

GRZEGORZ SZEWCZYK, DARIUSZ KULAK, ARKADIUSZ STAŃCZYKIEWICZ

## Czasochłonność zrywki drewna skiderem z drzewostanu do szlaku operacyjnego

Time consumption of log extraction from the stand to the skid trail using the skidder

### ABSTRACT

Szewczyk G., Kulak D., Stańczykiewicz A. 2020. Czasochłonność zrywki drewna skiderem z drzewostanu do szlaku operacyjnego. Sylwan 164 (4): 311-320. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2020005>.

Skidders are used at two stages of log extraction: when pulling logs to a skid trail and for further semi-suspended log skidding along the trail to a landing. The aim of the study is to characterise the working time structure of a skidder operator performing timber extraction from the stand to the trail, and to develop time-consumption models depending on terrain slope and skidding distance. The research was done in stands situated in central and southern Poland, where late thinning and cutting in areas between tree groups (group clear cut) were performed. The timber was transported to skid trails by means of LKT 82 cable skidders. The timber was pulled to the trail on slopes with inclinations ranging from  $-30^\circ$  (up the slope) via  $0^\circ$  (on a flat surface) to  $38^\circ$  (down the slope) at a maximum distance of 70 m. Time study of work cycles was performed and the volume of timber harvested in each package was calculated. Analyses of working time and its time consumption were performed for the operational working time. The measurements covered a total of 269 log extraction cycles with a total duration of over 20 hours. Altogether 752 logs with a total volume of over  $520 \text{ m}^3$  were extracted. The large share of time was devoted to load attaching and detaching (40%). Quite a large share of log extraction (24%) was associated with the long skidding distances. The time of stretching the collecting rope in the case of skidding up the slope (an average of 60 s) was significantly shorter than in the flat terrain or skidding down the slope (70 s). The average duration of a skidding cycle was also affected by the direction of the slope. Rectilinear relationships were determined between the duration of a skidding cycle and the terrain slope, as well as the skidding distance. The combined effect of these features on the duration of skidding was described. The duration of a skidding cycle was influenced by distance (61% of the general variability) more than the slope (16%). The time consumption of the skidding amounted to ca  $12 \text{ min/m}^3$ . Two homogeneous groups were determined: uphill skidding as well as skidding in flat terrain and downhill. The relationship between the time consumption and the number of logs extracted along with their volume took the form of an exponential regression. The time consumption standard of log extraction performed with the use of a skidder along a skid trail should be supplemented with the time of forming timber packages in the stand and pulling them to the trail, with an additional distinction between the direction of skidding and terrain slope.

### KEY WORDS

timber harvesting, skidding, working time, time consumption, modelling

**ADDRESSES**

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

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

Arkadiusz Stańczykiewicz – e-mail: arkadiusz.stanczykiewicz@urk.edu.pl

Katedra Użytkowania Lasu, Inżynierii i Techniki Leśnej, Uniwersytet Rolniczy; Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

**Wstęp**

W ostatnim okresie w Polsce odnotowano znaczące zwiększenie pozyskiwania i zrywki drewna prowadzonych w technologiach na maszynowym i półautomatycznym poziomie techniki. Mederski i in. [2016] określili liczbę harwesterów na około 550, jednak po wielkoobszarowych zjawiskach klęskowych w północnej Polsce w 2017 roku ich liczba jest zapewne większa. Drewno kłodo- wane oraz średniowymiarowe wyrabiane w systemie harwester i forwarder stanowi już około 35% ogółu surowca [Moskalik i in. 2017; Szewczyk i in. 2019]. W Europie jednak tylko w Skan- dynawii ponad 90% miąższości drewna jest pozyskiwane na maszynowym poziomie techniki [Nordfjeld i in. 2010]. W Niemczech i w Austrii systemy technologiczne zakładające używanie pilarek i systemów zrywki półpodwieszanej stanowią istotne uzupełnienie pozyskiwania maszy- nowego [Sowa i in. 2007; Sauter, Siemens 2008; Savelli i in. 2010; Szewczyk 2011; Proto i in. 2013; Sowa, Szewczyk 2013; Yoshida 2013]. Do ścińki drzew i wyróbki surowca stosuje się pilarki, a do zrywki ciągniki rolnicze czy specjalistyczne, wymagające jednak nadal dużego udziału siły żywej w różnych czynnościach roboczych [Findeisen i in. 2008; Szewczyk 2010; Magagnotti, Spinelli 2011]. Wprowadzanie nowoczesnych wysokowydajnych technologii jest utrudnione poprzez niedoinwestowanie firm leśnych oraz metody postępowania urządzeniowo-hodowlanego zakłada- jące kształtowanie drzewostanów o większym udziale drzew liściastych i zróżnicowanym zwarciu pionowym i poziomym [Nurek, Zychowicz 2009; Kocel 2013].

