

## **ANALIZA WYDAJNOŚCI PRACY PRZY MASZYNOWYM POZYSKANIU DREWNA NA PRZYKŁADZIE HARWESTERA VALMET 901.3 I FORWARDERA VALMET 840.2**

Michał Maksymiak, Andrzej Grieger

*Institut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Szczecinie*

**Streszczenie.** Celem badań było określenie wydajności pracy maszyn podczas pozyskiwania drewna w trakcie wykonywania zabiegu trzebieży późnej, oraz usuwania skutków okiści w drzewostanie czwartej i piątej klasy wieku. Z przeprowadzonych badań wynika że zdecydowanie korzystniejszy efekt pracy uzyskał operator harwestera. Istotnym czynnikiem uzyskania zadawalających efektów pracy jest częstotliwość przejazdów technologicznych, oraz ilość pozyskanego i załadowanego drewna na pojedynczym stanowisku pracy. Badania pełnego dnia roboczego w pracach związanych z pozyskaniem i zrywką drewna pozwalają wyciągnąć wniosek, że stosowanie w ciągu technologicznym maszyn o zróżnicowanych parametrach wydajności, może przekładać się na wzrost kosztów pracy.

**Słowa kluczowe:** wydajność pracy, pozyskanie drewna, harwester, forwarder

### **Wprowadzenie**

Proces maszynowego pozyskania drewna zainicjowano w latach sześćdziesiątych XX wieku od wprowadzenia ścinarek, maszyn ścinkowo układających, oraz procesorów. W Polsce mechanizację prac zrębowych rozpoczęto od zastosowania głowicy nożowej ND-600 konstrukcji prof. Więsika zamontowanej na ładowarce czołowej Ł-34 [Moskalik 2004]. Wiele wysiłku organizacyjnego i przygotowania zaplecza technicznego wymagało również wprowadzenie maszyn do zrywki surowca drzewnego [Laurow 1999]. Mimo znacznego rozwoju maszynowego pozyskiwania drewna na świecie, w Polsce intensyfikacja technik harwesterowych w dalszym ciągu znajduje się w fazie początkowej. W 2001 roku liczba harwesterów w Polsce wynosiła jedynie 10 sztuk [Moskalik 2004]. Nieznaczny wzrost zainteresowania przedsiębiorców leśnych zakupem wielooperacyjnych maszyn pozyskaniowych rozpoczął się wraz z wejściem Polski do Unii Europejskiej i wiążącym się z tym sposobem finansowania. Przykładem mogą być dane DGLP, z których wynika że w 2006 roku w posiadaniu zakładów usług leśnych znajdowało się 21 harwesterów [Grodecki 2006], natomiast już w 2007 roku ich liczba wzrosła do 67. Należy również zauważyć wzrost popytu na harwestery wśród jednostek organizacyjnych Lasów Państwowych, które zwiększyły ilość wielooperacyjnych maszyn leśnych z 5 w 2006 na 12 w 2007 roku.

W warunkach polskiej gospodarki leśnej, gdzie dominuje system SWS istotnym problemem pozostaje wykonanie ścinki, okrzesań i wyróbki sortymentów na powierzchni, gdzie w dalszym ciągu ponoszone koszty maszynowego pozyskiwania drewna są zbyt wysokie. Niewątpliwie duży wpływ na niską efektywność pracy ma nieodpowiednia jej organizacja. Głównym elementem uzyskania wysokiej wydajności pracy jest dobór właściwego zestawu maszyn oraz zastosowanie odpowiedniej technologii pozyskania do cech drzewostanu oraz ukształtowania terenu.

## Przedmiot i warunki badań

Badania polegające na obserwacji pracy zestawu maszyn (tab.1): harwester Valmet 901.3 (rys.1), oraz forwarder Valmet 840.2 (rys.2) przeprowadzono na terenie nadleśnictwie Ilawa, RDLP Gdańsk w listopadzie 2006 r. oraz lutym i kwietniu 2007 roku.

Celem doświadczenia było określenie wydajności maszyn pracujących w jednolitym ciągu technologicznym przy pozyskiwaniu drewna. Badania przeprowadzono w trakcie wykonywania zabiegu trzebieży późnej, oraz usuwania skutków okiści w drzewostanie czwartej i piątej klasy wieku. Warunki pracy były następujące: wiek drzewostanu – 68 i 85 lat, skład gatunkowy - 6So 4Św, oraz 9So 1Św, zadrzewienie – 1,0 i 1,1, siedlisko – Bśw, BMśw, oraz LMśw, podszyt – kruszyna, buk, dąb, oraz świerk, ukształtowanie terenu – płaskie, faliste. Rodzaj pozyskiwanego surowca przedstawiał się następująco: ok. 65% stanowiły wałki o długości 2,5, oraz 1,8 m, natomiast pozostałe 35% pozyskano w formie kłód o długości 6 m. W przypadku analizy wydajności pracy forwardera badania przeprowadzono jedynie podczas zrywki sortymentów S2 o długości 2,5 m.

