

Leszek Kazimierz Babiński

Impregnacja drewna metodą próżniową

Ochrona Zabytków 45/4 (179), 360-368

1992

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

LESZEK KAZIMIERZ BABIŃSKI

IMPREGNACJA DREWNA METODĄ PRÓŻNIOWĄ

Drewno towarzyszy człowiekowi od najbardziej zamierzonych czasów. Doskonałe właściwości mechaniczne, łatwość obróbki i ogólna dostępność zdecydowały, że stosowano je powszechnie jako nieoceniony materiał budowlany. Na ziemiach polskich, gdzie drewna nie brakowało, powstało w przeszłości wiele budowli drewnianych. Również obecnie materiał ten pozostaje bardzo często niezastąpiony.

Drewno odznacza się pewną naturalną trwałością, która nie jest jednak zbyt wysoka. Najbardziej nawet trwałe gatunki mogą w stosunkowo krótkim czasie ulec daleko posuniętym procesom destrukcji¹.

Uszkodzenie i rozkład drewna powodują czynniki biologiczne, chemiczne, fizykochemiczne i fizykomechaniczne². W wypadku obiektów budowlanych, najczęstszym i największym zagrożeniem dla drewna są grzyby domowe, owady – techniczne szkodniki drewna i ogień. Korozja biologiczna i pożary powodowały znaczne spustoszenia, pochłaniające częstokroć obiekty o bezcennych wartościach historycznych i kulturalnych. Tym bardziej więc te z nich, które przetrwały, wymagają szczególnie troskliwej opieki.

Zabezpieczenie drewna przed zniszczeniem, a tym samym przedłużanie jego trwałości, znane jest człowiekowi od czasów starożytnych. Z prac wykopaliskowych wiemy, że opalenie drewna było jednym z najstarszych sposobów jego ochrony. Istnieją także przesłanki mówiące o stosowaniu gliny, alunu i ciekłych produktów suchej destylacji drewna³. Dopóki jednak drewna było pod dostatkiem, nie zwracano zbyt uwagi na jego zabezpieczanie. Zniszczone drewno zastępowano nowym. Gwałtowny rozwój środków i metod zabezpieczania nastąpił w XIX w. wraz z rozwojem przemysłu. Budowa licznych fabryk, kopalń, połączeń kolejowych i linii telegraficznych wymagała wielkich ilości drewna. Znaczny wzrost cen budulca spowodował, że przedłużanie jego trwałości stało się koniecznością jak nigdy

dotąd. Z tych czasów przetrwało do dziś wiele sposobów impregnowania drewna – w tym należące do najsukuczniejszych metody ciśnieniowo-próżniowe. Zabytkowe budowle wymagają skutecznych zabiegów konserwatorskich, pozwalających na przekazanie zabezpieczonych obiektów następnym pokoleniom. Stosowane w krajowych pracowniach sposoby impregnowania drewna budowlanego – smarowanie, opryskiwanie i kąpiel – są mało skuteczne. Dostrzega się jednocześnie pilną potrzebę powszechniejszego użycia metod impregnacji głębokiej do dezynfekcji i ochrony przed biodegradacją i ogniem drewna nowego oraz zachowanej substancji zabytkowej⁴.

W Państwowym Muzeum Archeologicznym drewno przeznaczone do budowy i napraw rekonstrukcji w rezerwacie archeologicznym w Biskupinie zabezpiecza się przed czynnikami biotycznymi metodami powierzchniowymi i metodą próżniową. Nasycanie próżniowe, oparte na wykorzystaniu różnicy ciśnień, należy do najsukuczniejszych sposobów impregnacji głębokiej. Zdaniem autora artykułu i projektu nasycalni impregnacja próżniowa mogłaby również wzbogacić arsenał metod wykorzystywanych przez inne ośrodki konserwatorskie do zabezpieczania drewna nowego oraz drewnianych elementów konstrukcyjnych zabytkowych obiektów architektonicznych.

Nasycanie drewna w próżni omówiono na przykładzie impregnacji drewna nowego preparatami biobójczymi.

Podział metod impregnacji drewna

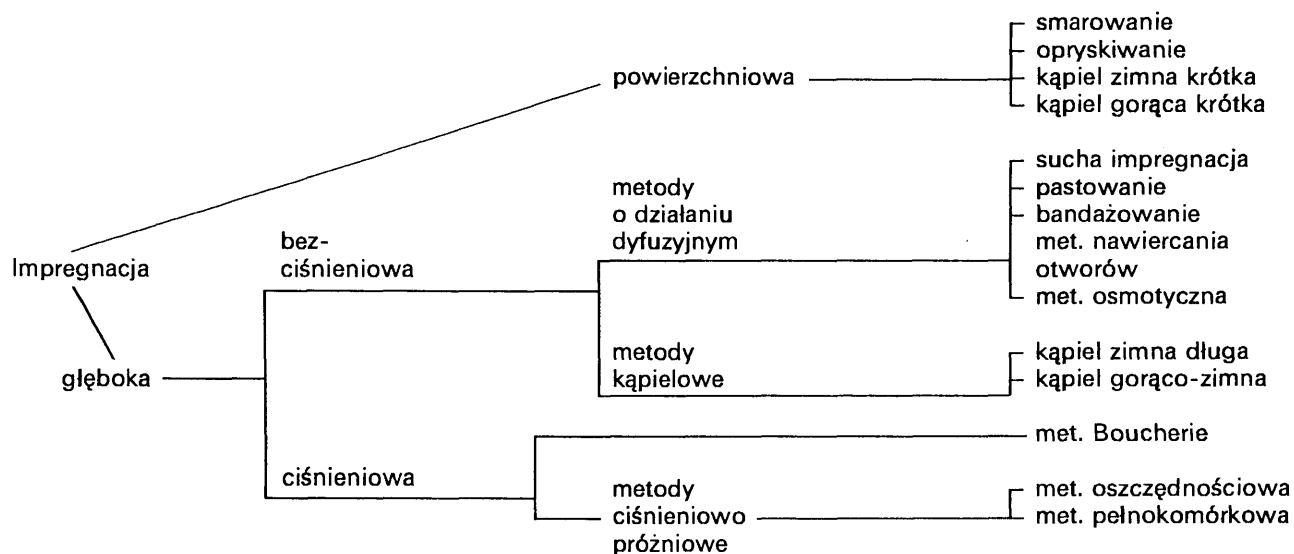
Wprowadzenie do drewna środków chemicznych może odbywać się wieloma metodami. W zależności od stopnia narażenia drewna na czynniki niszczące, zagrzybienia lub porażenia przez owady, wymagana jest różna skuteczność impregnacji. Skuteczność zabiegu zależy od rodzaju i ilości zastosowanego preparatu oraz od głębokości przesycenia drewna. Z kolei o ilości i głębokości decyduje zastosowana metoda impregnacji.

