

Efektywność pozyskiwania drewna harvesterem PONSSE Ergo w wybranych drzewostanach

Jarosław Sadowski, Tadeusz Moskalik, Dariusz Zastocki

Abstrakt: W opracowaniu analizowano pracę harwestera PONSSE Ergo w drzewostanach rębnych oraz przedrębnych (III i IV klasa wieku) w Nadleśnictwie Radziwiłłów. Określono wydajność pracy oraz strukturę dnia roboczego i koszty. Wydajność pracy przy pozyskaniu drewna w ciągu dnia roboczego na poszczególnych powierzchniach wahała się od około 60 do 150 m³ w zależności od warunków drzewostanowych i była najwyższa na zrębach zupełnych. Czas przeznaczony na operacje technologiczne wynosił średnio około 60% zmiany roboczej. Najdłużej trwało okrzesywanie ściętych drzew. Czasy pomocnicze zawierały się w granicach 30–40%. Jednostkowe koszty pracy są ściśle związane z osiąganą wydajnością. Przy odpowiednim doborze maszyny do warunków pozyskania i przygotowaniu lasu do maszynowego pozyskiwania drewna możliwe jest uzyskanie lepszych efektów ekonomicznych niż przy pozyskiwaniu tradycyjnym na poziomie ręczno-maszynowym z wykorzystaniem pilarki spalinowej.

Słowa kluczowe: harvester, pozyskiwanie, wydajność, struktura dnia roboczego, koszty.

Abstract: The effectiveness of the timber harvesting by PONSSE Ergo harvester in selected forest stands. This paper presents study results of the PONSSE Ergo harvester performance in different forest conditions (III and IV age class). The research was carried out in the Radziwiłłów Forest District. There were determined work productivity rate, structure of the working day, and costs.

Daily work productivity in a particular stands ranged from 68 to 144 m³, depending on the forest conditions. It was the highest on the clear cuts. Time for the technological operations averaged approximately 60% of shift. Delimiting was one of the operation which lasted the longest. Auxiliary times ranged between 30–40%. Unit costs of harvesting are closely related to the achieved performance. A proper selection of chosen machines and adequate openness of forest road and skid trail network allows to achieve better economic results comparing to traditional timber harvesting by using of chainsaw.

Key words: harvester, timber harvesting, work efficiency, structure working day, costs.

Wstęp

Procesy technologiczne oraz poziom mechanizacji prac przy pozyskaniu drewna na przestrzeni lat ulegały ciągłym zmianom. W Polsce do lat sześćdziesiątych ubiegłego wieku prace ścinkowe prowadzone były przy użyciu siekier i pił ręcznych. W ostatnich latach coraz częściej do ścinki i wyróbki surowca stosuje się maszyny wielooperacyjne. Duże zmiany nastąpiły również na płaszczyźnie zrywki i wywozu drewna z lasu. W pierwszych latach po drugiej wojnie światowej odbywało się to przy pomocy zaprzęgów konnych, następnie ciągników rolniczych. W ostatnim czasie prace te często wykonywane są przez specjalistyczne ciągniki (forwardery) wyposażone w żurawie i chwytaki hydrauliczne, a drewno z lasu wywożone jest zestawami wysokotonażowymi [Moskalik 2002, Kapral 2004].

Stosowane w Polsce rozwiązania procesów technologicznych pozyskiwania drewna oparte są w znacznej mierze na pilarkach spalinowych oraz ciągnikach rolniczych bądź skiderach jako środkach zrywkowych. Nie wszystkie jednak technologie dostosowane są w pełni do wymagań współczesnego leśnictwa. Ponadto używane w naszych lasach środki techniczne wykazują dość znaczny stopień zużycia. Istnieje więc potrzeba poszukiwania nowych rozwiązań, które byłyby bardziej dostosowane do wymagań zrównoważonej gospodarki leśnej. Musimy bowiem dążyć do głębokiej harmonii w godzeniu wymogów ekologii, ergonomii i bezpieczeństwa pracy oraz odpowiedniej efektywności wykonywanych zadań [Moskalik 2004, Suwała 2006].

