DOI: 10.2478/frp-2018-0008
Wersja PDF: www.lesne-prace-badawcze.pl

Leśne Prace Badawcze / *Forest Research Papers*
Marzec / March 2018, Vol. 79 (1): 69–76

ORYGINALNA PRACA NAUKOWA

e-ISSN 2082-8926

Określenie współczynników zamiennych dla wybranych długości drewna średniowymiarowego sosnowego i świerkowego grupy S2

Determining conversion factors for medium-sized pine and spruce wood

Joanna Witkowska, Krzysztof Jodłowski*

Instytut Badawczy Leśnictwa, Zakład Zarządzania Zasobami Leśnymi, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn, Polska

*Tel. +48 22 7150346, fax +48 22 7153837, e-mail: K.Jodlowski@ibles.waw.pl

Abstract. The aim of the study was to verify the commonly used conversion factors, their realignment and adaptation to current requirements for wood group S2. Our re-evaluation was based on medium-sized pine and spruce wood between 1 m and 3 m long, with an upper diameter of 5 cm to 24 cm without bark. Measurements were carried out on individual raw material pieces (rollers) as well as entire stacks. In total, 1092.026 steres of pine wood and 482.430 steres of spruce wood from five different forest districts were measured. The conversion factors for both pine and spruce were observed to be generally lower than those currently used in PN-D-95000-2002 and the directives of the General Director of State Forests regarding technical requirements on medium-sized round wood. We also confirmed the dependence between the value of the conversion factor and the average diameter of the roller in the stack, although this was not consistently statistically significant due to the influence of a multitude of factors that potentially cancel each other out. The differences of conversion factors obtained for the S2A and S2B groups suggest that more extensive research for pine and spruce wood as well as the development of separate conversion factors is necessary. However, developing appropriate conversion factors for wood of the S2A group (S2AC and S2AP), especially pine wood, will be challenging due to the large range of diameters and curvature permitted by the regulations.

Keywords: conversion factor, medium-sized wood, measurement of wood in stacks

1. Wstęp

Miąższość pozyskanego surowca drzewnego może być mierzona bądź obliczana w różny sposób i na różnych etapach:

- podczas prac pozyskaniowych – z wykorzystaniem urządzeń pomiarowych harwestera,
- po zrywce – obmiar stosów (ręczny lub z zastosowaniem metod fotooptycznych), z wykorzystaniem współczynników zamiennych,
- na środkach wywozowych – obmiar ręczny lub z zastosowaniem metod optycznych (kamer przemysłowych lub skaningu),
- w zakładzie przerobu drewna – z użyciem urządzeń stacjonarnych – wag w odniesieniu do drewna średniowymiarowego zaś w przypadku kłód i dłużyc – skanerów 2D, 3D, a niekiedy nawet tomografów komputerowych.

Ostatni z wymienionych sposobów pomiaru jest najdokładniejszy, jednak nie wszystkie zakłady przerobu drewna mają takie nowoczesne urządzenia pomiarowe. Ponadto, aby wyniki tych pomiarów mogły być wykorzystywane w obrocie handlowym, urządzenia powinny być zalegalizowane przez upoważnione do tego instytucje. Pomiar harwesterowy jest najczęściej traktowany jako orientacyjny, służący do wstępnych rozliczeń z wykonawcą prac pozyskaniowych (weryfikacja ilości pozyskanego drewna następuje po pomiarze u odbiorcy), natomiast pomiar na środkach wywozowych jest stosowany rzadko. W wersji z użyciem kamer i/lub skanerów wymaga dodatkowych konstrukcji. Natomiast ręczny pomiar stosów jest ciągle wykorzystywany, w mniejszym lub większym stopniu, w wielu krajach. Zakres jego stosowania zależy od zaawansowania technologii pozyskaniowych, a także poziomu rozwoju przemysłu przerobu drewna.

W Polsce surowiec średniowymiarowy grupy S2 jest przygotowywany do odbioru w postaci stosów regularnych i nieregularnych (PN-D-95000:2002). Do obliczenia miąższości drewna w stosie służą współczynniki zamienne, określające stosunek miąższości surowca bez kory [m^3] do objętości stosu [m(p)].

Badania nad współczynnikiem zamiennym dla drewna średniowymiarowego były wielokrotnie podejmowane w In-

Wpłynęło: 28.08.2017 r., zrecenzowano: 26.11.2017 r., zaakceptowano: 13.02.2018 r.

BY-NC-ND/3.0 © 2018 J. Witkowska, K. Jodłowski

stytucie Badawczym Leśnictwa, począwszy od lat 50. ubiegłego wieku (Cichowski 1955; Grodzki 1961). Dotyczyły wyłącznie drewna sosnowego i świerkowego o metrowej lub zbliżonej do metra długości. Najwięcej badań w tym zakresie przeprowadzono w latach 70. ubiegłego wieku. Wtedy to poszerzono zakres wcześniejszych badań o drewno średniowymiarowe sosnowe o długości 2,40; 7,0; 6,0 i 5,0 m (Cichowski, Makowski 1972; Cichowski, Makowski 1973; Cichowski 1978).

