

Tomasz Jelonek¹ ✉, Witold Pazdrowski¹, Arkadiusz Tomczak¹

Właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na gruntach porolnych w północnej Polsce

Selected properties of wood in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on post-agricultural land in northern Poland

Abstract. Analyses were conducted on wood of Scots pines collected from timber stands growing on post-agricultural land and forest land in the fresh coniferous (Bśw) and fresh mixed coniferous (BMśw) forest habitats located in the territory of the Miastko Forest District.

The wood of pines growing on post-agricultural land in the BMśw habitat conditions had the highest basic density and lowest compression strength along the grain among the tested sample groups. The arrangement of wood properties was not typical with regard to the social position of trees in a stand. The obtained results have shown the lack of a direct relationship between wood basic density and compression strength along the grain.

The analyses performed pointed to differences in the properties of wood tissues between pines growing on post-agricultural land and pines growing on typical forest soils.

Key words: wood quality, basic density of wood, compression along the grain, desorption strengthening

1. Wstęp

Drzewa leśne są organizmami długowiecznymi, dlatego też w czasie ontogenezy zachodzi w nich wiele zmian natury fizjologicznej, jak i morfologicznej. Formowanie się tkanki drzewnej łączy się ze stadialnym wzrostem drzew i podlega wielu zmianom o charakterze adaptacyjnym (Fabijanowski 1961, Krzysik 1978, Paschalis 1980, Pazdrowski et al. 1997, Kokociński 2004). W efekcie obserwuje się różnicowanie cech i właściwości drewna zależnie od rozpatrywanego miejsca w strzale (pniu), gatunku, zespołu czynników tworzących warunki wzrostu i rozwoju oraz indywidualnych cech osobniczych.

Literatura opisująca wpływ różnych czynników na ilościowe i jakościowe kształtowanie się cech drewna jest bardzo obszerna. Wpływ czynników zewnętrznych na wzrost i rozwój drzew oraz drzewostanów, a także na właściwości drewna przedstawili między innymi Wagenführ (1966), Smith (1968), Kollmann i Coté

(1968), Krzysik (1978), Winandy (1994), Savidge (2003), Dean (2004), Fabisiak (2005), Schweingruber (2007), Jelonek i in. 2008.

Na podstawie dotychczasowych badań można przypuszczać, iż mało poznanym, jednakże bardzo ważnym, czynnikiem modyfikującym tkankę drzewną jest zespół warunków związanych z produkcją surowca drzewnego na gruntach porolnych.

Powszechnie stosowane metody określania jakości technicznej surowca drzewnego opierają się w głównej mierze na badaniu jego makrostruktury, tj. szerokości oraz udziału bielu i twardzieli, szerokości słoja rocznego, udziału w strzałach drewna młodocianego oraz dojrzałego. Nie odzwierciedlają one jednak w pełni jakości wytworzonej tkanki drzewnej.

Produkcja surowca drzewnego na gruntach użytkowanych uprzednio rolniczo niesie ze sobą liczne niebezpieczeństwa, nie tylko w aspekcie hodowlanym. Dyskusji należy poddać przede wszystkim cechy jakościowe oraz ilościowe formującej się w tych warunkach

¹ Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Leśny, ul. Wojska Polskiego 71A, 60–625 Poznań, Poland;
✉ Fax +48 61 8487098; tomasz.jelonek@au.poznan.pl

tkanki drzewnej. Na ocenę zasługują w szczególności drzewostany w wieku rębności (V i VI kl. wieku), z których w dużej mierze pochodzi surowiec wielkowieściowy, często przeznaczany na cele konstrukcyjne, oraz znaczny odsetek surowca przerabianego w przemyśle celulozowo-papierniczym.

Niezmierzalnie ważne zarówno z naukowego, jak i praktycznego punktu widzenia jest poznanie możliwie wielu czynników determinujących jakość tworzącej się tkanki drzewnej. Z uwagi na duże znaczenie gruntów porolnych w gospodarce leśnej, wiążące się z realizowaniem programu zwiększania lesistości kraju (Puchniarski 2000), uzasadnionym wydaje się prowadzenie badań nad jakością drewna pochodzącego z drzewostanów rosnących w tych nietypowych dla produkcji leśnej warunkach.

Celem niniejszej pracy było określenie i porównanie wybranych właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej na glebach porolnych i leśnych.

2. Materiały i metody badań

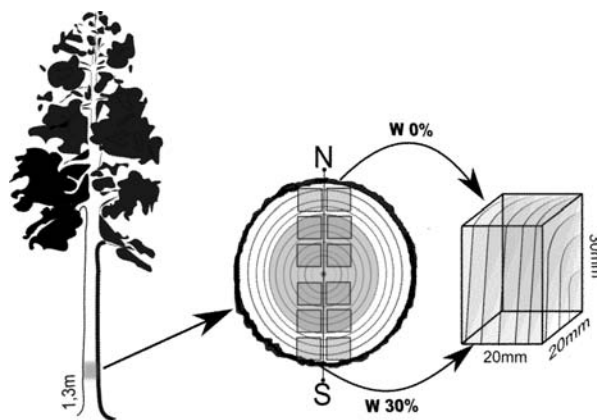
W pracy analizowano dwie podstawowe właściwości pozwalające ocenić wartość surowca drzewnego tj. gęstość umowną drewna i wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien oraz drewna absolutnie suchego.

