

GRZEGORZ SZEWCZYK, DARIUSZ KULAK

## Kosztocłonność pozyskania drewna harvesterem w drzewostanach przebudowywanych z zastosowaniem cięć częściowych

Cost effectiveness of timber harvest with a harvester in the stands rebuilt under the shelterwood system

### ABSTRACT

Szewczyk G., Kulak D. 2013. Kosztocłonność pozyskania drewna harvesterem w drzewostanach przebudowywanych z zastosowaniem cięć częściowych. Sylwan 157 (4): 243-252.

Paper presents the results of research on the productivity and economic effectiveness of timber harvesting in stands managed under complex cutting systems. Use of the operating time of a work-shift, including wood processing, loads preparation for skidding and changes at work sites, was low and amounted to 0.62. The main categories of the operating time were delimiting (45%) and travelling (31%). The unit costs of work of a harvester in the analysed stands were higher amounting to 69 PLN/m<sup>3</sup> for eight-hour shifts and 110 working days a year, and 40 PLN/m<sup>3</sup> for sixteen-hour shifts compared to the work of the saw operator (32 PLN/m<sup>3</sup> for the eight-hour shift).

### KEY WORDS

timber harvest, felling, cost, productivity

### ADDRESSES

Grzegorz Szewczyk – e-mail: rlszewcz@cyf-kr.edu.pl

Dariusz Kulak – e-mail: rlkulak@cyf-kr.edu.pl

Katedra Użytkowania Lasu i Drewna; Uniwersytet Rolniczy w Krakowie; Al. 29 Listopada 46; 31-425 Kraków

### Wstęp

W warunkach gospodarczych polskiego leśnictwa wprowadzenie maszynowego modelu pozyskiwania drewna napotyka na duże trudności. Taki stan rzeczy uwarunkowany jest wieloma przyczynami, wśród których wymienia się przede wszystkim relatywnie niski koszt pracy ludzkiej oraz niedoinwestowanie podmiotów gospodarczych realizujących zlecenia na rzecz Lasów Państwowych. Wobec dużej konkurencji na rynku usług leśnych, stosowanie metod pracy cechujących się niskimi kosztami jednostkowymi jest największym atutem firm realizujących pozyskanie drewna. Celowe byłoby szersze wprowadzanie technologii pozyskiwania drewna bazujących na ciągnikach nasiębiernych i maszynach wielooperacyjnych. Stosowanie takich maszyn związane jest ze stosunkowo niską uciążliwością dla środowiska oraz komfortem na stanowisku pracy [Giefing 1994], co również stanowi argument za ich szerszym wdrażaniem. Wprawdzie w sektorze usług leśnych dominują w Polsce małe firmy o ograniczonych możliwościach finansowych [Kocel 2003] i nieposiadające wysokowydajnych lecz bardzo drogich maszyn do pozyskiwania drewna, jednak i tak liczba harwesterów wzrosła od 2000 roku kilkunastokrotnie i kształtuje się obecnie na poziomie około 170 [Sowa 2009].

Celem badań było określenie struktury dnia roboczego oraz wydajności i kosztów pozyskania drewna za pomocą harwestera Silvatec 8266 TH Sleipner. Uzyskane wyniki porównano z kosztami pracy w technice ręczno-maszynowej.