Wraz ze zmianami technologii pozyskania, załadunku i przerobu drewna zaistniała potrzeba umieszczenia w opracowywanej normie PN-D-95000:1993 (nowelizacja normy PN-88-D-95000) współczynników zamiennych dla drewna średniowymiarowego o długościach powyżej 2,40 m, dotychczas w większym zakresie niestosowanych z uwagi na brak nasiębiernych środków zrywkowych.

Jak wykazały badania (Cichowski, Makowski 1973; Cichowski 1978; Campu 2012) wartość współczynnika zamiennego dla określonego sortymentu drewna zależy od szeregu czynników, a mianowicie: średnicy i długości, staranności wyróbki (głównie jakości okrzesania gałęzi), staranności ułożenia stosu, krzywizn, udziału kory, zbieżystości, wielkości mierzonych stosów, pochodzenia drewna (drzewostan rębny/przedrębny, wałek z odziomka/części czubowej). Niektórzy autorzy zaznaczają również zależność współczynnika zamiennego od wilgotności drewna (Ljubojević et al. 2011), zauważalnej po dłuższym przelegiwaniu w stosie. Jednak największy wpływ na jego wartość mają średnica i długość. Im średnia średnica wałków jest większa, tym współczynnik zamienny jest wyższy, natomiast dla dłuższych wałków współczynniki są niższe.

W 2011 roku w Instytucie Badawczym Leśnictwa przeprowadzono ocenę współczynników zamiennych uwzględnionych w projekcie zarządzenia Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych (Witkowska 2011). Ocena wykazała braki w badaniach będących podstawą do określenia niezbędnych współczynników (tab. 1). Braki w największym stopniu dotyczyły współczynników zamiennych dla niektórych gatunków drewna i długości sortymentów włączonych do normy PN-D-95000:2002.

Wpływ na dezaktualizację współczynników zamiennych zamieszczonych w zarządzeniu, a opracowanych na podstawie wcześniej zebranych materiałów, wywarły również dokonywane w ostatnim ćwierćwieczu zmiany i częste modyfikacje warunków technicznych, jakim powinien odpowiadać surowiec drzewny. Konieczne jest zatem zweryfikowanie stosowanych współczynników zamiennych, ich urealnienie i dostosowanie do aktualnych wymagań technicznych.

2. Materiał i metody badań

Materiał badawczy stanowią dane pomiarowe pochodzące z pięciu nadleśnictw: Gidle (RDLP w Katowicach), Lądek (RDLP we Wrocławiu), Maskulińskie (RDLP w Białymstoku), Pińczów (RDLP w Radomiu) oraz Przytok (RDLP w Zielonej Górze). Badaniami objęto drewno średniowymiarowe sosnowe i świerkowe o długościach od 1 do 3 m i o średnicy górnej bez kory od 5 do 24 cm. Realizowano je w latach 2014-2015 w ramach prac terenowych, polegających na pomiarze surowca w pojedynczych sztukach (wałkach) i w mygłach. Pomiar objętości stosów drewna dokonywany był w sposób podany na rycinie 1.

Tabela 1. Wartości współczynników zamiennych dla drewna średniowymiarowego sosnowego i świerkowego w korze
Table 1. Conversion factors for pine and spruce medium-sized wood, under bark

Rodzaj drewna Wood species	**Długość** Length [m]	**Według normy** According to the standard PN-D-95000:2002	**Według badań** According to a study
So Pine	1,0; 1,2	0,65	0,65–0,70 (Cichowski, Makowski 1973)
	2,0; 2,4	0,62	0,62 (Cichowski 1978)
	3,0	-	-
	4,0	-	-
	5,0	0,60	0,60 (Cichowski 1978)
	6,0	0,60	0,59 (Cichowski 1978)
	7,0	0,60	0,58 (Cichowski 1978)
Św Spruce	1,0; 1,1; 1,2	0,70	0,70 (Cichowski, Makowski 1973)
	2,0; 2,4	0,67	0,63 **układanie mechaniczne** / mechanical piling 0,67 **układanie ręczne** / manual piling (Moskała 1982)
	3,0	0,65	-
	4,0	0,65	-
	5,0	0,65	-
	6,0	-	-
	7,0	-	-

Rycina 1. Elementy pomiaru stosu nieregularnego (h_0–h_n – wysokość, l – długość stosu, s – szerokość stosu)
Figure 1. Elements of irregular stack measurement (h_0–h_n – height, l – stack length, s – stack width)

Nie rejestrowano sposobu pozyskania drewna (pilarka lub harwester), natomiast w większości przypadków było ono zrywane i układane mechanicznie, przy użyciu forwarderów lub przyczep nasiębiernych agregatowanych z ciągnikami rolniczymi. Jedynie część drewna krótkiego świerkowego i sosnowego (1,2 m) układano ręcznie.

Pomiary długości (l), szerokości (s) i wysokości (h) wykonywano za pomocą taśmy i tyczki pomiarowej z dokładnością do 1 cm. Za długość stosu przyjmowano nominalną długość drewna. Pomiary wysokości stosów wykonywano co 1 m z każdej strony.