Tabela 1. Charakterystyka parametrów technicznych maszyn do prac leśnych  
Table 1. Characteristics of technical parameters of machines for forest work

Maszyna	Jednostka	Harwester	Forwarder
Model		Valmet 901.3	Valmet 840.2
Parametry silnika			
Moc	kW·obr. <sup>-1</sup>	140/2200	125/2200
Maks. Moment obr.	Nm·obr. <sup>-1</sup>	740/1400	650/1500
Siła uciągu	kN	128	150
Parametry żurawia			
Model żurawia		Valmet Cranab CRH15	Valmet CRF7
Moment unoszenia	kNm	102	92
Zasięg żurawia	m	11	9,3
Kąt obrotu	stopnie	315	380
Parametry robocze			
Model głowicy / chwytaka		Valmet 350	Cranab Forte G28
Maks. Średnica przerzynki	mm	600	-
Maks. Siła posuwu	kNm	20-25	-
Prędkość posuwu	M·s <sup>-1</sup>	5	-
Wskaźnik ładunku	Kg	-	11000
Pole przekroju poprz. skrzyni ład.	m <sup>2</sup>	-	4,1

Źródło: dane producenta



Rys. 1. Harvester Valmet 901.3  
Fig. 1. The Valmet 901.3 harvester



Rys. 2. Forwarder Valmet 840.2  
Fig. 2. The Valmet 840.2 harvester

W celu określenia wydajności maszyn przeprowadzony został chronometraż czasu pracy operatora. Czas mierzony był od momentu przystąpienia operatora do pracy, do zakończenia wszelkich czynności związanych z obsługą maszyny. Jako minimalną odnotowywaną wartość drogi pokonanej przez maszynę przyjęto odległość 1 metra.

Wydajność eksploatacyjną pracy operatora harwestera określono według wzoru (1).

$$W_{E1} = 3600 \cdot Q_1 \cdot t_{c1}^{-1} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (1)$$

gdzie:

- $Q_1$  – objętość pozyskanego surowca [ $\text{m}^3$ ],
- $t_{c1}$  – całkowity czas pracy operatora harwestera [s], w tym:
- $t_{11}$  – czas pozyskania (*ścinka, okrzesianie i przerzynka*) [s],
- $t_{12}$  – czas przejazdów technologicznych [s],
- $t_{p1}$  – czas przerw [s], w tym:
- $t_{p11}$  – przerwy techniczne i organizacyjne [s],
- $t_{p12}$  – przerwy fizjologiczne [s],
- $t_{T1}$  – czas transportu maszyny (*dojazdu na powierzchnię*) [s], w tym:
- $t_{T11}$  – dojazd (*transport z miejsca garażowania maszyny na powierzchnię*) [s],
- $t_{T12}$  – powrót (*transport z miejsca pracy do miejsca garażowania maszyny*) [s].

Wydajność efektywną pracy harwestera określono na podstawie wzoru (2).

$$W_{e1} = 3600 \cdot Q_1 \cdot t_{e1}^{-1} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (2)$$

gdzie:

- $Q_1$  – objętość pozyskanego surowca [ $\text{m}^3$ ],
- $t_{e1}$  – efektywny czas pracy operatora harwestera [s], w tym:
- $t_{11}$  – czas pozyskania (*ścinka, okrzesianie i przerzynka*) [s],
- $t_{12}$  – czas przejazdów technologicznych [s].

Wydajność eksploatacyjną pracy operatora forwardera określono według wzoru (3).

$$W_{E2} = 3600 \cdot Q_2 \cdot t_{c2}^{-1} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (3)$$

gdzie:

- $Q_2$  – objętość zerwanego surowca [ $\text{m}^3$ ],
- $t_{c2}$  – całkowity czas pracy operatora forwardera [s], w tym:
- $t_{21}$  – czas jazdy po ładunek (*czas dojazdu do pierwszego pakietu drewna*) [s],
- $t_{22}$  – czas załadunku (*czynności ładunkowe*) [s],
- $t_{23}$  – czas jazdy z ładunkiem (*czas przejazdu między stosami, sztukami drewna*) [s],
- $t_{24}$  – czas jazdy z pełnym ładunkiem (*czas powrotu z pełnym ładunkiem*) [s],
- $t_{25}$  – czas rozładunku (*czynności rozładunkowe*) [s],
- $t_{p2}$  – czas przerw [s], w tym:
- $t_{p21}$  – przerwy techniczne i organizacyjne [s],
- $t_{p22}$  – przerwy fizjologiczne [s],
- $t_{T2}$  – czas transportu maszyny (*dojazdu na powierzchnię*) [s], w tym:
- $t_{T21}$  – dojazd (*transport z miejsca garażowania maszyny na powierzchnię*) [s],
- $t_{T22}$  – powrót (*transport z miejsca pracy do miejsca garażowania maszyny*) [s].

