

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI DREWNA SOSNY PO 300 LATACH  
PRZEBYWANIA W WODZIE MORSKIEJ*Andrzej Krauss*Katedra Nauki o Drewnie  
Akademii Rolniczej w Poznaniu

Długotrwałe przebywanie drewna twardej sosny zwyczajnej w wodzie morskiej powoduje bardzo wyraźny wzrost zawartości substancji rozpuszczalnych w zimnej wodzie oraz zawartości substancji mineralnych, głównie związków sodu i magnezu. Maksymalna zaś higroskopijność ścian komórkowych osiąga wartości ponad trzykrotnie wyższe od odpowiednich wartości dla współczesnego drewna, co spowodowane jest obecnością w drewnie higroskopijnego konglomeratu soli pochodzących z wody morskiej. Wytrzymałość na ściskanie podłużne drewna z dna morskiego przyjmuje wartości średnio o 16% niższe niż dla drewna współczesnego o tej samej gęstości. Świadczy to o pewnej destrukcji drewna długotrwałe przebywającego w wodzie morskiej, aczkolwiek obniżenie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien nie jest duże. Zawartość celulozy, ligniny i pentozanów w drewnie z dna morskiego wynosi odpowiednio 55,0, 27,3 i 10,6% i nie różni się istotnie od zawartości tych związków we współczesnym twardej sosny.

## WPROWADZENIE

Trwałość drewna w wodzie morskiej jest jedną z mniej dotychczas poznanych jego właściwości [7]. Fakt ten spowodowany jest, jak można sądzić, uciążliwością prowadzenia odpowiednich eksperymentów. W laboratorium bowiem możliwe jest jedynie stworzenie warunków zbliżonych do naturalnych. Jak dotąd brak jest metody, która pozwoliłaby na przyspieszone oznaczanie odporności drewna na działanie wody morskiej z jednoczesnym określeniem związku między czasem trwania doświadczenia i zmianami zachodzącymi w drewnie a czasem potrzebnym do wystąpienia analogicznych zmian w naturalnych warunkach. O trwałości drewna można wnioskować także na podstawie badań materiału drzewnego, który przebywał w określonym środowisku przez znany i odpowiednio długi czas. Możliwość pozyskania takiego materiału wraz z określeniem jego wieku dają jedynie prace archeologiczne, dlatego też nieczęsto prowadzi się tego rodzaju badania [15].

Dostępne informacje podręcznikowe dotyczące zachowania się drewna podczas długotrwałego przebywania w wodzie morskiej są na ogół fragmentaryczne i dość

ogólnikowe, a niekiedy nawet sprzeczne [8, 9, 11, 12, 16, 17]. Bliższa analiza literatury tego zagadnienia wskazuje na wyraźny niedostatek w tym zakresie danych doświadczalnych, zaś publikacje z tej dziedziny nie są liczne [1, 6].

Z przeglądu literatury dotyczącej długotrwałego oddziaływania wody na drewno wynika, że drewno w tych warunkach narażone jest na opanowanie przez mikroorganizmy, przede wszystkim bakterie rozkładające celulozę, natomiast w mniejszym stopniu narażone jest na porażenie przez grzyby, odczyn (pH) zaś wody morskiej jest szczególnie sprzyjający dla rozwoju bakterii [2, 3, 4, 13]. W wodzie morskiej cieplejszych stref klimatycznych ważnym problemem jest odporność drewna na działanie małży (np. *Teredo*, *Bankia*) i skorupiaków (np. *Limnoria*) [7, 18]. Odporność drewna na działanie wody zależna jest od jego gatunku. Szczególnie niską odporność wykazuje drewno bielaste w przeciwieństwie do drewna twardego. Zmiany niektórych właściwości fizycznych drewna wywołane działaniem czynników rozkładowych występują przede wszystkim w bielu. Długotrwałe przebywanie drewna w wodzie powoduje obniżenie jego wytrzymałości [1, 6, 8, 9, 11, 12, 13, 16, 17].

W dążeniu do bliższego poznania odporności drewna na działanie wody morskiej postanowiono poddać badaniom drewniany element statku, który przez ponad 300 lat przebywał w wodzie morskiej. Badaniami tymi postanowiono objąć charakterystykę przyrostów rocznych drewna, jego skład chemiczny oraz wybrane właściwości fizyczne i mechaniczne oraz dokonać ich porównania z właściwościami drewna współczesnego.