Podczas pomiarów czół stosów drewna średniowymiarowego, w pracach terenowych prowadzonych od roku 2008, stosowano tzw. „pomiar zerowy" wysokości stosu. Uwzględnienie tego pomiaru stało się koniecznością w przypadku stosów nieregularnych. Pozwala ono na dokładniejsze obliczenie średniej wysokości stosu. Dotychczasowy sposób wyliczenia wysokości, polegający na rozpoczynaniu pomiarów wysokości w odległości 1 lub 2 metrów od początku stosu, był właściwy tylko w przypadku stosów regularnych, w odniesieniu do stosów nieregularnych zawyżał ich średnią wysokość, co w rezultacie prowadziło do zwiększenia ich objętości. Podczas pomiarów zwracano uwagę, by wysokość na „metrze zerowym" (h_0), zawierała co najmniej dwa wałki. Do pomiaru wysokości nie wliczano wysokości legarów. Szerokość stosu mierzono wzdłuż krawędzi dolnej, po obu stronach stosu.

Dla każdego z czół obliczano pole powierzchni, której elementami były średnia arytmetyczna wysokości oraz szerokość stosu. Średnia arytmetyczna pól powierzchni obu czół pomnożona przez długość stosu stanowiła jego objętość. Wyrażono ją wzorem:

$$V = l \times [(h_0' + h_1' + \ldots + h_n') \times s' / (n'+1) + (h_0'' + h_1'' + \ldots + h_n'') \times s''/(n''+1)] / 2$$

gdzie:
V – objętość stosu [m(p)],
l – długość stosu (wałka) [m],
s – szerokość stosu [m],
h – wysokość stosu [m],
n+1 – liczba pomiarów.

Miąższość poszczególnych wałków obliczano na podstawie średnicy środkowej bez kory. W tym celu mierzono średnicę każdego wałka z obu końców, na krzyż. Pomiary wykonywano z dokładnością do 1 mm, a następnie obliczano średnie arytmetyczne. Wyniki pomiarów służyły do obliczenia przeciętnej zbieżystości stosu, która była podstawą do obliczenia średnic środkowych poszczególnych sztuk. Na podstawie średnic środkowych – zaokrąglonych matematycznie – obliczano ich miąższość. Uproszczony wzór na miąższość wałka [m^3] miał postać:

$$V = \pi \times l \times \frac{[2d_g + (l \times z)^2]}{160000}$$

gdzie:
l – długość wałka [m],
d_g – średnica cieńszego (górnego) końca bez kory [cm],
z – zbieżystość [cm/m].

W celu scharakteryzowania i porównania współczynników zamiennych dla poszczególnych długości wałków wyliczono średnie ważone, odchylenia standardowe (*SD*), błędy standardowe średniej (*SE*) oraz współczynniki zmienności (*CV*). Normalność rozkładu współczynników zamiennych badano za pomocą testu Shapiro-Wilka. Z uwagi na to, że w przeszłości stwierdzono zależność współczynnika zamiennego od różnych parametrów drewna wchodzącego w skład stosu, postanowiono zbadać jego zależność od średniej średnicy wałka w stosie, jako parametru najbardziej związanego z wartością tego współczynnika. W tym celu zastosowano korelację rang Spearmana. Do analizy współczynników zamiennych dla poszczególnych długości drewna wykorzystano analizę skupień (metody hierarchiczne oraz grupowanie metodą k-średnich). Obliczenia wykonano przy użyciu pakietu statystycznego Statistica 8 (Statsoft 2008).

Jeżeli warunki terenowe na to pozwalały, czoła poszczególnych stosów drewna były fotografowane.

3. Wyniki badań i dyskusja

Drewno średniowymiarowe sosnowe

Pomiary surowca wykonano na terenie nadleśnictw: Gidle, Maskulińskie, Pińczów i Przytok. Materiał badawczy stanowiło drewno średniowymiarowe sosnowe o łącznej objętości 1092,026 m(p) to jest 682,919 m^3, z czego na surowiec o długości 1,2 m przypadło 180,951 m(p); 1,8 m – 289,597 m(p) i 2,5 m – 621,478 m(p). Łącznie przeanalizowano 35 stosów, odpowiednio 12, 5 i 18 stosów.

Podczas pomiaru surowca rejestrowano jego kwalifikację do grup S2AP i S2BG (grupa S2BC nie była mierzona). Parametrem różniącym badane grupy jest wielkość średnicy górnej bez kory oraz jedno- i wielostronna krzywizna (tab. 2).

Tylko w przypadku surowca sosnowego o długości 1,2 m pomierzono drewno obu grup, tj. S2AP i S2BG. Szczegóło-

we zestawienie wyników badań dla drewna średniowymiarowego sosnowego analizowanych długości przedstawiono w tabeli 3.

Średni ważony współczynnik zamienny dla drewna o długości 1,2 m grupy S2A jest niższy od uzyskanego dla grupy S2B. W przypadku jednego stosu z surowcem grupy S2A współczynnik zamienny wyniósł 0,660 (ryc. 2) i przekroczył znacznie wartości współczynników dla obu grup. Mogło to być wynikiem wyjątkowo starannego ułożenia tego stosu i nieznacznych krzywizn poszczególnych wałków. Średni współczynnik zamienny dla całej grupy S2 o długości 1,2 m wyniósł 0,622. Wykonana analiza wariancji nie wykazała jednak istotności różnic między średnimi współczynnikami zamiennymi dla grup S2A i S2B przy poziomie prawdopodobieństwa p=0,09.

