

ARKADIUSZ TOMCZAK, WITOLD GRZYWIŃSKI, TOMASZ JELONEK

Możliwości ręcznego przemieszczania surowca krótkiego podczas pozyskania sosny, świerka, brzozy i buka w cięciach pielęgnacyjnych*

Capabilities of manhandling small logs in commercial thinning in pine, spruce, beech, and birch stands

ABSTRACT

Tomczak A., Grzywiński W., Jelonek T. 2018. Możliwości ręcznego przemieszczania surowca krótkiego podczas pozyskania sosny, świerka, brzozy i buka w cięciach pielęgnacyjnych. Sylwan 162 (7): 531-538.

The aim of this study was to measure the weight of timber obtained from freshly cut trees and compare it with the applicable legal provisions pertaining the capability of transporting heavy loads by hand and also to indicate a problem significant for the occupational safety and health protection of employees working at wood harvesting. In Poland, about 40 million m³ of timber is harvested annually. The logs, with small diameter and length, are prepared for forwarding by arranging them by employees in the so called 'packages', which are placed by the route of the machine that collects and transports them to the logging road. Manhandling of the logs is an activity requiring the greatest energy expenditure (over 30 kJ/min) in the process of tree harvesting. Furthermore, it is also one of the key factors, which may lead to the development of musculoskeletal disorders. Regulations existing in the Polish labour law regulate the permitted weight of transported loads depending on the activity duration. For loads transported single-handedly this is 30 kg for a permanent employer, whereas 50 kg for workers doing the job occasionally or temporarily (no more than 4 times per hour and no longer than 4 hours during workday). Logs heavier than 50 kg may be carried only collectively providing the requirements of the minimal length (0,75 m) of the log per one person are met. We produced 2,5 m long logs and weighted them with an accuracy of 0,1 kg. The analysis revealed that approximately 30% of logs weighed between 30 and 50 kg, which introduces limitations in the number of carried logs per one person within a single shift. However, about 10% of the pine, 15% of spruce, 12% of beech and 38% of birch logs were heavier than 50 kg which should prevent carrying them single-handedly. Unfortunately, collective preparation of timber for forwarding is not popular among workers due to reduction in output, and at the same time the lower salary. Even if log for forwarding is prepared by two labourers, they most often work separately. As a result, the limits of the weight carried single-handedly by labourer are notoriously violated and exceeded.

KEY WORDS

health, musculoskeletal symptoms, loggers, weight of logs, green density

*Pracę zrealizowano w ramach badań finansowanych ze środków na utrzymanie potencjału badawczego Wydziału Leśnego Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, przyznanych przez MNiSW.

ADDRESSES

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

Witold Grzywiński – e-mail: witold.grzywinski@up.poznan.pl

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

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

Wstęp

W momencie pozyskania drewno charakteryzuje się bardzo wysoką wilgotnością. Podczas naturalnego wysychania (proces ten rozpoczyna się natychmiast po ścięciu drzewa) poza wilgotnością zmienia się także masa surowca drzewnego. Istotny spadek masy można uzyskać nawet w bardzo krótkim czasie, jeśli warunki są optymalne, tj. panuje dość wysoka temperatura, brak jest opadów, a wilgotność powietrza jest niska. W warunkach klimatu umiarkowanego czas ten ogranicza się wyłącznie do okresu letniego [Tomczak i in. 2016b, 2018]. Zimą wilgotność i masa surowca drzewnego zmniejszają się nieznacznie lub wcale [Nurmi, Hillebrand 2007; Laurila, Louhanen 2010; Filbakk i in. 2011; Routa i in. 2015a, b].

