

JIŘÍ DVOŘÁK, JÓZEF WALCZYK, PAVEL NATOV, PAVLA HOŠKOVÁ

Struktura czasu pracy harwesterów podczas pozyskania przygodnego

Structure of the operating time of the harvesters during casual logging

ABSTRACT

Dvořák J., Walczyk J., Natov P., Hošková P. 2015. Struktura czasu pracy harwesterów podczas pozyskania przygodnego. Sylwan 159 (4): 300-306.

Natural disasters often cause that large share of acquisitions are performed under contingent conditions. High concentration of raw wood material and urgent need for its rapid removal from the forest demand use of harvesters. Material acquisition in such conditions is much harder and causes loss of performance for working machines. The objective of this paper was to determine the decrease in harvester performance during acquisition of fallen trees, wood scrap and suspended trees compared to acquisition of undamaged trees. Performance analysis was conducted on 10 harvesters from different power class working in the Czech Republic in years 2007-2012. The time structure was determined for the timber acquisition under contingent conditions in 22 forest stands. Later on it was compared with acquisition under normal conditions, i.e. scheduled acquisition on areas with good load carrying capacity and without obstacles and with an inclination up to 33%. There was significant difference in the mean operating time requirements between harvesters from the analysed power classes. Machines from 1st class differed significantly from devices from 2nd and 3rd classed. Results indicate that in spruce stands with wood scrap time consumption increases by 7% when average and high performance harvesters are used. The increase is by 33% during acquisition of fallen trees, while time consumption increases by as much as 79% during acquisition of suspended trees. During acquisition of subversion and wood scrap, performance of average and high performance harvesters ranged between 1.71 up to 17.37 m³/h depending on thickness and type of the damage to obtained trees. Important achievement of presented research is correction factors allowing to change harvester performance standards, while acquisition of fallen trees, wood scrap and suspended trees. Average value of correction factor is 1.19.

KEY WORDS

harvester, operational time, random logging, productivity

ADDRESSES

Jiří Dvořák ⁽¹⁾ – e-mail: dvorakj@fd.czu.cz

Józef Walczyk ⁽²⁾ – e-mail: rlwalczy@cyf-kr.edu.pl

Pavel Natov ⁽¹⁾, Pavla Hošková ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Wydział Leśnictwa i Nauk Drzewnych, Czeski Uniwersytet Rolniczy w Pradze; Kamýcká 1176, 165 21 Praga 6, Republika Czeska

⁽²⁾ Katedra Mechanizacji Prac Leśnych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

Wstęp

Zalety zastosowania harwesterów przy pozyskaniu drewna to m.in. wzrost płac, oszczędność siły roboczej, dokładna rejestracja wykonanej pracy, szybkie usunięcie surowca drzewnego w przy-

padku kłesk żywiołowych, bezpieczeństwo i higiena pracy, możliwość szybkiej reakcji na zapotrzebowanie odbiorcy, zachowanie czystości pozyskanego drewna oraz ograniczenie szkód w drzewostanie i na powierzchni gleby. Zastosowanie maszynowego pozyskania drewna ma również wady, jak np. duże wymagania odnośnie organizacji pracy, wysoka cena zakupu maszyn, czasochłonne i kosztocłonne naprawy oraz długotrwały i drogi proces szkolenia operatorów [Bettinger, Kellogg 1993; Dvořák i in. 2008]. Ze względu na wyżej wymienione czynniki występuje duże zróżnicowanie zastosowania harwesterów w krajach europejskich [Rzadkowski 1996; Giefing i in. 2000; Gruner 2001; Jodlowski 2001; Karjalainen i in. 2001; Markoff i in. 2008]. W Republice Czeskiej przy pomocy harwesterów realizowane jest 31% (4,7 mln m³) rocznego pozyskania drewna [Zpráva... 2013].

Wykorzystanie harwesterów w Europie systematycznie wzrasta w użytkach przygodnych, jak też w pozyskaniu planowym. Często powtarzające się kłeski żywiołowe powodują duży udział pozyskania w warunkach przygodnych [Jelonek i in. 2013]. Przyczyną rozwoju pozyskania maszynowego w Republice Czeskiej była konieczność likwidacji uszkodzonych imisjami drzewostanów w rejonie Czech Północnych w 1977 roku [Gross 1984]. Z kolei na Słowacji po wichurze w Tatrzańskim Parku Narodowym w 2004 roku pozyskano przy pomocy harwesterów 53% drewna [Slamka 2009]. Wydajność pracy harwesterów zależy od wielu czynników, m.in. od wielkości maszyny, miąższości pozyskiwanego drzewa, intensywności trzebieży, liczby drzew na jednostce powierzchni [Lageson 1997; Eliasson 2000; Hanell i in. 2000; Glöde, Sikström 2001; Nimz 2002; Kärhä i in. 2004], parametrów technicznych harwestera [Forbrig 2001], jak też umiejętności operatora [Kärhä i in. 2004; Purfürst 2007].

