

## Promieniowa zmienność właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej na gruntach porolnych

Radial variation in the wood properties of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) grown  
on former agricultural soil

Arkadiusz Tomczak✉, Tomasz Jelonek

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, Katedra Użytkowania Lasu, ul. Wojska Polskiego 71A, 60-625 Poznań

✉ Tel. + 48 61 848 77 56, Fax +48 61 848 77 57, e-mail: arkadiusz.tomczak@up.poznan.pl

**Abstract.** The soil of former farmland greatly differs from forest soil, and significantly influences tree growth and development compared with other site factors. The effect may also be reflected indirectly in radial variability of wood. This study compared radial variation of wood density, compressive strength along the grain and static bending strength of wood of Scots pine trees growing on former farmland and forest soils. The analyses were conducted in eight mature pine stands. On the basis of the stand description, four stands were classified as growing on forest soil (L) and four as growing on former farmland soil (P). A total of 24 model trees were selected, twelve on each soil type. Analyses of wood properties were conducted along four axes from the cross sectional radius of the trees at breast height. Our analyses showed that radial variation in wood properties of Scots pine (from selected locations in Poland) growing on former farmland is similar to the variation among the control trees growing on forest soils. In both groups of trees, the lowest density and the lowest strength were in the pith (juvenile) zone. Wood with the highest density and greatest strength was located in the central part of the radius. Wood of Scots pine trees growing on former farmland soils in comparison to that of trees growing on forest soil was characterised by a statistically lower basic density, lower compressive strength along the grain and static bending strength.

**Key words:** basic density, static bending strength, compressive strength along fibers

### 1. Wstęp

Gatunki iglaste cechuje charakterystyczna zmienność właściwości drewna. Generalnie na przekroju poprzecznym pnia gęstość oraz wytrzymałość mechaniczna drewna rośnie wraz z wiekiem kambialnym (Kärenlampi, Riekkinen 2004). Zjawisko to ma związek między innymi ze zmianami zachodzącymi w makrostrukturze drewna i jest to głównie wyraz dojrzewania drzewa. Poza wiekiem drzewa na proces wykształcania tkanki drzewnej wpływ mają różnorodne czynniki środowiskowe. Grunty porolne są ekosystemem przekształconym, w którym szczególnie nieleśnym elementem jest gleba (Michalski et al. 2006). Pod wpływem zalesienia ulega ona przemianom (Alriksson, Olsson 1995; Ritter et al. 2003; Hagen-Thorn et al. 2004),

zwłaszcza pod względem porowatości, pH oraz zawartości podstawowych pierwiastków (Olszewska, Smal 2008; Smal, Olszewska 2008).

Gleba jest ważnym elementem siedliska wpływającym na warunki wzrostu i rozwoju drzew, a tym samym na budowę i właściwości drewna. Typ siedliskowy lasu ma wpływ na udział w pniach drzew drewna bielastego i twardego oraz młodego i dojrzałego (Jakubowski 2004). Pazdrowski i Spława-Neyman (1996) stwierdzili, że drewno sosny zwyczajnej wyrosłej na różnych typach siedliskowych lasu różni się istotnie pod względem gęstości, wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien oraz wytrzymałości na zginanie statyczne. Porównaniem właściwości drewna sosny pochodzącej z gruntów porolnych i leśnych zajmowali się między innymi Jelonek i inni (2005, 2008b, 2009).

Zaobserwowali oni, że drewno z drzewostanów powstałych z zalesień (porolnych) w porównaniu do drewna drzew wyrosłych na gruntach typowo leśnych charakteryzowało się przy wyższej gęstości umownej niższą wytrzymałością na zginanie statyczne oraz ściskanie wzdłuż włókien. Natomiast sosny wyrosłe w warunkach gleb leśnych charakteryzują się drewnem o znacznie wyższym wzmocnieniu desorpcyjnym ściskania wzdłuż włókien oraz zginania statycznego (Jelonek et al. 2010).

W praktyce leśnej dojrzałość techniczna drzewostanów równa jest dojrzałości rębnej. Drzewostan, który osiągnął dojrzałość rębną cechuje odpowiednia jakość oraz zdrowotność. Dalszy jego wzrost to okres obumierania i stopniowej deprecjacji drewna. Tomczak i inni (2009) obserwując zmiany ilościowe w budowie makrostrukturalnej drewna, zachodzące z wiekiem drzew, stwierdzili, że sosna wyrosła w warunkach gruntów porolnych może wcześniej osiągać dojrzałość techniczną. Podobny wniosek przytoczyć można na podstawie badań Jelonek i innych (2008a), w których obiektem analizy było drewno twarde. Z uwagi na fakt, że właściwości drewna są dobrym wskaźnikiem zmian, jakie zachodzą z wiekiem drzew oraz pod wpływem działania czynników zewnętrznych, można je wykorzystać do analogicznych porównań.

