

# Ocena jakości wyrabianych sortymentów drzewnych w technologii ręczno-maszynowej i maszynowej

*Władysław Kusiak, Kamil Śliwiński*

**Abstrakt:** W pracy dokonano jakościowej oceny pozyskanych sortymentów drzewnych. Badania prowadzono na terenie Nadleśnictwa Brodnica, analizując wyniki pracy czterech zespołów roboczych realizujących pozyskanie drewna w technologii ręczno-maszynowej, przy użyciu pilarki i ciągnika zrywkowego typu skider oraz maszynowej z zastosowaniem harwestera i forwardera.

Jakość pozyskanego surowca drzewnego określono na podstawie trzech głównych kryteriów: długości sortymentu, ubytków kory oraz uszkodzeń mechanicznych drewna. Pomiar długości sortymentu polegał na sprawdzeniu występującego odstępstwa pomiędzy długością określoną w specyfikacji wyrobu a długością rzeczywistą. Wielkość ubytków kory oceniano na podstawie stopnia ich widocznej wielkości. Uszkodzenia mechaniczne określono na podstawie występujących wgnieceń drewna spowodowanych przez rolki głowicy lub uszkodzeń drewna nożami okrzyszującymi głowicy i dotyczyło to technologii maszynowej. Badano również jakość okrzyszania strzały i występowanie zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych.

Z porównania maszynowego i ręczno-maszynowego poziomu technologicznego pozyskania drewna wynika, że w przypadku zastosowania harwestera osiąga się dokładniejszą manipulację sortymentów w zakresie długości. Natomiast w przypadku pozyskania drewna pilarką uzyskuje się lepszą jakość okrzyszania drewna, mniejsze uszkodzenia kory i zaobserwowano brak uszkodzeń mechanicznych drewna. Przy porównaniu zrywki nasiębiejnej i zrywki półpodwieszanej z elementami wleczenia stwierdzono, że większe zanieczyszczenie materiału organiczną i nieorganiczną występuje w przypadku zrywki półpodwieszanej.

**Słowa kluczowe:** drewno, technologia pozyskania, jakość.

**Abstract:** **Quality assessment of wood assortments harvested with combined manual/machine, and machine technologies.** The study involved a quality assessment of harvested wood assortments. Investigations were conducted in the Brodnica Forest Division to evaluate the effects of work of four teams harvesting wood with an aid of combined manual/machine technology (chainsaw and log skidder) and machine technology (harvester and forwarder). The quality of the wood raw material thus harvested was assessed on the basis of three main criteria: assortment length, bark defects and mechanical damage to the wood. To measure assortment length, discrepancies between the length included in product specifications and actual length were determined. Bark defects were assessed visually, on the basis of their visible size. The extent of mechanical damage was evaluated by analyzing wood

indentations caused by the head's rollers, and wood damage resulting from the head's delimiting knives (where machine technology was used). The quality of stem pruning, and the content of organic and inorganic contaminants, were also evaluated.

A comparison of machine and combined manual/machine technologies of wood harvesting shows that a wood harvester makes it possible to obtain greater accuracy in terms of assortment length. On the other hand, chainsaw ensures better quality of pruning, reduced bark damage and absence of mechanical damage to wood. A comparison of log transport methods (forwarders vs. dragging) demonstrated higher levels of organic and inorganic contamination for the method of dragging.

**Key words:** wood, harvesting technology, quality.

## Wprowadzenie

Dążenie w leśnictwie do wzrostu wydajności pracy, a także podniesienia jej bezpieczeństwa doprowadziło do zmechanizowania prac. W efekcie skonstruowano maszyny ścinkowe, ścinkowo-pakietujące, ścinkowo-zrywkowe, procesory i maszyny wielooperacyjne – harwestery wykonujące ścinkę, okrzesywanie, przerzynkę i układające sortymenty w pakiety.

