

Arkadiusz Tomczak , Witold Pazdrowski, Tomasz Jelonek¹

Wybrane elementy budowy makrostrukturalnej drewna a dojrzałość sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej w warunkach gruntów porolnych

Correlation between selected elements of wood macrostructure and maturity of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on post-agricultural land

Abstract: The study was an attempt of comparing quantitative changes over time in selected wood macrostructural elements of Scots pines growing on former farmland, with those in trees growing on typical forest soils. The analysis was conducted on the basis of easily-determinable quality indexes taking into consideration average width of annual rings and the proportion of latewood in 5-year increment periods, the proportion of juvenile wood (V_m) and the proportion of heartwood (V_i). The study also compared selected biometric characteristics of trees, *i.e.* height (h), diameter at breast height (d), length (l_k) and width (d_k) of live crown; total stem volume (V_c) and determined a total of 48 model trees from 16 sample stands in age classes II, III, IV, V and higher. The radial dynamics of changes in annual ring widths was higher in trees from former farmland. In contrast, the proportion of latewood was similar in trees in all age classes and in trees growing on both soil types. In three out of four age classes analyzed in this study, the proportion of juvenile wood was higher in trees growing on typical forest soils, while the proportion of heartwood was higher in trees from former farmland. Taking into consideration the above observations it may be assumed that the Scots pine trees growing on former farmland reached technical maturity faster. However, this conclusion needs to be verified on a larger sample of model trees.

Key words: tree-ring width, latewood proportion, juvenile wood, heartwood


1. Wstęp

W procesie różnicowania tkanek uzyskują one wyspecjalizowane funkcje. Ten genetycznie zaprogramowany proces dąży do wytworzenia optymalnej struktury przy jak najmniejszym koszcie energetycznym organizmu. Tkanki, z których zbudowane jest drewno, oprócz najczęściej pełnionych funkcji przewodzących i zapasowych mają za zadanie tworzyć układ biomechaniczny (funkcja wzmacniająca), zapewniający przetrwanie osobnika oraz jego odporność na działanie czynników zewnętrznych (Mattheck et Bethge 1998; Niklas et al. 2006; Read et Stokes 2006). Niejednorodna struktura drewna, wyrażająca się zmiennością cech i właściwości drewna w układzie zarówno poziomym, jak i pionowym pnia, uwarunkowana jest niejednokrotnie

naturalnymi procesami fizjologicznymi. Przez zróżnicowanie drewna na młodociane i dojrzałe, bielaste i twardzielowe, wczesne i późne następuje zoptymalizowanie jego struktury i dostosowanie jej do potrzeb organizmu oraz warunków wzrostu i rozwoju drzewa (Mencuccini et al. 1997).

Zmiany ilościowe i jakościowe zachodzące w drzewach i w drzewostanach można przedstawić w postaci funkcji wieku, która w praktyce leśnej wyrażana jest między innymi jako przyrost miąższości, wysokości oraz grubości. Wymienione parametry, swoiste dla każdego drzewa lub drzewostanu, stanowią o wpływie bodźców zewnętrznych.

Warunki wzrostu i rozwoju, wraz z genotypem drzewa, mają wyjątkowe znaczenie dla procesu tworzenia się tkanki drzewnej, a z punktu widzenia gospodarki leśnej

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Użytkowania Lasu, ul. Wojska Polskiego 71A, 60–625 Poznań;
 Fax +48 61 848 77 55; e-mail: arkadiusz.tomczak@up.poznan.pl

– dla jakości surowca drzewnego (Brüchert et al. 2000; Jelonek et al. 2006; 2008; Tomczak et al. 2008). Najważniejszymi zewnętrznymi przyczynami różnic ilościowych między osobnikami są: warunki klimatyczne, siedliskowy typ lasu, pozycja biosocjalna drzewa w drzewostanie i postępowanie gospodarcze (Wiemann et Williamson 2002; Mäkinen et Isomäki 2004; Riesco Muñoz et al. 2008). Grupy wymienionych powyżej przyczyn podzielić można na bardziej szczegółowe elementy wpływające na wzrost i rozwój drzew i na tym poziomie podjąć próbę określenia efektów ich wpływu na proces tworzenia się tkanki drzewnej oraz jakości surowca drzewnego. Rola specyficznych warunków gruntów porolnych wydaje się w tym względzie bardzo istotna. W wyniku ich zalesienia właściwości gleby ulegają z czasem istotnej modyfikacji (Alriksson et Olsson 1995; Hagen-Thorn et al. 2004; Ritter et al. 2003). Zmianie ulega przede wszystkim porowatość gleby, pH oraz zawartość podstawowych pierwiastków (Olszewska, Smal 2008; Smal, Olszewska 2008).

Odtworzenie ekosystemów leśnych na gruntach porolnych i nieużytkach, ważne z uwagi na aspekty ekologiczne, ma również istotne znaczenie gospodarcze (Rosenqvist 2007). Wzrost zasobów drzewnych, który dokonał się w Polsce w ostatnich kilkadziesiąt latach, jest przede wszystkim skutkiem zwiększenia powierzchni leśnej w wyniku zalesienia użytków rolnych o małej przydatności dla rolnictwa. W przyszłości można wobec tego spodziewać się znacznej podaży surowca drzewnego z „gruntów porolnych”. Istotne i celowe wydaje się wszechstronne przeanalizowanie cech i właściwości drewna drzew wyrosłych w warunkach gruntów porolnych oraz ewentualne określenie przydatności tego surowca drzewnego do celów gospodarczych.