Celem pracy było porównanie zmienności promieniowej gęstości umownej, wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien i zginanie statyczne drewna sosny zwyczajnej wyrosłej w zróżnicowanych warunkach, określonych typem gruntu lub też sposobem jego użytkowania przed wprowadzeniem obecnego pokolenia drzew.

## 2. Metodyka badań

Badania przeprowadzono w ośmiu dojrzałych monokulturach sosnowych, V i VI klasy wieku, wyrosłych w optymalnych dla tego gatunku warunkach siedliskowych. Wybrano po dwie powierzchnie z terenu Nadleśnictw Drawsko Pomorskie, Trzebielino, Warcino (RDLP Szczecinek) i Olesno (RDLP Katowice). Na podstawie opisu taksacyjnego cztery z nich zaliczono do grupy wyrosłych na gruntach leśnych (L) i cztery do grupy wyrosłych w warunkach gruntów porolnych (P) (tab. 1). Za zalesienia porolne uznaje się drzewostany rosnące na tych gruntach w pierwszym pokoleniu, a także w drugim, jeżeli pierwsze z powodu chorób grzybowych nie dotrwało do wieku dojrzałości rębnej (Instrukcja Urządzania Lasu 2012). Przy wyborze drzewostanów z poszczególnych lokalizacji kierowano się kryteriami siedliskowego typu lasu oraz bonitacji, zakładając, że będą to identyczne cechy zarówno dla drzewostanu z gruntu porolnego, jak i leśnego.

W każdym drzewostanie na 0,5 hektarowej powierzchni próbnej zmierzono i uszeregowano w dwucentymetrowych stopniach grubości pierśnicę wszystkich drzew rosnących. Grupie drzew wybranej proporcjonalnie do liczby osobników w stopniu grubości zmierzono także wysokość. Wymiary drzew modelowych określono metodą Uricha I. Każdy drzewostan reprezentowały 3 drzewa (łącznie wybrano 24 drzewa). Średnia wysokość drzew modelowych w drzewostanach określanych jako porolne wynosiła  $24,7 \pm 2,6$  m, a pierśnica –  $34,3 \pm 8,5$  cm. Żywa korona cechowała się średnią średnicą równą  $5,6 \pm 1,4$  m i długością  $7,4 \pm 1,5$  m. Natomiast wymiary

**Tabela 1. Wybrane dane taksacyjne drzewostanów wytypowanych do badań**

Table 1. Selected taxation characteristics of stands with established mean sample plots

Lokalizacja Location	STL Forest habitat	Wiek Age	Zadrzewienie Degree of crop density	$d_{1,3}$ [cm] d.b.h. [cm]	h [m]	Bonitacja Stand quality class	Zwarcie Stand density	Cecha gleby Soil quality	Typ gleby Soil type
Drawsko Pom.	BMśw	88	0,9	30	22	II	Prz	L	RDb
	BMśw	88	0,8	32	23	II	Prz	P	RDb
Trzebielino	BMśw	100	0,9	32	22	II	Prz	L	RDb
	BMśw	86	0,9	33	23	II	Prz	P	RDb
Warcino	Bśw	97	0,9	30	22	II	Um	L	RDb
	Bśw	102	0,9	35	23	II	Um	P	RDb
Olesno	LMśw	101	1,0	34	27	I	Prz	L	RDw
	LMśw	91	1,0	33	28	I	Prz	P	RDw

L – leśna; P – porolna; Bśw – bór świeży; BMśw – bór mieszany świeży; LMśw – las mieszany świeży; RDb – gleba rdzawa bielocowa; RDw – gleba rdzawa właściwa; Prz – przerywana; Um – umiarkowane

L – forest soil; P – former farm land soil; Bśw – fresh coniferous forest; BMśw – mixed fresh coniferous forest; LMśw – mixed fresh broadleaved forest; RDb – rusty podzolic soil; RDw – rusty soil; Prz – dashed; Um – moderate

drzew w drzewostanach określanych jako leśne wynosiły: wysokość  $25,3 \pm 6,5$  m, pierśnica  $34,2 \pm 6,5$  cm, średnica korony  $5,8 \pm 1,4$  m, długość korony  $7,2 \pm 1,4$  m.