W przypadku drewna o długościach 1,8 i 2,5 m zarejestrowano jedynie drewno należące do grupy S2B. Średnie ważone współczynniki zamienne dla tego drewna nie różnią się od siebie znacznie i wynoszą odpowiednio 0,625 i 0,626.

Uzyskane wyniki dla S2B o długości 1,2 m są nieco niższe od otrzymanych przez Cichowskiego i Makowskiego (1973) oraz Cichowskiego (1978), jednak zbliżone do ich wyników w przypadku większych długości. Wynik współczynnika dla S2A znacznie odbiega od wartości otrzymanych wcześniej, ale jest to konsekwencją obniżonych wymagań technicznych względem tej grupy.

Tabela 2. Wybrane parametry drewna grupy S2AP i S2BG
Table 2. Selected wood parameters of the group S2AP and S2BG

Parametr / Parameter	S2AP[1]	S2BC[2]	S2BG[2]
Minimalna średnica górna bez kory Minimum upper diameter without bark	5 cm	Od 5 do 12 cm	≥ 13 cm
Maksymalna średnica dolna bez kory Maximal bottom diameter without bark	**nie ogranicza się** not limited	**nie zdefiniowano** not defined	**nie zdefiniowano** not defined
Krzywizna jednostronna Simple sweep	**dopuszczalna do 12 cm/m** acceptable to 12 cm/m	**dopuszczalna do 1,5 cm/m (dla drewna iglastego)** acceptable to 1,5 cm/m (for softwood)	**dopuszczalna do 1,5 cm/m (dla drewna iglastego)** acceptable to 1,5 cm/m (for softwood)
Krzywizna wielostronna Multiple sweep	**dopuszczalna wynosząca połowę wielkości krzywizny jednostronnej** permissible amounting to half the amount of simple sweep	**dopuszczalna wynosząca połowę wielkości krzywizny jednostronnej** permissible amounting to half the amount of simple sweep	**dopuszczalna wynosząca połowę wielkości krzywizny jednostronne** permissible amounting to half the amount of simple sweep

[1)]Zarządzenie nr 33 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z 17 kwietnia 2012 r.(Zarządzenie 2012a)
[2)]Zarządzenie nr 34 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z 17 kwietnia 2012 r. (Zarządzenie 2012b)

Tabela 3. Wyniki badań dla drewna średniowymiarowego sosnowego
Table 3. Research results for medium-sized pine wood

Długość / Length [m]	S2AP			S2BG		
	Średni ważony współczynnik zamienny (średnia ± błąd standardowy) Wighted mean conversion factor (mean ± SE)	**Odchylenie standardowe** Standard deviation SD	**Współczynnik zmienności** Coefficient of variation CV [%]	**Średni ważony współczynnik zamienny (średnia ± błąd standardowy)** Wighted mean conversion factor (mean ± SE)	**Odchylenie standardowe** Standard deviation SD	**Współczynnik zmienności** Coefficient of variation CV [%]
1,2	0,617±0,009	0,02768	4,5	0,634±0,006	0,012390	1,9
1,8				0,625±0,005	0,011229	1,8
2,5				0,626±0,005	0,021827	3,5

Obliczone średnie ważone współczynników zamiennych dla poszczególnych długości drewna cechowały się bardzo małą zmiennością. Wartość współczynnika zmienności wahała się od 1,9 do 3,5%.

Wzrostowi średniej średnicy towarzyszy zwykle wzrost współczynnika zamiennego, choć rozrzut jego wartości jest niekiedy dość znaczny (ryc. 2−4). W przypadku drewna średniowymiarowego dłuższego (2,5 m) może on wynikać z różnej staranności w sposobie układania surowca, jednak nie tylko. W stosie drewna pochodzącego z Nadleśnictwa Gidle (miąższość 30,276 m^3, średnia średnica 17,9 cm) odnotowano wizualnie większą grubość kory niż w przypadku innych stosów. Miało to wyraźny wpływ na wartość współczynnika zamiennego, który wyniósł 0,596. Wartość ta okazała się zdecydowanie niższa niż w przypadku współczynnika zamiennego dla stosu o zbliżonej średniej średnicy wałków 17,7 cm (miąższość 41,204 m^3), dla którego wyniosła 0,641.

Na rycinach 3 i 4 są widoczne wyraźne zgrupowania punktów obrazujących współczynniki zamienne dla poszczególnych stosów – po dwa skupienia na każdej z rycin. Zastosowanie analizy skupień potwierdziło istnienie tych grup, choć różnice między nimi, w odniesieniu do współczynników zamiennych, nie okazały się statystycznie istotne przy poziomie prawdopodobieństwa *p* równym odpowiednio 0,10 i 0,52. Wartość współczynników zamiennych dla tych grup, wyznaczona w wyniku analizy, to 0,612 i 0,628 dla długości drewna 1,8 m oraz 0,619 i 0,635 dla drewna o długości 2,5 m. Występowanie skupień może sugerować istnienie grup sortymentowych, dla których należałoby opracować odrębne współczynniki zamienne.

Zależność między średnią średnicą wałka w stosie a współczynnikiem zamiennym okazała się bardzo wysoka i statystycznie istotna jedynie dla surowca o długości 1,8 m (tab. 4).