W Lasach Państwowych zakłada się obligatoryjne zakładanie szlaków operacyjnych i promuje nasiębierną zrywkę drewna [Zasady... 2019], jednak nadal dominuje technika ręczno-maszynowa ze zrywką ciągnikami rolniczymi. W związku ze stosowaniem prostych i stosunkowo niedrogich wciągarek zrywka długich sortymentów jest wydajna i konkurencyjna ekonomicznie [Gross 2006]. Kocel [2013] podaje, że w polskich lasach pracuje około 3000 ciągników rolniczych. W trudnych warunkach pozyskania w terenach górskich nawet nowoczesne ciągniki rolnicze nie są odpowied- nim środkiem zrywkowym. Wobec stosunkowo rzadkiej sieci szlaków operacyjnych i zrywki drewna dłużycowego zastosowanie znajdują ciągniki specjalistyczne do zrywki półpodwieszanej – skidery [Sabo, Poršinsky 2005; Zečić, Marenče 2005; Borz i in. 2013; Proto i in. 2018]. Kocel [2013] podaje, że w polskich lasach pracuje ich około 1500. Wśród użytkowanych w Polsce skiderów najliczniejszą grupę stanowią ciągniki LKT [Kulak i in. 2019].

Skidery stosowane są na dwóch etapach zrywki: podczas dociągania surowca do szlaku opera- cyjnego i przy zrywce na składnicę. Drugi etap zrywki, czasem nawet kilkukilometrowy, realizo- wany jest w sposób półpodwieszony. Efektywność ekonomiczna całego procesu dotyczy zazwyczaj tylko tego etapu [Porter, Strawa 2006; Spinelli, Magagnotti 2012]. Poważnym problemem jest zauważana powszechnie szkodliwość środowiskowa pierwszego etapu zrywki – dociągania dłużyc do szlaku zrywkowego [Stańczykiewicz i in. 2011]. Wynika ona po części z uwarunkowań zrywki wleczonej, ale również ze zjeżdżania ciągnikami ze szlaku w drzewostan w celu ograni- czenia uciążliwego rozwijania liny zbiorczej. Drzewa pozostające w drzewostanie i podrosty, które należy chronić przed uszkodzeniami, a także urozmaicona rzeźba terenu powodują wydłużenie zrywki oraz znacznie ją spowalniają. Dodatkowo trudne warunki pracy, wymagające dużego

udziału pracy fizycznej podczas rozwijania liny i zaczepiania ładunków, sprawiają, że wydajność tego etapu prac jest niska [Stampfer i in. 2010]. Rozpoznanie jej rzeczywistego poziomu jest istotne w kontekście nowelizowanych obecnie Katalogów Czasochłonności Prac Leśnych stosowanych w PGL LP.

Celem pracy było scharakteryzowanie struktury czasu pracy operatora ciągnika typu skider wykonującego zrywkę drewna z drzewostanu do szlaku oraz opracowanie modeli czasochłonności w zależności od wybranych czynników charakterystycznych dla opisywanego procesu transportowego, spadku terenu i dystansu zrywki.

## Materiał i metody

Badania zlokalizowano w drzewostanach położonych w Leśnym Zakładzie Doświadczalnym w Krynicy i regionalnych dyrekcjach Lasów Państwowych w Krakowie, Katowicach i Krośnie, w których wykonywano trzebieże późne oraz cięcia na powierzchni pomiędzy gniazdami w ramach rębni gniazdowej III A (tab. 1).

W analizowanych drzewostanach wykonano ścinę z użyciem pilarek z wyróbką drewna dłużycowego o długości od 7 do 10 m. Drewno było zerwane do szlaków operacyjnych przy pomocy skiderów LKT 82 (waga 7,3 t, długość 5,6 m, szerokość 2,4 m, wysokość 2,99 m) wyposażonych w silniki Iveco (93 kW), opony 18,4/15-30 i sterowane mechanicznie z kabiny wciągarki dwubębnowe ze swobodnym odwijaniem liny (80 m długości, 14 mm średnicy, 74 kN siły uciągu).

Prace były prowadzone dwuosobowo. Operator ustawiał maszynę w pozycji roboczej na szlaku operacyjnym, sterował z kabiny zrywką drewna i pomagał przy odczepianiu zerwanego surowca. Pomocnik rozciągał linę zbiorczą, wpiął na dłużycach linki zaczepowe, kontrolował

**Tabela 1.**

Skład gatunkowy (Skład), wiek (W [lata]), pierśnica (D [cm]), wysokość (H [m]) i grubizna (V [m<sup>3</sup>/ha]) oraz kategoria cięć (Cięcia) w drzewostanach, w których zlokalizowano badania

Species structure (Skład), age (W [years]), breast height diameter (D [cm]), height (H [m]), merchantable volume (V [m<sup>3</sup>/ha]) and cutting category (Cięcia) for the stands in which the research was located

