

GRZEGORZ SZEWCZYK

Czasochłonność zrywki drewna wyciągarkami zagregowanymi z pilarkami spalinowymi w drzewostanach trzebieżowych*

Time consumption of skidding operations using winches aggregated with chainsaws in thinned stands

ABSTRACT

Szewczyk G. 2011. Czasochłonność zrywki drewna wyciągarkami zagregowanymi z pilarkami spalinowymi w drzewostanach trzebieżowych. Sylwan 155 (6): 401-412.

The paper presents a time consumption assessment model (*EST*) of skidding operations using winches aggregated with chainsaws in thinned stands taking into consideration environmental factors, work-day structure elements and harvested timber volume. Differences in time consumption levels were found between early and late thinning operations. The strongest correlation between the *EST* and the analysed variables was observed for the share of the waiting time for a chainsaw operator to release logs and the category of thinning.

KEY WORDS

skidding, time consumption, work time, work-day structure

ADDRESSES

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

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

Wstęp

Zrywka drewna z powierzchni manipulacyjnej do szlaku zrywkowego jest z pewnością niewralgiczną operacją przemieszczania wyrobionego surowca od miejsca ścinki do składnicy. Wpływają na to trudne warunki wewnątrz drzewostanów i co za tym idzie niska efektywność możliwych do zastosowania środków technicznych. Poszukiwania relatywnie wydajnych urządzeń skutkowały prowadzeniem w ostatnich latach badań z zakresu możliwości wykorzystania lekkich wciągarek zagregowanych z pilarkami spalinowymi [Giefing, Klentak 1999]. Gornowicz [1989] wspomina, że w warunkach niemieckich takie rozwiązania technologiczne były z powodzeniem stosowane już w latach osiemdziesiątych XX wieku. W Polsce urządzenia te pojawiły się w latach dziewięćdziesiątych w specjalistycznych firmach oferujących sprzęt dla leśnictwa – Multi FKS czy Multi – KBF-CABLE WINCH.

Zasadniczym czynnikiem wpływającym na stosunkowo niską wydajność omawianych urządzeń jest ich niewielka moc, co w połączeniu z dużymi oporami wleczanego surowca skutkuje niską miąższością drewna transportowanego w jednorazowym cyklu zrywkowym [Giefing, Gackowski 2001]. Pilotażowy charakter badań opisywanego rozwiązania technologicznego mógł sprawić, że obserwowana wydajność pracy daleka była od maksymalnej czy nawet optymalnej.

* Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2009 jako projekt badawczy N N309 4246 33

Jak podkreślali różni autorzy, specyfika operowania tym urządzeniem wymaga odpowiedniej wprawy obsługujących go robotników [Giefing, Gackowski 2001; Sowa, Stańczykiewicz 2003]. Kolejnym problemem jest sterowanie wciągarką, które jest prowadzone w sposób ręczny przez ciągnio przyspiesznika pilarki. W takiej sytuacji szczególnie widoczne są straty czasu polegające na częstych przejściach do czoł zakleszczonych podczas zrywki sztuk drewna. Ze względów technicznych niemożliwe jest jednak użycie sterowania radiowego, wydatnie podnoszącego wydajność pracy [Rzadkowski 1989].

Większość prac badawczych traktuje problem aproksymacji czasochłonności (wydajności) na stanowiskach roboczych czy w ramach całych technologii pozyskiwania drewna na płaszczyźnie interakcji pomiędzy miąższością ładunków surowca i wybraną kategorią efektywnego czasu pracy. Uproszczenie proponowanych modeli polega na rozdzieleniu wpływu poszczególnych czynników na szacowaną zmienną i braku możliwości oceny ich łącznego oddziaływania. Korzystne jest z całą pewnością określenie pracochłonności z dużą dokładnością. Cały szereg opracowanych równań wyjaśnia ponad 80% zmienności szacowanej cechy. Jednak dopiero wielokryterialne rozpatrywanie analizowanych zależności pokazuje rzeczywisty obraz zjawiska.

Im szerzej będziemy rozpatrywać czas wytworzenia produktu (czas efektywny, czas operacyjny itd.), tym obiektywniej ocenimy daną technologię. W opisywanych badaniach przyjęto, że wystarczającym poziomem ogólności, umożliwiającym właściwe szacowanie, będzie czas operacyjny. W każdym przypadku kluczowe jest wyekstrahowanie z ogólnej struktury zmiany roboczej kategorii czasu wpływających istotnie na poziom pracochłonności. W ten sposób wskazujemy te czynności, na które należy zwrócić uwagę na etapie optymalizacji zmiany roboczej. Wspomniana współzależność poszczególnych kategorii czasu, obrazująca specyficzne cechy danej technologii, ale oddająca również charakterystyczne identyfikatory drzewostanu, powinna się uzewnętrznić w ich odmiennych udziale procentowym.