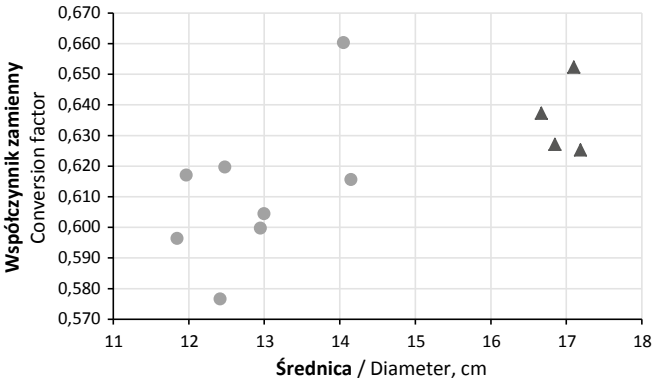
Drewno średniowymiarowe świerkowe

Ogółem badaniami objęto 482,430 m(p), w sumie 317,283 m^3 surowca, w tym: 152,692 m(p) o długości 1,2 m; 110,095 m(p) o długości 1,5 m; 152,040 m(p) o długości 2,4 m i 67,603 m(p) o długości 2,5 m. Łącznie przeanalizowano 86 stosów, odpowiednio: 30, 34, 16 i 6.

Tabela 4. Współczynniki krealacji Spearmana w relacji 'średnica – współczynnik zamienny' dla drewna średniowymiarowego sosnowego

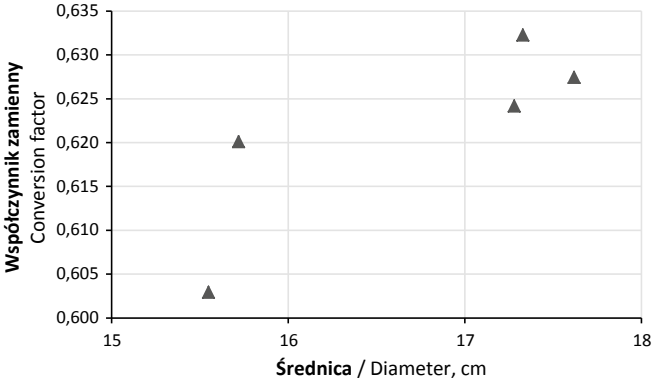
Table 4. Spearman correlation coefficients for the relation 'diameter – conversion factor' for medium-sized pine wood

Długość Length [m]	N	R	t(N-2)	*p*
1,2 S2A	8	0,43	1,16	0,29
1,2 S2B	4	-0,40	-0,62	0,60
1,8	5	0,90	3,58	0,04
2,5	17	0,47	2,08	0,05



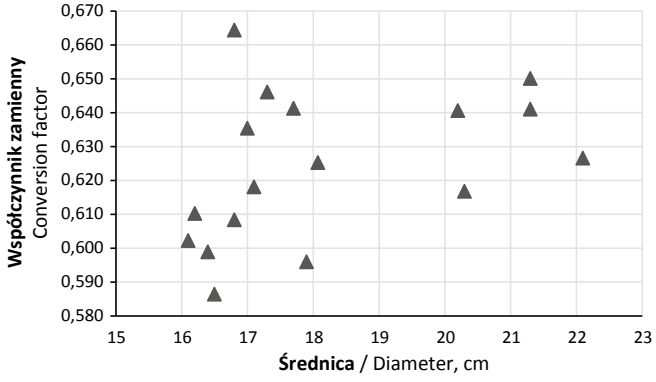
Rycina 2. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy wałka dla drewna stosowego sosnowego o długości 1,2 m: ● – drewno grupy S2A, ▲ – drewno grupy S2B

Figure 2. Dependency of the conversion factor on the mean pine roller diameter with the length of 1.2 m: ● − S2A group, ▲ – S2B group



Rycina 3. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy wałka dla drewna stosowego sosnowego o długości 1,8 m

Figure 3. Dependency of the conversion factor on the mean pine roller diameter with the length of 1.8 m



Rycina 4. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy wałka dla drewna stosowego sosnowego o długości 2,5 m.

Figure 4. Dependency of the conversion factor on the mean pine roller diameter with the length of 2.5 m

Materiał badawczy pochodził z Nadleśnictwa Lądek. Ograniczona dostępność surowca pozwoliła jedynie na przeprowadzenie pomiarów stosów o długości wałków 1,2 i 1,5 m wyłącznie grupy S2BG. Drewno pozostałych długości, tj. 2,4 i 2,5 m, zawierało tylko surowiec grupy S2AP. Zebrany materiał dotyczący stosów drewna o długości 2,5 m nie był wystarczająco obszerny, z uwagi na niewielkie pozyskanie tego surowca w czasie prowadzenia badań. Szczegółowe wyniki badań przedstawiono w tabeli 5.