	Cięcia	Skład	W	D	H	V
LZD Krynica, 5c	TPP	Jd 9	100	47-24	28-21	454
		Św 1	60	24	22	
LZD Krynica, 20a	TPP	Jd 7	40-50	12-59	30-50	266
		Św 2		14	40	
		Bk 1		15	40	
LZD Krynica, 6f	TPP	Jd 7	25-45	9-16	10-15	174
		Św 3		14	14	
Nadleśnictwo Dynów, 296o	TPP	9So	70	38	27	373
		1Js	70	36	26	
		8So	87	42	27	327
Nadleśnictwo Dynów, 278a	TPP	1Jd	87	41	27	
		1Jd	62	22	18	
		4Jd	46-121	42-15	30-15	383
		4Bk	71-121	45-27	30-23	
Nadleśnictwo Myślenice, 246c	TPP	2Św	46-71	25-15	22-15	
		9So	85-155	38	28	235
		1Db		35	21	
Nadleśnictwo Namysłów, 228f	IIIA	10So	106	38	30	295
Nadleśnictwo Namysłów, 219f	IIIA	10So	112	34	27	284

TPP – late thinning, IIIA – group clear cut; Jd – fir, Św – spruce, Bk – beech, So – pine, Js – ash, Db – oak

proces zrywki i odczepiał surowiec. Jednorazowy ładunek obejmował 3-6 dłużyc. Wykonawcy byli dobrze wyszkoleni, ze stażem pracy na stanowiskach związanych ze zrywką drewna powyżej 5 lat, w optimum sprawności psychofizycznej, w wieku 35-40 lat.

Prace zrywkowe prowadzono w terenie o glebie suchej, ze słabo rozwiniętą pokrywą zielną i z nielicznymi podrostami. Dociąganie drewna do szlaku operacyjnego prowadzono na spadkach od  $-30^\circ$  (zrywka w górę), poprzez  $0^\circ$  (zrywka w terenie płaskim), do  $+38^\circ$  (zrywka w dół stoku), na maksymalnym dystansie 70 m. Spadki terenu i dystans zrywki dla każdego cyklu pracy zostały zmierzone dalmierzem laserowym TruPulse. Podczas zrywki wykonano chronometraż cykli pracy za pomocą mikrokomputerów Workabout PRO Motorola z aplikacją TIM-ING 2<sup>®</sup> do pomiarów czasu [Szewczyk 2010]. Czas mierzono z dokładnością do 1 sekundy [Stampfer i in. 2010]. Proces zrywki z dłużej trwającymi czasami poszczególnych czynności sprawia, że nie powinny wystąpić większe błędy związane ze zbyt wolną reakcją obserwatora lub błędami aparatury pomiarowej [Pilarek 1996]. Wyróżnione czynności (tab. 2) zaliczono do kategorii czasu według standardowej normy BN-76 9195-01 [Szewczyk 2014]. Ciągły charakter prowadzonego chronometrażu sprawił, że koniec danej czynności był równocześnie początkiem kolejnej. Po zakończeniu każdego cyklu liczono dłużycę w danym ładunku oraz mierzono długość i średnicę każdej z nich w celu obliczenia miąższości.

Analizy czasu i czasochłonności pracy przeprowadzono dla operacyjnego czasu pracy. Takie podejście eliminuje w dużym stopniu przypadkowość w ocenie wydajności w całkowitym czasie prac, ponieważ pominięte zostają zmienne przypadkowe, np. awaria sprzętu, obsługa maszyny, przerwa itp. [Bembenek i in. 2011; Spinelli i in. 2012]. Zależność czasu trwania cyklu pracy od wybranych cech ładunków (spadek terenu i dystans zrywki) przeprowadzono w oparciu o analizy regresji wielokrotnej. W przypadku czasochłonności wpływ cech ładunków (liczba dłużyc w ładunku i miąższość grubizny pojedynczej dłużycy) oszacowano w oparciu o zależności krzywoliniowe o charakterze wykładniczym, dla których określono parametry równań oraz ich istotność. Istotność różnic długości czasu rozciągania liny zbiorczej przy zrywce w terenie ze spad-

**Tabela 2.**

Klasyfikacja czasu pracy według BN-76 9195-01  
Working time classification according to BN-76 9195-01

Kategoria czasu Time category	Symbol	Opis czynności Activity
$T_1$ – czas efektywny $T_1$ – effective time	$T_{11}$	zrywka
	$T_{11}$	skidding
	$T_{12}$	formowanie ładunku wciągarką
	$T_{12}$	load forming with the winch
$T_{02}$ – operacyjny czas pracy $T_{02}$ – operational working time	$T_{21}$	rozciąganie liny zbiorczej
	$T_{21}$	pulling the collecting cable
	$T_{22}$	zaczepianie ładunku
	$T_{22}$	attaching a load
	$T_{23}$	przejście
	$T_{23}$	transitioning
$T_2$ – czas pomocniczy $T_2$ – auxiliary time	$T_{24}$	dociąganie ładunku wciągarką
	$T_{24}$	pulling the load up with a winch
	$T_{25}$	odczepianie ładunku
	$T_{25}$	detaching a load
	$T_{26}$	zmiana stanowiska
	$T_{26}$	change of position

kiem i w terenie płaskim określono, z uwagi na skośność rozkładów, nieparametrycznym testem chi-kwadrat z oceną indywidualnych różnic pomiędzy testowanymi wariantami testem Kruskala-Wallis. Wpływ kierunku zrywki na długość czasu trwania cyklu pracy testowano testem F, natomiast jednorodne grupy zmiennych wyróżniono w oparciu o test NIR. Całość obliczeń statystycznych wykonano za pomocą pakietu Statistica 16.3.

