

**TOMASZ JELONEK, WITOLD PAZDROWSKI, MAGDALENA ARASIMOWICZ-  
-JELONEK, ARKADIUSZ TOMCZAK**

## Właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) pochodzącej z gruntów porolnych

Properties of wood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on former  
farmlands

### ABSTRACT

Jelonek T., Pazdrowski W., Arasimowicz-Jelonek M., Tomczak A. 2010. Właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) pochodzącej z gruntów porolnych. Sylwan 154 (5): 299-311.

Analyses were conducted on wood from twelve Scots pines from northern Poland, aged 102 to 110 years, growing on former farmland and on forest grounds. The study was an attempt to determine basic density of wood, compressive strength along the grain, bending strength of absolutely dry wood and wood with moisture content above saturation point. Desorption strengthening was determined for analyzed strength properties of wood. Wood properties were determined in terms of juvenile and mature wood zones. Generally pines growing on former farmlands were characterized by wood with higher density and slightly lower strength than pines growing on typical forest soils. Conducted investigations indicate varied structure and properties of wood tissue formed in pines growing on former farmlands, which is different from that of typical forest soils.

### KEY WORDS

Scots pine, wood quality, basic density, former farmland, juvenile wood, mature wood, desorption strengthening

### ADDRESSES

Tomasz Jelonek <sup>(1)</sup> – e-mail: tomasz.jelonek@op.poznan.pl  
Witold Pazdrowski <sup>(1)</sup> – e-mail: pazdroww@owl.au.poznan.pl  
Magdalena Arasimowicz-Jelonek <sup>(2)</sup> – e-mail: arasim@amu.edu.pl  
Arkadiusz Tomczak <sup>(1)</sup> – e-mail: arkadiusz.tomczak@up.poznan.pl

<sup>(1)</sup> Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań

<sup>(2)</sup> Katedra Ekofizjologii Roślin; Uniwersytet Adama Mickiewicza; ul. Umultowska 89; 61-614 Poznań

## Wstęp

W nauce rozwinęły się dwa kierunki badające czynniki determinujące jakość tworzonego drewna. Pierwszy z nich zajmuje się dziedziczeniem cech i identyfikacją genów odpowiedzialnych za jakość surowca drzewnego. Badaniem zagadnienia związanego z dziedzicznością cech zajmowali się między innymi Sterky i in. [1998], Allona i in. [1998], Wodzicki [2001] oraz Fujimoto i in. [2008]. Drugi z kierunków obejmuje badania nad wpływem czynników zewnętrznych na kształtowanie się jakości tkanki drzewnej [Pazdrowski, Sptawa-Neyman 1993; Persson i in. 1995; Plomon i in. 2001; Jelonek i in. 2008, 2009]. Pomimo iż jest on znacznie starszy oraz lepiej poznany od pierwszego, nie wyjaśnia w pełni wszystkich zależności pomiędzy czynnikami egzogennymi a budową oraz właściwościami drewna.

Cechy charakterystyczne drewna to złożony skład chemiczny oraz specyficzna dla poszczególnych gatunków budowa anatomiczna. Dlatego też podobne różnice dotyczą właściwości

fizycznych i mechanicznych drewna. Nawet w obrębie jednego gatunku mogą występować pewne różnice w budowie i właściwościach drewna w zależności od warunków jego wzrostu i rozwoju, np. warunków siedliskowych, wieku oraz części drzewa, z jakiej pochodzi badane drewno [Fabijanowski 1961; Krzysik 1978; Pazdrowski i in. 1997; Kokociński 2004, Jelonek i in. 2005]. Występującą w ramach pojedynczego drzewa zmienność właściwości drewna wyjaśnić można między innymi obecnością drewna młodocianego i dojrzałego [Thörnqvist 1993; Brüchert i in. 2000; Alteyrac i in. 2006; Jelonek i in. 2009]. W porównaniu do drewna dojrzałego, drewno młodociane charakteryzuje się niższą gęstością, niezależnie od szerokości słoń rocznych, przeciętnie krótszymi cewkami, niższym udziałem drewna późnego oraz wyższym udziałem ligniny [Zobel, Sprague 1998].

Gęstość drewna sosny jest stosunkowo dobrze poznana. W Polsce zagadnieniem tym zajmował się między innymi Kobyliński [1967] i Paschalis [1980]. Podjęto również szereg prób dążących do określenia wpływu na gęstość drewna czynników kształtujących warunki wzrostu i rozwoju drzew [Lindström 1996; Herman i in. 1998; Saranpää 2003]. Właściwości mechaniczne drewna, w tym przede wszystkim wytrzymałość, są zależne od jego wilgotności, lecz dotyczy to tylko przedziału higroskopijnego, a więc między 0 a 30% wilgotności bezwzględnej. Wpływ wody związanej na mechaniczne właściwości drewna nie jest jednakowy w całym przedziale higroskopijnym [Stamm 1964; Grzeczynski 1975]. W miarę spadku wilgotności drewna od stanu nasycenia włókien wzrasta jego wytrzymałość. Prawidłowość tę określa się jako wzmocnienie desorpcyjne i ma ono charakter odwracalny, to znaczy jego wartość jest przyporządkowana określonej wilgotności drewna niezależnie od tego czy aktualnie wilgotność drewna maleje, czy wzrasta [Grzeczynski 1975]. Zjawisko to można powiązać z chemiczną budową drewna, a dokładniej z udziałem i formą hydrofilowej celulozy oraz hemiceluloz, jakie występują w tkance drzewnej.

Z uwagi na duże znaczenie gruntów porolnych w światowej gospodarce leśnej, uzasadnionym wydaje się prowadzenie badań nad właściwościami drewna pochodzącego z drzewostanów wzrastających w tych nietypowych dla produkcji leśnej warunkach. Celem niniejszej pracy była próba określenia i porównania wybranych właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej na glebach porolnych i leśnych. W pracy analizowano podstawowe właściwości pozwalające ocenić jakość techniczną surowca drzewnego, tj. gęstość drewna, wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien, zginanie statyczne oraz wzmocnienie desorpcyjne.

