

STANISŁAW KARCZMARCZYK, STANISŁAW JURCZAKIEWICZ\*

## WSPÓŁCZESNE MOŻLIWOŚCI OCHRONY I WZMACNIANIA ZABYTKOWYCH WIĘZB DACHOWYCH

### MODERN METHODS OF PROTECTING AND REINFORCING HISTORICAL RAFTER FRAMINGS

#### Streszczenie

Autorzy na podstawie wykonanych ekspertyz konstrukcyjnych kilkadziesiąt obiektów, głównie z obszaru Małopolski, przedstawiają najczęściej występujące źródła zagrożeń bezpieczeństwa zabytkowych drewnianych więźb kościołów i budynków świeckich. Analizę dokonano na podstawie inwentaryzacji budowlanych, pomiarów odkształceń oraz przeliczeń statyczno-wytrzymałościowych bazujących na aktualnych normach budowlanych. Wskazano typowe „słabe” rejony więźb dachowych i zaprezentowano współczesne metody wzmocnień konstrukcyjnych, jakie zastosowano w projektach zabezpieczeń. Omówiono zakres wykorzystania nowoczesnych materiałów do ochrony przed pożarem i korozją biologiczną.

*Słowa kluczowe: zabytkowa więźba dachowa, wzmocnianie więźby*

#### Abstract

On the basis of conducted expertises of construction of buildings situated mainly in the Malopolska region, the authors present the most frequent sources of dangers for the safety of historical wooden rafter framings of churches and other buildings. The analysis was carried out according to measurements of elements and their distortions as well as static calculations based on present building norms. The “weak” parts of rafter framings were pointed out and modern methods of reinforcing were presented as applied in projects of protection. The range of using modern materials for protection against fire and biocorrosion has been discussed.

*Keywords: historical rafter framings, reinforcing framings*

\* Dr inż. Stanisław Karczmarczyk, mgr inż. Stanisław Jurczakiewicz Instytut Projektowania Budowlanego, Wydział Architektury, Politechnika Krakowska.

## 1. Wstęp

Drewniane więźby dachów historycznych budowli rzadko bywają udostępniane i eksponowane dla zwiedzających. Wpływają na to z pewnością trudności związane z zapewnieniem odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa dla osób tu przebywających, uciążliwy mikroklimat panujący na strychach (przy braku izolacji termicznej połaci dachu temperatura w lecie znacznie przewyższa tę panującą na zewnątrz) oraz obawy zarządzających zabytkowymi obiektami przed zaprószeniem ognia. Więźby dachowe są często interesującymi ustrojami budowlanymi świadczącymi o kunszcie dawnych, zwykle bezimiennych budowniczych. Stan zachowania tych konstrukcji oraz zastosowane przez budowniczych schematy statyczne wpływają w istotny sposób na pozostałe części obiektu, i to nie tylko te pozostające w bezpośrednim styku z elementami dachu. Niekiedy zdarza się, że pierwotne błędy popełnione przez dawnych budowniczych okazują się obecnie źródłem zagrożenia nawet dla całego budynku.

Autorzy przeanalizowali i ocenili stan drewnianych więźb kilkunastu zabytkowych obiektów sakralnych i świeckich. Impulsem do podjęcia takich prac był dla właścicieli i administratorów budynków zamiar wymiany pokrycia dachu, projektowana przebudowa i adaptacja poddasza do nowych celów użytkowych, uszkodzenia zaobserwowane w pomieszczeniach podstrychowych, a niekiedy tylko obowiązek okresowej kontroli stanu technicznego budynku. Ilość materiału zgromadzonego w ciągu kilku lat badań pozwoliła autorom sformułować ogólne wnioski i zalecenia dotyczące ochrony i wzmocnienia zabytkowych drewnianych więźb dachowych.