W Polsce większość surowca pozyskiwana jest w technologii ręczno-maszynowej, w której przygotowanie surowca średniowymiarowego do zrywki wiąże się z ręcznym wynoszeniem i układaniem wałków w tzw. pakiety przy szlaku operacyjnym, które następnie zostają zwiezione do drogi wywozowej różnymi środkami zrywkowymi. Ręczne transportowanie wyrobionego surowca drzewnego jest czynnością o najwyższym wydatku energetycznym (ponad 30 kJ/min) w procesie pozyskania drewna [Grzywiński 2004, 2017; Stempski 2009]. Jest również jedną z głównych przyczyn rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych [Grzywiński i in. 2016]. Liczbę drwali w naszym kraju szacuje się na około 10 tys. [Grzywiński 2011], natomiast w całym sektorze prywatnym leśnictwa zatrudnionych jest ponad 25 tys. osób [Leśnictwo 2016]. Zdecydowana większość z nich pracuje przy pozyskaniu drewna.

Przepisy prawa pracy regulują dopuszczalną masę transportowanych ciężarów w zależności od czasu trwania tej czynności. Dla pracy stale wykonywanej dopuszczalna masa ładunków transportowanych jednoosobowo wynosi 30 kg. W przypadku pracy dorywczej (nie częściej niż 4 razy na godzinę i nie dłużej niż 4 godziny w trakcie dnia pracy) – 50 kg. Wałki przekraczające 50 kg mogą być przemieszczane jedynie wieloosobowo, ale tylko w sytuacji, gdy spełniony jest warunek minimalnej długości (0,75 m) ładunku przypadającej na jedną osobę [Rozporządzenie... 2000].

Z danych literaturowych wynika, że gęstość surowca sosnowego w korze w stanie świeżym może wynosić 979 kg/m³ [Tomczak i in. 2016a], bukowego – 942 kg/m³ [Tomczak i in. 2018], dębowego – 942 kg/m³ [Tomczak i in. 2015b], a brzoźowego – od 963 [Tomczak i in. 2015a] do 1050 kg/m³ [Tomczak, Jelonek 2015]. Są to wartości wyższe od przyjętych w transporcie drewna [Rozporządzenie... 2012]. Ewentualne różnice pomiędzy rzeczywistą masą całkowitą pojazdów transportujących drewno a masą obliczoną na podstawie obowiązujących przepisów mogą zależeć od sortymentu i wynikać z wilgotności, jaką charakteryzuje się surowiec w momencie załadunku. [Trzciniński i in. 2017]. W Rozporządzeniu... [2012] podana jest jedna wartość dla każdego rodzaju sortymentu – gęstość uniwersalna. Jak dowodzą badania, dynamika zmian w masie czy też wilgotności surowca zależy od jego średnicy [Saralecos i in. 2014; Visser i in. 2014; Anisimov i in. 2017]. Surowiec średniowymiarowy pozyskiwany z pni drzew młodszych lub z części wierzchołkowych drzew starszych charakteryzuje się niższą gęstością drewna (drewno jest bardziej porowate) i tym samym wyższą wilgotnością. Dlatego gęstość surowca w stanie świeżym o mniejszych średnicach jest wyższa niż gęstość surowca o średnicach większych [Tomczak i in. 2017].

Celem pracy był pomiar masy surowca średniowymiarowego w stanie świeżym, odniesienie uzyskanych wyników do obowiązujących przepisów dotyczących możliwości ręcznego przemieszczania ciężarów i zasygnalizowanie problemu istotnego z punktu widzenia ochrony zdrowia pracowników zatrudnionych przy ręczno-maszynowym pozyskaniu drewna.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w 13 drzewostanach, z czego 7 to drzewostany, w których badano surowiec sosnowy (*Pinus sylvestris* L.), 3 – świerkowy (*Picea abies* (L.) Karst), 1 – bukowy (*Fagus sylvatica* L.) i 2 – brzoźowy (*Betula pendula* Roth) (tab. 1). Na każdej powierzchni pomierzono pierśnicę 100 drzew przeznaczonych do wycięcia w ramach zabiegu pielęgnacyjnego. Pierśnicę mierzono średnicomierzem dwukrotnie (po najmniejszej oraz największej średnicy), a średni wynik zapisywano do odpowiedniego stopnia grubości. Przyjęto dwucentymetrowe stopniowanie grubości, zaczynając od wartości 7 cm. Na podstawie zebranych danych wyznaczono metodą Drauta drzewa modelowe, przyjmując, że każdą powierzchnię reprezentować będzie 30 drzew (współczynnik 0,3). Na podstawie iloczynu liczby drzew w stopniu grubości i współczynnika ustalano liczbę drzew modelowych reprezentujących każdy stopień grubości. Metoda ta pozwala na wybór reprezentacji z całego zakresu drzew przeznaczonych do wycięcia.