¹ K. St. G. Cartwright, W. P. K. Findlay, *Rozkład i konserwacja drewna*. Warszawa 1951

² J. Ważny, *Współczesne poglądy na rozkład drewna w obiektach zabytkowych*. „Ochrona Zabytków” 1968, nr 1, ss. 17-20.

³ Pliniusz w swoich kronikach pisze o zabezpieczaniu posągu *Diany* z Efezu przez nawiercanie otworów i wprowadzanie do drewna smoły drzewnej.

⁴ K. Lutowski, B. Gaida, *Stan aktualny i niektóre problemy konserwacji drewna w skansenach polskich (w:) Drewno zabytkowe. Konserwacja i badania*. Warszawa 1987, ss. 58-71.



1. Podział metod impregnacji drewna

1. The division of wood impregnation methods

Ze względu na głębokość wprowadzonego preparatu wyróżnia się dwie grupy metod – powierzchniowe i głębokie. Do metod impregnacji powierzchniowej należą wszystkie sposoby, pozwalające na nasycenie zewnętrznej warstwy drewna (bielu) do głębokości 5 mm. Wszystkie metody za pomocą których możliwe jest przesycenie tkanki drzewnej na głębokość większą niż 5 mm, określa się mianem metod impregnacji głębokiej. W literaturze przyjęto następujący podział metod impregnacji drewna, uszeregowany według rosnącej głębokości nasycania⁵ (il. 1).

Metody ciśnieniowo-próżniowe

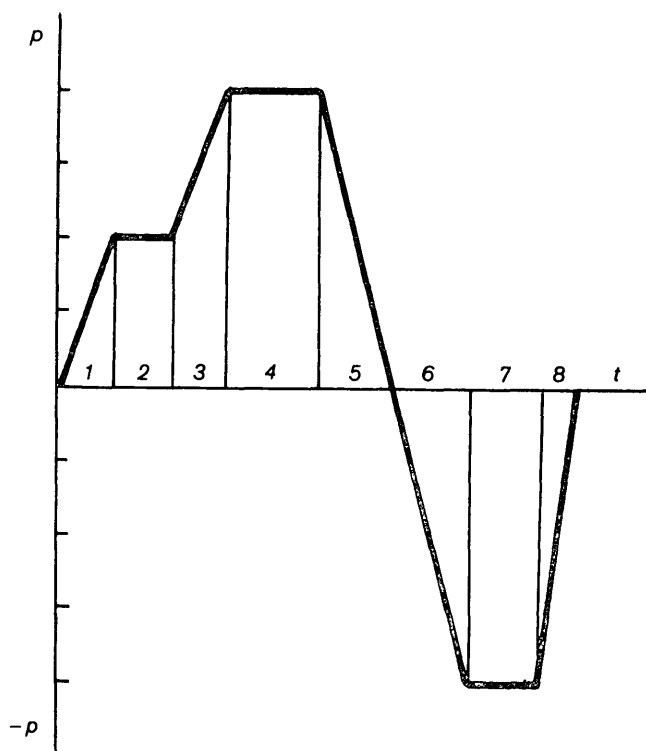
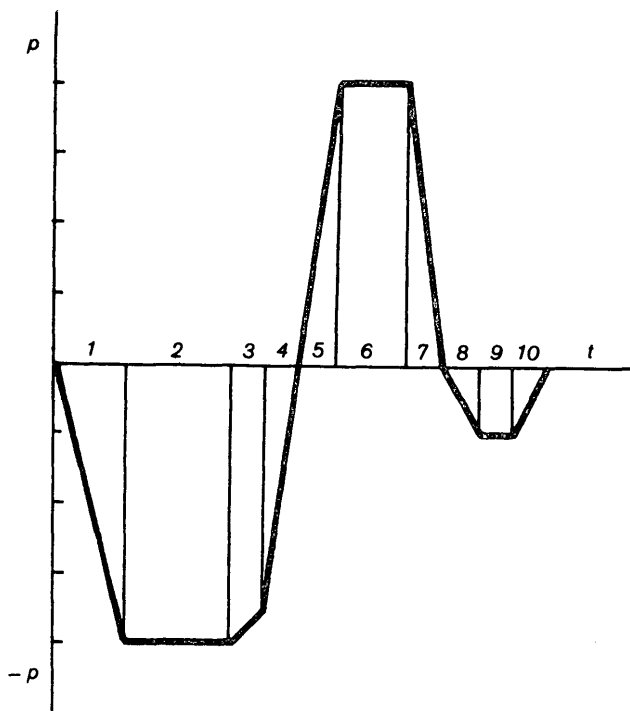
Impregnacja metodami ciśnieniowo-próżniowymi jest najskuteczniejszym sposobem zabezpieczanie drewna. Nasycanie odbywa się w cylindrycznych zbiornikach impregnacyjnych przy użyciu ciśnienia lub próżni. Metody te pozwalają na przesycenie, w czasie zaledwie kilku godzin, całego przekroju poprzecznego drewna gatunków beztwardzielowych oraz bielu – w wypadku nasycania gatunków twardzielowych. Twardziel nasycy się tylko powierzchniowo. Metodami ciśnieniowo-próżniowymi dobrze nasycy się drewno wielu gatunków, w tym drewno sosny i dębu. Drewno świerkowe i jodłowe źle przyjmuje impregnaty – nasycy się nierównomiernie. Przeznaczone do impregnacji sortymenty powinny być powietrznie-suche. Wilgotność powyżej punktu nasycenia

włókien stanowi pewną przeszkodę w impregnacji. Woda wolna wypełniając światło komórek uniemożliwia dobre wnikanie preparatu w drewno. Woda związana utrudnia penetrację impregnatu w ścianę komórkową⁶. W zależności od zastosowanej metody, drewno może być nasycane „na pełno” (pełnokomórkowo) lub „oszczędnościowo” ((pustokomórkowo). Nasycanie pełnokomórkowe polega na wypełnieniu cieczą impregnacyjną wszystkich wolnych przestrzeni w drewnie. Impregnat wypełnia puste wnętrza komórek i przesycy ściany komórkowe. Nasycanie pustokomórkowe polega natomiast na nasyceniu jedynie ścian komórkowych. Impregnacja drewna „na pełno” może odbywać się w oparciu o wykorzystanie metody próżniowo-ciśnieniowej. Przebieg operacji przedstawiono na wykresie 2. Czas trwania zabiegu wynosi średnio 3-4 godziny. Zużycie cieczy impregnacyjnej przy nasyceniu drewna sosnowego może dochodzić do 400 l/m³. Podciśnienie nie przekracza z reguły -0,08 MPa, zaś ciśnienie cieczy w zbiorniku wynosi 0,8 MPa.