## 2. Najważniejsze zabytkowe obiekty objęte pracami autorów w latach 2002–2009

(podano problematykę wykonanych ekspertyz wraz z ilustrowanym opisem problemów konstrukcyjnych)

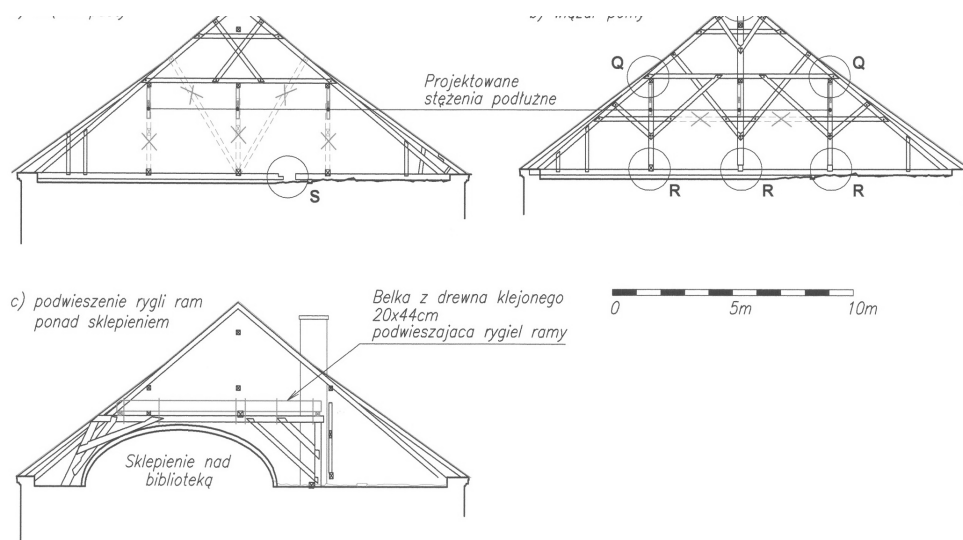
### 2.1. Weryfikacja obliczeniowa więźby oraz projekt niezbędnych wzmocnień

**Klasztor oo. Bernardynów w Kalwarii Zebrzydowskiej** [2]. Ocena stanu technicznego więźby dachu nad budynkiem klasztoru w związku z zamierzoną wymianą pokrycia dachu dachówką ceramiczną. Stwierdzono liczne ubytki fragmentów elementów konstrukcyjnych i uszkodzenia drewna natury korozyjnej. W przypadku belek koszowych przekroczony stan graniczny nośności.

**Kościół św. Barbary w Krakowie** [3]. Ocena stanu technicznego więźby dachowej nad kościołem w związku z istniejącymi uszkodzeniami korozyjnymi. Stwierdzono zagrożenie sklepienia spowodowane punktowym obciążeniem w kluczu pochodzącym od niezależnych od więźby, nadmiernie odkształconych belek niosących sygnaturkę (przekroczenie nośności o 40%).

**Kościół oo. Paulinów na Skalce w Krakowie.** Okresowa ocena stanu technicznego. Zalecenia dotyczące ochrony znaków ciesielskich, wzmocnienia elementów uszkodzonych korozyjnie.

**Klasztor oo. Paulinów na Jasnej Górze w Częstochowie** [4] (il. 1). Ocena stanu technicznego ustroju więźby dachowej modyfikowanej przez lata licznymi przeróbkami i bieżącymi naprawami. Wiązary nad biblioteką zostały niegdyś wtórnie przebudowane w związku z wykonaniem sklepienia ponad stropem podstrychowym. We wprowadzonych wtedy elementach stwierdzono 2,6-krotne przekroczenie nośności. Zaprojektowano ich wzmocnienie belkami z drewna klejonego (il. 1c). Stwierdzono liczne korozyjne uszkodzenia drewna. Projektowana przebudowa zmierzała do poprawy dostępności poddasza drogą ograniczenia ilości i układu stężeń (il. 1a, b).