Celem opracowania była analiza podstawowych parametrów procesów technologicznych pozyskiwania drewna wykonywanych harvesterem PONSSE Ergo w rębnych i przedrębnych drzewostanach sosnowych, umożliwiającą ocenę efektywności pracy maszyny.

Material i metody

Zakres pracy obejmuje przedstawienie kształtowania się wydajności, pracochłonności, struktury dnia roboczego i kosztów pozyskiwania drewna w zróżnicowanych warunkach drzewostanowych. Badania przeprowadzone zostały na wybranych powierzchniach zrębowych i trzebieżowych położonych na terenie Nadleśnictwa Radziwiłłów. Drzewostany przedrębne udostępniono siecią szlaków zrywkowych oddalonych od siebie o około 20 m.

- Powierzchnia nr 1: Trzebież III klasy wieku, pow. manipulacyjna 6,20 ha, Bonitacja I, Skład gatunkowy So, Db pojedynczo, Brz miejscami, Wiek 52 l, Zadrzewienie 0,9, średnia wysokość 21 m, Zwarcie umiarkowane. Zasobność 317 m³/ha.
- Powierzchnia nr 2: Trzebież IV klasy wieku, pow. manipulacyjna 4,50 ha, Bonitacja I, Skład gatunkowy 8So 2Db pojedynczo Brz, Wiek 72 l, Zadrzewienie 0,8, średnia wysokość 24 m, Zwarcie przerywane. Zasobność 311 m³/ha.
- Powierzchnia nr 3: Zrąb zupełny, pow. 2,67 ha, Bonitacja I, Skład gatunkowy 7So 2 Brz 1 Sw, Wiek 95 l, Zadrzewienie 0,8, średnia wysokość 25 m, Zwarcie umiarkowane. Zasobność 297 m³/ha.

Poniżej przedstawiono podstawowe dane techniczne harwestera PONSSE Ergo:

- Przeznaczenie zrębowo-trzebieżowy.
- Szerokość minimalna 2640 mm, wysokość transportowa 3770 mm.
- Typ silnika: Mercedes Benz OM 906 LA, Moc maksymalna 205 kW.
- Moment obrotowy 900 Nm, Siła uciągu 160 kN.
- Przekładnia hydrostatyczno-mechaniczna.

- Typ żurawia HN 125, Moment udźwigu 160–190 kNm.
- Głowica H 60, Max średnica ścinki 720 mm.

Strukturę dnia roboczego i pracochłonność ustalono metodą chronometrażu. Dokonano pomiaru czasu poszczególnych operacji i przerw w kolejności ich występowania w trakcie całej zmiany roboczej przez 5 dni kalendarzowych na każdej powierzchni. Pomiar wykonywany był od momentu przybycia maszyny na powierzchnię. Czas czynności mierzony był stoperem. Czas pracy (T) podzielono na elementy: czas główny T_g (T_{g1} – ścinka i obalanie drzew, T_{g2} – okrzesywanie, T_{g3} – przerzynka); czas pośredni (T_p), zawierający czas przygotowawczo-zakończeniowy (T_{p1}), obsługę stanowiska roboczego (T_{p2}), czas pomocniczy (T_{p3}) podzielony na T_{p31} – manewrowanie żurawiem wraz z przystawieniem głowicy obróbczej do drzewa, T_{p32} – czas zmiany stanowiska pracy harwestera, T_{p33} – pozostały czas pomocniczy obejmujący usunięcie przeszkadzającego podszytu i odsunięcie gałęzi, czas przerw i odpoczynków normowanych (T_{p4}); czas strat (T_s) składający się z czasu strat zawinionych przez operatora maszyny (T_{s1}) i niezawinionych (T_{s2}).

Dla pełniejszej charakterystyki procesów technologicznych wyliczono dwa współczynniki: współczynnik wykorzystania czasu pracy K_r i współczynnik sprawności operatora K_o :

$$K_r = \frac{T_g}{T} = \frac{T - (T_p + T_s)}{T}; \quad K_o = \frac{T_n}{T} = \frac{T_g + T_p}{T}; \quad \text{gdzie } T_n - \text{ czas normowany}$$

Do określenia ilości pozyskanego surowca drzewnego wykorzystano rejestr odebranego drewna (ROD) sporządzany podczas odbiórki drewna wykonywanej codziennie oraz odczyty z komputera harwestera. Umożliwiło to określenie wydajności pracy.