## Materiał i metody

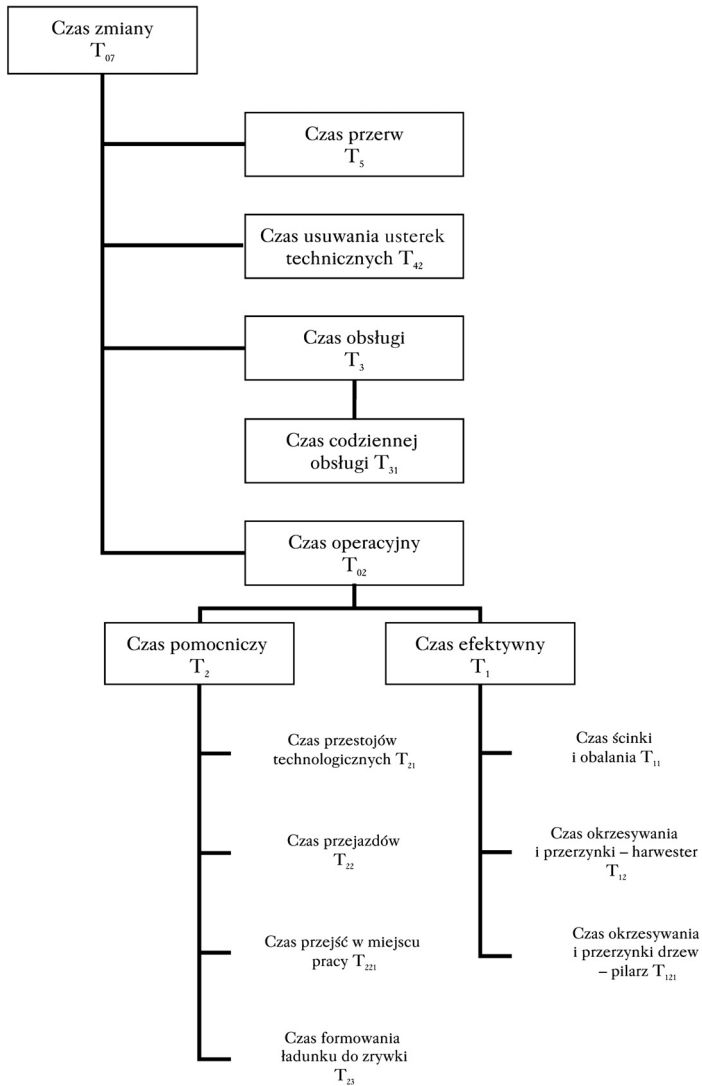
Badania przeprowadzono w założonych na gruntach porolnych 58-letnich drzewostanach sosnowych z podrostami jodłowymi, przebudowywanych z zastosowaniem cięć częściowych nawiązujących do rębni stopniowej gniazdowej udoskonalonej na terenie Nadleśnictwa Gorlice RDLP w Krakowie. Średnia miąższość jednego drzewa wynosiła 0,41 m<sup>3</sup> (przy średniej pierśnicy 26 cm i wysokości 18 m), natomiast zasobność kształtowała się na poziomie 165 m<sup>3</sup>/ha. Sosny o niskiej jakości (klasa jakości drewna wielkowymiarowego WC i WD) charakteryzowały się szerokimi koronami (przeciętna średnica 6 m) i, w związku ze wzrostem na żyznym siedlisku w dobrych warunkach świetlnych i przy słabym zwarciu (przerzywane), były mocno ugałęzione. Analizowane drzewostany były w założeniu prowadzone rębnią częściową wielkopowierzchniową IIa. W opisywanych drzewostanach wykonano jedno cięcie w okresie przygotowawczym, po którym wprowadzono jodłę na całej powierzchni wydzielenia, co w efekcie doprowadziło do wykształcenia jednowiekowych i jednopiętrowych podrostów. Śniegołomy, które pojawiły się na badanych powierzchniach w 2003 roku, spowodowały punktowe rozluźnienie drzewostanu sosnowego. Połamane drzewa zostały ścięte, a pozyskany surowiec zerwano do składnic przyrębowych nie-regularną siecią szlaków zrywkowych nawiązującą do istniejących luk w drzewostanie i miejsc koncentracji szkód. W trakcie prac rębnych usuwano drzewa ze środka gniazd (ośrodków odnowieniowych), tak by uzyskać ich ekscentryczne poszerzenie na zasadniczym kierunku wschód-zachód.

Pozyskanie drewna prowadzono z zastosowaniem harwestera Silvatec 8266 TH Sleipner o masie 17 ton, szerokości 2,6 m i zasięgu żurawia 8,3 m. Promień skrętu maszyny wynosił 7,5 m. Harvester poruszał się po szlakach zrywkowych w części wyznaczonych na etapie wcześniejszych cięć, poszerzonych do około 3,5 m. Szlaki te okalały wykształcające się jodłowe stożki odnowieniowe. Dodatkowo zostały wytyczone nowe szlaki o prostoliniowym przebiegu dzielące zwarte fragmenty jedlin. W ten sposób harvester pracował w układzie przestrzennym szlaków jak w mieszanym modelu udostępnienia drzewostanów w technologiach na ręczno-maszynowym i półautomatycznym poziomie techniki [Rzadkowski 2000]. System udostępnienia drzewostanu wykorzystywał niewielkie luki i podkreślał zarys wykształconych stożków odnowieniowych, a maksymalnie 20-metrowy odstęp między szlakami (wynikający z szerokości kęp odnowienia) umożliwiał bezpośredni dostęp głowicy do odziomków ścinanych drzew. Po ścinie i okrzesanu drewno manipulowane było na kłody o długościach 5 i 7 m. Podczas wyróbki surowiec był częściowo sortowany według otrzymanych długości.