Wydajność efektywną pracy forwardera określono na podstawie wzoru (4).

$$W_{e2} = 3600 \cdot Q_2 \cdot t_{e2}^{-1} \text{ [m}^3 \cdot \text{h}^{-1}] \quad (4)$$

gdzie:

- $Q_2$  – objętość zerwanego surowca [ $\text{m}^3$ ],
- $t_{e2}$  – efektywny czas pracy operatora forwardera [s], w tym:
  - $t_{21}$  – czas jazdy po ładunek (*czas dojazdu do pierwszego pakietu drewna*) [s],
  - $t_{22}$  – czas załadunku (*czynności ładunkowe*) [s],
  - $t_{23}$  – czas jazdy z ładunkiem (*czas przejazdu między stosami, sztukami drewna*) [s],
  - $t_{24}$  – czas jazdy z pełnym ładunkiem (*czas powrotu z pełnym ładunkiem*) [s],
  - $t_{25}$  – czas rozładunku (*czynności rozładunkowe*) [s].

W celu określenie wskaźnika wykorzystania czasu pracy posłużono się wzorem (5).

$$k_p = \frac{W_E}{W_e} \quad (5)$$

gdzie:

- $W_0$  – wydajność eksploatacyjna maszyny:  $W_{E1}$  – harwester, lub  $W_{E2}$  – forwarder,
- $W_e$  – wydajność efektywna maszyny:  $W_{e1}$  – harwester, lub  $W_{e2}$  – forwarder.

## Wyniki badań

Na podstawie kilkudniowej obserwacji określono średnią wydajność, oraz inne wielkości charakteryzujące pracę maszyn. Z przeprowadzonych badań wynika że zdecydowanie korzystniejszy efekt uzyskał operator harwestera (tab. 2). Na rezultaty jego pracy istotny wpływ miała duża ilość drewna wyrobionego na pojedynczym stanowisku pracy, która wynikała z warunków drzewostanu, m.in. stopnia zadrzewienia. Natomiast za niską wydajność zrywki najbardziej odpowiedzialnym parametrem była odległości transportu drewna, której średnia wartość wyniosła 484,25 m.

Tabela 2. Wyniki pracy harwestera Valmet 901.3 i forwardera Valmet 840.2  
Table 2. The Valmet 901.3 harvester and Valmet 840.2 forwarder work results

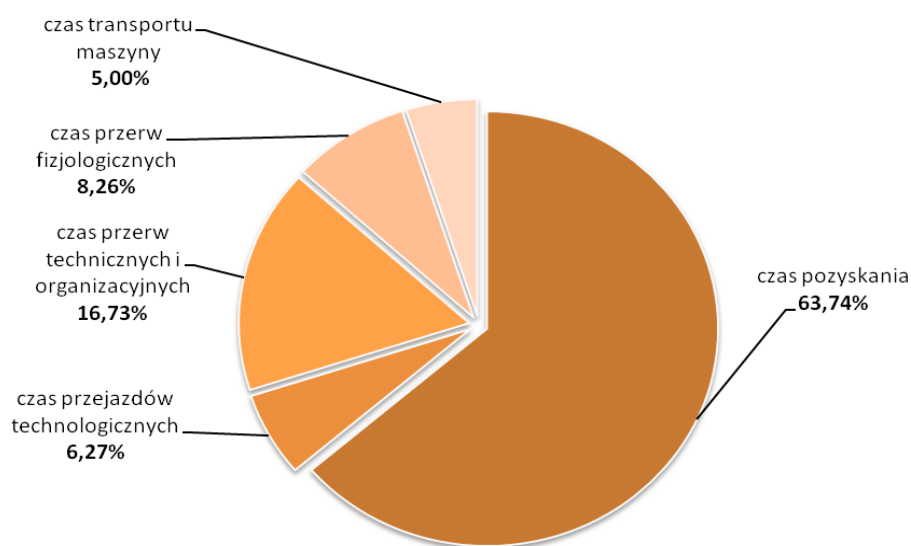
Wielkość	HARWESTER		FORWARDER	
	Symbol	Wartość	Symbol	Wartość
Wydajność efektywna [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]	$W_{e1}$	17,60	$W_{e2}$	10,58
Wydajność eksploatacyjna [ $\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ ]	$W_{01}$	12,32	$W_{02}$	8,89
Miąższność drewna pozyskana / załadowana z 1 stanowiska [ $\text{m}^3$ ]	$Q_1$	0,56	$Q_2$	0,22
Odległość między stanowiskami [m]	$l_s$	6,38	$l_s$	7,33
Liczba drzew pozyskanych z jednego stanowiska [n]	$n_{ds}$	1,67	-	-
Prędkość przejazdów między stanowiskami [ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ]	$v_1$	0,62	$v_2$	0,76

