

**ARKADIUSZ TOMCZAK, PAWEŁ WESOŁOWSKI, TOMASZ JELONEK,
MARCIN JAKUBOWSKI**

Utrata masy i zmiany gęstości średniowymiarowego surowca sosnowego pozyskanego i magazynowanego w okresie letnim

Weight loss and green density changes of Scots pine pulpwood harvested and stored during the summer

ABSTRACT

Tomczak A., Wesołowski P., Jelonek T., Jakubowski M. 2016. Utrata masy i zmiany gęstości średniowymiarowego surowca sosnowego pozyskanego i magazynowanego w okresie letnim. Sylwan 160 (8): 619-626.

The study objectives included: i) determination of the mass and green density of pulpwood (wood+bark) and ii) comparison of the changes in these parameters during 14-day-long storage period. The experiment was conducted between 15 and 28 July 2014 and the material was taken from the 67 year-old Scots pine stand (Tuchola Forest District, northern Poland). Using the Ulrich method, 30 model trees were selected. After felling and delimiting, logs of 2.5 m length were cut, with diameter at the small end not less than 7 cm outside the bark. In total, 133 logs were harvested (mean diameter inside the bark at the thicker end – 13.1 cm, in the thinner end – 11.4 cm). After diameter measurements were taken, each log was weighed (total over bark volume equaled 4.69 m³, while total weight – 3955 kg). Mass measurement took place daily between 8 and 10 a.m. In Poland, the raw material is not recommended to be stored too long in summer, due to the possibility of its depreciation. Storage time should be as short as possible and not exceed 2 weeks. The mass of the 1 m³ of wood harvested from freshly-cut trees amounted to 844 kg. After 14 days it decreased to 814 kg (–3.5%). Differences were not statistically significant. Because the moisture content has the highest influence on mass, the rain and thereby an increase in the air humidity significantly reduce drying. Mass of 1 m³ of raw material was reduced to the day of rain by 2.9 kg (–0.35%) per day on average. After the occurrence of rainfall, between 10th and 14th day of storage the mean weight loss was 1.3 kg/m³ (–0.16%). The mean weight loss reached 30 kg/m³ in analyzed period. Generally two weeks storage is too short time to obtain a large weight loss. However, in this case of total mass of haulage vehicles together with their cargo may be a few hundred kilos smaller.

KEY WORDS

Scots pine, mass of logs, timber, freshly-cut trees, bark, wood moisture

ADDRESSES

Arkadiusz Tomczak – e-mail: arkadiusz.tomczak@up.poznan.pl

Paweł Wesołowski – e-mail: pawelwesolowski75@wp.pl

Tomasz Jelonek – e-mail: tomasz.jelonek@up.poznan.pl

Marcin Jakubowski – e-mail: marcin.jakubowski@up.poznan.pl

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

Wstęp

Na rzeczywistą masę surowca w stanie świeżym wpływają gęstość i wilgotność drewna oraz udział i gęstość kory. Gęstość jest jedną z ważniejszych i najczęściej badanych właściwości drewna. Na jej podstawie określa się m.in. jakość techniczną drewna oraz wydajność mas celulozowych [Tomczak i in. 2009]. Jest też ona jedną z bardziej zmiennych właściwości drewna. Istotne różnice w gęstości drewna występują przede wszystkim na przekrojach podłużnym i poprzecznym pnia [Gryc i in. 2011; Tomczak, Jelonek 2013; Auty i in. 2014]. Ponadto na gęstość wpływają dynamika przyrostu na grubość [Mederski i in. 2013] oraz warunki wzrostu i rozwoju drzew określone położeniem geograficznym [Paschalis 1980], siedliskiem [Přemyslovská i in. 2008], pozycją biosocjalną drzewa w drzewostanie [Pazdrowski, Spława-Neyman 1993; Tomczak 2013] czy też wynikające z przyjętych założeń gospodarczych [Peltola i in. 2009; Mäkinen, Hynynen 2014]. Na gęstość drewna ma wpływ także wilgotność. Badania Helińskiej-Raczkowskiej [1996] wykazały, że u brzozy wilgotność drewna rośnie wraz ze spadkiem gęstości. Podobną zależność u innych gatunków stwierdzili Clark i Daniels [2000] oraz Dias i Marengo [2016]. Drewno o niższej gęstości jest bardziej porowate, co oznacza że jego „pojemność” wodna będzie wyższa. Biorąc pod uwagę zmienność gęstości na przekroju podłużnym pnia, można przypuszczać, że równie istotne zmiany dotyczyć będą wilgotności. Na przekroju poprzecznym pnia szczególnych różnic należy się spodziewać u gatunków drzew, które wykształcają twardziel. Jest ona nieaktywna fizjologicznie – jest tą częścią przekroju poprzecznego, która nie bierze udziału w przewodzeniu wody wraz z solami mineralnymi. W porównaniu do bielu wilgotność twardzieli jest zdecydowanie niższa. Wilgotność drewna w pniach drzew rosnących wykazuje także zmienność sezonową [Waring i in. 1979].