Po ścięciu drzew i ich okrziesaniu wyrobiono surowiec średniowymiarowy o długości 2,5 m. Średnica górna ostatniego wałka nie mogła być mniejsza niż 7 cm w korze. Następnie zmierzono średnicę minimalną i maksymalną każdego z czoł w korze i bez kory. Dysponując średnicą dolną oraz górną wałka, obliczono za pomocą wzoru Smaliana ich miąższość, a po pomiarze średnic każdy wałek zważono za pomocą wagi hakowej. Masę ustalano z dokładnością do 0,1 kg. Pomiary wykonywano w dniu pozyskania surowca.

Uzyskane dane pozwoliły określić gęstość drewna w stanie świeżym. Przy niskiej gęstości w drewnie zmagazynowane może być więcej wody [Helińska-Raczkowska 1996], co tłumaczy różnice, które stwierdzono pomiędzy gęstością surowca pozyskanego z różnych części pnia sosny, buka czy też brzozy [Tomczak i in. 2015a, 2016a, 2018]. U gatunków tych charakterystyczny jest

Tabela 1.

Powierzchnie badawcze oraz terminy wykonania badań
Data of study plots and dates of tests

	Jednostka administracyjna Administration unit	Wiek Age	STL Habitat	Termin badań Date of test
Sosna Pine	LZD Murowana Goślina (UP Poznań)	47	LMśw	02/2014
	LZD Murowana Goślina (UP Poznań)	45	BMśw	02/2014
	LZD Murowana Goślina (UP Poznań)	55	LMśw	02/2014
	LZD Murowana Goślina (UP Poznań)	56	BMśw	02/2014
	Nadleśnictwo Tuchola (RDLP Toruń)	67	Bśw	07/2015
	Nadleśnictwo Oborniki (RDLP Poznań)	40	Bśw	05/2016
	Nadleśnictwo Oborniki (RDLP Poznań)	40	Bśw	04/2016
Świerk Spruce	Nadleśnictwo Karpacz (RDLP Wrocław)	45	LMGśw	05/2014
	Nadleśnictwo Karpacz (RDLP Wrocław)	55	LMGśw	05/2015
	Nadleśnictwo Karpacz (RDLP Wrocław)	65	LMGśw	05/2016
Buk Beech	Nadleśnictwo Świerczyna (RDLP Szczecinek)	47	Lśw	07/2016
Brzoza Birch	Nadleśnictwo Kaczory (RDLP Piła)	52	LMśw	05/2015
	Nadleśnictwo Kaczory (RDLP Piła)	48	Lśw	05/2015

spadek gęstości drewna na przekroju podłużnym pnia [Repola 2006; Tomczak i in. 2010; Lachowicz 2012]. Dodatkowymi zmiennymi są sezonowe wahania wilgotności drewna drzew rosnących [Beedlow i in. 2007] oraz wiele innych czynników, w tym wiek drzew, siedliskowy typ lasu czy pozycja biosocjalna drzewa w drzewostanie.

W przeprowadzonej analizie nie brano ich jednak pod uwagę, ponieważ jej celem było wskazanie problemu ręcznego przemieszczania ciężarów w ręczno-maszynowej technologii pozyskania drewna. Obecnie jedną ze standardowych długości drewna średniowymiarowego pozyskiwanego w ramach cięć pielęgnacyjnych w młodych drzewostanach jest 2,5 m. Większa wydajność zrywki osiągana jest przez znoszenie wałków i układanie tak zwanych pakietów przy szlakach operacyjnych.

