

WITOLD GRZYWIŃSKI

Wpływ pozycji roboczej podczas ścinki drzew na wydatek energetyczny operatora pilarki*

Influence of working posture during the felling on energy expenditure of a chainsaw operator

ABSTRACT

Grzywiński W. 2015. Wpływ pozycji roboczej podczas ścinki drzew na wydatek energetyczny operatora pilarki. Sylwan 159 (10): 824-830.

Holding determined body postures during work is connected with energy expenditure. The more forced the posture is, the more muscles take active part in holding and stabilizing the working posture. In forest operations the most share of awkward (forced) working postures occur during the tree felling with a chainsaw. It is also one of the hardest activities in motor-manual timber harvesting process. The group of 10 experienced fellers in the age of 47.5 ± 7.3 years was studied. The research was carried out on four Scots pine clear-cuts in western Poland, in spring and autumn without snow cover. The average air temperature was $7.1 \pm 4.8^\circ\text{C}$, and humidity amounted to $72 \pm 6.7\%$. In the simulation study the fellers cut thin wood slices from 30 cm stumps. The stumps were located close to each other in order to minimize the influence of passes from one to another. The diameter of stumps was selected so that it wouldn't exceed the effective length of the chainsaw bar. The felling was carried out with the chainsaw Stihl MS 361 with the power of 3.4 kW and weight of 7.5 kg. Net energy expenditure (NEE) was determined using the pulmonary ventilation measurement (MWE-1 meter) during simulation of felling in 4 working postures (fig.). The lowest energy expenditure was observed for kneeling down on one knee and squatting: 16.4 and 16.9 kJ/min, respectively. Standing bent forward working postures feature statistically higher energy expenditure, reaching 19.9 kJ/min with straight legs and 22.1 kJ/min with bent legs ($p < 0.05$). The realized research confirmed that body posture during felling with a chainsaw influences the level of the feller's physical workload. Standing bent postures cause energy consumption which is higher than during squatting and kneeling on one knee. The most preferred working posture, from the point of view of energy expenditure and biomechanical workload during felling, is standing bent posture with straight legs. The other postures, especially squatting, can be used regularly for a short time in order to unburden a lumbar part of spine. Applying working postures that require less energy during felling with the chainsaw may contribute to reducing the work heaviness on the feller's workstation.

KEY WORDS

working posture, energy expenditure, timber harvesting, feller, chainsaw

ADDRESSES

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

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

*Praca powstała w ramach projektu badawczego N N404 294734 „Wpływ pozycji roboczej podczas ścinki drzew na stopień uciążliwości pracy drwala” finansowanego ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008-2010.

Wstęp

Wydatek energetyczny (WE) jest miarą tempa przemian metabolicznych zachodzących w organizmie. Jego wielkość uzależniona jest przede wszystkim od wielkości i liczby grup mięśniowych zaangażowanych w wykonywanie czynności oraz od intensywności wysiłku. Pewną rolę odgrywa również zaangażowanie mięśniowe związane ze stabilizacją i utrzymywaniem pozycji ciała podczas pracy. Im większa liczba mięśni biorących czynnie udział w stabilizacji pozycji, tym większa wartość wydatkowanej energii.

Utrzymanie pozycji ciała podczas pracy wymaga zaangażowania grup i liczby mięśni adekwatnych do stopnia wymuszenia pozycji. Zasada lokomotoryczna opiera się na zachowaniu równowagi dynamicznej pozycji, która zawsze wymaga napięcia mięśni (poza swobodną pozycją leżącą). Im większy stopień wymuszenia pozycji, tym większa liczba mięśni bierze czynny udział w jej utrzymaniu i stabilizacji. Praca mięśni wiąże się ze zużyciem energii, stąd pozycje wymagające większego zaangażowania mięśniowego odznaczają się większym wydatkowaniem energii. Zgodnie z klasycznymi już badaniami [Lehmann 1966] wydatek energetyczny konieczny do utrzymania pozycji (oprócz leżenia) mieści się w zakresie od 1,3 kJ/min dla pozycji siedzącej do 3,3 kJ/min dla pozycji stojącej pochylonej. Pozycje kuczna i klęcząca wymagają 2,1 kJ/min, natomiast stanie w pozycji wyprostowanej 2,5 kJ/min.