W obrocie handlowym w miąższości surowca nie uwzględnia się kory, więc nie jest ona brana pod uwagę przy określaniu masy, pomimo jej znacznego udziału w biomacie drzewa [Zasada i in. 2008; Ochał i in. 2013]. Grochowski [1953, 1956] ocenia, że udział kory w miąższości strzał drzewostanu sosnowego (90 lat, II/III klasa bonitacji) wynosić może 14%. Podobne wnioski wypływają z badań Rymer-Dudzińskiej [1964]. Według Meixnera [1970] udział kory w miąższości strzały sosnowej maleje z wiekiem. W drzewostanie 35-letnim udział kory w miąższości pnia szacuje on na około 17%, a w drzewostanie 88-letnim na około 13,5%. Liczne wyniki badań dotyczących udziału kory w miąższości drzew i drzewostanów przedstawiła Rymer-Dudzińska [1976, 1981, 1997]. Kompleksowym opracowaniem są również tablice miąższości i zbieżystości dłużyc, kłód i wyrzynków strzał sosnowych opracowane przez Radwańskiego [1955], w których zamieszczono także dane dotyczące udziału kory. Kora wykazuje gęstość mniejszą lub równą gęstości drewna. Bauza [1971] twierdzi, że gęstość kory martwicowej w stanie suchym wynosi 385 kg/m^3 , Dietz [1975] podaje, że gęstość umowna kory sosny równa jest 300 kg/m^3 , natomiast według Wróbla [1975] gęstość kory w stanie suchym uzależniona jest od jej typu i waha się od 370-390 (kora martwicowa – spękana, na pniach starszych drzew) do $510\text{-}550 \text{ kg/m}^3$ (lustrzanka – kora gładka, na pniach młodszych drzew lub w wyższych strefach pnia drzew starszych). Gęstość lustrzanki jest zbliżona do gęstości drewna, w stanie suchym gęstość drewna sosnowego mieści się bowiem w zakresie $450\text{-}650 \text{ kg/m}^3$ [Kobyliński 1967; Głowacki, Paschalis 1991].

W niniejszej pracy przedstawiono wyniki doświadczenia, którego celem było określenie rzeczywistej masy surowca sosnowego świeżo pozyskanego w okresie letnim oraz utraty masy i zmian gęstości w trakcie jego magazynowania.

Materiał i metody

Doświadczenie przeprowadzono na materiale pozyskanym z 67-letniego drzewostanu sosnowego (Nadleśnictwo Tuchola), który wyrósł na borze świeżym. W wybranym drzewostanie zaplanowany

był zabieg trzebieży późnej. Przed wyznaczeniem drzew modelowych pomierzono pierśnice i wysokości drzew przeznaczonych do usunięcia. Pierśnicę mierzono za pomocą średnicomierza, zaokrąglając wyniki do 1 cm. Pomiar wykonywany był dwukrotnie, mierzono minimalną i maksymalną średnicę, a wyniki uśredniano. Wysokość drzew została zmierzona wysokościomierzem Nikon Forestry 550, z zaokrągleniem do 0,1 m. Na podstawie uzyskanych danych wybrano 30 drzew modelowych. Po 10 drzew reprezentowało dolny, przeciętny i górny przedział pierśnic. Na gęstość drewna sosny w istotny sposób wpływa dynamika przyrostu na grubość [Peltola i in. 2007], dlatego też wybór drzew oparto na metodzie dendrometrycznej Uricha.