## Wyniki

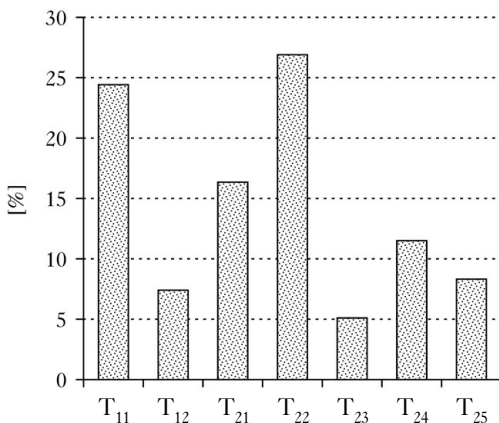
Pomiary objęły łącznie 269 cykli zrywkowych o sumarycznym czasie trwania ponad 20 godzin. Zerwano 752 dłużycę o ogólnej miąższości ponad 520 m<sup>3</sup> (tab. 3). W strukturze cykli pracy widać duży udział czasu zaczepiania ładunku T<sub>22</sub> (27%), co wynikało nie tylko z pracy z linkami zaczepowymi przy czołach zrywanych dłużyc, ale również z planowania miejsca wpięcia linek w linię zbiorczą i kolejności podczepiania dłużyc (ryc. 1). Odpinanie linek zaczepowych po zrywce trwało już znacznie krócej (T<sub>24</sub> – 12%), ale i tak praca związana z pakietami drewna zajmowała łącznie prawie 40% cyklu zrywki. Dość duży udział czasu zrywki T<sub>11</sub> (24%) był związany z niejednokrotnie długimi dystansami zrywki. Czas rozciągania liny zbiorczej w przypadku zrywki prowadzonej w górę stoku (rozciąganie liny w dół) był istotnie krótszy w porównaniu do pracy wykonywanej w terenie płaskim i w dół stoku (rozciąganie w górę) (ryc. 2).

**Tabela 3.**

Średnia (M), suma (Σ), minimum (Min), maksimum (Max) oraz odchylenie standardowe (SD) parametrów czasu trwania cyklu pracy i zrywanego drewna

Mean (M), total (Σ), minimum (Min), maximum (Max) and standard deviation (SD) of work cycle and skidding wood parameters

	M	Σ	Min	Max	SD
Liczba dłużyc w ładunku Number of logs in a load	3	752	1	6	1,52
Miąższość ładunku [m <sup>3</sup> ] Load volume	1,93	522	0,05	5,31	1,34
Dystans zrywki [m] Skidding distance	22	5883	2	70	13,01
Czas cyklu [s] Cycle time	278	74 819	37	971	167,47
Czasochłonność operacyjna [min/m <sup>3</sup> ] Operational efficiency	5,78	1555	0,32	90	10,45



**Ryc. 1.**

Struktura czasu trwania cyklu zrywki  
Structure of time of skidding cycle

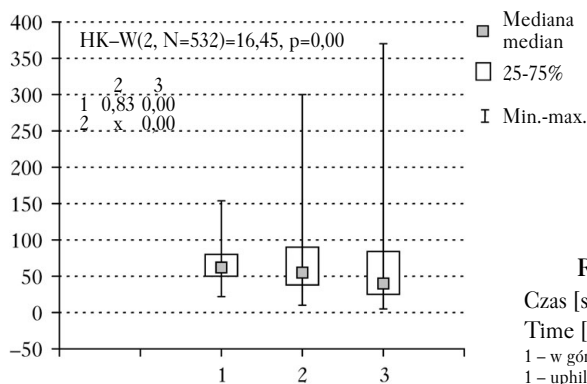
kategorie czasu jak w tabeli 2; working time categories as in table 2

Nie wystąpiła zależność pomiędzy czasem trwania cyklu zrywkowego i liczbą sztuk drewna w pakiecie oraz sumaryczną miąższością zrywanego drewna. Istotny wpływ miały natomiast dystans zrywki ( $Y_1=141,01+5,69 \cdot x$ ;  $r=0,52$ ,  $p<0,01$ ) oraz spadek terenu ( $Y_2=249,96-2,71 \cdot x$ ;  $r=-0,22$ ,  $p<0,01$ ). Dla tej grupy zmiennych skonstruowano model regresji wielokrotnej ( $F=87,06$ ;  $p<0,01$ ;  $r=0,64$ ) (ryc. 3). Zdecydowanie większy wpływ na czas trwania cyklu zrywki miał dystans zrywki ( $\beta=0,61$ ), natomiast spadek terenu objaśniał zmienność ogólną szacowanej zmiennej tylko w około 16% ( $\beta=-0,16$ ).