## Materiał i metody badań

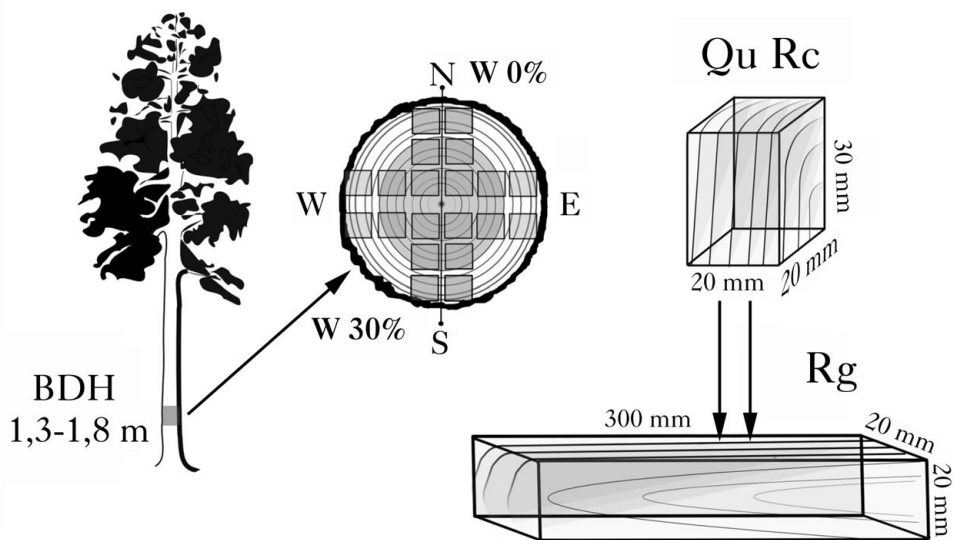
Badania przeprowadzono w dojrzałych monokulturach sosnowych wyrosłych w warunkach optymalnych dla tego gatunku lasotwórczego w tej szerokości geograficznej na gruntach porolnych i leśnych na terenie północnej Polski.

Na każdej z czterech powierzchni badawczych wyznaczono jednohektarową powierzchnię próbną, na której pomierzono pierśnicę wszystkich drzew oraz wysokość proporcjonalnie do liczebności w przyjętych dwucentymetrowych stopniach grubości. Na podstawie uzyskanej charakterystyki grubościowo-wysokościowej drzew wyznaczono za pomocą metody Uricha II [Grochowski 1973] dwanaście drzew próbnych reprezentujących trzy pierwsze klasy według klasyfikacji podanej przez Krafta [1884] (tab. 1). Drzewa modelowe wybrano i ścięto. Następnie pobrano z nich materiał do analizy makrostrukturalnych cech drewna, jak również fizycznych oraz mechanicznych właściwości drewna, tj. gęstości umownej (Qu), wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien (Rc) oraz zginania statycznego (Rg). Materiał do badań laboratoryjnych pochodził z trzycentymetrowych krążków oraz 50-centymetrowych wyrzynków pobranych z odległości 1,3-1,8 m od płaszczyzny rządu ścinającego. Schemat pobierania materiału badawczego przedstawia rycina 1.

Tabela 1.

Charakterystyka drzew modelowych  
Characteristics of sample trees

Warunki wzrostu	Siedlisko	Klasa Krafta	Bonitacja	Wiek [lata]	Pierśnica [cm]	Wysokość [m]	Mięszość [m <sup>3</sup> ]
Leśne	Bśw	I	I	110	37,0	26,9	1,179
52° 10' 26" N	Bśw	II	I	105	30,0	26,2	0,826
18° 51' 9" E	Bśw	III	I	102	22,5	25,4	0,509
Porolne	Bśw	I	I	110	33,0	23,9	0,944
52° 10' 26" N	Bśw	II	I	108	30,5	23,0	0,728
18° 51' 9" E	Bśw	III	I	107	25,0	20,0	0,446
Leśne	BMśw	I	II	106	37,0	28,3	1,388
52° 10' 26" N	BMśw	II	II	102	34,0	27,4	1,045
18° 51' 9" E	BMśw	III	II	100	31,0	26,0	0,816
Porolne	BMśw	I	II	112	37,0	27,1	1,301
52° 10' 26" N	BMśw	II	II	110	33,0	24,7	0,811
18° 51' 9" E	BMśw	III	II	106	27,5	23,8	0,603



Ryc. 1.

Schemat pobierania materiału do prac laboratoryjnych

Diagram of collection of material for tests of physical and mechanical wood properties

W pierwszej kolejności na pobranych krążkach zmierzono szerokość drewna wczesnego i późnego w kolejnych przyrostach rocznych. Pomiarów dokonano przyrostomierzem elektronicznym sprzężonym z komputerem. Obliczono też stosunek szerokości strefy drewna późnego do wczesnego w poszczególnych słojach rocznych pobranych krążków ze strzał drzew próbnych. Wyliczone tą drogą wartości były podstawą rozgraniczenia występowania na płaszczyźnie przekroju kolejnych krążków drewna młodocianego oraz dojrzałego [Splawa-Neyman 1976; Pazdrowski 1994].

W dalszej kolejności w każdej z wyznaczonych stref oznaczono metodą stereometryczną gęstość umowną drewna oraz analizowane właściwości mechaniczne. Wytrzymałość na ściskanie

wzdłuż włókien oraz zginanie statyczne określono na maszynie wytrzymałościowej Tira Test 2300 zaopatrzonej w oprogramowanie komputerowe firmy Matest Service. Wszystkie oznaczenia dokonano z dokładnością do 0,01 MPa. Analizy wytrzymałości dokonano w strefie drewna młodocianego oraz dojrzałego. Oznaczono wytrzymałość na próbkach absolutnie suchych oraz na próbkach mokrych, których wilgotność przekraczała punkt nasycenia włókien (30%). W następnym kolejności na podstawie różnicy w wytrzymałości drewna absolutnie suchego i drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien określono wzmocnienie desorpcyjne [Grzeciński 1975; Jelonek i in. 2008]. Wilgotność drewna oznaczono metodą suszarkowo-wagową (PN-77/D-04100). Badania mechaniczne właściwości drewna realizowano zgodnie z założeniami właściwych norm przedmiotowych (PN-79/D-04102 oraz PN-77/D-04103). Uzyskany materiał empiryczny analizowano w pakiecie statystycznym Statistica 8.0 PL.

