

BADANIE STOPNIA DEGRADACJI I STABILIZACJI WYMIAROWEJ MOKREGO DREWNA WYKOPALISKOWEGO

Leszek Babiński

Muzeum Archeologiczne w Biskupinie

Streszczenie. Celem podjętych badań była ocena skuteczności konserwacji mokrego drewna wykopaliskowego wybranymi związkami chemicznymi oraz próba znalezienia zależności pomiędzy stopniem degradacji drewna a stabilnością jego wymiarów po zabiegu impregnacyjnym. Badania wykonywano na archeologicznym drewnie dębowym, wiązowym, sosnowym i jodłowym. Stopień degradacji drewna oceniano na podstawie ubytku substancji drzewnej i zawartości podstawowych składników chemicznych. Próbkę drewna nasycano wodnymi roztworami sacharozy, laktitolu oraz poliglikoli etylenowych (PEG) 300 i 4000. W pracy porównano stopień kurczenia się drewna nieimpregnowanego i odkształcenia drewna modyfikowanego. Przedstawiono zależności pomiędzy wchłonięciem badanych związków chemicznych a stopniem odkształcenia przekroju poprzecznego drewna. Badania wykazały duże zróżnicowanie odkształceń wilgotnościowych drewna iglastego i liściastego oraz istotne różnice w skuteczności konserwacji drewna wykopaliskowego testowanymi impregnatami.

Słowa kluczowe: drewno wykopaliskowe, degradacja, kurczenie się, odkształcenie wilgotnościowe, skład chemiczny, stabilizacja wymiarowa, konserwacja

WPROWADZENIE

Drewniane zabytki wydobywane z mokrych stanowisk archeologicznych wymagają przeprowadzenia wielu ratujących je zabiegów konserwatorskich. Oprócz zabezpieczenia drewna przed dalszym rozkładem biologicznym, podstawowym zadaniem konserwatora jest ograniczenie znacznych odkształceń wilgotnościowych zdegradowanej tkanki drzewnej. Przed rozpoczęciem suszenia drewna jest konieczna jego modyfikacja, polegająca na zastąpieniu przynajmniej części wody – wypełniającej ściany komórkowe i wnętrza komórek – odpowiednim związkiem chemicznym [Barbour 1990, Unger i in. 2001]. Dobór właściwego impregnatu oraz optymalna ilość wchłoniętego środka stabilizującego sprawia, że wymiary i kształt zabezpieczanego obiektu nie ulegną

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Leszek Babiński, Muzeum Archeologiczne w Biskupinie, Dział Konserwacji Muzealiów, Biskupin 17, 88-410 Gąsawa, e-mail: babinski@biskupin.pl

drastycznym zmianom. Wyeliminowane zostaną pęknięcia i deformacje, prowadzące do nieodwracalnego zniszczenia zabytku. Błędna ocena stanu zachowania mokrego drewna archeologicznego oraz niewłaściwy dobór impregnatu lub parametrów do przeprowadzanego zabiegu, mogą powodować poważne następstwa wywołane wysychaniem i kurczeniem się drewna.

Zakres i rodzaj uszkodzeń, wywołanych brakiem konserwacji zabytku, w dużej mierze zależą od stopnia destrukcji drewna. W wielu ośrodkach konserwatorskich stopień zaawansowania rozkładu zabytkowego materiału archeologicznego i wybór metody jego stabilizacji wymiarowej uzależnia się od wilgotności maksymalnej drewna. Taki sposób oceny degradacji tkanki drzewnej, a w konsekwencji ustalania parametrów procesu konserwatorskiego, budzi wiele zastrzeżeń – szczególnie w wypadku porównywania różnych rodzajów drewna.

W dotychczasowych badaniach nad stabilizacją wymiarów drewna wykopaliskowego skupiano się na konserwacji drewna dębowego i wykorzystaniu wybranej grupy środków impregnacyjnych – głównie poliglikoli etylenowych [Dzbeński 1974, Hoffmann 1985, 1986, 1988]. Poza badaniami drewna pochodzącego z obszaru wschodniej Azji [Hoffmann 1990, Imazu i Morgós 1997], mniejszą uwagę poświęcono iglastym rodzajom drewna.

Celem pracy było znalezienie skutecznych sposobów stabilizacji wymiarowej mokrego drewna wykopaliskowego. Podjęto także próbę określenia relacji pomiędzy stopniem destrukcji zabytkowej tkanki drzewnej, jej odkształceniami a rodzajem i ilością impregnatu wprowadzanego do drewna w procesie konserwatorskim. Poznanie tych zależności pozwoli na podejmowanie optymalnych decyzji dotyczących sposobu konserwacji mokrego drewna archeologicznego.

MATERIAŁY I METODYKA

Drewno

Badania przeprowadzono na drewnie dębu (*Quercus* sp.), wiązu (*Ulmus* sp.), sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) i jodły (*Abies alba* Mill.). Próbki pobierano z elementów konstrukcyjnych chat z XI-XII wieku odkrytych w Szczecinie (drewno liściaste) oraz drewnianej instalacji wodociągowo-kanalizacyjnej z XIV wieku, znalezionej w Krośnie (drewno iglaste). Wybór rodzajów i gatunków drewna był podyktowany częstym ich występowaniem w czasie prac archeologicznych prowadzonych na mokrych stanowiskach w Europie Środkowej. Ważnym powodem była również niewielka ilość badań, wykonywanych dotychczas na wykopaliskowym drewnie wiązu, sosny i jodły.

Impregnaty

Drewno wykopaliskowe modyfikowano sacharozą, laktitolem, poliglikolem etylenowym 300 (PEG 300) i poliglikolem etylenowym 4000 (PEG 4000). Przydatność wykorzystywanych związków chemicznych oceniano wcześniej w ograniczonym zakresie – szczególnie w wypadku drewna iglastego. W celu zabezpieczenia drewna i testowanych impregnatów przed rozkładem biologicznym, w czasie nasycania próbek do roztworów dodawano Kemobicide DP 3 (preparat na bazie pochodnych izotiazolowych).

Opis części doświadczalnej

Stopień degradacji drewna określano na podstawie jego wilgotności maksymalnej, gęstości umownej, ubytku substancji drzewnej oraz zawartości podstawowych składników chemicznych: holocelulozy (wg Hassa), celulozy (wg Seiferta), pentozanów (wg Tollensa), ligniny (metodą TAPPI) i zawartości związków mineralnych (popiołu) [Prosiński 1984]. Wilgotność maksymalną drewna określano po jego kilkukrotnym nasyceniu wodą metodą próżniową, natomiast ubytek substancji drzewnej (ubytek masy) obliczano według wzoru podanego przez Grattana i Mathiasa [1986]:

$$U = \frac{d_{u(W)} - d_{u(A)}}{d_{u(W)}} \times 100$$

gdzie: U – ubytek substancji drzewnej (ubytek masy), %,
 $d_{u(W)}$ – gęstość umowna drewna współczesnego, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
 $d_{u(A)}$ – gęstość umowna drewna archeologicznego, $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$.

Badanie odkształceń wilgotnościowych drewna przeprowadzano na próbkach o wymiarach $50 \times 50 \times 10$ mm (± 1 mm) (T×R×L), w które wbijano 4 stalowe szpilki. Odkształcenie drewna niemodyfikowanego przedstawiano jako stopień zmniejszenia się wymiarów drewna w wyniku jego wysuszenia od stanu maksymalnego przesylenia wodą do stanu wilgotności równowagowej drewna, przy względnej wilgotności powietrza (RH) $44 \pm 5\%$ i temperaturze $20 \pm 2^\circ\text{C}$ (stopień częściowego kurczenia się drewna) lub do stanu całkowicie suchego (stopień całkowitego kurczenia się drewna). Stopnie częściowego i całkowitego kurczenia się drewna nieimpregnowanego określano w kierunkach stycznym, promieniowym i wzdłużnym, posługując się wzorem:

$$\beta = \frac{l_0 - l_1}{l_0} \times 100$$

gdzie: β – stopień (częściowego lub całkowitego) kurczenia się drewna w kierunku liniowym, %,
 l_0 – początkowy wymiar drewna (w stanie maksymalnego nasycenia wodą), mm,
 l_1 – końcowy wymiar drewna (uzyskany po osiągnięciu wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C lub po wysuszeniu drewna do absolutnie suchej masy), mm.

