się w odchoinach roztoczy kurzu domowego na drobnych cząstkach kurzu. Ozon je skutecznie niszczy, a także ogranicza rozwój roztoczy kurzu domowego. Każdy uczulony powinien za pomocą ozonu regularnie dezynfekować pomieszczenia, w których źle się czuje. Ozon skutecznie niszczy bakterie, grzyby i wirusy, dlatego należy go szeroko stosować w zabiegach dezynfekcji. Ozonowanie pomieszczeń, w których gromadzą się ludzie, znacznie ogranicza rozprzestrzenianie się chorób (np. grypy). W tym celu należy systematycznie dezynfekować ozonem mieszkania, szkoły, biura, pomieszczenia w placówkach służby zdrowia: szpitale, sale chorych, przychodnie, sale operacyjne, gabinety zabiegowe, korytarze, co zapobiega infekcjom i zakażeniom. Prowadzone badania w okresie najwyższej zachorowalności wykazały spektakularne pozytywne efekty wykonywania takich zabiegów. W przedszkolach wytypowanych do badań stosunek dzieci chorych / nieobecnych do zdrowych wynosił aż 70% do 30%. Po wykonaniu kilku zabiegów tendencja się odwróciła, 90% dzieci zdrowych do 10% chorych / nieobecnych. A oto inne, powszechne zastosowanie ozonu. Ozon – silny utleniacz, ma duże zastosowanie w zabiegach dezodoryzacji, gdyż zmienia właściwości najróżniejszych związków organicznych decydujących o przykrych zapachach. Nie maskuje źródła odoru, ale go trwale usuwa. Dezodoryzację ozonem można przeprowadzić w pomieszczeniach mieszkalnych i budynkach użytku publicznego w celu usunięcia przykrych lub obcych zapachów. Po zakupie nowych mebli ich obcy zapach można łatwo usunąć za pomocą ozonu. W podobny sposób eliminuje się zapachy z pomieszczeń po malowaniu lub lakierowaniu. Ceniony jest w hotelarstwie i gastronomii, gdyż z pokoi gościnnych usuwa zapachy powstałe podczas palenia papierosów, a z pomieszczeń ogólnie dostępnych np. zapachy powstałe podczas przyrządzania posiłków w kuchni (np. zapach oleju po smażeniu). Pokój hotelowy z nieświeżym i zanieczyszczonym powietrzem można przemienić w świeże i pachnące pomieszczenie w ciągu 60 minut. Zabieg umożliwia przygotowanie pomieszczeń dla nowych gości w znacznie krótszym czasie. W ośrodkach wypoczynkowych ozon usuwa stęchłe zapachy z domków campingowych. Ozon znalazł już zastosowanie w eliminacji odorów z kabin samochodów osobowych (zapach po dymie papierosowym), karettek pogotowia i wozów policji. Żaden środek chemiczny maskujący zapachy nie usuwa odoru spalinyzny powstałego podczas pożaru. Tylko zabieg ozonowania gwarantuje prawie 100% skuteczność. Dezynfekujące właściwości ozonu zostały rozpoznane w roku 1886. Kilka lat później w Holandii otworzono pierwszy zakład uzdatniania wody pitnej przy użyciu ozonu. Obecnie metoda wyjaławiania wody pitnej ozonowaniem jest powszechnie stosowana w Europie i Ameryce Północnej, a rozpowszechnienie jej zawdzięcza się pierwszorzędnym odkażającym właściwościom. Użycie ozonu wiąże się ponadto z mniejszym ryzykiem dla zdrowia ludzkiego i środowiska naturalnego niż stosowanie chloru do tego samego celu. Po powodzi lub po zalaniu mieszkań ozon niszczy rozwijające się w wilgotnych pomieszczeniach pleśnie. Zabieg z użyciem silnego utleniacza służy też do odgrzybiania starych i zaniedbanych mieszkań czy domów, w których brak wentylacji i wysoka wilgotność przyczyniły się do nadmiernego rozwoju w nich pleśni (*Stachybotrys chartarum*, *Aspergillus versicolor*). Reasumując – w ujęciu praktycznym z zabiegu ozonowania płyną następujące korzyści: zabija