Podczas prac pozyskaniowych wykonano chronometraż pełnych trzech zmian roboczych harwestera za pomocą rejestratorów PSION z oprogramowaniem Timing [Sowa i in. 2009]. Dokładność pomiarów czasu wynosiła 1 s. Rejestrowany w trakcie badań czas trwania poszczególnych czynności zaliczano do określonych kategorii przyjętych za BN-76/9195-01 w Krajowym Systemie Maszyn Leśnych [Botwin 1993; Laurow 1994; Glazar, Wojtkowiak 2009; Szewczyk 2011]. Schemat klasyfikacji czasu pracy oraz przyjętych oznaczeń zamieszczono na rycinie 1. Po zakończeniu prac pomierzono wyrobione kłody i obliczono miąższość pozyskanego drewna.

Przyjęto, że efektywność ekonomiczna analizowanych stanowisk zostanie obliczona w operacyjnym czasie pracy w oparciu o wzór:

$$K_j = \frac{K_e}{W} \quad [1]$$



Ryc. 1.

Klasyfikacja czasu pracy  
Classification of operating time

gdzie:

$K_j$  – koszt jednostkowy [zł/m<sup>3</sup>],

$K_e$  – koszt eksploatacji [zł/h],

$W$  – wydajność w operacyjnym czasie pracy  $T_{02}$  [m<sup>3</sup>].

W przypadku harwestera wydajność pracy została obliczona dla danych empirycznych z trzech zmian roboczych. Istotność różnic struktury czasów roboczych obserwowanych w poszczególnych dniach testowano metodą analizy wariancji. Dla pilarza przyjęto wydajność według Katalogów Norm Czasu dla Prac Leśnych – wyrób drewna wielkowymiarowego o grubości

ponad 24 cm w trzecim stopniu trudności pozyskania na terenach wyżynnych i górskich (rębnie częściowe i gniazdowe z ochroną nalotów i podrostów na wysokości do 800 m n.p.m.).

Koszty eksploatacyjne harwestera  $K_e$  obliczono z uwzględnieniem kosztów amortyzacji, obsługi zaciągniętego kredytu, paliw i smarów, napraw oraz płac (wzory 3-7), natomiast w przypadku stanowiska pracy pilarka wzięto pod uwagę tylko koszty amortyzacji, napraw, płac oraz paliw i smarów (wzory 3, 5, 6, 7) [Suwała 1998; Zychowicz 1998; Suwała, Rzadkowski 2001; Sowa i in. 2007; Glazar, Wojtkowiak 2009; Sowa i in. 2011]. Dane przyjęte do kalkulacji kosztów zestawiono w tabeli 1.

$$K_e = K_a + K_k + K_p + K_n + K_{pt} \quad [2]$$

gdzie:

- $K_a$  – koszt amortyzacji [zł/h],
- $K_k$  – koszt obsługi zaciągniętego kredytu [zł/h],
- $K_p$  – koszt paliwa i smarów harwestera [zł/h],
- $K_n$  – koszt napraw [zł/h],
- $K_{pt}$  – koszt płac [zł/h].

$$K_a = \frac{C_z}{T \cdot H} \quad [3]$$

gdzie:

- $C_z$  – cena zakupu maszyny [zł],
- $T$  – okres użytkowania [lata],
- $H$  – czas użytkowania w roku [h].

$$K_k = \frac{C_z \cdot k}{H} \quad [4]$$

gdzie:

- $k$  – stopa oprocentowania kredytu [%].

$$K_p = (1+n) \cdot Z_p \cdot C_p \quad [5]$$

gdzie:

- $n$  – wskaźnik kosztów zużytych olejów i smarów w stosunku do kosztów zużytego paliwa [%],

**Tabela 1.**

Przyjęte dane liczbowe do kalkulacji kosztów

Figures used for cost calculation

Wyszczególnienie	Pilarka HQV 357XP	Harvester Silvatec Sleipner
Cena zakupu ( $C_z$ ) [zł]	2979	1 200 000
Okres eksploatacji ( $T$ ) [lata]	2	7
Szacowany czas użytkowania w roku ( $H$ ) [h]	1300	1900 (12 h/zmianę) / 2500 (16 h/zmianę)
Stopa oprocentowania kredytu ( $k$ ) [%]	–	13
Cena paliwa ( $C_p$ ) [zł/dm <sup>3</sup> ]	5,6	5,8
Cena oleju ( $C_o$ ) [zł/dm <sup>3</sup> ]	13	–
Zużycie paliwa ( $Z_p$ ) [dm <sup>3</sup> /h]	0,7	13
Wskaźnik kosztów zużytych olejów i smarów ( $n$ ) [%]	60	12
Wskaźnik kosztów napraw ( $i$ ) [%]	20	100
Stawka płacy netto ( $c$ ) [zł/h]	15	20
Wskaźnik narzutów na płace ( $\beta$ ) [zł]	48	48