Wpływ pozycji roboczej na obciążenie pracą, w szczególności na rozwój dolegliwości układu mięśniowo-szkieletowego, jest szeroko omawiany [Kumar 2001; Malchaire i in. 2001; Vieira, Kumar 2004; Qu i in. 2012]. Zaskakujący jest w tym świetle fakt, jak rzadko zajmowano się wpływem pozycji ciała podczas wykonywania czynności na wielkość kosztu energetycznego pracy. Vos [1973] badał w warunkach laboratoryjnych obciążenie pracą na podstawie pomiaru wydatku energetycznego i częstości skurczów serca podczas lekkiej pracy polegającej na zbieraniu z poziomu podłogi drobnych metalowych elementów w pięciu pozycjach: plecy zgięte z podparciem jednej ręki nad kolanem, plecy zgięte bez podparcia, klęk na obu kolanach z podparciem jednej ręki, klęk na obu kolanach bez podparcia oraz pozycja kuczna. Pozycja kuczna i klęcząca z podparciem powodowały najmniejszy wydatek energetyczny i częstość skurczów serca. Autor stwierdził, że pochylenie i klęczenie bez podparcia wymaga o 25-55% więcej energii niż z podparciem przedramienia.

Intensywny wysiłek fizyczny w leśnictwie jest problemem wciąż aktualnym, szczególnie podczas pozyskania drewna [Åstrand i in. 2003; Giefing, Grzywiński 2009]. W Polsce proces pozyskania surowca drzewnego w zdecydowanej większości realizowany jest na poziomie ręczno-maszynowym. W 2013 roku pozyskano blisko 38 mln m³ drewna [Leśnictwo 2014], z czego około 85% pozyskali drwale za pomocą pilarek. Liczebność tej grupy zawodowej w Polsce szacuje się na co najmniej 10 tysięcy osób [Grzywiński 2011]. Biorąc pod uwagę ograniczenia w możliwościach stosowania maszynowego pozyskiwania drewna w Polsce [Moskalik 2004], uciążliwa i niebezpieczna praca drwala będzie miała miejsce w leśnictwie jeszcze przez wiele lat.

Proces pozyskania drewna pilarką składa się z kilku operacji technologicznych, wykonywanych w różnych pozycjach roboczych o różnicowanym stopniu wymuszenia. Największy udział pozycji nienaturalnych (wymuszonych) na stanowisku drwala występuje podczas ścinki drzew [Grzywiński 2010]. Obciążenie fizyczne drwala było przedmiotem licznych badań [Jakubowski 1973; Fibiger 1976; Hagen i in. 1993; Apud, Valdes 1995; Grzywiński 2010; Leszczyński, Jałowska 2011]. Dysponujemy danymi ilustrującymi wydatek energetyczny zarówno w skali całego dnia roboczego, jak również w trakcie poszczególnych czynności. Dostępne dane dotyczące obciążenia fizycznego drwala podczas ścinki drzew nie uwzględniają jednak pozycji ciała, w jakiej ta czynność

była wykonywana. Praca ma na celu ustalenie, w jakim stopniu pozycja robocza wpływa na wielkość wydatku energetycznego operatora podczas ścinki drzew pilarką oraz podjęcie próby wytypowania pozycji o jak najmniejszym negatywnym wpływie na zdrowie drwali.

Materiał i metody

Możliwości pomiaru WE podczas ścinki drzew pilarką w różnych pozycjach w trakcie procesu pozyskania drewna są ograniczone ze względu na duże trudności w utrzymaniu założonych pozycji ciała. Dlatego też zaplanowano badania symulacyjne, w których wzięła udział grupa 10 doświadczonych drwali. Charakterystykę badanej grupy przedstawia tabela 1.