II. 1. Klasztor oo. Paulinów na Jasnej Górze w Częstochowie.  
Redukcja układu stężeń w obszarze adaptowanego poddasza.  
Wzmocnienie wtórnej konstrukcji dachu ponad sklepieniem

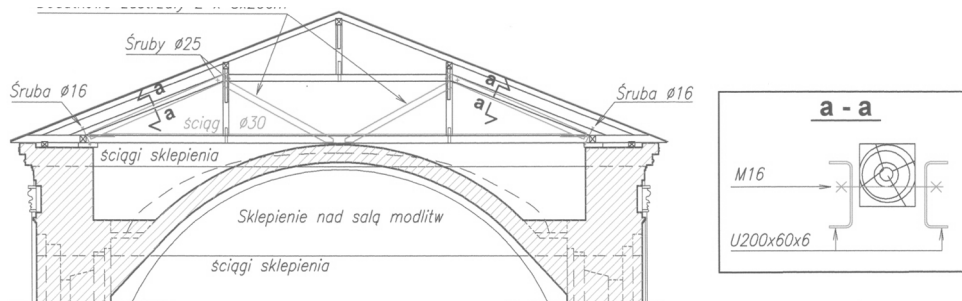
III. 1. Monastery of the Pauline Order, Jasna Góra in Częstochowa.  
Reduction of bracing system in the rebuilt part of attic. Reinforcing  
of the latter roof construction over the vault

**Katedra w Opolu.** Ocena stanu technicznego drewnianych konstrukcji hełmów wieńczących dwie wieże. Wzmocnienie więźby i wprowadzenie komunikacji pionowej.

**Drewniany kościół w Łopusznej nad Dunajcem, woj. małopolskie.** Ocena stanu bezpieczeństwa więźby ze znacznie odchylonymi od pionu wiązarami. Wzmocnienie szkieletowej konstrukcji wieży wychylającej się nadmiernie podczas bicia dzwonów.

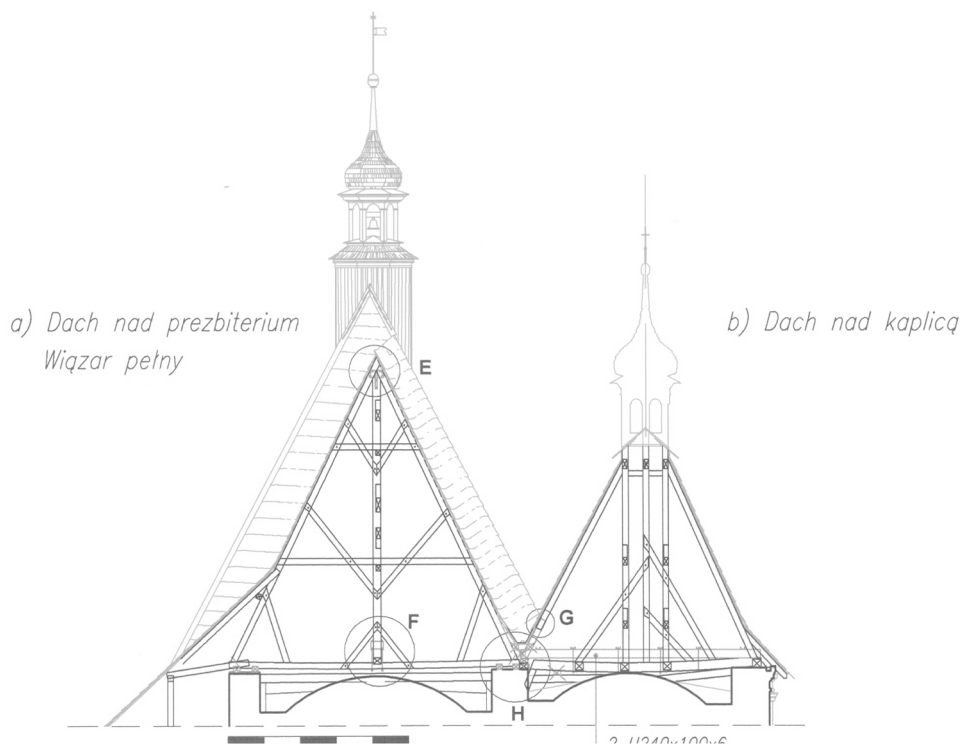
**Kościół Bożego Ciała w Krakowie.** Ocena stanu technicznego towarzysząca wymianie pokrycia.

**Synagoga w Dąbrowie Tarnowskiej, woj. małopolskie** [5]. Wiązary wieszarowe odkształcone w stopniu zagrażającym bezpieczeństwu sklepienia. Projekt podniesienia i usztywnienia wiązarów za pomocą systemu stalowych ściąągów (il. 2). Drewnianymi nakładkami wzmocniono przeciążone płatwie o nadmiernej rozpiętości.