$Z_p$  – zużycie paliwa [ $\text{dm}^3/\text{h}$ ],  
 $C_p$  – cena paliwa [ $\text{zł}/\text{dm}^3$ ].

$$K_n = \frac{C_z \cdot i}{T \cdot H} \quad [6]$$

gdzie:

$i$  – wskaźnik kosztów napraw [%].

$$K_{pt} = c \cdot (1 + \beta) \quad [7]$$

gdzie:

$c$  – stawka płacy netto [ $\text{zł}/\text{h}$ ],

$\beta$  – wskaźnik narzutów na płace [%].

## Wyniki i dyskusja

Na podstawie przyjętych założeń koszty eksploatacji maszyn stosowanych w analizowanych procesach skalkulowano na 35,30 zł/h w przypadku pilarki spalinowej i 290,43 zł/h w przypadku harwestera. W strukturze kosztów pracy pilarka dominują koszty zmienne (tab. 2). Stanowią one około 97% wszystkich kosztów. Wynika z tego, iż wydłużanie czasu trwania zmiany roboczej nie spowoduje znaczącego obniżenia kosztów ponoszonych na tym stanowisku roboczym. Przykładowo praca na 1,5 zmiany (12 godz. dziennie) spowoduje obniżenie kosztów eksploatacji do poziomu 34,66 zł/h. Odmiennie przedstawia się struktura kosztów pozyskiwania drewna harvesterem. Udział kosztów zmiennych w ogólnych kosztach eksploatacji wzrośnie od 55% przy zmianie 12-godzinnej do 65% przy zmianach o łącznej długości 16 godzin. Praca w systemie kilkunastogodzinnej spowoduje spadek kosztów eksploatacyjnych o około 15% do poziomu 182,62 zł/h.

W kategoriach czasów związanych bezpośrednio z wykonywaniem czynności roboczych zwraca uwagę czas okrzesywania  $T_{12}$ , którego udział w zmianie roboczej wyniósł 21% (ryc. 2). Tak wysoka wartość koresponduje z długim jednostkowym czasem okrzesywania, który wyniósł 60 s/drzewo. Jest to ponad 30% więcej w porównaniu z wartościami odnotowanymi przez innych badaczy w drzewostanach zbliżonych co do średniej miąższości pozyskiwanych drzew. Średni czas ścinki i obalania  $T_{11}$  wyniósł w analizowanym doświadczeniu 25 s/drzewo, co jest o ponad 40% większą wartością niż dane dla podobnych wiekowo i miąższościowo drzewostanów sosnowych. Udział czasu przejazdów  $T_{22}$  wyniósł 12%, co nie oddaje w pełni długości trwania zmiany stanowiska pracy, która wyniosła 36 sekund. W porównaniu z obserwowanymi w trzebieżach kilkunastosekundowymi wartościami czas ten jest większy o kilkaset procent [Moskalik 2004].

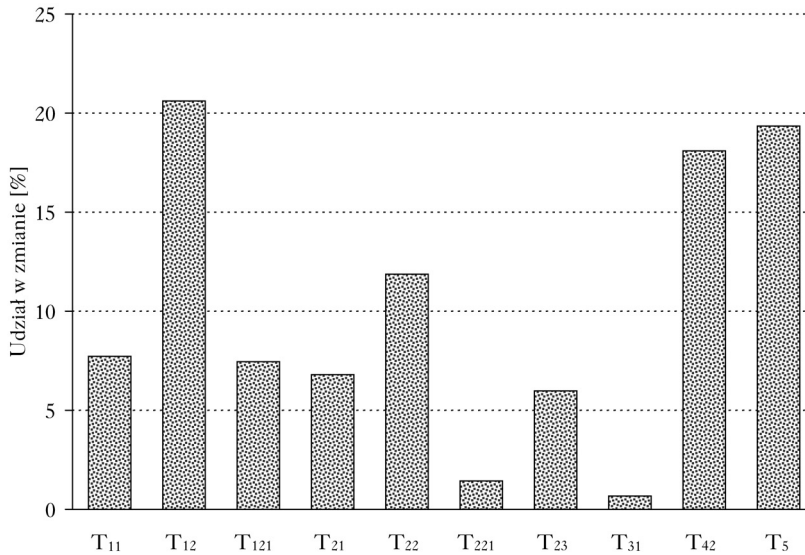
**Tabela 2.**

Struktura kosztów godzinowych analizowanych maszyn  
 Structure of hourly costs of the analysed machines