Celem pracy było określenie modelu czasochłonności na stanowisku pracy zrywka wciągarką Multi FKS. Modelowanie polegało na aproksymowaniu funkcji matematycznych opisujących zależność:

$$EST_{FKS} = f(\text{cechy związane ze strukturą drzewostanu, elementy struktury dnia roboczego})$$

gdzie:

EST_{FKS} – syntetyczny wskaźnik empirycznej sprawności technologicznej na stanowisku pracy.

Material i metody

Badania przeprowadzono w sosnowych, jodłowych, bukowych i świerkowych drzewostanach trzebieży wczesnych (TW) i późnych (TP). Powierzchnie manipulacyjne objęte badaniami zlokalizowano na terenie RDLP w Krakowie, RDLP w Katowicach oraz w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy (tab. 1).

W wytypowanych pod kątem pełnego zwarcia i jednorodności cech taksacyjnych (pierśnica, wysokość) oraz składu gatunkowego fragmentach lasu założono powierzchnie doświadczalne o wymiarach 50×100 m przylegające dłuższym bokiem do szlaku zrywkowego. Badaniami objęto łącznie 24 powierzchnie, po 3 w wyróżnionych drzewostanach dla każdej kategorii cięć. W ramach każdej powierzchni przeprowadzono pełną inwentaryzację drzewostanu na 32 półorowych powierzchniach kołowych, gdzie pomierzono pierśnicę wszystkich drzew o grubości ≥ 7 cm oraz wysokość w ilości wystarczającej do wykreślenia krzywej wysokości.

W badaniach wykorzystano wciągarkę Multi FKS zagregowaną z pilarką Stihl 064. Drewno pozyskiwano w systemie technologicznym drewna długiego [Laurow 2000]. Analizowana technologia uwzględniała specyfikę pracy wciągarką linową, w której zrywka postępowała po liniach

Tabela 1.

Charakterystyka powierzchni badawczych
Characteristics of research plots

Nadlesnictwo	Lesnictwo	Oddział	Kategoria cięć	Siedliskowy typ lasu	Zadrze- wienie	Zwarcie	Skład gatunkowy	Wiek [lata]	Pierśnica [cm]	Wysokość [m]	Bonitacja	Grubizna [m ³ /ha]
Dąbrowa Tarnowska	Wał Ruda	56 d	TWP	L.Mśw	1,0	Pełne	So	33	14	13	Ia	150
	Wał Ruda	74 a	TPP	BMśw	0,9	Umiarkowane	So	68	27	25	Ia	396
Gorlice	Sękowa	291 a	TWP	LG	0,4	Przerywane	5Jd	60	20	20	I	78
							1Db	60	23	21	I.5	23
							1Jw	60	20	21	I.5	16
							3Db	80	38	23	II	52
							6Jd	53	17	20	I	182
Gorlice	Stróże	125 c	TWP	LWyz	0,7	Pełne	1Md	53	25	23	I	34
							1Db	53	18	20	I	32
							2Jd	63	23	22	I	66
							2Bk	97	40	27	II	57
							1Św	97	37	27	II.5	26
Gorlice	Małastów	258 c	TWP	LG	0,6	Przerywane	1Jd	97	35	27	II	25
							1Bk	57	20	19	I.5	27
							1Brz	57	26	19	II.5	23
							1Bk	72	29	24	I.5	24
							1Jd	72	20	19	III	23
							1Św	72	26	22	II.5	22
							1Brz	72	38	23	II	22
Gorlice	Małastów	357 a	TPP	LG	0,6	Umiarkowane	3Jd	85	26	23	II.5	105
							1Bk	85	34	19	III	39
							2Jd	105	45	27	II	81
							2Św	65	31	25	I	53
							2So	75	37	22	I.5	51

Tabela 1. cd.

Nadleśnictwo	Leśnictwo	Oddział	Kategoria ciężć	Siedliskowy typ lasu	Zadrze- wienie	Zwarcie	Skład gatunkowy	Wiek [lata]	Piersznica [cm]	Wysokość [m]	Bonitacja	Grubizna [m ³ /ha]
Gorlice	Małastów	275 a	TPP	LG	0,9	Umiarkowane	3Jd	70	22	18	III	80
							2Bk	70	24	20	II,5	51
							2Jd	50	12	14	II	71
							1Bk	50	14	16	I,5	24
							1Jd	90	28	19	III,5	24
							1Bk	90	36	23	II,5	23
Sucha	Juszczyń	21 b	TWP	LMG	1,0	Pełne	3Bk	35		6	II	
							2Jd	35		5	I	
							1Św	35	8	9	I	10
							2Św	45	13	14	I	20
							1Bk	45	8	11	II	10
							1Jd	45	10	11	I	10
Sucha	Juszczyń	20 d	TWP	LMG	0,9	Pełne	3Bk	40		10	I,5	
							1Jd	40		8	I	
							1Św	40		12	I	
							2Bk	30	10	5	I,5	10
							2Jd	30		4	I	
							1Jd	50	13	13	I	20
LZD	Tylicz	152 a	TPP	LG	1,1	Umiarkowane	Bk	70	30	26	I	444
							3Św	46	16	17	I	100
							1Jd	46	15	14	I	30
							1Bk	46	14	15	I	20
							3Św	56	23	21	I	100
							1Jd	56	21	19	I	50
Nowy Targ	Stańcowa	244 b	TWP	LMG	1,0	Umiarkowane	1Św	66	28	23	I,5	50
							8Św	56	25	21	I	385
							2Św	71	30	27	I	126
							8Św	56	35	27	I	506
							2Św	71	24	23	I	160
							1Jd	56	21	19	I	50

