

PAWEŁ KOZAKIEWICZ, WOJCIECH ŻYCZKOWSKI

## Właściwości fizyczne i mechaniczne oraz budowa anatomiczna drewna jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.)

Physical and mechanical properties and anatomy of common juniper (*Juniperus communis* L.) wood

### ABSTRACT

Kozakiewicz P., Życzkowski W. 2015. Właściwości fizyczne i mechaniczne oraz budowa anatomiczna drewna jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.). Sylwan 159 (2): 151-159.

The common juniper is a well-known arboreal plant with wide range of the occurrence and small habitat requirements. It is the most numerous coniferous shrub in Poland, sometimes taking shape of small tree. There is no sufficient data about the anatomy as well as physical and mechanical properties of common juniper wood in available literature. Hence, the objectives of this paper were to supplement the knowledge about the properties and anatomy of the juniper wood.

The nine trunks of the common juniper of column shape were harvested to this investigation. These small trees with height up to 5 meters were 34-38 years-old. They grew on postagricultural area on brown podzol (common sand) in Łomża Forest District (E Poland). It is a sunny area on the rim of subcontinental fresh coniferous forest – one of the typical and favourable habitat for the common juniper in Poland. We analysed the microstructural elements of common juniper wood. The main component of the microstructure are short (average length 2.5 mm) and thin-walled tracheids (wall thickness from 2.4  $\mu\text{m}$  in tracheids of spring wood to 4.2  $\mu\text{m}$  in tracheids of summer wood). Domination of this type of microstructural elements has influence on physical and mechanical properties of wood.

Investigated wood characterised with low coefficient of shrinkage. The volumetric coefficient of shrinkage is 10.2%, so the wood has not tendency to crack and distort. The common juniper wood has slightly higher density (562  $\text{kg/m}^3$  in air-dry state) than Scots pine wood and similar hardness, shear strength (91 MPa), static bending strength (85 MPa) and compression strength parallel to grain (49 MPa). The latter is directly proportional to density of the wood. The other mechanical properties of common juniper wood: modulus of elasticity and tension strength parallel to grain are significantly lower than for Scots pine wood. It is the influence of wood microstructure, not rectilinear arrangement of cell in wood and significant content of juvenile wood. Considering these aspects and modes dimensions of common juniper raw material, the potential use are different including small wooden articles especially kitchen accessories.

### KEY WORDS

common juniper, wood anatomy, physical and mechanical properties

### ADDRESSES

Paweł Kozakiewicz – e-mail: pawel\_kozakiewicz@sggw.pl

Wojciech Życzkowski – e-mail: wyczkowski@wp.pl

Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

## Wstęp

Jałowiec pospolity (*Juniperus communis* L.) to najbardziej rozpowszechniony w Polsce gatunek jałowca i zarazem jeden z najbardziej pospolitych gatunków krzewów lub niewielkich drzew. Jest to roślina światłolubna, odporna na mróz i o niewielkich wymaganiach glebowych [Boratyńska, Boratyński 1978; Seneta 1981]. „Krzew ten zdradzający małą do roli użyteczność gruntu, na którym rośnie, znany jest prawie każdemu i dla tego szczegółowego opisu nie potrzebuje” [Rozmaitości... 1836]. Warto jednak wspomnieć, że gatunek ten wykazuje znaczną zmienność: najczęstszy pokrój jałowca to forma krzewiasta kolumnowa lub stożkowa (o wysokości do 6-8 m), rzadziej postać drzewa (o wysokości do 10, a wyjątkowo nawet 15-20 m, przy obwodzie do 110 cm) [Bobiński 1979].