W prezentowanej pracy podjęto próbę porównania zmian ilościowych, jakie z wiekiem drzew zachodzą w przypadku wybranych cech makrostrukturalnych drewna drzew sosny zwyczajnej wyrosłych w warunkach „gruntów porolnych”¹ z analogicznymi cechami drzew tego gatunku pochodzących z terenów umownie nazwanych „gruntami typowo leśnymi”.

2. Metodyka badań

Wybór drzewostanów

Badania terenowe zostały przeprowadzone na powierzchniach próbnich położonych na terenie Nadleśnictwa Miastko (N: 52°10'26" E: 18°51'9") (I Bałtycka kraina przyrodniczo-leśna; Regionalna Dyrekcja Lasów

Państwowych w Szczecinku). Do badań wyselekcjonowano 16 drzewostanów sosnowych, w tym po 4 z II, III, IV i łącznie z V i wyższych klas wieku. Wybrane drzewostany wyrosły w optymalnych dla sosny warunkach siedliskowego typu lasu: boru świeżego i boru mieszanego świeżego (tab. 1), na gruntach porolnych (typ P) i w warunkach typowo leśnych (typ L).

Wybór powierzchni próbnych i drzew modelowych

W wybranych drzewostanach wyznaczono po jednej reprezentatywnej powierzchni próbnej o wielkości 0,5 ha. W ramach powierzchni próbnej wykonano pomiar pierśnic wszystkich drzew rosnących w 2-centymetrowych stopniach grubości oraz pomiar wysokości drzew wybranych proporcjonalnie do liczby osobników w stopniu grubości. Na bazie otrzymanej charakterystyki, za pomocą dendrometrycznej metody Uricha I określono wymiary drzew modelowych (h ; d). Na ich podstawie w ramach wyznaczonych powierzchni wyselekcjonowano drzewa próbne. Każdy drzewostan reprezentowały 3 drzewa modelowe, co w sumie dało ogólną liczbę 48 drzew próbnych.

Określono średnicę koron drzew modelowych $s_k = (s_{k \max} + s_{k \min}) / 2$, mierząc średnicę rzutu korony największą $s_{k \max}$ i najmniejszą $s_{k \min}$.

W kolejnym etapie badań ścięto drzewa modelowe, po czym pobrano z nich materiał w postaci krążków drewna z podstawy pnia, w odległości 1 m (n) od dolnego czoła, z pierśnicy, w odległości 3 m ($n+2$) od płaszczyzny ścięcia, następnie co kolejne 2 m, aż do wierzchołka ściętego drzewa.

Analiza wybranych elementów budowy makrostrukturalnej

a) Szerokość drewna wczesnego i drewna późnego w każdym przyroście rocznym grubości

Pomiaru szerokości drewna wczesnego i późnego dokonano na czterech promieniach zorientowanych zgodnie z kierunkami świata. W tym celu wykorzystano przyrostomierz elektroniczny, a dane eksportowano do aplikacji Excel. Dla każdego przyrostu rocznego grubości obliczono średnią wartość szerokości drewna wczesnego d_w i późnego d_p , co z kolei stanowiło podstawę do określenia średniej szerokości słoja d_{st} :

$$d_w = (d_{wN} + d_{wS} + d_{wW} + d_{wE}) / 4$$

¹ Za zalesienia porolne należy uważać drzewostany rosnące na gruntach porolnych w pierwszym pokoleniu, a także w drugim pokoleniu, jeżeli w pierwszym z powodu chorób grzybowych nie dotrwały one do wieku dojrzałości rębnej (Instrukcja Urządzenia Lasu; część I; Instrukcja sporządzania planu urządzenia lasu dla nadleśnictwa 2003).

Tabela 1. Wybrane cechy taksacyjne drzewostanów z założonymi powierzchniami próbnymi (stan na koniec listopada 2004 roku) (Operat Urządzenia Lasu Nadleśnictwa Miastko na lata 1995–2005, Tom II)

Table 1. Selected taxation characteristics of stands with established mean sample plots (status for the end of November 2004) (Forest Management Plan for the Miastko Forest Division for the years 1995–2005, vol. II)

Typ Type*	STL Forest site type	Klasa wieku Age class	Oddział i pododdział Compartment and subcompartment	Skład, zadrzewienie, bonitacja drzewostanu Composition**, stand density index (zadrz.), stand quality class (bon.)
P	Bśw fresh coniferous forest	II	257f	So, zadrz. 0,9, bon. I
		III	74f	So 8, Brz 1, Md 1, zadrz.0,9, bon. I
		IV	239Af	So, zadrz. 0,8, bon. II
		≥V	93m	So, zadrz. 0,9, bon. II
	BMśw fresh mixed coniferous forest	II	408c	So 8, Brz 2, zadrz. 0,8, bon. I
		III	407i	So, zadrz. 0,8, bon. I
		IV	197j	So, zadrz. 0,8, bon. I
		≥V	93c	So, zadrz. 0,8, bon. I
L	Bśw fresh coniferous forest	II	116a	So, zadrz. 0,8, bon. I
		III	75b	So, zadrz. 0,8, bon. I
		IV	115b	So, zadrz. 0,8, bon. I
		≥V	73h	So, zadrz. 0,9, bon. II
	BMśw fresh mixed coniferous forest	II	393g	So 7, Brz 2, Md 1, zadrz. 0,7, bon. I
		III	408d	So, zadrz. 0,8, bon. I
		IV	95f	So, zadrz. 0,8, bon. I
		≥V	88j	So, zadrz. 0,9, bon. I