Nasycanie pustokomórkowe (metoda oszczędnościowa Rüpinga) polega na wprowadzeniu impregnatu jedynie w błonę komórkową. Chodzi tu o wysokie zabezpieczenie przy minimalnym zużyciu impregnatu. Decydującą rolę w ochronie drewna odgrywa bowiem ta część preparatu, która zostaje związana ze ścianą komórkową. przebieg operacji w metodzie Rüpinga przedstawiono na wykresie 3. Zabieg trwa około 3-4 godzin. Zużycie cie-

⁵ M. Czajnik, Z. Lehnert, S. Lerczyński, J. Ważny, *Impregnacja i odgrzybianie w budownictwie*. Warszawa 1970.

⁶ F. Krzysik, *Nauka o drewnie*. Warszawa 1978.



2. Nasycanie drewna metodą próżniowo-ciśnieniową (pełnokomórkową): 1 – wytwarzanie próżni wstępnej, 2 – utrzymywanie podciśnienia, 3 – napełnianie zbiornika cieczą impregncyjną, 4 – likwidacja próżni, 5 – wytwarzanie ciśnienia cieczy w zbiorniku, 6 – utrzymywanie ciśnienia cieczy, 7 – likwidacja ciśnienia i opróżnianie zbiornika z cieczy, 8 – wytwarzanie próżni osuszającej, 9 – utrzymywanie próżni osuszającej, 10 – likwidacja próżni i opróżnienie zbiornika z cieczy.

2. Wood treatment with the vacuum-and-pressure full-cell method:

- 1) creating the vacuum
- 2) maintaining the underpressure
- 3) filling the container with the impregnating liquid
- 4) liquidating the vacuum
- 5) creating the pressure in the container
- 6) maintaining the pressure of the liquid
- 7) liquidating the pressure and emptying the container
- 8) creating the drying pressure
- 9) maintaining the drying pressure
- 10) liquidating the vacuum and emptying the container

3. Nasycanie drewna metodą ciśnieniowo-próżniową (pustokomórkową). Metoda oszczędnościowa Rüpinga: 1 – wytwarzanie wstępnego ciśnienia powietrza, 2 – napełnianie zbiornika cieczą, 3 – wytwarzanie ciśnienia roboczego cieczy impregncyjnej, 4 – utrzymywanie ciśnienia roboczego, 5 – likwidacja ciśnienia i opróżnianie zbiornika z cieczy, 6 – wytwarzanie próżni osuszającej, 7 – utrzymywanie próżni osuszającej, 8 – likwidacja próżni i opróżnienie zbiornika z cieczy.

3. Wood treatment with the vacuum-and-pressure empty-cell process.

Rüping's economical method:

- 1) creating the initial air pressure
- 2) filling the container with the liquid
- 3) creating the working pressure of the impregnating liquid
- 4) maintaining the working pressure
- 5) liquidating the pressure and emptying the container
- 6) creating the drying vacuum
- 7) maintaining the drying vacuum
- 8) liquidating the vacuum and emptying the container

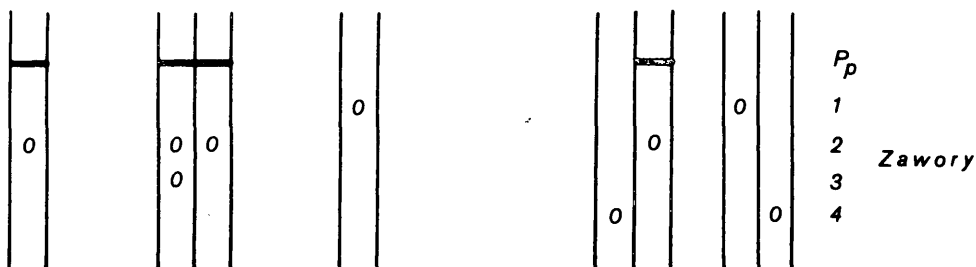
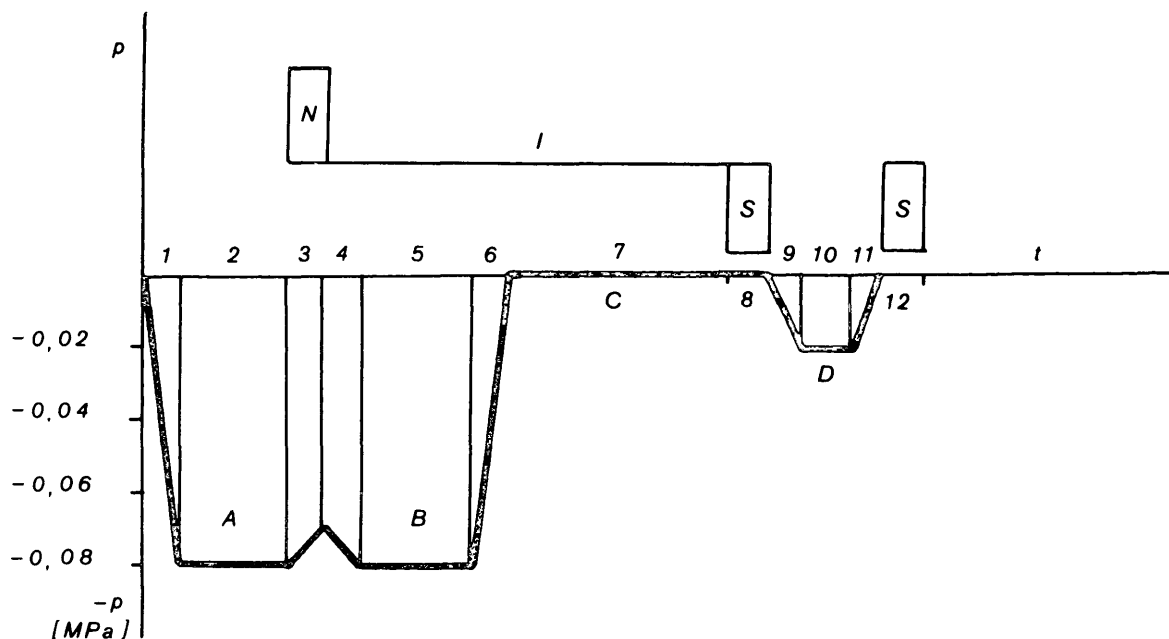
czy impregncyjnej dla drewna sosnowego wynosi średnio 70 l/m^3 . Wstępne ciśnienie powietrza ustala się od 0,15 do 0,4 MPa. Ciśnienie robocze cieczy wynosi 0,8 MPa, a próżnia osuszająca $-0,08 \text{ MPa}$ ⁷.