#### MATERIAŁ DOŚWIADCZALNY

Drewno do badań udostępnione zostało przez Centralne Muzeum Morskie w Gdańsku w postaci wydobytego z wraku szwedzkiego statku drewnianego elementu wyposażenia, tzw. słupka\*. Wrak ten zalega na głębokości kilkunastu metrów w Zatoce Gdańskiej w pobliżu plaży w Brzeźnie. Datowany jest on na XVII wiek na podstawie znalezionych na nim szwedzkich monet, tzw. klip.

Przekrój poprzeczny badanego słupka, poza przewężoną częścią wierzchołkową zbliżony był do kwadratu o boku długości 22 cm, zaś całkowita wysokość słupka wynosiła 61 cm. Na bocznych płaszczyznach słupka znajdowały się pozostałości bielu, stanowiącego gąbczastą substancję łatwo odkształcającą się w stanie mokrym pod naciskiem palca i w stanie suchym dającą się bez trudu rozetrzeć w palcach na proszek.

Ze względu na intensywne granatowoczarne zabarwienie oraz na praktycznie całkowitą destrukcję zewnętrznych warstw określenie gatunku na podstawie makroskopowych cech budowy bielu nie było możliwe. Na podstawie cech budowy mikro- i makroskopowej dokonano identyfikacji twardej strefy przekroju poprzecznego

\* Autor składa niniejszym serdeczne podziękowanie Dyrektorowi Centralnego Muzeum Morskiego Panu doc. dr. hab. Przemysławowi Smolarkowi oraz Pracownikom Muzeum za udostępnienie drewna do badań.

przeznaczonego do badań materiału. Stwierdzono, że pozyskany element wykonany został z drewna sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.).

W trakcie przechowywania słupek łącznie z pozostałościami stref bielu w wodzie w warunkach pracowni wyczuwalny był charakterystyczny zapach towarzyszący zwykle rozwojowi flory bakteryjnej podczas długotrwałego składowania drewna w wodzie.

Podczas suszenia drewna w temperaturze 105°C zaobserwowano, że jego powierzchnia stawała się lepka i pojawiały się miejscowe wycieki żywicy. Oznak natomiast wskazujących na impregnację drewna nie stwierdzono. Obserwacje mikroskopowe nie wykazały obecności jakichkolwiek substancji w świetle komórek.

Badania kontrolne przeprowadzono na drewnie twardej sosny zwyczajnej. Drewno do badań pobrano z części odziomkowej drzewa w wieku około 120 lat.

#### OPIS WYKONANYCH DOŚWIADCZEŃ

Z dolnej części pozyskanego z dna morza elementu do badań odcięto dwa krążki o grubości około 5 cm każdy. Pierwszy krążek posłużył do oznaczenia cech strukturalnych oraz do identyfikacji drewna. Krążek drugi po wyeliminowaniu strefy przyrzeniowej oraz po usunięciu pozostałości bielu posłużył do oznaczenia właściwości chemicznych badanego drewna.

Z pozostałej części słupek wyrobiono beleczki o przekroju poprzecznym w kształcie kwadratu o boku 25 mm. Zwrócono uwagę na to, aby przyrosty roczne były styczne do jednej z krawędzi przekroju poprzecznego a włókna równoległe do podłużnej osi beleczki oraz na to, aby beleczki nie zawierały drewna młodocianego, bielu lub sęków. Tak przygotowane beleczki cięto następnie na próbki o długości 3 cm wzdłuż włókien do oznaczania wytrzymałości na ściskanie podłużne oraz na próbki o długości 1 cm do oznaczania higroskopijności i odkształceń wilgotnościowych. Obróbkę mechaniczną przeprowadzono na drewnie w stanie mokrym o wilgotności około 110%.

Badania kontrolne przeprowadzono na drewnie twardej sosny zwyczajnej. Próbki do badań kontrolnych wyrobiono w taki sam sposób jak próbki do badań właściwych. Wilgotność drewna w trakcie obróbki mechanicznej wynosiła około 45%.

Pomiary szerokości przyrostów rocznych oraz szerokości stref drewna późnego przeprowadzono na drewnie w stanie powietrznosuchym za pomocą mikroskopu warsztatowego z dokładnością do 0,01 mm.

Właściwości chemiczne oznaczono zwykle stosowanymi metodami opisanymi przez Prosińskiego (1984). Zawartość celulozy oznaczono metodą Kürschnera-Hoffera, zawartość ligniny – metodą TAPPI T 13m-54, zawartość pentozanów – metodą Tollensa. Skład pierwiastkowy drewna oznaczono metodą absorpcyjnej spektroskopii atomowej za pomocą spektrometru Beckman – Modell 1248.