Kolejny etap prac polegał na ścięciu drzew modelowych i wymanipulowaniu z ich pni wałków o nominalnej długości 250 cm. Średnica surowca w cieńszym końcu nie mogła być mniejsza niż 7 cm w korze. Następnie za pomocą wagi hakowej została określona masa, z zaokrągleniem pomiaru do 0,1 kg. Masa zmagazynowanego drewna była określana przez kolejnych 14 dni. Doświadczenie zakładało stosunkowo krótki czas przechowywania, z uwagi na wysokie ryzyko deprecjacji surowca w okresie letnim. Czas magazynowania nie powinien więc przekraczać 2 tygodni. W pierwszym dniu pomiarów zmierzono również średnice surowca: górną i dolną, w korze i bez kory. Przeciętną średnicę na górnym i dolnym końcu każdego wałka otrzymano każdorazowo na podstawie dwukrotnego pomiaru, tj. średnicy minimalnej i maksymalnej. Pomiar średnic wykonany został z zaokrągleniem do 0,1 cm. Na podstawie uzyskanych średnic obliczono za pomocą formuły Smaliana miąższość każdego wałka w korze i bez kory. Znajomość miąższości oraz masy umożliwiła obliczenie gęstości surowca. Dane poddano analizie statystycznej w programie Statistica 12 (StataSoft Inc.). Opracowano statystyki opisowe oraz wykonano testowanie różnic, stosując nieparametryczny test U Manna-Whitneya.

Pomiar masy odbywał się codziennie między godzinami 8.00 i 10.00, w dniach od 15 do 28 lipca 2014 roku. W miejscu magazynowania surowca stale rejestrowano temperaturę, wilgotność oraz wielkość opadu. Pomiaru wykonywane były za pomocą stacji meteorologicznej ustawionej w pobliżu zmagazynowanego surowca, a odczyty prowadzono codziennie. Temperaturę mierzono z dokładnością do 1°C, wilgotność do 1%, opady do 0,01 l/m² (ryc. 1). Po wykonaniu ostatniego pomiaru masy zmierzono na czołach wałków, z zaokrągleniem do 1 mm, minimalną i maksymalną średnicę twardzieli. Łącznie pozyskano 133 wałki o miąższości bez kory 4,11 m³ (w korze 4,69 m³).

Wyniki

Do przeprowadzenia doświadczenia pozyskano surowiec, którego przeciętna średnica w grubszym końcu wynosiła 13,1 cm bez kory, w górnym 11,4 cm bez kory. Średnia miąższość wałka określona została na 0,031 m³ bez kory i 0,035 m³ w korze. Masa jednego wałka w stanie świeżym równa była 29,7 kg, a gęstość w korze 849 kg/m³ (tab. 1).

Pozyskany surowiec zmagazynowano na powierzchni, prowadząc w pobliżu stosu pomiar warunków przechowywania. W badanym okresie średnia temperatura powietrza wynosiła 25,4°C, a wilgotność – 30,5%. Opady zanotowano w 10. i 13. dniu magazynowania. Wynosiły one odpowiednio 9,34 i 11,31 l/m². W dniu, w którym wystąpił pierwszy opad atmosferyczny, zanotowano wyraźny wzrost wilgotności w stosunku do dni z początku okresu magazynowania. Jeszcze bardziej wyraźny wzrost wilgotności powietrza zaobserwowano po drugim dniu opadów (ryc.).

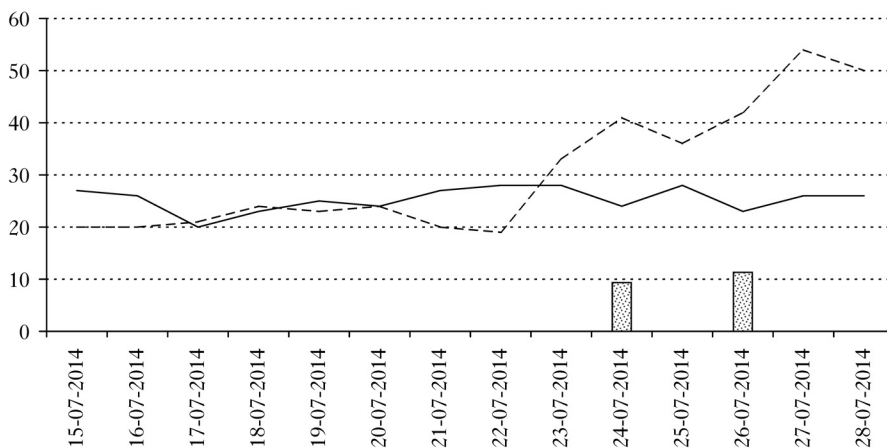
Masa surowca w dniu pozyskania wynosiła 3955 kg. Po 14 dniach magazynowania masa zmalała o 138,9 kg, do 3817 kg (–2,13%). Średni ubytek masy na dzień dla całej partii badanego drewna wyniósł średnio 10,7 kg (–0,27%). Stwierdzone różnice nie były statystycznie istotne. Masę surowca w stanie świeżym w przeliczeniu na 1 m³ określono na 843,7 kg. W stosunku do ostatniego dnia magazynowania była to wartość wyższa o 29,6 kg. Średni ubytek masy 1 m³ su-