Metoda próżniowa

Metoda próżniowej impregncyjacji drewna, zastosowana w Pracowni Konserwatorskiej Drewna w Biskupinie, jest metodą pełnokomórkową opartą na wykorzystaniu podciśnienia. Nasycanie odbywa się w zbiorniku impregncyjnym.

Po załadowaniu zbiornika wytwarzane jest w nim podciśnienie do $-0,08 \text{ MPa}$. Podciśnienie utrzymywane jest przez około 15-30 minut. W czasie wytwarzania i utrzymywania próżni z poddawanego impregncyjacji drewna zostaje usunięte powietrze. Do zbiornika wprowadza się ciecz impregncyjną. W czasie wprowadzania cieczy następuje nieznaczny spadek podciśnienia, które po zakończeniu operacji napełniania może być doprowadzone do poprzedniej wartości. W tych warunkach drewno pozostaje przez 30-60 minut. Następnie wyrównuje się ciśnienie w zbiorniku impregncyjnym z ciśnieniem zewnętrznym – atmosferycznym. Drewno pozostaje zanurzone w cieczy przez dalsze 60-120 minut.

⁷ *Lexikon der Holztechnik*. Praca zbiorowa. Leipzig 1988.



4. Nasytanie drewna metodą próżniową: 1 – wytwarzanie podciśnienia w zbiorniku, 2 – utrzymywanie podciśnienia (A), 3 – napełnianie zbiornika cieczą impregncyjną, 4 – wytwarzanie podciśnienia, 5 – utrzymywanie podciśnienia (B), 6 – likwidacja podciśnienia, 7 – utrzymywanie drewna w cieczy (C), 8 – opróżnianie zbiornika z cieczy, 9 – wytwarzanie próżni osuszającej, 10 – utrzymywanie próżni (D), 11 – likwidacja próżni osuszającej, 12 – opróżnianie zbiornika z cieczy. N – napełnianie zbiornika, l – impregnat w zbiorniku impregncyjnym, S – spust impregnatu, P_p – załączanie pompy próżniowej, O – zawór otwarty

4. Wood impregnation with the vacuum treatment: 1) creating underpressure in the container, 2) maintaining the underpressure (A), 3) filling the container with the impregnating liquid, 4) creating underpressure, 5) maintaining the underpressure (B), 6) liquidating the underpressure, 7) keeping the wood in the liquid (C), 8) emptying the container, 9) creating the drying vacuum, 10) maintaining the vacuum (D), 11) liquidating the drying vacuum, 12) emptying the container, N – filling the container, l – the impregnating liquid in the container, S – the spout for the liquid, P_p – connecting the vacuum pump, O – the valve open

W tym czasie następuje zassanie cieczy do wszystkich wolnych przestrzeni w drewnie. Po nasyceniu impregnat usuwany jest ze zbiornika. W celu usunięcia nadmiaru impregnatu z drewna, wytwarzana jest przez około 15 minut próżnia osuszająca o wartości nie przekraczającej -0,02 MPa. Z drewna zostaje „wyciągnięta” część cieczy impregncyjnej wypełniającej światło komórek. Po likwidacji podciśnienia nadmiar impregnatu powraca do zbiornika magazynowego. Schemat operacji nasycania drewna metodą próżniową przedstawiono na il. 4.

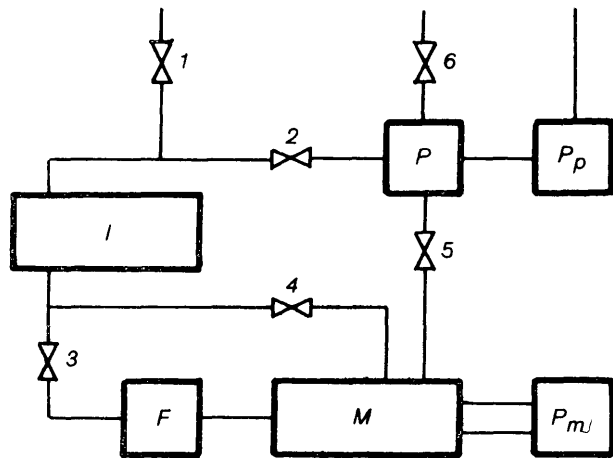
Instalacja

Na rysunku 5 przedstawiono schemat instalacji zbudowanej dla potrzeb Pracowni Konserwacji Drewna w Biskupinie. Instalacja do nasycania drewna metodą próżniową (il. 6) składa się ze:

- zbiornika impregncyjnego,
- zbiornika magazynowego,
- zbiornika przelewowego,
- pompy próżniowej z silnikiem,

5. Schemat instalacji do nasycania drewna metodą próżniową: I – zbiornik impregacyjny, M – zbiornik magazynowy, P – zbiornik przelewowy, P_p – pompa próżniowa, P_m – pompa obiegu (mieszająca), F – filtr, 1-6 – zawory

5. A scheme of the installation for the vacuum wood treatment: I – the impregnating container, M – the storing container, P – the overflow container, P_p – the vacuum pump, P_m – the stirring pump, F – the filter, 1-6 – valves



- pompy obiegu cieczy z silnikiem,
- filtra impregnatu,
- mierników, przewodów rurowych oraz urządzeń transportowych – wózków.

Zbiornik impregacyjny (il. 7) jest zbiornikiem cylindrycznym o średnicy 1,6 m i długości 8 m. Jedna z dennic jest otwierana. Wewnątrz znajduje się torowisko, po którym przemieszczane są wózki załadowane drewnem. Na zbiorniku zainstalowano wodowskaz i wakuometr. Zbiornik jest skalowany.

Zbiornik magazynowy służy do przygotowywania i magazynowania cieczy impregacyjnej. Ze względów praktycznych wskazane jest, aby pojemność zbiornika była co najmniej pojemności zbiornika impregacyjnego. W naszym wypadku oba zbiorniki mają taką samą pojemność – 15 m³. Zbiornik magazynowy wyskalowany jest z dokładnością do 0.01 m³. Pomiar objętości cieczy przeprowadza się za pomocą listwy mierniczej. Nad zbiornikiem zainstalowano pompę obiegu do mieszania cieczy impregacyjnej.