W kolejnym etapie prac pobrano z poziomu pierśnicy materiał do badań laboratoryjnych. Przeciętny wiek kambialny ( $d_{1,3}$ ) drzew L wynosił 93 lata, drzew P – 90 lat. Średnia szerokość słoja rocznego w grupie L równała się 1,5 mm, a w grupie P – 1,7 mm. Średni udział drewna późnego w słoju rocznym kształtował się na poziomie 36% w obu badanych grupach.

Z pobranego materiału wykonano znormalizowane próbki. Następnie, zgodnie z normami przedmiotowymi, określono gęstość umowną ( $Q_u$ ), wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien (CS), wytrzymałość na zginanie statyczne (BS) (PN-77/D-04101; PN-77/D-04103; PN-79/D-04102). Każdy przekrój był reprezentowany przez próby, wyznaczone wzdłuż czterech promieni, zorientowanych zgodnie z głównymi kierunkami geograficznymi. Dla każdej próbki obliczono względną odległość jej położenia od rdzenia i przydzielono do jednej z pięciu stref, położonych wzdłuż promienia: I (0,00–0,20), II (0,21–0,40), III (0,41–0,60), IV (0,61–0,80), V (0,81–0,10). Otrzymano w ten sposób zbiory danych, które następnie poddano analizie statystycznej, wykonanej za pomocą aplikacji Statistica. Badanie zgodności rozkładu cechy z rozkładem normalnym przeprowadzono testem Shapiro-Wilka. Natomiast testem U Manna-Whitneya sprawdzono czy wartości opisujące populacje są jednakowo duże.

### 3. Wyniki badań

Ogółem gęstość umowna drewna sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych ( $Q_{uP}$ ) wynosiła  $435 \text{ kg/m}^3$  i w porównaniu do gęstości drewna sosen rosnących na gruntach leśnych ( $Q_{uL}$ ), wynoszącej  $478 \text{ kg/m}^3$ ,

była istotnie niższa. Wartości uzyskane dla poszczególnych stref, obejmujących wybrane fragmenty przekroju pierśnicowego pnia, wskazują, że pod względem gęstości umownej najbardziej różniło się drewno przyrdzeniowe (I strefa). Stwierdzona różnica wynosiła  $73 \text{ kg/m}^3$  (21,0%). Najmniej zróżnicowane było natomiast drewno położone w strefie IV – różnica  $21 \text{ kg/m}^3$  (4,6%). W pozostałych strefach stwierdzono następujące dysproporcje: II –  $72 \text{ kg/m}^3$  (17,6%), III –  $34 \text{ kg/m}^3$  (7,3%), V –  $32 \text{ kg/m}^3$  (7,1%). We wszystkich strefach  $Q_{uL}$  była statystycznie istotnie wyższa niż  $Q_{uP}$  (tab. 2).

Promieniowa zmienność  $Q_u$  jest bardzo podobna w części przyrdzeniowej (I i II strefa). Kulminacja wzrostu wartości tego parametru następuje w strefie III ( $Q_{uL}$  wcześniej – bliżej rdzenia). Następnie zaobserwować można wyraźny spadek, przy czym  $Q_{uP}$  maleje proporcjonalnie do wzrostu odległości od rdzenia, a  $Q_{uL}$  w pewnym momencie ponownie zaczyna wzrastać. Między strefą I a II  $Q_{uP}$  rośnie przeciętnie o  $64 \text{ kg/m}^3$ , między II a III o  $47 \text{ kg/m}^3$ , ale już między strefą III i IV spada o  $4 \text{ kg/m}^3$  i między IV i V o kolejne  $4 \text{ kg/m}^3$ . W przypadku  $Q_{uL}$  różnice wyniosły, kolejno: 63, 9, 17, 7  $\text{kg/m}^3$  (tab. 2).

Porównanie wielokrotne  $Q_u$  wykazało, że u drzew P i L przyrdzeniowa strefa przekroju poprzecznego (I) różniła się statystycznie od pozostałych części. W odróżnieniu od L u P statystyczne różnice stwierdzono również między strefą II i III, II i IV, III i V oraz IV i V (tab. 3). Analizując różnice wyłącznie między sąsiednimi strefami, stwierdzono, że u P istotnie statystyczna dysproporcja występuje między strefami I i II, II i III oraz IV i V natomiast u L tylko między strefami I i II (tab. 3).