Zebrane dane poddano analizie i opracowano statystykę opisową. Obliczenia wykonane zostały za pomocą aplikacji Statistica (StatSoft Inc.).

Wyniki

W stanie świeżym w przedziale masy do 30 kilogramów przeciętna średnica wałków sosnowych wynosiła około 10 cm. Średnica wałków o masie od 30 do 50 kilogramów wynosiła około 15 cm, a wałki o masie wyższej niż 50 kg charakteryzowały się średnicą wynoszącą około 20 cm. W przypadku wałków świerkowych odnotowano podobne średnice w kategoriach do 30 kg i 30,1-50 kg. Średnica surowca o masie powyżej 50 kg była o około 2 cm wyższa niż u sosny. Surowiec bukowy i brzozywały masę podobną do masy sosny i świerka przy niższych średnicach i miąższości, co jest szczególnie widoczne w odniesieniu do wałków o największej masie, przekraczającej 50 kg (tab. 2 i 3).

Masa surowca drzewnego wzrastała proporcjonalnie do wzrostu średnicy i miąższości. W zależności od gatunku zmiany charakteryzują się różną dynamiką. Jest to dobrze widoczne przy większych średnicach. Przykładowo przy średnicy bez kory równej 18 cm masa wałka bukowego o długości 2,5 m wynosić może około 65 kg, sosnowego około 59 kg, brzozywego około 54 kg, a świerkowego 46 kg. Masa 30 kg u wszystkich gatunków przekroczone jest przy bardzo podobnej średnicy. Przy masie 50 kg różnice są wyższe – od 1 do około 4 cm (ryc. 1).

Tabela 2.

Średnia (M), mediana (Me), minimum (min), maksimum (max), odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV) średnicy [cm] wałka w zależności od jego masy

Mean (M), median (Me), minimum (min), maximum (max), standard deviation (SD), and coefficient of variability (CV) for log diameter [cm] in relations to its weight

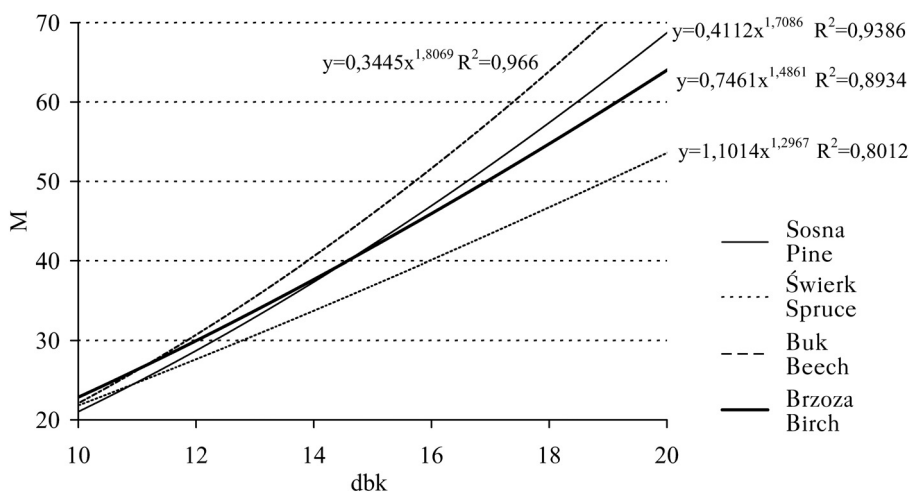
		N	M	Me	min	max	SD	CV [%]
Sosna Pine	0-30 kg	557	10,1	10,0	6,1	15,3	1,7	17,1
	30,1-50,0 kg	283	14,7	14,4	10,6	19,1	1,6	10,9
	>50,0 kg	94	19,9	19,6	15,6	30,9	2,5	12,7
Świerk Spruce	0-30 kg	240	10,5	10,5	5,4	19,0	2,4	22,5
	30,1-50,0 kg	129	15,7	15,8	8,3	25,2	2,6	16,6
	>50,0 kg	66	22,1	21,3	11,6	38,1	4,5	20,5
Buk Beech	0-30 kg	72	9,5	9,6	6,8	12,6	1,4	14,6
	30,1-50,0 kg	30	13,7	13,9	11,5	16,4	1,3	9,3
	>50,0 kg	14	18,2	17,0	15,5	25,1	2,6	14,4
Brzoza Birch	0-30 kg	106	8,6	8,6	6,5	11,2	1,1	12,8
	30,1-50,0 kg	134	12,2	12,3	8,6	15,6	1,4	11,8
	>50,0 kg	146	17,5	16,9	12,7	27,0	2,8	16,1