Wraz z postępem pojawiły się nowe metody zrywki drewna. Zaczęto zrywać drewno ciągnikami rolniczymi wyposażonymi w coraz doskonalszy osprzęt (chwytaki, kleszcze, wciągarki) oraz leśne specjalistyczne ciągniki zrywkowe typu skider, wyposażone we wciągarki. Najbardziej zaawansowanymi maszynami zrywkowymi są forwardery pozwalające zrywać, a w zasadzie przewozić, drewno na własnej powierzchni ładownej.

W Polsce pierwsze forwardery i harwestery zastosowano w latach 70. i 80. XX w., jednak dopiero na początku XXI w. maszyn tego typu zaczęto powszechnie używać przy pozyskiwaniu drewna. W 2008 r. pracowało 157 harwesterów i 262 forwarderów (Kusiak 2008), natomiast obecnie szacuje się, że harwesterów jest ok. 270, a forwarderów ok. 400 (Grodecki 2012).

Trend związany ze wzrastającą mechanizacją pozyskiwania drewna w Polsce stał się bardziej zauważalny po wejściu Polski do Unii Europejskiej, czyli po roku 2004, chociaż już wcześniej podnoszono kwestię nieuniknionej mechanizacji prac leśnych. Wprowadzanie maszynowego pozyskiwania drewna postulowano ze względów środowiskowych, czyli z uwagi na minimalizację udziału uszkodzonych drzew i gleby, co podkreślali: Stajniak (1994), Suwała (1995), Suwała (2001). Z kolei aspekty bezpieczeństwa i ergonomii podnosili: Bensch (2000), Jodłowski (2001), Nowacka (2001). Jednak mechanizację wprowadzano przede wszystkim ze względów ekonomicznych, czyli z uwagi na większą wydajność pracy, a także niższe jednostkowe koszty pozyskiwania drewna – Wiśniewski (2001), Suwała i Jodłowski (2002). Jedynie nieliczne głosy akcentowały kwestie jakościowe, np. Robert (2001) zwracał uwagę na konieczność posiadania odpowiedniej głowicy obróbczej, a Wiśniewski (2001) zauważył, że używając harwestery redukuje się ilość odpadów.

Na problemy społeczne wskazywał Suwała (2006), twierdząc, że procesy technologiczne na niskim poziomie technicznym zapewniają większe zatrudnienie, ale cechują się jednocześnie większym społecznym obciążeniem finansowym pozyskiwania drewna. Natomiast na wysokim poziomie technicznym – z jednej strony generują mniejsze zatrudnienie, z drugiej – charakteryzują się najmniejszym społecznym obciążeniem finansowym pozyskiwania drewna.

W późniejszych publikacjach, poprzez promowanie sortymentowej metody pozyskiwania drewna i związane z tym stosowanie forwarderów, łącznie wskazywano na możliwość pełniejszej realizacji postulatów środowiskowych, ergonomicznych i ekonomicznych (Stempski 2003; Moskalik 2004; Grodecki 2012; Grodecki, Stempski 2012 a, b).

Stosowanie maszyn przy pozyskiwaniu i zrywce drewna spowodowało, że znacznie podniosła się wydajność pracy i wzrosło jej bezpieczeństwo, natomiast brakuje informacji na temat jakości obrabianego drewna.

## Cel pracy

Pracę podjęto w celu porównania jakości wyrabianych sortymentów drzewnych w odniesieniu do dwóch poziomów technologicznych pozyskania drewna: ręczno-maszynowego z zastosowaniem pilarki i zrywki półpodwieszanej z elementami wleczenia oraz maszynowego z zastosowaniem harwestera i forwardera.

## Metodyka

Definiowanie wad drewna oceniano na podstawie normy PN-79/D-01011. Podziału surowca drzewnego dokonano na podstawie normy PN-93/D-02002. Zasady pomiaru, obliczanie miąższości oparto na normie PN-92/D-95000, mierząc sortymenty z dokładnością do 1 mm. Pomiar i ustalenie miąższości drewna kłodowanego dokonano na podstawie Zarządzenia Nr 35 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 14.05.2004 r. w sprawie tymczasowych zasad odbioru i ewidencji drewna kłodowanego iglastego przeznaczonego na rynek krajowy.