Badania przeprowadzono w rębnych drzewostanach sosnowych VI klasy wieku wyrosłych w warunkach optymalnych dla tego gatunku lasotwórczego na grun-

tach porolnych i leśnych na terenie nadleśnictwa Miastko – RDLP Szczecinek (Bśw i BMśw).

Na każdej z czterech powierzchni badawczych wyznaczono powierzchnię próbną (1 ha), na której pomierzono pierśnicę wszystkich drzew oraz wysokość pewnej liczby drzew, proporcjonalnie do liczebności w przyjętych stopniach grubości (2 cm). Na podstawie uzyskanej charakterystyki grubościowo-wysokościowej drzew wyznaczono, metodą Uricha II (Grochowski 1973), dwanaście drzew modelowych (po trzy na każdej powierzchni próbnej) reprezentujących trzy pierwsze klasy według klasyfikacji Krafta (tab. 1).

Drzewa modelowe ścięto, a następnie pobrano z nich materiał do dalszych analiz fizycznych oraz mecha-



Rycina 1. Schemat pobierania materiału do badań wybranych właściwości fizycznych i mechanicznych drewna
Figure 1. Material collection diagram for testing physical and mechanical properties of wood

Tabela 1. Charakterystyka drzew modelowych (Nadleśnictwo Miastko, N: 52°10'26", E: 18°51'9")

Table 1. Characteristics of trees (Miastko Forest District, N: 52°10'26", E: 18°51'9")

Siedliskowy typ lasu Forest habitat type*	Bonitacja Stand quality class	Rodzaj gruntu Growth conditions	Klasa Krafta Kraft's class	Wiek	Pierśnica	Wysokość	Objętość pnia	Objętość korony
				Age	DBH	Height	Stem volume	Crown volume
				lata	cm	m	m ³	m ³
Bśw	I	leśne forest	I	110	37,0	26,9	1,179	457,95
			II	105	30,0	26,2	0,826	282,69
			III	102	22,5	25,4	0,509	94,20
		porolne post-agricultural land	I	110	33,0	23,9	0,944	363,15
			II	108	30,5	23,0	0,728	162,96
			III	107	25,0	20,0	0,446	121,23
BMśw	II	leśne forest	I	106	37,0	28,3	1,388	387,81
			II	102	34,0	27,4	1,045	260,12
			III	100	31,0	26,0	0,816	224,57
		porolne post-agricultural land	I	112	37,0	27,1	1,301	238,26
			II	110	33,0	24,7	0,811	169,55
			III	106	27,5	23,8	0,603	157,79

* Bśw – fresh coniferous stand, BMśw – fresh mixed coniferous stand

nicznych właściwości drewna, tj. gęstości umownej (Q_u) i wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien (R_c). Materiał do badań laboratoryjnych pochodził z wyrzynków o długości 50 cm, pobranych z odległości 1,30–1,80 m od płaszczyzny rządu ścinającego. Schemat pobierania materiału badawczego przedstawia rycina 1.

Gęstość drewna oznaczono metodą stereometryczną, określając ją jako gęstość umowną.

$$Q_u = \frac{m_0}{V_{\max}} \quad [\text{kg/m}^3]$$

gdzie:

m_0 – masa próbki w stanie całkowicie suchym [kg],
 V_{\max} – objętość próbki w stanie maksymalnego spęcznienia [m^3].

Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien określono na maszynie wytrzymałościowej Tira Test 2300, zaopatrzonej w oprogramowanie komputerowe firmy Matest Service, i obliczono ze wzorów:

$$R_c = \frac{P_{\max}}{A} \quad [\text{MPa}]$$

gdzie:

P_{\max} – maksymalna (niszcząca) siła ściskająca [N]
 A – pole przekroju poprzecznego próbki [cm^2]

Oznaczenia wytrzymałości dokonano z dokładnością do 0,01 MPa.

Badanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien wykonano na próbkach absolutnie suchych (W1) oraz na próbkach mokrych (W2), których wilgotność przekraczała punkt nasycenia włókien (30%).

Wytrzymałość drewna badana przy wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien, nazywana też wytrzymałością drewna mokrego lub wytrzymałością podstawową, obrazuje aktualną jakość drewna jako materiału konstrukcyjnego i uwarunkowana jest wiązaniem pierwotnymi (Grzeczynski 1975, 1985).

Wilgotność drewna oznaczono metodą suszarkowo-wagową (PN-77/D-04100).

Badania mechanicznych właściwości drewna realizowano zgodnie z założeniami właściwych norm przedmiotowych (PN-79/D-04102).

Uzyskany materiał empiryczny analizowano metodami statystyki matematycznej z wykorzystaniem pakietu statystycznego Statistica 8.0 PL.

3. Wyniki badań

Drewno drzew wyrosłych na siedlisku boru świeżego (Bśw) na glebach leśnych cechowało się średnią gęstością umowną wynoszącą $425,70 \text{ kg/m}^3$, a w przypadku drzew wyrosłych na gruntach porolnych – $470,46 \text{ kg/m}^3$.