Wolny wzrost oraz kilku-kilkunastocentymetrowa średnica pni sprawiły, że jałowiec pospolity, mimo powszechności występowania, nie został dotąd w pełni doceniony jako potencjalne źródło surowca, mimo że już ponad 170 lat temu pisano o nim nader dobrze, wskazując, że każda część tej rośliny jest wyjątkowo użyteczna [Gospodarstwo... 1829; Rozmaitości... 1836]. Atutami omawianego drewna są m.in. wyrazisty rysunek, trwałe pieprzowo-kamforowy zapach [Galewski, Korzeniowski 1958], a także właściwości bakteriostatyczne [Gordien i in. 2009]. Rozpoznano też zagadnienia dotyczące morfologii i rozmnażania jałowca pospolitego [Grzeškowiak, Bednorz 2002; Nakanishi i in. 2004; Kozłowska i in. 2005; Beikircher, Mayr 2008; Nawrocka-Grzeškowiak, Kolański 2012]. Niestety, w literaturze brak pełnej charakterystyki, dotyczącej właściwości samego drewna. Gatunek ten nie został uwzględniony między innymi w normie EN-13556:2003 dotyczącej terminologii drewna znajdującego się w obrocie handlowym w Europie, jak również we współczesnych atlasach drzewnych [Wagenführ 2007]. Tylko wybrane dane (gęstość, twardość Janki na przekroju poprzecznym oraz wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien, wytrzymałość na zginanie statyczne i uderność) zostały podane przez Krzysika [1978]. Istniejące informacje o budowie anatomicznej omawianego gatunku mają raczej charakter ogólny [Schweingruber 1990; Schoch i in. 2004], a współczesne specjalistyczne opracowania najczęściej dotyczą tylko jednej lub dwóch cech drewna jałowca pospolitego przedstawianych w kontekście innych gatunków drewna lub zagadnień technologicznych [Hänninen i in. 2011, 2012].

Celem niniejszej pracy jest zbadanie wybranych właściwości fizycznych i mechanicznych drewna jałowca pospolitego oraz analiza jego budowy anatomicznej. Uzyskane wyniki pozwolą na uzupełnienie wiedzy o drewnie tego gatunku. Dzięki temu będzie możliwe wskazanie i dokonanie oceny jego potencjalnych zastosowań.

## Materiał i metody

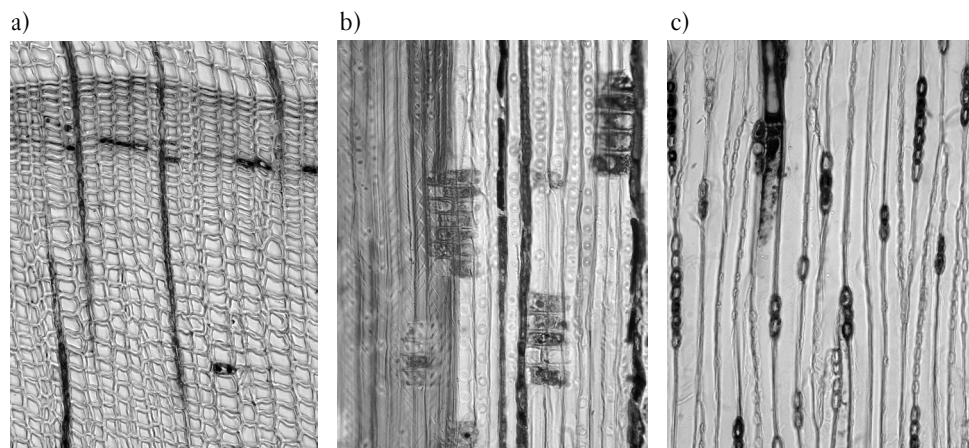
Do badań wytypowano 9 egzemplarzy jałowców pospolitych o pokroju kolumnowym o wysokości od 3 do 5 metrów, w wieku od 34 do 38 lat, rosnących w Nadleśnictwie Łomża w Leśnictwie Czerwony Bór na gruntach porolnych na rdzawej glebie właściwej (piaski zwykłe). Miejsce występowania jałowców to nasłoneczniony obszar naturalnej sukcesji leśnej z obecnością pojedynczych sosen pospolitych (*Pinus sylvestris* L.) w wieku 15 lat, na obrzeżach boru świeżego [Życzkowski 2006]. Jest to jedno z typowych i jednocześnie korzystnych miejsc występowania omawianego gatunku [Bobiński 1979; Grzeškowiak, Bednorz 2002].