Koszty godzinowe i jednostkowe policzono programem komputerowym PlusCalc. Jest to program kalkulacyjny opracowany przez firmę Timberjack (harwester używany 5-letni, koszt zakupu 1 mln PLN).

Wyniki i dyskusja

W tabeli nr 1 przedstawiono uśrednione wyniki pomiarów struktury dnia roboczego harwestera.

Udział czasu głównego (tj. związanego bezpośrednio ze zmianą kształtu, wymiarów, wyglądu, położenia surowca), w tym przypadku ścinki, przerzynki i okrzesywania kształtował się na poziomie 55–61%. Obsługa stanowiska roboczego (2–5%) wiąże się z koniecznymi wymianami eksploatacyjnych elementów roboczych, takich jak łańcuch tnący czy też przewody hydrauliczne. Ostrzenie łańcuchów operator wykonuje po zakończeniu pracy i z tego względu czas przeznaczony na tę czynność nie został uwzględniony w strukturze dnia roboczego. Do tej kategorii zaliczone zostały również czynności smarowania oraz przeglądu podzespołów maszyny.

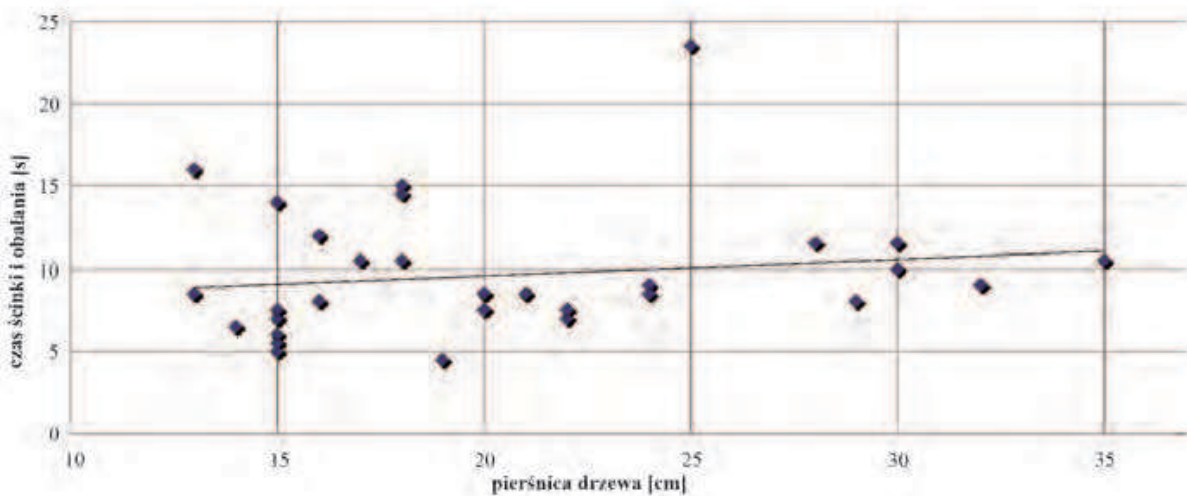
Tab. 1. Struktura czasu pracy i wydajność maszynowego pozyskiwania drewna
Table 1. The structure of time and efficiency of machine harvesting

Użyty sprzęt	Przedmiot badań	Czas główny			Czas pomocniczy						Czas strat		Czas	Wydajność [m ³ /8h]
		T _{g1}	T _{g2}	T _{g3}	T _{p1}	T _{p2}	T _{p31}	T _{p32}	T _{p33}	T _{p4}	T _{s1}	T _{s2}		
Pow. nr 1	Procentowy udział [%]	12	26	17	4	5	12	14	3	6	1		100%	90
		55					44			1				
Pow. nr 2	Procentowy udział [%]	13	28	20	3	2	11	14	2	6	1		100%	68
		61			38						1			
Pow. nr 3	Procentowy udział [%]	14	29	15	2	4	10	14	2	7	1		100%	144
		58			41						1			