Zbiornik magazynowy znajduje się poniżej poziomu podstawy zbiornika impregacyjnego – pod posadzką nasycalni. Zbiornik impregacyjny posadowiono w betonowym korycie. W posadzce koryta umieszczono właz do zbiornika magazynowego. Posadowienie zbiorników na różnych poziomach pozwala na wyeliminowanie pompy do przepompowywania impregnatu po zakończeniu nasycania. Rozwiązanie to stanowi również zabezpieczenie na wypadek wycieku cieczy ze zbiornika impregacyjnego do otoczenia.

Zbiornik przelewowy⁸ jest małym cylindrycznym zbiornikiem o pojemności 0,5 m³, na którym zamontowano wakuometr i wodowskaz. Zainstalowany pomiędzy zbiornikiem impregacyjnym a pompą próżniową, zabezpiecza pompę przed przedostaniem się do jej wnętrza cieczy impregacyjnej.

Pompa próżniowa umożliwia wytwarzanie podciśnienia w zbiorniku impregacyjnym. Funkcję pompy próżniowej spełnia w naszej instalacji mały kompresor rotacyjny typu T-509. Minimalna wydajność pompy wynosi 150 m³ powietrza/h. Kompresor pozwala na uzyskiwanie podciśnienia do -0,08 MPa.

Pomiędzy zbiornikiem impregacyjnym i magazynowym zainstalowano filtr do oczyszczania cieczy impregacyjnej⁹.

Zbiorniki i pompy połączone są systemem stalowych przewodów rurowych z zaworami kołnierzowymi. Instalacja do nasycania drewna metodą próżniową znajduje się w pomieszczeniu o powierzchni 60 m² i kubaturze około 200 m³. Nasycalnia połączona jest torowiskiem z wiatą magazynową, przeznaczoną do składowania drewna przed i po impregnacji.

Nasycanie drewna

Przygotowanie drewna do nasycania metodą próżniową nie różni się zasadniczo od przygotowania materiału do impregnacji metodami powierzchniowymi. Drewno przeznaczone do nasycania należy starannie oczyścić z kory, łyka, ziemi i innych zanieczyszczeń, względnie usunąć warstwę drewna porażoną przez korozję biologiczną. Przed zabiegiem elementy powinny być obrobione mechanicznie (przycięte do odpowiednich rozmiarów, zestrugane, obciosane itp.). Nawet w wypadku nasycania preparatami wolnymi, drewno powinno mieć wilgotność poniżej punktu nasycenia włókien. Najlepiej, gdy przeznaczone do impregnacji elementy są powietrznie-suche. Drewno mokre będzie się nasycalo powierzchniowo, a w najlepszym wypadku nierównomiernie.

Do impregnacji drewna „na pełno” wykorzystuje się przede wszystkim preparaty solne. Ciecz impregacyjną należy przygotować w zbiorniku magazynowym. Najczęściej sporządza się wodne roztwory handlowych solnych preparatów biobójczych o stężeniu od 2 do 4%. Stężenie roztworu zależy m.in. od wartości grzybobójczej użytego środka oraz stopnia narażenia zaimpregnowanego drewna na czynniki niszczące. Przed nasycaniem roztwór należy wymieszać pompą obiegu w celu rozpuszczenia soli w wodzie i doprowadzić do równomiernego stężenia w całej masie. Handlowe preparaty oleiste nie wymagają rozcieńczenia – nadają się bezpośrednio do użycia.

Przed każdym nasycaniem należy ustalić zapotrzebowanie na ciecz impregacyjną. Rozpoczynając zabieg musimy dysponować taką ilością roztworu, aby wystarczyło go do całkowitego zanurzenia drewna w zbiorniku impregacyjnym. Wielkość ta powinna być co najmniej powiększona o ilość, którą wprowadzimy do drewna. Jeżeli nie dysponujemy potrzebną ilością impregnatu,

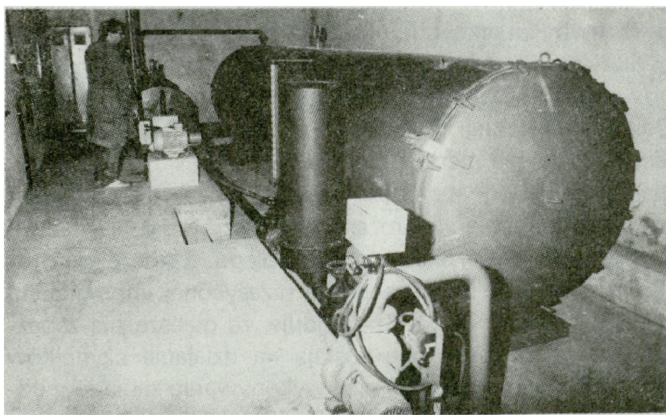
⁸ Zbiornik przelewowy może być w instalacji pominięty.

⁹ Filtr cieczy impregacyjnej może być w instalacji pominięty.

należy uzupełnić zawartość zbiornika magazynowego lub obniżyć poziom załadunku zbiornika impregnacyjnego. W przeciwnym wypadku górne partie drewna będą nasycone częściowo, bądź nie zostaną zaimpregnowane w ogóle. Zbiornik impregnacyjny może być załadowany do takiej wysokości, aby nad drewnem pozostawała wolna przestrzeń, której objętość będzie przynajmniej równa sumie objętości cieczy wprowadzonej do drewna i 10% objętości zbiornika. Podczas nasycania drewno powinno być zanurzone w cieczy. Dlatego poddawane impregnacji elementy należy „zablokować”, by nie dopuścić do pływania drewna na powierzchni impregnatu. Drewno wprowadzane jest do zbiornika na wózkach. Nasycane elementy można również załadować luzem. Zmienia się wówczas sposób ich blokowania. Układanie drewna luzem praktykuje się głównie wtedy, gdy przeznaczone do nasycania małe elementy nie są spaletowane, lub gdy dysponujemy małym zbiornikiem, a budowanie torowiska i wózków byłoby nieopłacalne. Jednorazowo w naszym zbiorniku impregnacyjnym może być nasycane do 8 m³ drewna.