Do badań pozyskano pnie jałowców o średnicy w grubszym końcu od 8,5 do 14,0 cm i długości od 1,1 do 2,1 m. Po powolnym wysuszeniu drewna do stanu powietrzno-suchego wycięto standardowe próbki (głównie drewna twardzieli) do oznaczeń poszczególnych właściwości fizycznych i mechanicznych. Oznaczenia wykonano według standardowych procedur do badania

właściwości na małych próbkach laboratoryjnych według polskich norm [PN-D-04109:1954; PN-D-04117:1963; PN-D-04103:1968; PN-D-04100:1977; PN-D-04101:1977; PN-D-04102:1979; PN-D-04105:1979; PN-D-04107:1981; PN-D-04111:1982]. Większość stosowanych procedur była zgodna z normami międzynarodowymi [ISO 3130:1975; ISO 3131:1975; ISO 3133:1975; ISO 3787:1976; ISO 4858:1982], w tym liczebność próbek do poszczególnych oznaczeń [ISO 3129:1975]. Uzyskane wyniki badań drewna jałowca pospolitego odniesiono do danych dotyczących drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) [Krzysik 1978; Wagenführ 2007]. Równolegle wykonano trwałe preparaty mikroskopowe drewna twardego jałowca (preparaty o grubości 15-20  $\mu\text{m}$  skrawane z uplastycznionego drewna moczonego w roztworze wody, alkoholu etylowego i gliceryny, dobarwione safraniną, zamknięte w balsamie kanadyjskim i ksylenie) prezentujące trzy podstawowe przekroje anatomiczne. Obserwacji i pomiarów mikroskopowych dokonano przy użyciu mikroskopu Olympus BX41 sprzężonego z kamerą cyfrową oraz oprogramowania Cell\*B.

## Wyniki

Omawiany gatunek charakteryzuje się sfalowanym przebiegiem granic przyrostów rocznych, podkreślonych przez kontrastujące sąsiedztwo spłaszczonych promieniowo cewek drewna późnego o grubszych ścianach z bardziej kwadratowymi i cienkościennymi cewkami drewna wczesnego (ryc. 1a). Średnica cewek drewna wczesnego w kierunku promieniowym jest większa od średnicy w kierunku stycznym (odwrotnie niż w cewkach drewna późnego). Ponadto średnia średnica cewek drewna wczesnego w kierunku promieniowym jest dwukrotnie większa od średniej średnicy cewek drewna późnego w tym kierunku, podczas gdy średnice w kierunku stycznym cewek drewna wczesnego i późnego są takie same. W ścianach promieniowych cewek (ścianach równoległych do kierunku promieniowego) znajdują się jamki lejkowate otoczkowe ułożone pojedynczo na grubości ściany (ryc. 1b) – w cewkach drewna wczesnego o średnicy około 10  $\mu\text{m}$ , a cewkach drewna późnego nieco mniejsze, o średnicy 8  $\mu\text{m}$ . W cewkach drewna późnego dość często obecne są zgrubienia spiralne ułożone pod kątem około 45% w stosunku do osi komórek. Same cewki są krótkie, o średniej długości rzędu 2,5 mm (przy niewielkiej średnicy dają to smukłość około 100).



Ryc. 1.

Przekrój poprzeczny (a), przekrój promieniowy (b) i przekrój styczny (c) drewna jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.)

Transverse (a), radial (b) and tangential (c) section of common juniper (*Juniperus communis* L.) wood

W drewnie jałowca pospolitego brak budowy piętrowej oraz przewodów żywicznych. Na przekroju poprzecznym miękisz drzewny obecny jest najczęściej na przejściu drewna wczesnego w późne (w obrębie pojedynczych przyrostów rocznych) w postaci pojedynczych cienkościennych komórek, które niekiedy tworzą drobne pasemka biegnące w kierunku stycznym (ryc. 1a). Niezależnie od tego komórki miękiszu drzewnego ułożone są po kilka, jedna nad drugą, co widoczne jest na przekrojach wzdłużnych (ryc. 1b). Komórki te są nieco spłaszczone w kierunku promieniowym, a ich średnia długość pięciokrotnie przekracza ich średnicę w kierunku stycznym (tab. 1).

Homogeniczne promienie drzewne zbudowane są z cienkościennych komórek miękiszowych nieco wydłużonych w kierunku wzdłuż włókien w porównaniu do średnicy w kierunku stycznym (ryc. 1c, tab. 1). Są to promienie jednoszeregowe o zróżnicowanej liczbie warstw komórek, od jednej nawet do kilkunastu (średnio 4-warstwowe, co daje średnią wysokość około 90  $\mu\text{m}$ ). Na polach krzyżowych obecne są jamki kupresoidalne. Grubość komórek miękiszowych (miękiszu drzewnego i promieni drzewnych) można uznać za wielkość stałą, wynosząca od 1,9 do 2,2  $\mu\text{m}$  (tab. 1).