Na nieco żyzniejszym siedlisku (BMśw) gęstość drewna kształtowała się na poziomie $434,13 \text{ kg/m}^3$ w warunkach gleb leśnych i $474,07 \text{ kg/m}^3$ w warunkach gruntów porolnych (tab. 2).

Współczynnik zmienności gęstości drewna drzew pochodzących z uboższego siedliska (Bśw) wynosił ok. 8% i był niższy niż drzew, które rosły na żyzniejszym siedlisku.

W celu weryfikacji hipotezy, że drewno sosen pochodzących z gruntów porolnych i leśnych istotnie się różni przeprowadzono analizę wariancji oraz testy istotności RIR.

Pod względem gęstości różnice między drewnem drzew na glebach leśnych (na siedlisku boru świeżego i boru mieszanego świeżego) i gruntach porolnych były statystycznie istotne (tab. 3). Statystycznie istotnie wyższą gęstością cechowało się drewno drzew pochodzących z gruntów porolnych, aniżeli drewno drzew wyrosłych na glebach leśnych.

Drewno drzew wyrosłych na borze świeżym w warunkach gleb leśnych miało najmniejszą gęstość,

Tabela 2. Charakterystyka statystyczna gęstości umownej (Q_u) [kg/m^3] drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej na glebach porolnych oraz leśnych w warunkach Bśw i BMśw

Table 2. Characteristics of the basic density (Q_u) of wood in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing on post-agricultural land and typical forest soils in fresh coniferous stand (Bśw) and fresh mixed coniferous stand (BMśw)

Siedliskowy typ lasu Forest habitat type	Rodzaj gruntu Growth conditions	N	Q_u					
			średnia mean	min.	max.	σ	ν	ε
Bśw	leśne / forest	34	425,70	332,15	480,96	35,86	8,42	6,15
	porolne / post-agricultural land	34	470,46	372,74	579,08	38,78	8,24	6,65
BMśw	leśne / forest	39	434,13	304,22	560,97	57,86	13,31	9,26
	porolne / post-agricultural land	36	474,07	355,27	732,51	73,66	15,54	12,28

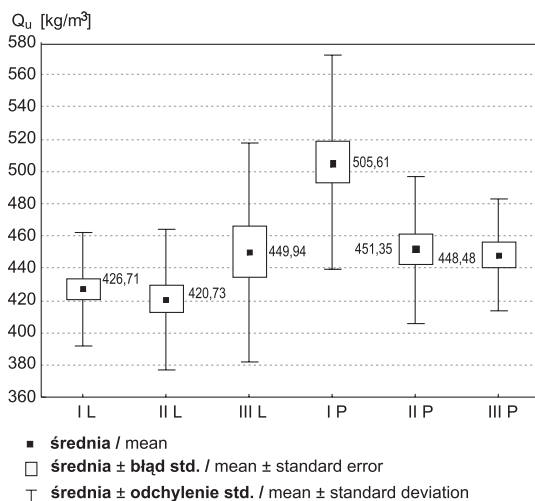
σ – odchylenie standardowe / standard deviation

ν – współczynnik zmienności / coefficient of variation

ε – błąd standardowy / standard error

Tabela 3. Wyniki testu RIR dla gęstości umownej drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.)Table 3. Results of the HSD test for the basic density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood

		Leśne Forest		Porolne Post-agricultural land	
		Bśw	BMśw	Bśw	BMśw
Leśne Forest	Bśw		0,998259	0,005566	0,014909
	BMśw	0,998259		0,036907	0,102909
Porolne Post-agricultural land	Bśw	0,005566	0,036907		0,999994
	BMśw	0,014909	0,102909	0,999994	

Tekst półgruby – efekty są istotne dla $p < 0,05$ Bold – significant effects at $p < 0.05$ **Rycina 2. Gęstość umowna drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w zależności od klasy biosocjalnej drzewa w drzewostanie (I, II, III) oraz warunków wzrostu (L – leśne, P – porolne)**Figure 2. Basic density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood in relation to Kraft's tree biosocial class in a stand (I, II, III) and growth conditions (L – forest, P – post-agricultural land)

statystycznie istotnie różną w porównaniu z drewnem sosen pochodzących z gruntów porolnych. Nie stwierdzono różnicy statystycznie istotnej między gęstością drewna sosen wyrosłych na różnych siedliskach (Bśw i BMśw) ani w przypadku gleb leśnych, ani w przypadku gruntów porolnych.

Analizując wpływ klasy biosocjalnej drzewa w drzewostanie na gęstość tkanki drzewnej stwierdzono, że u drzew wyrosłych na glebach leśnych rozkład gęstości drewna na tle klasy biologicznej drzewa wydaje się typowy dla tego gatunku, tzn. najwyższą gęstość stwierdzono u drzew współpanujących (449,9 kg/m³). Odwrotny rezultat odnotowano w przypadku drewna drzew pochodzących z gruntów porolnych. Najwyższą gęstością cechowało się drewno drzew górujących (I klasa Krafta), najniższą zaś – drzew współpanujących (III klasa Krafta) (ryc. 2).

Przeprowadzony test statystyczny wskazał na występowanie istotnych różnic między gęstością drewna sosen górujących wyrosłych na gruntach porolnych a drewnem pozostałych, analizowanych w pracy, drzew. Nie stwierdzono natomiast różnic statystycznie istotnych między gęstością drewna drzew zajmujących różną

pozycję biosocjalną wyrosłych na glebach leśnych (tab. 4).