* P – grunt porolny / farmland soil, L – grunt leśny / forest soil

** So – pine, Brz – birch, Md – larch

$$d_p = (d_{pN} + d_{pS} + d_{pW} + d_{pE}) / 4$$

$$d_{sł} = d_w + d_p$$

Na bazie uzyskanych wyników obliczono również udział drewna późnego u_{dp} . Następnie wyniki zestawiono w pięcioletnich okresach, dla których ustalono przeciętną wartość szerokości słoja rocznego oraz przeciętny udział drewna późnego.

b) Szerokość pierścienia drewna bielastego i długość promienia drewna twardzielowego

Przed obliczeniem powierzchni drewna twardzielowego i bielastego określono przeciętną liczbę słoików rocznych dla obu stref. Dysponując wcześniej uzyskaną szerokością każdego słoja rocznego $d_{sł}$, obliczono przeciętny promień drewna twardzielowego i szerokość pierścienia bielu.

c) Szerokość pierścienia drewna dojrzałego i długość promienia drewna młodocianego

Aby uzyskać długość promienia drewna młodocianego oraz szerokość pierścienia drewna dojrzałego zastosowano analogiczną procedurę obliczeń jak w przypadku parametrów bielu i twardzieli.

W celu ustalenia granicy między drewnem młodocianym a dojrzałym zastosowano jedną z łatwiejszych, a zarazem skutecznych metod. Polega ona na obserwacji dynamiki zmian na przekroju poprzecznym pnia wybranego elementu makrostrukturalnej budowy drewna, w tym przypadku stosunku szerokości drewna późnego d_p do szerokości drewna wczesnego d_w . Przykładową analizę przedstawiono na rycinie 1, gdzie strefa drewna młodocianego wyraźnie charakteryzuje się niską wartością d_p / d_w . Procedurę stosowano odrębnie i indywidualnie dla każdego pobranego krążka drewna¹.

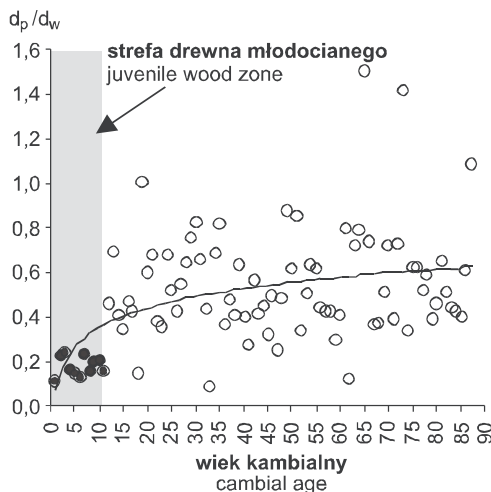
¹ Długość okresu młodocianego i przejściowego zależy od wielu czynników wewnętrznych i zewnętrznych, przede wszystkim od uwarunkowań genetycznych, dynamiki przyrostu grubości i wysokości, siedliska, wieku kambium, więzby sadzenia, położenia geograficznego, a także pozycji biosocjalnej drzewa w drzewostanie oraz wielkości korony (Zobel et Sprague 1998; Fabisiak 2005). Wielkość stref określono jako indywidualną cechę dla każdego krążka (przekroju poprzecznego).

d) Miąższość całkowita strzały V_c , miąższość drewna młodocianego V_m oraz twardzielowego V_t

Na podstawie danych uzyskanych z pomiarów słoju rocznych obliczono:

- powierzchnię całkowitą każdego przekroju poprzecznego (m^2);
- powierzchnię twardzieli (m^2);
- powierzchnię drewna młodocianego (m^2).

Miąższość całkowitą V_c oraz miąższość twardzieli V_t i drewna młodocianego V_m obliczono za pomocą wzoru sekcyjnego środkowego przekroju.



Rycina 1. Stosunek szerokości drewna późnego (d_p) do szerokości drewna wczesnego (d_w) w zależności od wieku kambialnego jako podstawa do wyznaczenia zasięgu drewna młodocianego (przykład)

Figure 1. Relation between latewood width (d_p) and early wood width (d_w) depending on cambium age as the basis for determination of juvenile wood range (example)

Analiza statystyczna

Do porównania wybranych elementów budowy makrostrukturalnej drewna sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych i w warunkach gruntów leśnych zastosowano następujące współczynniki:

V_m / V_c – stosunek miąższości drewna młodocianego do miąższości całkowitej;

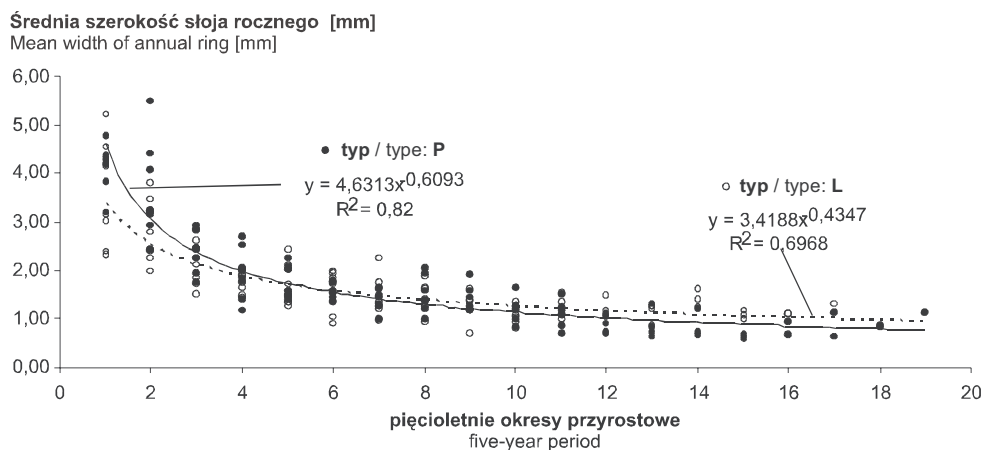
V_t / V_c – stosunek miąższości twardzieli do miąższości całkowitej.