Jakość pozyskiwanych sortymentów określono na podstawie analizy 5 kryteriów: długości sortymentu drzewnego, jakości okrzesań, uszkodzeń kory, uszkodzeń mechanicznych drewna, obecności zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych. Badania polegały na analizie po 100 wybranych losowo z jednego stosu lub mygły sztuk wyrobionych sortymentów drewna dłużycowego (WC0) i stosowego (S2a), pozyskiwanego w technologii maszynowej oraz ręczno-maszynowej. Do badań wybrano 4 zespoły robocze pozyskujące drewno zarówno w kłodach lub dłużycach, jak i w sortymentach stosowych (papierówka).

**Pomiar długości** sortymentu polegał na sprawdzeniu za pomocą taśmy pomiarowej zaistniałego odstępstwa pomiędzy długością określoną w specyfikacji wyrobu a długością rzeczywistą, mierzoną w mm.

**Jakość okrzesań drewna** analizowano pod kątem występujących sęków o długości do 30 mm i powyżej 30 mm i wyrażono w procentach. Ze względu na niewielki udział gałęzi w odziomkowej części strzały, obserwacje dotyczyły tylko drewna typu S2.

**Uszkodzenia kory** oceniano wzrokowo na podstawie procentowego udziału, biorąc pod uwagę długość i szerokość ubytku. Wielkość zniszczeń (ubytków) kory podzielono na trzy grupy: do 25%, od 25,1 do 50% oraz powyżej 50%. Przy ocenie kierowano się obrazem uszkodzeń zarejestrowanym na wzorcowych fotografiach. Nie oceniano stopnia uszkodzenia kory na części dłużycy zasłoniętej, tj. leżącej na ziemi, czy zasłoniętej inną sztuką.

**Uszkodzenia mechaniczne** analizowano na podstawie występujących wgnieceń drewna spowodowanych przez rolki głowicy harwestera lub uszkodzeń drewna spowodowanych przez noże okrzyszujące głowicy. Uszkodzenia tego typu związane były jedynie z technologią

maszynową. Głębokość uszkodzeń mierzono suwmiarką z dokładnością do 2 mm, z podziałem na uszkodzenia powierzchniowe do 2 mm, płytkie od 2 do 10 mm i głębokie powyżej 10 mm.

**Zanieczyszczenia drewna** czynnikiem nieorganicznym (ziemią) i organicznym (mech, igliwie itp.) określano na podstawie stwierdzenia występowania go na czole i poboczniczy drewna okrągłego. Liczbę sztuk zanieczyszczonych w stosunku do ogółu wyrażono w procentach.

W badanych sortymentach odnotowano też występowanie wad drewna w postaci krzywizn, spłaszczeń i guzów.

Z uwagi na wstępny charakter badań oraz niemożliwość uwzględnienia wpływu doświadczeń operatorów na jakość obrabianego surowca, przy analizie wyników nie zastosowano testów statystycznych.

## Obszar badawczy

### Charakterystyka obiektu badań

Nadleśnictwo Brodnica wchodzi w skład RDLP w Toruniu, obejmuje powierzchnię 21 155 ha i w 2/3 położone jest w I Krainie Bałtyckiej, a w 1/3 w III Krainie Wielkopolsko-Pomorskiej. Dominują bogatsze siedliska z przewagą LMśw (49,6%), BMśw (28,5%) i Lśw (10,3%), na których przeważa sosna, zajmując 86% powierzchni. W 2011 r. pozyskano 97 580 m<sup>3</sup> średnio- i wielkowymiarowego drewna, w tym gatunków iglastych, głównie sosny 76 190 m<sup>3</sup> (czyli 78%). W I półroczu 2012 r. udział pozyskanych gatunków iglastych wyniósł 75%. Na podstawie analizy pozyskania drewna w technologii ręczno-maszynowej wynika, że w 2011 r. pozyskano w ramach cięć rębnych 71%, a w cięciach przedrębnych 95%, a resztę w technologii maszynowej.