W dalszej kolejności analizie poddano wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien próbek absolutnie suchych (W1) oraz próbek o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien (W2). Wytrzymałość próbek W1 wyniosła średnio 62,7 MPa, a próbek W2 – oraz 19,8 MPa (tab. 4).

Próbki absolutnie suche (W1) poddane badaniu wytrzymałości na ściskanie cechowały się blisko trzykrotnie wyższą wytrzymałością niż próbki, których wilgotność była wyższa lub równa nasyceniu błon komórkowych.

Wytrzymałość próbek W1 sosen wyrosłych na glebach leśnych w warunkach boru świeżego (Bśw) była podobna jak w warunkach boru mieszanego świeżego (BMśw) i wynosiła odpowiednio 67,8 MPa i 65,3 MPa. Wytrzymałość zbliżoną do opisanej powyżej miały również próbki drewna pobrane z drzew wyrosłych w warunkach Bśw na gruntach porolnych (66,9 MPa). Znacznie niższa wytrzymałość (50,7 MPa) charakteryzowała drewno sosen wyrosłych na borze mieszanym świeżym w warunkach gruntów porolnych (tab. 5, ryc. 3).

W przypadku drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien (W2) największą wytrzymałość (22,4 MPa) stwierdzono u sosen wyrosłych w warunkach boru świeżego na gruntach porolnych, najmniejszą zaś (18,3 MPa) u sosen wyrosłych na borze mieszanym świeżym

również na gruntach porolnych. Sosny wyrosłe na glebach leśnych miały drewno o wytrzymałości nieco ponad 19 MPa, zarówno na siedlisku Bśw, jak i BMśw (tab 5, ryc. 3).

Tabela 4. Wyniki testu RIR dla gęstości umownej drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z uwzględnieniem stanowska biosocjalnego drzew (I, II, III)

Table 4. Results of HSD test for wood basic density of in Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) taking into consideration the Kraft's tree biosocial class in a stand (I, II, III)

		Leśne Forest			Porolne Post-agricultural land		
		I	II	III	I	II	III
Leśne Forest	I		0,993345	0,793241	0,000020	0,549484	0,784524
	II	0,993345		0,483372	0,000020	0,226301	0,472944
	III	0,793241	0,483372		0,006527	0,999961	1,000000
Porolne Post-agricultural land	I	0,000020	0,000020	0,006527		0,002741	0,006907
	II	0,549484	0,226301	0,999961	0,002741		0,999975
	III	0,784524	0,472944	1,000000	0,006907	0,999975	

Tekst półgruby – efekty są istotne dla $p < 0,05$

Bold – significant effects at $p < 0.05$

Tabela 5 Charakterystyka statystyczna wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w stanie absolutnie suchym (W1) i o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien (W2)

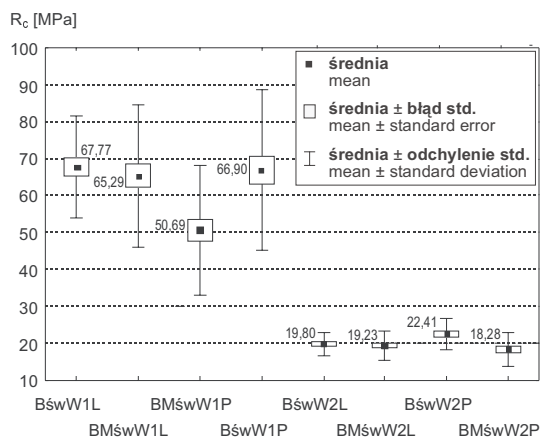
Table 5. Characteristics of compression strength along the grain in the wood of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.)

Siedlisko Forest habitat type *	Rodzaj gruntu Growth conditions	N	Wytrzymałość na ściskanie Compression strength					
			średnia mean	min.	max.	σ	ν	ϵ
W1								
Bśw	leśny forest	34	67,77	37,20	95,08	13,97	20,61	2,40
	porolny post-agricultural land	33	66,90	27,05	100,45	21,82	32,62	3,80
BMśw	leśny forest	37	65,29	22,74	92,21	19,41	29,74	3,19
	porolny post-agricultural land	34	50,69	25,44	92,25	17,55	34,62	3,01
Ogólnie Total		138	62,69	22,74	100,45	19,49	31,08	1,66
W2								
Bśw	leśny forest	31	19,80	11,96	24,68	3,07	15,50	0,55
	porolny Post-agricultural land	39	19,23	9,76	26,06	4,00	20,80	0,64
BMśw	leśny forest	29	22,41	11,46	30,19	4,24	18,92	0,79
	porolny Post-agricultural land	36	18,28	10,71	29,97	4,52	24,74	0,75
Ogólnie Total		135	19,79	9,76	30,19	4,23	21,40	0,36