Na średni czas trwania cyklu zrywki wpływał jej kierunek. Test F wykazał występowanie istotnych statystycznie różnic ( $F=16,84$ ;  $p<0,01$ ), natomiast test NIR wskazał na różnicowanie się poziomu czasu trwania cyklu zrywki w obrębie grup: zrywka w dół stoku i w terenie płaskim (średni czas trwania cyklu zrywki 249 s) oraz w górę stoku (297 s). Dłuższy czas zrywki prowadzonej w górę stoku wpłynął na zróżnicowanie czasochłonności prac zrywkowych. W tym przypadku określono dwie jednorodne grupy: zrywka w górę stoku oraz w terenie płaskim i w dół stoku (ryc. 4).

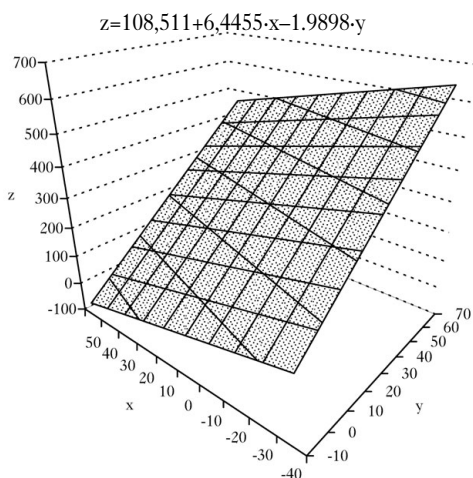
Na czasochłonność prac zrywkowych wpływały dwa czynniki: liczba zrywanych dłużyc oraz ich miąższość. Ostatecznie zależność pomiędzy czasochłonnością a wymienionymi czynnikami przyjęła postać:

$$Y_3 = (7,79 \cdot \exp(-0,30 \cdot x_1)) + (190,03 \cdot \exp(-19,82 \cdot x_2))$$



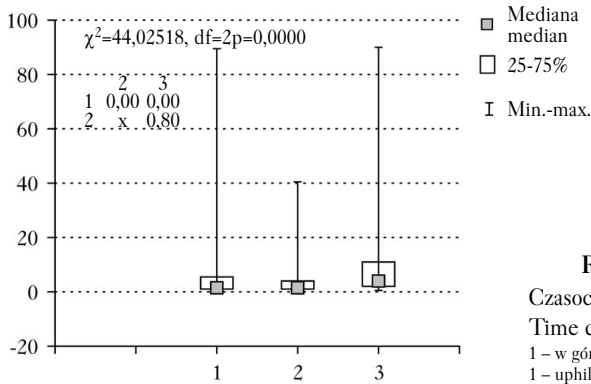
Ryc. 2.

Czas [s] rozwijania liny zbiorczej  
Time [s] of pulling the collecting cable  
1 – w górę, 2 – płasko, 3 – w dół  
1 – uphill, 2 – flat, 3 – downhill



Ryc. 3.

Zależność czasu trwania cyklu zrywki drewna ( $z$  [s]) od nachylenia stoku ( $x$  [°]) i dystansu zrywki ( $y$  [m])  
Relationship between time of skidding cycle ( $z$  [s]) and slope inclination ( $x$  [°]) and skidding distance ( $y$  [m])



**Ryc. 4.**  
 Czasochłonność zrywki [min/m<sup>3</sup>]  
 Time consumption of skidding [min/m<sup>3</sup>]  
 1 – w górę, 2 – płasko, 3 – w dół  
 1 – uphill, 2 – flat, 3 – downhill

gdzie:

- $x_1$  – liczba sztuk zrywanych w pakiecie,
- $x_2$  – miąższość dłuźcy.

Przedstawiony model regresji dobrze, bo aż w 88%, wyjaśnia zmienność czasochłonności zrywki, na co wskazuje wartość współczynnika determinacji  $R^2$ .

## Dyskusja

Pomiary czasu wykonywania czynności na stanowiskach roboczych są materiałem wyjściowym w procesie normowania pracy, który od dawna był ważnym punktem w analizach optymalizacyjnych technik i technologii pozyskiwania i zrywki drewna [Döhner 1998; Szewczyk 2014]. Normy czasu zostały opracowane przez ORWLP w Bedoniu [Katalogi... 2004]. Dokument ten jest jedynym kompleksowym wzorcem standardów czasochłonności prac w polskim leśnictwie.