## Wyniki

W pracy przeanalizowano wpływ rodzaju gruntu na właściwości fizyczne i mechaniczne drewna sosny zwyczajnej z uwzględnieniem strefy drewna młodocianego oraz dojrzałego. Rozpatrywane właściwości drewna cechowały się rozkładem zbliżonym do rozkładu normalnego.

Gęstość umowna drewna pochodzącego z drzew wyrosłych w warunkach gruntów porolnych średnio wyniosła  $472 \text{ kg/m}^3$  i była istotnie większa w porównaniu z gęstością drewna sosen wyrosłych w warunkach siedlisk leśnych (tab. 2). Ponadto sosny pochodzące z gleb użytkowanych uprzednio rolniczo cechowały się drewnem o nieznacznie większej zmienności opisywanej cechy. Gęstość w strefie drewna młodocianego zarówno u drzew wyrosłych na gruntach porolnych ( $435 \text{ kg/m}^3$ ), jak i leśnych ( $408 \text{ kg/m}^3$ ) była nieznacznie niższa od gęstości drewna dojrzałego, która wyniosła odpowiednio 479 i  $467 \text{ kg/m}^3$  (ryc. 2). Analiza gęstości umownej drewna przeprowadzona z uwzględnieniem rozgraniczonych stref drewna nie wykazała statystycznie istotnych różnic pomiędzy porównywanymi grupami drzew, jak i w obrębie grup.

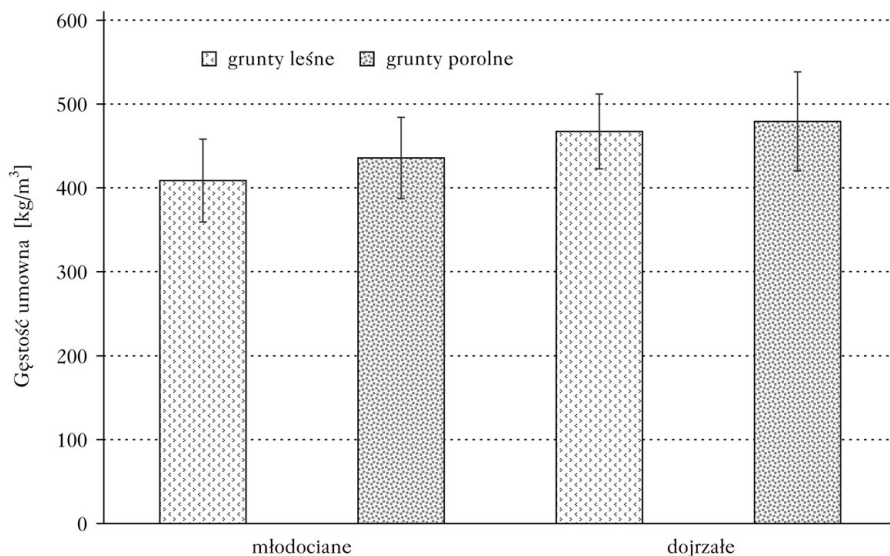
Wytrzymałość drewna absolutnie suchego była około trzykrotnie większa niż drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien. Różnice te są statystycznie istotne. Zarówno w przypadku zginania statycznego, jak i ściskania wzdłuż włókien drewna absolutnie suchego większą wytrzymałość uzyskano u sosen wyrosłych w warunkach gruntów leśnych. Natomiast drewno o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien poddane analizowanym próbom wytrzymałościowym wykazywało większe wartości u drzew pochodzących z gruntów porolnych (tab. 3). Ryciny 3 oraz 4 przedstawiają średnią wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien ( $R_c$ ) oraz zginanie statyczne ( $R_g$ ) dla strefy drewna młodocianego i dojrzałego o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien oraz drewna absolutnie suchego. Drewno młodociane charakteryzuje się statystycznie istotnie mniejszymi wartościami wytrzymałości na zginanie statyczne oraz

Tabela 2.

Gęstość umowna drewna  
Basic density of wood

	Średnia [ $\text{kg/m}^3$ ]	Odchylenie standar- dowe [ $\text{kg/m}^3$ ]	Błąd standar- dowy [ $\text{kg/m}^3$ ]	Współczynnik zmienności [%]			
Leśne	430,26	48,45	5,63	11,26			
Porolne	472,31	58,95	7,05	12,48			
Ogół grup.	450,70	57,62	4,80	12,78			
Analiza wariancji							
SS – Efekt	df – Efekt	MS – Efekt	SS – Błąd	df – Błąd	MS – Błąd	F	p
63623,24	1	63623,24	411117,4	142	2895,193	21,97548	0,000006

ściskanie wzdłuż włókien niż drewno dojrzałe. Drewno sosen wyrosłych w warunkach gleb leśnych zarówno w przypadku ściskania wzdłuż włókien, jak i zginania statycznego cechowało się nieznacznie większymi wartościami niż drewno sosen pochodzących z gruntów porolnych, jednak uzyskane różnice nie były istotne statystycznie (ryc. 3). Analiza właściwości mechanicznych drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien wykazała nieznacznie mniejsze wartości rozpatrywanych właściwości w przypadku drewna młodocianego. Uzyskane wyniki nie były jednak istotne statystycznie. Nie stwierdzono również istotnych różnic w wytrzymałości na zginanie statyczne oraz ściskanie wzdłuż włókien pomiędzy drewnem pochodzących z gruntów porolnych i leśnych (ryc. 4). Zauważono natomiast, iż drewno maksymalnie nasycone wodą



Ryc. 2.