Tabela 3.

Średnia (M), mediana (Me), minimum (min), maksimum (max), odchylenie standardowe (SD) i współczynnik zmienności (CV) miąższości [m³] wałka w zależności od jego masy

Mean (M), median (Me), minimum (min), maximum (max), standard deviation (SD), and coefficient of variability (CV) for log volume [m³] in relations to its weight

		N	M	Me	min	max	SD	CV [%]
Sosna Pine	0-30 kg	557	0,021	0,020	0,007	0,048	0,007	34,5
	30,1-50,0 kg	283	0,043	0,041	0,021	0,073	0,010	22,5
	>50,0 kg	94	0,081	0,077	0,048	0,192	0,022	27,3
Świerk Spruce	0-30 kg	240	0,023	0,022	0,006	0,082	0,011	46,5
	30,1-50,0 kg	129	0,050	0,049	0,015	0,126	0,017	33,3
	>50,0 kg	66	0,102	0,091	0,026	0,284	0,044	43,6
Buk Beech	0-30 kg	72	0,019	0,019	0,010	0,031	0,005	28,8
	30,1-50,0 kg	30	0,039	0,039	0,027	0,055	0,007	19,0
	>50,0 kg	14	0,068	0,059	0,049	0,131	0,022	31,9
Brzoza Birch	0-30 kg	106	0,020	0,019	0,011	0,044	0,005	24,2
	30,1-50,0 kg	134	0,038	0,037	0,021	0,073	0,009	23,9
	>50,0 kg	146	0,087	0,074	0,046	0,215	0,040	45,4

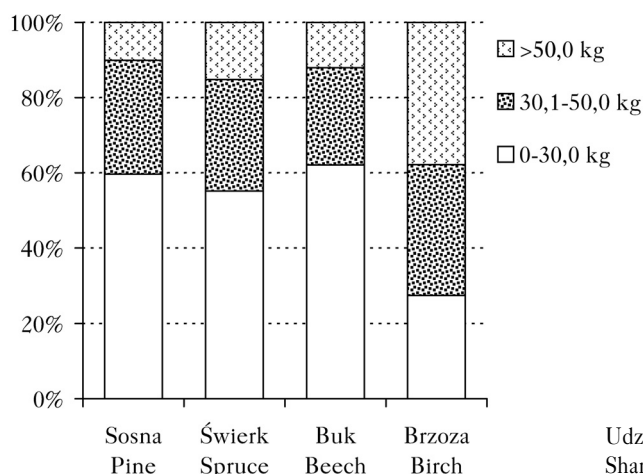


Ryc. 1.