Problem dociągania wyrobionego drewna z drzewostanu do szlaku operacyjnego jest zazwyczaj rozpatrywany łącznie ze zrywką po szlaku. Zauważalne duże zróżnicowanie czasochłonności zrywki skiderami, widoczne w wielu publikacjach, świadczy o występowaniu czynników wpływających istotnie na efektywność całego procesu. Jednym z nich może być etap formowania ładunków przy szlaku operacyjnym, wykonywany w systemach pozyskiwania drewna dłuźcyowego za pomocą wciągarek. Pierwszorzędne znaczenie ma czas niezbędny do wykonania tej operacji. Istotny dla dalszego transportu drewna jest również sposób uformowania pakietów drewna przy szlaku operacyjnym, wpływający w znacznym stopniu na czasochłonność dalszego etapu zrywki – po szlaku. W standardowym modelu zrywki za pomocą skidera czasy pracy z linami (zbiorną, zaczepowymi) mogą mieć udział nawet do 40% [Proto i in. 2018], niemal identycznie jak w niniejszych badaniach. W pracy Kulaka i in. [2019] niski udział takich czasów, około 5%, wynikał z dobrego uformowania pakietów drewna. Przełożyło się to na uzyskanie wydajności większej o nawet 100% (4 m<sup>3</sup>/h) w porównaniu do wyników innych badań [Porter, Strawa 2006; Sadowski i in. 2012; Borz i in. 2013].

Odnotowany w niniejszych badaniach wpływ miąższości zrywanego drewna (miąższości grubizny pojedynczej dłuźcy oraz liczby dłuźyc w ładunku) na poziom czasochłonności jest zgodny z wynikami innych badań, prowadzonych jednak w warunkach zrywki półpodwieszanej. Suwała i Rzadzowski [2001], Dudek [2010a, b] oraz Zečić i in. [2010] dodatkowo wskazywali na istotny wpływ dystansu zrywki – czynnika, który był zauważony w niniejszych badaniach. Bavaghar i in. [2010] oraz Mousavi i in. [2012] opisali ponadto charakter wpływu powyższych czynników na wydajność zrywki.

Badania cykli zrywki prowadzone są przeważnie w zakresie kategorii czasów operacyjnych, stąd uzyskiwane wyniki są bardziej stabilne [Szewczyk 2014; Szewczyk, Sowa 2017; Szewczyk i in. 2020]. Analizy czasu trwania cykli zrywki budowane są zazwyczaj w oparciu o szeroki, jednak rozpatrywany zazwyczaj osobno, zestaw zmiennych, np. liczbę dłużyc stanowiących ładunek i ich miąższość [Mousavi i in. 2013], rodzaj zabiegu hodowlanego [Szewczyk 2014] czy czas zaczepiania, odczepiania i formowania ładunku [Marčeta i in. 2014]. Opisany w niniejszych badaniach wpływ dystansu zrywki na czas trwania cyklu pracy jest zgodny z danymi Poje i in. [2016], natomiast uwzględniony dodatkowo wpływ spadku terenu nie był w takim ujęciu rozpatrywany.

W przeprowadzonych badaniach czasochłonność pierwszego etapu zrywki wyniosła średnio  $12 \text{ min/m}^3$  (po uwzględnieniu dwuosobowej obsługi stanowiska roboczego). Jest to wartość zbliżona do średniej czasochłonności obserwowanej podczas zrywki po szlaku operacyjnym na dystansie od 100 do 700 m w terenach górskich:  $7\text{-}20 \text{ min/m}^3$  [Suwała, Rzadkowski 2001; Dudek 2010a, b]. Formowanie w drzewostanie ładunku i jego transport do szlaku operacyjnego na dystansie około 40 m są zatem z pewnym przybliżeniem równoważne zrywce po szlaku skiderem na odległość około 400 m. Wpływ kierunku pierwszego etapu zrywki z drzewostanu do szlaku (w kontekście spadku terenu) na czas trwania cyklu zrywkowego jest, jak wynika z niniejszych badań, znaczący. Zrywka w dół stoku lub w terenie płaskim jest o około 100% bardziej czasochłonna w porównaniu ze zrywką prowadzoną pod górę – około  $8 \text{ min/m}^3$  w pierwszym przypadku i  $16 \text{ min/m}^3$  w drugim (uwzględniona dwuosobowa obsada stanowiska).

Wprawdzie często używaną miarą efektywności technologii pozyskiwania drewna jest wydajność, jednak stosowanie czasochłonności jest w przypadku zbiorczych katalogów wygodniejsze, ponieważ pozwala na dowolne, logiczne z punktu widzenia organizacji pracy, sumowanie danych cząstkowych w celu określania pracochłonności całych systemów technologicznych. W analizowanym przypadku czasochłonność zrywki po szlaku operacyjnym powinna być uzupełniona o normatyw formowania pakietów drewna w drzewostanie i ich zrywania do szlaku, z dodatkowym rozróżnieniem kierunku zrywki w stosunku do spadku terenu.

## Podsumowanie

Czasochłonność zrywki wleczonej wykonywanej skiderem LKT 82 z drzewostanu do szlaku operacyjnego na średnim dystansie około 40 m kształtowała się na poziomie około  $12 \text{ min/m}^3$ . Duży udział czasów związanych z pracą z linami – około 27% – świadczy o poziomie komplikacji tych prac i wskazuje jednocześnie na duże obciążenie pracą wykonawców. Czasochłonność była uzależniona od miąższości zrywanego drewna, natomiast czas trwania cyklu pracy powiązany ze spadkiem terenu i dystansem, na jaki przemieszczano surowiec. Opracowane modele regresji czasochłonności zrywki i czasu trwania cykli zrywkowych mogą być wykorzystane w konstruowaniu normatywów czasów pracy w drzewostanach i warunkach zbliżonych do analizowanych.