Gęstość umowna drewna

Basic density wood

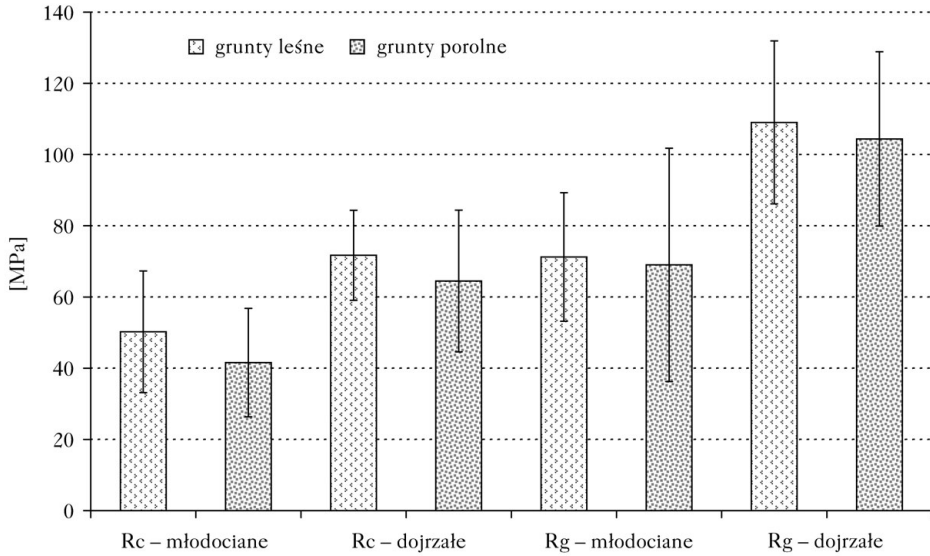
grunty leśne – forest; grunty porolne – former farmlands

Tabela 3.

Właściwości mechaniczne drewna sosny zwyczajnej wyrosłej w warunkach gruntów porolnych oraz leśnych  
Mechanical properties of wood of Scots pines growing on former farmland and forest soils

	Warunki wzrostu	Średnia [MPa]	Minimum [MPa]	Maksimum [MPa]	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
R <sub>g</sub>	W <sub>0</sub> Leśne	90,27	47,47	165,32	28,432	31,50
	W <sub>0</sub> Porolne	86,71	36,73	152,80	27,450	31,66
	W <sub>30</sub> Leśne	44,45	23,53	67,65	9,030	20,31
	W <sub>30</sub> Porolne	49,04	32,77	78,07	10,466	21,34
R <sub>c</sub>	W <sub>0</sub> Leśne	60,97	26,74	95,08	16,231	26,62
	W <sub>0</sub> Porolne	53,03	25,44	100,45	21,250	40,07
	W <sub>30</sub> Leśne	19,85	9,76	26,06	3,604	18,16
	W <sub>30</sub> Porolne	20,30	10,71	30,19	4,830	23,79

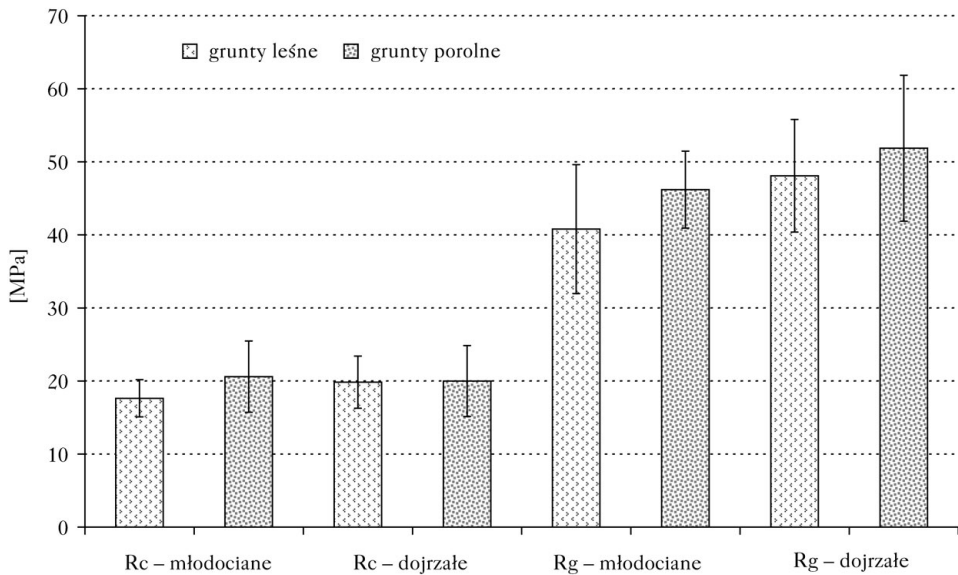
R<sub>c</sub> – ściskanie wzdłuż włókien / compressive strength along the grainR<sub>g</sub> – zginanie statyczne / static bending strength



Ryc. 3.

Średnia wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien (Rc) oraz zginanie statyczne (Rg) drewna absolutnie suchego

Mean compressive strength along the grain (Rc) and static bending strength (Rg) in dry samples of wood oznaczenia jak na ryc. 2, description as in fig. 2.



Ryc. 4.

Średnia wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien (Rc) oraz zginanie statyczne (Rg) drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien

Mean compressive strength along the grain (Rc) and static bending strength (Rg) in wet samples of wood oznaczenia jak na ryc. 2, description as in fig. 2.

charakteryzuje się znacznie mniejszym odchyleniem standardowym analizowanych właściwości mechanicznych drewna niż drewno absolutnie suche.