Wybrane powierzchnie badawcze pod względem składu gatunkowego, wieku, wysokości, zasobności i zadrzewienia były podobne. Jedynie drzewostan, na którym pracował zespół nr 3 był starszy, o niższym zadrzewieniu i mniejszej zasobności. Opis taksacyjny drzewostanów zamieszczono w tab. 1.

**Tab. 1.** Opis taksacyjny powierzchni badawczych  
*Table 1. Taxational characteristics of sample plots*

Zespół	Technologia	Leśnictwo Oddział	Udział gatunków	Wiek [lata]	Wysokość [m]	Zasobność grubizny [m <sup>3</sup> /ha]	Zadrzewienie
1	M	Bryńsk 230 b	10 So	106	26	349	0,8
2	M	Bryńsk 226 c	10 So	113	24	328	0,9
3	R-M	Górzno 137 c	10 So	148	27	257	0,5
4	R-M	Borek 13 a	9 So, 1 Św.	108	27	384	0,8

M – technologia maszynowa, R-M – technologia ręczno-maszynowa

## Charakterystyka zespołów roboczych i ich wyposażenia

Drewno poddane analizie jakościowej pozyskiwane było przez cztery zespoły robocze pracujące na 4 powierzchniach badawczych. Poszczególne zespoły posiadały następujące maszyny:

Zespół nr 1 – harwester Ponsse Ergo 8W oraz forwarder Ponsse Gazelle.

Zespół nr 2 – harwester Sampo-Rosenlew 1066 oraz forwarder Ponsse Wisent.

Zespół nr 3 – pilarki Husqvarna 357 XP oraz ciągnik zrywkowy skider Timberjack 240B.

Zespół nr 4 – pilarki Husqvarna 346 XP oraz ciągnik zrywkowy skider Timberjack 240B do wstępnej zrywki oraz przyczepę samozaładowczą PD 80 pracującą z ciągnikiem Ursus 914 do dalszej zrywki. Harwester Ponsse Ergo 8W wyposażony był w głowicę obróbczą H7, a harwester Sampo-Rosenlew 1066 w głowicą Keto 150. Zarówno pilarze, jak i operatorzy byli wieloletnimi pracownikami.

## Wyniki badań

### Analiza długości wyrabianych sortymentów

W pozyskanym drewnie wielkowymiarowym metodą maszynową przeciętne odchylenia od zaprogramowanej długości wyniosło 37 mm w drewnie dłużycowym (WC0) oraz 27 mm i 28 mm w drewnie stosowym (S2a). W metodzie ręczno-maszynowej przeciętne odchylenie było większe i wyniosło 103 mm w drewnie dłużycowym oraz 50 mm i 23 mm w drewnie stosowym. W pojedynczych przypadkach odnotowano jednak większe różnice długości, np. przy metodzie maszynowej stwierdzono nawet 460 mm odchylenie (zespół 1) i 240 mm (zespół 2), natomiast przy metodzie ręczno-maszynowej maksymalne odstępstwa wymiarowe były mniejsze i wynosiły 300 mm (zespół 3) i 150 mm (zespół 4). Wielkości odchylenia długości sortymentów od zaprogramowanych wymiarów zawarto w tab. 2.

**Tab. 2.** Wielkości odchylenia długości sortymentów od zaprogramowanych wymiarów  
*Table 2. Size of length's deviations of timber grades from programmed measures*

Technologia	Zespół	Sortyment	Średnia wartość [mm]	Programowana długość sortymentu [mm]	Przeciętna miąższość sztuki [m <sup>3</sup> ]	Przeciętna średnica sztuki [mm]
M	2	WC0	37	4040	0,25	263
R-M	4	WC0	103	4300	0,36	302
M	1	S2a	27	2520	0,08	195
M	2	S2a	28	2520	0,08	191
R-M	3	S2a	50	2520	0,06	172
R-M	4	S2a	23	2520	0,10	226