Współczynnik zmienności współczynników zamiennych dla poszczególnych stosów drewna o długości 1,2 m (S2B) wyniósł 4,8%. Widoczna jest jego zależność od średniej średnicy drewna (ryc. 5). Wzrostowi średniej średnicy towarzyszy wzrost współczynnika zamiennego. Współczynnik zamienny dla drewna o średnicy powyżej 17 cm jest wyższy o około 0,050 od współczynnika zamiennego dla surowca cieńszego. Zastosowana analiza skupień wykazała, że różnica między tymi grupami jest statystycznie istotna przy poziomie prawdopodobieństwa $p<0{,}001$. Wyznaczone średnie współczynniki zamienne dla tych grup to odpowiednio 0,656 i 0,701. Średnia ważona wartość współczynnika zamiennego dla drewna o długości 1,2 m wyniosła 0,691 i jest zbliżona do wyniku uzyskanego przez Cichowskiego i Makowskiego (1973).

Współczynnik zmienności współczynnika zamiennego dla drewna o długości 1,5 m (S2B) wyniósł 6,2%, mimo że średnia średnica dla poszczególnych stosów nie wykazywała dużej zmienności. Współczynnik zamienny dla badanego surowca wahał się w granicach od 0,643 do 0,798. W wyniku zastosowanej analizy skupień (metoda hierarchiczna) wyróżniono cztery grupy współczynników zamiennych. Analiza wariancji wykazała istnienie istotnych różnic między nimi przy poziomie prawdopodobieństwa $p=0{,}01$. Średnie wartości ważonych współczynników zamiennych dla tych grup to odpowiednio 0,669; 0,675; 0,681 oraz 0,747. Średnia ważona wartość współczynnika zamiennego dla wszystkich stosów drewna o długości 1,5 m wyniosła 0,683.

Podobnie stosunkowo wysoką zmiennością współczynnika zamiennego (8,2%) charakteryzowały się stosy drewna o długości 2,4 m. W tym przypadku jest to bardziej uzasadnione. Wszystkie mierzone stosy drewna o tej długości zawierały surowiec grupy S2A. Udział wałków o średnicy 5−12,9 cm w poszczególnych stosach wahał się od 15,0 do 74,0%. Otrzymany współczynnik zamienny dla stosu jest tym większy, im mniejszy jest w nim udział wałków cienkich. Ogółem dla stosów o średniej średnicy od 14 cm wzwyż jest on większy o około 0,06 w stosunku do stosów o mniejszej średniej średnicy, co wynikło z wykonanej analizy skupień. Średnie ważone współczynników zamiennych dla tych grup (ryc. 7), różniących się między sobą istotnie, to odpowiednio 0,590 i 0,653. Średnia ważona wartość współczynnika zamiennego dla drewna o długości 2,4 m wyniosła 0,609. Uzyskana wartość jest niższa od uzyskanej przez Moskałę (1982) dla surowca świerkowego układanego mechanicznie o 0,021.

Zmienność współczynnika zamiennego dla drewna o długości 2,5 m jest niska (1,9%). Mimo tego, że surowiec nie był pod względem wymiarowym jednorodny (od 19,2 do 58,2% wałków o grubości 5–12,9 cm), średnie ważone współczynniki zamienne dla surowca cieńszego i grubszego były do siebie zbliżone i wyniosły odpowiednio 0,646 i 654. Wartość średniego ważonego współczynnika zamiennego dla drewna o długości 2,5 m (S2A) wyniosła 0,651.

Kształtowanie się współczynnika zamiennego w zależności od średniej średnicy wałka świerkowego zilustrowano na rycinach 5–8. Podobnie jak w przypadku sosny, zauważalny jest (na ogół) spadek współczynnika zamiennego wraz ze wzrostem długości sortymentu. Analiza statystyczna (tab. 5) wskazuje na silną istotną współzależność współczynnika zamiennego i średniej średnicy dla drewna o długości wałków 2,4 m i nieco słabszą, choć również statystycznie istotną, dla drewna o długości 1,2 m. Dla pozostałych długości korelacja jest słaba i statystycznie nieistotna.

Materiał badawczy, który posłużył do obliczania współczynników zamiennych dla drewna świerkowego, był wy-

Tabela 5. Wyniki badań dla drewna średniowymiarowego świerkowego
Table 5. Research results for medium-sized spruce wood

Długość / Length [m]	S2AP			S2BG		
	Średni ważony współczynnik zamienny (średnia ± błąd standardowy) Weighted mean conversion factor (mean ± SE)	**Odchylenie standardowe** Standard deviation SD	**Współczynnik zmienności** Coefficient of variation CV [%]	**Średni ważony współczynnik zamienny (średnia ± błąd standardowy)** Weighted mean conversion factor (mean ± SE)	**Odchylenie standardowe** Standard deviation SD	**Współczynnik zmienności** Coefficient of variation CV [%]
1,2				0,691±0,006	0,032383	4,8
1,5				0,683±0,007	0,043092	6,2
2,4	0,609±0,012	0,050004	8,2			
2,5	0,651±0,005	0,012687	1,9			

starczający jedynie dla drewna o długości 1,2 i 1,5 m grupy S2B oraz 2,4 m grupy S2A. W przypadku drewna o długości 2,5 m należałoby badania poszerzyć o materiał dla obu grup.

4. Podsumowanie

Współczynniki zamienne dla drewna średniowymiarowego sosnowego i świerkowego zawarte w normie PN-D-95000:2002, a także w zarządzeniach Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych w sprawie ramowych warunków technicznych, są na ogół wyższe od otrzymanych w niniejszych badaniach, co wskazuje na konieczność skorygowania współczynników stosowanych obecnie.