W celu pełnej analizy właściwości badanego w pracy drewna określono średnie wzmocnienie desorpcyjne dla wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien oraz wytrzymałości na zginanie statyczne (tab. 4). Drewno sosen wyrosłych na glebach leśnych cechowało się istotnie wyższym wzmocnieniem desorpcyjnym niż drewno pochodzące z gruntów porolnych (tab. 4). Średnie wzmocnienie desorpcyjne ściskania wzdłuż włókien wyniosło 49 MPa dla drewna sosen wyrosłych na glebach leśnych i 40 MPa – u sosen pochodzących z gruntów porolnych. Natomiast wzmocnienie desorpcyjne zginania statycznego drewna sosen pochodzących z gleb leśnych wyniosło 57 MPa, a drewna sosen pochodzących z gruntów porolnych – 48 MPa. Zauważono również, iż sosny pochodzące z gleb leśnych charakteryzują się drewnem o znacznie mniejszym współczynniku zmienności wzmocnienia desorpcyjnego niż drzewa pochodzące z gruntów porolnych (tab. 4). Następnie analizie poddano kształtowanie się wzmocnienia desorpcyjnego u porównywanych grup drzew z uwzględnieniem strefy drewna młodocianego oraz dojrzałego. Wyniki testu RIR Tukeya wskazują, iż drewno młodociane charakteryzowało się statystycznie istotnie mniejszym wzmocnieniem desorpcyjnym (tab. 5, ryc. 5). W przypadku zginania statycznego istotnie mniejszym wzmocnieniem desorpcyjnym (20,4 MPa) charakteryzowało się drewno młodociane sosen wyrosłych na gruntach porolnych (tab 4, ryc. 5). Nie stwierdzono natomiast istotnych statystycznie różnic między wzmocnieniem desorpcyjnym w drewnie dojrzałym analizowanych sosen.

W pracy podjęto również próbę określenia modelu promieniowej zmienności wzmocnienia desorpcyjnego zginania statycznego oraz ściskania wzdłuż włókien. Rycina 6 obrazuje oparty na średnich rozkład promieniowy model wzmocnienia desorpcyjnego w kierunku północ-południe dla sosen pochodzących z gleb leśnych oraz gruntów porolnych. Przebieg analizowanej właściwości drewna na promieniu jest nieregularny i stopniowo rośnie w kierunku od rdzenia ku obwodowi pnia. W przypadku rozkładu wzmocnienia desorpcyjnego na promieniu u analizowanych drzew w początkowej strefie drewna dojrzałego występuje jego gwałtowny wzrost, a następnie spadek, tworzący sinusoidę. Jest to wyraźniej zauważalne w drewnie sosen wyrosłych w warunkach gleb leśnych. Ponadto sosny te cechowały się na przekroju północnym większym wzmocnieniem desorpcyjnym niż sosny wyrosłe na gruntach porolnych. Na promieniu południowym nie stwierdzono wyraźnych różnic w przebiegu zmienności analizowanej właściwości. W celu określenia zależności pomiędzy analizowanymi w pracy właściwościami drewna przeprowadzono analizę korelacji rang Spearmana (tab. 5). Statystycznie istotne zależności wystąpiły między wytrzymałością drewna na ściskanie oraz zginanie statyczne. Stwierdzono również istotne zależności

**Tabela 4.**

Charakterystyka statystyczna wzmocnienia desorpcyjnego drewna sosny zwyczajnej wyrosłej w warunkach gruntów porolnych oraz leśnych

Statistical characteristics desorption strengthening of wood of Scots pines growing on former farmland and forest soils

Wzmocnienie desorpcyjne	Warunki wzrostu	Średnia	Minimum	Maksimum	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Rg	Leśne	57,03	3,83	113,23	25,26	44,29
	Porolne	48,10	3,24	102,22	26,58	55,26
Rc	Leśne	48,52	6,45	74,32	16,39	33,78
	Porolne	40,17	8,26	77,22	19,72	49,09

Rc – ściskanie wzdłuż włókien / compressive strength along the grain

Rg – zginanie statyczne / static bending strength

Tabela 5.

Korelacja porządku rang Spearmana wytrzymałości drewna na ściskanie wzdluz włókien, zginanie statyczne próbek W0% i W30% oraz wzmocnienia desorpcyjnego drewna sosny zwyczajnej wyrosłej w warunkach gruntów porolnych oraz leśnych  
Results of HSD test for wood compressive strength along the grain, static bending strength in W0% and W30% and desorption strengthening of wood of Scots pines growing on former farmland and forest soils

	W0%		W30%		Qu [kg/m <sup>3</sup> ]	Wzmocnienie desorpcyjne	
	Rg [MPa]	Rc [MPa]	Rg [MPa]	Rc [MPa]		Rg [MPa]	Rc [MPa]
W0%	Rg [MPa] 0,323330*	Rc [MPa] 0,323330*	0,171401	0,13323	0,083222	0,924411*	0,284985*
	×	×	0,101025	0,183051	-0,100993	0,257292*	0,961200*
W30%	Rg [MPa] 0,171401	Rc [MPa] 0,101025	×	0,218015*	0,091629	-0,140479	0,061607
	0,13323	0,183051	0,218015*	×	0,150060	0,064848	0,033690
Qu [kg/m <sup>3</sup> ]	0,083222	-0,100993	0,091629	0,150060	×	0,021688	-0,066826
Wzmocnienie desorpcyjne	Rg [MPa] 0,924411*	Rc [MPa] 0,257292*	-0,140479	0,064848	0,021688	×	0,223432*
	0,284985*	0,961200*	0,061607	0,033690	-0,066826	0,223432*	×

\* Wartości istotne z p < 0,05; \* values significant at p < 0,05

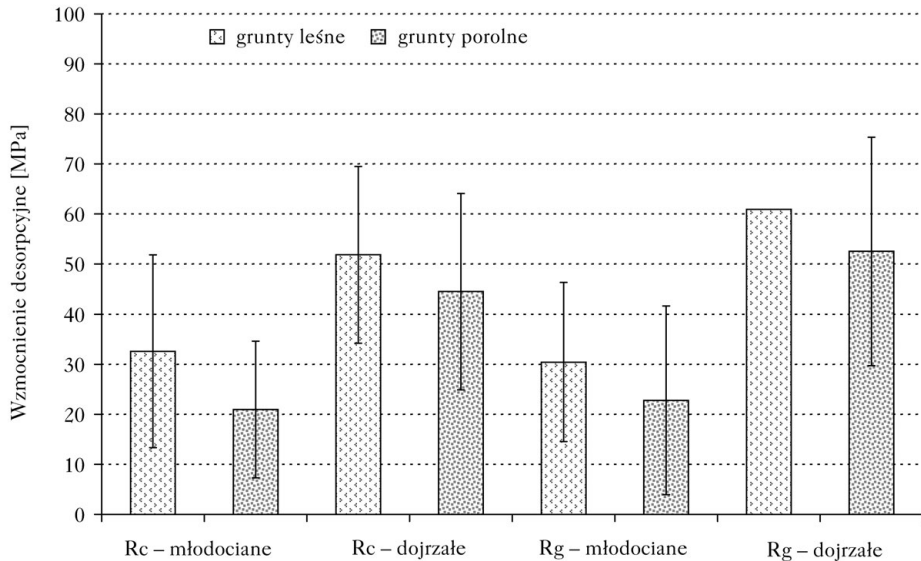
między wzmocnieniem desorpcyjnym a wytrzymałością drewna absolutnie suchego. Nie stwierdzono natomiast istotnych zależności między analizowanymi właściwościami mechanicznymi a gęstością umowną drewna.