Celem pracy było określenie zmiany wydajności pracy harwesterów podczas pozyskania przygodnego po kłeskach żywiołowych w stosunku do pozyskania planowego.

Materiał i metody

Do analizy wybrano pomiary czasów wykonywane w latach 2007-2012 na terenie Republiki Czeskiej. Pozyskanie było realizowane przy pomocy kompleksowej technologii harwesterowej [Dvořák, Walczyk 2013]. W pozyskaniu brało udział 10 harwesterów o różnych klasach mocy. Pomiar struktury czasu pracy wykonano podczas pozyskania w warunkach przygodnych w 22 drzewostanach pokłeskowych i porównano go z pozyskaniem w warunkach normalnych, to jest przy pozyskaniu planowym na powierzchniach z dobrą nośnością terenu, bez przeszkód, o nachyleniu do 33% [Simanov i in. 1993; Komárková-Kinská, Komárek 2012].

Pomiar czasu wykonywano w odniesieniu do ścinki i wyróbki sortymentów. Czas operacyjny podzielono na czas t_{A121} – czas przejazdu do nowego drzewa, t_{A122} – czas naprowadzenia głowicy ścinkowej, t_{A123} – czas ścinki i obalania, t_{A124} – czas okrzesywania i przerzynki oraz t_{A125} – czas poprawiania położenia drewna [Dvořák 2010; Dvořák i in. 2011]. Pomiary czasu pracy wykonano metodą fotografii dnia roboczego [Gałęzia 2013] i podzielono je na dwie grupy: pomiar czasu efektywnego operacji roboczych i pomiar czasów pomocniczych. Pomiaru czasu efektywnego operacji roboczych dokonano dla losowo wybranych świerków, mierząc dla nich poszczególne czasy operacyjne. Pozostałe czasy pomocnicze mierzono dla całej zmiany roboczej. Analizę czasu dnia roboczego na powierzchniach planowych i w pozyskaniu przygodnym wykonywano z minutową dokładnością, a pomiar czasu trwania operacji roboczych z dokładnością sekundową. Fotografię dnia roboczego wykonano dla 54 zmian roboczych, z których do analizy statystycznej wybrano operacje robocze trwające 19,8 h, zawierające 3755 operacji. W tym czasie pozyskano 751 drzew o łącznej miąższości 361,6 m³. Czas trwania operacji roboczych dla pozyskania planowego określono dla harwesterów trzech klas mocy (do 70 kW, 71-140 kW i ponad 140 kW) [Dvořák i in. 2011].

- Obróbka statystyczna w pakiecie Statistica 8.0. pozwoliła wykonać następujące czynności:
- opracowanie modelu zapotrzebowania czasu na operacje robocze w zależności od miąższości pozyskiwanych drzew (h_{SM}) dla harwesterów różnych klas mocy w wybranych drzewostanach,
 - analiza zużycia czasu na operacje robocze w pozyskaniu planowym i przygodnym, w zależności od umieszczenia drzewa w drzewostanie i charakteru jego uszkodzenia,
 - obliczenie współczynników czasu operacyjnego i korekcja norm dla pozyskania w warunkach przygodnych w zależności od charakteru uszkodzenia (wywroty, złomy, zawieszenia).

Przy pomocy diagnostyki regresji wyznaczono i wyeliminowano punkty odległe pomiarów, co doprowadziło do opracowania dokładniejszych modeli, stąd w wynikach mniejsza liczba analizowanych pomiarów. Dla harwesterów pierwszej klasy mocy wykorzystano do analizy 186 pomiarów operacji roboczych w warunkach produkcyjnych, a w przypadku harwesterów drugiej i trzeciej klasy mocy – 438 pomiarów.

Wyniki

Stwierdzono statystycznie istotną różnicę średniego zapotrzebowania czasu operacyjnego na ścinę i wyrób sortymentów między pierwszą i drugą klasą mocy harwesterów oraz klasą pierwszą i trzecią. Średni czas trwania operacji roboczych i ich podział na poszczególne fazy przedstawia tabela 1.