## Literatura

- Bavaghar M. P., Sobhani H., Fegghi J., Darvishsefat A. A., Marvi Mohajer M. R. 2010. Comprehensive productivity models for tracked and wheeled skidders in the Hyrcanian forests of Iran. *Research Journal of Forestry* 4 (2): 65-71.
- Bemberek M., Mederski P. S., Erler J., Giefing D. F. 2011. Results of large-size timber extracting with a grapple skidder. *Acta Scientiarum Polonorum. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria* 10 (3): 5-14.
- Borz S. A., Dinulić F., Bîrda M., Ignea G., Ciobanu V. D., Popa B. 2013. Time consumption and productivity of skidding silver fir (*Abies alba* Mill.) round wood in reduced accessibility conditions: a case study in windthrow salvage logging form Romanian Carpathians. *Annals of Forest Research* 56 (2): 363-375.
- Döhrer K. 1998. Prämien-Zeitlohn für die Waldarbeit. *AFZ Wald*, Jg. 53 (22): 1350-1353.
- Dudek T. 2010a. Badanie wydajności technologii zrywki drewna w lasach górskich. Część 1. Drzewostany przedrębne. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 3: 2-4.



- Dudek T. 2010b. Badanie wydajności technologii zrywki drewna w lasach górskich. Część 2. Drzewostany rębne. Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna 4: 2-4.
- Findeisen E., Markoff I., Gluschkov S. 2008. Fully mechanized logging in Bulgaria – first steps and prospects. W: Formec '08. 41 international symposium in Schmallenberg, Germany.
- Gross J. 2006. Smer a vývoj mechanizace v lesním hospodářství v dalším období v ČR. W: Perspektivy vývoja ťažbovo-dopravného procesu a využitia biomasy v lesnom hospodárstve. Technická Univerzita vo Zvolene, Lesnícka Fakulta. 63-67.
- Katalogi norm czasu dla prac leśnych. 2004. Ośrodek Rozwojowo-Wdrożeniowy Lasów Państwowych Lasów Państwowych w Bedoniu. Zarządzenie nr 99 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 21 listopada 2003 r.
- Kocel J. 2013. Firmy leśne w Polsce. CILP, DGLP, Warszawa.
- Kulak D., Stańczykiewicz A., Szewczyk G., Wala Ł. 2019. Wydajność zrywki drewna skiderem na terenach pochyłych. Sylwan 163 (7): 601-609. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2019003>.
- Magagnotti N., Spinelli R. 2011. Integrating animal and mechanical operation in protected areas. Croatian Journal of Forest Engineering 32 (2): 489-499.
- Marčeta D., Petković V., Košir B. 2014. Comparison of two skidding methods in beech forests in mountainous conditions. Nova mehanizacija šumarstva: Časopis za teoriju i praksu šumarskoga inženjerstva 35 (1): 51-62.
- Mederski P. S., Karaszewski Z., Rosińska M., Bemberek M. 2016. Dynamika zmian liczby harwesterów w Polsce oraz czynniki determinujące ich występowanie. Sylwan 160 (10): 795-804. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2016030>.
- Moskalik T., Borz S. A., Dvořák J., Ferencik M., Glushkov S., Muiste P., Lazdiň A., Styranivsky O. 2017. Timber Harvesting Methods in Eastern European Countries: a Review. Croatian Journal of Forest Engineering 38 (2): 231-241.
- Mousavi R., Nikooy M., Nezhad A. E., Ershadfar M. 2012. Evaluation of full tree skidding by HSM-904 skidder in patch cutting of aspen plantation in Northern Iran. Journal of Forest Science 58 (2): 79-87.
- Mousavi R., Nikoye Seyahkal M., Naghdi R. 2013. Comparison of timber skidding using two ground-based skidding systems: grapple skidding vs. cable skidding. International Journal of Forest, Soil and Erosion 3 (3): 79-86.
- Nordfjeld T., Bjorheden R., Thor M., Wåsterlund I. 2010. Changes in technical performance, mechanical availability and prices of machines used in forest operations in Sweden from 1985 to 2010. Scand. J. For. Res. 25 (4): 382-389.
- Nurek T., Zychowicz W. 2009. Koszty pozyskiwania i zrywki drewna przy użyciu maszyn wielooperacyjnych. Postępy Techniki w Leśnictwie 107.
- Pilarek Z. 1996. Analiza czasów czynności przy zrywce konnej i ciągnikowej. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej 8: 20-21.
- Poje A., Potočník I., Danilovic M., Antoni S. 2016. A case study of the impact of skidding distance on tractor operator exposure to noise. Baltic Forestry 22 (2): 357-364.
- Porter B., Strawa P. 2006. Analiza pozyskiwania i zrywki drewna w drzewostanach jodłowych. Sylwan 150 (1): 67-72. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2005115>.
- Proto A. R., Bernardi B., Zimbalatti G. 2013. Productivity and cost analysis of a John Deere skidder in South Italy. W: Fortechenvi. Mendel University in Brno.
- Proto A. R., Macrč G., Visser R., Russo D., Zimbalatti G. 2018. Comparison of timber extraction productivity between winch and grapple skidding: A Case study in Southern Italian Forests. Forests 9 (2): 61-67.
- Sabo A., Poršinsky T. 2005. Skidding of fir roundwood by Timberjack 240C from selective forests of Gorski Kotar. Croat. J. For. Eng. 26: 13-27.
- Sadowski J., Moskalik T., Zastocki D. 2012. Basic parameters of timber harvesting processes in mountain beech stands in Komancza Forest Inspectorate. Acta Scientiarum Polonorum. Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria 11 (4): 37-44.
- Sauter U. H., Siemens P. 2008. Harvesting and processing systems for large dimensioned timber (LTD) as short logs. W: Formec '08. 166-172.
- Savelli S., Cavalli R., Baldini S., Picchio R. 2010. Small scale mechanization of thinning in Artificial Coniferous Plantation. Croatian Journal of Forest Engineering 31 (1): 11-21.
- Sowa J. M., Kulak D., Szewczyk G. 2007. Costs and efficiency of timber harvesting by NIAB 5-15 processor mounted on a farm tractor. Croatian Journal of Forest Engineering 28 (2): 177-184.
- Sowa J. M., Szewczyk G. 2013. Time consumption of skidding in mature stands performed by winches powered by farm tractor. Croatian Journal of Forest Engineering 34 (2): 255-265.
- Spinelli R., Magagnotti N. 2012. Wood extraction with farm tractor and sulky: estimating productivity, cost and energy consumption. Small-scale Forestry 11 (1): 73-85.
- Spinelli R., Magagnotti N., Relafío R. L. 2012. An alternative skidding technology to the current use of crawler tractors in Alpine logging operations. Journal of Cleaner Production 31: 73-79.
- Stamper K., Leitner T., Visser R. 2010. Efficiency and ergonomic benefits of using radio controlled chockers in cable yarding. Croatian Journal of Forest Engineering (1): 1-10.