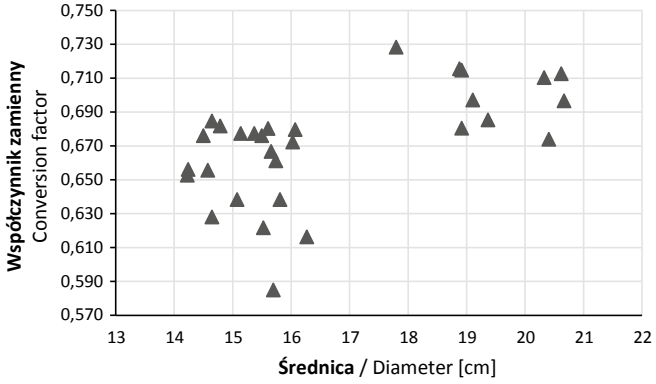
Potwierdzono istnienie zależności między wartością współczynnika zamiennego a średnią średnicą wałka w stosie, chociaż nie zawsze była to zależność statystycznie istotna. Zaburzenia w sile zależności współczynnika zamiennego i średniej średnicy w surowcu sosnowym i świerkowym mogą wynikać z wpływu na współczynnik zamienny wielu czynników, niekiedy wzajemnie się znoszących.

Zaobserwowano różnicę między współczynnikami zamiennymi w przypadku grupy S2AP i S2BG drewna sosnowego o długości 1,2 m. Należałoby zatem poszerzyć badania w celu opracowania zróżnicowanych współczynników zamiennych

Tabela 5. Współczynniki krealacji Spearmana w relacji średnia średnica – współczynnik zamienny dla drewna średniowymiarowego świerkowego

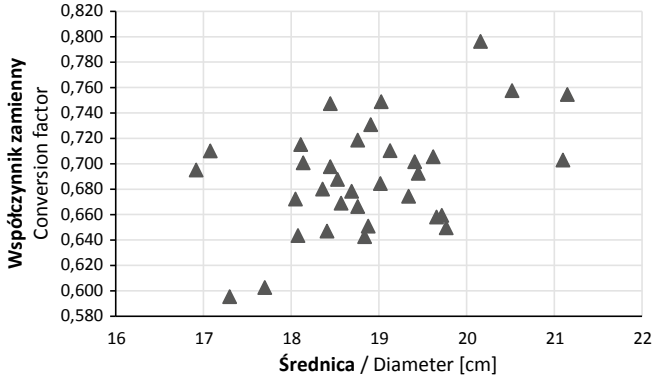
Table 5. Spearman correlation coefficients for the relation mean diameter-conversion factor for medium-sized spruce wood

Długość Length [m]	N	R	t(N-2)	p
1,2m	30	0,53	3,28	0,00
1,5	34	0,32	1,94	0,06
2,4	16	0,89	7,23	0,00
2,5	6	0,37	0,80	0,47



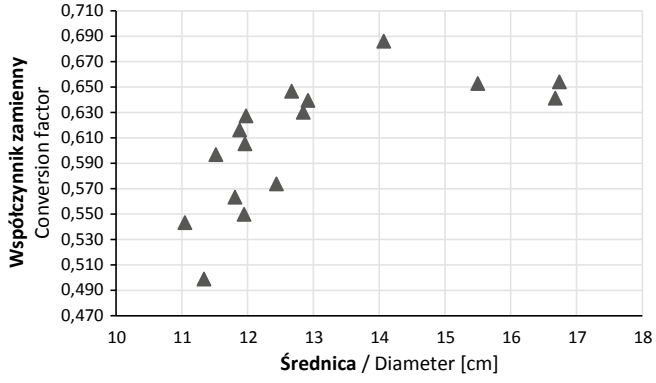
Rycina 5. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy wałka dla drewna stosowego świerkowego o długości 1,2 m

Figure 5. Dependency of the conversion factor on the mean spruce roller diameter with the length of 1.2 m



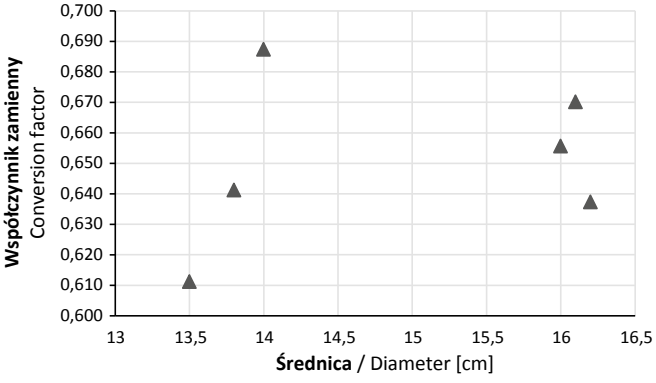
Rycina 6. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy wałka dla drewna stosowego świerkowego o długości 1,5 m

Figure 6. Dependency of the conversion factor on the mean spruce roller diameter with the length of 1.5 m



Rycina 7. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy wałka dla drewna stosowego świerkowego o długości 2,4 m

Figure 7. Dependency of the conversion factor on the mean spruce roller diameter with the length of 2.4 m



Rycina 8. Zależność współczynnika zamiennego od przeciętnej średnicy wałka dla drewna stosowego świerkowego o długości 2,5 m

Figure 8. Dependency of the conversion factor on the mean spruce roller diameter with the length of 2.5 m

dla grup drewna średniowymiarowego S2A i S2B (grupa S2B obejmuje grupy S2BC i S2BG różniące się minimalną wartością średnicy górnej) różnych długości, uwzględniających ewentualnie różne kategorie cięć, siedliskowe typy lasu czy sposoby pozyskania (harwester/pilarka). Potrzebę taką potwierdza również istnienie grup współczynników zamiennych zaobserwowane podczas analizy przeprowadzonych pomiarów zarówno dla drewna sosnowego, jak i świerkowego.