Do prognozowania zapotrzebowania czasu [h/m³] na operacje robocze (t_{A1-1}) w zależności od miąższości pnia można zastosować następujące funkcje:

- dla harwesterów pierwszej klasy mocy

$$t_{A1-1} = 0,0720756 + \frac{0,00840437}{h_{SM}} ; I=0,8226 \quad s_{y,x}=0,03505 \quad [1]$$

- dla harwesterów drugiej i trzeciej klasy mocy

$$t_{A1-23} = 0,028927575 \cdot h_{SM}^{-0,83564} ; I=0,93 \quad s_{y,x}=0,236403 \quad [2]$$

Wyniki pomiarów dla harwesterów pierwszej klasy mocy podczas ścinki i wyróbki sortymentów o miąższości drzew 0,04-0,25 m³ określają zapotrzebowanie czasu operacyjnego dla świerka od 0,11 do 0,28 h/m³. Dla harwesterów drugiej i trzeciej klasy mocy podczas ścinki i wyróbki sortymentów o miąższości drzew 0,04-0,25 m³ obrabiano drzewa o miąższości od 0,08 m³ aż do ekstremalnych 3,33 m³, przy zapotrzebowaniu czasu od 0,01 do 0,23 h/m³ (ryc.). W całkowitej próbie 125 drzew największy udział miały drzewa nieuszkodzone (44%), drugą grupę stanowiły wywroty (33%), następnie złomy (20%), a najmniejszy udział miały drzewa zawieszane (3%).

Harwestery pierwszej klasy mocy były wykorzystywane w trzebieży na powierzchniach planowych i w pozyskaniu przygodnym. Rodzaj pozyskania w pierwszej klasie mocy nie miał wpływu na całkowity średni czas operacyjny ($p>0,8997$, $F=0,11$, $d_f=2$). Średni czas operacyjny dla trzebieży planowej wynosił 65,94 s (odchylenie standardowe SD=23,28), a dla pozyskania przygodnego 83,14 s (SD=45,88). Dla harwesterów średniej klasy mocy (klasa druga i trzecia) przeprowadzono pomiary we wszystkich grupach pozyskania (trzebież, pozyskanie planowe, pozyskanie przygodne). Hipotezę zerową o zgodności rozkładów średniego zapotrzebowania czasu na operacje robocze można odrzucić, jeżeli $p<0,00001$, $F=91,104$, $d_f=2$, co oznacza, że rodzaj pozyskania wymaga różnego średniego czasu operacyjnego. Dla trzebieży planowych wynosił on średnio 92,84 s (SD=30,74), zrębu planowego 163,7 s (SD=59,33), a pozyskania przygodnego

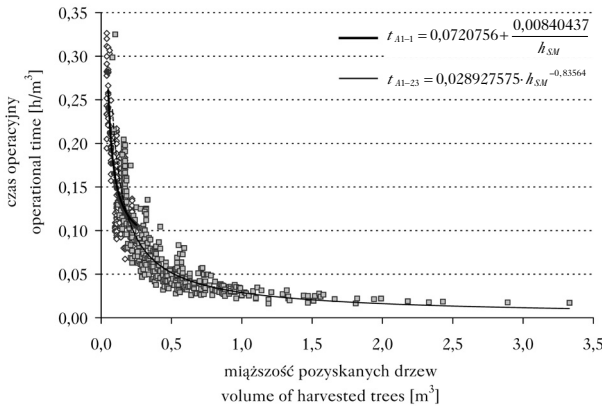
Tabela 1.

Średni czas trwania operacji roboczych z przedziału zawierającego wyniki 95% pomiarów
Average time of the operations from the range including 95% of measurements

	1. klasa mocy 1 st power class		2. i 3. klasa mocy 2 nd & 3 rd power class	
	[s]	[%]	[s]	[%]
t_{121}	10,2	[2-27]	15,5	[0-90]
t_{122}	11,1	[8-19]	16,8	[5-30]
t_{123}	11,1	[7-19]	16,8	[5-39]
t_{124}	33,5	[12-67]	50,7	[22-108]
t_{125}	0,1	[0-1]	0,2	[0-5]
t_{A1}	65,9	–	100,0	–

t_{A121} – czas przejazdu do następnego drzewa, t_{A122} – czas naprowadzenia głowicy ścinkowej, t_{A123} – czas ścinki i obalania, t_{A124} – czas okrzesywania i przerzynki, t_{A125} – czas poprawiania położenia drewna, t_{A1} – suma

t_{A121} – transfer to another tree; t_{A122} – cutting head manoeuvres; t_{A123} – felling; t_{A124} – debranching and cutting into parts; t_{A125} – correction of cross-sections placement t_{A1} – operational time



Ryc.