Wymiary liniowe próbek przeznaczonych do oznaczania fizycznych i mechanicz-

nych właściwości drewna mierzono z dokładnością do 0,01 mm, pomiary masy wykonano z dokładnością do 0,01 mg, zaś siłę niszczącą przy oznaczaniu wytrzymałości na ściskanie mierzono z dokładnością do 5 daN.

Maksymalny stopień kurczenia się drewna obliczono jako maksymalne kurczenie się wyrażone w procentach wymiaru drewna w stanie mokrym. Wskaźnik anizotropii kurczenia się obliczono jako stosunek maksymalnego stopnia kurczenia się w kierunku stycznym do maksymalnego stopnia kurczenia się w kierunku promieniowym.

Krzywe przebiegów pęcznienia drewna wyznaczono na podstawie stopni pęcznienia obliczanych jako iloraz przyrostu wymiaru próbki w danym kierunku anatomicznym po określonym czasie nawilżania i początkowego wymiaru próbki w stanie zupełnie suchym.

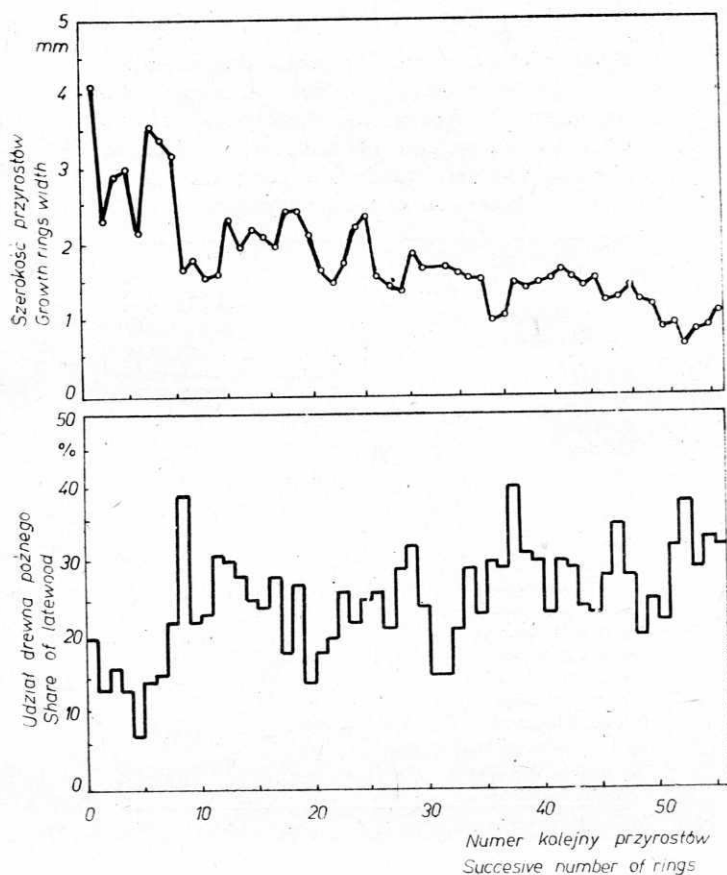
Higroskopijność próbek drewna oznaczono na podstawie przyrostów ich masy w czasie trwania adsorpcji w powietrzu o względnej wilgotności wynoszącej około 98% i temperaturze 22°C.

Pomiary kurczenia, pęcznienia oraz higroskopijności drewna przeprowadzono w pięciu powtórzeniach.

#### WYNIKI DOŚWIADCZEŃ I ICH ANALIZA

Charakterystykę przyrostów rocznych drewna pochodzącego z dna morskiego zawarto na rysunku 1. Przedstawiono na nim szerokość przyrostów oraz procentowy udział drewna późnego w kolejnych przyrostach liczonych od rdzenia. Szerokość przyrostów rocznych wynosiła średnio 1,9 mm, a udział drewna późnego — 26%. W pobliżu rdzenia przyrosty roczne wykazywały stosunkowo dużą szerokość i mały udział drewna późnego, co jest charakterystyczne dla drewna młodocianego. W miarę zaś oddalania się od rdzenia szerokość przyrostów malała, a udział drewna późnego wzrastał. Charakter tych zależności oraz bezwzględne wartości liczbowe szerokości przyrostów i udziału drewna późnego są typowe również dla współczesnego drewna sosny.