Źródło: obliczenia własne autorów

Niska wartość miąższości drewna pozyskana z jednego stanowiska pracy uzyskana przez operatora forwardera związana jest z rodzajem sortymentu zrywanego przez operatora, którego przedmiotem pracy był surowiec średniowymiarowy o długości 2,5 m. Jak również odległość przejazdów między stanowiskami pracy związana jest z różnicą zasięgu żurawia obu maszyn.

Zastosowanie wieloczynnościowych maszyn leśnych ma charakter cykliczny, który determinowany jest właściwością przedmiotu pracy. Strukturę czasu pracy operatora harwestera przedstawia rys. 3, natomiast charakterystykę procesu zrywki rys. 4. Procentowy udział poszczególnych czasów odnosi się do eksploatacyjnego czasu pracy operatorów.

Na podstawie badań określono również strukturę ilości drzew pozyskanych z jednego stanowiska pracy harwestera (rys. 5). Ponad połowa stanowisk pracy obejmowała pozycje, w których operator wykorzystując wyłącznie zasięg żurawia pozyskiwał jedynie jedno drzewo.

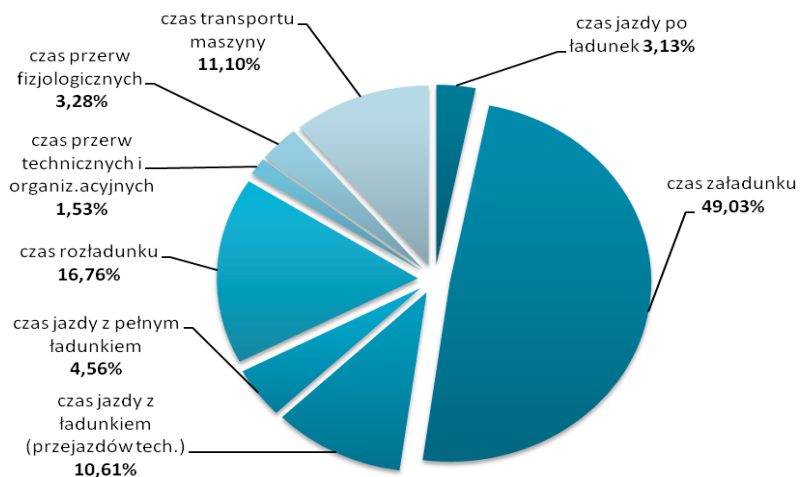


*Źródło: obliczenia własne autorów*

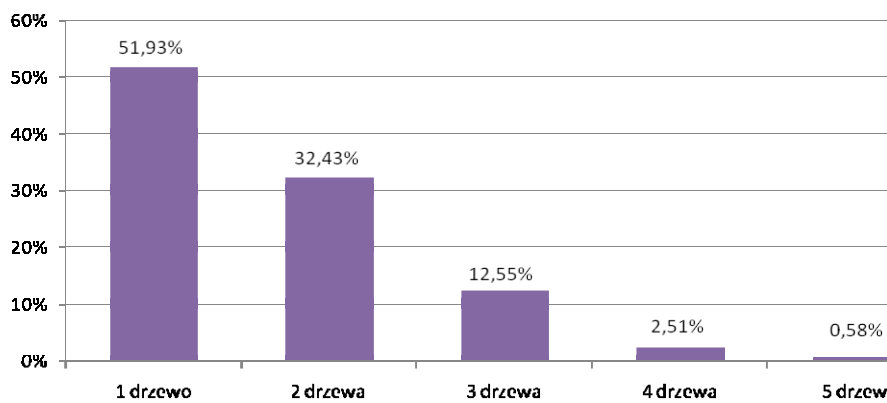
Rys. 3. Struktura czasu pracy operatora harwestera Valmet 901.3

Fig. 3. The structure of Valmet 901.3 harvester operator's worktime

Analiza wydajności pracy...