Uzyskana średnia gęstość drewna jałowca o wilgotności 12% jest równa 562  $\text{kg}/\text{m}^3$  (tab. 2). Skurcz drewna jest niewielki – przykładowo w kierunku promieniowym wynosi przy zmianach wilgotności w całym przedziale higroskopijnym tylko 3,4%, a w kierunku stycznym 6,3%. Średnia wytrzymałość na ściskanie drewna jałowca pospolitego wynosi 48,5 MPa. Między gęstością drewna jałowca a wytrzymałością na ściskanie występuje istotna, wprost proporcjonalna zależność (ryc. 2).

**Tabela 1.**

Wymiary (średnia i odchylenie standardowe w nawiasie) elementów anatomicznych drewna jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.) [ $\mu\text{m}$ ]

Dimensions (mean and standard deviation in parentheses) of anatomical elements of common juniper wood (*Juniperus communis* L.) [ $\mu\text{m}$ ]

Pionowe elementy struktury drewna Vertical elements of structure of wood					
	Średnica w kierunku promieniowym Diameter in radial direction	Grubość ściany promieniowej Thickness of radial wall	Średnica w kierunku stycznym Diameter in tangential direction	Grubość ściany stycznej Thickness of tangential wall	Długość wzdłuż włókien Length in longitudinal direction
Cewki drewna wczesnego Earlywood tracheids	25,6 (3,8)	2,8 (0,4)	19,5 (3,0)	2,4 (0,4)	2488 (518)
Cewki drewna późnego Latewood tracheids	12,6 (3,2)	4,0 (0,5)	19,4 (3,1)	4,3 (0,7)	
Miękisz drzewny Parenchyma	12,1 (1,9)	2,1 (0,4)	18,1 (3,1)	1,9 (0,4)	98 (35)
Poziome elementy struktury drewna Horizontal elements of structure of wood					
	Średnica w kierunku stycznym Diameter in tangential direction	Grubość ściany stycznej Thickness of tangential wall	Średnica wzdłuż włókien Diameter in longitudinal direction	Grubość ściany wzdłuż włókien Thickness of wall in longitu- dinal direction	Długość w kierunku promieniowym Length in radial direction
Miękisz promieni drzewnych Parenchyma of wood rays	15,7 (1,9)	2,1(0,4)	22,1 (3,2)	2,2 (0,5)	69,5 (16,5)

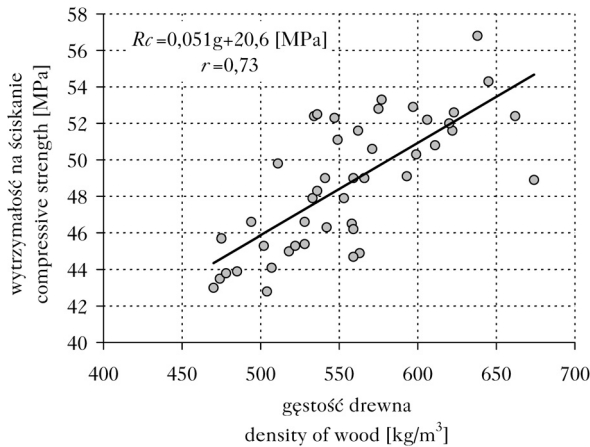
Tabela 2.

Właściwości fizyczne i mechaniczne drewna jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.)  
Physical and mechanical properties of common juniper wood (*Juniperus communis* L.)

	Minimum	Średnia	Maksimum	Odchylenie standardowe
	Minimum	Average	Maximum	Standard deviation
Gęstość Density [kg/m <sup>3</sup> ]	469	562	674	52
Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku wzdłuż włókien Longitudinal shrinkage [%]	0,1	0,2	0,3	0,1
Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku promieniowym Radial shrinkage [%]	2,3	3,4	4,4	0,5
Jednostkowy skurcz całkowity w kierunku stycznym Tangential shrinkage [%]	5,5	6,3	7,1	0,6
Jednostkowy objętościowy skurcz całkowity Volume shrinkage [%]	8,9	10,2	11,9	0,7
Moduł sprężystości przy zginaniu statycznym Modulus of elasticity in bending [GPa]	4,3	5,9	7,6	1,0
Wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien Tensile strength parallel to fibres [MPa]	51	88	114	20
Wytrzymałość na zginanie Static bending strength [MPa]	67	85	102	11
Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien Compressive strength parallel to fibres [MPa]	43	49	57	3,6
Wytrzymałość na ścinanie w płaszczyźnie promieniowej Shear strength parallel to fibres in radial plane [MPa]	7,2	9,1	10,9	1,2
Twardość Janki na przekroju poprzecznym Janka hardness on cross section [MPa]	27	38	39	0,9
Twardość Janki na przekrojach wzdłużnych Janka hardness on longitudinal section [MPa]	27	29	33	2,6
Twardość Brinella na przekroju poprzecznym Brinell hardness on cross section [MPa]	37	43	53	4,6
Twardość Brinella na przekrojach wzdłużnych Brinell hardness on longitudinal section [MPa]	25	26	27	0,7