Do określania stopnia kurczenia się drewna stosowano po 4 próbki. Pomiary wykonywano suwmiarką z dokładnością do 0,01 mm. Na każdej próbce przeprowadzano po dwa pomiary w kierunku stycznym i promieniowym. Stopień (częściowego i całkowitego) kurczenia się drewna w kierunkach liniowych przedstawiano jako średnią arytmetyczną z 8 wartości.

Stopień kurczenia się przekroju poprzecznego drewna nieimpregnowanego obliczano na podstawie średnich stopni kurczenia się drewna w kierunkach stycznym i promieniowym, według wzoru:

$$\beta_{CS} = 100 - \frac{(100 - \beta_T)(100 - \beta_R)}{100} = \beta_T + \beta_R - \frac{\beta_T \beta_R}{100}$$

gdzie: β_{CS} – stopień kurczenia się przekroju poprzecznego drewna, %,

β_T – stopień kurczenia się drewna w kierunku stycznym, %,

β_R – stopień kurczenia się drewna w kierunku promieniowym, %.

Mokre próbki impregnowano metodą kąpieli w wodnych roztworach sacharozy, laktitolu, PEG 300 i PEG 4000 – od stężenia 10% do 30, 40, 50, 60 i 70%. W czasie impregnacji stężenia roztworów podwyższano co tydzień o 10%. Temperatura 10-50-procentowych roztworów wynosiła około 18°C, a 60 i 70-procentowych roztworów 50±2°C. Część próbek nasycono dwuetapowo – najpierw 10-50-procentowymi roztworami PEG 300, a następnie 60- oraz 70-procentowymi roztworami PEG 4000 (metoda PEG 300/PEG 4000) [Hoffmann 1986]. Dla każdego wariantu stabilizacji nasycono po 4 próbki. Po impregnacji drewno suszono do stałej masy w powietrzu o wilgotności względnej wynoszącej 44±5% i temperaturze 20±2°C. Część próbek nasyconych laktitolem, przed klimatyzacją w podanych warunkach, suszono najpierw przez 24 h w temperaturze 50±2°C (metoda L-50) – według zaleceń podanych przez Imazu i Morgósa [1997].

Stabilność wymiarów modyfikowanego drewna – w stosunku do jego wymiarów przed konserwacją (w stanie maksymalnego spęcznienia) – określano bezpośrednio po impregnacji oraz po osiągnięciu wilgotności równowagowej (przy RH = 44±5% i T = 20±2°C). Odształcenia próbek wyrażano posługując się stopniami odształcenia drewna β w kierunku stycznym, promieniowym i przekroju poprzecznego – obliczanymi według wzorów stosowanych do obliczania stopnia kurczenia się drewna nieimpregnowanego (gdy nastąpiło spęcznienie drewna – w stosunku do wymiarów przed impregnacją – stopień odształcenia przyjmował wartość ujemną).

Skuteczność przeprowadzonego zabiegu konserwatorskiego oceniano także na podstawie wskaźnika stabilizacji wymiarowej przekroju poprzecznego drewna (ASE_{CS}) (anti-shrink efficiency), obliczanego według wzoru:

$$ASE_{CS} = \frac{\beta_0 - \beta_1}{\beta_0} \times 100$$

gdzie: ASE_{CS} – wskaźnik stabilizacji wymiarowej przekroju poprzecznego drewna, %,

β_0 – stopień częściowego kurczenia się przekroju poprzecznego drewna nieimpregnowanego, %,

β_1 – stopień odształcenia przekroju poprzecznego drewna impregnowanego, wysuszonego przy RH = 44% i T = 20°C, %.

Ilość wchłoniętego impregnatu (wchłonięcie) przedstawiano jako procentowy stosunek masy wchłoniętego środka modyfikującego do absolutnie suchej masy drewna.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Stopień degradacji drewna

W tabeli 1 podano podstawowe cechy makroskopowe i fizyczne właściwości badanego drewna wykopaliskowego. Wilgotność maksymalna – wykorzystywana w wielu ośrodkach konserwatorskich – nie może być stosowana do porównywania stopni degradacji różnych rodzajów drewna, charakteryzujących się różną gęstością i porowatością materiału niezdegradowanego. Uznano, że do oceny zaawansowania rozkładu tkanki drzewnej

Tabela 1. Podstawowe cechy makroskopowe i wybrane właściwości fizyczne drewna wykopaliskowego*

Table 1. Basic macroscopic characteristics and selected physical properties of archaeological wood*

Cecha – Właściwość Feature – Property	Dąb Oak	Wiąz Elm	Sosna Pine	Jodła Fir
Szerokość przyrostów rocznych, mm Width of annual rings, mm	0,92	2,62	1,26	1,47
Udział drewna późnego, % Percentage of latewood, %	63,53	68,31	27,87	39,72
Wilgotność maksymalna, % Maximum moisture content, %	143	443	473	263
Gęstość umowna, kg m ⁻³ Conventional density, kg m ⁻³	480	200	190	300
Ubytek substancji drzewnej, % Loss of wood substance, %	15,8	64,3	55,8	16,7

*W tabeli podano wartości średnie.

*The table gives average values.

zdecydowanie lepszym wskaźnikiem jest ubytek substancji drzewnej (ubytek masy), zaproponowany przez Grattana i Mathiasa [1986]. Na jego podstawie stwierdzono porównywalny stopień rozkładu drewna dębu (15,8%) i jodły (16,7%) oraz daleko bardziej zaawansowaną degradację drewna sosny (55,8%), a w dalszej kolejności drewna wiązu (64,3%).

W środowisku konserwatorów zabytków panuje przekonanie, że wraz ze wzrostem stopnia degradacji wzrasta kurczenie się drewna. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono duże zróżnicowanie stopni kurczenia się drewna liściastego i iglastego (tab. 2). Stopnie całkowitego kurczenia się drewna liściastego były około dwu- (dąb)

Tabela 2. Stopnie częściowego i całkowitego kurczenia się drewna wykopaliskowego*

Table 2. Degrees of partial and total shrinkage of archaeological wood*

Stopień kurczenia się drewna Shrinkage degree of wood	Dąb Oak	Wiąz Elm	Sosna Pine	Jodła Fir
w kierunku stycznym, % in tangential direction, %	14,2 (16,6)	21,3 (24,2)	5,8 (7,7)	7,3 (10,1)
w kierunku promieniowym, % in radial direction, %	7,0 (8,8)	11,8 (13,5)	2,0 (3,3)	3,2 (4,8)
w kierunku wzdłużnym, % in longitudinal direction, %	0,5 (0,7)	2,1 (3,1)	2,4 (2,8)	0,2 (0,4)
przekroju poprzecznego, % cross-section, %	20,2 (24,0)	30,6 (34,4)	7,7 (10,7)	10,3 (14,5)

*Stopnie całkowitego kurczenia się drewna podano w nawiasach.

*Degrees of total shrinkage of wood are given in brackets.

lub trzykrotnie (wiąz) większe od kurczenia się drewna współczesnego. Wyniki te potwierdzają związek pomiędzy stopniem degradacji a stopniem kurczenia się drewna wykopaliskowego. Z kolei stopnie kurczenie się drewna sosny i jodły – niewiele różniące się od skurczu drewna niezdegradowanego – tezie tej zdecydowanie zaprzeczają. Uwagę zwracają stosunkowo niewielkie stopnie całkowitego kurczenia się drewna sosny (7,7% w kierunku stycznym i 3,3% w kierunku promieniowym), którego stan zachowania można niemal porównać z degradacją drewna wiązu. Takie same zależności odnotowano także w wypadku stopni częściowego kurczenia się drewna archeologicznego. Z przyjętymi wcześniej stopniami zaawansowania rozkładu tkanki drzewnej zdecydowanie bardziej koresponduje stopień całkowitego kurczenia się drewna w kierunku wzdłużnym. Dla drewna mniej zdegradowanego (dąb, jodła), wskaźnik ten pozostawał na poziomie kurczenia się materiału współczesnego, wyraźnie wzrastając wraz z postępującym rozkładem tkanki drzewnej (do 2,8% dla drewna sosny i 3,1%, dla drewna wiązu (tab. 2).