Elementami, na które należy zwrócić uwagę, są przejazdy po szlaku technologicznym oraz manewrowanie żurawiem z przystawieniem głowicy obróbczej do drzewa. Czasy te należą do grupy czasów pomocniczych i wahają się na poziomie 24–26%. Czynnikiem wpływającym na tak wysoki ich udział jest niewątpliwie konieczność nieuszkodzenia drzew pozostających, a także niewielka prędkość poruszania się maszyny. Operatorzy na przerwy w pracy poświęcili średnio 6–7% ogólnego czasu pracy. Z punktu osiągniętej wydajności czas przerw powinien być możliwie najkrótszy. Należy jednak mieć na uwadze, iż zbyt mała ilość przerw w pracy ma istotny wpływ na stan psychofizyczny operatora, co może pogarszać jego koncentrację oraz obniżać efektywność pracy. Zaobserwowany czas strat jest niewielki i w większości przypadków spowodowany prowadzeniem przez operatora rozmów telefonicznych. Zauważyć należy, że w strukturze dnia roboczego nie uwzględniono czasów dojazdu maszyn na i z powierzchni roboczej, a zajmuje on dziennie około jednej godziny. Miejscami garażowania są zazwyczaj osady leśne położone najbliżej aktualnej powierzchni.

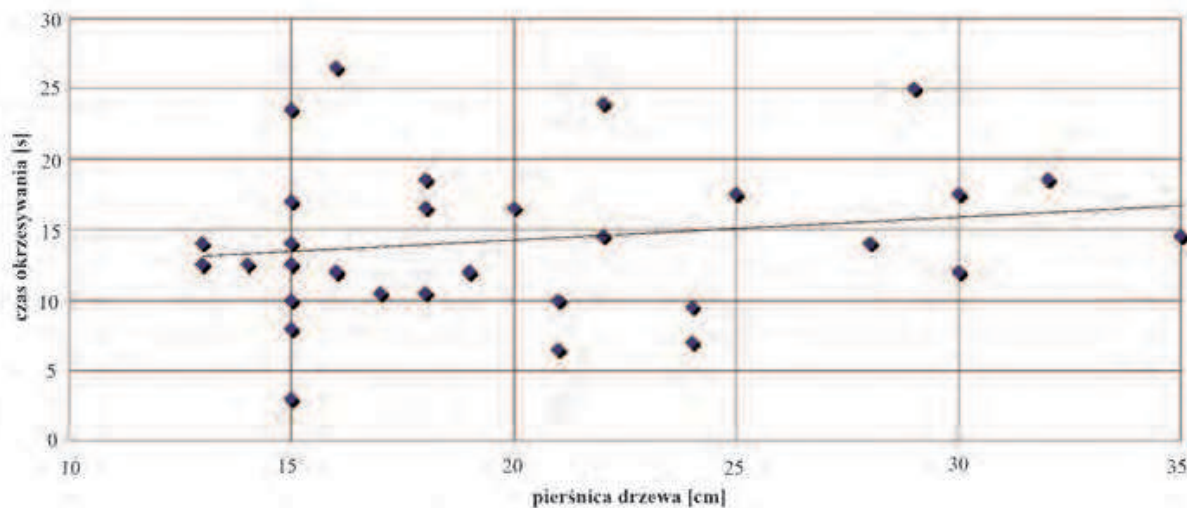
Dzienna wydajność pracy kształtuje się na poziomie 68–144 m³. Stwierdzić należy, że jest znacząco wyższa od wydajności osiągniętych w podobnych warunkach z użyciem pilarki spalinowej, ale wyraźnie mniejsza od efektów maszynowego pozyskiwania obserwowanego przez innych autorów (Moskalik 2004, Sadowski et al. 2011). Wpływ na różnice wydajności ma głównie stan techniczny maszyny, wyszkolenie operatora oraz skład gatunkowy drzewostanu i wyrabiane sortymenty. Obserwowany harwester nie był nowy (5-letni). Niektóre jego elementy uległy znacznemu zużyciu. Operator nie miał dużego doświadczenia w obsłudze harwestera, ponieważ wcześniej prowadził zrywkę forwardelem i dopiero od roku pracował przy ścinie i wyróbce sortymentów. Na niektórych powierzchniach występował dąb i brzoza, co wpływało na zmniejszenie efektywności. Więsik (2008) podaje, że istotnie na wydajność pracy harwestera rzutuje liczba rzązów wykonywanych na ściętym drzewie.