II. 2. Synagoga w Dąbrowie Tarnowskiej. Podniesienie nadmiernie odkształconych tramów zagrażających bezpieczeństwu sklepienia

III. 2. Synagogue in Dąbrowa Tarnowska. Lifting of bent footing beams putting danger for the vault



II. 3. Sądów, woj. śląskie – kościół p.w. św. Józefa. Wzmocnienie konstrukcji zagrażających bezpieczeństwu polichromowanych sklepień i drewnianego stropu

III. 3. Sądów, Silesia region – St. Joseph's church. Reinforcing of construction putting danger for painted vaults and wooden floor

**Sadow, woj. śląskie – kościół p.w. św. Józefa** [6]. Zagrożenie zabytkowych sklepień i stropu nad nawą ze strony nadmiernie odkształconych tramów niosących sygnaturki. Zaprojektowano wzmocnienia węzłów więźby nad prezbiterium (il. 3, detale E,F), a nad kaplicą podwieszenie przeciążonych tramów do stalowych belek z ceowników zimnogiętych. W badaniach więźby uwzględniono ponadto dendrochronologiczne badania drewna (jako wniosek autorów). Badania te zweryfikowały historię budowy kościoła.

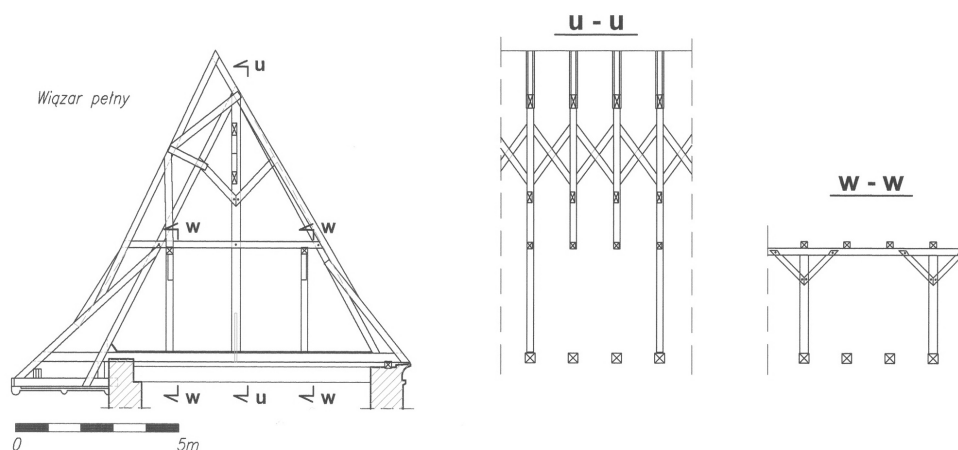
**Kolegiata w Wiślicy, woj. świętokrzyskie.** Okresowa ocena stanu technicznego. Wzmocnienie skorodowanych elementów, a szczególnie tramów i przysuwnic.

**Kościół parafialny w Ostrowach Tuszowskich**, powiat Mielec, woj. podkarpackie. Ocena stanu technicznego drewnianego stropu nad nawą kościoła i więźby dachu. Uszkodzenia polichromowanego sufitu spowodowane przez sygnaturkę nadmiernie obciążającą konstrukcję stropu.

## 2.2. Przebudowa i adaptacja poddasza

**Pałac Jerzmanowskich w Krakowie–Prokocimiu** [7]. Projekt adaptacji poddasza. Zniszczone pokrycie dachu blachą i dachówką ceramiczną, uszkodzenia korozyjne więźby.