Wartość współczynnika korelacji liniowej Pearsona r między wybranymi cechami biometrycznymi drzew a wiekiem drzew określono przy zastosowaniu aplikacji Statistica 8.0 PL. W przypadku szerokości słoju rocznych oraz w odniesieniu do udziału drewna późnego w słojach rocznych obliczono wartość współczynnika determinacji R^2 .

3. Wyniki badań

Analiza dynamiki zmian średniej szerokości słoja rocznego w okresach pięcioletnich wykazała, że między grupą drzew wyrosłych na gruntach porolnych a drzewami wyrosłymi na gruntach leśnych istnieją różnice, które widoczne są głównie na początku i na końcu przedstawionego przedziału czasowego. W młodszym wieku większą dynamiką przyrostu charakteryzowały się drzewa rosnące na gruntach porolnych (typ P), później, od wieku około 30 lat – drzewa na gruntach leśnych (typ L) (ryc. 2). Trend zmian jest jednak bardzo zbliżony i zgodny z regułą, że szerokość słoja rocznego jest odwrotnie proporcjonalna do jego odległości od rdzenia.

Udział drewna późnego w przyroście rocznym grubości wzrastał wraz z wiekiem drzew, co zobrazo-

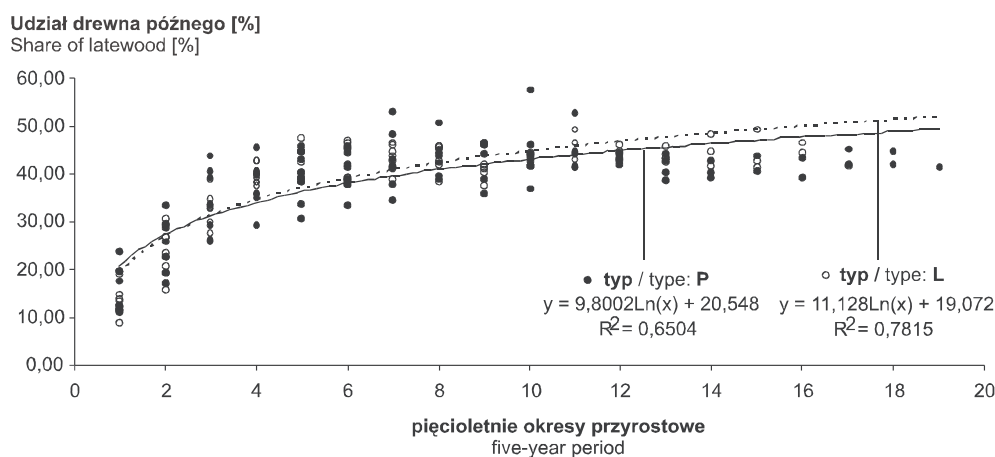


Rycina 2. Średnia szerokość słoja rocznego w okresach pięcioletnich u sosny zwyczajnej w warunkach gruntów porolnych i leśnych

Figure 2. Mean width of annual ring of Scots pines growing on former farmland and on typical forest soils in 5-year periods

wano na rycinie 3, przyjmując średnią dla pięcioletnich okresów przyrostowych. Początkowo dynamika zmian udziału drewna późnego była bardzo zbliżona u obydwu typów drzew. Różnice zaobserwowano w 5–6 okresie

przyrostowym, przy czym drzewa typu P charakteryzowały się mniejszą dynamiką zmian w porównaniu do drzew typu L. Z wiekiem kambialnym wykazana dysproporcja stopniowo zwiększała się.



Rycina 3. Średni udział drewna późnego w okresach pięcioletnich u sosny zwyczajnej w warunkach gruntów porolnych i leśnych

Figure 3. Average share of latewood of Scots pines growing on former farmland and forest soil in five-year periods

Tabela 2. Miary położenia i rozproszenia wybranych cech biometrycznych drzew modelowych

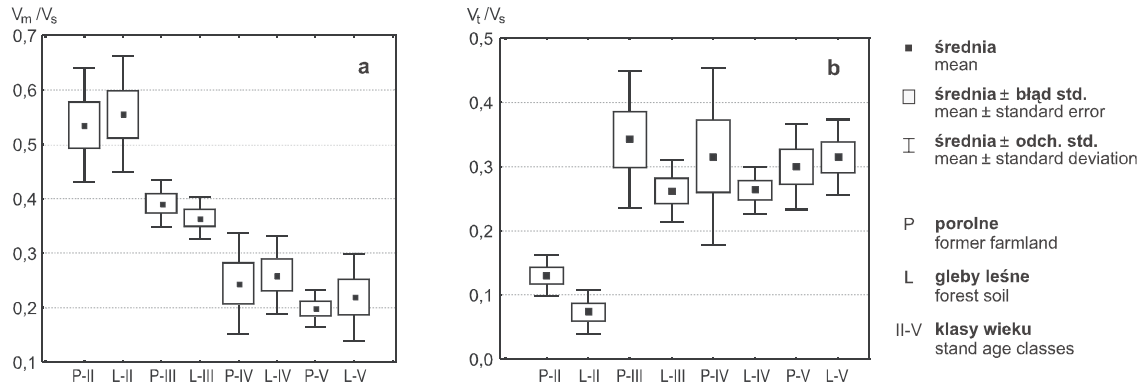
Table 2. Measures of location and dispersion selected biometric features of the model trees