Czas ścinki i obróbki drzew przy pozyskaniu planowym harwesterem 1. klasy mocy (linia ciągła) oraz harwesterem 2. i 3. klasy mocy (linia przerywana)

Cutting and processing time during planned logging performed with harvesters of the 1st (solid line) as well as 2nd and 3rd (dashed line) power classes

139,5 s (SD=65,09). Stwierdzono statystycznie istotne różnice pomiędzy wszystkimi rodzajami pozyskania (tab. 2).

Pozostaje pytanie, czy potwierdzają się statystycznie istotne różnice w czasie operacyjnym dla poszczególnych drzew ze względu na rodzaj ich uszkodzenia. W pomiarach wyróżniono 4 grupy: drzewa normalne, wywroty, złomy i drzewa zawieszony. Wyniki analizy rozkładu ($p=0,05$, $F=11,69$, $d_f=3$) wskazują, że na poziomie istotności 0,05 można odrzucić hipotezę o zgodności czasu operacyjnego maszyny w zależności od charakteru pozyskiwanego drzewa. Najkrótszy czas operacyjny średnio na drzewo wynosił 105,4 s (SD=47,88) dla grupy drzew normalnych, w grupie złomów 113,33 s (SD=56,58), dla wywrotów 140,55 s (SD=61,84), a dla drzew zawieszonych 188,29 s (SD=50,69). Analiza rozkładu wykazała pięć statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnim zapotrzebowaniem czasu na operacje robocze (tab. 3). Należy potwierdzić statystycznie istotną różnicę pomiędzy średnim zapotrzebowaniem czasu operacyjnego na obróbkę normalnych drzew a drzew złamanych.

W normach dotyczących wydajności harwesterów podczas pozyskania w drzewostanach nieuszkodzonych konieczne jest wprowadzenie procentowej korekty dla pracy harwesterów w pozyskaniu przygodnym. Z wyżej przedstawionych danych wynika spadek wydajności przy pozyskaniu wywrotów o 33%, przy pozyskaniu drzew zawieszonych o 79% i przy drzewach złamanych o 7% w porównaniu do pozyskania drzew normalnych. Należy podkreślić, że nie

Tabela 2.

Istotność (*, $p=0,05$) różnicy czasu ścińki drzew w zależności od rodzaju pozyskania
Significance (*, $p=0,05$) of the difference logging time depending on the type of acquisition

	Różnica Difference	Przedział ufności +/- 95% Confidence interval +/- 95%
Zręb planowy – pozyskanie przygodne Planned fellings vs. casual logging	24,2044*	15,3290
Zręb planowy – trzebież planowa Planned fellings vs. planned thinning	70,8638*	13,8182
Pozyskanie przygodne – trzebież planowa Casual logging vs. planned thinning	45,6593*	8,87862

Tabela 3.

Istotność (*, $p=0,05$) różnicy czasu ścińki drzew w zależności od warunków pozyskania
Significance (*, $p=0,05$) of the difference logging time depending on the acquisition conditions

	Różnica Difference	Przedział ufności +/- 95% Confidence interval +/- 95%
Normalne drzewo – złom Normal vs. broken tree	-7,89596	17,5752
Normalne drzewo – wywrot Normal vs. fallen tree	-35,1136*	14,6433
Normalne drzewo – drzewo zawieszona Normal vs. suspended tree	-82,7626*	43,919
Złom – wywrot Broken vs. fallen tree	27,2177*	22,0024
Złom – drzewo zawieszona Broken vs. suspended tree	74,8667*	46,8888
Wywrot – drzewo zawieszona Fallen vs. suspended tree	47,6490*	45,8704