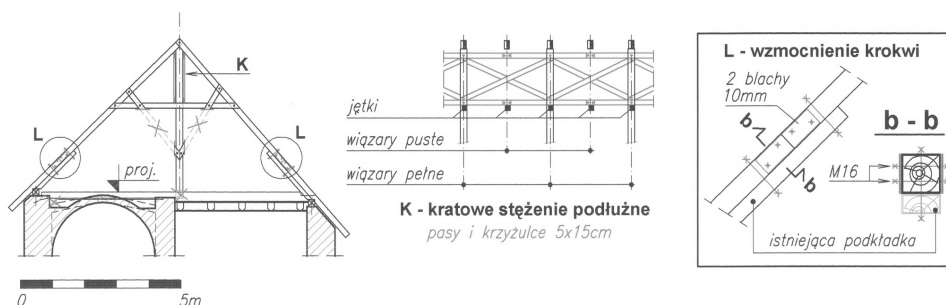
**Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie** [8] (il. 4). Opinia o możliwości adaptacji części poddasza na cele magazynowe, okresowa ocena stanu technicznego więźby dachowej. Zalecenia dotyczące wzmocnienia więźby w zachodnim skrzydle budynku.



II. 4. Collegium Maius UJ w Krakowie. Okresowa ocena stanu technicznego wykazała pełne wykorzystanie nośności tylko przez tramy w rejonie przewieszenia nad dziedzińcem

III. 4. Collegium Maius UJ in Cracow. Periodic evaluation of the technical condition has shown full use of load capacity only in footing beams over the courtyard

**Klasztor oo. Kamedułów na Bielanach w Krakowie** [9]. W ramach przebudowy dawnej Infirmerii na potrzeby Domu Kontemplacji, na poddaszu wyeliminowano część zastrzałów i wprowadzono kratowe stężenie podłużne (il. 5, detal K) oraz wzmocniono stare połączenia krokwi (detal L). Wymieniono zniszczone elementy więźby.



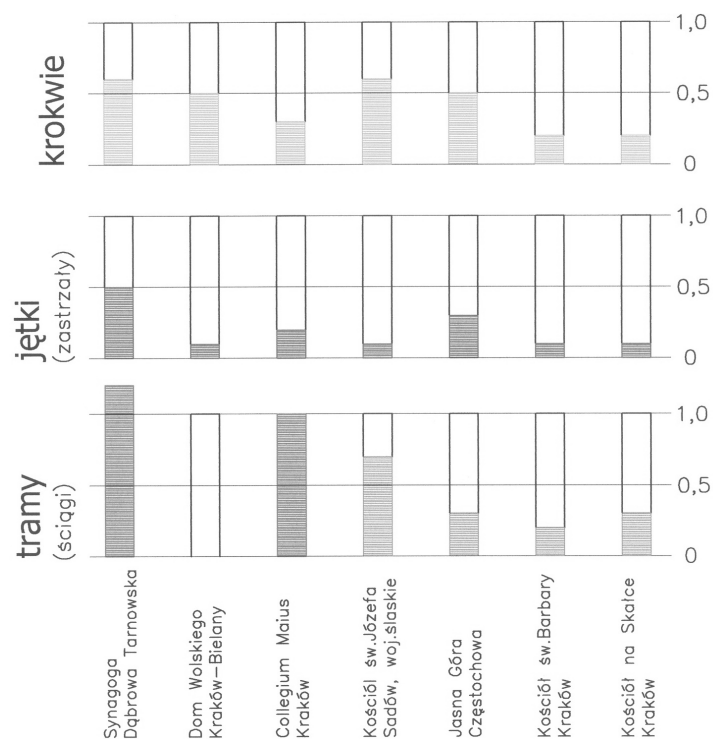
II. 5. Klasztor oo. Kamedułów na Bielanach. Adaptacja poddasza na potrzeby projektowanego Domu Kontemplacji

III. 5. Camalddian monastery in Bielany. Rebuilding of attic for designed Contemplation House

### 3. Zakres przeprowadzonych prac badawczych i projektowych

Szczegółowa rysunkowa i fotograficzna inwentaryzacja poddaszy i więźb dachowych (obejmująca również rejestrację odkształceń i dokumentację uszkodzeń korozyjnych drewna) była czynnością wstępną we wszystkich wymienionych obiektach. Wykonawcą tych prac był zespół architektów Studia Architektonicznego Wojciecha Kozuba. Wieloletnia współpraca i doświadczenia umożliwiły opracowanie metodyki pomiarów, badań i sporządzania ich graficznej dokumentacji.