Zmiany masy (M [kg]) w zależności od średnicy surowca bez kory (dbk [cm])

Changes in weight (M [kg]) depending on the under bark diameter of log (dbk [cm])

Okolo 60% wałków sosnowych nie przekraczało masy 30 kg, okolo 30% mieściło się w przedziale od 30,1 do 50 kg, natomiast 10% przekraczało masę 50 kg. Nieco większy udział wałków o masie wyższej od 50 kg stwierdzono w przypadku surowca bukowego (12,1%). Większy udział miał też surowiec, którego masa nie przekraczała 30 kg (62,1%). Blisko 15% surowca świerkowego charakteryzowało się masą wyższą niż 50 kg, okolo 30% mieściło się w przedziale 30,1-50 kg, a masa ponad połowy (55,2%) była mniejsza niż 30 kg. Zdecydowanie różne udziały w poszczególnych przedziałach masy stwierdzono w odniesieniu do wałków brzozowych. Tylko 27,5% wałków nie przekraczało masy 30 kg. Masa 34,7% wałków mieściła się w przedziale od 30,1 do 50 kg i aż 37,8% wałków charakteryzowało się masą wyższą niż 50 kg (ryc. 2).



Ryc. 2.

Udział wałków w przedziałach masy
Share of logs in weight classes

Dyskusja

Spośród badanych rodzajów drewno świerkowe w stanie świeżym charakteryzowało się najniższą masą w stosunku do miąższości, a bukowe najwyższą. Analogicznie wyglądają różnice dotyczące gęstości umownej, bardzo często wykorzystywanej do oceny jakości drewna. Literatura podaje, że gęstość umowna świerka z południowej części Polski wynosi około 350 kg/m^3 [Michalec i in. 2016]. Gęstość drewna sosnowego z drzewostanów III i IV klasy wieku szacuje się na około 460 kg/m^3 [Witkowska, Lachowicz 2013], brzoźowego na $450\text{-}480 \text{ kg/m}^3$ [Liepiņš, Rieksts-Riekstiņš 2013; Viherä-Aarnio, Velling 2017], a bukowego – 590 kg/m^3 [Longuetaud i in. 2017].

Przygotowanie wyrobionego drewna do zrywki jest integralną częścią procesu ręczno-maszynowego pozyskania drewna. Oznacza to ręczne przemieszczanie surowca z miejsca wyrobienia do szlaku operacyjnego. W zależności od przyjętej organizacji pracy czynność ta wykonywana jest jednoosobowo (drwal) lub dwuosobowo (drwal i pomocnik). Ręczne znoszenie i układanie wałków jest czynnością o najwyższym wydatku energii w leśnictwie [Grzywiński 2004; Stempski 2009]. Ponadto podnoszenie wałków z powierzchni gruntu wymaga silnego pochylecia ciała i ze względu na operowanie dużymi ciężarami w nienaturalnej pozycji może powodować urazy kręgosłupa. Dolegliwości jego dolnego odcinka są najczęstszymi schorzeniami stwierdzanymi wśród drwali [Hagen i in. 1998; Ashby i in. 2001; Gallis 2006; Grzywiński i in. 2016].

Jak wykazały analizy, blisko 30% badanego surowca charakteryzowało się masą pomiędzy 30 a 50 kg, co wprowadza ograniczenia ilości przenoszonych wałków przez jedną osobę w trakcie zmiany roboczej. Natomiast około 10% wałków sosnowych, 15% świerkowych, 12% bukowych i aż 38% brzoźowych było cięższych niż 50 kg, co w świetle obowiązujących regulacji prawnych wyklucza ich jednoosobowe przemieszczanie. Zespołowe przygotowywanie surowca do zrywki nie cieszy się jednak akceptacją pracowników ze względu na spadek wydajności, a tym samym obniżenie zarobków. Nawet jeżeli przygotowanie surowca do zrywki wykonywane jest przez dwie osoby, to najczęściej pracują one pojedynczo. Powoduje to, że przekraczanie dopuszczalnych wartości ciężarów przemieszczanych jednoosobowo jest w praktyce nagminne.

Wnioski

✦ Ręczne przygotowanie surowca średniowymiarowego do zrywki pozyskanego w ramach cięć pielęgnacyjnych często powoduje przekraczanie dopuszczalnych ciężarów, które można przemieszczać jednoosobowo.