Wytrzymałość drewna na ściskanie wzdłuż włókien sosen pochodzących z gruntów porolnych ( $CS_P$ ) była statystycznie istotnie niższa niż drewna drzew rosnących na gruntach leśnych ( $CS_L$ ). Analizując różnice w po-

**Tabela 2. Podstawowa charakterystyka statystyczna gęstości umownej ( $Q_u$ ) oraz wyniki testu U Manna-Whitneya**

Table 2. Characteristics of the basic density ( $Q_u$ ) and U Mann-Whitney test results

Strefa Zone	Warunki wzrostu – grunty porolne Growth conditions – farmland soil				Warunki wzrostu – grunty leśne Growth conditions – forest soil				p
	$Q_u$ [ $\text{kg/m}^3$ ]	n	SD [ $\text{kg/m}^3$ ]	VC [%]	$Q_u$ [ $\text{kg/m}^3$ ]	n	SD [ $\text{kg/m}^3$ ]	VC [%]	
I	348	26	45	12,9	421	27	55	13,1	<b>0,000017*</b>
II	412	63	48	11,6	484	59	57	11,7	<b>0,000000*</b>
III	459	68	45	9,8	493	64	35	7,2	<b>0,000007*</b>
IV	455	68	45	10,0	476	60	35	7,4	<b>0,001048*</b>
V	451	44	39	8,7	483	43	31	6,3	<b>0,000120*</b>
<b>Ogółem / Total</b>	435	269	56	12,9	478	253	47	9,9	<b>0,000000*</b>

n – liczebność próby / sample size

SD – odchylenie standardowe / standard deviation

VC – współczynnik zmienności / variation coefficient

\* zaznaczone efekty są istotne z  $p < 0,01$  / marked effects are significant at  $p < 0,01$

**Tabela 3. Wartości  $p$  dla porównań wielokrotnych gęstości umownej**Table 3.  $P$  values for multiple comparisons of basic density

Strefa / Zone	Warunki wzrostu – grunty porolne Growth conditions – farmland soil					Strefa / Zone	Warunki wzrostu – grunty leśne Growth conditions – forest soil				
	I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V
I	---					I	---				
II	<b>0,0004</b>	---				II	<b>0,0000</b>	---			
III	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	---			III	<b>0,0000</b>	1,0000	---		
IV	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	1,0000	---		IV	<b>0,0000</b>	1,0000	0,2685	---	
V	<b>0,0000</b>	1,0000	<b>0,0000</b>	<b>0,0001</b>	---	V	<b>0,0000</b>	<b>0,0401</b>	<b>0,0000</b>	0,2229	---

**Tabela 4. Podstawowa charakterystyka statystyczna wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien (CS) oraz wyniki testu U Manna-Whitneya**

Table 4. Characteristics of the compressive strength along the fiber (CS) and U Mann-Whitney test results

Strefa / Zone	Warunki wzrostu – grunty porolne Growth conditions – farmland soil				Warunki wzrostu – grunty leśne Growth conditions – forest soil				$p$
	CS [MPa]	$n$	SD [MPa]	VC [%]	CS [MPa]	$n$	SD [MPa]	VC [%]	
I	14,91	22	4,12	27,67	19,71	26	4,59	23,31	<b>0,000436*</b>
II	18,70	63	4,67	24,98	22,61	59	4,52	19,97	<b>0,000009*</b>
III	21,07	64	3,82	18,11	22,78	62	3,97	17,42	<b>0,010148**</b>
IV	20,86	66	4,48	21,49	21,77	60	3,65	16,78	0,131432
V	19,97	41	4,17	20,88	20,88	42	3,30	15,79	0,153494
<b>Ogółem / Total</b>	19,73	256	4,61	23,35	21,85	249	4,09	18,72	<b>0,000000*</b>

\* zaznaczone efekty są istotne z  $p < 0,01$  / marked effects are significant at  $p < 0,01$ \*\* zaznaczone efekty są istotne z  $p < 0,05$  / marked effects are significant at  $p < 0,05$ 

Pozostałe oznaczenia jak w tabeli 2 / Other designations as in Table 2

**Tabela 5. Wartości  $p$  dla porównań wielokrotnych wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien**Table 5.  $P$  values for multiple comparisons of compressive strength along the fiber

Strefa / Zone	Warunki wzrostu – grunty porolne Growth conditions – farmland soil					Strefa / Zone	Warunki wzrostu – grunty leśne Growth conditions – forest soil				
	I	II	III	IV	V		I	II	III	IV	V
I	---					I	---				
II	<b>0,0000</b>	---				II	<b>0,0000</b>	---			
III	<b>0,0000</b>	0,2323	---			III	<b>0,0000</b>	1,0000	---		
IV	<b>0,0000</b>	0,5727	1,0000	---		IV	<b>0,0000</b>	1,0000	1,0000	---	
V	<b>0,0000</b>	1,0000	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	---	V	<b>0,0007</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	<b>0,0030</b>	---