Na rycinach 1, 2 i 3 przedstawiono prędkość ścinki i obalania, okrzesywania oraz przerzynki drzew w zależności od ich pierśnicy.



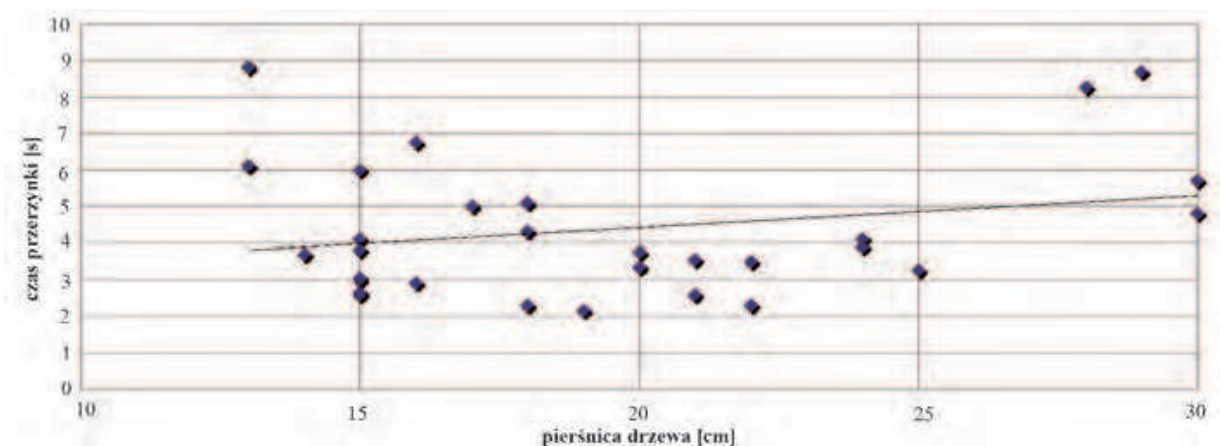
Ryc. 1. Czas ścinki i obalania jednego drzewa ($y = 7,5992 + 0,0999x$, $r = 0,16$)

Fig. 1. Time of felling a single tree ($y = 7,5992 + 0,0999x$, $r = 0,16$)



Ryc. 2. Czas okrzesywania jednego drzewa ($y = 10,9574 + 0,1636x$; $r = 0,18$)

Fig. 2. Time of delimiting single tree ($y = 10,9574 + 0,1636x$; $r = 0,18$)



Ryc. 3. Czas przerynki jednego drzewa ($y = 2,6826 + 0,0866x$; $r = 0,28$)
Fig. 3. Time of cross-cutting of single tree ($y = 2,6826 + 0,0866x$; $r = 0,28$)

Wraz ze wzrostem piersznicy zwiększa się czasochłonność analizowanych operacji technologicznych.

Współczynnik wykorzystania czasu pracy K_r wynosi od 55% do 60%. Współczynnik sprawności operatora K_o wyniósł odpowiednio 98% i 97%.

Koszty jednostkowe kształtują się w granicach 25–30 zł/m³ (tabela 2).

Tab. 2. Koszty jednostkowe

Table 2. Unit costs

PONSSE Ergo	Koszty jednostkowe [zł/m ³]
Trzebież III klasy wieku	28,94
Trzebież IV klasy wieku	30,51
Zrąb zupełny	25,67

Najwyższe zanotowano dla trzebieży IV klasy wieku. Jest to ściśle związane z uzyskiwaną wydajnością pracy. Porównując uzyskane wyniki z danymi literaturowymi (Moskalik 2004), zauważyć należy, że są one dosyć wysokie. Z pewnością jest to spowodowane wyżej wymienianymi przyczynami. Podniesienie kwalifikacji operatora harwestera, lepsza organizacja pracy powinny znacząco podnieść efektywność pracy maszyny.