- Stańczykiewicz A., Sowa J. M., Szewczyk G. 2011. Uszkodzenia drzew i odnowienia w wyniku ręczno-maszynowego pozyskania drewna z wykorzystaniem urządzeń agregowanych z ciągnikami rolniczymi. Sylwan 155 (2): 129-137. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2009233>.
- Suwała M., Rzadkowski S. 2001. Wydajność, koszty i uszkodzenia drzew przy pozyskiwaniu drewna w trzebieżach drzewostanów górskich. Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa A 1 (911): 85-111.
- Szewczyk G. 2010. Czasochłonność zrywki konnej w drzewostanach trzebieżowych. Sylwan 154 (1): 52-63. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2009023>.
- Szewczyk G. 2011. Czasochłonność zrywki drewna wyciągarkami zagregowanymi z pilarkami spalinowymi w drzewostanach trzebieżowych. Sylwan 155 (6): 401-412. DOI: <https://doi.org/10.26202/sylvan.2009239>.
- Szewczyk G. 2014. Model strukturalny dynamiki zmienności pracy na wybranych stanowiskach roboczych w pozyskiwaniu i zrywce drewna. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie 522. Rozprawy 399.
- Szewczyk G., Jankowiak R., Mitka B., Bożek P., Bilański P., Kulak D., Barycza A., Kunys G. 2020. Development of blue stain in mechanically harvested Scots pine (*Pinus sylvestris*) logs during storage. Canadian Journal of Forest Research. 50: 42-50. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjfr-2019-0112>.
- Szewczyk G., Sowa J. M. 2017. The accuracy of measurements in a time study of harvester operations. New Zealand Journal of Forestry Science 47: 24. DOI <https://doi.org/10.1186/s40490-017-0105-3>.
- Szewczyk G., Sowa J. M., Grzebieniowski W., Kormanek M., Kulak D., Stańczykiewicz A. 2014. Sequencing of harvester work during standard cuttings and in areas with windbreaks. Silva Fennica 48 (4), article id 1159. DOI: <http://dx.doi.org/10.14214/sf.1159>.
- Yoshida M. 2013. Availability of a low-investment mobile chip per for small-scale forestry. W: Fortechenvi. Mendel University in Brno. 22.
- Zasady użytkowania lasu. 2019. PGL LP. Zarządzenie DGLP nr 66 z dnia 7 listopada 2019 r.
- Zečić Ž., Marenče J. 2005. Mathematical models for optimization of group work in harvesting operation. Croatian Journal of Forest Engineering 26 (1): 29-37.
- Zečić Ž., Vusić D., Prka M., Klepac S. 2010. Utjecaj nagiba traktorskog puta na proizvodnost traktora Timberjack 240C pri privlačenju drvnih sortimenata u prebornim šumama. Šumarski list 134 (3-4): 103-113.