wirusy oraz bakterie chorobotwórcze, neutralizuje odchody i wylinki roztoczy, silne alergeny, neutralizuje alergiczne działanie cząsteczek kurzu poprzez utlenianie ich, neutralizuje alergiczne działanie sierści zwierzęcej, dezynfekuje pomieszczenie, usuwa nieprzyjemne zapachy, neutralizuje grzyby i pleśnie, ogranicza rozprzestrzenianie chorób i ułatwia ich leczenie w dużych skupiskach ludności (szpitale, żłobki, przedszkola, biura, szkoły). Drugim ważnym elementem poprawy jakości powietrza jest zabieg jonizowania z którego również płyną korzyści: utrzymuje prawidłowy stosunek jonów dodatnich do ujemnych, zapobiega wyładowaniom elektrostatycznym, poprawia komfort, samopoczucie i ułatwia leczenie chorych na zatoki, astmę, migreny, reumatyzm, nadciśnienie, nerwobóle, choroby dróg oddechowych i inne, wzmacnia siły obronne organizmu, ożywia i działa uspokajająco, zabija wirusy, bakterie i grzyby.

4. Podsumowanie

Przy wykonywaniu prac termomodernizacyjnych należy zadbać o to, żeby nie było mostków termicznych oraz o sprawne działanie wentylacji. Brak należytej wentylacji może być powodem: wzrostu wilgotności powietrza, zawilgocenia części konstrukcji, powstania pleśni oraz rozwoju grzybów domowych porażających drewno i materiały drewnopochodne. Grzyby domowe żywią się wyłącznie materiałami budowlanymi pochodzenia roślinnego: drewno, kleje, organiczne składniki farb i tynków, płytami pilśniowymi twardymi miękkimi, płytami wiórowymi, a także wyrobami trzciniowymi, słomianymi, trocinami. Powodują korozje biologiczną drewna w ciszy, bezszelestnie.

Spadek wytrzymałości drewna sosnowego po sześciu miesiącach porażonego przez grzyby, może być bardzo duży i może zmniejszyć się: w przypadku grzyba domowego właściwego (*Serpula lacrymans*) – zmniejsza się o 95%, przez grzyb piwniczny (*Coniophora puteana*) – o 75%, przez grzyb domowy biały (*Poria vaporaria*) – o 60%. Stosunkowo w krótkim czasie zmniejsza się wytrzymałość drewna, co pociąga za sobą poważne następstwa i zagrożenia. W budynkach ze stropami drewnianymi porażenie grzybami może powodować poważne zagrożenie zawalenia się konstrukcji nośnej [1, s. 66]. W rozpatrywanym przypadku budynek został rozebrany po sześciu miesiącach, licząc od momentu wykonania opinii.

Brak należytej wentylacji powoduje zwiększoną wilgotność powietrza, która ma istotny wpływ na konstrukcje budowlane, a także na rozwój: bakterii, wirusów, grzybów, roztoczy, zdrowia – infekcję dróg oddechowych, alergię i astmę. W przedstawionym przypadku niezbędna ilość powietrza wynikająca z warunków PN-83/B-03430/Az3:2000 Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności, była za mała w granicach do 2900 procent. Brak odpowiedniej ilości świeżego powietrza może być jednym z istotniejszych elementów mających wpływ na powstanie SBS – tzn. syndromu chorego budynku.

Usuwanie skutków powstałych na drewnie, po niszczącym działaniu „cichych zabójców”, jakimi są grzyby, szczególnie grzyb domowy właściwy (*Serpula lacrymans*), jest niezwykle trudne, kosztowne, a często niezbędne jest usunięcie porażonego drewna i spalenie go – jak to miało częściowo miejsce w rozpatrywanym przypadku.

Aby uchronić się przed wadami ukrytymi w konstrukcji po termomodernizacji, należy przed zakupem budynku przeprowadzić niezbędne badania związane ze stwierdzeniem: wydatku powietrza w kanałach wentylacyjnych, wilgotności względnej powietrza, wykonaniem badań termowizyjnych w celu wykrycia ewentualnych mostków termicznych, innych badań, np. zbadanie rzeczywistej wartości współczynników przenikania ciepła w poszczególnych przegrodach budowlanych.

Klimat wewnętrzny to bardzo ważny element wpływający na zdrowie i jakość życia ludzi, który powinien być brany pod uwagę przy projektowaniu budynków na równi z energooszczędnością i ochroną środowiska. Współczesny człowiek spędza w budynkach około 90% czasu – pracując, ucząc się i odpoczywając. Tymczasem według Światowej Organizacji Zdrowia 30% budynków nie zapewnia zdrowych warunków klimatycznych, a ich brak wpływa na zdrowie ludzi i może być przyczyną dolegliwości określanych mianem syndromu chorego budynku [4].