Zawartości podstawowych chemicznych składników drewna wykopaliskowego zestawiono w tabeli 3. W tabeli podano skład chemiczny w odniesieniu do suchej masy drewna zdegradowanego oraz w stosunku do pierwotnej masy tkanki drzewnej (przed rozkładem), określonej na podstawie ubytku substancji drzewnej (ubytku masy). Dopiero w drugim wypadku jest możliwe porównywanie składu chemicznego badanego materiału z zawartością podstawowych składników chemicznych w zdrowym drewnie współczesnym. Wyniki analizy chemicznej wykazują duże zróżnicowanie podstawowego składu chemicznego poszczególnych rodzajów drewna, świadczące o różnych stopniach

Tabela 3. Skład chemiczny drewna wykopaliskowego*
Table 3. Chemical composition of archaeological wood*

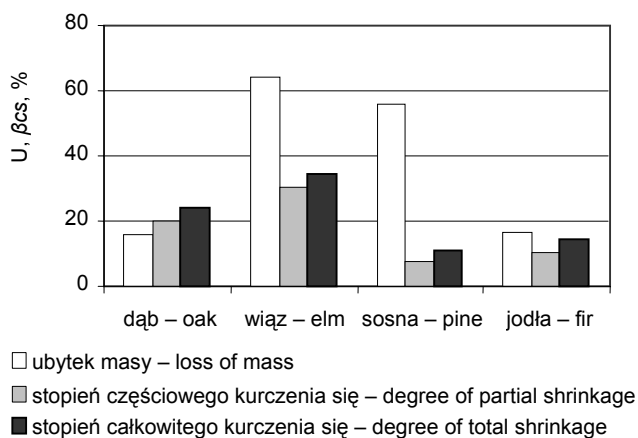
Składnik drewna Wood component	Dąb Oak	Wiąz Elm	Sosna Pine	Jodła Fir
Holoceluloza Holocellulose	61,6 (51,9)	40,4 (14,4)	42,6 (18,8)	56,5 (47,1)
Celuloza Cellulose	45,5 (38,3)	29,0 (10,4)	36,8 (16,3)	45,7 (38,1)
Pentozany Pentosans	16,1 (13,6)	7,5 (2,7)	10,9 (4,8)	9,0 (7,5)
Lignina Lignin	30,3 (25,5)	51,5 (18,4)	51,8 (22,9)	32,9 (27,4)
Związki mineralne (popiół) Mineral components (ash)	1,9 (1,6)	2,0 (0,7)	2,2 (1,0)	1,0 (0,8)

*Skład chemiczny drewna wyrażony w procentach absolutnie suchej masy drewna zdegradowanego oraz w procentach absolutnie suchej masy drewna przed degradacją (wartości podane w nawiasach, będące iloczynem wartości wyrażonej w procentach absolutnie suchej masy drewna zdegradowanego i wskaźnika: 1 – ubytek substancji drzewnej/100).

*Chemical composition of wood given as percentage of oven-dry mass of degraded wood as well as percentage of oven-dry mass of wood before degradation (values given in brackets as results of multiplication of the percentage based on oven-dry mass of degraded wood and index: 1 – loss of wood substance/100).

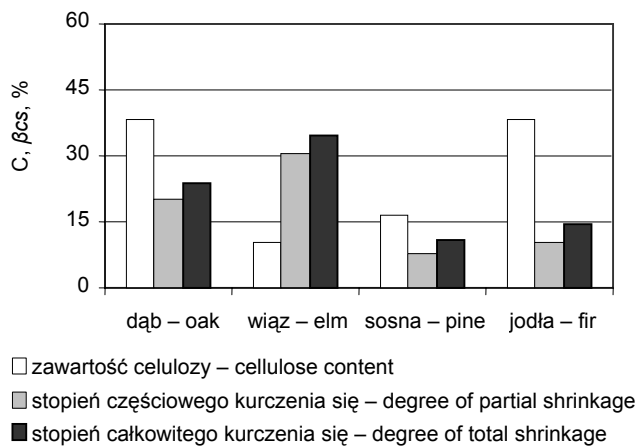
degradacji badanego materiału. Udział popiołu w drewnie archeologicznym wahał się w przedziale 1,0-2,2% suchej masy materiału zdegradowanego. Mała zawartość związków mineralnych nie miała zatem dużego wpływu na prezentowane wcześniej wartości wilgotności maksymalnej i gęstości umownej, a w konsekwencji na zawartości podstawowych składników chemicznych drewna – wyrażone w procentach suchej masy tkanki niezdegradowanej. Na podstawie otrzymanych wyników (tab. 3) można stwierdzić, że najsilniej zdegradowane było drewno wiązu, w którym zawartość celulozy wynosiła zaledwie 10,4% s.m. materiału przed degradacją (tj. około 4-krotnie mniej niż w zdrowym drewnie współczesnym). Jeszcze większy rozkład odnotowano w wypadku pentozanów (2,7% s.m. materiału przed degradacją). W drewnie wiązu zaobserwowano także wyraźne początki rozkładu ligniny, której udział wynosił 18,4%. Uwzględniając różnice w składzie chemicznym zdrowego drewna liściastego i iglastego, rozkład wykopaliskowego drewna sosny sklasyfikowano na podobnym poziomie jak degradację drewna wiązu. Niemniej, zawartości głównych komponentów strukturalnych w drewnie sosny były wyraźnie wyższe (16,3% celulozy, 4,8% pentozanów, 22,9% ligniny). Zdecydowanie lepiej zachowane było drewno dębu i jodły. Stopnie degradacji obydwu rodzajów drewna pozostawały na porównywalnym poziomie. Taką samą kolejność zaawansowania rozkładu badanego drewna przyjęto wcześniej na podstawie ubytku substancji drzewnej (tab. 1). Nie oznacza to jednak, że wraz z rozkładem tkanki drzewnej następuje wzrost stopnia kurczenia się drewna – zwłaszcza w wypadku drewna iglastego. Na rysunkach 1 i 2 porównano ubytki masy i stopnie kurczenia się drewna oraz zawartości celulozy i stopnie kurczenia się drewna.

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że w drewnie wykopaliskowym w pierwszej kolejności następowała degradacja układu polisacharydowego, a następnie bardziej odpornej ligniny. Taką kolejność rozkładu przedstawiają zależności pomiędzy ubytkiem masy a zawartościami podstawowych składników strukturalnych drewna prezentowane na rysunkach 3 i 4 oraz zależność pomiędzy ubytkiem holocelulozy

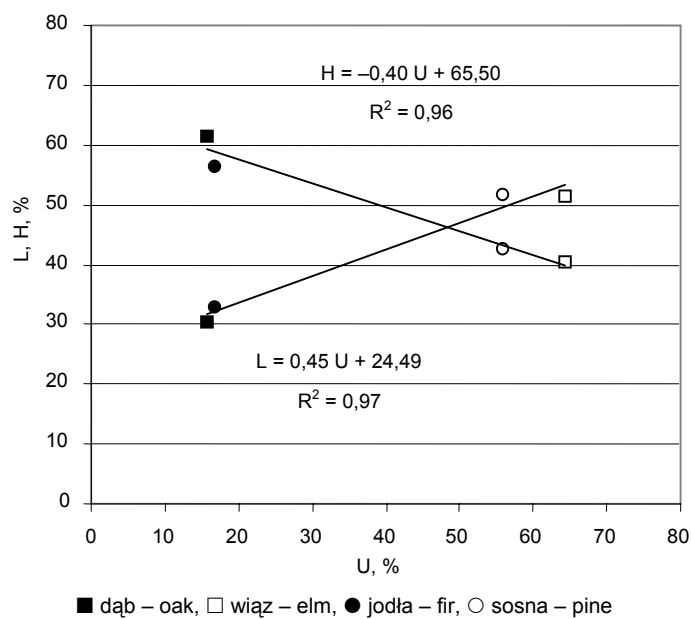


Rys. 1. Ubytek masy (U) a stopień kurczenia się przekroju poprzecznego (β_{cs}) drewna wykopaliskowego