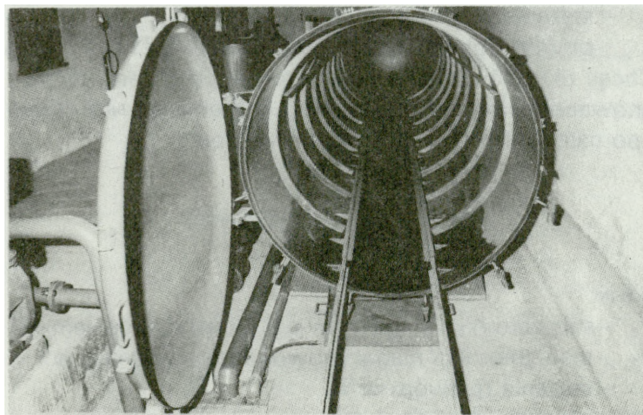
Proces nasycania rozpoczyna się po przeprowadzeniu wszystkich niezbędnych robót przygotowawczych, po zamknięciu załadowanego drewnem zbiornika i wytworzeniu w nim podciśnienia. Nasycanie odbywa się według przedstawionego wcześniej schematu. Na wykresie 4 pokazano wszystkie operacje wykonywane podczas przebywania drewna w zbiorniku. Czynności te prowadzą się do załączania pompy próżniowej, otwierania i zamykania właściwych zaworów i kontrolowania przebiegu procesu. Wszystkie parametry technologiczne tj.

- wartość podciśnienia nasycania i próżni osuszającej,
 - czas próżni wstępnej – A,
 - czas przebywania drewna w cieczy w warunkach podciśnienia – B,
 - czas przebywania drewna w cieczy przy ciśnieniu atmosferycznym – C,
 - oraz czas trwania próżni osuszającej,
- ustala się przed rozpoczęciem nasycania indywidualnie,



6. Instalacja do nasycania drewna metodą próżniową w Pracowni Konserwacji Drewna w Biskupinie (fot. A. Ring)
6. The installation for the vacuum wood treatment in the Wood Conservation Workshop in Biskupin (photo A. Ring)

w zależności od gatunku drewna, przekrojów, wilgotności oraz stopnia zagrożenia czynnikami niszczącymi. Głębokość, na jaką można wprowadzić impregnat zależy od gatunku i wilgotności drewna oraz od preparatów nasycania. Zmieniając wartość podciśnienia i czasy poszczególnych faz procesu (czasy A, B, C) można wprowadzać do drewna różne ilości preparatu. Stosując niewielkie podciśnienie i krótki czas nasycania, uzyskamy rezultaty porównywalne z efektami osiąganymi metodami kąpielowymi. Z kolei wydłużając czas impregnacji i stosując większe podciśnienie wprowadzimy impregnat głębiej. Średnio czas trwania procesu, przy podciśnieniu na poziomie -0,08 MPa, wynosi około 4 godzin. Czas ten pozwala na przesycenie powietrznie-suchej sosny (bielu) do głębokości na mniejszej niż 30-40 mm. Okrągłaki sosnowe o średnicy około 25 cm i 60 mm warstwie bielu nasycano w czasie 6 godzin. Wałki topolowe o tej samej średnicy można całkowicie przesycić impregnatem już po 4 godzinach. O ilości wprowadzonego do drewna preparatu decyduje przede wszystkim wartość podciśnienia i czas przebywania drewna w cieczy po wyrównaniu ciśnień (czas C). W momencie wprowadzania do zbiornika powietrza następuje zassanie impregnatu. Największe ilości cieczy wchodzi do drewna bezpośrednio po wyrównaniu ciśnień. Później, wraz z upływem czasu, ilość ta wyraźnie zmniejsza się. Ilość wprowadzonego w drewno sosnowe preparatu, przy tych samych parametrach procesu, uzależniona jest od procentowego udziału bielu i twardzieli w impregnowanych elementach. Średnio w 1 m³ drewna sosnowego można wprowadzić 200-250 l cieczy. W wypadku znacznego udziału bielu w drewnie, wartość ta może przekroczyć nawet 300 l. Nasycając drewno wodnymi roztworami środków solnych o stężeniu 2-4%, retencja preparatu będzie w tym skrajnym wypadku wynosiła 6-12 kg/m³. Po zakończeniu nasycania zaimpregnowane elementy powinny być sezonowane. Z uwagi na znaczne ilości wprowadzanej do drewna cieczy impregnacyjnej, okres sezonowania ulega wydłużeniu. Do montażu dopuszcza



7. Zbiornik impregnacyjny nasycalni w Biskupinie (fot. A. Ring)
7. The impregnation container of the timber preserving plant in Biskupin (photo A. Ring)

się tylko te zaimpregnowane elementy, które osiągnęły stan powietrzno-suchy.

Wszystkie operacje technologiczne przeprowadzane podczas nasycania oraz w trakcie prac przygotowawczych mogą być wykonywane przez jednego, przeszkolonego pracownika. Wyjątek stanowią roboty załadunkowo-rozładunkowe, szczególnie gdy zachodzi potrzeba przenoszenia dużych i ciężkich elementów, a prace te nie są zmechanizowane.

Kontrola robót impregnacyjnych

Kontrolę robót impregnacyjnych wykonywanych metodą próżniową przeprowadza się w czasie wykonywania prac przygotowawczych, w trakcie nasycania i po jego zakończeniu. Kontrolą tą należy objąć:

- właściwe przygotowanie drewna do przeprowadzenia zabiegu,
- wilgotność przeznaczonych do impregnacji elementów,
- jakość cieczy impregnacyjnej (stopień rozpuszczenia soli w wodzie i stężenie roztworu),
- ilość cieczy impregnacyjnej w zbiorniku magazynowym,
- stan i przydatność instalacji do przeprowadzenia zabiegu,
- utrzymanie założonych parametrów procesu nasycania,
- skuteczność zabezpieczenia drewna.

Skuteczność wykonanego zabiegu można ocenić bezpośrednio po impregnacji, na podstawie retencji preparatu i głębokości wniknięcia w drewno. Ilość wprowadzonego do drewna solnego środka ochrony obliczamy posługując się wzorem:

$$M = \frac{(m_1 - m_0) \times c}{100 \times v} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

gdzie:

- m_1 – masa próbki (elementu) po nasyceniu w kg
- m_0 – masa próbki (elementu) przed nasyceniem w kg
- c – stężenie roztworu nasycającego w %
- v – objętość próbki (elementu) w m^3

Chcąc określić retencję preparatu dla całej partii impregnowanego drewna oraz uniknąć ważenia drewna przed i po nasycaniu, posługujemy się wzorem:

$$M = \frac{(V_0 - V_1) \times c}{100 \times v \times d} \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

gdzie:

- V_0 – stan zbiornika magazynowego przed nasyceniem w l
- V_1 – stan zbiornika magazynowego po nasyceniu w l
- c – stężenie roztworu w %
- v – objętość drewna w m^3
- d – gęstość roztworu w g/cm^3

Oznaczanie głębokości wnikania preparatu należy rozpocząć od przecięcia zaimpregnowanego elementu (próbki) prostopadle do włókien, w odległości co najmniej 50 cm od końca elementu. Obecność i głębokość wniknięcia preparatu impregnacyjnego można określić na podstawie jego charakterystycznego zabarwienia lub

barwy produktu reakcji preparatu z drewnem, względnie za pomocą metod fizycznych lub reakcji barwnych¹⁰.