Ozonowanie i jonizowanie powietrza w budynkach jest metodą fizyczną, bez stosowania związków chemicznych, skuteczną w poprawie jakości powietrza. Ozon w silnym stężeniu zabija i rozbija łańcuch zapachowy tak dokuczliwy w zalanych pomieszczeniach. Zabija wszystko co żyje: pleśni, grzyby, zarodniki grzybów, roztocza (również w dywanach), wirusy, bakterie, pestycydy, fungicydy, pyły i pyłki alergiczne w powietrzu i wodzie, muchy, mrówki, komary, mole. Jako gaz dociera zarówno do produktów żywnościowych jak i do wszelkich przedmiotów w pomieszczeniu ozonowanym. Podczas ozonowania w pomieszczeniu nie mogą przebywać zwierzęta domowe; psy i koty oraz inne zwierzątka. Trzeba również wynieść kwiaty z pomieszczenia w których będzie ozonowanie. Ozon O_3 jest najsilniejszym utleniaczem, niepozostawiającym po sobie skażenia chemicznego (pochodzi z urządzenia fizycznego). Ozon jest jednym z najskuteczniejszych środków dezynfekujących. Działanie bakterio-bójcze ozonu jest 50 razy skuteczniejsze i 3000 razy szybsze niż chloru (według instrukcji producenta). Ozon poprawia jakość i zapach powietrza. Ozonatory, to urządzenia wyposażone w wysokiej wydajności przetwornice wysokiego napięcia, używają łuku elektrycznego, chłodzone powietrzem i wentylowane elementy emitujące wyładowania koronowe do wytwarzania ozonu.

Dbajmy o zdrowe, czyste powietrze o odpowiedniej wilgotności, temperaturze i ilości niezbędnej do prawidłowego działania życia, a także związanej z wymianą powietrza potrzebną do prawidłowego funkcjonowania budynku.

Na zakończenie pragniemy zwrócić uwagę na niedocenicenie punktu rosy, poniżej którego dochodzi do wykraplania się pary wodnej zawartej w powietrzu, wskutek czego powstają dogodne warunki do rozwoju pleśni i grzybów. Efekt ten jest szczególnie widoczny w przypadku podwalin lub w miejscach mostków termicznych.

Literatura

1. Pr. zbiorowa pod redakcją Jerzego Ważnego i Jerzego Karysia; Ochrona budynków przed korozją biologiczną, Warszawa, Arkady 2001.
2. Kozarski P., Molski P.: Zagospodarowanie i konserwacja zabytkowych budowli, Poradnik dla samorządów terytorialnych, właścicieli i użytkowników zabytków ochronnych, Warszawa 2001.
3. Laskowski L.: Ochrona cieplna i charakterystyka energetyczna budynku, Warszawa 2005, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
4. Katarzyna Bukol-Krawczyk lek. med. Internista, prof. Elżbieta Dagny Ryńska z Politechniki Warszawskiej, Syndrom chorego budynku a nasze zdrowie, Velux, 2014.
5. Geryło R.: Diagnostyka ciepłno-energetyczna budynków, Instytut Techniki Budowlanej, Rzeczoznawstwo budowlane, Diagnostyka i wzmacnianie obiektów budowlanych, pod redakcją: L. Runkiewicz i B. Goszczyńskiej, Monografie, Studia, Rozprawy nr M85, Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, Kielce 2016.
6. PN-EN ISO 13788 Ciepłno-wilgotnościowe właściwości komponentów budowlanych i elementów budynku –Temperatura powierzchni wewnętrznej konieczna do uniknięcia krytycznej wilgotności powierzchni i kondensacja międzywarstwowa – Metody obliczania.
7. Ignatowicza St.: Ozon, jego właściwości i możliwości zastosowania w zabiegach dezodoryzacji i dezynfekcji, SGGW, Katedra Entomologii Stosowanej, Warszawa

SILENT KILLER OF TIMBER STRUCTURES

Abstract: The failure of the structures is usually caused by a number of factors. Mistakes that lead to the failure can occur in the following three stages: the design of a structure, its construction or an incorrect usage. Apart from failures caused by an active or passive loads, a new failure type can be recognized – a failure caused by biological corrosion. In certain conditions, wood infested with fungus can lose up to 95 percent of its strength within six months. Such uncontrolled loss in the strength of timber elements creates a real hazard of collapse of the supporting structure.

Key words: biological corrosion, fungus, ventilation in the building, dew point, thermal bridges, moisture in the building envelope, room ozonisation