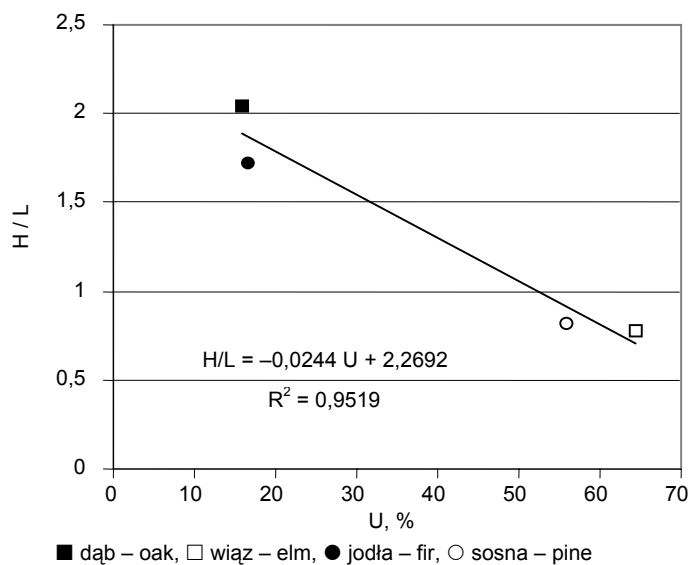
Fig. 1. Loss of mass (U) and a degree of cross-section shrinkage (β_{cs}) of archaeological wood



Rys. 2. Zawartość celulozy (C) a stopień kurczenia się przekroju poprzecznego (β_{cs}) drewna wykopaliskowego
 Fig. 2. Cellulose content (C) and a degree of cross-section shrinkage (β_{cs}) of archaeological wood

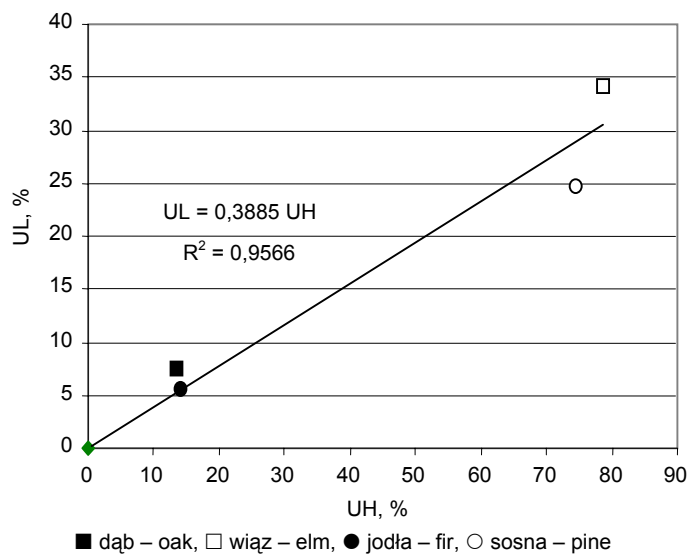


Rys. 3. Zależność pomiędzy ubytkiem masy (U) a zawartością holocelulozy (H) i zawartością ligniny (L) w drewnie wykopaliskowym
 Fig. 3. Correlation between loss of mass (U), holocellulose content (H) and lignin content (L) in archaeological wood



Rys. 4. Zależność pomiędzy ubytkiem masy (U) a stosunkiem zawartości holocelulozy do zawartości ligniny (H/L) w drewnie wykopaliskowym

Fig. 4. Correlation between loss of mass (U) and a ratio of holocellulose content to lignin content (H/L) in archaeological wood



Rys. 5. Zależność pomiędzy ubytkiem holocelulozy (UH) a ubytkiem ligniny (UL) w drewnie wykopaliskowym

Fig. 5. Correlation between holocellulose loss (UH) and lignin loss (UL) in archaeological wood

Tabela 4. Stosunki zawartości holocelulozy (H) do zawartości ligniny (L) w drewnie archeologicznym i współczesnym

Table 4. Ratios of holocellulose content (H) to lignin content in archaeological and contemporary wood

Materiał Material	Stosunek H/L – Ratio HL			
	Dąb Oak	Wiąz Elm	Sosna Pine	Jodła Fir
Drewno archeologiczne Archaeological wood	2,04	0,78	0,82	1,72
Drewno współczesne Contemporary wood	2,17	2,42	2,41	1,89

a ubytkiem ligniny przedstawiona na rysunku 5 (ubytki zawartości holocelulozy i ligniny obliczano w odniesieniu do zawartości obydwu składników w zdrowym drewnie współczesnym, o podobnej szerokości przyrostów rocznych i udziale drewna późnego). Dla bardziej zdegradowanego materiału (sosna, wiąz) stosunek zawartości holoceluloza/lignina był około trzykrotnie mniejszy niż w zdrowym drewnie współczesnym (tab. 4). Świadczy to jednoznacznie o wyższym stopniu rozkładu układu polisacharydowego. Przeprowadzoną ocenę zaawansowania degradacji drewna wykopaliskowego potwierdzają także wcześniejsze badania mikroskopowe [Babiński i in. 2002 a, b].

Odształcenia drewna

Pomiary przeprowadzone bezpośrednio po impregnacji wykazały, że odształcenia próbek wystąpiły już w czasie nasycania drewna. Zmiany wymiarów dobrze zachowanego drewna dębowego i jodłowego, po impregnacji sacharozą, laktitolem i PEG 300, były stosunkowo niewielkie. Stopnie odształcenia drewna w kierunkach stycznym i promieniowym wahały się od $-0,2\%$ (spęcznienie) do $0,2\%$ (skurczenie), a w wypadku przekroju poprzecznego zawierały się w przedziale $-0,5-0,3\%$. Nie stwierdzono wyraźnej zależności zmian wymiarów drewna od końcowego stężenia roztworu nasycającego. Uznano, że niewielkie stopnie odształcenia drewna dębu i jodły mogą mieścić się w granicach błędów pomiaru. Z kolei po nasyceniu drewna większymi cząsteczkami PEG 4000 – zarówno w wariantcie jednostopniowym, jak i w metodzie dwustopniowej (PEG 300/PEG 4000) – stwierdzono wyraźne kurczenie się próbek. Stopień odształcenia drewna dębowego w kierunku stycznym dochodził wówczas do $0,9\%$, a w wypadku drewna jodły nie przekraczał $0,6\%$. Większe zróżnicowanie wyników obserwowano po impregnacji silnie zdegradowanego drewna wiązu. O ile zmiany wymiarów próbek nasyconych mniej stężonymi (30-50%) roztworami sacharozy lub laktitolu były jeszcze porównywalne do odształceń odnotowanych w drewnie dębu i jodły, to impregnacja bardziej zateżonymi roztworami (60 i 70%) powodowała wyraźne spęcznienie tkanki drzewnej. Po nasyceniu próbek laktitolem, stopień odształcenia przekroju poprzecznego drewna wiązowego dochodził do $-1,6\%$, a po impregnacji sacharozą do $-1,8\%$. Jeszcze większe spęcznienie odnotowano po impregnacji PEG 300. Stopień odształcenia przekroju poprzecznego narastał wówczas wraz ze wzrostem koncentracji impregnatu do wartości $-3,6\%$, po nasyceniu próbek roztworem 70-procentowym. W istotny sposób nie zmieniały się za to wymiary drewna wiązu po nasyceniu PEG 4000. Z kolei dla podobnie

zdegradowanego drewna sosnowego – niezależnie od impregnatu i stężenia – stopień odkształcenia przekroju poprzecznego wahał się w zakresie $-0,1-0,6\%$.