Tabela 1.

Masa w stanie świeżym (M [kg]), miąższość [m^3] w korze (Vwk) i bez kory (Vbk) oraz średnica [cm] w cieńszym końcu w korze ($\varnothing\uparrow$ wk) i bez kory ($\varnothing\uparrow$ bk), w grubszym końcu w korze ($\varnothing\downarrow$ wk) i bez kory ($\varnothing\downarrow$ bk) oraz twardzieli w cieńszym ($\varnothing\uparrow$ tw) i grubszym ($\varnothing\downarrow$ tw) końcu

Green weight (M [kg]), over (Vwk) and under (Vbk) bark volume [m^3] as well as over ($\varnothing\uparrow$ wk) and under ($\varnothing\uparrow$ bk) bark diameter [cm] at thinner end, over ($\varnothing\downarrow$ wk) and under ($\varnothing\downarrow$ bk) bark diameter [cm] at thicker end and heartwood diameter [cm] at thinner ($\varnothing\uparrow$ tw) or thicker ($\varnothing\downarrow$ tw) end

	Srednia Mean	SD	CV [%]	Minimum Minimum	Maksimum Maximum	Q25	Mediana Median	Q75
M	29,7	12,1	40,8	11,7	72,7	20,2	27,7	37,3
Vwk	0,035	0,017	48,9	0,012	0,095	0,022	0,030	0,044
Vbk	0,031	0,013	42,9	0,011	0,076	0,021	0,028	0,037
$\varnothing\uparrow$ wk	11,8	2,5	21,3	7,0	18,3	9,7	11,6	13,5
$\varnothing\uparrow$ bk	11,4	2,4	21,2	6,9	17,1	9,5	11,1	12,9
$\varnothing\downarrow$ wk	14,1	3,7	26,2	8,6	25,0	11,3	13,2	16,3
$\varnothing\downarrow$ bk	13,1	2,8	21,7	8,2	22,0	10,9	12,8	14,7
$\varnothing\uparrow$ tw	4,2	2,0	47,7	0,0	9,5	2,8	4,3	5,7
$\varnothing\downarrow$ tw	5,2	1,6	30,6	2,0	10,0	4,0	5,2	6,2



Ryc.

Temperatura (linia ciągła, [°C]), wilgotności (linia przerywana, [%]) oraz dobowa suma opadów (słupki, [mm]) w okresie badań

Temperature (solid line, [°C]), relative humidity (dashed line, [%]) and precipitation (bars, [mm]) during the analysis period

rowca na dzień przechowywania wynosił więc 2,28 kg (−0,27%). Gęstość drewna wyraźnie spadała do dnia wystąpienia opadów, średnio o 2,9 kg/ m^3 (−0,35%). Od 10. dnia magazynowania gęstość malała dziennie średnio o 1,3 kg/ m^3 (−0,16%) (tab. 2).

Dyskusja

Prawo o ruchu drogowym nakazuje, aby przy przewozie drewna jego rzeczywistą masę ustalać jako iloczyn objętości ładunku i normatywnej gęstości ustalonej dla danego gatunku drewna [Ustawa... 1997]. W przypadku sosny jest to 740 kg/ m^3 [Rozporządzenie... 2012]. Wartość tabelaryczna jest więc niższa od wartości uzyskanej w doświadczeniu, w którym rzeczywista gęstość surowca w stanie świeżym określona została na około 844 kg/ m^3 . Podobne wartości podają

Tabela 2.