Pozycja kosztów [zł/h]	Pilarka HQV 372XP (zmiana 8h)	Harvester Silvatec Slepner	
		zmiana 12 h	zmiana 16h
Amortyzacja	1,15	90,22	65,57
Koszty kredytu	–	41,05	31,20
Razem koszty stałe	1,15	131,27	96,77
Paliwa i smary	11,72	84,45	84,45
Naprawy	0,23	45,11	68,57
Płace	22,2	29,60	29,60
Razem koszty zmienne	34,15	159,16	182,62

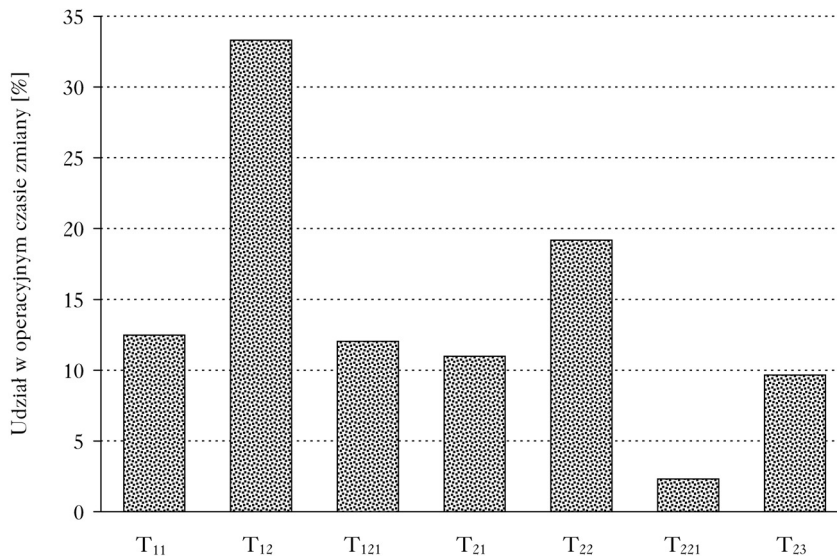
Opisane prawidłowości i pokażny udział czasu usuwania usterek technicznych  $T_{42}$  świadczą o trudnościach pracy maszyn w drzewostanach zróżnicowanych przestrzennie i wiekowo.

Struktura operacyjnego czasu pracy (ryc. 3) zachowuje opisane trendy, jednak z uwagi na wyłączenie z natury niestabilnych czasów obsługi i przerw uwypukla powyższe prawidłowości. Największy udział w czasie operacyjnym w analizowanych drzewostanach miały czasy okrzesy-



Ryc. 2.

Struktura czasu zmiany roboczej harwestera  
Structure of a work-shift of a harvester



Ryc. 3.

Struktura operacyjnego czasu zmiany roboczej harwestera  
Structure of operating time of a work-shift of a harvester

wania (33%) i przejazdów (19%). Długości czasu okrzesywania poszczególnych drzew w trzech analizowanych zmianach roboczych cechował duży poziom zmienności ( $V\%=0,92$ ). Tak wysoka zmienność związana była z trudnościami przesuwu głowicy harwestera wzdłuż silnie ugałęzionych drzew przy ich okrzesywaniu. Niejednokrotnie konieczne było również stopniowe wyciąganie dłużycy ze stożków odnowieniowych, które wydłużało znacznie czas okrzesywania. Przeprowadzona analiza wariancji wykazała jednak brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy długością czasów okrzesywania w analizowanych zmianach roboczych ( $F=2,34$ ;  $p=0,05$ ). Z tego względu zdecydowano się na łączne rozpatrywanie danych pomiarowych z poszczególnych dni. Bardziej stabilny był czas ścinki i obalania  $T_{11}$  ( $V\%=0,7$ ), dzięki czemu opracowano równanie opisujące zależność miąższości pozyskanego drewna od czasu tych operacji ( $r=0,95$ ;  $p=0,05$ ):