zbliżonych do prostych. W wyjątkowych przypadkach, przy zablokowaniu dłużycy na przeszkodach terenowych, za pomocą rozbiernego krążka zmieniano kierunek zrywki drewna w drzewostanie. Taki sposób jej prowadzenia wpłynął na wybór głównego kierunku obalania zgodnego z kształtem działek roboczych. Kierunek cięć w tej technologii był skierowany przeciwnie, z wnętrza drzewostanu do szlaku zrywkowego. Zawieszania drzew likwidowano przy użyciu wciągarki, co jednak wymagało synchronizacji działań operatora i pilarza, który musiał czekać na bieżąco na zrzucenie drzew, aby je następnie okrzesać. Operator wciągarki sterował zrywką ze szlaku zrywkowego. Manipulacja następowała na szlaku zrywkowym.

Podczas wykonywania prac zrywkowych prowadzony był chronometraż ciągły czynności metodą fotografii dnia roboczego [Monkielewicz, Czereyski 1971; Sajkiewicz 1981; Laurow 1994]. Do pomiaru czasu wykorzystano komputer PSION Workabout, na którym zainstalowano oryginalne oprogramowanie „Timing” do prowadzenia chronometraży [Sowa, Szewczyk 2005]. Rejestrowany czas trwania poszczególnych czynności zaliczano do określonych kategorii przyjętych za BN-76/9195-01 w Krajowym Systemie Maszyn Leśnych [Botwin 1993; Laurow 1994]. Schemat klasyfikacji czasu oraz przyjętych oznaczeń przedstawiono na rycinie 1.

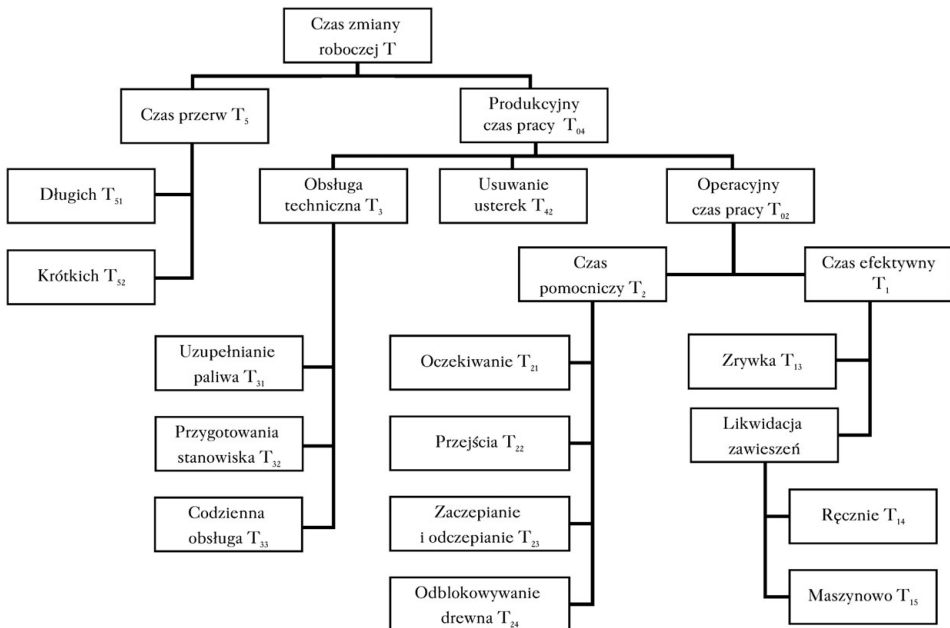
Po zakończeniu prac terenowych odebrano surowiec i obliczono miąższość zerwanego drewna. Przeprowadzono również inwentaryzację pozostałych na powierzchniach kołowych drzew i określono intensywność wyznaczenia trzebieży w układzie ilościowym według wzoru:

$$W_{ssf} = \frac{I}{0,16}$$

gdzie:

W_{ssf} – wskaźnik ilości usuwanych drzew z jednego hektara,

I – ilość drzew usuniętych z powierzchni kołowych.