Możemy założyć z dużym prawdopodobieństwem, że leśnictwo w przyszłości będzie napotykało problemy związane z zagadnieniami gospodarczymi. Z jednej strony stale zwiększają się koszty produkcji i pozyskiwania drewna, z drugiej zaś w związku z ogólnymi trendami należy spodziewać się zahamowania wzrostu cen surowca drzewnego. Taka sytuacja wymaga zwiększenia wydajności, co przy pracy pilarką może być trudne do realizacji. Podniesienie rentowności prac pozyskaniowo-zrywkowych można uzyskać poprzez jej mechanizację. Pamiętać jednakże należy, iż wprowadzenie do lasu wysoko wydajnych maszyn związane jest z zapewnieniem im odpowiedniego frontu robót, konieczne jest również odpowiednie planowanie prac.

Przeprowadzenie kalkulacji kosztów pracy stosowanych maszyn i urządzeń pozwala na wstępie odrzucić warianty niekorzystne ekonomicznie [Glazar, Wojtkowiak 2009].

Przeprowadzone badania, jak również literatura przedmiotu wskazują, że można efektywnie prowadzić maszynowe pozyskiwanie drewna w drzewostanach sosnowych. Operacje technologiczne powinny być realizowane za pomocą harwesterów przede wszystkim z klasy średnich w trzebieżach i większych w drzewostanach rębnych. Szerokość szlaków operacyjnych nie powinna przekraczać 3,5–4,0 m, przy około 20-metrowej odległości między nimi.

Wnioski

1. Największą wydajność pracy w czasie zmiany roboczej (8 h) harwester PONSE Ergo uzyskiwał na zrębie zupełnym, wynoszącą 144 m³. Na powierzchniach trzebieżowych wydajność była niższa i kształtowała się w granicach 68 do 90 m³. Różnice wydajności spowodowane były przede wszystkim większą ilością czasu poświęconego na przejazdy technologiczne oraz liczbą i miąższością ścinanych drzew z jednego stanowiska. Na zmniejszenie wydajności wpływa również konieczność wyróbki surowca liściastego (Db i Brz).
2. Współczynniki wykorzystania czasu pracy (55% do 60%) na wszystkich powierzchniach były podobne. Współczynnik ten nie jest wysoki i wynika głównie z udziału czasów efektywnych w strukturze dnia roboczego.
3. Pracę badanej maszyny w świetle danych literaturowych ocenić można jako mało efektywną. Najlepsze rezultaty daje stosowanie harwesterów na zrębach zupełnych.
4. Maszynowe pozyskanie drewna w Polsce będzie się rozwijać i badania wykorzystania maszyn wielooperacyjnych przy pozyskiwaniu drewna w różnych warunkach siedliskowych i drzewostanowych należy kontynuować.

Literatura

- Glazar K., Wojtkowiak R. 2009. Koszty Pracy Maszyn Leśnych. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych.
- Kapral J. 2004. Nowe techniki i technologie leśne przyjazne środowisku. Biblioteczka leśniczego. Zeszyt 208.
- Moskalik T. 2002. Rozwój technik i technologii maszynowego pozyskiwania drewna. Sylwan 11: 103–109.
- Moskalik T. 2004. Model maszynowego pozyskania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Sadowski J., Moskalik T., Nowacka W. 2011. Fully-mechanized and manual mechanized timber harvesting in thinning pine stands. W *Technology and Ergonomics in the Service of Modern Forestry*. Wydawnictwo Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, s. 281–288.
- Suwała M. 2006. Nowe techniki i technologie leśne w pozyskiwaniu drewna przyjazne środowisku. Biblioteczka leśniczego. Zeszyt 232.
- Więsik J. 2008. Badania wysokowydajnych maszyn do pozyskiwania drewna prowadzone w Zakładzie Mechanizacji Leśnictwa SGGW. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 1 (99).

Jarosław Sadowski, Tadeusz Moskalik, Dariusz Zastocki
Katedra Użytkowania Lasu
Wydział Leśny
SGGW w Warszawie