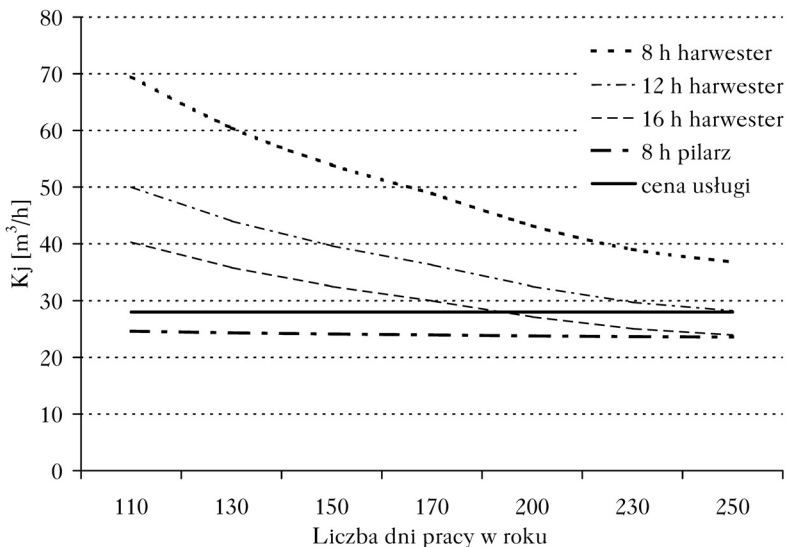
$$v = -1,4161 + 0,0154 \cdot t$$

gdzie:

- $v$  – miąższość pozyskanego drewna [ $m^3$ ],  
 $t$  – czas  $T_{11}$  [s].

Wydajność pracy pilarsza ustalono na podstawie danych tabelarycznych na poziomie  $1,1 m^3/h$  operacyjnego czasu pracy. Wydajność pracy harwestera obliczona na podstawie terenowych badań chronometrycznych wyniosła  $10,25 m^3/h$  czasu operacyjnego.

Jednostkowe koszty pozyskiwania drewna harvesterem i przez pilarsza w analizowanych drzewostanach w zależności od liczby godzin pracy w ciągu dnia roboczego oraz liczby dni roboczych w roku są bardzo zróżnicowane (ryc. 4). Wahają się w przypadku pozyskania maszynowego od 24 do 69  $zł/m^3$  oraz od 32 do 69  $zł/m^3$  w przypadku pracy pilarsza. Wydłużanie zmiany roboczej oraz zwiększanie liczby dni pracy w roku skutkuje istotnym obniżeniem kosztów jednostkowych maszynowego pozyskania drewna (ryc. 4). W analizowanych warunkach praca na dwie zmiany (16 h) przez 250 dni w roku spowoduje obniżkę kosztów jednostkowych o ponad

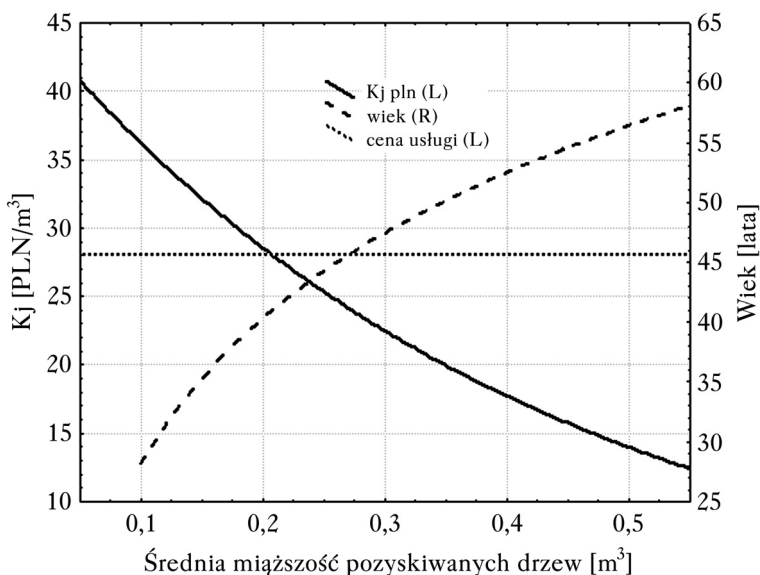


Ryc. 4.