Ryc. 1.

Klasyfikacja czasu roboczego
Labour time classification

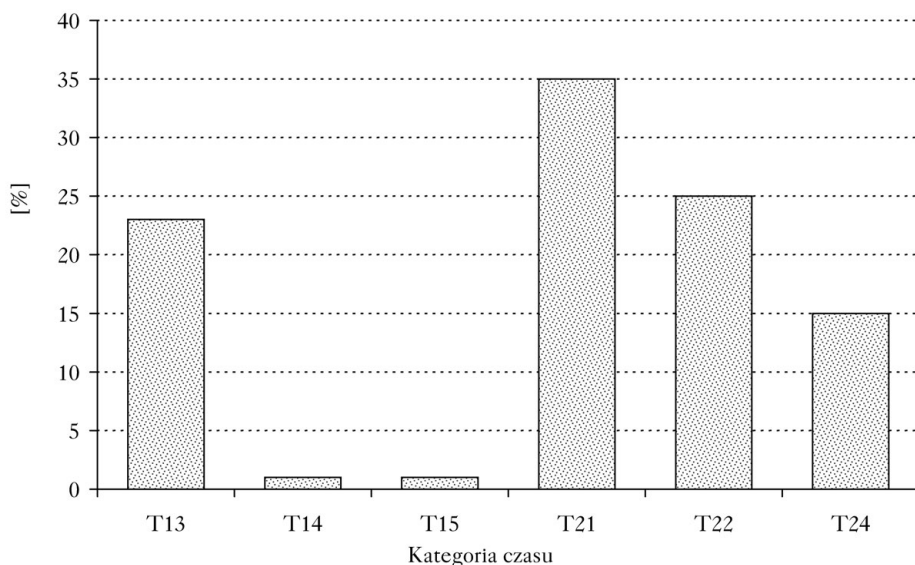
Dla uzyskania czytelniejszych wyników czasochłonność, określoną na podstawie danych empirycznych, obliczono odnosząc pozyskaną miąższość drewna do czasu operacyjnego T_{02} [Giefing, Gackowski 2001].

Analizę różnic średnich wartości czasochłonności w czasie operacyjnym przeprowadzono, wobec zgodności rozkładów obliczonych czasochłonności z rozkładem normalnym i brakiem jednorodności wariancji, testem parametrycznym t-Studenta. Badania zależności czasochłonności obserwowanej na stanowiskach roboczych od cech drzewostanu, wskaźników intensywności cięć, cech surowca drzewnego oraz czynników struktury dnia roboczego przeprowadzono wykorzystując procedury regresji wielokrotnej. Istotność hipotez zerowych ustalano przy poziomie istotności $\alpha=0,05$. Obliczenia wykonano przy pomocy programu Statistica 6 PL.

Wyniki

W grupie efektywnego czasu pracy na omawianym stanowisku dominujący udział miała zrywka T_{13} (ryc. 2). Jej udział w ogólnym czasie pracy wyniósł 23%. Charakterystyczny jest ponad 70% udział kategorii czasu pomocniczego T_2 . Taka struktura czasu wskazuje wyraźnie, że optymalizacja organizacji pracy powinna dotyczyć głównie czynności z tej grupy.

W grupie czasu pomocniczego interesująco wygląda udział czasu T_{24} , który kształtuje się na poziomie tylko 15%. W ten sposób niewidoczne są częste zablokowania zrywanych sztuk, co jest tak charakterystycznym zjawiskiem przy prowadzeniu zrywki włączanej sterowanej ze szlaku zrywkowego, zwłaszcza w drzewostanach młodszych klas wieku. W czynnościach odblokowywania zrywanych sztuk w badanej technologii brał jednak udział również pilarz, co zniekształciło przedstawiony obraz, było jednak charakterystyczne dla omawianej technologii pozyskiwania drewna. Nieco mniejszy w porównaniu ze zrywką konną [Sowa, Szewczyk 2005] był udział czasu przejść T_{21} – 25%. Prostoliniowa z konieczności zrywka linowa wciągarką skutkowałą krótszymi przejściami. Wyróżnia się także kategoria czasu T_{21} . Duży udział przestojów



Ryc. 2.

Struktura dnia roboczego w operacyjnym czasie pracy
Work-day structure in operational time

technologicznych jest niewątpliwie efektem trudności we współdziałaniu pomiędzy pilarem i operatorem wyciągarki. Problem ten był już wcześniej zasygnalizowany.