- ✦ W przeprowadzonym doświadczeniu około $\frac{1}{3}$ wałków ze względu na swoją masę ((30,1-50 kg) mogła być przemieszczana jednoosobowo tylko w ograniczonym zakresie, a blisko $\frac{1}{5}$ przekraczała dopuszczalną wartość ciężaru, jaki można przenosić jednoosobowo (powyżej 50 kg).
- ✦ Rozpatrując możliwość ręcznego transportowania surowca w innych drzewostanach, należy wziąć pod uwagę przeciętną średnicę drzew, która warunkować będzie udział wałków w poszczególnych przedziałach masy (do 30 kg, 30,1-50 kg, powyżej 50 kg).

Literatura

- Anisimov P., Onuchin E., Vishnievskaja M. 2017. Modeling pine and birch whole tree drying in bunches in the cutting area. *Croatian Journal of Forest Engineering* 38 (1): 11-17.
- Ashby L., Bentley T., Parker R. 2001. Musculoskeletal disorders in silviculture and logging 1995-1999. COHFE Report 2 (3): 1-8.
- Beedlow P. A., Tingey D. T., Waschmann R. S., Phillips D. L., Johnson M. G. 2007. Bole water content shows little seasonal variation in century-old Douglas-fir trees. *Tree Physiology* 27: 737-747.
- Filbakk T., Høibø O. A., Dibdiakova J., Nurmi J. 2011. Modelling moisture content and dry matter loss during storage of logging residues for energy. *Scandinavian Journal of Forest Research* 26 (3): 267-277. DOI: 10.1080/02827581.2011.553199.
- Gallis C. 2006. Work-related prevalence of musculoskeletal symptoms among Greek forest workers. *International Journal of Industrial Ergonomics* 36 (8): 731-736.
- Grzywiński W. 2004. Energy load of workers employed at timber harvesting. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, Series Forestry* 7 (2).
- Grzywiński W. 2011. Wpływ wybranych czynników na rodzaj pozycji roboczych operatora pilarki spalinowej podczas ścinki drzew. *Wyd. Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, Poznań. Rozpr. Nauk.* 424: 1-99.
- Grzywiński W. 2017. Koszt energetyczny pracy i możliwości jego kształtowania w leśnictwie. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 136: 32-37.
- Grzywiński W., Wandycz A., Tomczak A., Jelonek T. 2016. The prevalence of self-reported musculoskeletal symptoms among loggers in Poland. *International Journal of Industrial Ergonomics* 52: 12-17. DOI: 10.1016/j.ergon.2015.07.003.
- Hagen K. B., Magnus P., Vetlesen K. 1998. Neck/shoulder and low-back disorders in the forestry industry: Relationship to work tasks and perceived psychosocial job stress. *Ergonomics* 41 (10): 1510-1518.
- Helińska-Raczkowska L. 1996. Zmienność wilgotności i gęstości drewna w świeżo ściętych pniach brzozy (*Betula pendula* Roth.). *Folia Forestalia Polonica B* 27: 23-30.
- Lachowicz H. 2012. Wieloczynnikowa analiza zmienności gęstości drewna brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). *Sylwan* 156 (6): 414-419.
- Laurila J., Lauhanen R. 2010. Moisture content of Norway spruce stump wood at clear cutting areas and roadside storage sites. *Silva Fennica* 44 (3): 427-434.
- Leśnictwo. 2016. GUS, Warszawa.
- Liepiņš K., Rieksts-Riekstiņš J. 2013. Stem wood density of juvenile silver birch trees (*Betula pendula* Roth) from plantations on former farmlands. *Baltic Forestry* 19 (2): 179-186.
- Longuetaud F., Mothe F., Santenoise P., Diop N., Dlouha J., Fournier M., Deleuze Ch. 2017. Patterns of within-stem variations in wood gravity and water content for five temperate tree species. *Annals of Forest Science* 74: 64. <https://doi.org/10.1007/s13595-017-0657-7>
- Nurmi J., Hillebrand K. 2007. The characteristics of whole-tree fuel stocks from silvicultural cleanings and thinnings. *Biomass and Bioenergy* 31 (6): 381-392.
- Michalec K., Wąsik R., Barszcz A. 2016. Zmienność wybranych cech makrostruktury i gęstości drewna świerkowego (*Picea abies* (L.) Karst.) z regla dolnego i górnego. *Sylwan* 160 (10): 855-860.
- Repola J. 2006. Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density. *Silva Fennica* 40 (4): 673-685.
- Routa J., Kolström M., Ruotsalainen J., Sikanen L. 2015a. Precision measurement of forest harvesting residue moisture change and dry matter losses by constant weight monitoring. *International Journal of Forest Engineering* 26 (1): 71-83. DOI: 10.1080/14942119.2015.1012900.
- Routa J., Kolström M., Ruotsalainen J., Sikanen L. 2015b. 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 Pracy i Polityki Społecznej z dnia 14 marca 2000 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych. 2000. Dz. U. Nr 26, poz. 313 ze zmianami.
- Rozporządzenie Ministra Środowiska i Ministra Gospodarki z dnia 2 maja 2012 r. w sprawie określenia gęstości drewna. 2012. Dz. U. poz. 536.