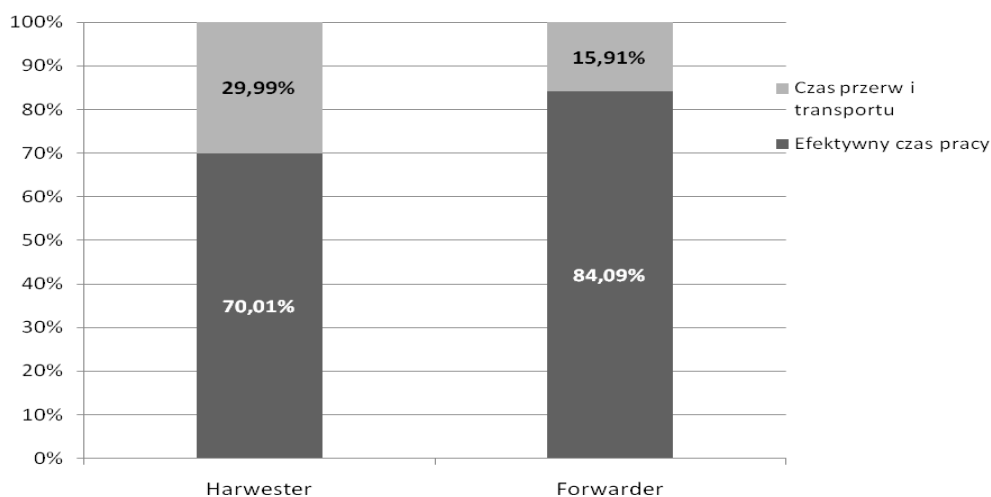
Rys. 4. Struktura czasu pracy operatora forwardera Valmet 840.2  
 Fig. 4. The structure of Valmet 840.2 forwarder operator's worktime



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 5. Struktura ilości drzew pozyskanych z jednego stanowiska pracy harwestera  
 Fig. 5. The structure of amount of trees acquired at one harvester work station

Na podstawie badań można stwierdzić, że istotny jest dobór odpowiedniej organizacji pracy oraz dyscyplina pracownika. W przypadku zrywki, właściwa organizacja pracy pozwoliła osiągnąć wysoki współczynnik wykorzystania czasu pracy ( $k_p = 0,84$ ), natomiast w przypadku operatora wielooperacyjnej maszyny pozyskaniowej czas przerw technicznych i organizacyjnych stanowił ponad 16 % łącznego czasu pracy (rys. 6).



Źródło: obliczenia własne autorów

Rys. 6. Procentowy udział wykorzystania czasu pracy przez operatorów maszyn

Fig. 5. Percent share of worktime utilization by machine operators

## Wnioski

Badania pełnego dnia roboczego w pracach związanych z pozyskaniem i zrywką drewna pozwalają wyciągnąć wniosek, że stosowanie w ciągu technologicznym maszyn o zróżnicowanych parametrach wydajności może przekładać się na niepełne wykorzystanie potencjału technicznego. W końcowym rozliczeniu wystąpi wzrost kosztów pracy.

## Bibliografia

- Grodecki J., Stempki W.** 2006. Stan i uwarunkowania rozwojowe technologii leśnych w polskim modelu gospodarki leśnej. Materiały konferencyjne. Targi Ekolas Tuchola. s. 21.
- Laurow Z.** 1999. Pozyskiwanie drewna. Wydawnictwo SGGW. Warszawa. s. 40-41.
- Moskalik T.** 2004. Model maszynowego pozyskiwania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2004. s. 10-11. ISBN 83-7244-491-9.



## **ANALYSIS OF PRODUCTIVITY DURING MECHANICAL TIMBER ACQUISITION ON THE EXAMPLE OF VALMET 901.3 HARVESTER AND VALMET 840.2 FORWARDER**

**Abstract.** The purpose of the research was to determine productivity of machines while acquiring timber during secondary thinning operation, and eliminating effects of thick snow layer settling on trees in forest stand of fourth and fifth age category. Completed tests indicate that harvester operator has reached definitely more advantageous work results. The following factors are important to obtain satisfactory effects of work: frequency of technological runs, and amount of timber acquired and loaded at single work station. Analyses of full workday in case of works involving timber acquisition and skidding allow to conclude that using of machines with diversified productivity parameters in processing line may translate into labour cost increase.

**Key words:** productivity, timber acquisition, harvester, forwarder

**Adres do korespondencji:**

Michał Maksymiak; e-mail: maksymiak@interia.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Akademia Rolnicza w Szczecinie  
ul. Papieża Pawła VI nr 1  
71-459 Szczecin