Badania przeprowadzono na 4 powierzchniach pozębnych sosnowych. W trakcie pozyskania drewna część drzew została ścięta wyżej. Pniaki, z których drwale w trakcie badania odcinali cienkie krawki, miały wysokość około 30 cm. Rozmieszczone były one blisko siebie, aby zminimalizować ewentualny wpływ przejść. Średnica pniaków była tak dobrana, by nie przekraczała efektywnej długości prowadnicy. Ścinkę prowadzono pilarką Stihl MS 361 o mocy 3,4 kW i masie 7,5 kg. Badania wykonano w okresie wiosennym i jesiennym bez pokrywy śnieżnej. Średnia temperatura powietrza wynosiła $7,1 \pm 4,8^{\circ}\text{C}$, wilgotność powietrza $72 \pm 6,7\%$.

Do oceny wydatku energetycznego netto (WEN) wytypowano cztery najczęściej przyjmowane przez drwali pozycje [Grzywiński 2011]: stojącą pochyloną z wyprostowanymi nogami, stojącą pochyloną z nogami zgiętymi, kuczną i klęk na jednym kolanie (ryc.). Kąt zgięcia nog w stawie kolanowym w pozycji ze zgiętymi nogami oscylował w granicach $45\text{--}60^{\circ}$, natomiast w pozycji kucznej był większy niż 90° . Zrezygnowano z pomiaru pracy z pochylonymi i skręconymi plecami ze względu na trudności ze standaryzacją tej pozycji.

WEN określono przy użyciu miernika wydatku energii MWE-1 (CIOP, Polska). Urządzenie wykorzystuje uproszczoną wersję metody pośredniej oceny WE, czyli pomiar wentylacji płuc (objętości wydychanego powietrza). Pomiar prowadzono zgodnie z metodyką zalecaną w literaturze [Makowiec-Dąbrowska i in. 2000; Koradecka, Bugajska 2008]. Cykl pomiarowy trwał około 15 minut. Poszczególne cykle pomiarowe rozdzielone były przerwą pozwalającą na restytucję organizmu.

Analizę statystyczną danych przeprowadzono przy pomocy pakietu STATISTICA 9.0 (StatSoft, Inc.). Ze względu na brak zgodności rozkładów badanych parametrów z rozkładem normalnym do testowania istotności różnic pomiędzy analizowanymi cechami zastosowano test nieparametryczny Kruskala-Wallis.

Tabela 1.

Średnia (m), mediana (me), odchylenie standardowe (sd), minimum (min) i maksimum (max) wieku (wiek [lata]), masy ciała (masa [kg]), wzrostu (wzrost [m]), wskaźnika BMI (BMI [kg/m^2]) oraz stażu pracy (staż [lata]) badanych drwali (n=10)

Mean (m), median (me), standard deviation (sd), minimum (min) and maximum (max) of age (wiek [lata]), body mass (masa [kg]), height (wzrost [m]), body mass index (BMI [kg/m^2]) and work experience (staż [lata]) of analysed fellers (n=10)

	m	me	sd	min	max
Wiek	47,5	49	7,31	37	59
Masa	83,3	85	10,87	67	100
Wzrost	1,74	1,75	6,87	166	187
BMI	27,4	27,3	3,57	22,9	34,6
Staż	16,5	17	4,55	10	22



Ryc.

Pozycje wytypowane do pomiaru wydatku energetycznego podczas ścinki drzew (fot. W. Grzywiński)

Body postures selected for the measurement of energy expenditure during tree cutting (photo by W. Grzywiński)

a – stojąca pochylona z nogami wyprostowanymi, b – stojąca pochylona z nogami zgiętymi, c – kuczna, d – klęk na jednym kolanie
a – standing bent with straight legs, b – standing bent with bent legs, c – squatting, d – kneeling on one knee

Wyniki

Porównywane cztery warianty pozycji roboczych podczas ścinki drzew pilarką różniły się wielkością obciążenia fizycznego. Najniższy WEN cechował klęk na jednym kolanie oraz pozycję kuczną, odpowiednio $16,4 \pm 1,9$ i $16,9 \pm 2,2$ kJ/min. Pozycje te cechowały się również najmniejszym zróżnicowaniem wartości WEN (tab. 2).