**Tabela 6. Podstawowa charakterystyka statystyczna wytrzymałości na zginanie statyczne (BS) oraz wyniki testu U Manna-Whitneya**

Table 6. Characteristics of the static bending strength (BS) and U Mann-Whitney test results

Strefa / Zone	Warunki wzrostu – grunty porolne Growth conditions – farmland soil				Warunki wzrostu – grunty leśne Growth conditions – forest soil				$p$
	BS [MPa]	$n$	SD [MPa]	VC [%]	BS [MPa]	$n$	SD [MPa]	VC [%]	
I	31,75	22	10,30	32,45	42,67	24	15,53	36,38	<b>0,010747**</b>
II	45,55	56	13,56	29,76	55,57	57	11,78	21,20	<b>0,000011*</b>
III	54,04	60	14,47	26,77	59,18	63	12,43	21,00	<b>0,015799**</b>
IV	51,55	65	11,35	22,01	55,95	52	11,46	20,48	0,108554
V	51,25	37	8,32	16,24	56,52	38	12,77	22,59	0,081735
<b>Ogółem / Total</b>	48,91	240	13,69	27,98	55,46	234	13,18	23,77	<b>0,000000*</b>

\* zaznaczone efekty są istotne z  $p < 0,01$  / marked effects are significant at  $p < 0,01$ \*\* zaznaczone efekty są istotne z  $p < 0,05$  / marked effects are significant at  $p < 0,05$ 

Pozostałe oznaczenia jak w tabeli 2 / Other designations as in Table 2

**Tabela 7. Wartości  $p$  dla porównań wielokrotnych wytrzymałości na zginanie statyczne**Table 7.  $P$  values for multiple comparisons of static bending strength

Warunki wzrostu – grunty porolne Growth conditions – farmland soil						Warunki wzrostu – grunty leśne Growth conditions – forest soil					
Strefa / Zone	I	II	III	IV	V	Strefa / Zone	I	II	III	IV	V
I	---					I	---				
II	<b>0,0000</b>	---				II	<b>0,0000</b>	---			
III	<b>0,0000</b>	<b>0,0069</b>	---			III	<b>0,0000</b>	0,7864	---		
IV	<b>0,0000</b>	<b>0,0173</b>	1,0000	---		IV	<b>0,0000</b>	1,0000	<b>0,0010</b>	---	
V	<b>0,0000</b>	1,0000	<b>0,0000</b>	<b>0,0000</b>	---	V	<b>0,0000</b>	<b>0,0015</b>	<b>0,0000</b>	0,9125	---

szczególnych strefach, najwyższe stwierdzono w I i II, kolejno 4,80 i 3,91 (MPa) – 32,2 i 20,9%, istotne statystycznie ( $p < 0,01$ ). W strefie III różnica wyniosła 1,71 MPa (8,1%) i była statystycznie istotna przy  $p < 0,05$ . W strefie IV i V stwierdzone dysproporcje wyniosły 0,91 MPa, tj. około 4% i nie były statystycznie istotne (tab. 4).

Zmienność promieniowa  $CS_P$  i  $CS_L$  jest porównywalna, przy czym zmiany  $CS_P$  wyglądają na bardziej dynamiczne (strefa I, II). W obu przypadkach kulminacja wzrostu wartości analizowanego parametru mieści się w połowie długości promienia (strefa III). Po przekroczeniu punktu kulminacyjnego przeciętna wartość  $CS$  obniża się, przy czym większą dynamikę zmian wykazują z kolei wartości  $CS_L$ . Przeciętna wartość  $CS_P$  strefy II jest wyższa od wartości charakteryzującej strefę I o 3,8 MPa, III w porównaniu do II o 2,4 MPa. Wartość strefy IV w stosunku do wartości III jest niższa o 0,2 MPa, a strefy V w stosunku do IV o 0,9 MPa. W odniesieniu do  $CS_L$  różnice między strefami wynoszą kolejno, w kierunku od rdzenia do obwodu: 2,9; 0,2; 1,0; 0,9 MPa (tab. 4).

Porównanie wielokrotne średnich  $CS$  dla poszczególnych stref wykazało bardzo podobne zróżnicowanie właściwości u L i P. Wyjątek stanowił brak różnicy między strefami II i V u P. Po porównaniu stref bezpośrednio ze sobą sąsiadujących zauważono, że u P i L istotne statystycznie różnice występują tylko między strefami I i II oraz IV i V (tab. 5).