Więźby dachów sprawdzono pod względem statyczno-wytrzymałościowym, przeliczając wiązary jako płaskie ustroje prętowe, natomiast dla konstrukcji wież i sygnaturek stosowano prętowe schematy przestrzenne. Wykorzystano program polskiej firmy CADSIS o nazwie RM-WIN (wersje 2D i 3D) wraz z modułem RM-DREW do wymiarowania prętów konstrukcji drewnianych wg zaleceń normy PN-B-03150:2000. Zakładano pełną wytrzymałość drewna (bez redukcji przekrojów spowodowanych uszkodzeniami korozyjnymi) i normowe wartości współczynnika sprężystości dla przyjętej – na podstawie oceny rzeczoznawcy – klasy drewna. Wynika stąd, że wnioski o spełnieniu (bądź nie) normowych warunków stanów granicznych nośności i użytkowości dotyczą tylko elementów niewykazujących ubytków przekroju spowodowanych przez korozję biologiczną lub uszkodzenia o charakterze mechanicznym (np. głębokie wycięcia bądź brakujące odcinki niektórych elementów). W programie badań stosowano również jedno z nielicznych urządzeń do małoniszczącej oceny jakości drewna typu RESI, określające stopień uszkodzeń korozyjnych i jakość drewna w procesie ciągłego pomiaru podczas wiercenia wiertłem o średnicy 3,0 mm.



II. 6. Stopień wykorzystania nośności w podstawowych elementach więźb wybranych obiektów

III. 6. Scope of using load capacity in basic parts of rafter framing in selected buildings

**Przeanalizowano systemy stężeń przestrzennych** pod względem ich skuteczności dla zapewnienia geometrycznej niezmienności ustrojów dachowych. Dla przypadków, gdy projektowane były adaptacje poddaszy do nowych celów użytkowych, opracowano przebudowę istniejących systemów stężeń, polegającą na redukcji ilości skratowań i zastrzałów lub przeniesieniu układów stężających poza obręb nowo projektowanych pomieszczeń poddasza.

**Oceniono istniejące zabezpieczenia drewna przed pożarem i korozją biologiczną.** Analiza dotyczyła przy tym zarówno samych konstrukcji więźb dachowych, jak i stropów podstrychowych.

**Zaprojektowano wzmocnienia elementów stwarzających stan formalnego zagrożenia lub nowe układy konstrukcyjne** przenoszące w sposób bezpieczny obciążenia pochodzące od dachu na ściany budynków.

#### **4. Wyniki badań i ogólne spostrzeżenia dotyczące stanu zabytkowych więźb dachowych**

Inwentaryzacja geometryczna pozwalała wysnuć już na wstępie wnioski o wysokim stopniu przeszywnienia badanych ustrojów konstrukcyjnych (z nadmierną ilością stężeń przestrzennych) i stosowaniu przez budowniczych dużych (zawierających spore rezerwy nośności) przekrojów elementów drewnianych. Węzły wiązarów wykonywano jako ciesielskie z połączeniami na drewniane kołki. W bardzo niewielkim zakresie stosowano elementy z kutego żelaza (były to podwieszenia tramów do stolców wiązarów i stabilizujące ustroje skotwienia z murami). Jednak niektóre elementy nośne wykazywały nadmierne odkształcenia, które mogłyby doprowadzić do nieprzewidzianej przez budowniczych redystrybucji obciążeń, a w następstwie tego do awarii lub katastrofy części obiektu (np. na skutek wsparcia się tramów na konstrukcji ceglanych sklepień). Przeliczenia numeryczne potwierdzały te wstępne spostrzeżenia. Geodezyjne pomiary odkształceń elementów wykazujących optycznie nadmierne odkształcenia (np. tramów niosących sygnaturki) potwierdzały znaczne (nawet wielokrotne) przekroczenia wartości ugięć granicznych (określonych w aktualnej normie). Wszystko to jest zrozumiałe, biorąc pod uwagę fakt intuicyjnego projektowania konstrukcji przez dawnych budowniczych i brak technicznych środków umożliwiających przenoszenie dużych skupionych obciążeń (od sygnaturek i zawieszonych dzwonów).