Pozycje stojące pochylone odznaczały się większym zapotrzebowaniem energetycznym, osiągającym wartość $19,9 \pm 3,1$ kJ/min dla pozycji z wyprostowanymi nogami i $22,1 \pm 3,1$ kJ/min dla pozycji ze zgiętymi nogami (tab. 2). Różnice w WEN pomiędzy wariantami pozycji stojących nie wykazywały istotnych statystycznie różnic. WEN podczas ścinki drzew w pozycjach stojących był istotnie wyższy ($p < 0,05$) od ilości energii zużywanej przez operatorów podczas ścinki w pozycjach kucznej i przykłąku na jednym kolanie.

Dyskusja

Pozycja ciała, w jakiej wykonywane są czynności robocze, wpływa w pewnym stopniu na wielkość wydatku energetycznego podczas pracy. Ilustrują to przedstawione powyżej wyniki obciążenia fizycznego drwali podczas ścinki drzew pilarką w różnych pozycjach.

Największy WEN stwierdzono dla pozycji stojących pochylonych: $22,1$ kJ/min z nogami zgiętymi w stawie kolanowym i $19,9$ kJ/min z nogami wyprostowanymi. Klęk na jednym kolanie oraz pozycja kuczna wymagały mniejszego zaangażowania energetycznego, odpowiednio $16,4$ i $16,9$ kJ/min. Uzyskane wartości WEN zgodnie z oceną ciężkości pracy [Makowiec-Dąbrowska 1999] klasyfikują ścinkę w pozycji stojącej z nogami zgiętymi do kategorii pracy ciężkiej (20 - 30 kJ/min), natomiast w pozycjach kucznej i przykłąku do kategorii pracy średnio ciężkiej (10 - 20 kJ/min). Ścinka w pozycji stojącej z nogami prostymi mieści się na pograniczu pracy średnio ciężkiej i ciężkiej.

Niestety, w literaturze brak jest wyników badań kosztu energetycznego ścinki drzew pilarką w różnych pozycjach, stąd otrzymane wartości można skonfrontować jedynie z wydatkiem energetycznym podczas ścinki. Koszt energetyczny ścinki pilarką jednoosobową prezentowany w literaturze mieści się w szerokim zakresie: od $14,3$ do blisko 40 kJ/min [Jakubowski 1973; Fibiger 1976; Grzywiński i in. 2007; Stempski 2009; Grzywiński 2010]. Uzyskane w trakcie badania

Tabela 2.

Średnia (m), mediana (me), odchylenie standardowe (sd), współczynnik zmienności (cv), minimum (min) i maksimum (max) wydatku energetycznego netto (WEN) badanych pozycji (oznaczenia jak na rycinie)
 Mean (m), median (me), standard deviation (sd), coefficient of variance (cv), minimum (min) and maximum (max) of net energy expenditure (NEE) of studied postures (codes as in figure)

Pozycja Posture	N	m	me	sd	cv [%]	min	max
a	19	19,9	20,1	3,08	15,48	14,8	24,2
b	20	22,1	21,3	3,14	14,23	17,8	26,9
c	20	16,9	16,7	2,23	13,19	12,8	20,8
d	20	16,4	16,3	1,94	11,83	12,7	20,0

wyniki mieszczą się w dolnym przedziale zakresu literaturowego. Wynika to z założonego charakteru badań – stacjonarna ścinka bez przemieszczania się. W trakcie rzeczywistej ścinki drwal przemieszcza się wokół ścinanego drzewa oraz wykonuje inne czynności pomocnicze, co wpływa na zwiększenie ilości zużywanej energii.