Operacje zrywkowe wykonywane były z wysoką czasochłonnością, kształtującą się na poziomie prawie 27 min./m³ (tab. 2). Wyraźnie niższa była pracochłonność w starszych klasach wieku. Różnica pomiędzy trzebieżami wczesnymi i późnymi wyniosła około 64%. Stwierdzono istotność różnic średniego poziomu czasochłonności w trzebieżach późnych i wczesnych ($t=7,96$; $p=0,00$). Najmniejszą pracochłonność na omawianym stanowisku pracy odnotowano w drzewostanach sosnowych 15,47 min./m³. Czasochłonność obliczona dla poszczególnych drzewostanów nie wykazała widocznej prawidłowości pozwalającej na utworzenie grup nieróżniących się istotnie pomiędzy sobą (tab. 3).

Poziom czasochłonności jest jednym z czynników pozwalających określić przydatność danej technologii do wykonywania określonych zabiegów gospodarczych. Z tego względu zmieniono określenie czasochłonność na proponowany syntetyczny wskaźnik empirycznej sprawności technologicznej [Szewczyk 2007]. Równanie pozwalające na aproksymację poziomu *EST* oszacowano dla czynników związanych z cechami drzewostanu, zrywanego surowca oraz elementami struktury dnia roboczego (tab. 4):

$$EST_{FKS} = 11,92 + 8,17 \cdot x_1 + 44,83 \cdot x_2 - 23,93 \cdot x_3 + 0,05 \cdot x_4 \pm 5,65 \quad [2]$$

gdzie:

EST_{FKS} – przewidywana wartość wskaźnika *EST* [min./m³],

x_1 – zero-jedynkowa zmienna kategorii drzewostanu wynosząca 1 dla trzebieży wczesnych, natomiast 0 dla trzebieży późnych,

x_2 – udział kategorii czasu T_{21} [%],

x_3 – średnia miąższość jednej zrywanej sztuki [m³],

x_4 – wskaźnik ilości usuwanych drzew z jednego hektara W_{szf}

Ryciny 3 i 4 przedstawiają nomogramy wskaźnika *EST* na stanowisku FKS w kategorii drzewostanów trzebieży wczesnych i późnych dla przykładowych udziałów czasu oczekiwania T_{21} oraz przyjętych miąższości zrywanych sztuk. Zarówno dla trzebieży wczesnych, jak i późnych dla tych samych W_{szf} mniejsze *EST* oszacowano dla mniejszych udziałów czasu oczekiwania T_{21} . Należy pamiętać, że czas ten, chociaż zaliczony do czasu operacyjnego, jest jednak kategorią

Tabela 2.

Pracochłonność [min./m³] w czasie operacyjnym na stanowisku
Labour consumption [min./m³] of operator's work during operational time

	Średnia	Odchylenie standardowe	Współczynnik zmienności
Trzebieże ogółem	26,63	9,55	36
Trzebieże wczesne	32,25	8,93	28
So	29,10	4,32	15
Bk	29,52	6,67	22
Św	35,61	13,52	38
Jd	34,97	7,04	20
Trzebieże późne	20,92	6,20	30
So	15,47	3,55	23
Bk	20,71	6,60	32
Św	23,57	4,90	21
Jd	23,54	5,96	25

nieprodukcyjną, w związku z czym jego ograniczanie podwyższa sprawność technologii i zmniejsza pracochłonność. Dla tej samej wartości W_{szl} szacowana różnica pomiędzy drzewostanami trzebieży wczesnych i późnych jest niewielka, co nie oddaje rzeczywistego poziomu EST w tych różnych warunkach. Jednak podobnie jak to jest w przypadku zrywki konnej, zauważyć

Tabela 3.

Ocena różnicy między średnią czasochłonnością prac zrywkowych w drzewostanach z trzebieżą wczesną (prawa górna część) i późną (lewa dolna część)

Analysis of differences in the mean time consumption of skidding in stands with early (right up) and late (left down) thinnings