Opracowanie właściwego współczynnika zamiennego dla drewna grupy S2A (S2AC i S2AP), zwłaszcza sosnowego, może być trudne z uwagi na duży zakres średnic i krzywizny dopuszczany w wymaganiach technicznych dla tego sortymentu.

Konflikt interesów

Autorzy deklarują brak potencjalnych konfliktów.

Podziękowania i źródła finansowania

Badania zrealizowano w ramach projektu badawczego pt.: „Określenie współczynników zamiennych dla wybranych długości drewna sosnowego i świerkowego wielkowymiarowego w kłodach oraz średniowymiarowego”, zleconego przez Generalną Dyrekcję Lasów Państwowych.

Autorzy składają serdeczne podziękowania Pracownikom jednostek organizacyjnych Lasów Państwowych, na których terenie prowadzono badania – regionalnych dyrekcji Lasów Państwowych w Białymstoku, Katowicach, Radomiu, Wrocławiu i Zielonej Górze oraz nadleśnictw: Maskulińskie, Gidle, Lądek, Pińczów i Przytok.

Literatura

Campu V.R. 2012. Determination of the conversion factor of stacked wood in solid content at spruce pulpwood and firewood with the length of two and three meters. *Bulletin of the Transilvania University of Braşov* 5(54): 31–36.

Cichowski P. 1955. Badania nad wielkością współczynnika zamiennego dla papierówki. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.

Cichowski P. 1978. Ustalenie współczynników zamiennych dla papierówki sosnowej w korze o długościach 2,4; 5,0; 6,0 i 7,0. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.

Cichowski P., Makowski K. 1972. Ustalenie współczynników zamiennych 1 mp na m^3 dla papierówki iglastej i liściastej. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.

Cichowski P., Makowski K. 1973. Opracowanie współczynników zamiennych 1 mp na m^3 dla różnych sortymentów drewna stosowego. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.

Grodzki M. 1961. Pomiar i ustalenie współczynników przeliczeniowych/zamiennych/ z 1 mp na m^3 dla drewna stosowego – papierówka. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa, Warszawa.

Ljubojević S., Marčeta D., Kremenović S. 2011. Conversion Coefficients for Distilling Wood in Running Standards and Everyday Practice. *South-east European forestry* 2(1): 51–57. DOI 10.15177/seefor.11-06.

Moskała J. 1982. Opracowanie zamiennika z m^3/p/ w korze na m^3 bez kory dla papierówki świerkowej o długości 2,4 metra. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa. Warszawa.

PN-D-95018:1991. Surowiec drzewny – Drewno średniowymiarowe – Wspólne wymagania i badania. Polski Komitet Normalizacyjny.

PN-D-95000:1988. Surowiec drzewny – Pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie. Polski Komitet Normalizacyjny.

PN-D-95000:1993. Surowiec drzewny – Pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie. Polski Komitet Normalizacyjny.

PN-D-95000:2002. Surowiec drzewny – Pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie. Polski Komitet Normalizacyjny.

Statsoft, Inc. 2008. STATISTICA for Windows [Computer program manual]. Tulsa, OK: StatSoft, Inc., http://www.statsoft.com.

Witkowska J. 2009. Nowe metody pomiaru surowca drzewnego ze szczególnym uwzględnieniem drewna kłodowanego. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa. Warszawa.

Witkowska J. 2011. Ocena współczynników zamiennych z m^3(p) w korze na m^3 bez kory dla drewna sosnowego i świerkowego, uwzględnionych w projekcie zarządzenia Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych. Dokumentacja Instytutu Badawczego Leśnictwa. Sękocin Stary.

Zarządzenie. 2012a. Zarządzenie nr 33 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 17 kwietnia 2012 r. w sprawie wprowadzenia Ramowych warunków technicznych na drewno średniowymiarowe ogólnego przeznaczenia – S2AP http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy/ [7.08.2017].

Zarządzenie. 2012b. Zarządzenie nr 34 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 17 kwietnia 2012 r. w sprawie wprowadzenia Ramowych warunków technicznych na drewno średniowymiarowe użytkowe – S2B http://drewno.zilp.lasy.gov.pl/drewno/Normy/ [7.08.2017].

Wkład autorów

J.W. – prowadzenie badań, koncepcja artykułu, przegląd literatury, analiza danych, pisanie i korekta tekstu, K.J. – prowadzenie badań, analiza danych, obliczenia statystyczne, korekta tekstu, przygotowanie końcowej wersji publikacji.