Vos [1973] w badaniach laboratoryjnych wykazał, że najwyższy poziom obciążenia energetycznego podczas lekkiej pracy fizycznej towarzyszył pozycji ze zgiętym tułowiem bez podparcia – 2,7 kcal/min (11,3 kJ/min) netto. Pozycja kuczna i kłęcząca z podparciem powodowały najmniejszy wydatek, odpowiednio 1,7 kcal/min (7,1 kJ/min) i 1,5 kcal/min (6,3 kJ/min) netto ponad WE pozycji spoczynkowej (siedzenie). Niestety, autor nie podaje bezwzględnych wartości wydatku, a jedynie jego przyrost w stosunku do pozycji w spoczynku (siedzenie), co znacznie utrudnia porównania.

Zróżnicowanie wartości wydatku energetycznego netto (WEN) podczas ścinki drzew sugeruje, że pozycja ciała ma wpływ na kształtowanie się obciążenia fizycznego operatora pilarki. Ścinka drzew jest operacją, która może być wykonywana w różnym przestrzennym ułożeniu segmentów ciała. Najczęściej realizowana jest w pozycjach stojących, które zapewniają największy zasięg roboczy kończyn górnych oraz największą efektywność pracy. Wykazano, że stanie z nogami wyprostowanymi stanowiło 47%, a z nogami zgiętymi 33,8% wszystkich pozycji kończyn dolnych podczas ścinki [Grzywiński 2011]. Kłęczenie na jednym lub obu kolanach stanowiło zaledwie 3,4%. Klasyfikacji pozycji roboczych dokonano metodą OWAS, która nie uwzględnia stopnia zgięcia (fleksji) kończyn dolnych w stawach kolanowych, stąd nie jest możliwe wyróżnienie pozycji kucznej wśród pozycji ze zgiętymi nogami. Wcześniejsze badania Grzywińskiego i in. [2005] wskazują, że udział pozycji kucznej może być znaczący i przekracza 10%.

Pozycja ciała podczas pracy jest istotnym czynnikiem biomechanicznym oddziałującym na układ ruchu. Nienaturalne, wymuszone pozycje są jedną z głównych przyczyn rozwoju dolegliwości mięśniowo-szkieletowych [Malchaire i in. 2001; Vieira, Kumar 2004]. Z prezentowanych pozycji najmniejszym stopniem wymuszenia cechuje się pozycja stojąca pochyłona z nogami prostymi, która jest również najczęściej wykorzystywana przez drwali [Grzywiński 2011]. Stosowanie tej pozycji pozwala zaoszczędzić 10% energii w porównaniu z wariantem ze zgiętymi nogami. Biorąc pod uwagę, że pozycja stojąca ze zgiętymi nogami jest pozycją dynamiczną, wymagającą większego zaangażowania mięśniowego, oszczędność energii podczas rzeczywistej ścinki może być jeszcze większa.

Najmniejszym zużyciem energii odznaczają się pozycje kuczna i przyklęk na jednym kolanie: odpowiednio 23 i 26% mniej w porównaniu z pozycją stojącą z nogami zgiętymi oraz 15 i 18% w porównaniu z pozycją stojącą z nogami prostymi. Pozwalają one również na mniejsze pochylenie pleców i mniejsze obciążenie lędźwiowego odcinka kręgosłupa. Z drugiej jednak

strony powodują duże obciążenie stawów kolanowych i skokowych. Podczas pracy w przykłąku dochodzi również do bezpośredniego kontaktu z podłożem, co może przyspieszać rozwój stanów zapalnych w obrębie stawu kolanowego. Długotrwała praca w tych pozycjach może prowadzić do rozwoju chorób, takich jak przewlekłe zapalenie kaletki maziowych, przewlekłe uszkodzenie łąkotki czy uszkodzenie ścięgien i nerwów. Pomimo znacznie mniejszego wydatku energetycznego podczas pracy w tych pozycjach nie są one polecane do długotrwałego stosowania.