σ – odchylenie standardowe / standard deviation

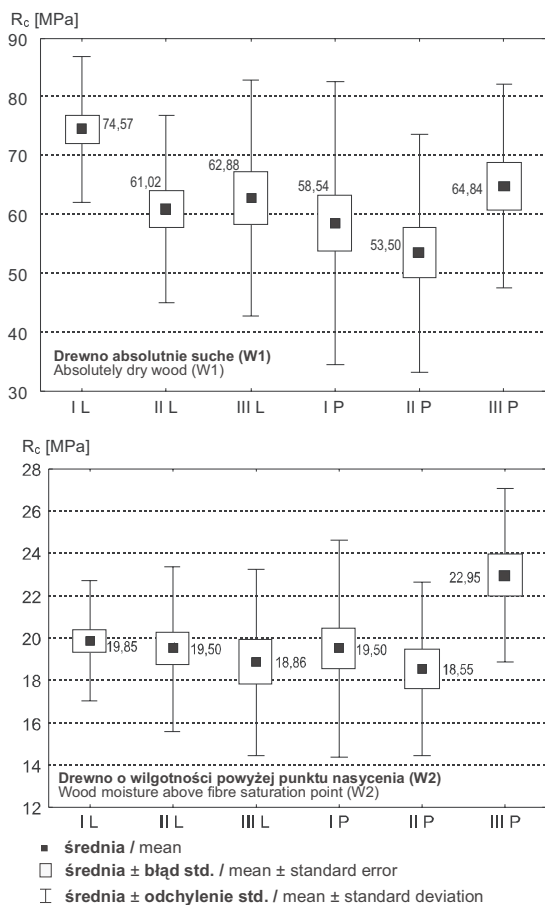
ν – współczynnik zmienności / coefficient of variation

ϵ – błąd standardowy / standard error



Rycina 3. Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien próbek drewna o różnej wilgotności (W1 – absolutnie suchych, W2 – o wilgotności powyżej nasycenia włókien) sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej w zróżnicowanych warunkach (Bśw i BMśw, L – na glebach leśnych, P – na gruntach porolnych)

Figure 3. Compression strength along the grain for wood samples with different moisture content (W1 – absolutely dry, W2 – with moisture above the fibre saturation point) of pines growing in different growth condition (Bśw – fresh coniferous stand, BMśw – fresh mixed coniferous stand, L – forest soils, P – post-agricultural land)



Rycina 4. Wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z uwzględnieniem wilgotności drewna i warunków wzrostu drzew (I, II, III – klasy biosocjalne Krafta, L – grunty leśne, P – porolne)

Figure 4. Compression strength along the grain for Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood samples taking into consideration wood moisture content and tree growth conditions (I, II, III – Kraft's biosocial classes, L – typical forest soils, P – post-agricultural land)

Porównanie średniej wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien u sosen pochodzących z gruntów porolnych i leśnych wyrosłych w warunkach boru świeżego oraz boru mieszanego świeżego, przeprowadzone za pomocą testu RIR (tab. 6), wykazało statystycznie istotne różnice. Ponadto w przypadku drewna absolutnie suchego (W1) stwierdzono wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien statystycznie istotnie wyższą niż drewna o wilgotności powyżej 30% (W2). Statystycznie istotnie najniższą wytrzymałość na ściskanie wzdłuż włókien drewna o wilgotności 0% stwierdzono u sosen wyrosłych w warunkach BMśw na gruntach porolnych. Wytrzymałość drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien (W2) nie różniła się istotnie. Jedynie drewno sosen pochodzących z BMśw na gruntach porolnych miało istotnie niższą wytrzymałość aniżeli drewno sosen z gruntów porolnych na Bśw (tab. 6).

W dalszej kolejności przeprowadzono analizy wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien uwzględniając zróżnicowanie biosocjalne drzew w drzewostanie.

Najwyższą wytrzymałość (74,57 MPa) miały próbki drewna absolutnie suchego drzew górujących z drzewostanów na glebach leśnych. Najniższą wytrzymałość drewna (53,50 MPa) stwierdzono u drzew zaklasyfikowanych do II klasy Krafta (panujące) wyrosłych w warunkach gruntów porolnych (ryc. 4).

W przypadku drewna o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien najwyższą wytrzymałość (22,95 MPa) miały próbki z drzew współpanujących wyrosłych na gruntach porolnych, najniższą zaś (18,55 MPa) z drzew panujących (ryc. 5).

Uzyskane dane empiryczne poddano weryfikacji statystycznej. Statystycznie istotne różnice w przypadku drewna absolutnie suchego występowały między drzewami I klasy Krafta wyrosłymi na glebach leśnych a drzewami I i II klasy Krafta na gruntach porolnych. W przypadku drewna o wilgotności powyżej 30% różnice statystycznie istotne były pomiędzy drzewami współpanującymi z drzewostanów na gruntach porolnych a drzewami współpanującymi z drzewostanów na glebach leśnych i drzewami panującymi z drzewostanów na gruntach porolnych (tab. 7).