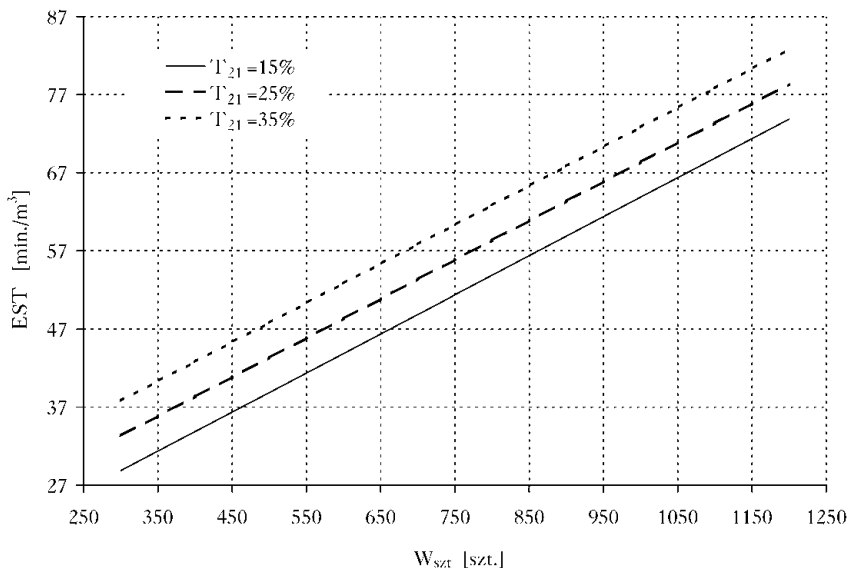
Gatunek	So	Bk	Jd	Św
So	×	$t=-0,20$; $p=0,84$	$t=-2,72$; $p=0,01$	$t=-1,77$; $p=0,08$
Bk	$t=-2,61$; $p=0,01$	×	$t=-2,14$; $p=0,04$	$t=-1,56$; $p=0,12$
Jd	$t=-4,38$; $p=0,00$	$t=-1,21$; $p=0,23$	×	$t=0,15$; $p=0,87$
Św	$t=-5,05$; $p=0,00$	$t=-1,33$; $p=0,19$	$t=0,01$; $p=0,99$	×

Tabela 4.

Analiza regresji

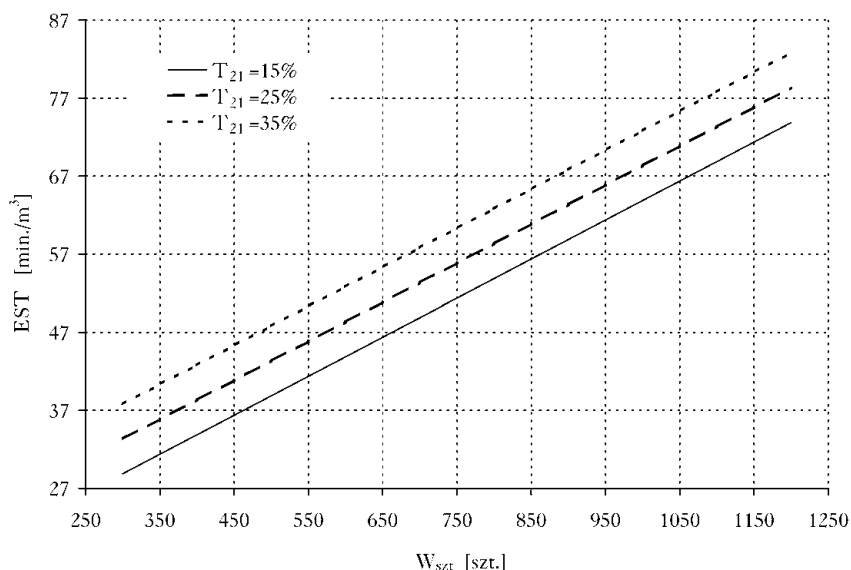
Regression analysis

	Parametry zmiennych niezależnych			
	β	Błąd standardowy	t	p
Wyraz wolny		3,98	2,99	0,00
x_1	0,43	2,05	3,98	0,00
x_2	0,59	4,48	9,98	0,00
x_3	-0,23	11,12	-2,15	0,03
x_4	0,20	0,02	2,47	0,01
Parametry równania: $R=0,81$; $R^2_{popr}=0,65$; $F=54,73$; $p=0,00$				



Ryc. 3.

Nomogram wskaźnika EST na stanowisku w trzebieżach wczesnych
 EST nomogram for early thinnings



Ryc. 4.

Nomogram wskaźnika EST na stanowisku w trzebieżach wczesnych
 EST nomogram for early thinnings

należy, że w młodszych drzewostanach w porównaniu ze starszymi wartość $W_{szt.}$ jest o wiele większa, tak więc szacowana pracochłonność jest również o wiele wyższa.

Specyfika trudnej zrywki linowej w drzewostanach młodszych klas wieku spowodowała, że najsilniejsze powiązania między szacowaną pracochłonnością i obserwowanymi czynnikami ustalono dla czasu oczekiwania T_{21} . W tym przypadku standaryzowany parametr równania β wyniósł 0,59. Wyraźnie są również widoczne utrudnienia w zrywce ładunków o większej miąższości, których spodziewać się należy w drzewostanach trzebieży późnych. W przypadku zmiennej kategorii trzebieży β oszacowano na 0,43, natomiast dla miąższości ładunku β wyniósł $-0,23$.