Metoda próżniowa a metody powierzchniowe

Metody powierzchniowe – smarowanie, opryskiwanie i kąpiel zimna należą do najczęściej stosowanych sposobów impregnowania drewna w budownictwie i krajowych pracowniach konserwatorskich.

Łatwe w wykonaniu, nie wymagające stosowania skomplikowanego sprzętu i urządzeń, są bardzo często mało skuteczne, a w pewnych wypadkach wręcz zawodne. Jednocześnie znana jest powszechnie wysoka skuteczność zabezpieczania drewna metodami ciśnieniowo-prożniowymi – w tym metodą próżniową. Praktyczne ich wykorzystanie jest mimo wszystko ciągle jeszcze ograniczone.

Drewno może być w różnym stopniu narażone na czynniki niszczące. Pomijając skuteczność impregnatu i jego retencję, najlepsze zabezpieczenie uzyskuje się przy możliwie najgłębszym przesyleniu drewna. Elementy narażone w silnym stopniu powinny być nasycane metodami impregnacji głębokiej. Dotyczy to przede wszystkim drewna stykającego się z gruntem. Do silnie zagrożonych elementów w budynkach należą: podwaliny i drewniane ściany do wysokości 0,3 m, wszelkie elementy stropów przyziemia, legary i podłogi układane nad ziemią. W niewiele mniejszym stopniu na szybkie zniszczenie narażone są drewniane pokrycia dachowe, płatwie kalenicowe, odeskowania szczytów, murlaty, belki przyścienne; końce belek w murze, jak również wystające krokwie; ościeżnice, odrzwia i progi drzwiowe. Zabezpieczenie wymienionych elementów metodami powierzchniowymi może być skuteczne w przeciągu krótkiego czasu. Zabiegi impregnacyjne powinny być wtedy okresowo powtarzane. Często – jak chociażby w wypadku legarów – ponowne przeprowadzenie zabiegu po kilku latach będzie z pewnością kłopotliwe. Również ochrona drewna przed ogniem wymaga zastosowania impregnacji głębokiej. Aby drewno można było uznać za materiał trudno zapalny lub niezapalny, konieczne jest wprowadzenie w tkankę drzewną znacznych ilości preparatów solnych. W wypadku krajowego Fobosu M-2 ilości te wynoszą odpowiednio – 42 kg/m^3 i 60 kg/m^3 drewna sosnowego¹¹. Osiągnięcie takiej retencji metodami powierzchniowymi jest praktycznie niemożliwe.

Nasycając drewno metodami powierzchniowymi – niezależnie od stopnia jego zagrożenia – zawsze ponosimy ryzyko wynikające z małej skuteczności zabiegu. Każde uszkodzenie mechaniczne bądź pęknięcie przesyconej impregnatem cienkiej warstwy drewna powoduje, że głębsze nie zabezpieczone partie narażone zostają na działanie czynników destrukcyjnych. Podobnie przy wykonywaniu zabiegów odgrzybiania i zwalczania owadów – technicznych szkodników drewna. Skuteczność zabiegu ogranicza się do warstwy przesyconej preparatem. Rozwój grzybów i żerowanie

¹⁰ K. Lutowski, *Metody badań chemicznych środków ochrony drewna i technologii ich stosowania*. Poznań 1981.

¹¹ R. Kozłowski, M. Helwig, J. Mścisz, *Wpływ środków ognioochronnych na niektóre właściwości drewna*. Referat wygłoszony na VII Sympozjum „Modyfikacja drewna”, Puszczykowo 1989.

owadów w drewnie nie występuje tylko w strefach powierzchniowych¹². Larwy wielu gatunków owadów żerują w głębszych partiach drewna. Dlatego, decydując się na zwalczanie owadów metodami chemicznymi musimy pamiętać, że pożądane rezultaty gwarantują tylko metody impregnacji głębokiej.

Metody powierzchniowe mogą być natomiast przydatne wszędzie tam, gdzie nie jest wymagany wysoki stopień zabezpieczenia drewna, a przeznaczone do impregnacji elementy są zdrowe, bez śladów zagrzybienia i żerowania owadów. Należy jednak zaznaczyć, że dysponując instalacją do przeprowadzenia zabiegu metodą próżniową, można również uzyskiwać rezultaty charakterystyczne dla metod powierzchniowych. Trudno natomiast zastąpić metodę smarowania lub opryskiwania, gdy zachodzi konieczność konserwacji obiektu stojącego, bez możliwości jego demontażu. Możliwość zastosowania metody próżniowej jest limitowana wielkością zbiornika impregnacyjnego.

Do impregnacji drewna metodami powierzchniowymi wykorzystuje się preparaty solne i oleiste. Środki te mogą być również użyte do nasycania drewna metodami ciśnieniowymi. Pełnokomórkowe nasycanie drewna budowlanego preparatem olejowym jest jednak zabiegiem kosztownym – często wręcz nieopłacalnym. Zabiegi próżniowe wykonywane są praktycznie preparatami solnymi. Tylko niektóre mogą być zastosowane do ochrony drewna narażonego na wpływ warunków atmosferycznych. Dlatego zachodzi czasem potrzeba wykonania dodatkowego zabiegu powierzchniowego środkiem hydrofobowym.