stwierdzono statystycznie istotnej różnicy pomiędzy pozyskaniem drzew normalnych a złomów. Nie potwierdzono też statystycznie istotnej różnicy pomiędzy pozyskaniem drzew normalnych a pozyskaniem użytków przygodnych dla harwesterów pierwszej klasy mocy. Dla harwesterów drugiej i trzeciej klasy mocy zalecane wartości współczynnika korekcyjnego norm wynoszą: dla wywrotów $k_{wp}=1,33$, dla złomów $k_s=1,07$ i dla drzew zawieszonych $k_T=1,79$. Na podstawie struktury stanu drzew normalnych, wywrotów, złomów i drzew zawieszonych w drzewostanie przy pozyskaniu przygodnym można określić średni współczynnik korekty norm dla pozyskania przygodnego, o wartości 1,19. Zapotrzebowanie czasu na poszczególne operacje z rozszerzeniem o czas odpoczynku $k_2=1,07$, czasy pomocnicze i czas roboczy zmiany $k_{BC}=1,21$ podano w tabeli 4.

Podsumowanie

W pracy przeanalizowano wydajność harwesterów, które obecnie są nieodzownym składnikiem procesu pozyskania drewna. W Republice Czeskiej w 2012 roku pracowało ich w lasach około 400 [Zpráva... 2013]. Metoda sortymentowa pozyskania połączona z wykorzystaniem harwesterów jest w powszechnym przekonaniu zbyt kosztowną technologią, dlatego konieczne jest planowanie pracy tak, by zapewnić zwrot inwestycji w każdych warunkach pozyskania, do których zalicza się też pozyskanie przygodne. W roku 2012 w Republice Czeskiej pozyskanie przygodne stanowiło 25,4% (3,34 mln m³) całego rocznego pozyskania [Zpráva... 2013]. Wydajność pracy

Tabela 4.

Czas pozyskania w pozyskaniu planowym i przygodnym w zależności od miąższości drzewa i mocy harwestera

Acquisition time in planned and casual logging regarding tree volume and harvester power class

Miąższość drzewa Tree volume [m ³]	Pozyskanie planowe Planned logging				Wywroty Fallen trees	Drzewa zawieszono Suspended trees
	1	2/3	1	2/3		
<0,15	0,18	0,25	0,24	0,33	0,43	0,58
0,16-0,30	0,11	0,10	0,14	0,13	0,17	0,23
0,31-0,50	–	0,06	–	0,08	0,11	0,14
0,51-0,80	–	0,04	–	0,05	0,07	0,10
0,81-1,20	–	0,03	–	0,04	0,05	0,07
>1,20	–	0,02	–	0,03	0,04	0,06

czas zawiera przerwy fizjologiczne, nie zawiera przerw technicznych i organizacyjnych
time includes physiological pauses but excludes technical and organisational breaks

małych harvesterów w podrościach świerkowych waha się w granicach 2,74-7,31 m³/h w zależności od miąższości pozyskiwanych drzew (0,04-0,25 m³). Podczas pozyskania harvesterami średniej i dużej mocy drzew o miąższości 0,08-3,33 m³ wydajność mieści się w granicach 3,24-72,41 m³/h. Uzyskane wyniki wskazują na wzrost czasu trwania operacji roboczych podczas pozyskania wywrotów i drzew zawieszonych przy pomocy harvesterów drugiej i trzeciej klasy mocy. Przy pozyskaniu wywrotów w zależności od miąższości drzew godzinowa wydajność spada do 2,30-23,38 m³/h, przy pozyskaniu drzew zawieszonych wydajność mieści się w granicach 1,71-17,37 m³/h. Przy pozyskaniu złomów norma czasowa powinna być zwiększona o 7%. Dla harvesterów pierwszej klasy mocy przy pozyskaniu drzew o średniej miąższości 0,30 m³ nie wykazano statystycznie istotnej różnicy wydajności pomiędzy pozyskaniem planowym a pozyskaniem przygodnym. Obliczony współczynnik spadku wydajności harvesterów przy pozyskaniu przygodnym w stosunku do pozyskania planowego wynosił średnio 19%.