Wyniki oznaczeń składu chemicznego badanego drewna przedstawiono w tabeli 1. Z danych przedstawionych w tabeli 1 wynika, że różnice w zawartości celulozy, ligniny i pentozanów między drewnem z dna morskiego i współczesnym twardełowym drewnem sosny są praktycznie nieistotne. Wyraźne natomiast różnice w składzie ilościowym obserwuje się w obszarze składników niestrukturalnych. Zawartość substancji rozpuszczalnych w zimnej wodzie jest w drewnie z dna morskiego aż o 123% wyższa niż w drewnie współczesnym, zaś zawartość substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej jest odpowiednio wyższa tylko o 17%. Zawartość natomiast substancji mineralnych w drewnie z dna morskiego jest prawie trzykrotnie wyższa od udziału tych substancji we współczesnym drewnie twardełowym sosny. Fakt ten tłumaczyć można podwyższoną zawartością w drewnie pochodzącym z dna morskiego m.in. związków sodu i magnezu, a więc pierwiastków, które stanowią podstawę składu suchej pozostałości wody morskiej. Zawartość niektórych pierwiastków w drewnie z dna morskiego oraz we współczesnym drewnie



Rys. 1. Szerokość przyrostów i udział drewna późnego w kolejnych przyrostach rocznych liczonych od rdzenia w twardzieli badanego drewna sosny zwyczajnej pochodzącego z dna morskiego  
 Fig. 1. The ring width and share of latewood in successive annual rings counting from the pith of investigated Scots pine heartwood from sea bottom

twardzielowym sosny przedstawiono w tabeli 2. Z danych tej tabeli wynika, że zawartość sodu jest ponad dziesięciokrotnie, a magnezu ponad dwukrotnie wyższa w drewnie pochodzącym z dna morskiego w porównaniu z drewnem współczesnym. Świadczy to o znacznej zawartości soli w drewnie, które przebywało w wodzie morskiej nawet o niewielkim zasoleniu, które dla Zatoki Gdańskiej wynosi około 1%. Podwyższona zawartość soli w drewnie z dna morskiego tłumaczyć może również zwiększoną jego rozpuszczalność w zimnej wodzie w porównaniu z drewnem współczesnym. Natomiast nie zmniejszona zawartość substancji rozpuszczalnych w mieszaninie alkoholowo-benzenowej w drewnie z dna morskiego może być dowodem szczególnie dużej trwałości żywic naturalnych w warunkach oddziaływania wody morskiej. W drewnie z dna morskiego stwierdzono także, w przeciwieństwie do drewna współczesnego, obecność związków żelaza. Ten dość nieoczekiwany fakt związany jest, jak można sądzić, z obecnością we wraku żelaznych elementów w postaci oku

Tabela 1

Skład chemiczny twardego drewna sosny zwyczajnej pochodzącego z dna morskiego oraz współczesnego drewna twardego tego gatunku  
Chemical composition of Scots pine heartwood obtained from sea bottom and of contemporary heartwood of the same species

Skład chemiczny Chemical composition	Drewno Wood	
	z dna morskiego from sea bottom	współczesne (Surmiński 1970) contemporary
	%	
Celuloza Cellulose	54,98	51,92
Lignina Lignin	27,29	26,73
Pentozany Pentosanes	10,61	10,82
Substancje rozpuszczalne Substances soluble		
– w zimnej wodzie – in cold water	4,39	1,97
– w 1% NaOH – in 1% NaOH	19,32	—
– w mieszaninie alkohol-benzen – in benzene-alkohol mixture	14,51	12,41
Substancje mineralne Mineral substances	0,90	0,31

Tabela 2

Zawartość niektórych pierwiastków w drewnie twardego sosny zwyczajnej pochodzącym z dna morskiego oraz we współczesnym drewnie twardego tego gatunku  
Content of some elements in Scots pine heartwood obtained from sea bottom and in contemporary heartwood of the same species

Drewno Wood	Zawartość niektórych pierwiastków Content of some elements					
	Na	Ca	K	Mg	Fe	Mn
	mg/100 g		mg/1000 g			
Z dna morskiego From sea bottom	537,5	43,6	76,4	210,7	325,0	7,2
Współczesne Contemporary	50,5	74,7	87,4	91,6	—	33,7

oraz pozostałości po żelaznych elementach konstrukcyjnych statku. W literaturze opisane jest podobne poniekąd zjawisko występowania metalicznej miedzi w drewnie pochodzącym z fenickiej kopalni miedzi na Cyprze [11].