Wyszczególnienie Specification		Grunty porolne Farmland soil				Grunty leśne Forest soil			
		Klasa wieku / Age class							
		II	III	IV	≥V	II	III	IV	≥V
<i>h</i> wysokość [m] height [m]	A	17,42	20,73	22,70	25,68	14,75	22,15	22,32	25,00
	SD	1,77	2,91	0,96	1,29	2,07	2,27	1,55	3,17
	VC	10,18	14,06	4,24	5,03	14,03	10,26	6,95	12,67
<i>d</i> pierśnica [cm] DBH [cm]	A	17,17	21,17	27,67	31,17	14,50	22,33	28,67	31,83
	SD	4,40	5,38	5,05	5,60	4,76	5,01	5,24	4,02
	VC	25,64	25,43	18,24	17,97	32,86	22,42	18,28	12,63
<i>l_k</i> długość korony [m] crown length [m]	A	6,42	6,10	6,85	9,45	4,25	7,43	7,30	8,97
	SD	1,70	2,03	1,14	1,96	1,44	2,64	1,58	1,43
	VC	26,44	33,24	16,69	20,79	33,96	35,52	21,64	15,91
<i>s_k</i> średnica korony [m] crown diameter [m]	A	2,53	3,45	3,72	5,64	2,08	3,00	4,35	5,37
	SD	0,66	1,10	1,02	1,49	0,61	1,29	1,08	0,95
	VC	26,14	31,90	27,41	26,48	29,34	43,15	24,88	17,66
<i>V_s</i> miąższość strzał [m ³] stem volume [m ³]	A	0,18	0,26	0,70	0,99	0,12	0,32	0,64	1,01
	SD	0,09	0,12	0,36	0,35	0,10	0,15	0,23	0,35
	VC	49,66	45,47	51,46	35,26	78,36	47,30	36,81	34,51
<i>V_m</i> miąższość drewna młodocianego [m ³] juvenile wood volume [m ³]	A	0,10	0,10	0,16	0,19	0,07	0,12	0,16	0,23
	SD	0,07	0,05	0,07	0,04	0,06	0,06	0,05	0,14
	VC	66,00	49,89	46,04	23,05	87,67	48,20	34,33	61,04
<i>V_t</i> miąższość drewna twardzielowego [m ³] heartwood volume [m ³]	A	0,02	0,09	0,21	0,29	0,01	0,08	0,17	0,31
	SD	0,01	0,06	0,10	0,10	0,01	0,03	0,07	0,13
	VC	60,03	64,32	50,15	34,95	118,53	36,02	39,51	41,77

A – średnia / average

SD – odchylenie standardowe / standard deviation

VC – współczynnik zmienności [%] / variability coefficient [%]



Rycina 4. Zmiany współczynnika V_m / V_s (a) i V_t / V_s (b) w zależności od klasy wieku u drzew wyrosłych w warunkach gleb porolnych i leśnych

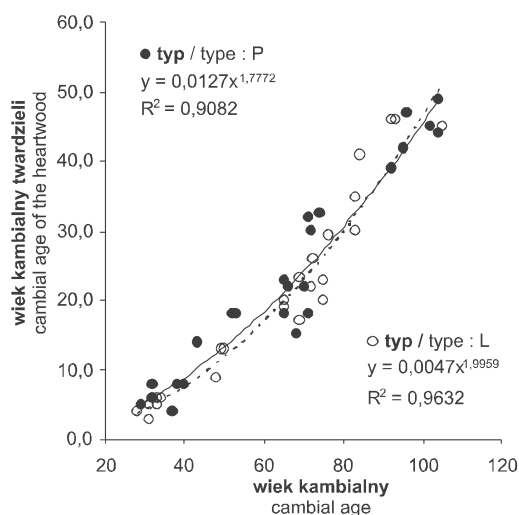
Figure 4. Changes in coefficient V_m / V_s (a) and V_t / V_s (b) with age of trees growing on former farmland (P) and forest (L) soils

Tabela 3. Wartość współczynników korelacji (r) między wybranymi cechami biometrycznymi oraz wiekiem drzew
Table 3. Values of correlation coefficients (r) between selected biometric characteristics and age of trees

	Grunty porolne Farmland soil							Grunty leśne Forest soil									
	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>l_k</i>	<i>s_k</i>	<i>V_s</i>	<i>V_m</i>	<i>V_t</i>	wiek age	<i>h</i>	<i>d</i>	<i>l_k</i>	<i>s_k</i>	<i>V_s</i>	<i>V_m</i>	<i>V_t</i>	wiek age	
<i>h</i>	-	0,92	0,60	0,83	0,80	0,70	0,88	0,77	<i>h</i>	-	0,88	0,74	0,83	0,85	0,79	0,82	0,85
<i>d</i>		-	0,73	0,88	0,92	0,75	0,91	0,79	<i>d</i>		-	0,80	0,93	0,92	0,83	0,87	0,79
<i>l_k</i>			-	0,68	0,72	0,53	0,63	0,56	<i>l_k</i>			-	0,81	0,75	0,62	0,71	0,73
<i>s_k</i>				-	0,77	0,62	0,81	0,77	<i>s_k</i>				-	0,95	0,83	0,86	0,81
<i>V_s</i>					-	0,60	0,89	0,80	<i>V_s</i>					-	0,90	0,96	0,82
<i>V_m</i>						-	-	0,36	<i>V_m</i>						-	-	0,63
<i>V_t</i>								0,81	<i>V_t</i>								0,78