Gęstość i właściwości mechaniczne zostały określone w drewnie o wilgotności 12%  
Density and mechanical properties were tested of air-dried wood (12% moisture content)

Wytrzymałość na ścinanie w płaszczyźnie promieniowej kształtuje się na średnim poziomie, wynosząc średnio 9,1 MPa. Moduł sprężystości wyniósł średnio tylko 5,9 GPa, a wytrzymałość na zginanie statyczne badanego drewna jałowca wyniosła średnio 88 MPa. Zarówno moduł sprężystości, jak i wytrzymałość na rozciąganie wzdłuż włókien drewna jałowca pospolitego mają stosunkowo niską wartość przy wysokich wartościach odchylenia standardowego (wysoka zmienność). Decydujący wpływ na obniżenie podanych wyżej cech mają również naturalnie obecne w tym drewnie liczne krzywizny, silnie sfalowane przyrosty roczne oraz liczne drobne sęki i związany z tym nieprostoliniowy przebieg włókien. Badane drewno z ponad 30-letnich pni charakteryzowało się też znacznym udziałem słabszego drewna juwenilnego. Z powyższych względów nie stwierdzono istotnej korelacji między wymienionymi cechami mechanicznymi a gęstością drewna



Ryc. 2.

Zależność między wytrzymałością na ściskanie wzdłuż włókien a gęstością drewna w stanie powietrzno-suchym  
 Dependence of the compressive strength in longitudinal direction on specific gravity of common juniper wood (moisture content 12%)

(analogicznymi jak dla wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien). Twardość Janki badana na przekroju poprzecznym drewna jałowca pospolitego (38 MPa) jest o około 25% wyższa od twardości badanej na przekrojach wzdłużnych (29 MPa). Podobnie twardość Brinella na przekroju poprzecznym (średnio 43 MPa) była wyraźnie wyższa od twardości na przekrojach wzdłużnych (średnio 26 MPa).

## Dyskusja

Uzyskane obserwacje budowy mikroskopowej drewna jałowca pospolitego uściślają dotychczasowe dane dotyczące jego struktury [Galewski, Korzeniowski 1958; Schweingruber 1990; Schoch i in. 2004]. Dominującym elementem budowy mikroskopowej są drobne cewki – średnio około 3700–4000/mm<sup>2</sup> przekroju poprzecznego. Galewski i Korzeniowski [1958] podają wyższą wartość, nawet 4500/mm<sup>2</sup> (być może badania dotyczyły jałowca wyrosłego w mniej korzystnych warunkach). Średnio ściany cewek drewna późnego (o grubości ponad 4 μm) są około 1,5 raza grubsze od ścian cewek drewna wczesnego (tab. 1). Porównywalne proporcje grubości ścian cewek odnaleziono w drewnie jałowca wyniosłego (*Juniperus excelsa* M.Bieb.) [Adamopoulos, Koch 2011]. Niezależnie od powyższego cewki w badanym drewnie jałowca pospolitego w porównaniu np. do drewna sosny pospolitej [Galewski, Korzeniowski 1958] są wyraźnie krótsze (o 1 mm).