Wyniki oznaczeń właściwości fizycznych drewna przedstawiono w tabeli 3 oraz na rysunkach 2 i 3.

Tabela 3

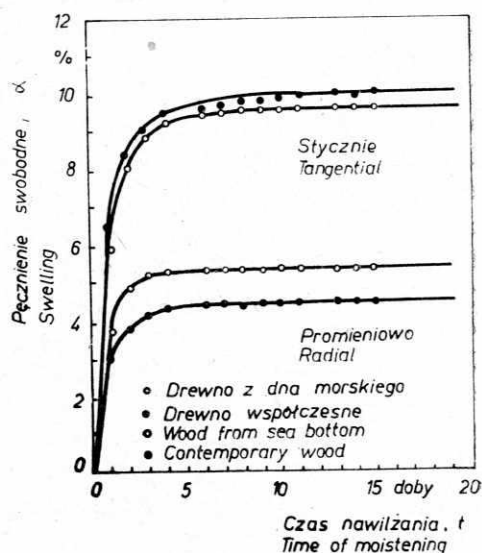
Kurczenie się twardej drewna sosny zwyczajnej pochodzącego z dna morskiego oraz współczesnego drewna twardej tego gatunku

Shrinking of Scots pine heartwood obtained from sea bottom and of contemporary heartwood of the same species

Drewno Wood	Gęstość	Maksymalny stopień kurczenia się		Wskaźnik anizotropii kurczenia
	Density	Maximum shrinking degree		Index of shrinking anisotropy
	$\rho_0$	$\beta_t$	$\beta_r$	$\beta_t : \beta_r$
	kg/m <sup>3</sup>	%		—
Z dna morskiego From sea bottom	598	8,93	4,97	1,8
Współczesne Contemporary	533	9,20	4,40	2,1

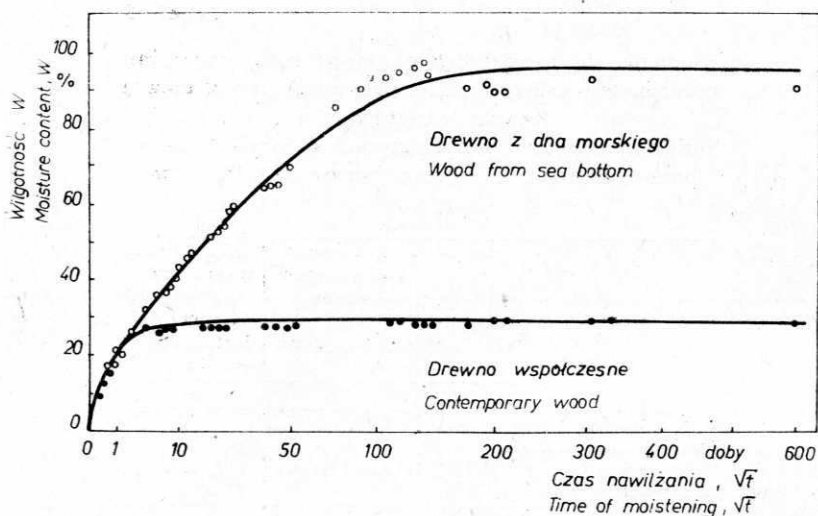
Tabela 3 zawiera wartości liczbowe gęstości, maksymalnego stopnia kurczenia się oraz wskaźnika anizotropii kurczenia się drewna. Przedstawione w tabeli 3 wartości charakteryzujące drewno z dna morskiego oraz współczesne drewno twardej sosny mieszczą się w znanych dla tych wielkości przedziałach zmienności. Bezwzględne wartości liczbowe maksymalnego stopnia kurczenia się drewna z dna morskiego i drewna współczesnego różnią się tylko nieznacznie. Nieco mniejsza wartość liczbową wskaźnika anizotropii kurczenia się drewna z dna morskiego może być spowodowana wyższą o około 10% jego gęstością w porównaniu z gęstością drewna współczesnego.