Masa (M [kg]) i gęstość (G [kg/m³]) surowca oraz absolutna (a) i względna (w) zmiana tych parametrów w stosunku do pierwszego (odpowiednio aZ1 i wZ1; M1=3955 kg, G1=844 kg/m³) oraz poprzedniego (odpowiednio aZP i wZP) dnia magazynowania

Pulpwood weight (M [kg]) and green density (G [kg/m³]) and their absolute (a) or relative (w) changes in relation to the first (aZ1 and wZ1 respectively; M1=3955 kg, G1=844 kg/m³) and previous (aZP and wZP respectively) day of storage

	M	aZP	wZP	aZ1	wZ1	G	aZP	wZP	aZ1	wZ1
2	3946	-9,3	-0,24	-9,3	-0,24	842	-2,0	-0,24	-2,0	-0,24
3	3934	-12,3	-0,31	-21,6	-0,55	839	-2,6	-0,31	-4,6	-0,55
4	3917	-16,7	-0,42	-38,3	-0,97	836	-3,6	-0,42	-8,2	-0,97
5	3901	-16,3	-0,42	-54,6	-1,38	832	-3,5	-0,42	-11,6	-1,38
6	3889	-11,6	-0,30	-66,2	-1,67	830	-2,5	-0,30	-14,1	-1,67
7	3881	-8,2	-0,21	-74,4	-1,88	828	-1,7	-0,21	-15,9	-1,88
8	3863	-17,8	-0,46	-92,2	-2,33	824	-3,8	-0,46	-19,7	-2,33
9	3847	-16,1	-0,42	-108,3	-2,74	821	-3,4	-0,42	-23,1	-2,74
10	3842	-5,2	-0,14	-113,5	-2,87	820	-1,1	-0,14	-24,2	-2,87
11	3835	-6,9	-0,18	-120,4	-3,04	818	-1,5	-0,18	-25,7	-3,04
12	3829	-5,9	-0,15	-126,3	-3,19	817	-1,3	-0,15	-26,9	-3,19
13	3827	-2,5	-0,07	-128,8	-3,26	816	-0,5	-0,07	-27,5	-3,26
14	3817	-10,1	-0,26	-138,9	-3,51	814	-2,2	-0,26	-29,6	-3,51
Średnia Mean	3877	-10,7	-0,27	-84,1	-2,13	827	-2,28	-0,27	-17,9	-2,13

Wanin [1953] (863 kg/m³) oraz Krzysik [1978], przy czym drugi z autorów przytacza dane dotyczące surowca okorowanego w zależności od jego średnicy. Według tego zestawienia surowiec sosnowy w stanie świeżym o średnicach poniżej 20 cm charakteryzuje się gęstością rzędu 880 kg/m³, natomiast przy średnicach przekraczających 40 cm gęstość jest niższa i wynosi 750 kg/m³. Analogiczna zależność pomiędzy średnicą a gęstością surowca występuje także u innych gatunków, np. u dębu czy brzozy [Tomczak i in. 2015a, b; Tomczak, Jelonek 2015]. Na przekroju podłużnym pnia gęstość surowca w stanie świeżym zmienia się więc inaczej niż gęstość drewna [Tomczak, Jelonek 2014]. Gęstość surowca rośnie, natomiast gęstość drewna maleje [Repola 2009]. Wraz ze spadkiem gęstości rośnie wilgotność drewna [Helińska-Raczkowska 1996]. Woda, która w porównaniu do drewna charakteryzuje się zdecydowanie wyższą gęstością, wpływać więc będzie na wysoką gęstość surowca o niewielkich wymiarach, pozyskanego np. z wierzchołkowych części pni. Z tego względu zasadne wydaje się, aby przy przeliczeniach miąższości na masę jedną ze zmiennych była średnica.

Drewno jest materiałem higroskopijnym, zdolnym do pochłaniania i oddawania wody w postaci pary z i do otoczenia. Odpowiednio długie przechowywanie surowca powoduje, że jego wilgotność obniża się do tzw. stanu powietrzno-suchego, czyli do wilgotności względnej powietrza. Doświadczenie zakładało stosunkowo krótki czas przechowywania. W praktyce leśnej zaleca się, aby w okresie letnim surowiec nie był magazynowany zbyt długo, z uwagi na ryzyko deprecjacji. Czas magazynowania powinien być jak najkrótszy i nie powinien przekraczać 2 tygodni. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że masa surowca w ciągu 14 dni od momentu pozyskania spadła o około 2%. Uzyskana różnica nie była istotna statystycznie. Kokkola [1993], badając surowiec sosnowy, świerkowy i brzozowy, stwierdził, że na tempo wysychania najbardziej wpływają stopień okorowania, wilgotność w momencie pozyskania oraz miąższość (grubość i długość) wałków. W przeprowadzonym doświadczeniu surowiec pozyskano ręcznie (pilarką), co w porów-