## Dyskusja

Średnia gęstość umowna badanego drewna, tj. 450 kg/m<sup>3</sup>, jest zbliżona do gęstości drewna tego gatunku w tym położeniu geograficznym [Trendelenburg, Mayer-Wegelin 1955; Paschalis 1980]. Mimo iż stwierdzono istotne różnice w gęstości drewna na korzyść sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych w stosunku do leśnych, to analizy z uwzględnieniem strefy drewna młodocianego i dojrzałego nie wykazały różnic między porównywanymi grupami drzew. Nie stwierdzono również istotnych różnic w wytrzymałości drewna na ściskanie wzdluz włókien oraz zginanie statyczne między drewnem pochodzącym z drzew wyrosłych w warunkach gruntów porolnych i leśnych. Wystąpiły one w przypadku wytrzymałości drewna absolutnie suchego oraz drewna o wilgotności powyżej nasycenia włókien. Zjawisko zmiany wytrzymałości drewna w przedziale higroskopijnym wiąże się z sumaryczną siłą wiązań międzycząsteczkowych w poszczególnych etapach adsorpcji bądź desorpcji. Ścisłe z tym procesem związana jest zmiana wytrzymałości drewna w zależności od wilgotności w przedziale higroskopijnym. Wytrzymałość drewna przy wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien nazywana też wytrzymałością drewna mokrego lub wytrzymałością podstawową. Obrazuje ona aktualną jakość drewna jako materiału konstrukcyjnego i jest uwarunkowana wiązaniami pierwotnymi [Grzeczynski 1975, 1985]. Nie budzi więc wątpliwości uzyskana duża różnica w wytrzymałości między drewnem absolutnie suchym a drewnem maksymalnie spęczniałym (tab. 3, ryc. 3, 4).

Bezpośrednio z opisanym wyżej zjawiskiem związane jest wzmocnienie desorpcyjne. Jest ono bowiem uwarunkowane submikroskopową oraz chemiczną budową drewna. Dlatego też drewno sosen pochodzących z gruntów porolnych, u których stwierdzono mniejszą niż w drewnie drzew





Ryc. 5.

Wzmocnienie desorpcyjne ściskania wzdłuż włókien (Rc) oraz zginania statycznego (Rg) drewna sosny zwyczajnej

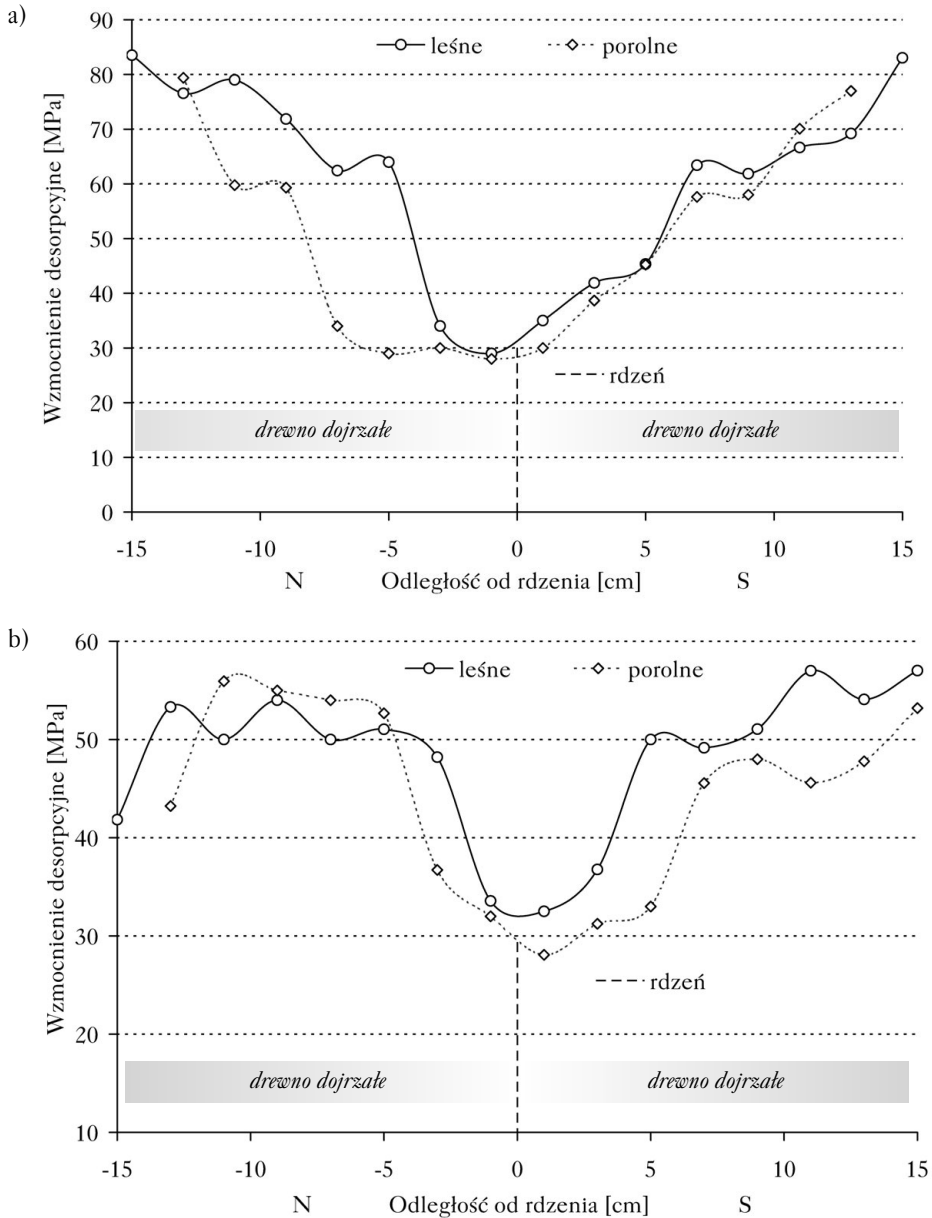
Desorption strengthening of compressive strength along the grain (Rc) and static bending strength (Rg) of Scots pines wood

oznaczenia jak na ryc. 2; description as in fig. 2.