Zdecydowanie większe odkształcenia wilgotnościowe odnotowywano po wysuszeniu zaimpregnowanego materiału wykopaliskowego do wilgotności równowagowej przy względnej wilgotności powietrza 44% i w temperaturze 20°C . Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 5. Wskaźniki stabilizacji wymiarowej ASE_{CS} konserwowanego drewna archeologicznego przedstawiono na rysunkach 6-9. Dla dobrze zachowanego drewna dębowego (o stopniu częściowego kurczenia się przekroju poprzecznego $\beta_{CS} = 20,2\%$), najmniejsze zmiany wymiarów odnotowano po impregnacji 50-70-procentowymi roztworami PEG 300. Stopień odkształcenia przekroju poprzecznego wynosił wówczas poniżej 1% , a wskaźniki ASE_{CS} osiągnęły najwyższe wartości (rys. 6). Po nasyceniu drewna dębu sacharozą lub laktitolem, których wielkość cząsteczek jest porównywalna do cząsteczki PEG 300, badane odkształcenie było co najmniej 5-krotnie większe. Jeszcze gorsze rezultaty odnotowano po nasyceniu drewna dębu PEG 4000. W najlepszym wariacie impregnacji β_{CS} wynosił około 7% , a wskaźnik ASE_{CS} nie przekraczał 66% . Największe odkształcenia drewna dębowego wystąpiły wtedy, gdy końcowe stężenia roztworów impregnujących były najmniejsze. W zależności od użytego impregnatu, stopień odkształcenia przekroju poprzecznego zawierał się wówczas w przedziale $8-12,5\%$.

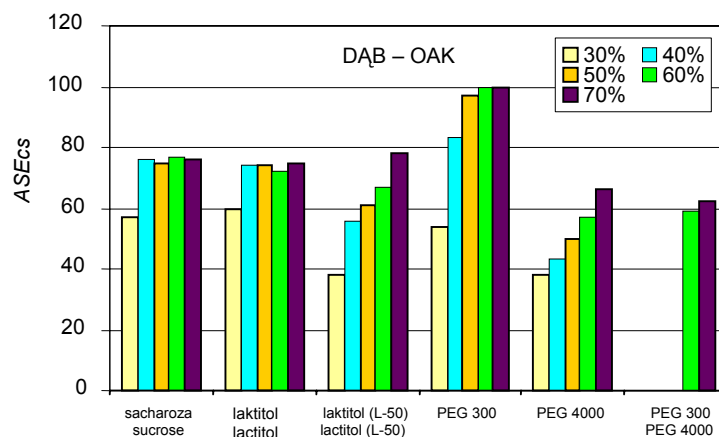
Zmiany wymiarów impregnowanego i wysuszonego drewna jodłowego były zdecydowanie mniejsze od odkształceń wilgotnościowych porównywalnie zachowanego drewna dębu, natomiast wskaźniki stabilizacji wymiarowej wyraźnie wyższe. Podobnie jak w wypadku drewna dębowego, drewno jodłowe z najlepszym skutkiem stabilizowano PEG 300. Odnotowywano wówczas tylko nieznaczne odkształcenia β_{CS} , dochodzące do $0,5\%$. W większym stopniu zmieniały się za to wymiary próbek impregnowanych sacharozą lub laktitolem. Niemniej, zmiany te były wyraźnie mniejsze (a wskaźniki ASE_{CS} zdecydowanie wyższe) niż miało to miejsce w wypadku drewna dębowego. Stopień odkształcenia przekroju poprzecznego drewna jodły zawierał się wtedy w przedziale od około $1-3\%$, a stabilność wymiarów była lepsza niż drewna dębu nasyconego tymi samymi związkami. Wskaźnik ASE_{CS} dochodził wtedy do około 90% (rys. 9). Jednocześnie, niezależnie od końcowej koncentracji PEG 300, sacharozy lub laktitolu, drewno jodły odkształcało się na porównywalnym poziomie we wszystkich niemal wariantach stężeń. Fakt ten ma istotne znaczenie ze względu na możliwość zmniejszenia zużycia impregnatu stosowanego w procesie konserwatorskim. Najgorsze wyniki – podobnie jak dla drewna dębu – uzyskano po nasyceniu drewna jodłowego PEG 4000 (metodą jednostopniową i metodą PEG 300/PEG 4000). O ile jednak stabilność wymiarów drewna dębowego ulegała poprawie wraz ze wzrostem stężenia polimeru, w wypadku drewna jodłowego odnosiło to skutek odwrotny.

Dla najbardziej zdegradowanego drewna wiązu, najlepszą stabilność wymiarów osiągnięto po impregnacji próbek 70-procentowym roztworem sacharozy lub laktitolu (metoda L-50). Stopnie odkształcenia przekroju poprzecznego nie przekraczały 1% (przy ponad 30-procentowym stopniu kurczenia się próbek nieimpregnowanych). Z kolei wskaźniki ASE_{CS} wynosiły odpowiednio: 97 i 99% (rys. 7). Analizując uzyskane wyniki należy jednak pamiętać, że drewno to w czasie impregnacji sacharozą, laktitolem lub PEG 300 spęczniało bardziej niż pozostałe rodzaje. Nasycenie laktitolem i suszenie w temperaturze pokojowej powodowało powstawanie dużych, uwodnionych kryształów alkoholu i silne spęcznienie zdegradowanej tkanki drzewnej. Stopień odkształcenia β_{CS}

Tabela 5. Porównanie stopni częściowego kurczenia się nieimpregnowanego drewna wykopaliskowego i stopni odkształcenia w kierunku stycznym (β_T) i promieniowym (β_R) oraz przekroju poprzecznego (β_{CS}) drewna impregnowanego wysuszonego do wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C

Table 5. Comparison of degrees of partial shrinkage of non-impregnated archaeological wood and degrees of tangential (β_T), radial (β_R) and cross-section (β_{CS}) strain of impregnated wood dried to equilibrium moisture content at RH = 44% and T = 20°C

Impregnat i stężenie końcowe Impregnant and final concentration		Dąb Oak			Wiąz Elm			Sosna Pine			Jodła Fir		
		β_T	β_R	β_{CS}	β_T	β_R	β_{CS}	β_T	β_R	β_{CS}	β_T	β_R	β_{CS}
Drewno nieimpregnowane Non-impregnated wood		14,2	7,0	20,2	21,3	11,8	30,6	5,8	2,0	7,7	7,3	3,2	10,3
Sacharoza Sucrose	30%	6,3	2,6	8,7	4,5	1,2	5,7	0,4	0,2	0,7	1,3	0,2	1,4
	40%	3,5	1,5	4,9	2,8	1,3	4,1	0,4	0,1	0,6	1,1	0,3	1,3
	50%	3,5	1,5	5,0	2,8	0,6	3,4	0,2	0,0	0,2	1,0	0,3	1,3
	60%	3,4	1,3	4,7	1,1	0,2	1,3	0,7	0,2	0,9	1,1	0,2	1,3
	70%	3,3	1,6	4,9	0,6	0,2	0,9	0,6	0,3	0,9	1,1	0,4	1,5
Laktitol Lactitol	30%	5,9	2,2	8,0	4,9	1,9	6,7	1,1	0,7	1,7	1,8	0,7	2,5
	40%	3,7	1,5	5,2	1,3	1,4	2,7	0,9	0,4	1,3	1,7	0,9	2,6
	50%	3,7	1,6	5,3	0,8	0,7	1,5	0,4	0,2	0,6	1,9	1,0	2,9
	60%	3,7	2,1	5,7	-1,3	-0,8	-2,1	0,2	0,4	0,5	1,2	0,9	2,1
	70%	3,1	1,9	5,0	-5,8		-5,4	0,9	0,6	1,5	1,6	1,2	2,8
Laktitol (L-50) Lactitol (L-50)	30%	8,7	4,1	12,5	7,9	3,9	11,4	0,4	0,0	0,4	2,0	0,6	2,6
	40%	6,5	2,5	8,9	5,3	1,6	6,9	0,2	0,2	0,4	1,2	0,1	1,3
	50%	5,7	2,2	7,8	4,7	1,0	5,8	0,3	0,1	0,3	0,9	0,1	1,0
	60%	4,9	1,8	6,6	2,7	0,2	2,9	0,2	0,0	0,2	0,9	-0,1	0,8
	70%	3,1	1,5	4,5	0,2	0,1	0,3	0,5	0,4	0,9	0,9	0,3	1,2
PEG 300	30%	7,2	2,3	9,3	6,3		9,4	0,0	0,2	0,2	0,0	0,1	0,2
	40%	2,8	0,6	3,4	2,0	1,2	3,1	-0,2	0,0	-0,2	-0,2	0,1	-0,1
	50%	0,5	0,2	0,6	1,0	1,3	2,3	-0,2	0,3	0,1	-0,4	0,1	-0,3
	60%	-0,2	0,1	-0,1	-0,7	0,0	-0,7	-0,3	0,4	0,1	-0,4	-0,1	-0,5
		-0,2	0,1	-0,1	-2,6	-0,5	-3,2	-0,3	0,3	0,0	-0,4	0,1	-0,3
PEG 4000	30%	9,2	3,7	12,5	11,3	6,4	17,0	2,3	0,9	3,2	2,9	0,8	3,7
	40%	8,8	3,1	11,6	6,6	2,8	9,2	3,7	1,6	5,3	3,4	1,3	4,7
	50%	7,6	2,8	10,2	5,7	2,8	8,3	3,9	1,7	5,6	4,3	1,8	6,1
	60%	6,5	2,3	8,6		2,5	7,7	5,0	2,6	7,6	4,4	2,1	6,4
	70%	4,9	2,0	6,9	4,9	2,2	7,0	5,2	2,2	7,3	4,1	1,6	5,7
PEG 300/ PEG 4000	60%	5,9	2,4	8,2	3,5	1,5	4,9	4,4	2,2	6,4	2,9	1,0	3,9
	70%	5,6	2,3	7,7		2,6	9,4	4,3	3,3	7,5	4,2	2,5	6,6