Ścinka pilarką pojedynczego drzewa na ogół nie trwa dłużej niż kilka minut i jest wykonywana naprzemiennie z czynnościami realizowanymi w mniej wymuszonych pozycjach (okrzesywanie, przerzynka drewna) oraz przemieszczaniem się. Można więc te pozycje, szczególnie pozycję kuczną, regularnie wykorzystywać w trakcie pracy przez krótki czas w celu odciążenia kręgosłupa lędźwiowego.

Pozycja ciała podczas ścinki drzew pilarką, oprócz wydatku energetycznego i obciążenia biomechanicznego, może również wpływać na bezpieczeństwo operatora. Ważnymi elementami kształtującymi bezpieczeństwo pracy podczas ścinki jest możliwość obserwacji i kontroli reakcji ścinanego drzewa oraz czas reakcji na zagrożenie wynikające z niekontrolowanego przewracania się drzewa. Pozycje stojące zapewniają dobrą widoczność miejsca zakładania rzazów, natomiast obserwowanie reakcji korony ścinanego drzewa jest utrudnione. Operator stosunkowo szybko może oddalić się od drzewa w przypadku zagrożenia. Pozycje kuczna i przykłąk zapewniają mniejszą operatywność i dłuższy czas reakcji na zagrożenie. Z drugiej strony, dzięki mniejszemu pochyleniu pleców i głowy, umożliwiają lepszą obserwację i kontrolę ścinanego drzewa (płaszczyzny rzazów i korony) oraz otoczenia.

Ścinka drzew jest jedną z bardziej czasochłonnych operacji technologicznych podczas pozyskiwania drewna pilarką [Kubiak 1978; Grzywiński i in. 2007; Sowa i in. 2009; Gałęzia 2014]. Stosowanie pozycji ciała wymagających mniejszego wydatku energii podczas ścinki może przyczynić się do zmniejszenia obciążenia energetycznego drwa w trakcie zmiany roboczej, a tym samym zmniejszenia ciężkości pracy na tym stanowisku.

Wnioski

- ✦ Pozycja ciała podczas ścinki drzew pilarką ma wpływ na poziom obciążenia fizycznego operatora.
- ✦ Pozycja z pochylonymi plecami i zgiętymi nogami odznacza się największym wydatkiem energetycznym netto. Pozycja pochylona z wyprostowanymi nogami wymaga mniejszego zaangażowania energetycznego.
- ✦ Najmniej energii operator zużywa podczas pracy w pozycji kucznej i klęku na jednym kolanie.
- ✦ Najkorzystniejszą z punktu widzenia wydatku energetycznego i obciążenia biomechanicznego pozycją ciała podczas ścinki drzew pilarką jest pozycja stojąca pochylona z nogami wyprostowanymi. Pozostałe pozycje, w szczególności kuczna, mogą być stosowane regularnie przez krótki czas w celu odciążenia lędźwiowego odcinka kręgosłupa.
- ✦ Stosowanie podczas ścinki drzew pilarką pozycji roboczych wymagających mniejszego zużycia energii może przyczynić się do zmniejszenia ciężkości pracy na stanowisku drwa.

Literatura

- Apud E., Valdes S. 1995. Ergonomics in forestry. The Chilean case. International Labour Organization, Geneva.
- Åstrand P.-O., Rodahl K., Dahl H. A., Strømme S. B. 2003. Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise. Wyd. IV. Human Kinetics, Champaign, USA.
- Fibiger W. 1976. Ochrona zdrowia pracowników leśnictwa. PZWL, Warszawa.