Literatura

- Bettinger P., Kellogg L. D. 1993. Residual stand damage from cut-to-length thinning of second-growth timber in the Cascade Range of western Kreton. *Forest Products Journal* 47: 59-64.
- Dvořák J. 2010. Operation time consumption of high-powered harvester in salvage felling. *EJPAU* 13(4) #12.
- Dvořák J., Bystrický R., Hořková P., Hrib M., Jarkovská M., Kováč J., Krilek J., Natov P., Natovová L. 2011. The use of harvester technology in production forests. *Kostelec nad Černými lesy. Lesnická práce* 156.
- Dvořák J., Malkovský Z., Macků J. 2008. Influence of human factor on the time of work stages of harvesters and crane-equipped forwarders. *Journal of Forest Science* 54 (1): 24-30.
- Dvořák J., Walezyk J. 2013. Wydajność pozyskania drewna przy pomocy harvesterów i pilarki spalinyowej. *Sylvan* 157 (3): 171-176.
- Eliasson L. 2000. Effects of establishment and thinning of shelterwood on harvester performance. *Journal of Forest Engineering* 11 (1): 21-27.
- Forbrig A. 2001. Zur technischen Arbeitsproduktivität von Kranvollernter. *Forsttechnische Information* 53 (5): 22-25.
- Gałęzia T. 2013. Bilans energetyczny oraz czasochłonność wybranych elementów w łańcuchu technologicznym pozyskiwania biomasy leśnej. *Sylvan* 157 (6): 419-424.
- Giefing D. F., Hoota R., Gackowski M., Karaszewski Z., Klentak I., Kosak J., Bembenek M., Siewert S. 2000. Badania zmierzające do opracowania optymalnych technologii pozyskiwania drewna w przedrebrnych drzewostanach iglastych. Dokumentacja GDLP, Warszawa.
- Glöde D., Sikström U. 2001. Two felling methods in final cutting of shelterwood, single-grip harvester produktivity and damage to the regeneration. *Silva Fennica* 35 (1): 71-83.
- Gross J. 1984. Zhodnocení použitých mechanizačních prostředků v těžebně-dopravním procesu u Severočeských státních lešů. Praha: VŠZ Praha – Ústav aplikované ekologie a ekotechniky v Kostelci nad Černými lesy.
- Gruner R. 2001. Waldarbeit in Brandenburg. *Forsttechnische Information* 53 (12): 130-135.

- Hanell B., Nordfjell T., Eliasson L. 2000. Produktivity and Costs in Shelterwood Harvesting. *Scan. J. For. Res.* 15 (5): 561-569.
- Jelonek T., Walkowiak R., Jakubowski M., Tomczak A. 2013. Wskaźniki stabilności drzew w drzewostanach sosnowych uszkodzonych przez wiatr. *Sylwan* 157 (5): 323-329.
- Jodłowski K. 2001. Maszyny wielooperacyjne do pozyskiwania drewna oraz ich wykorzystanie w Europie. *Postępy Techniki w Leśnictwie* 79: 7-12.
- Kärhä K., Rönkkö E., Gumse S. 2004. Produktivity and Cutting Cista of Thinning Harvester. *International Journal of Forest Engeneering* 15 (2): 43-56.
- Karjalainen T., Zimmer B., Berg S., Welling J., Schwaiger H., Finér L., Cortijo P. 2001. Energy, carbon and other armerial flows in th Life Cycle Assessment of forestry and forest products. Achievements of the Working Group 1 of the COST Action E9. European Forest Institute, Finland.
- Komárková-Kinská V., Komárek M. 2012. Harvester technologies in mountainous conditions. *EJPAU* 15(1) #08.
- Lageson H. 1997. Effects of thinning type on the harvester produktivity and on the residual stand. *J. For. Eng.* 8 (2): 7-14.
- Markoff I., Gluschkov S., Dvořák J. 2008. Lesnická mechanizace v Bulharsku. *Lesnická práce* 87 (3): 29-31.
- Nimz R. 2002. Einbeziehung der Leistungsfähigkeit des Fahrers in Produktivitätsmodelle für Harvester. *Treffen der „Sektion Forsttechnik“ des Verbandes Deutscher Forstlicher Versuchsanstalten.* Sopron B 1-5.
- Purfürst F. T. 2007. Human Influences on Harvester Operations. *Austro2007/FORMEC'07 – Meeting the Needs of Tomorrows' Forests – New Developments in Forests Engineering.* BOKU, Vienna.
- Rzadowski S. 1996. Wpływ operacji technologicznych na wydajność pracy i koszty pozyskiwania drewna małowymiarowego w cięciach pielęgnacyjnych w drzewostanach sosnowych. *Prace IBL* 815: 38-79.
- Simanov V., Macků J., Popelka J. 1993. Nový návrh terénní klasifikace a technologické typizace. *Lesnictví* 39 (10): 422-428.
- Slamka M. 2009. Súčasný stav a perspektívy využívania harvesterových technológií v lesoch SR. TU, Zvolen.
- Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2012. 2013. MZE České republiky, Praha.