Tabela 6. Wyniki testu RIR dla wytrzymałości drewna na ściskanie wzdłuż włókien próbek absolutnie suchych (W1) oraz maksymalnie nasyconych wodą (W2)

Table 6. Results of the HSD test for compression strength along the grain in W1 (dry) and W2 (wet) wood samples of Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) growing on post-agricultural land and forest soils fresh coniferous stand (Bśw) and fresh mixed coniferous stand (BMśw)

			W1				W2			
			Leśne Forest		Porolne Post-agricultural land		Leśne Forest		Porolne Post-agricultural land	
			Bśw	BMśw	Bśw	BMśw	Bśw	BMśw	Bśw	BMśw
W1	Leśne Forest	Bśw	0,994899	0,999996	0,000035	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032
		BMśw	0,994899	0,999715	0,000208	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032
	Porolne Post-agricultural land	Bśw	0,999996	0,999715	0,000053	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032
		BMśw	0,000035	0,000208	0,000053	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032
W2	Leśne Forest	Bśw	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	1,000000	0,995724	0,999842	
		BMśw	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	1,000000	0,985758	0,999989	
	Porolne Post-agricultural land	Bśw	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,995724	0,985758	0,939554	
		BMśw	0,000032	0,000032	0,000032	0,000032	0,999842	0,999989	0,939554	

Tekst półgruby – efekty są istotne dla $p < 0,05$

Bold – significant effects at $p < 0.05$

Tabela 7. Wyniki testu RIR dla wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien próbek absolutnie suchych (W1) oraz maksymalnie nasyconych wodą (W2) drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z uwzględnieniem zróżnicowania biosocjalnego drzew

Table 7. Results of HSD test for compression strength along the grain in W1 (dry) and W2 (wet) wood samples of Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) growing on post-agricultural land and forest soils in fresh coniferous stand (Bśw) and fresh mixed coniferous stand (BMśw)

			Leśne Forest			Porolne Post-agricultural land		
			I	II	III	I	II	III
W1	Leśne Forest	I		0,092512	0,382437	0,023827	0,002470	0,593363
		II	0,092512		0,999635	0,996873	0,763994	0,988692
		III	0,382437	0,999635		0,979919	0,631340	0,999527
	Porolne Post-agricultural land	I	0,023827	0,996873	0,979919		0,947453	0,903923
		II	0,002470	0,763994	0,631340	0,947453		0,417831
		III	0,593363	0,988692	0,999527	0,903923	0,417831	
W2	Leśne Forest	I		0,998311	0,969242	0,999998	0,974130	0,137794
		II	0,998311		0,997012	0,999570	0,998656	0,058701
		III	0,969242	0,997012		0,980467	0,999996	0,024764
	Porolne Post-agricultural land	I	0,999998	0,999570	0,980467		0,985038	0,113261
		II	0,974130	0,998656	0,999996	0,985038		0,018973
		III	0,137794	0,058701	0,024764	0,113261	0,018973	

Tekst półgruby – efekty są istotne dla $p < 0,05$

Bold – significant effects at $p < 0.05$

4. Dyskusja

Analizując wybrane właściwości drewna sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych i leśnych na Bśw i BMśw stwierdzono znacznie wyższą gęstość drewna w przypadku drzew wyrosłych na gruntach porolnych niż leśnych, co jest częściowo zbieżne z wynikami wcześniej przeprowadzonych badań (Jelonek et al. 2005).

Wielu autorów podaje, iż występuje ścisły związek między gęstością drewna a jego właściwościami mechanicznymi (Krzysik 1978, Pazdrowski 1988, Saranpää 2003) oraz między wytrzymałością a wilgotnością drewna (Kollmann et Coté 1968, Grzeźczyński 1967, 1975, 1985). Wynikiem tych zależności jest wzmocnienie desorpcyjne, będące w dużym uproszczeniu skutkiem micelarnej budowy ścian komórkowych oraz powinowactwa celulozy, hemiceluloz i związków pektynowych do wody. 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.

Na podstawie badań Grzeźczyńskiego (1975) można oczekiwać, iż wartość wytrzymałości drewna absolutnie suchego będzie około trzykrotnie wyższa niż drewna o wilgotności równej pełnemu nasyceniu błon komórkowych. Nie budzi więc wątpliwości uzyskana duża różni-

ca wytrzymałości między drewnem absolutnie suchym a drewnem maksymalnie spęczniałym (ryc. 4).

Uzyskane wyniki pozwoliły na określenie wzmocnienia desorpcyjnego, którego najwyższe wartości charakteryzowały drewno sosen wyrosłych na Bśw na glebach leśnych (ryc. 5).

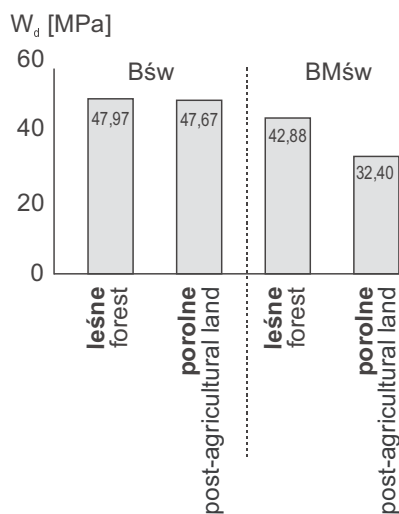
Tak wysokie wzmocnienie desorpcyjne w drewnie tych drzew przy stosunkowo niskiej jego gęstości może wskazywać na odmienną budowę ultrastrukturalną i chemiczną ścian komórkowych cewek, a szczególnie na duży udział obszarów amorficznych (w stosunku do obszarów krystalicznych – celulozy) oraz na zróżnicowanie nachylenia mikrofibryl w poszczególnych lamelach warstw ściany komórkowej (cewek).