- Gałęzia T.** 2014. Analiza pracochłonności podstawowych operacji pozyskaniowych wykonywanych pilarką. *Leśne Pr. Bad.* 75 (1): 25-30.
- Giefing D. F., Grzywiński W.** 2009. Zmiany fizycznego i psychicznego obciążenia pracą przy pozyskiwaniu drewna w następstwie postępu technicznego w leśnictwie. W: Fertsch M. [red.]. *Ergonomia – technika i technologia – zarządzanie*. Wyd. PP, Poznań. 25-44.
- Grzywiński W.** 2010. *Ergonomia i ochrona pracy w leśnictwie. Przewodnik do ćwiczeń*. Wyd. II. UP w Poznaniu, Poznań.
- Grzywiński W.** 2011. Wpływ wybranych czynników na rodzaj pozycji roboczych operatora pilarki spalinowej podczas ścinki drzew. Wyd. UP w Poznaniu, Poznań.
- Grzywiński W., Bałucki M., Oleszkiewicz P.** 2007. Wpływ kategorii cięć na kształtowanie się obciążenia energetycznego drwa podczas pozyskiwania drewna w drzewostanach sosnowych i bukowych. *Pr. Kom. Nauk Roln. Kom. Nauk Leśn. PTPN* 101: 115-122.
- Grzywiński W., Tomczak A., Jelonek T., Kupczyk G., Pazdrowski W.** 2005. Effect of working postures during tree felling using the chainsaw on the degree of work arduousness and safety. *Zesz. Nauk. AR Kraków* 419, Ses. Nauk. 91: 319-325.
- Hagen K. B., Vik T., Myhr N. E., Opsahl P. A., Harms-Ringdahl K.** 1993. Physical workload, perceived exertion, and output of cut wood as related to age in motor-manual cutting. *Ergonomics* 36 (5): 479-488.
- Jakubowski R.** 1973. *Leśnictwo*. W: Hołobut W. [red.]. *Charakterystyka higieniczna niektórych stanowisk pracy w rolnictwie i leśnictwie*. PZWL, Warszawa. 149-169.
- Koradecka D., Bugajska J.** 1998. *Ocena wielkości obciążenia pracą fizyczną na stanowiskach roboczych*. CIOP, Warszawa.
- Kubiak M.** 1978. Pracochłonność podstawowych operacji przy pozyskiwaniu drewna w rębnym drzewostanie sosnowym. *Sylvan* 122 (10): 31-36.
- Kumar S.** 2001. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics* 44 (1): 17-47.
- Lehmann G.** 1966. *Praktyczna fizjologia pracy*. PZWL, Warszawa.
- Leszczyński K., Jałowska M.** 2011. Podobieństwo stanowisk pracy w cięciach sanitarnych. *Sylvan* 155 (7): 437-445.
- Leśnictwo.** 2014. GUS, Warszawa.
- Makowiec-Dąbrowska T.** 1999. *Fizjologia pracy*. W: Indulski J. A. [red.]. *Higiena pracy*. IMP, Łódź. 71-152.
- Makowiec-Dąbrowska T., Radwan-Włodarczyk Z., Koszada-Włodarczyk W., Józwiak Z. W.** 2000. Obciążenie fizyczne – praktyczne zastosowanie różnych metod oceny. IMP, Łódź.
- Malchaire J., Cock N., Vergracht S.** 2001. Review of the factors associated with musculoskeletal problems in epidemiological studies. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 74 (1): 79-90.
- Moskalik T.** 2004. *Model maszynowego pozyskiwania drewna w zróżnicowanym leśnictwie polskim*. SGGW, Warszawa.
- Qu Y., Hwang J., Lee K. S., Jung M. C.** 2012. The effect of camera location on observation based posture estimation. *Ergonomics* 55 (8): 885-897.
- Sowa J. M., Szewczyk G., Stańczykiewicz A., Grzebieniowski W.** 2009. Pracochłonność pozyskiwania drewna w drzewostanach ze śniegołomami. *Leśne Pr. Bad.* 70 (4): 429-434.
- 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.
- Vieira E. R., Kumar S.** 2004. Working postures: A literature review. *J. Occup. Rehabil.* 14 (2): 143-159.
- Vos H. W.** 1973. Physical workload in different body postures, while working near to, or below ground level. *Ergonomics* 16 (6): 817-828.