Zaznaczone efekty istotne są statystycznie przy $p < 0,05$ / Marked effects are significant at $p < 0.05$

Oznaczenia symboli w tabeli 2 / Symbols are given in the Table 2



Rycina 5. Wiek kambialny twardzieli w zależności od wieku kambialnego drzew

Figure 5. Cambium age of heartwood depending on cambium age of trees

Biorąc pod uwagę obie analizy, zauważyć można, że drzewa typu L pomimo większej dynamiki przyrostu wyróżniały się także większym udziałem drewna późnego w słojach rocznych. Mięszkość drewna młodocianego V_m wraz z wiekiem drzew stopniowo zwiększała się (tab. 2), natomiast udział stale malał (spadek wartości współczynnika V_m / V_s) (ryc. 4a). Różnice miąższości drewna młodocianego drzew należących do obu typów były w poszczególnych klasach wieku niewielkie, rzędu kilku setnych metra sześciennego, przy czym w II, IV, V i starszych klasach wieku większą miąższość miały zazwyczaj drzewa typu L. Odwrotnie było w przypadku drzew III klasy wieku. Współczynnik zmienności miąższości drewna młodocianego w strzałach drzew był bardzo wysoki, co oznacza, że cecha charakteryzuje się małą stabilnością. Mięszkość drewna młodocianego była statystycznie istotnie skorelowana ze wszystkimi analizowanymi cechami biometrycznymi drzew (tab. 3 i 4). Interesującym jest również fakt braku korelacji między miąższością

młodocianej tkanki drzewnej a wiekiem dla drzew typu P ($r=0,36$).

Mięszość drewna twardego była skorelowana ze wszystkimi analizowanymi cechami w obu grupach drzew (tab. 3 i 4). Dodatkowo stwierdzono, że wiek kambialny twardego w ponad 90% zależy od ogólnego wieku kambialnego (ryc. 5). Na podstawie stosunku mięszkości drewna twardego do mięszkości całkowitej strzały drzewa V_t / V_s stwierdzono, że udział drewna twardego u drzew wyrosłych w warunkach gruntów porolnych (typ P) w trzech pierwszych klasach wieku był większy niż u drzew typu L. W V klasie wieku sytuacja była odwrotna (ryc. 4b).

Dla drzew z gruntów porolnych najwyższy był współczynnik korelacji mięszkości drewna twardego z pierśnicą drzewa d , a dla drzew z gruntów leśnych – z mięszością strzały V_s . Korelacja V_t z wiekiem drzew była istotna statystycznie, a jej wartości dla obu badanych grup były porównywalne (0,81 – typ P; 0,78 – typ L) (tab. 3 i 4).

4. Podsumowanie

Naturalnej dojrzałości drzew i drzewostanów odpowiada między innymi stan, w którym jakość drewna w danych warunkach produkcyjnych osiągnęła swoje optimum. Osłabienie natężenia przebiegu procesów życiowych prowadzi do powolnej degradacji funkcji i struktury, której ostatecznym efektem jest śmierć organizmu. Osiągnięcie przez drzewa maksimum możliwości produkcyjnych (zarówno pod względem jakościowym, jak i ilościowym) jest podstawą do wyznaczenia wieku rębności i przeznaczenia drzewostanu do użytkowania rębego. Dynamika procesów rozwojowych drzew i drzewostanów, a tym samym osiągnięcie fazy dojrzałości, zależy między innymi od cech dziedzicznych i środowiska.

Przeprowadzone porównanie budowy makrostrukturalnej drewna u drzew wyrosłych w warunkach gruntów porolnych oraz leśnych dowodzić może roli, jaką odgrywają odmiennie warunki produkcyjne określone wcześniejszą formą użytkowania gruntu. Szerokość słoja rocznego jest bowiem bardzo wrażliwym na czynniki zewnętrzne parametrem, dostarczającym między innymi informacji o warunkach wzrostu i rozwoju drzew (Plauborg 2004; Polacek et al. 2006; Suwała 2008; Wilczyński 2006). Wyrażna różnica między średnią szerokością słoja w okresach pięcioletnich, obserwowana w części przyrzeniowej przekroju poprzecznego strzał wskazuje na zupełnie odmienną reakcję drzew. Prawdopodobnie właściwości i struktura gleby użytkowanej przed zalesieniem rolniczo (gleby agrotroficzne) są dla roślin w pierwszych latach wzrostu bardzo korzyst-

ne, co przejawia się między innymi dynamicznym przyrostem drzew na grubość. Podkreślenia wymaga również fakt, że udział drewna późnego w słojach rocznych był bardzo zbliżony w obu porównywanych grupach.