Podobnie jak w przypadku  $Q_u$  oraz  $CS$  wyższą wytrzymałością drewna na zginanie statyczne charakteryzowało się drewno drzew z gruntów leśnych ( $BS_L$ ). Stwierdzona różnica wyniosła 6,55 MPa (13,4%) i była statystycznie istotna. Pod względem  $BS$  najbardziej różniło się drewno strefy I (10,9 MPa), najmniej strefy IV (4,4 MPa). W strefie II różnice były istotne statystycznie na poziomie  $p < 0,01$ , natomiast w strefie I i III –  $p < 0,05$ . W strefach IV i V statystycznych różnic nie stwierdzono (tab. 6).

Analizowane grupy drzew charakteryzowały się zbliżonym rozkładem wartości wytrzymałości na zginanie statyczne ( $BS$ ) na promieniu. W strefie przyrzed-

niowej  $BS$  rośnie bardzo dynamicznie, a różnice między strefą I i II wynoszą 13,8 MPa dla grupy drzew z gruntów porolnych i 12,9 MPa dla drzew z gruntów leśnych. Różnice między strefą II i III są nieco niższe i wynoszą kolejno: 8,5 i 3,6 MPa. W strefie trzeciej, tj. w połowie długości promienia, wartość  $BS$  osiąga maksimum i w porównaniu do niej w strefie IV jest niższa o 2,5 MPa (porolne) i 3,2 MPa (leśne). Między strefami przyobwodowymi (IV i V) stwierdzone różnice były niewielkie, rzędu 0,3 u drzew z gruntów porolnych i 0,6 MPa w przypadku drzew z gruntów leśnych (tab. 6).

Zróżnicowanie parametru  $BS$  było podobne do  $Q_u$ . Strefą najbardziej różniącą się od pozostałych była strefa przyrzedzeniowa (I), i to zarówno w przypadku grupy drzew z gruntów porolnych, jak i leśnych. Pozostałe statystycznie istotne różnice między strefami zaprezentowano w tabeli 7.

#### 4. Dyskusja

O aktywności kambium i tym samym o strukturze drewna decydują geny i warunki wzrostu i rozwoju drzewa. Właściwości drewna są więc efektem kombinacji czynników genetycznych i środowiskowych, czyli odzwierciedleniem zmian zachodzących w drzewie oraz jego otoczeniu.

W pracy przedstawiono wyniki dotyczące zmienności promieniowej wybranych parametrów technicznych drewna sosny zwyczajnej, zakładając że czynnikiem różnicującym będą warunki wzrostu i rozwoju określone typem gruntu lub też sposobem jego użytkowania przed wprowadzeniem obecnego pokolenia drzew. Analizie poddano dwie grupy drzew, z wybranych krajowych lokalizacji, z których jedna wyrosła na gruntach porolnych, a druga – na gruntach określonych jako leśne. Wartości średnie dla gęstości umownej badanego drewna, tj. 435 kg/m<sup>3</sup> dla drzew z gruntów porolnych oraz 478 kg/m<sup>3</sup> w przypadku drzew wyrosłych na gruntach leśnych, zbliżone są do gęstości drewna tego gatunku w tym położeniu geograficznym



(Paschalis 1980; Witkowska 1997). Podobnie wartości wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien ( $P - 19,73$  MPa,  $L - 21,85$  MPa) oraz wytrzymałości na zginanie statyczne ( $P - 48,91$  MPa,  $L - 55,46$  MPa) kształtują się na poziomie porównywalnym do wartości podawanych między innymi przez Pazdrowskiego (1992, 2004).

Jelonek i inni (2005, 2010) twierdzą, że gęstość drewna drzew wyrosłych w warunkach porolnych jest wyższa, a wytrzymałość na zginanie statyczne i ściskanie wzdłuż włókien niższa (przy wilgotności drewna powyżej punktu nasycenia włókien) w stosunku do gęstości i właściwości mechanicznych drewna drzew pochodzących z gruntów leśnych. Zdaniem autorów przyczyna takiego zjawiska tkwi prawdopodobnie we właściwościach tkanki drzewnej na poziomie ściany komórkowej. Wyniki uzyskane w omawianym badaniu są analogiczne względem parametrów mechanicznych, natomiast wynik uzyskany w odniesieniu do gęstości drewna jest odwrotny. Sosna zwyczajna na gruncie porolnym przyrasta na grubość dynamiczniej niż w środowisku gruntów typowo leśnych, zwłaszcza w młodym wieku (Tomczak et al. 2009). Ma to więc wpływ na właściwości drewna, ponieważ u drzew iglastych korelują one negatywnie z wielkością przyrostu rocznego grubości (Lindström 1996; Aleinikovas 2007). Szczególną dla porównania strefą na przekroju poprzecznym pnia jest więc część przyrzeniowa. Właśnie w tej części różnice między gęstością i wytrzymałością drewna  $P$  i  $L$  były istotne statystycznie. W strefie przyobwodowej drewno różniło się wyłącznie pod względem gęstości umownej.