Na rysunku 2 przedstawiono przebieg pęcznienia drewna pochodzącego z dna morskiego oraz współczesnego drewna twardej sosny w zależności od czasu



Rys. 2. Przebieg pęcznienia drewna twardej sosny zwyczajnej w zależności od czasu nawilżania w powietrzu o względnej wilgotności 98%

Fig. 2. The course of Scots pine heartwood swelling in dependence on the time of moistening in air at 98% relative humidity



Rys. 3. Wilgotność drewna twardej sosny zwyczajnej w zależności od czasu nawilżania w powietrzu o względnej wilgotności 98 %

Fig. 3. Moisture content of Scots pine heartwood in dependence on the time of moistening in air at 98% relative humidity

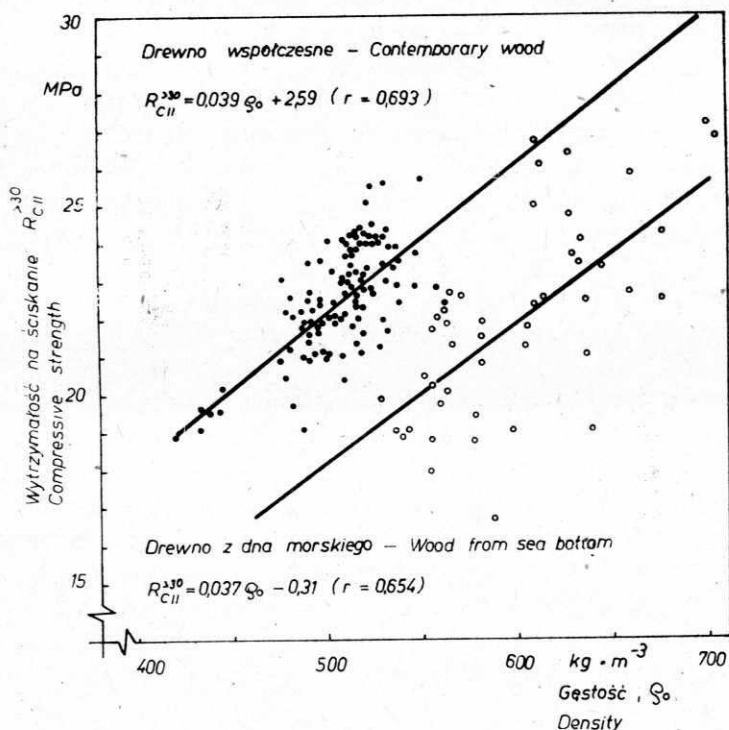
nawilżania w powietrzu o względnej wilgotności wynoszącej około 98%. Charakter przedstawionych zależności jest w zasadzie taki sam dla drewna z dna morskiego, jak i dla drewna współczesnego. Niewielkie różnice w wartościach bezwzględnych mogą być wynikiem różnic w gęstości drewna. Gęstość drewna z dna morskiego wynosiła średnio  $598 \text{ kg/m}^3$ , zaś drewna współczesnego —  $533 \text{ kg/m}^3$ .

Na rysunku 3 przedstawiono higroskopijność drewna z dna morskiego i drewna współczesnego w zależności od czasu nawilżania. W miarę upływu czasu nawilżania obserwowano w obu przypadkach wzrost wilgotności drewna, wystąpiły tu jednak wyraźne i dość nieoczekiwane różnice w higroskopijności drewna z dna morskiego i drewna współczesnego. W czasie pierwszych 48 godzin nawilżania przebieg zmian wilgotności drewna pochodzącego z dna morskiego i współczesnego drewna twardego sosny był praktycznie identyczny, a wilgotność równoważna osiągnęła około 21%. Dalsze nawilżanie drewna współczesnego powodowało coraz mniejsze przyrosty wilgotności, aż do jej stabilizacji na poziomie około 29%. Drewno z dna morskiego wykazywało zaś stały i to dość wyraźny wzrost wilgotności, aż do osiągnięcia wilgotności wynoszącej około 95%. Maksymalna higroskopijność ścian komórkowych osiągnęła zatem dla drewna z dna morskiego wartość ponad trzykrotnie wyższą od wartości punktu nasycenia włókien współczesnego drewna sosny. Tak znaczna higroskopijność drewna pochodzącego z dna morskiego była tym bardziej nieoczekiwana, że wilgotność równoważna drewna z dna morskiego, jak i współczesnego ustalona po dwu latach przebywania w otoczeniu pracowni była prawie identyczna i wynosiła odpowiednio 6,4% i 6,1%. Ponieważ na podstawie obserwacji mikroskopowych nie stwierdzono w badanym drewnie uszkodzeń ścian komórkowych i nie



stwierdzono również obecności bakterii ani grzybów przeto faktu tego nie można tłumaczyć destrukcją drewna na poziomie budowy mikroskopowej, która często pojawia się w drewnie bielu gatunków iglastych. Jednym z głównych, jak można sądzić, czynników odpowiedzialnych za tak wysoką higroskopijność drewna z dna morskiego jest obecność w nim higroskopijnego konglomeratu soli. Aczkolwiek nie można wykluczyć istnienia zmian w submikroskopowej budowie drewna z dna morskiego.