Na poparcie tej hipotezy wykreślono linie trendu współzależności wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien od gęstości umownej drewna absolutnie suchego i o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien u sosen z gruntów porolnych i leśnych (ryc. 6).

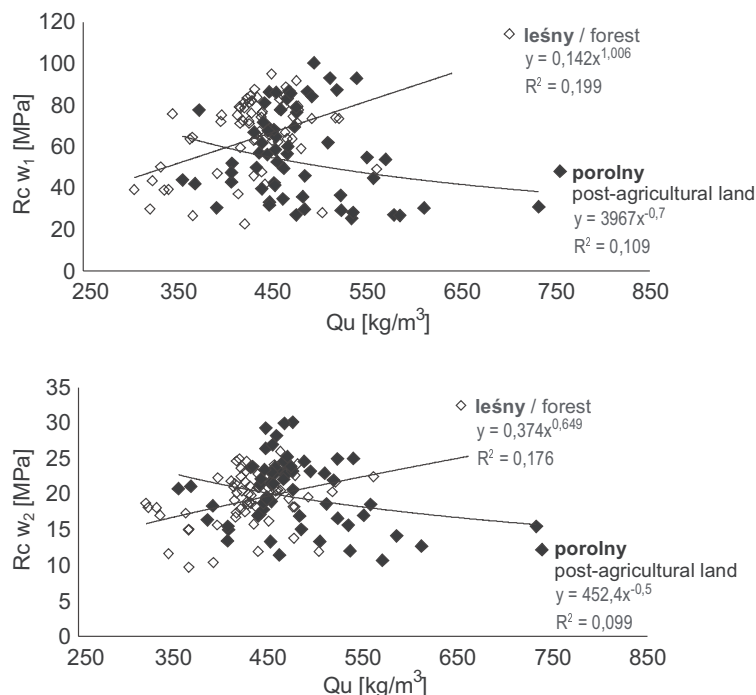
Dość nietypowy jest układ otrzymanych wyników. Drewno sosen z drzewostanów na BMśw na gruntach porolnych, które miało najwyższą gęstość, miało zarazem najniższą wytrzymałość, niezależnie od tego, czy było to drewno absolutnie suche czy o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien. Drewno sosen wyrosłych na glebach leśnych, które miało najniższą gęstość, miało jednocześnie wysoką wytrzymałość.

W pracy przeprowadzono również analizę rozkładu omawianych właściwości drewna z uwzględnieniem klasy biosocjalnej sosen w drzewostanie. Wzrost średniej gęstości drewna wraz z przechodzeniem do niższych warstw drzewostanu zaobserwowano u sosen wyrosłych w warunkach gruntów leśnych. Taki układ gęstości wydaje się prawidłowy, wynikający z promieniowej zmienności szerokości słoju rocznych u gatunków iglastych (Kommert 1972, Tsoumis et Panagiotidis 1980, Lindström 1996). Nietypowy natomiast układ zmian gęstości zauważono u sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych, gdzie drewno o najwyższej gęstości stwierdzono u drzew górujących. Drzewa zaliczone do tej klasy cechowały się największą dynamiką przyrostu na wysokość oraz grubość, toteż powinny się charakteryzować większym udziałem drewna wczesnego w słoju rocznym niż drzewa egzystujące w niższych warstwach drzewostanu (Krzysik 1978). Dynamika przyrostu drzew górujących na gruntach porolnych była zbliżona do dynamiki przyrostu drzew na gruntach leśnych, dlatego przyczyn takiego stanu rzeczy należy upatrywać w submikroskopowej budowie ścian komórkowych głównego komponentu ksylemu, tj. elementów trachealnych.

Analizowane w pracy właściwości drewna drzew z różnych klas biosocjalnych z drzewostanów na glebach leśnych i gruntach porolnych cechowały się praktycznie



Rycina 5. Wzmocnienie desorpcyjne drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej w warunkach Bśw i BMśw na gruntach porolnych i typowo leśnych
 Figure 5. Desorption strengthening of wood in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) growing in fresh coniferous stand (Bśw) and fresh mixed coniferous stand (BMśw) on post-agricultural land and typical forest soils



Rycina 6. Zależność wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien od gęstości umownej drewna (a – absolutnie suchego, b – o wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien) sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z drzewostanów na gruntach porolnych i leśnych

Figure 6. Dependence of compression strength along the grain on basic density of absolutely dry wood (a) and wood with moisture content above fibre saturation point (b) in Scots pines (*Pinus sylvestris* L.) growing on post-agricultural land and typical forest soils

odwrotnym układem (trendem) gęstości drewna w stosunku do jego wytrzymałości (ryc. 6). Po pierwsze, może to świadczyć o istotnym wpływie warunków wzrostu na kształtowanie się tkanki drzewnej, prawdopodobnie na poziomie jej ultrastruktury i składu chemicznego. Po drugie, poruszony problem może świadczyć o znacznie mniejszej sile współzależności między gęstością drewna a jego wytrzymałością.

Uzyskane wyniki wskazują na odmienność właściwości tkanki drzewnej drzew wyrosłych w warunkach leśnych i na gruntów porolnych. Różnice te mogą być wynikiem biomodifikacji tkanki drzewnej wskutek dużych zdolności adaptacyjnych tego gatunku. Naturalne modyfikacje tkanki drzewnej postępują najczęściej z wiekiem, czego przykładem jest np. depolimeryzacja łańcuchów celulozy związana z procesem starzenia się tkanki drzewnej (Pereira et al. 2003).