Drewno położone w centralnej części przekroju poprzecznego pnia jest szczególnym typem tkanki drzewnej. Charakterystyczne pod względem makro jak i mikroskopowym drewno młodociane różni się budową i właściwościami od otaczającego go drewna dojrzałego (Tomczak et al. 2010; Gryc et al. 2011; Tomczak, Jelonek 2012). Odmienność ta jest cechą naturalną każdego gatunku, stwierdzaną niezależnie od czynnika różnicującego grupy badanych drzew (Abdel-Gadir, Kraemer 1993; Guler et al. 2007). Gęstość i wytrzymałość drewna sosny zwyczajnej generalnie rośnie w kierunku od rdzenia do obwodu, początkowo bardzo dynamicznie, co jest powszechnie znaną prawidłowością (Kärenlampi, Riekinen 2004). Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że tylko strefa I (położona najbliżej rdzenia) różniła się statystycznie od wszystkich pozostałych stref i to zarówno pod względem gęstości umownej, jak i wytrzymałości na zginanie statyczne oraz ściskanie wzdłuż włókien. Strefą zdecydowanie różniącą się od pozostałych była również część przekroju poprzecznego pnia położona na jego obwodzie. Zaobserwowano bowiem, że przeciętna gęstość i wytrzymałość drewna rośnie, po czym obniża się. W przypadku jednak gęstości

i wytrzymałości drewna drzew wyrosłych w warunkach gruntów leśnych, w strefie przyobwodowej, odnotowano ponowny wzrost ich wartości.

Według Klisza (2011) budowa drewna (cechy biometryczne cewek) pozostaje pod silnym wpływem czynnika genetycznego, natomiast cechy słoja pod dominującym wpływem czynnika środowiskowego (średnimi temperaturami wybranych miesięcy okresu wegetacyjnego). Porównując zmienność promieniową analizowanych parametrów technicznych drewna, przypuszczać można, że kształtuje się ona przede wszystkim pod wpływem czynnika genetycznego. Natomiast uzyskane wartości charakteryzujące analizowane właściwości sugerują, że jest to wpływ czynnika środowiskowego (typu gruntu).

Przyjęty w badaniu czynnik – typ gruntu – różnicuje grupy drzew przede wszystkim pod względem wartości charakteryzujących analizowane właściwości drewna. Zmienność promieniowa gęstości umownej oraz wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien i zginanie statyczne jest u sosen pochodzących z gruntów porolnych i leśnych bardzo podobna, przy czym zauważyć można, że u sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych zmiany są bardziej dynamiczne. Drewno takie jest wobec tego bardziej niejednorodne.

## 5. Wnioski

1. Promieniowa zmienność właściwości drewna sosny zwyczajnej wyrosłej w warunkach gruntów porolnych jest zbliżona do zmienności charakteryzującej drzewa kontrolne – rosące w warunkach gruntów leśnych.
2. W obu grupach drzew najniższą gęstość i wytrzymałość zaobserwowano w strefie przyrzeniowej (młodocianej). Drewno o najwyższej gęstości i wytrzymałości położone było w centralnej części promienia.
3. Drewno pochodzące z części przyobwodowej przekroju poprzecznego pnia obu porównywanych grup różni się istotnie jedynie pod względem gęstości umownej.
4. Drewno sosny zwyczajnej na gruncie porolnym w porównaniu do drewna drzew na gruncie leśnym charakteryzuje się istotnie niższą gęstością umowną, wytrzymałością na ściskanie wzdłuż włókien oraz na zginanie statyczne.

## Literatura

- Abdel-Gadir, A. Y., Kraemer R. L. 1993. Estimating the age of demarcation of juvenile and mature wood in Douglas-fir. *Wood and Fiber Science*, 25(3): 243–249.