Koszty jednostkowe pracy harwestera  
 Unit costs of operation of a harvester

200% w porównaniu z pracą na jedną zmianę (8 h) przez 110 dni w roku. Zatem efektywność stosowania tego typu środków technicznych uzależniona jest od takiej organizacji pracy, która zapewnia maszynie maksymalne jej wykorzystanie. Warto zauważyć, że wydłużanie dnia roboczego przez możliwość korzystniejszego zagospodarowania czasu zmiany powinno spowodować lepsze jego wykorzystanie i co za tym idzie można oczekiwać zmniejszenia kosztów realizacji zadań nawet o kilkanaście procent [Nurek 2008]. W przeciwieństwie do opisywanej sytuacji pozostaje pozyskiwanie drewna na ręczno-maszynowym poziomie zmechanizowania (pilarz), gdzie koszty jednostkowe utrzymują się praktycznie na niezmiennym poziomie, niezależnie od wydłużania zmiany roboczej. Aktualne stawki oferowane za pozyskanie drewna (bez zrywki) przez Lasy Państwowe w analizowanych drzewostanach wynoszą 28 zł/m<sup>3</sup> i nie zależą od stosowanej technologii pozyskiwania. Jak wynika z danych przedstawionych na rycinie 4, próg rentowności wyznacza pozyskanie harvesterem na dwie zmiany robocze przynajmniej przez 170 dni w roku lub przy zmianie 12-godzinnej przez 250 dni w roku. Pozyskanie drewna przez pilarza jest w każdym przypadku nieekonomiczne. Ponieważ trudno jest mówić o wyraźnym zwiększeniu wydajności pracy w ciężkich warunkach pozyskiwania w terenach górskich i w drzewostanach zróżnicowanych przestrzennie i wiekowo, należałoby rozważyć możliwość podniesienia stawek za pozyskanie drewna, tak by można było uzyskać właściwą rentowność.

Od wieku 50 lat przyrost miąższości sosen w warunkach opisywanych w doświadczeniu nie jest tak intensywny jak wcześniej [Jaworski 2004]. Według Moskalika [2004] koszty jednostkowe pozyskiwania drewna harvesterem w zbliżonych do analizowanych w doświadczeniu warunkach maleją wykładniczo wraz ze wzrostem miąższości grubizny pozyskiwanych drzew (ryc. 5). Po uwzględnieniu aktualnej stawki za pozyskanie w wysokości 28 zł/m<sup>3</sup> widać, że rentowność można osiągnąć przy miąższości grubizny pojedynczego drzewa na poziomie 0,2 m<sup>3</sup>. Taką miąższość osiągają sosny w wieku około 40 lat. Od tego wieku można by mówić o rentowności pozyskania maszynowego. W opisywanym doświadczeniu cięcia zostały spóźnione



Ryc. 5.

Zależność kosztów jednostkowych oraz wieku drzew od ich średniej miąższości  
Dependence of unit costs and age of trees on their mean volume



o 15 lat, co skutkowało osiągnięciem przez podrosty jodłowe maksymalnej wysokości około 5 m. W rezultacie utrudniło to prowadzenie prac pozyskaniowych i wpłynęło na obniżenie wydajności.

## Wnioski

- ✦ Koszty eksploatacji harwestera w analizowanych drzewostanach wyniosły 290 zł/h. Dominujące były koszty zmienne, których udział rósł wraz ze zwiększaniem liczby godzin pracy w ciągu roku.
- ✦ Koszty jednostkowe harwestera i pilarsza są bardzo zróżnicowane w zależności od liczby godzin pracy w roku.
- ✦ Wydłużanie zmiany roboczej oraz zwiększanie liczby dni pracy w roku skutkuje istotnym obniżeniem kosztów jednostkowych maszynowego pozyskania drewna. W analizowanych warunkach praca na dwie zmiany przez 250 dni w roku spowoduje obniżkę kosztów jednostkowych o ponad 200% w porównaniu z pracą na jedną zmianę przez 110 dni w roku.
- ✦ Przy uwzględnieniu aktualnej stawki za pozyskanie próg rentowności pozyskiwania drewna harvesterem ustalono przy pracy dwuzmianowej przez 170 dni w roku oraz miąższości grubizny pojedynczego drzewa powyżej 0,2 m<sup>3</sup>, którą w analizowanych drzewostanach osiąga się w wieku około 40 lat.
- ✦ Przy planowaniu zabiegów hodowlanych powinno się brać pod uwagę rentowność możliwych do zastosowania rozwiązań technologicznych, w szczególności ustalony wiekiem drzewostanów próg rentowności pozyskiwania drewna.