z gleb leśnych wytrzymałość drewna absolutnie suchego i większą wytrzymałość drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien, cechowało się istotnie mniejszym wzmocnieniem desorpcyjnym zarówno w przypadku ściskania, jak i zginania statycznego. Może to w dużym uproszczeniu wyrażać różnicę w chemicznej budowie drewna sosen różniących się warunkami wzrostu (grunty porolne i leśne). W tym wypadku przez chemiczną budowę drewna należy rozumieć przede wszystkim udział w tkance drzewnej hydrofilowej celulozy i hemiceluloz. Wzrost udziału celulozy krystalicznej w stosunku do amorficznej będzie najprawdopodobniej skutkowało zmniejszeniem się wzmocnienia desorpcyjnego.

Na uwagę zasługują również występujące różnice między strefą drewna młodocianego oraz dojrzałego we właściwościach mechanicznych, przede wszystkim – we wzmocnieniu desorpcyjnym. Znacznie mniejsze wartości tej cechy, jakie stwierdzono w strefie drewna młodocianego, są zapewne wynikiem większego udziału lignin w strefie juwenilnej w stosunku do strefy dojrzałej tkanki drzewnej [Zobel, Sprague 1998]. Uzyskane w pracy wyniki mogą dać podstawę do opracowania dosyć dokładnych, a zarazem prostych, narzędzi rozgraniczania w układzie promieniowym omawianych stref drewna (ryc. 6). Ponadto pod dyskusję należy poddać dość nietypowy układ otrzymanych wyników. Przy większej gęstości drewna sosen pochodzących z gruntów porolnych, uzyskano mniejszą wytrzymałość drewna absolutnie suchego. Natomiast przy mniejszej gęstości drewno sosen z gleb leśnych cechowało się wysoką wytrzymałością.

Wielu autorów podaje, że występuje wyraźny związek między gęstością drewna a jego właściwościami mechanicznymi [Krzysik 1978; Pazdrowski 1988; Barnett, Jeronimidis 2003; Saranpää 2003], jak również między wytrzymałością a wilgotnością drewna [Grzeźczyński 1967, 1975, 1985]. Uzyskane wyniki nie w pełni potwierdzają tę prawidłowość. Nie stwierdzono istotnych różnic w gęstości drewna pomiędzy jego strefą juwenilną a dojrzałą. Oznaczałoby to, iż gęs-



Ryc. 6.

Zmienność promieniowa wzmocnienia desorpcyjnego

Radial variability of desorption strengthening

a – zginięcie statyczne; b – ściskanie wzdłuż włókien

a – static bending strength; b – compressive strength along the grain

tość tkanki drzewnej nie zawsze jest dobrym wykładnikiem do rozróżnienia drewna uznawanego za młodociane oraz dojrzałe. Należałoby więc podkreślić, iż gęstość drewna jest ważną właściwością fizyczną uwarunkowaną wieloma czynnikami, z których niebagatelną rolę odgrywa najprawdopodobniej chemiczna oraz mikrostrukturalna budowa tkanki drzewnej (ścian komórkowych)

i stosownie do tego wpływa na wytrzymałość drewna. Różnice we właściwościach drewna między sosnami pochodzącymi z gruntów porolnych i leśnych mogą być wynikiem biomodyfikacji tkanki drzewnej na poziomie ultrastruktury ściany komórkowej. Powszechne w przyrodzie naturalne modyfikacje tkanki drzewnej postępują najczęściej z wiekiem, czego przykładem jest np. depolimeryzacja łańcuchów celulozy związana z procesem starzenia się tkanki drzewnej.

Przeprowadzone badania mogą świadczyć o istotnym wpływie gruntów porolnych na kształtowanie się cech i właściwości tkanki drzewnej. Jednocześnie nie wyczerpują w pełni poruszonego problemu i zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia zasadnym jest prowadzenie dalszych badań mających na celu poznanie jak największej liczby czynników kształtujących właściwości tkanki drzewnej i ostatecznie wyjaśnienie przedstawionego problemu.

## Wnioski

- ✦ Drewno sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych cechowało się większą gęstością umowną i mniejszą wytrzymałością drewna absolutnie suchego niż drewno sosen pochodzących z gleb leśnych. W przypadku analizowanych właściwości mechanicznych, drewna maksymalnie spęczniałego, stwierdzono układ odwrotny, w którym właściwości drewna z gruntów porolnych były większe.
- ✦ Sosny wyrosłe w warunkach gleb leśnych charakteryzują się drewnem o znacznie wyższym wzmocnieniu desorpcyjnym ściskania wzdłuż włókien oraz zginania statycznego niż sosny pochodzące z gruntów porolnych.
- ✦ Wzmocnienie desorpcyjne wydaje się najlepszym spośród analizowanych wskaźnikiem do określania granicy pomiędzy drewnem młodocianym a dojrzałym.
- ✦ Nie stwierdzono statystycznie istotnego związku pomiędzy gęstością drewna a jego wytrzymałością na ściskanie wzdłuż włókien oraz zginanie statyczne. Nie stwierdzono również istotnych różnic w gęstości drewna pomiędzy strefą młodocianą a dojrzałą drewna.