Zmienność szerokości słoja rocznego oraz zmienność udziału drewna późnego, zaobserwowane na przekroju poprzecznym pnia, są również elementami umożliwiającymi określenie wielkości strefy drewna młodocianego. Młodociana tkanka drzewna, ważna z uwagi na jej obecność w pniu każdego drzewa, może stanowić ważny element oceny wartości surowca drzewnego. Drewno młodociane, w porównaniu do drewna dojrzałego, charakteryzuje się między innymi szerszymi przyrostami rocznymi grubości oraz mniejszym udziałem drewna późnego w słojach (Passialis et Kiriazakos 2003). W związku z tym u drzew iglastych stanowi ono tkankę drzewną o niższej jakości. Porównując stosunek mięszkości drewna młodocianego do mięszkości całkowitej strzały drzewa u obu typów drzew, można zaobserwować, że w II, IV, V i wyższych klasach wieku jest on większy u drzew typu L. Biorąc pod uwagę omówioną wcześniej słabszą dynamikę zmian szerokości słoju rocznego oraz wspomniany współczynnik V_m/V_s , można przypuszczać, że okres tworzenia się drewna młodocianego był nieco dłuższy w przypadku drzew z gruntów leśnych. Przeczą jednak temu wyniki uzyskane przez Pazdrowskiego i in. (2005), którzy stwierdzili, że dynamika oczyszczania się strzał drzew na gruncie leśnym była większa niż u drzew wyrosłych w warunkach gruntów porolnych. Tworzenie się młodocianej tkanki drzewnej, związane jest prawdopodobnie z długością okresu, w którym na daną część pnia oddziałuje duża ilość substancji hormonalnych wytwarzanych w pączkach szczytowych korony drzewa. Z analiz przeprowadzonych przez Tomczaka i in. (2007) wynika, że względna odległość pączków szczytowych korony od drewna dojrzałego na przekroju podłużnym pnia jest podobna w całym okresie życia drzewa. Dodatkowo obecność drewna dojrzałego w strefie pnia objętej żywą koroną można zaobserwować od wieku około 70 lat. Na proces kształtowania drewna młodocianego prawdopodobnie silniej wpływa aparat asymilacyjny gałęzi bocznych, czego potwierdzeniem może być również korelacja średnicy korony s_k z mięszością drewna młodocianego V_m . Mniejszy udział drewna młodocianego w pniach sosen zwyczajnych wyrosłych w warunkach gruntów porolnych jest prawdopodobnie efektem szybszego dojrzewania drzew. Przypuszczać również można, że efekt ten wywołany jest pośrednio przez korony drzew, których struktura i rozwój korelować może z warunkami wzrostu i rozwoju, określonymi przez warunki glebowe (w sensie gleba porolna – gleba leśna).

Średnica koron drzew s_k sosny zwyczajnej jest w badanej grupie drzew silniej skorelowana z wiekiem drzew niż długość korony l_k . Podobnie miąższość drewna twardego V_t jest silniej skorelowana z wiekiem niż z analizowanymi parametrami biometrycznymi koron drzew. Stosunek miąższości drewna twardego do miąższości całkowitej pnia jest wyższy u drzew typu P. Jedynie w V klasie wieku sytuacja jest odwrotna. Proces twardeńczenia, a w szczególności jego dynamika, może być wyrazem tempa dojrzwania drzew (Kärenlampi et Riekkinen 2002). Wiek twardeńczenia na przekroju poprzecznym pnia jest bardzo silnie związany z wiekiem kambialnym, co zostało potwierdzone wysokimi współczynnikami determinacji R^2 . Stwierdzone zależności są zbliżone z doniesieniami, które przedstawił Giejdrum (2003) analizując związek między wiekiem drzew, wielkością przyrostu, a formowaniem się twardeńczenia u sosen zwyczajnych w Skandynawii. Jakubowski (2004) porównując udział drewna bielastego i twardeńczego w pniach drzew różnych klas wieku stwierdził, że w zależności od typu siedliskowego lasu dostrzegalne różnice występują dopiero w drzewostanach V klasy wieku. Mniejszy udział drewna twardeńczego u drzew wyrosłych w warunkach gruntów leśnych jest prawdopodobnie związany z większą wydajnością ich koron (Jelonek et al. 2008).

Określenie dojrzałości technicznej drzew na podstawie makrostrukturalnych cech drewna jest, ze względu na ich diagnostykę, stosunkowo łatwe. Użyta w pracy szerokość słoja rocznych wskazuje, że u drzew z gruntów porolnych zmiany na przekroju poprzecznym były bardziej dynamiczne niż u drzew z gruntów leśnych. W odniesieniu do udziału drewna późnego zmiany były porównywalne. W trzech z czterech wziętych w pracy pod uwagę klas wieku udział drewna młodocianego był większy u drzew z gruntów leśnych, natomiast udział twardeńczenia był większy u drzew z gruntów porolnych. Biorąc pod uwagę powyższe obserwacje, można przypuszczać, że sosna zwyczajna wyrosła na gruntach porolnych szybciej osiąga dojrzałość techniczną. Wniosek ten wymagałby jednak potwierdzenia w toku dalszych badań, obejmujących bardziej liczną próbę drzew modelowych.

5. Wnioski

1. Drewno drzew wyrosłych w warunkach gruntów porolnych jest bardziej niejednorodne pod względem słoistości niż drzew wyrosłych na gruntach leśnych. Zmiany szerokości słoja rocznego na przekroju poprzecznym drzew z gruntów porolnych odznaczają się większą dynamiką w porównaniu do drzew wyrosłych w

w warunkach gruntów leśnych, co jest szczególnie widoczne w strefie przyrdzeniowej. Zmiany udziału drewna późnego w słojach rocznych były u obu badanych grup drzew zbliżone.

2. Udział młodocianej tkanki drzewnej w strzałach sosny zwyczajnej wyrosłej w warunkach gruntów porolnych (typ P) był mniejszy niż w strzałach drzew wyrosłych na gruntach leśnych. Zaobserwowano również, że u drzew typu P większy był udział drewna twardeńczego.