W zakresie właściwości mechanicznych badano wytrzymałość na ściskanie podłużne w stanie mokrym drewna pochodzącego z dna morskiego oraz współczesnego drewna twardego sosny. Wyniki bezpośrednich oznaczeń przedstawiono na rysunku 4. Obliczono równania regresji opisujące zależność między wytrzymałością



Rys. 4. Wytrzymałość na ściskanie podłużne drewna twardego sosny zwyczajnej w zależności od gęstości

Fig. 4. Compressive strength along the fibre of Scots pine heartwood in dependence on its density

na ściskanie podłużne drewna z dna morskiego i drewna współczesnego o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien i jego gęstością w stanie zupełnie suchym. Okazało się, że w sposób wystarczający zależności te opisują równania prostych. Dla drewna twardego sosny pochodzącego z dna morskiego równanie regresji ma

postać

$$R_{c||}^{>30} = 0,037\rho_0 - 0,31 \quad (\text{MPa}),$$

dla współczesnego zaś drewna twardego sosny przyjmuje ono formę

$$R_{c||}^{>30} = 0,039\rho_0 + 2,59 \quad (\text{MPa}).$$

W powyższych równaniach  $\rho_0$  oznacza gęstość zupełnie suchego drewna wyrażoną w  $\text{kg/m}^3$ . Między gęstością i wytrzymałością drewna na ściskanie podłużne uzyskano wyraźną korelację pozytywną. Wartości liczbowe współczynników korelacji (0,654 – dla drewna z dna morskiego, 0,693 – dla drewna współczesnego) można uznać za wystarczające, uwzględniając stosunkowo małą liczbę pojedynczych oznaczeń (50 – w przypadku drewna z dna morskiego i 120 – w przypadku drewna współczesnego) oraz naturalną zmienność korelowanych wielkości (dla  $\rho$   $V=10\%$ , dla  $R_{c||}$   $V=13\%$  [6]). Z analizy danych przedstawionych na rysunku 4 wynika, że wytrzymałość na ściskanie podłużne w stanie mokrym przyjmuje dla drewna z dna morskiego wartości niższe niż dla drewna współczesnego o tej samej gęstości. Obliczone na podstawie równań różnice wynoszą średnio 16%. Świadczy to o negatywnym oddziaływaniu wody morskiej na badane drewno twarde sosny, aczkolwiek obniżenie wartości liczbowych wytrzymałości na ściskanie podłużne nie jest duże.

#### WNIOSKI

Z rezultatów przeprowadzonych badań drewna twardego sosny zwyczajnej, które przez ponad 300 lat przebywało w wodzie morskiej wysnuć można następujące wnioski.

1. Długotrwałe przebywanie drewna w wodzie morskiej nie powoduje praktycznie zmian w zawartości celulozy, ligniny i pentozanów, natomiast zawartość substancji rozpuszczalnych w zimnej wodzie jest o 123%, a zawartość substancji mineralnych aż trzykrotnie wyższa niż w drewnie współczesnym.

2. Drewno z dna morskiego wykazuje ponad dziesięciokrotnie wyższą zawartość sodu i ponad dwukrotnie wyższą zawartość magnezu w porównaniu z drewnem współczesnym.

3. W zakresie gęstości i odkształceń wilgotnościowych nie występują istotne różnice między drewnem z dna morskiego i drewnem współczesnym.

4. Maksymalna higroskopijność ścian komórkowych drewna z dna morskiego osiąga wartość ponad trzykrotnie wyższą niż dla drewna współczesnego.

5. Wytrzymałość drewna z dna morskiego na ściskanie podłużne w stanie mokrym jest nieznacznie niższa (średnio o 16%) od analogicznie oznaczonej wytrzymałości drewna współczesnego o tej samej gęstości.