Schoch i in. [2004] oraz Schweingruber [1990] za istotną i zarazem charakterystyczną cechę jałowca pospolitego, pozwalającą na odróżnienie od innych iglastych gatunków drewna – np. sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.), modrzewia europejskiego (*Larix europea* L.) i świerka pospolitego (*Picea abies* Karst.) – uznają obecność komórek miękiszu drzewnego wypełnionych w strefie twardzieli brunatną substancją. Przy posługiwaniu się tym kryterium należy zwrócić uwagę, że liczba tych komórek nawet w typowym drewnie jałowca pospolitego jest zmienna i wynosi od około 100 do 300/mm<sup>2</sup> przekroju poprzecznego, podczas gdy w strefie objętej twardzią spada niemal do zera. Słabym ogniwem struktury drewna są promienie drzewne zbudowane z cienkościennych komórek miękiszowych, które występują w liczbie od 90 do 100/mm<sup>2</sup> przekroju stycznego. Galewski i Korzeniowski [1958] podają nieco zbliżony przedział: od 90 do 95.

Określona w badaniach średnia gęstość drewna jałowca znajduje potwierdzenie w danych literaturowych – według Krzysika [1978] gęstość drewna jałowca o wilgotności 15% wynosi około 600 kg/m<sup>3</sup>. Według klasyfikacji drewna pod względem gęstości w stanie powietrzno-suchym badane drewno jałowca zalicza się do klasy IV (drewno lekkie), tak samo jak drewno sosny pospolitej [Krzysik 1978].

Uzyskane wyniki skurczu drewna jałowca (tab. 2) wykazują typową anizotropię drewna iglastego. Stosunek skurczu w kierunku stycznym do skurczu w kierunku promieniowym wynosi 1,85 (w drewnie sosny zwyczajnej 1,93). Według klasyfikacji na podstawie kurczliwości objętościowej [Krzysik 1978] drewno jałowca pospolitego ze średnim skurczem objętościowym wynoszącym 10,2 % jest drewnem mało kurczliwym (klasa I). Jak wynika z obserwacji, drewno to podczas suszenia nie ma tendencji do pęcznienia się i pęknięcia.

Jednym z naturalnych czynników ograniczających parametry wytrzymałościowe drewna jałowca pospolitego są jego krótkie i cienkościenne elementy strukturalne. Moduł sprężystości drewna jałowca oznaczony przy zginaniu statycznym trzypunktowym przyjmował niskie wartości (o połowę mniejsze niż w drewnie sosnowym). Podobne niskie wartości modułu drewna jałowca pospolitego (średnio 4,8 GPa) zostały odnotowane przy zginaniu czteropunktowym [Hänninen i in. 2012]. Oznaczona w badaniach wytrzymałość na zginanie statyczne jest nieco niższa od analogicznej w drewnie sosnowym [Krzysik 1978; Wagenführ 2007], a także wyznaczonej przy zginaniu czteropunktowym (92 MPa) [Hänninen i in. 2012]. Prawdopodobnie niekorzystny wpływ ma tu niewielka długość cewek (średnio 2,5 mm), która również ogranicza przydatność drewna jałowca do produkcji mas celulozowo-papierniczych [Hänninen i in. 2011]. Na poziomie mikroskopowym najłabsze mechanicznie przy naprężeniach rozciągających są miejsca styku zakończeń cewek, a przy naprężeniach ściskających cienkie ściany, które łatwiej ulegają wyboczeniu w miejscu krzywizn na styku z promieniami drzewnymi [Poulsen i in. 1997].

Średnia twardość Janki badanego drewna jałowca na przekroju poprzecznym była identyczna z podawaną przez Krzysika [1978] i nieco wyższa niż w drewnie sosnowym. Średnia twardość drewna jałowca pospolitego oznaczona metodą Brinella jest taka jak analogiczna twardość drewna sosny zwyczajnej [Krzysik 1978; Wagenführ 2007]. Biorąc pod uwagę uzyskane wyniki, drewno jałowca pospolitego zalicza się do II klasy twardości. Jest to drewno miękkie – łatwe do obróbki [Galewski, Korzeniowski 1958].

Uzyskane średnie wartości wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien oraz wytrzymałości na ścinanie drewna jałowca są podobne do średnich wytrzymałości drewna sosnowego [Krzysik 1978; Wagenführ 2007], przy czym zmienność tych cech w badanym drewnie jest niewielka. Przedstawiona zależność (ryc. 2) między wytrzymałością na ściskanie wzdłuż włókien a gęstością jest zbliżona do analogicznej, uzyskanej przez Vorreitera [1949] w drewnie sosny pospolitej z terenu Mazur:  $R_{c15\%} = 0,090 g_{15\%}$ . Tego typu liniowe zależności wiążące cechy wytrzymałościowe drewna z jego gęstością są użytecznym narzędziem przy szacowaniu przydatności technicznej danego gatunku.