## Literatura

- Allona I., Quinn M., Shoop E. 1998. Analysis of xylem formation in pine by DNA sequencing, Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA. Encyclopedia of Agricultural Science 4: 549-561.
- Alteyrac J., Cloutier A., Zhang S. Y. 2006. Characterization of juvenile wood to mature wood transition age in black spruce (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P.) at different stand densities and sampling heights Wood Science Technology 40: 124-138.
- Barnett J. R., Jeronimidis G. 2003. Mechanical properties important for structural applications. W: Wood Quality and its Biological Basis. Blackwell.
- Brüchert F., Becker G., Speck T. 2000. The mechanics of Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.): mechanical properties of standing trees from different thinning regimes. Forest Ecology and Management 135: 45-62.
- Fabijanowski J. 1961. Kilka uwag o badaniach dotyczących rasy sosny zwyczajnej w Polsce oraz o sosnie mazurowskiej. Sylwan 105 (4): 21-27.
- Fujimoto T., Kita K., Kuromaru M. 2008. Genetic control of intra-ring wood density variation in hybrid larch (*Larix gmelinii* var. *japonica*). Wood Sci Technol 42: 227-240.
- Grzeczyński T. 1967. Z zagadnień związanych z określeniem wytrzymałości drewna. Prace ITD 4: 25-30.
- Grzeczyński T. 1975. Badania nad zależnością wytrzymałości drewna od jego wilgotności. Prace ITD 3/4: 15-55.
- Grzeczyński T. 1985. Zależność wytrzymałości drewna od wartości kurczenia się jego przekroju obciążonego. Przemysł drzewny 12: 24-26.
- Herman M., Dutilleul P., Apella-Shaw T. 1998. Growth rate effects on temporal trajectories of ring width, wood density, and mean tracheid length in Norway spruce (*Picea abies* [L.] Karst.). Wood Fiber Science 30 (1): 6-17.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomeczak A. 2008. Biometric traits of wood and quality of timber produced in former farmland. Baltic Forestry 14/2 (27): 138-148.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomeczak A., Splawa-Neyman S. 2009. The effect of biological class and age on physical and mechanical properties of European Larch (*Larix deciduas* Mill.) in Poland. Wood Research 54 (1): 1-14.

- Jelonek T., Tomczak A., Jakubowski M., Pazdrowski W. 2005. Properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) timber growing on former arable and forest land. Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 4 (2): 35-47.
- Kobyliński F. 1967. Badania podstawowych technicznych właściwości drewna sosnowych drzewostanów nasiennych. Sylwan 111 (11): 53-61.
- Kokociński W. 2004. Drewno, pomiar właściwości fizycznych i mechanicznych. Katedra Nauki o Drewnie, Poznań.
- Kraft G. 1884. Beiträge zur Lehre von den Durchforstungen, Schlagstellungen und Lichtungshieben. Klindworth's Hannover.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. PWN Warszawa.
- Lindström H. 1996. Basic density in Norway spruce. Part 2. Predicted by stem taper, mean growth ring width, and factors related to crown development. Wood Fiber Science 28 (2): 240-251.
- Paschalis P. 1980. Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. Sylwan 124 (1): 29-43.
- Pazdrowski W. 1988. Wartość techniczna drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w zależności od jakości pni drzew w drzewostanach rębnych. Rocznik Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe 170.
- Pazdrowski W. 1994. Współzależność między niektórymi cechami ilościowymi koron drzew a makrostrukturą drewna sosen (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłych w warunkach BMśw. Sylwan 138 (11): 79-88
- Pazdrowski W., Sława-Neyman S. 1993. Badania wybranych właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na tle klas biologicznych w drzewostanie. Folia Forestalia Polonica seria B 24: 133-145.
- Pazdrowski W., Sława-Neyman S., Wróblewska H. 1997. Związek między więzłą zakładanych upraw a fizycznymi i chemicznymi właściwościami drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). 11 Konferencja Wydziału Technologii Drewna SGGW, Warszawa.
- Persson B., Persson A., Stahl E., Karlmatz U. 1995. Wood quality of *Pinus sylvestris* progenies at various spacing. Forest Ecology Management 76: 127-138
- Plomon C., Leprovost G., Stokes A. 2001. Wood Formation in Trees. Plant Physiology 127: 1513-1523.
- Saranpää P. 2003. Wood density and growth. W: Barnett J. R., Jeronimidis G. [red.]. Wood quality and its biological basis. Blackwell Publishing & CRC Press. Biological Sciences Series. 87-117.
- Sława-Neyman S. 1976. Sprawozdanie z badań nad wpływem sęków na właściwości tarcicy. Maszynopis ITD, Poznań.
- Stamm A. J. 1964. Wood and cellulose science. New York.
- Sterky F., Regan S., Karlsson J. 1998. Gene discovery in the wood-forming tissues of poplar. Proc Natl. Acad. Sci. USA 95: 13330-13335.
- Thörnqvist T. 1993. Juvenile wood in coniferous tress, Swedish Council for Building Research. Stockholm.
- Trendelenburg R., Mayer-Wegelin H. 1955. Das Holz als Rohstoff. München.
- Wodzicki T. J. 2001. Natural factor affecting wood structure, Wood Science and Technology 35: 5-26.
- Zobel B. J., Sprague J. R. 1998. Juvenile wood in forest trees. Springer Verlag Berlin Heidelberg New York.

## SUMMARY

### Properties of wood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on former farmlands

The study was an attempt to analyze the effect of external factors, in this case the type of soil, on physical and mechanical properties of wood of Scots pine in terms of juvenile and mature wood zones.

Studies were conducted on mature pine monocultures growing under optimal conditions for this forest-forming species at this latitude on former farmlands and typical forest soils. Analyses of properties of wood tissue were conducted in the juvenile and mature wood zones. Strength was determined on absolutely dry samples and on wet samples of moisture content exceeding saturation point (30%).

Despite significant differences observed in wood density with the advantage of pines growing on former farmland analyses taking into account juvenile and mature wood zones did not show differences between groups of trees compared in this study. No significant differences were found in compressive strength along the grain or bending strength between wood of trees growing on former farmland and those growing on typical forest soils either.

In turn, differences between juvenile and mature wood zones were observed in values of mechanical properties, especially in desorption strengthening.

Results recorded in this study may constitute the basis for the development of relatively accurate and at the same time simple tools for the differentiation in the radial section of the analyzed wood zones (fig. 6).