## LITERATURA

1. Centre Technique Forestier Tropical du Congo: Influence du flottage en mer sur la qualite du Limba. Revue Bois et Forets des Tropiques 1972, 25 (144): 29 - 32
2. Courtois H.: Über den Zellwandabbau durch Bakterien im Nadelholz. *Holzforschung* 1966, 20 (5): 148 - 154.
3. Courtois H., Erasmus J. J.: Bakterienangriff auf die Zellwände von Eichen- und Buchenholz während einer Wasserlagerung. *Holz als Roh- und Werkstoff* 1976, 34 (5): 181 - 184.
4. Cukrowski A. S., Szyrowski A. J.: Inhibitory korozji stali węglowej w wodzie morskiej. *Ochrona przed korozją* 1981, 24 (1): 1 - 4.
5. ISO-DIS: Wood-sampling methods and general requirements for physical and mechanical test. Int. Org. for Standarisation 1973.
6. Kagan M. E.: Fiziko-mechaničeskije svoistva dreviesiny svai dlitelno nachodiaščichsia v vode Kaspijskogo moria. Issl. po dereviannym konstrukciam. Sbornik Trudov Mosk. ISI, nr 13, Moskva 1958.
7. Krishnan R. V., Jain J. C., Tewari M. C.: A review of recent investigations on the protection of timber in sea waters in India. *J. Timb. Dev. Assoc. (India)* 1980, 26 (2): 16 - 24.
8. Kollmann F.: *Technologie des Holzes*. Berlin 1936.
9. Krzysik F.: *Nauka o drewnie*. Warszawa 1978.
10. Parameswaran N., Borgin K.: Micromorphological and analytical study of an ancient pine wood from Cyprus containing metallic coper. *Holzforschung* 1980, 34 (6): 185 - 190.
11. Prosiński S.: *Chemia drewna*. Warszawa 1968.
12. Prosiński S.: *Chemia drewna*. Warszawa 1984.
13. Raczkowski J.: Badanie właściwości pali fundamentowych znajdujących się w gruncie przez długi okres czasu. *Inżynieria i budownictwo*, 1960, 17 (8): 305 - 311.
14. Surmiński J.: Właściwości techniczne i możliwości użytkowania. W: *Sosna zwyczajna* Warszawa-Poznań 1970.
15. Thorntorn J.: Preservation of the Warship Wasa. *Wood* 1964, 29 (6): 65 - 66.
16. Wanin S. I.: *Dreviesinovedenije*. Leningrad 1934.
17. Wanin S. I.: *Dreviesinovedenije*. Moskva-Leningrad 1949.
18. Ważny J.: Czy istnieje korozja technologiczna drewna. *Przemysł drzewny* 1984, 35 (1): 32 - 33.

### ИЗБРАННЫЕ СВОЙСТВА ДРЕВЕСИНЫ СОСНЫ ЗА 300 ЛЕТ ПРЕБЫВАНИЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ

## Резюме

Были проведены исследования древесины сосны обыкновенной происходящей из затопленного в Гданьском заливе судна, которая свыше 300 лет находилась в морской воде. Исследуемая древесина характеризовалась годовыми слоями шириной в среднем 1,9 мм и долей поздней древесины, равняющейся в среднем 26%. Химический анализ показал, что существует незначительная разница в химическом составе древесины из морского дна по сравнению с современной древесиной, за исключением содержания минеральных веществ и растворимости в воде. Учение натрия в древесине из морского дна было в десять раз больше, чем в современной древесине, растворимость в холодной воде соответственно выше на 123%. Влажность, соответствующая точке насыщенности волокон, достигла для древесины из морского дна свыше трёхкратных величин по сравнению с максимальной гигроскопичностью клеточных стен современной древесины. Сопротивление сжатию в доль волокон во влажном состоянии для древесины из морского дна было приблизительно на 16% меньше по сравнению с современной древесиной.

---

**SELECTED PROPERTIES OF PINE WOOD AFTER 300 YEARS OF SUBMERGENCE  
IN SEA WATER****Summary**

Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood derived from ship sunk in the Gdańsk Bay, which remained over 300 years in sea water, was investigated. Investigated wood was characteristic by annual rings of about 1,9 mm wide with 26% of latewood share on the average. Chemical analyses revealed not significant differences in the chemical composition in comparison with the contemporary pine wood with the exception of mineral substances and water-solubility. The share of sodium in the investigated wood was over ten times higher than in contemporary wood and solubility in cold water was respectively higher by 123%. Moisture content of wood from sea bottom corresponding the fibre saturation point was found to be three times higher than maximum hygroscopicity of contemporary pine wood's cell walls. The compressive strength along the fibres in wet state of wood from sea bottom was about 16% lower in comparison with contemporary wood of the same species.

Adres autora

dr inż. Andrzej Krauss  
Akademia Rolnicza w Poznaniu  
Katedra Nauki o Drewnie  
ul. Wojska Polskiego 38/42, 60-637 Poznań