- Saralecos J. D., Keefe R. F., Tinkham W. T., Brooks R. H., Smith A., Johnson L. R. 2014. Effects of harvesting systems and bole moisture loss on weight scaling of Douglas-fir sawlogs (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* Franco). *Forests* 5 (9): 2289-2306.
- Stempski W. 2009. Effect of labour organisation on the level of energy expenditure and static loads of a worker in intermediate cutting. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 8 (2): 53-60.
- Tomczak A., Grodziński G., Jakubowski M., Jelonek T., Grzywiński W. 2018. Effects of the short-term storage method on moisture loss and weight change in beech timber. *Croatian Journal of Forest Engineering* 39 (1): 35-43.
- Tomczak A., Jakubowski M., Jelonek T., Wąsik R., Grzywiński W. 2016a. Mass and density of pine pulpwood harvested in selected stands from the Forest Experimental Station in Murowana Goślina. *Acta Sci. Pol. Silv. Colendar. Ratio Ind. Lignar.* 15 (2): 105-112. DOI: 10.17306/J.AFW.2016.2.13.
- 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., Jelonek T., Leszczyński N., Korzeniewicz R. 2017. Naturalne suszenie surowca drzewnego w miejscu pozyskania. *Sylwan* 161 (11): 898-908.
- Tomczak A., Jelonek T., Zoń L. 2010. Porównanie wybranych właściwości fizycznych drewna młodocianego i dojrzałego sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) z drzewostanów rębnych. *Sylwan* 154 (12): 809-817.
- Tomczak A., Wesołowski P., Jelonek T., Jakubowski M. 2016b. Utrata masy i zmiany gęstości średniowymiarowego surowca sosnowego pozyskanego i magazynowanego w okresie letnim. *Sylwan* 160 (8): 619-626.
- Trzeciński G., Moskalik T., Wojtan R., Tymendorf Ł. 2017. Zmienność ładunków i masy całkowitej zestawów wywozowych przy transporcie drewna. *Sylwan* 161 (12): 1026-1034.
- Viherä-Aarnio A., Velling P. 2017. Growth, wood density and bark thickness of silver birch originating from the Baltic countries and Finland in two Finnish provenance trials. *Silva Fennica* 51 (4). <https://doi.org/10.14214/sf.7731>
- Visser R., Berkett H., Spinelli R. 2014. Determining the effect of storage conditions on the natural drying of radiata pine logs for use energy. *New Zealand Journal of Forest Science* 44 (3): 1-8. DOI: 10.1186/1179-5395-44-3.
- Witkowska J., Lachowicz H. 2013. Zmienność gęstości umownej drewna sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) w zależności od wybranych czynników. *Sylwan* 157 (5): 336-347.