## Literatura

- Botwin M. 1993. Podstawy użytkowania maszyn leśnych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa. 9-26.
- Giefing D. F. 1994. Ciągniki rolnicze w procesie pozyskiwania drewna. PTRiL 10: 22-23.
- Glazar K., Wojtkowiak R. 2009. Koszty pracy maszyn leśnych. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych. Poznań.
- Jaworski A. 1990. Hodowla lasu. Rębnie, zasady projektowania upraw. Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Jaworski A. 1994. Hodowla lasu. Wymagania siedliskowe ważniejszych gatunków drzew leśnych oraz zasady ich odnawiania. Akademia Rolnicza w Krakowie.
- Jaworski A. 2004. Podstawy przyrostowe i ekologiczne odnawiania oraz pielęgnacji drzewostanów. PWRiL, Warszawa.
- Kocel J. 2003. Sektor usług leśnych – stopień i zakres przemian, instrumenty wspierania oraz rola sektora w łagodzeniu bezrobocia. IBL, Warszawa.
- Laurow Z. 1994. Pozyskiwanie drewna i podstawowe wiadomości o jego przerobie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Moskalik T. 2004. Model maszynowego pozyskiwania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Nurek T. 2005. Badania organizacji pracy nowoczesnych maszyn do pozyskiwania drewna – model matematyczny. Procesy produkcyjne w leśnictwie – technika, technologia, organizacja. Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Inżynierii Produkcji. Warszawa. 63-73.
- Nurek T. 2008. Analiza wpływu długości dnia roboczego na wyniki ekonomiczne pracy maszyn leśnych. Inżynieria Rolnicza 99 (1): 325-331.
- Rzadkowski S. 2000. Poradnik użytkownika lasu. Technologia i technika pozyskiwania i transportu drewna. Wydawnictwo Świat, Warszawa.
- Sowa J. M. 2009. Współczesne pozytywki z lasu. Leśnictwo w górach i regionach przemysłowych. Wydawnictwo UR w Krakowie. 129-152.
- Sowa J. M., Grzebieniowski W., Długosiewicz L. 2011. The effects of selected timber on the actual profitability of the performed service. Technology and ergonomics in the service of modern forestry. Kraków. 351-362.
- Sowa J. M., Kulak D., Szewczyk G. 2007. Costs and efficiency of timber harvesting by NIAB 5-15 processor mounted on a farm tractor (p.177-184). Croatian Journal of Forest Engineering 28 (2).
- Sowa J. M., Szewczyk G., Stańczykiewicz A., Grzebieniowski W. 2009. Pracochłonność pozyskiwania drewna w drzewostanach ze śniegołomami. Leśne Prace Badawcze 70 (4): 429-434.
- Suwała M. 1998. Koszty pracy wybranych środków do pozyskiwania drewna. Sylwan 142 (11): 27-36.
- Suwała M., Rzadkowski S. 2001. Wydajność pracy, koszty i uszkodzenia drzew przy pozyskiwaniu drewna w trzebieżach drzewostanów górskich. Prace IBL, ser. A 1 (911): 85-111.
- Szewczyk G. 2011. Czasochłonność zrywki drewna wyciagarkami zagregowanymi z pilarkami spalinowymi w drzewostanach trzebieżowych. Sylwan 155 (6): 401-412.

Weick J. 1955. Forstliche Zuwachs- und Ertragskunde. Radebeul, Neuman Verlag.

Zychowicz W. 1998. Metoda obliczania kosztów eksploatacji maszyn leśnych. Mat. Symp. Efekty stosowania maszyn o dużej wydajności, przyjaznych dla środowiska w lasach polskich. Warszawa.

## SUMMARY

### Cost effectiveness of timber harvest with a harvester in the stands rebuilt under the shelterwood system

The studies concerned the productivity and economic effectiveness of timber harvesting using the Silvatec Sleipner harvester. Measurements were taken in pine stands with fir undergrowth being rebuilt by applying partial cutting related to modified irregular shelterwood-group system. A continuous time study was conducted during harvesting using a work-day inventory. After the completion of felling, the volume of harvested timber was measured. The productivity of timber harvesting was calculated in the operating time. Comparative calculations were also made to measure the economic effectiveness of the operation, using a chainsaw, which is a standard method in such stands.

The level of the use of the operating time of a work-shift, including wood processing, the time of preparing loads for skidding and of changes at work sites, was low and amounted to 0.62. The main categories of the operating time were delimiting (45%) and travelling (31%) times. The regression equation was approximated for predicting the efficiency of the harvester based on the length of tree cutting time. The unit costs of work of a harvester in the analysed stands were higher amounting to 69 PLN/m<sup>3</sup> for eight-hour shifts and 110 working days a year, and 40 PLN/m<sup>3</sup> for sixteen-hour shifts compared to the work of the saw operator (32 PLN/m<sup>3</sup> for the eight-hour shift).