- Aleinikovas M. 2007. Effect of mean diameter increment on the Pine wood mechanical-physical properties in Lithuania. *Baltic Forestry*, 13(1): 103–107.
- Alriksson A., Olsson M.T. 1995. Soil changes in different age classes of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) on afforested farmland. *Plant Soil*, 168–169: 103–110.
- Gryc V., Vavrčik H., Horn K. 2011. Density of juvenile and mature wood of selected coniferous species. *Journal of Forest Science*, 57(3): 123–130.
- Guler C., Copur Y., Akgul M., Buyuksari U. 2007. Some chemical, physical and mechanical properties of juvenile wood from Black pine (*Pinus nigra* Arnold) plantations. *Journal of Applied Sciences*, 7(5): 755–758.
- Hagen-Thorn A., Callesen I., Armolaitis K., Nihlgård B. 2004. The impact of six European tree species on the chemistry of mineral topsoil in forest plantations of former agricultural land. *Forest Ecology and Management*, 195: 373–384.
- Instrukcja Urządzania Lasu. 2012. część I; Instrukcja sporządzania planu urządzania lasu dla nadleśnictwa. Warszawa, CILP.
- Jakubowski M. 2004. Udział bielu, twardzieli drewna młodocianego i dojrzałego w strzałach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłych w różnych warunkach siedliskowych. *Sylvan*, 8: 16–24.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Arasimowicz-Jelonek M. Tomczak A. 2010. Właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) pochodzącej z gruntów porolnych. *Sylvan*, 154(5): 299–311.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A. 2008a. Biometric traits of wood and quality of timber produced in former farmland. *Baltic Forestry*, 14(2): 138–148.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A. 2009. Właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na gruntach porolnych w północnej Polsce. *Leśne Prace Badawcze*, 70(3): 277–286.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A., Szaban J., Jakubowski M. 2008b. The effect of former farmland on selected wood properties of Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) from mature stands. *Annals of Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Forestry and Wood Technology*, 65: 150–157.
- 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 Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 4(2): 35–47.
- Kärenlampi P. P., Riekkinen M. 2004. Maturity and growth rate effects on Scots pine basic density. *Wood Science and Technology*, 38: 465–473.
- Klisz M. 2011. Genetyczne uwarunkowania właściwości drewna modrzewia europejskiego (*Larix decidua* Mill.). Maszynopis pracy doktorskiej. Sękocin Stary, Instytut Badawczy Leśnictwa.
- Lindström H. 1996. Basic density in Norway spruce. Part III. Development from pith to outwards. *Wood and Fiber Science*, 28(4): 391–405.
- Michalski A., Sałek P., Płatek K. 2006. Zależność grubości ściółki od wieku drzewostanów sosnowych rosnących na glebach porolnych i leśnych. *Sylvan*, 8: 20–25.
- Olszewska M., Smal H. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of sandy post-arable soils on their selected properties. I. Physical and sorptive properties. *Plant Soil*, 305: 157–169.
- Paschalis P. 1980. Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. *Sylvan*, 124(1): 29–43.
- Pazdrowski W. 1992. Zmiany jakości i wartości drewna w drzewostanach sosnowych przy stosowaniu podkrzesywania drzew. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy, Naukowe*, 224.
- Pazdrowski W. 2004. The proportion and some selected physical and mechanical properties of juvenile, maturing and adult wood of black pine and Scots pine. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 7(1). [www.ejpau.media.pl/volume7/issue1/forestry/art-03.html](http://www.ejpau.media.pl/volume7/issue1/forestry/art-03.html) [18.10.2012].
- Pazdrowski W., Splawa-Neyman S. 1996. Budowa i fizyczna charakterystyka drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z drzewostanów w wieku przedrębnym, jako podstawa racjonalizacji przeznaczeń i wykorzystania surowca drzewnego. Warszawa, 10. Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW, Drewno – tworzywo inżynierskie, s. 35–41.
- Ritter E., Vesterdal L., Gundersen P. 2003. Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. *Plant Soil*, 249: 319–330.
- Smal H., Olszewska M. 2008. The effect of afforestation with Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) of sandy post-arable soils, on their selected properties. II. Reaction, carbon, nitrogen and phosphorus. *Plant Soil*, 305: 171–187.
- Tomczak A., Jelonek T. 2012. Parametry techniczne młodocianego i dojrzałego drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). *Sylvan*, 156(9): 695–702.
- Tomczak A., Jelonek T., Zoń L. 2010. Porównanie wybranych właściwości fizycznych drewna młodocianego i dojrzałego sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z drzewostanów rębnych. *Sylvan*, 154(12): 809–817.
- Tomczak A., Pazdrowski W., Jelonek T. 2009. Wybrane elementy budowy makroskopowej drewna a dojrzałość sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej w warunkach gruntów porolnych. *Leśne Prace Badawcze*, 70(4): 373–381.
- Witkowska J. 1997. Regionalna zmienność gęstości sosny zwyczajnej. Warszawa, 11. Konferencja Naukowa Wydziału Technologii Drewna SGGW.