naniu do pozyskania maszynowego ograniczyło znacznie możliwość odarcia kory. Długość wałków wynosiła 250 cm. Ich miąższość uzależniona była więc od średnicy, która w cieńszym końcu wahała się od około 7 do 18 cm (bez kory), a w grubszym końcu od około 8 do 22 cm. Surowiec pozyskano w okresie letnim, w lipcu. Jest to czas, w którym wilgotność drewna drzew rosnących jest stosunkowo niska, dotyczy to w szczególności aktywnego fizjologicznie bielu. Millers i Magaznieks [2012] badali wilgotność bielu sosen na Łotwie i stwierdzili, że w okresie zimowym jest ona o około 17% wyższa niż latem. Zauważyli także, że przeciętna wilgotność drewna zmniejsza się z wiekiem drzew, od 111% (drzewa 40-letnie) do 77% (drzewa 145-letnie). Stwierdzone różnice są efektem wykształcania się twardzieli, której wilgotność jest w porównaniu do bielu zdecydowanie niższa. Przy wzroście udziału twardzieli z 18 do 39% (drzewa od 60 do 140 lat) przeciętna wilgotność pnia zmniejszy się ze 108 do 86% [Millers 2013]. W pozyskanym surowcu udział twardzieli wynosił około 16%. Była to więc wartość podobna do przedstawionej przez Millersa [2013] i nieco niższa od udziału stwierdzonego przez Jakubowskiego [2004].

Utrata wilgotności uzależniona jest w znacznym stopniu od warunków, w jakich surowiec jest przechowywany [Persson i in. 2002; Hultnäs i in. 2013; Routa i in. 2015]. W okresie pomiarów występowały stosunkowo wysoka temperatura oraz niska wilgotność. Jedynie w okresie opadów odnotowano wyższą wilgotność. Przy wyższej wilgotności powietrza wysychanie surowca było ewidentnie słabsze. Masa 1 m³ surowca wyraźnie spadała do dnia wystąpienia opadów, średnio o 2,9 kg (-0,35%) dziennie. Od 10. do 14. dnia magazynowania średni ubytek masy wynosił 1,3 kg/m³ (-0,16%). W przerobie i obrocie drewna średniowymiarowego, przeznaczonego na celulozę lub płyty drewnopochodne, wilgotność jest jednym z ważniejszych wskaźników jego jakości. W wielu przedsiębiorstwach dla potrzeb wewnętrznych oraz rozliczeń z dostawcą określa się w dostawie zawartość suchej masy. Jej ilość pomiędzy dostawami może się różnić ze względu na wilgotność i wynikającą z tego faktu masę surowca.

Wnioski

- ✦ Masa 1 m³ średniowymiarowego surowca sosnowego w stanie świeżym pozyskanego w okresie letnim wynosiła 844 kg. Po 14 dniach magazynowania masa ta spadła do 814 kg. Przechowywanie surowca w okresie letnim nie przyniosło więc spodziewanych efektów w postaci istotnego spadku masy.
- ✦ Na masę surowca istotnie wpływa jego wilgotność, dlatego opady deszczu, a tym samym wzrost wilgotności powietrza, wyraźnie ograniczają wysychanie. Masa 1 m³ surowca spadała do dnia wystąpienia opadów średnio o 2,9 kg (-0,35%) dziennie. Po wystąpieniu opadów między 10. a 14. dniem magazynowania średni ubytek masy wynosił 1,3 kg/m³ (-0,16%).