Dyskusja

W założeniu niewielkie mobilne wciągarki miały usprawnić proces zrywki drewna w młodszych drzewostanach na etapie dociągania drewna do szlaków zrywkowych. W cięciach pielęgnacyjnych prowadzonych w młodnikach sosnowych Gornowicz [1989] określił pracochłonność tego typu zrywki na około 293 min. zmiany roboczej/m³. Zakładając sześćdziesięcioprocentowe wykorzystanie czasu pracy, otrzymujemy pracochłonność w czasie operacyjnym na poziomie 175 min./m³. W porównaniu z wynikami uzyskanymi w niniejszej pracy, gdzie czasochłonność na tym stanowisku w trzebieżach wczesnych drzewostanów sosnowych wyniosła około 30 min., jest to prawie sześć razy gorszy wynik. Biorąc jednak pod uwagę, że średnia miąższość jednego drzewa w badaniach Gornowicza [1989] wyniosła zaledwie 0,006 m³, natomiast w naszych warunkach analogiczna mediana kształtowała się na poziomie około 0,1 m³, różnice są już tylko dwukrotne. Ta ostatnia rozbieżność spowodowana była zapewne trudniejszymi w badaniach Gornowicza warunkami zrywki w gęstych młodnikach z niżej położonymi międzyczędami.

Trudności w prowadzeniu ręcznie sterowanej zrywki zauważył już Gornowicz [1989], ale problem ten był również przedmiotem późniejszych rozważań Sowy i Stańczykiewicza [2003]. Udział w kategorii czasu pomocniczego zgodnie z przeprowadzonymi przez nich badaniami

wyniósł aż 45%. W niniejszej pracy odsetek tylko czasu przestoju technologicznego związanych z odblokowaniem zrywanych sztuk wyniósł 35%. Przytoczone dane wskazują, skąd pochodzą różnice w pracochłonności między zrywką wciągarką a zrywką konną czy ciągnikiem rolniczym. Według Gornowicza [1989] w czyszczeniach w młodnikach sosnowych nakład pracy przedstawianego procesu stanowił około 136% wariantu ze zrywką konną. Jeszcze większą, bo ponad 50% rozbieżność, zauważyli dla opisywanych wariantów Giefing i Gackowski [2001]. W badaniach Sowy i Stańczykiewicza [2003], którzy analizowali pracochłonności technologii ze ściną oraz okrzesywaniem pilarką spalinową i zrywką wciągarką oraz koniem we wczesnych trzebieżach drzewostanów jodlowych, analizowane wielkości wyniosły odpowiednio 80 i 61 min. czasu operacyjnego/m³. Są to dane zbieżne z uzyskanymi w niniejszej pracy, w której pracochłonność w podobnych warunkach oszacowano (łącznie ze ściną) na poziomie 86,90 min./m³.

Charakterystyczny dla opisywanej technologii dominujący udział czasu zrywki nie jest widoczny w powyżej cytowanych badaniach. Dla porównania można jednak przytoczyć interesujące dane dotyczące zrywki wciągarką „Alpmobil” [Instrukcja...1996; Kozłowski 2000]. Wynika z nich, że „na efektywny czas całego cyklu zrywki drewna [...] wpływa głównie odległość”. Zależność powyższa przybiera postać regresji prostej. Wprawdzie oszacowane współczynniki korelacji nie są wysokie i wynoszą 0,51 dla zrywki jednoetapowej oraz 0,58 dla zrywki dwuetapowej, jednak są istotne statystycznie. Stosunkowo niski wyjaśniony równaniami stopień zmienności wiązać można z dużą zmiennością składników środowiska leśnego utrudniających zrywkę.

Wnioski

- ✦ Średnia czasochłonność zrywki wciągarką zagregowaną z pilarką spalinową w czasie operacyjnym oszacowana w badanych drzewostanach trzebieżowych wyniosła około 27 min./m³. Zaobserwowano istotne różnice w czasochłonności między trzebieżami wczesnymi (32 min./m³) a późnymi (21 min./m³).
- ✦ Struktura czasu operacyjnego zrywki wciągarką w drzewostanach trzebieżowych charakteryzowała się dużym udziałem grupy czasu pomocniczego T_2 (70%), z czego 25% przypadło na czas przejść T_{22} oraz aż 50% na czas odblokowania zrywanych sztuk T_{24} i przestoju technologicznego związanych z likwidowaniem zawiesznień przez pilarza T_{21} .
- ✦ Aproksymowano równanie regresji wielokrotnej opisujące zmiany poziomu czasochłonności zrywki – wskaźnika *EST* – w zależności od czynników środowiskowych (drzewostan, kategoria cięć), elementów struktury dnia roboczego (udział w zmianie roboczej odpowiedniej kategorii czasu), cech pozyskiwanego drewna (miąższość) oraz intensywności zabiegu (ilości pozyskiwanych drzew z jednostki powierzchni). Najsilniejsze stwierdzono dla czynników związanych z udziałem procentowym czasu oczekiwania na pomoc pilarza przy likwidacji zawiesznień (T_{21}) oraz kategorią trzebieży.
- ✦ Wysoka czasochłonność badanej technologii zrywki oraz duży udział czasu oczekiwania na pomoc obrazują trudne warunki pracy w drzewostanach średnich klas wieku polegające na częstych zakleszczeniach zrywanych sztuk oraz problemy związane ze sterowaniem zrywką ze szlaku zrywkowego.
- ✦ Miarę intensywności trzebieży wykorzystaną na etapie aproksymacji *EST* określić można przed rozpoczęciem prac pielęgnacyjnych, korzystając z danych zawartych w operatach urzędzeniowych oraz szacunkach brakarskich. Umożliwia to racjonalne zaprojektowanie najbardziej wydajnych rozwiązań technologicznych.