Budowa i właściwości drewna jałowca pospolitego, a także niewielkie wymiary surowca wskazują, że jego potencjalnym zastosowaniem są różnego rodzaju wyroby galanteryjne oraz wyroby precyzyjne i specjalistyczne. Drewno jałowca to właściwy materiał do wyrobu fajek oraz formowania drobnych wyrobów [Rozmaitości... 1836]. Nadaje się do wyrobów toczonej i snycerskich oraz wytwarzania lasek, biczysk i mebli ogrodowych [Galewski, Korzeniowski 1958], a także do implantów [Gross, Ezerietis 2003]. Drewno jałowca o właściwościach bakteriostatycznych [Gordien i in. 2009], trwałym pieprzowo-kamforowym zapachu, a także łatwe w obróbce (co zaobserwowano podczas wyrabiania próbek do badań w niniejszej pracy) powinno być szerzej wykorzystywane, m.in. do wyrobu przyborów kuchennych.

## Wnioski

✦ Badane drewno zawiera cewki o prostokątnym kształcie zarysowującym się na przekroju poprzecznym. Średnica promieniowa cewek drewna wczesnego jest około 2 razy większa od

cewek drewna późnego, a grubość 1,5 raza mniejsza. Cewki są cienkościenne i krótkie (o średniej długości 2,5 mm), co najprawdopodobniej ma negatywny wpływ na właściwości mechaniczne.

- ✦ Drewno jałowca pospolitego o wilgotności 12% ma średnią gęstość 562 kg/m<sup>3</sup>, zbliżoną do drewna sosny zwyczajnej. Mimo to wytrzymałość na rozciąganie (88 MPa), a w szczególności moduł sprężystości (5,9 GPa) są wyraźnie niższe. Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien (48,5 MPa), wytrzymałość na ścinanie (9,1 MPa), wytrzymałość na zginanie (85 MPa) i twardość są na poziomie takim jak w drewnie sosnowym.
- ✦ Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien jest istotnie zależna i wprost proporcjonalna do gęstości drewna jałowca pospolitego. Analogicznych zależności nie stwierdzono między pozostałymi właściwościami mechanicznymi, o czym najprawdopodobniej zdecydowała obecność lokalnie odchylonych włókien obecnych w dłuższych próbkach.