3. Zmiany ilościowe wybranych elementów budowy makrostrukturalnej pozostają w związku z wiekiem drzew, co charakteryzują uzyskane współczynniki korelacji liniowej r oraz współczynniki determinacji R^2 . Wyjątek stanowi miąższość drewna młodocianego w pniach sosen zwyczajnych wyrosłych w warunkach gruntów porolnych.

4. Na podstawie zmian ilościowych w budowie makrostrukturalnej drewna, które zachodzą z wiekiem drzew, można przypuszczać, że sosna wyrosła w warunkach gruntów porolnych osiąga wcześniej dojrzałość techniczną. Wniosek ten wymagałby jednak potwierdzenia w toku dalszych badań, obejmujących bardziej liczną próbę drzew modelowych.

Literatura

- Alriksson A., Olsson M.T. 1995. Soil changes in different age classes of Norway spruce (*Picea abies* Karst.) on afforested farmland. *Plant and Soil*, 168–169: 103–110.
- 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.
- Fabisiak E. 2005. Zmienność podstawowych elementów anatomicznych i gęstości drewna wybranych gatunków drzew. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, 369: 1–176.
- Giejdrum P. 2003. Heartwood in relation to age and growth rate in *Pinus sylvestris* L. in Scandinavia. *Forestry*, 76(4): 413–424.
- 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.
- Jakubowski M. 2004. Udział bielu, twardeńczenia drewna młodocianego i dojrzałego w strzałach sosen zwyczajnych (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłych w różnych warunkach siedliskowych. *Sylwan*, 8: 16–24.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A., Stypuła I. 2006. Analysis of the quality of pine sawmill wood set against tree biosocial classes in the tree stand. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW, Forestry and Wood Technology*, 58: 372–378.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A., Szaban J. 2008. The effects of social position of a tree in the stand and site on

- wood quality of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities (EJPAU)*, 11(2), #10; dostęp z dnia 10.01.2009.
- Kärenlampi P.P., Riekkinen M. 2002. Pine heartwood formation as a maturation phenomenon. *Journal of Wood Science*, 48: 467–472.
- Mäkinen H., Isomäki A. 2004. Thinning intensity and growth of Scots pine stands in Finland. *Forest Ecology and Management*, 201: 311–325.
- Mattheck C., Bethge K. 1998. The structural optimization of trees. *Naturwissenschaften*, 85: 1–10.
- Mencuccini M., Grace J., Fioravanti M. 1997. Biomechanical and hydraulic determinants of tree structure in Scots pine: anatomical characteristics. *Tree Physiology*, 17: 105–113.
- Niklas K. J., Spatz H. Ch., Vincent J. 2006. Plant Biomechanics: an overview and prospectus. *American Journal of Botany*, 93(10): 1369–1378.
- 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 and Soil*, 305: 157–169.
- Passialis C., Kiriazakos A. 2004. Juvenile and mature wood properties of naturally-grown fir trees. *Holz als Roh- und Werkstoff*, 62: 476–478.
- Pazdrowski W., Jelonek T., Tomczak A., Niemiec I. 2005. Self-pruning of trees as a basis for the evaluation of timber quality of Scots pine trees (*Pinus sylvestris* L.) growing on forest soil and former farmlands. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW, Forestry and Wood Technology*, 57: 134–138.
- Plauborg K.U. 2004. Analysis of radial growth responses to changes in stand density for four tree species. *Forest Ecology and Management*, 188: 65–75.
- Polacek D., Kofler W., Oberhuber W. 2006. Radial growth of *Pinus sylvestris* growing on alluvial terraces is sensitive to water-level fluctuations. *New Phytologist*, 169: 299–308.
- Read J., Stockes A. 2006. Plant biomechanics in an ecological context. *American Journal of Botany*, 93(10): 1546–1565.
- Riesco Muñoz G., Soilán Cañas M. A., Rodríguez Soalleiro R. 2008. Physical properties of wood in thinned Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) from plantations in northern Spain. *Annals of Forest Science*, 65: 507, p. 8.
- Ritter E., Vesterdal L., Gundersen P. 2003. Changes in soil properties after afforestation of former intensively managed soils with oak and Norway spruce. *Plant and Soil*, 249: 319–330.
- Rosenqvist L. 2007. Afforestation of former arable land in North-Western Europe. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae*, 2: 1–34.
- 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 and Soil*, 305: 171–187.
- Suwała M. 2008. Przyrosty drzew uszkodzonych przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych w trzebieżach późnych. *Leśne Prace Badawcze*, 69(2): 101–108.
- Tomczak A., Pazdrowski W., Jelonek, T. 2007. Distribution of intermediate and mature wood on the longitudinal cross section of the tree trunk and selected biometric traits of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.). *Baltic Forestry*, 13(1): 116–125.
- Tomczak A., Pazdrowski W., Nawrot M., Szymański M. 2008. Social class of tree position in the community in European larch (*Larix decidua* Mill.) and technological value of timber. *Annals of Warsaw Agricultural University – SGGW, Forestry and Wood Technology*, 66: 155–158.
- Wiemann M. C., Williamson G. B. 2002. Geographic variation in wood specific gravity: effects of latitude, temperature, and precipitation. *Wood and Fiber Science*, 34(1): 96–107.
- Wilczyński S. 2006. The variation of tree-ring width of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) affected by air pollution. *European Journal of Forest Research*, 125: 213–219.
- Zobel B. J., Sprague J. R. 1998. Juvenile wood in forest trees. Berlin – Heidelberg – New York, Springer Verlag.