Przeprowadzone badania nie wyczerpują w pełni poruszonego problemu, ani z naukowego, ani też z praktycznego punktu widzenia. Zasadnym jest prowadzenie dalszych badań, mających na celu opisanie jak największej liczby czynników kształtujących właściwości tkanki drzewnej drzew wzrastających w warunkach gruntów porolnych.

5. Wnioski

Wyższą jakością techniczną opisaną analizowanymi w pracy właściwościami cechowało się drewno sosen wyrosłych w warunkach gleb leśnych aniżeli porolnych.

Drewno sosen wyrosłych w warunkach gruntów porolnych cechowało się wyższą gęstością umowną i niższą wytrzymałością na ściskanie wzdłuż włókien aniżeli drewno sosen pochodzących z gleb leśnych.

Statystycznie istotnie najwyższą gęstość umowną drewna stwierdzono u sosen górujących wyrosłych w warunkach gruntów porolnych.

Statystycznie istotnie najwyższą wytrzymałością drewna absolutnie suchego cechowało się drzewo górujące wyrosłe w warunkach gleb leśnych, natomiast najwyższą wytrzymałość drewna maksymalnie spęczniałego odnotowano w przypadku drzewa współpanującego wyrosłego na gruntach porolnych.

Drewno absolutnie suche cechowało się około trzykrotnie wyższą wytrzymałością aniżeli drewno o wilgotności powyżej 30% wilgotności bezwzględnej.

Literatura

- Dean T. J. 2004. Basal area increment and growth efficiency as function of canopy dynamics and stem mechanics. *Forest Science*, 50(1): 106–116.
- Fabijanowski J. 1961. Kilka uwag o badaniach dotyczących rasy sosny zwyczajnej w Polsce oraz o sośnie mazurskiej. *Sylvan*, 4: 21–27.
- Fabisiak E. 2005. Zmienność podstawowych elementów anatomicznych i gęstości drewna wybranych gatunków drzew. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu. Rozprawy Naukowe*, 369: 1–176.
- Grochowski J. 1973. Dendrometria. Warszawa, PWRiL.
- Graczyński T. 1967. Z zagadnień związanych z określeniem wytrzymałości drewna. *Prace Instytutu Technologii Drewna*, 4: 25–30
- Graczyński T. 1975. Badania nad zależnością wytrzymałości drewna od jego wilgotności. *Prace Instytutu Technologii Drewna*, 3/4: 15–55
- Graczyński T. 1985. Zależność wytrzymałości drewna od wartości kurczenia się jego przekroju obciążonego. *Przemysł Drzewny*, 12: 24–26
- 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.
- Jelonek T., Pazdrowski W., Tomczak A., Szaban J., Jakubowski M. 2008. 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: 150–156
- Kokociński W. 2004. Drewno. Pomiar właściwości fizycznych i mechanicznych. Poznań, Prodruck, ISBN 83-88518-75-5, s. 202.
- Kollmann F. F. P., Wilfred A.C. J. 1968. Principles of Wood Science and Technology. I. Solid Wood. Berlin – Heidelberg – New York, Springer-Verlag.
- Kommert R. 1972. Untersuchung der Roh- und Raumdichte von Fichtenholz. *Holztechnologie*, 13, 4: 229–231.
- Krzysik F. 1978. Nauka o drewnie. Warszawa, PWN.
- Lindström H. 1996. Basic density of Norway spruce. Part 2. Predicted by stem taper, mean growth ring width, and factors related to crown development. *Wood and Fiber Science*, 28 (2): 240–251.
- Paschalis P. 1980. Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. *Sylvan*, 1: 29–43
- Pazdrowski W. 1988. Wartość techniczna drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w zależności od jakości pni drzew w drzewostanach rębnych. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe*, 170: 1–72.
- 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.
- Pereira H., Graça J., Rodrigues J. 2003. Wood chemistry in relation to quality. [w:] Wood quality and its biological basis. Ed. J. R. Barnett and G. Jeronimidis. Oxford, Blackwell Publishing & CRC Press, 53–86.
- Puchniarski T. H. 2000. Zalesienia porolne. Poradnik od A do Z. Warszawa, PWRiL.
- Saranpää P. 2003. Wood density and growth. [w:] Wood quality and its biological basis. Ed. J. R. Barnett and G. Jeronimidis. Oxford, Blackwell Publishing & CRC Press, 87–117.
- Savidge R.A. 2003. Tree growth and wood quality. [w:] Wood quality and its biological basis. Ed. J. R. Barnett and G. Jeronimidis. Oxford, Blackwell Publishing & CRC Press, 1–29.
- Schweingruber F.H. 2007. Wood Structure and Environment, Springer Verlag, ISBN 9783540482994.
- Tsoumis G., Panagiotidis N. 1980. Effect of growth conditions on wood quality characteristic of black pine (*Pinus nigra* Arn.). *Wood Science and Technology*, 14(4): 301–310.
- Winandy J. E. 1994. Wood properties. [w:] Encyclopedia of Agricultural Science, Ed. Ch. J. Arntzen, Academic Press, 4: 549–561.