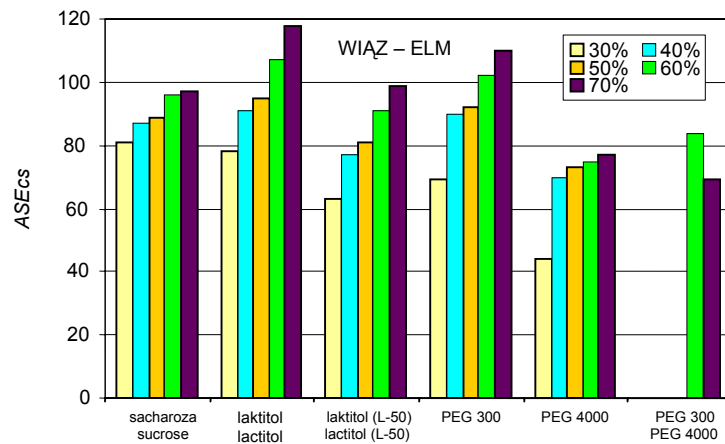


Rys. 6. Wskaźniki stabilizacji wymiarowej przekroju poprzecznego (ASE_{CS}) drewna dębu nasyconego 30-70-procentowymi roztworami badanych impregnatów i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy $RH = 44\%$ i $T = 20^{\circ}C$

Fig. 6. Anti-shrink efficiency of cross-section (ASE_{CS}) of oak wood treated with 30-70% solutions of the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at $RH = 44\%$ and $T = 20^{\circ}C$

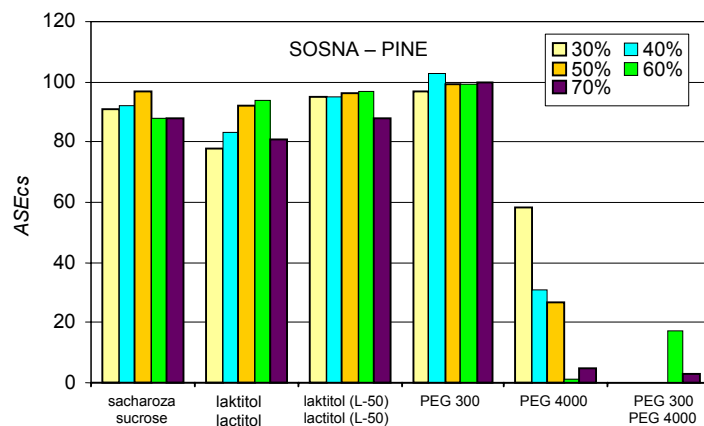
osiągnął wówczas nawet $-5,4\%$. Po nasyceniu PEG 300 drewno wiązu, tak jak drewno dębowe i jodłowe, wyraźnie spęczniało. Obserwowane odkształcenie było jednak zdecydowanie większe ($\beta_{CS} = -3,2\%$ po impregnacji 70-procentowym PEG 300), co mogło być dodatkowo spowodowane spęcznieniem drewna jeszcze w czasie jego impregnacji. Podobnie jak dla związków o mniejszej cząsteczce (sacharoza, laktitol, PEG 300), po nasyceniu drewna wiązowego PEG 4000 wskaźniki stabilizacji wymiarowej zwiększały się wraz ze wzrostem końcowego stężenia roztworu. Niemniej, rezultaty uzyskane po wprowadzeniu PEG 4000 były zdecydowanie najgorsze (β_{CS} 7-17%) (tab. 5).

Dla drewna sosnowego, stabilizowanego najbardziej stężonym roztworem sacharozy lub laktitolu, stopień odkształcenia przekroju poprzecznego β_{CS} wynosił poniżej 1%. Co ciekawe, drewno sosnowe kurczyło się na porównywalnym poziomie także po nasyceniu bardziej rozcieńczonymi roztworami obydwu impregnatów. Nie mniejsze były również jego wskaźniki ASE_{CS} (rys. 8). Nieco lepsze rezultaty uzyskano po modyfikacji przeprowadzonej PEG 300. W wypadku wszystkich testowanych stężeń, wymiary próbek uległy niewielkim zmianom (ASE_{CS} około 100%). Najgorszy skutek powodowało nasycanie drewna sosny PEG 4000. Badane odkształcenie narastało wówczas wraz ze wzrostem koncentracji polimeru – podobnie jak odkształcenie drewna jodły a odwrotnie jak drewna wiązu. Podobne tendencje obserwował Hoffmann [1990] po impregnacji drewna *Pinus massoniana*. Stopnie odkształcenia przekroju poprzecznego, odnotowane po nasyceniu próbek sosnowych 60 i 70-procentowymi roztworami PEG 4000 (wynoszące odpowiednio 7,6% i 7,3%) były porównywalne do wartości uzyskanej dla drewna nieimpregnowanego (7,7%). Wykorzystywane w badaniach wskaźniki stabilizacji wymiarowej osiągnęły wtedy wartości najniższe. Na podobnym poziomie kształtowały się również wskaźniki ASE_{CS} dla próbek nasyconych metodą PEG 300/PEG 4000.



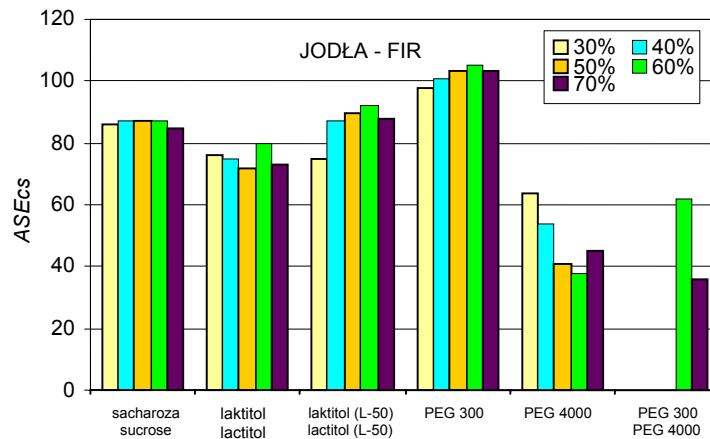
Rys. 7. Wskaźniki stabilizacji wymiarowej przekroju poprzecznego (*ASEcs*) **drewna wiązu** nasyconego 30-70-procentowymi roztworami badanych impregnatów i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C

Fig. 7. Anti-shrink efficiency of cross-section (*ASEcs*) of **elm wood** treated with 30-70% solutions of the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at RH = 44% and T = 20°C