Wysoka skuteczność impregnacji łączy się z ilością wprowadzonej do drewna cieczy. W wypadku nasycania próżniowego wodnymi roztworami soli, w tkankę drewną wprowadzamy duże ilości wody. Powoduje to wydłużenie okresu sezonowania drewna po przeprowadzonym zabiegu. Zaletą metody próżniowej jest wyeliminowanie podczas nasycania, bezpośredniego kontaktu człowieka i środowiska z impregnatem. Metoda próżniowa nie jest tak pracochłonna, jak smarowanie lub opryskiwanie. Z kolei wadą metod ciśnieniowych są względnie duże koszty budowy instalacji. Wykonywanie

¹² J. Dominik, J.R. Starzyk, *Ochrona drewna. Owady niszczące drewno*. Warszawa 1989.

urządzenia w celu zaimpregnowania kilkudziesięciu metrów sześciennych drewna jest po prostu nieopłacalne. Warto również w tym miejscu zastanowić się nad zbudowaniem nasycalni objazdowej, obsługującej kilka skansenów¹³. Od strony technicznej przedsięwzięcie to byłoby możliwe. Konserwacja drewnianych budowli skansenowskich metodami opartymi na wykorzystaniu różnicy ciśnień jest sprawą dyskusyjną. Metodom tym przeciwstawia się osłabioną strukturę poddawanego zabiegom drewna oraz brak specjalnych urządzeń umożliwiających przeprowadzenie procesu¹⁴. Nie może to jednak oznaczać eliminowania metod ciśnieniowych tam, gdzie jest to możliwe i wskazane. Dotyczy to drewna zabytkowego, jak również drewna nowego używanego do rekonstruowania całych budowli lub uzupełniania brakujących elementów konstrukcyjnych¹⁵. Brak instalacji stanowi pewną przeszkodę, której pokonanie – jak wskazują doświadczenia biskupińskie – jest możliwe i to nawet przy relatywnie niskim nakładzie finansowym. Jednocześnie należy pamiętać, że metody powierzchniowe i ciśnieniowe nie powinny się nawzajem wykluczać. Korzyścią dla zabezpieczanych zabytków będzie, gdy obie grupy będą brane pod uwagę podczas podejmowania decyzji o wyborze sposobu impregnacji. Byłoby bowiem nieporozumieniem całkowite wyeliminowanie metod powierzchniowych na rzecz nasycania ciśnieniowego. Często, choć nie jest to regułą, za zastosowaniem określonej metody powierzchniowej przemawiać może ogólny rachunek ekonomiczny. Dlaczego jednak nie wykorzystywać metod ciśnieniowych wtedy, gdy zaczyna się to z różnych względów opłacać?

*mgr inż. Leszek Kazimierz Babiński
Państwowe Muzeum Archeologiczne w Warszawie
Oddział w Biskupinie
Pracownia Konserwacji Drewna*

¹³ Pomysł zbudowania przenośnego urządzenia do ciśnieniowej impregnacji drewna zgłosili Lutomski i Gaida, *Stan aktualny...*, op.cit.

¹⁴ M. Czajnik, *Środki i metody konserwacji zabytkowego drewna budowlanego*. „Ochrona Zabytków” 1968, nr 1, ss. 21-29.

¹⁵ Uwaga ta odnosi się nie tylko do zabytkowych obiektów zlokalizowanych na terenie skansenów.

THE VACUM METHOD OF WOOD IMPREGNATION

Polish conservation workshop apply surface treatment in protection and conservation of timber, which does not prove very effective. An urgent need for wider usage of deep impregnation is acknowledged. The most effective methods of impregnating wood are those that utilize pressure or vacuum.

An installation for impregnating timber with the full-cell vacuum process has been constructed in the Biskupin Division of the State Archaeological Museum.

The article presents a detailed description of the installation, the method of wood treatment, the control of the impregnation process and the obtained results. The vacuum method is compared with commonly used surface methods. Special attention is paid to a possibility of constructing a mobile timber preserving plant, which could serve several Skansen museum. According to the author, the vacuum method could be also used by other institutions dealing with timber conservation.

PIOTR GRZEGORZ MĄDRACH

ZAGADKI KOŚCIOŁA W MAKOWIE MAZOWIECKIM

Działania konserwatorskie a odkrywanie historii

Ten tekst o podobnym kształcie ukazał się w „Biuletynie Informacyjnym Konserwatorów Dzieł Sztuki” Vol 3 No 2/9/1992

Wydawnictwo Prywatne Firma Zajązkowska-Kłoda Sp. z o.o. 90-055 Łódź, ul. Nawrot 36/13.

Moje konserwatorskie przygody związane z Makowem Mazowieckim rozpoczęły się w lecie 1988 r., kiedy to otrzymałem od Wojewódzkiego Konserwatora Zabytków z Ostrołęki zlecenie na wykonanie renowacji kamiennego nagrobka Jędrzeja Noskowskiego¹.

¹ Nagrobek Jędrzeja Noskowskiego nie był przedmiotem żadnej monografii. Szersze opracowanie znalazło się tylko w *Katalogu Zabytków Sztuki w Polsce*, tom X zeszyt 7 – *Maków Mazowiecki i okolice* – pod redakcją I. Galickiej i H. Sygietyńskiej, PAN IS, Warszawa 1982, s. 13.

Wzmiankowany jest w publikacjach:

M. Baliński, T. Lipiński, *Starożytna Polska*. Warszawa 1885, ss. 644-645;

I. Wesolek, *Monografia miasta Makowa*. Maków Mazowiecki 1938, s. 27;

A. Gradowska, *Nagrobki renesansowe na Mazowszu*, w: *Rocznik Muzeum Narodowego w Warszawie T. VIII*, Warszawa 1964, s. 238;

I. Galicka, *Między Przasnyszem i Makowem*. „Spotkania z Zabytkami” 1992 nr 3, s. 24.

Maków Mazowiecki jest małym miastem, wyjątkowo korzystnie i ciekawie położonym nad rzeką Orzyc. Na skrzyżowaniu dwóch pradawnych szlaków handlowych z Warszawy do Królewca i z Płocka do Białegostoku i dalej na wschód. Najstarsze ślady osadnictwa pochodzą z XII wieku. Prawa miejskie, na podstawie prawa chełmińskiego Maków otrzymał od księcia mazowieckiego Janusza I Starszego w roku 1421. Miasto kwitło gospodarczo do końca XVI wieku. Przez następne wieki było wielokrotnie niszczone przez działania wojenne (w latach 1655-1657 i 1703 w czasie wojen szwedzkich, podczas wojen napoleońskich, powstań narodowych 1830-1831, 1863, drugiej wojny światowej) oraz przez wyjątkowo dużą ilość wielkich pożarów (m.in. w latach 1624, 1789, 1828, 1850, 1889). Mimo tak korzystnego położenia Maków już nigdy nie odzyskał świetności z okresu wieków XV i XVI².

Jedynym obiektem architektonicznym udowadniającym historyczne znaczenie tego miasta jest kościół parafialny p.w. Bożego Ciała. Parafia została ufundowana na przełomie XIV i XV wieku. Wtedy też wybudowano kościół

² Praca zbiorowa, *Maków Mazowiecki i ziemia makowska*. Warszawa 1984.