Inwentaryzacja uszkodzeń korozyjnych drewna wykazywała jego ogólnie dobry stan z jednoczesną zaawansowaną destrukcją fragmentów narażonych na długotrwałe zalewanie przez nieszczelności pokrycia dachu oraz murłat. Przeważające partie konstrukcji, które eksploatowane były w warunkach mikroklimatu charakterystycznego dla poddaszy np. powietrzno suchych, ze znacznymi dobowymi i rocznymi wahaniami temperatury, nie były zaatakowane przez grzyby i owady. Potwierdziło to opinię o odporności suchego drewna na korozję biologiczną i chemiczną. W większości obiektów (poza budynkiem Collegium Maius) występował brak jakichkolwiek śladów stosowania w przeszłości impregnacji środkami konserwującymi drewno. Biorąc pod uwagę eliminację z rynku materiałów budowlanych kolejnych środków chemicznych stosowanych przed laty do konserwacji drewna (ze względu na szkodliwe oddziaływanie – zarówno na organizm człowieka, jak i strukturę drewna), fakt ten należy uznać za korzystny.

W większości obiektów nie było systemów ochrony przeciwpożarowej w postaci monitoringu wyposażonego w czujniki dymu. Nie stwierdzono też stosowania impregnacji środkami ograniczającymi zapalność drewna. Przetrwanie tych konstrukcji do naszych czasów (przez wiele dziesiątków, a nawet setek lat) można więc zawdzięczać stałemu nadzorowi użytkowników, a czasem tylko sprzyjającemu losowi.

#### **5. Konstrukcyjne interwencje w obrębie więźb dachowych**

Usunięto z remontowanych więźb te elementy lub ich części, które na skutek korozyjnych uszkodzeń utraciły swe własności konstrukcyjne lub zagrażały rozprzestrzenieniem się porażenia na elementy sąsiednie. Przewidziano konstrukcyjne łą-



czenie nowych odcinków belek ze starymi w sposób zapewniający pełną nośność elementu w miejscu połączenia. Wykonawcy robót remontowych, poszukujący zawsze najprostszyc i najtańszyc rozwiązań, stosowali wymianę całyc elementów, a jeśli ich części, to tylko od węzła do węzła (np. odcinków krokwi od murłaty do płatwi pośredniej).

Zaprojektowano wzmocnienia elementów o niedostatecznej nośności lub sztywności, stosując przykładki z desek lub nakładki łączone śrubami ze wzmacnianym elementem.

W zagrożonych rejonach więźb zaprojektowano nowe konstrukcje przejmujące nadmierne obciążenia i przekazujące je w sposób bezpieczny na ściany budynków. Jako materiał stosowano drewno klejone i profile stalowe (najczęściej zimnogięte, jako że ich przekroje mogły być dowolnie dostosowywane do lokalnych potrzeb i możliwej do zabudowania przestrzeni). Jako zasadę przyjęto brak ingerencji w substancję budowlaną oraz możliwość ewentualnego demontażu wzmocnień w przyszłości.

Demontowano stężenia, które kolidowały z projektowaną na poddaszu nową funkcją użytkową, a jednocześnie mogły być wyeliminowane bez szkody dla przestrzennej sztywności konstrukcji więźby lub też zastąpione innymi stężeniami usytuowanymi poza użytkowaną strefą.

Wszelkie decyzje o konstrukcyjnych interwencjach w obrębie zabytkowych więźb dachowych podejmowano w uzgodnieniu z właściwymi służbami ochrony zabytków.

## 6. Wnioski

Jest oczywiste, że stan zachowania drewnianyc więźb obiektów zabytkowych ma istotny wpływ na trwałość pokrycia dachów i skuteczność ochrony zabytkowej substancji przed wpływami czynników atmosferycznych. Jednak w wielu przypadkach niewłaściwie wykonane lub przebudowane konstrukcje więźb powodować mogą dla całego obiektu zagrożenia natury konstrukcyjnej, przejawiające się niezamierzonym i nagłym przekazaniem znacznych obciążeń ciężarem własnym dachu i obciążeń klimatycznych bezpośrednio na wrażliwe elementy budynku: stropy i sklepienia. Elementy te posiadają na ogół nie tylko zabytkową wartość budowlaną, ale też artystyczną – w postaci polichromii. Ich zniszczenie w razie katastrofy stanowi dodatkową nieodwracalną stratę. Z tego też powodu dachy zabytkowych budynków powinny być poddawane nie tylko okresowym przeglądom obejmującym stan pokrycia i obróbkę blacharskich, ale też wnikliwej analizie konstrukcyjnej w celu wyeliminowania występujących zagrożeń.