Rys. 8. Wskaźniki stabilizacji wymiarowej przekroju poprzecznego (*ASEcs*) **drewna sosny** nasyconego 30-70-procentowymi roztworami badanych impregnatów i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C

Fig. 8. Anti-shrink efficiency of cross-section (*ASEcs*) of **pine wood** treated with 30-70% solutions of the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at RH = 44% and T = 20°C

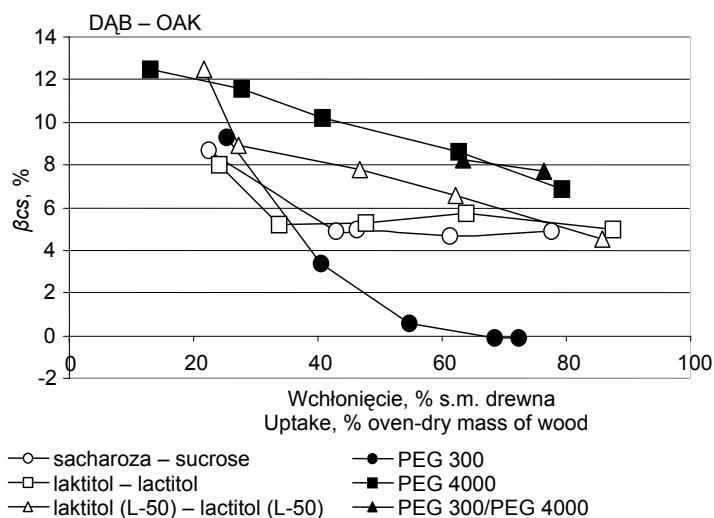


Rys. 9. Wskaźniki stabilizacji wymiarowej przekroju poprzecznego ($ASECs$) drewna jodły nasyconego 30-70-procentowymi roztworami badanych impregnatów i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy $RH = 44\%$ i $T = 20^\circ C$

Fig. 9. Anti-shrink efficiency of cross-section ($ASECs$) of fir wood treated with 30-70% solutions of the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at $RH = 44\%$ and $T = 20^\circ C$

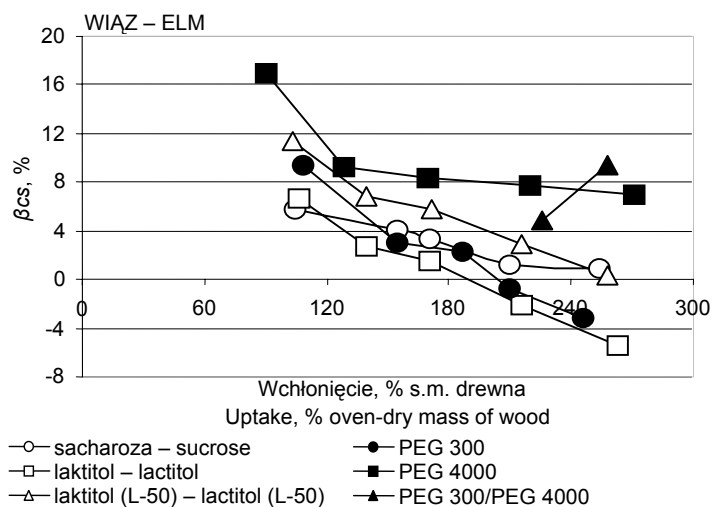
Omówione zmiany wymiarów badanego drewna wykopaliskowego zilustrowano na rysunkach 10-13, przedstawiających zależności pomiędzy wchłonięciem impregnatu a odkształceniem przekroju poprzecznego β_{CS} . Kolejne punkty prezentowane na krzywych odpowiadają wartościom uzyskanym po nasyceniu drewna roztworami o stężeniu końcowym 30-70%. Dla wszystkich badanych rodzajów drewna stwierdzono wyraźny wzrost ilości wprowadzanych impregnatów, następujący wraz ze wzrostem końcowego stężenia roztworu. Uzyskane wyniki wskazują, że wymiana wody na środek stabilizujący wymiary drewna odbywała się bez większych zakłóceń – nawet w wypadku dużych cząsteczek PEG 4000. Można przypuszczać, że cząsteczki te wnikały głównie w światło komórki, w mniejszym stopniu penetrując ścianę komórkową. Tym też należy tłumaczyć gorsze rezultaty stabilizacji wymiarowej drewna, uzyskiwane po użyciu PEG 4000. O porównywalnym przesyceniu drewna wszystkimi testowanymi impregnatami świadczył podobny stopień jego nasycenia – odnoszony do teoretycznego, maksymalnego wchłonięcia impregnatu. W przeważającej większości wypadków wskaźnik ten zawierał się w przedziale pomiędzy 50 a 70% ilości maksymalnej, przyjmując najwyższe wartości dla najbardziej zdegradowanego drewna wiązu i sosny [Babiński 2003].

Ilość wchłoniętych impregnatów (wchłonięcie) wynosiła około 13-88% s.m. drewna dębowego, około 34-150% s.m. drewna jodłowego, około 80-300% s.m. drewna sosnowego oraz około 90-270% s.m. drewna wiązowego (rys. 10-13). Różnice występujące pomiędzy poszczególnymi rodzajami drewna były spowodowane przede wszystkim różnymi stopniami degradacji badanej tkanki drzewnej. Najskuteczniejszą stabilizację wymiarów drewna dębowego (β_{CS} poniżej 1%, a $ASECs$ nie mniej niż 97%) uzyskano po nasyceniu próbek PEG 300 – wprowadzonego w ilości wynoszącej co najmniej 55% s.m. drewna. Porównywalne rezultaty uzyskał Hoffmann [1986] po nasyceniu próbek pobranych z kogi bremeńskiej. Dla równie dobrze zachowanego drewna jodłowego, najmniejszy stopień



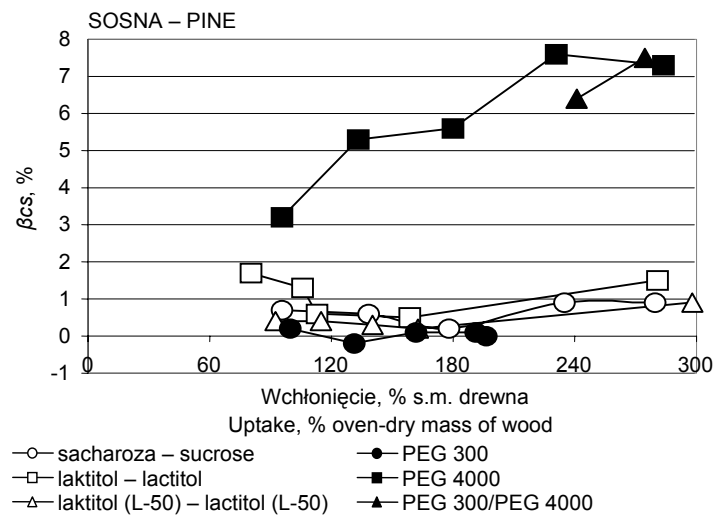
Rys. 10. Zależność pomiędzy ilością wchłoniętego impregnatu a stopniem odkształcenia przekroju poprzecznego (β_{CS}) drewna dębu nasyconego badanymi impregnatami i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C

Fig. 10. Correlation between the uptake of impregnant and a degree of cross-section strain (β_{CS}) of oak wood treated with the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at RH = 44% and T = 20°C



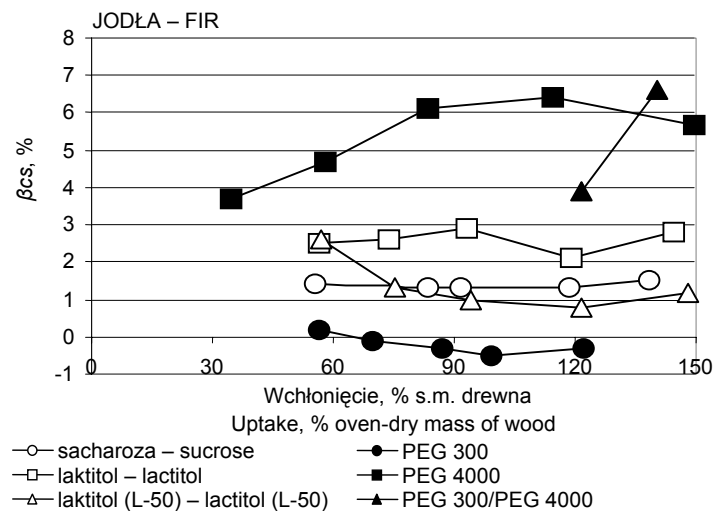
Rys. 11. Zależność pomiędzy ilością wchłoniętego impregnatu a stopniem odkształcenia przekroju poprzecznego (β_{CS}) drewna wiązu nasyconego badanymi impregnatami i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C