## Literatura

- Adamopoulos S., Koch G. 2011. Wood structure and to pochemistry of *Juniperus excelsa*. IAWA Journal 32 (1) : 67-76.
- Beikircher B., Mayr S. 2008. The hydraulic architecture of *Juniperus communis* L. ssp. communis: shrubs and trees compared. Plant, Cell & Environment 31 (11): 1545-1556.
- Bobirski J. 1979. Cechy i właściwości jałowca pospolitego *Juniperus communis* L. Rocznik Dendrologiczny 32: 33-49.
- Boratyńska K., Boratyński A. 1978. *Juniperus communis* L. – Jałowiec pospolity. W: Atlas rozmieszczenia drzew i krzewów w Polsce 25. PWN, Warszawa – Poznań.
- EN-13556:2003. Round and sawn timber – Nomenclature of timbers used in Europe.
- Galewski W., Korzeniowski A. 1958. Atlas najważniejszych gatunków drewna. Państwowe Wydawnictwo Rolnicze i Leśne, Warszawa.
- Gordien A. Y., Gray A. I., Franzblau S. G., Seidel V. 2009. Antimycobacterial terpenoids from *Juniperus communis* L. (*Cupressaceae*). Journal of Ethnopharmacology 126 (3): 500-505.
- Gospodarstwo domowe – Użyteczność Jałowcu. 1829. Sławianin. Tygodnik dla rzemiosł, rolnictwa, handlu, domowego gospodarstwa i dla potrzeb praktycznego życia w ogólności. 21 marca 1829. 121-124.
- Gross K. A., Ezerietis E. 2003. Juniper wood as a possible implant material. Journal of Biomedical Materials Research A, 64A (4): 672-683.
- Grzeskowiak M., Bednorz L. 2002. Zmienność morfologiczna szyszkogągód jałowca pospolitego *Juniperus communis* L. subsp. *comm unis* w Nadleśnictwie Kaliska (Bory Tucholskie). Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu 347, Seria Botanika 5: 71-78.
- Hänninen T., Kontturi E., Leppänen K., Serimaa R., Vuorien T. 2011. Kraft pulping of *Junniperus communis* results in paper with unusually high elasticity. BioResources 6 (4): 3824-3835.
- Hänninen T., Tukiainen P., Svedström K., Serimaa R., Saranpää P., Kontturi E., Hughes M., Vuorinen T. 2012. Ultrastructural evaluation of compression wood-like properties of common juniper (*Juniperus communis* L.). Holzforschung 66 (3): 389-395.
- ISO 3129:1975. Wood – Sampling methods and general requirements for physical and mechanical tests.
- ISO 3130:1975. Wood – Determination of moisture content for physical and mechanical tests.
- ISO 3131:1975. Wood – Determination of density for physical and mechanical tests.
- ISO 3133:1975. Determination of ultimate strength in static bending.
- ISO 3787:1976. Wood – Test methods – Determination of ultimate stress in compression parallel to grain.
- ISO 4858:1982. Wood – Determination of volumetric shrinkage.
- Kozłowska M., Bednorz L., Grzeskowiak M. 2005. Variability of *Juniperus communis* subsp. *communis* based on phenolics accumulation and glucosidase activity. Dendrobiology 54: 29-33.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. PWN, Warszawa.
- Nakanishi T., Iida N., Inatomi Y., Murata H., Inada A., Murata J., Lang F. A., Iinuma M., Tanaka T. 2004. Neolignan and flavonoid glycosides in *Juniperus communis* var. *depressa*. Phytochemistry 65 (2): 207-213. doi: 10.1016/j.phytochem.2003.10.025.
- Nawrocka-Grzeskowiak U., Kolański J. 2012. Jałowiec pospolity (*Juniperus communis* L.) w lasach i jego rozmazanie. Zarządzanie Ochroną Przyrody w Lasach 6: 68-76.
- PN-D-04100:1977. Drewno. Oznaczanie wilgotności.
- PN-D-04101:1977. Drewno. Oznaczanie gęstości.
- PN-D-04102:1979. Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien.
- PN-D-04103:1968. Fizyczne i mechaniczne własności drewna. Oznaczanie wytrzymałości na zginanie statyczne.
- PN-D-04105:1979. Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na ścinanie wzdłuż włókien.



- PN-D-04107:1981. Drewno. Oznaczanie wytrzymałości na rozciąganie wzdłuż włókien.
- PN-D-04109:1954. Fizyczne i mechaniczne własności drewna. Badanie twardości metodą Janki.
- PN-D-04111:1982. Drewno. Oznaczanie skurczu i spęcznienia.
- PN-D-04117:1963. Fizyczne i mechaniczne właściwości drewna. Oznaczanie współczynnika sprężystości przy zginaniu statycznym.
- Poulsen J. S., Moran P. N., Shih C. F., Byskov E. 1997. Kink band initiation and band broadening in clear wood under compressive loading. *Mech. Mater.* 25 (2): 67-77.
- Rozmaitości. Wieloraki użytek z Jałowcu (*Juniperus communis*). 1836. *Sylvan* 12 (1-2): 257-263.
- Schoch W., Heller I., Schweingruber F. H., Kienast F. 2004. Wood anatomy of central European Species.
- Schweingruber F. H. 1990. Anatomie europäischer Hölzer: Ein Atlas zur Bestimmung europäischer Baum-, Strauch- und Zwergstrauchhölzer. Anatomy of European wood: An atlas for the identification of European trees, shrubs and draft shrubs. Paul Haupt, Bern -Stuttgart.
- Seneta W. 1981. Drzewa i krzewy iglaste. PWN, Warszawa.
- Vorreiter L. 1949. Holztechnologisches Handbuch. Część I: Allgemeines, Holzkunde, Holzschutz und Holzvergiftung. Georg Fromme & Co., Wiedeń.
- Wagenführ R. 2007. Holzatlas. 6., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Mit zahlreichen Abbildungen. Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, München.
- Życzkowski W. 2006. Badanie podstawowych właściwości fizycznych i mechanicznych drewna jałowca pospolitego (*Juniperus communis* L.). Praca inżynierska. Katedra Nauki o Drewnie i Ochrony Drewna WTD SGGW, Warszawa.