Literatura

- Auty D., Achim A., Macdonald E., Cameron A. D., Gardiner B. A. 2014. Models for predicting wood density variation in Scots pine. *Forestry* 87 (3): 449-458. DOI: 10.1093/forestry/cpu005.
- Bauza J. 1971. Badania wybranych właściwości fizycznych i mechanicznych korowiny sosny pospolitej (*Pinus sylvestris* L.). Maszynopis pracy doktorskiej. Instytut Technologii Drewna, Poznań.
- Clark A. III, Daniels R. F. 2000. Estimating moisture content of tree-length roundwood. *Pulping/Process and Product Quality Conference*, Boston.
- Dias D. P., Marengo R. A. 2016. Tree growth, wood and bark water content of 28 Amazonian tree species in response to variations in rainfall and wood density. *iForest* 9: 445-451. DOI: 10.3832/ifer1676-008.
- Dietz P. 1975. Dichte und Rindengehalt von Industrieholz. *Holz als Roh- und Werkstoff* 33: 135-141.
- Głowacki S., Paschalis P. 1991. Change in technical properties of pine wood derived resin tapped stands. *Folia Forestalia Polonica A* 33: 45-55.
- Grochowski J. 1953. Z badań nad udziałem kory w miąższości sosny. *Sylvan* 97 (6): 416-430.
- Grochowski J. 1956. Udział kory w miąższości strzał sosnowych. *Sylvan* 100 (9): 1-24.

- Gryc V., Vavrčik H., Horn K. 2011. Density of juvenile and mature wood of selected coniferous species. *Journal of Forest Science* 57 (3): 123-130.
- Helińska-Raczkowska L. 1996. Zmienność wilgotności i gęstości drewna w świeżo ściętych pniach brzozy (*Betula pendula* Roth). *Folia Forestalia Polonica* B 27: 23-30.
- Hultnäs M., Nylinder M., Ågren A. 2013. Predicting the green density as a means to achieve the volume of Norway spruce. *Scandinavian Journal of Forest Research* 28 (3): 257-265.
- Jakubowski M. 2004. Udział bielu, twardzieli drewna młodocianego i dojrzałego w strzałach sosen zwyczajnych (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłych w różnych warunkach siedliskowych. *Sylvan* 148 (8): 16-24.
- Kobyliński F. 1967. Badania podstawowych technicznych właściwości drewna sosnowych drzewostanów nasiennych. *Sylvan* 111 (11): 53-61.
- Kokkola J. 1993. Drying of pulpwood in northern Finland. *Silva Fennica* 27 (4): 283-293.
- Krzysik F. 1978. *Nauka o drewnie*. PWN, Warszawa.
- Mäkinen H., Hynynen J. 2014. Wood density and tracheid properties of Scots pine: responses to repeated fertilization and timing of the first commercial thinning. *Forestry* 87 (3): 437-448.
- Mederski P., Bembenek M., Karaszewski Z., Giefling D. F., Tomczak A., Węgiel A. 2013. Annual rings characteristic of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) wood from seedling seed orchard. *Ann. Warsaw Agricult. Univ. – SGGW, For. and Wood Technol.* 83: 242-247.
- Meixner J. 1970. Udział kory w miąższości strzał sosny. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych* 30: 173-184.
- Millers M. 2013. The proportion of heartwood in conifer (*Pinus sylvestris* L., *Picea abies* [L.] Karst.) trunks and its influence on trunk wood moisture. *Journal of Forest Science* 59 (8): 295-300.
- Millers M., Magaznieks J. 2012. Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stem wood and bark moisture and density influencing factors. W: Gaile Z. [red.]. *Annual 18th International Scientific Conference Proceedings. Research for Rural Development 2012*. Jelgava, 16-18. May 2012. Jelgava, Latvia University of Agriculture. 91-96.
- Ochał W., Grabeżyński S., Orzeł S., Wertz B., Socha J. 2013. Alokacja nadziemnej biomasy u sosen zajmujących różne pozycje biosocjalne w drzewostanie. *Sylvan* 157 (10): 737-746.
- Paschalis P. 1980. Zmienność jakości technicznej drewna sosny pospolitej we wschodniej części Polski. *Sylvan* 124 (1): 29-43.
- Pazdrowski W., Splawa-Neyman S. 1993. Badania wybranych właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na te klas biologicznych w drzewostanie. *Folia Forestalia Polonica* B 24: 133-145.
- Peltola H., Gort J., Pulkkinen P., Gerendai A. Z., Karppinen J., Ikonen V. P. 2009. Differences in growth and wood density traits in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) genetic entries grown at different spacing and sites. *Silva Fennica* 43 (3): 339-354.
- Peltola H., Kilpeläinen A., Sauvala K., Räisänen T., Ikonen V.-P. 2007. Effects of early thinning regime and tree status on the radial growth and wood density of Scots pine. *Silva Fennica* 41 (3): 489-505.
- Persson E., Filipsson J., Elowson T. 2002. The drying-out of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) pulpwood during roadside storage. *Paperija Puu – Paper and Timber* 3.
- Přemyslovská E., Šlezingerová J., Gandelová L. 2008. Tree ring width and basic density of wood in different forest types. W: Elferts D., Brumelis G., Gärtner H., Helle G., Schleser G. [red.]. *TRACE – Tree Rings in Archaeology, Climatology and Ecology 6. Proceedings of the Dendrosymposium 2007, May 3rd-6th 2007, Riga, Latvia*. GFZ Potsdam, Scientific Technical Report, Potsdam. 118-122.
- Radwański B. 1955. Tablice miąższości i zbiezystości dłużyc, kłód i wyrzinków strzał sosnowych. *PWRiL, Warszawa*.
- Repola J. 2009. Biomass equations for Scots pine and Norway spruce in Finland. *Silva Fennica* 43 (4): 625-647.
- Routa J., Kolström M., Ruotsalainen J., Sikanen L. 2015. Validation of prediction models for estimating the moisture content of small diameter stem wood. *Croatian Journal of Forest Engineering* 36 (2): 283-291
- Rozporządzenie Ministra Środowiska oraz Ministra Gospodarki z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie określenia gęstości drewna. 2012. Dz. U. 2012, poz. 536.
- Rymer-Dudzińska T. 1964. Badania nad udziałem kory w miąższości strzał w drzewostanie sosnowym Puszczy Białej. *Sylvan* 108 (1): 33-41.
- Rymer-Dudzińska T. 1976. Udział kory w miąższości drzewostanów sosnowych. *Folia Forestalia Polonica* A 22: 223-236.
- Rymer-Dudzińska T. 1981. Udział kory w miąższości świerka w drzewostanach świerkowo-sosnowych i sosnowo-świerkowych. *Sylvan* 125 (7/9): 87-92.
- Rymer-Dudzińska T. 1997. Wzory empiryczne do określania procentu miąższości kory sosny. *Sylvan* 141 (6): 17-20.
- Tomczak A. 2013. Selected technical parameters of juvenile wood in Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) – variation between social classes of tree position in the dominant stand. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 12 (4): 43-55.
- Tomczak A., Jelonek T. 2013. Promieniowa zmienność właściwości drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) wyrosłej na gruntach porolnych. *Leś. Pr. Bad.* 74 (2): 171-177.
- Tomczak A., Jelonek, T. 2014. Green density of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) sapwood coming from selected stands north-western Poland. *Forestry Letters* 107 (6).
- Tomczak A., Jelonek T. 2015. Mass and density of birch pulpwood harvested from stands in different types of forest habitats. *Forestry Letters* 108: 27-31.