Fig. 11. Correlation between the uptake of impregnant and a degree of cross-section strain (β_{CS}) of elm wood treated with the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at RH = 44% and T = 20°C



Rys. 12. Zależność pomiędzy ilością wchłoniętego impregnatu a stopniem odkształcenia przekroju poprzecznego (β_{cs}) drewna sosny nasyconego badanymi impregnatami i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C

Fig. 12. Correlation between the uptake of impregnant and a degree of cross-section strain (β_{cs}) of **pine wood** treated with the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at RH = 44% and T = 20°C



Rys. 13. Zależność pomiędzy ilością wchłoniętego impregnatu a stopniem odkształcenia przekroju poprzecznego (β_{cs}) drewna jodły nasyconego badanymi impregnatami i wysuszonego do wilgotności równowagowej przy RH = 44% i T = 20°C

Fig. 13. Correlation between the uptake of impregnant and a degree of cross-section strain (β_{cs}) of **fir wood** treated with the tested impregnants and dried to equilibrium moisture content at RH = 44% and T = 20°C

odkształcenia tkanki drzewnej odnotowano po impregnacji tym samym związkiem – po wchłonięciu wynoszącym około 60% s.m. drewna. Nieznacznie gorsze wyniki (β_{CS} 1-2%) powodowało wprowadzenie sacharozy lub laktitolu (metoda L-50) w ilości wynoszącej 80-90% s.m. drewna. Z kolei dla zdecydowanie bardziej zdegradowanego drewna sosny, stopień odkształcenia β_{CS} o wartości poniżej 1% (ASE_{CS} nie mniej niż 95%) osiągnąć zarówno po nasyceniu sacharozą, laktitolem, jak i PEG 300 – po wchłonięciu ilości w granicach 100-110% s.m. drewna. Aby uzyskać analogiczną stabilność wymiarów drewna wiązowego, ilości wchłoniętego impregnatu należało zwiększyć przynajmniej dwukrotnie – do około 210% s.m. drewna impregnowanego PEG 300 lub 250-260% przy nasyceniu tkanki drzewnej sacharozą lub laktitolem (metoda L-50).

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań sformułowano następujące wnioski:

1. Ubytek substancji drzewnej (ubytok masy) może być prostym i miarodajnym wskaźnikiem stopnia degradacji mokrego drewna archeologicznego, umożliwiającym porównywanie zaawansowania rozkładu różnych rodzajów drewna.

2. Wykopaliskowe drewno dębowe i wiązowe kurczy się w kierunku stycznym i promieniowym bardziej niż drewno sosnowe i jodłowe o porównywalnym stopniu degradacji. Wraz ze wzrostem stopnia degradacji drewna wykopaliskowego zwiększa się jego kurczliwość w kierunku wzdłużnym.

3. Mokre drewno archeologiczne może ulegać odkształceniom (kurczyć się lub pęcznieć) w czasie impregnacji wodnymi roztworami sacharozy, laktitolu, PEG 300 i PEG 4000.

4. W porównaniu z zabiegiem przeprowadzonym z użyciem PEG 4000, modyfikacja drewna wykopaliskowego sacharozą, laktitolem lub PEG 300 pozwala na uzyskanie lepszej stabilności wymiarów konserwowanego zabytku. Drewno iglaste można być nasycane roztworami o niższych stężeniach. Pozwala to zmniejszyć zużycie impregnatu i obniżyć koszty procesu konserwatorskiego.

5. PEG 4000 nie powinien być stosowany do stabilizowania wymiarów iglastego drewna wykopaliskowego o ubytku substancji drzewnej zawierającej się w przedziale 16,7-55,8% i zawartości celulozy 16,3-38,1%.

PIŚMIENNICTWO

- Babiński L., 2003. Zawartość podstawowych składników chemicznych w drewnie wykopaliskowym a stabilność jego wymiarów po impregnacji w procesie konserwatorskim. Maszyn. Rozpr. Dokt. WTD AR Poznań, 160.
- Babiński L., Kúdela J., Kokociński W., 2002 a. Microscopic estimation of archaeological hardwood stabilised with selected impregnants. Ann. Warsaw Agric. Univ., Forestry Wood Technol., Special number 1, 7-14.
- Babiński L., Kúdela J., Kokociński W., 2002 b. Archaeological softwood. Part II. Microscopic analysis after dimensional stabilisation by various impregnating materials. W: Wood structure and properties '02. Red. J. Kúdela, S. Kurjatko. Arbora Publ. Zvolen, 81-86.

- Barbour R.J., 1990. Treatments for waterlogged and dry archaeological wood. W: Archaeological Wood; Properties, Chemistry and Preservation. Red. R.M. Rowell, R.J. Barbour. Advances in Chemistry, Ser. 225, Am. Chem. Soc. Washington, 177-192.
- Dzbeński W., 1974. Stabilizacja wymiarowa drewna dębowego przy użyciu poliglikolu etylenowego. Zes. Nauk. AR, Warszawa, Leśnictwo 20, 199-220.
- Grattan D.W., Mathias C., 1986. Analysis of waterlogged wood: The value of chemical analysis and other simple methods in evaluating condition. Somer. Levels Pap. 12, 6-12.
- Hoffmann P., 1985. On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG. Molecular size versus degree of degradation. W: Waterlogged Wood. Study and Conservation. Proc. of the 2nd ICOM Waterlogged Wood Working Group Conference, Grenoble 1984, 95-115.
- Hoffmann P., 1986. On the stabilization of waterlogged oakwood with PEG. II. Designing a two-step treatment for multi-quality timbers. Stud. Conserv. 31, 103-113.
- Hoffmann P., 1988. On the stabilization of waterlogged oakwood with polyethylene glycol (PEG). III. Testing the oligomers. Holzforschung 42, 289-294.
- Hoffmann P., 1990. On the stabilization of waterlogged softwoods with polyethylene glycol (PEG). Four species from China and Korea. Holzforschung 44, 87-93.
- Imazu S., Morgós A., 1997. Conservation of waterlogged wood using sugar alcohol and comparison the effectiveness of lactitol, sucrose and PEG 4000 treatment. W: Proc. of the 6th ICOM Group on Wet Organic Archaeological Materials Conference, York 1996, ICOM, Bremerhaven, 235-254.
- Prosiński S., 1984. Chemia drewna. PWRiL Warszawa.
- Unger A., Schniewind A.P., Unger W., 2001. Conservation of Wood Artifacts. Springer Berlin.

RESEARCH ON A DEGREE OF DEGRADATION AND DIMENSIONAL STABILIZATION OF WATERLOGGED ARCHAEOLOGICAL WOOD

Abstract. The aim of the research was evaluation of effectiveness of conservation of waterlogged archaeological wood with selected chemical compounds, as well as an attempt to find a correlation between a degree of degradation of wood and its dimensional stabilization after impregnation. The tests were carried out on archaeological oak, elm, pine and fir wood. The degree of wood degradation was evaluated on the basis of loss of wood substance and contents of basic chemical components. Wood samples were impregnated with solutions of sucrose, lactitol and polyethylene glycol (PEG) 300 and 4000. The study compares shrinkage of non-impregnated wood with deformation of the modified wood. It presents relations between the uptake of the investigated chemical compounds and a degree of cross-section strain of the wood. The tests showed a large diversification of moisture strains of softwood and hardwood, as well as essential differences in effectiveness of conservation of the archaeological wood with the tested impregnants.

Key words: archaeological wood, degradation, shrinkage, moisture strain, chemical composition, dimensional stabilization, conservation

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 22.03.2005 r.