Literatura

- Botwin M. 1993. Podstawy użytkowania maszyn leśnych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa. 9-26.
- Giefing D. F., Gackowski M. 2001. Ekonomiczna efektywność pozyskiwania drewna krótkiego w drzewostanach III klasy wieku w zależności od zastosowanych urządzeń zrywkowych. Polska Akademia Umiejętności, Prace Komisji Nauk Rolniczych 3: 17-26.
- Giefing D. F., Klentak I. 1999. Zużycie paliw w procesie pozyskiwania drewna w trzebieżach wczesnych drzewostanów sosnowych. Tendencje i problemy mechanizacji prac leśnych w warunkach leśnictwa wielofunkcyjnego. Akademia Rolnicza im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu. 25-31.
- Gornowicz R. 1989. Wpływ technologii wykonania cięć pielęgnacyjnych na pracochłonność pozyskiwania drewna z młodników sosnowych. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, Leśnictwo 207 (26): 3-15.
- Instrukcja technologiczna przy stosowaniu wciągarki „Alpmobil” do zrywki drewna z terenów podmokłych. 1996. Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych, Zakład Mechanizacji i Normowania Prac Leśnych. Bedoń.
- Kozłowski R. 2000. Ocena przydatności samoprzemieszczającej się wciągarki Alpmobil do zrywki drewna. W: Stan i perspektywy badań z zakresu użytkowania lasu. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa. 193-203.
- Laurow Z. 1994. Pozyskiwanie drewna i podstawowe wiadomości o jego przerobie. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Laurow Z. 2000. Systemy pozyskiwania drewna – nazwy i określenia. Głos lasu 8: 10-11.
- Monkielewicz L., Czereyski K. 1971. Analiza metod ustalania technicznych norm pracy przy pozyskaniu i transporcie drewna. Prace IBL 390: 1-77.
- Rzadkowski S. 1989. Wpływ sposobów wykonywania operacji na wydajność procesu technologicznego pozyskiwania zrębków. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa.
- Sajkiewicz A. 1981. Ekonomika pracy. Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
- Sowa J. M., Stańczykiewicz A. 2003. Research on pro-ecological harvesting technology with the use of cable winch. Forest and woodworking technology and the environment. Brno. 405-415.
- Sowa J. M., Szewczyk G. 2005. The analysis of the relationship between the structure of a workday and the actual skidding distance in selected timber harvesting technologies during thinnings. Ecological, Ergonomic and Economical Optimization of Forest Utilization in Sustainable Forest Management. Kraków – Krynica. 283-290.
- Szewczyk G. 2007. Model kategoryzacji warunków pracy dla wybranych technologii pozyskiwania drewna w drzewostanach trzebieżowych. Praca doktorska, maszynopis KULiD UR w Krakowie.

SUMMARY

Time consumption of skidding operations using winches aggregated with chainsaws in thinned stands

The aim of the study was to build the models of time consumption characteristics for skidding operations using winches aggregated with chainsaws in thinned pine, fir, spruce and beech stands. The maximum distance from the stand where the skidding operation was performed to the skid road was 50 meters. Skidding time was measured and the volume of extracted timber and thinning intensity were calculated.

The mean time consumption level of skidding during operational time in the stands under study was estimated at about 27 min./m³. Significant differences in time consumption levels were observed between early (ca 32 min./m³) and later thinning operations (21 min./m³). The mean operational time for skidding operations using winches aggregated with chainsaws in thinned stands was characterised by a large share of auxiliary times – 70%. 25% of that fell on travel time and as much as 50% on the release time of extracted logs and technological downtime connected with log release by a chainsaw operator.

Multiple regression equations describing changes in the skidding time consumption level (*EST*) were approximated with regard to environmental factors (stand, category of cut), work-day structure elements (share of given time categories in a work shift), harvested timber

parameters (volume of harvested logs) and treatment intensity (indicator of the amount of removed trees from a unit area). The strongest correlation between the *EST* and the analysed variables was observed for the share of waiting time for a chainsaw operator to release logs and the category of thinning.