- Tomczak A., Jelonek T., Jakubowski M., Grzywiński W., Kryger G. 2015a. Weight and green density of birch pulpwood harvested from the selected stands of Kaczory Forest Inspectorate. *Ann. WULS – SGGW, For. And Wood Technol.* 91: 165-171.
- Tomczak A., Jelonek T., Jakubowski M., Wąsik R., Jaszczak A. 2015b. Weight and green density of oak pulpwood harvested from the selected stands of Łąck Forest Inspectorate. *Ann. WULS – SGGW, For. And Wood Technol.* 91: 172-178.
- Tomczak A., Pazdrowski W., Jelonek T., Grzywiński W. 2009. Jakość drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Część I. Charakterystyka wybranych cech i właściwości drewna wpływających na jego jakość. *Sylvan* 153 (6): 363-372.
- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym. 1997. Dz. U. 1997 Nr 98, poz. 602.
- Wanin S. 1953. Nauka o drewnie. PWRiL, Warszawa.
- Waring R. H., Whitehead D., Jarvis P. G. 1979. The contribution of stored water to transpiration in Scots pine. *Plant, Cell & Environment* 2 (4): 309-317.
- Wróbel L. 1975. Badania nad ciężarem właściwym kory sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.). Maszynopis pracy magisterskiej. Instytut Użytkowania Lasu i Inżynierii Leśnej AR w Poznaniu.
- Zasada M., Bronisz K., Bijak S., Wojtan R., Tomusiak R., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L. 2008. Wzory empiryczne do określania suchej biomasy nadziemnej części drzew i ich komponentów. *Sylvan* 152 (3): 27-39.