W przypadkach zamierzonego wykorzystania przestrzeni poddaszy do celów użytkowych istnieją na ogół możliwości częściowej redukcji drugorzędnych elementów konstrukcyjnych, jakimi są stężenia, w celu uzyskania dodatkowej kubatury użytkowej. Jest to możliwe, ze względu na wysoki stopień statycznej niewyznaczalności dawnych konstrukcji dachowych. Każdorazowo musi być jednak poprzedzone wnikliwą analizą statyczną i uzgodnione ze służbami ochrony zabytków.

Materiały, jakie są obecnie dostępne (stal o wysokiej wytrzymałości, drewno klejone, taśmy z włóknem o wysokiej wytrzymałości), pozwalają na skuteczne i zgodne

z wymogami konserwatorskimi wzmacnianie drewnianych konstrukcji. Zabezpieczenia takie mogą być wykonywane przy zachowaniu minimalnej ingerencji w zabytkową substancję.

Należy sukcesywnie wyposażać poddasza obiektów zabytkowych w systemy monitoringu, gwarantujące ciągłą ochronę przed pożarem. Obecnie takie zabezpieczenia spotykane są tylko sporadycznie. Ciągłe pojawiają się na rynku nowe środki służące do impregnacji drewna w celu zabezpieczenia przed korozją biologiczną i redukujące jego zapalność. Jednocześnie eliminowane są stosowane dawniej środki toksyczne o wysokiej szkodliwości dla człowieka oraz środki solne niszczące strukturę drewna. Środki dostępne obecnie można uznać za skuteczne i bezpieczne. Impregnacje nimi powinny być powtarzane regularnie w okresach pięcioletnich.

### Literatura

- [1] Krzysik F., *Nauka o drewnie*, PWN, Warszawa 1974.
- [2] Kaczmarczyk S., Jurczakiewicz S., *Ekspertyza konstrukcyjno-budowlana dotycząca stanu technicznego dachów budynków klasztornych konwentu OO. Bernardynów w Kalwarii Zebrzydowskiej. Projekt budowlany remontu i zabezpieczeń*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, PK, Kraków 2007.
- [3] Jurczakiewicz S., Kaczmarczyk S., *Kościół Św. Barbary w Krakowie Projekt budowlany naprawy drewnianej konstrukcji wsporczej sygnaturki*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2005.
- [4] Kaczmarczyk S., Jurczakiewicz S., *Opinia konstrukcyjno-budowlana na temat stanu technicznego drewnianej więźby dachu nad biblioteką klasztoru OO. Paulinów na Jasnej Górze w Częstochowie*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2003.
- [5] Jurczakiewicz S., Kaczmarczyk S., *Projekt prac zabezpieczających budynek synagogi w Dąbrowie Tarnowskiej*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [6] Kaczmarczyk S., Jurczakiewicz S., *Kościół p.w. św. Józefa w Sadowie. Ekspertyza konstrukcyjno-budowlana dachu i stropu kościoła*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [7] Jurczakiewicz S., Kaczmarczyk S., *Pałac Jerzmanowskich w Krakowie - Prokocimiu. Opinia o stanie technicznym drewnianej więźby dachu*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [8] Kaczmarczyk S., Jurczakiewicz S., *Ekspertyza dotycząca oceny bezpieczeństwa stropów poddasza i więźby dachu w zespole budynków Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2008.
- [9] Jurczakiewicz S., Kaczmarczyk S., *Projekt budowlany (branża: konstrukcja) remontu Domu Wolskiego i dawnej Infirmerii należących do klasztoru OO. Kamedułów na Bielanach w Krakowie*, Archiwum Zakładu Technik Budowlanych, Politechnika Krakowska, Kraków 2005.