M – technologia maszynowa, R-M – technologia ręczno-maszynowa

### Analiza jakości okrzesań sortymentów

Jakość okrzesań oceniano jedynie na podstawie analizy sortymentu stosowego S2a, gdyż ze względu na znikomą ilość gałęzi w dolnym odcinku strzały nie analizowano sortymentów dłużycowych typu WC0. Na podstawie analizy jakości okrzesań okazało się, że dokładniej okrzesań są sortymenty stosowe przy zastosowaniu pilarki niż harwestera. Przy okrzesańiu sortymentów stosowych harwestera przez oba zespoły udział sęków o długości powyżej 30 mm wyniósł powyżej 52%, a przy okrzesańiu pilarką poniżej 41%. Porównanie jakości okrzesań sortymentu S2a zamieszczono w tab. 3.

**Tab. 3.** Porównanie jakości okrzesań sortymentu S2a  
*Table 3. Comparison of debranching quality of timber grade S2a*

Rodzaj technologii	Zespół	Jakość okrzesań [%]		Programowana długość sortymentu [mm]	Przeciętna miąższość [m <sup>3</sup> ]	Przeciętna średnica [mm]
		Sęki do 30 mm	Sęki powyżej 30 mm			
M	1	46	54	2520	0,08	195
M	2	48	52	2520	0,08	191
R-M	3	59	41	2520	0,06	172
R-M	4	68	32	2520	0,10	226

M – technologia maszynowa, R-M – technologia ręczno-maszynowa

### Analiza uszkodzeń kory

Porównując oba poziomy technologiczne, okazało się, że znacznie mniejsze zniszczenia kory występują przy ścinaniu drzew pilarkami niż harwestera. Obserwacje dowiodły, że przy maszynowym pozyskiwaniu drewna zarówno dłużycowego, jak i stosowego, uszkodzenia kory powyżej 50% powierzchni są blisko 4-krotnie większe niż przy pozyskaniu ręczno-maszynowym. Analogicznie uszkodzenia kory w przedziale 25–50% – są ok. 2,5 razy większe przy maszynowym pozyskaniu drewna. Natomiast uszkodzenia kory do 25% powierzchni stwierdzono w 2-krotnie większej liczbie w sortymentach wyrabianych w technologii ręczno-maszynowej.

Na podstawie analizy ubytków kory powstałych przy zrywce drewna wynika, że surowiec najbardziej narażony jest na zderzenie kory podczas zrywki wleczonej, na etapie podciągania surowca wciągarką, a mniej zrywając go nasiębiernie. Średnie wartości ubytku kory w zależności od zastosowanej technologii zawarto w tab. 4.

**Tab. 4.** Średnie wartości ubytku kory w zależności od zastosowanej technologii  
*Table 4. Average amounts of bark loss according to applied technology*

Technologia	Zespół	Rodzaj sortymentu	Miejsce położenia badanego odcinka strzały	Kategorie uszkodzeń [%]		
				I Pow. 50	II 25,1–50	III Do 25
M	1,2	WC0	Odziomek	23,5	39,0	37,5
R-M	3,4	WC0	Odziomek	6,50	18,0	75,5
M	1,2	S2a	Część wierzchołkowa	15,5	49,5	35,0
R-M	3,4	S2a	Część wierzchołkowa	5,0	21,0	74,0

M – technologia maszynowa, R-M – technologia ręczno-maszynowa

## Analiza uszkodzeń mechanicznych drewna

Stwierdzono, że uszkodzenia mechaniczne drewna powodowane są głównie przez przesuwające się rolki i noże okrzesujące głowicy, dlatego badanie zostało przeprowadzone tylko w odniesieniu technologii maszynowej. Uszkodzenia drewna powodowane przez noże okrzesujące były znacznie większe przy obrabianiu sortymentu stosowego (S2a) i wynosiły ponad 60%, natomiast przy obrabianiu sortymentu dłużycowego (WC0) były o połowę mniejsze i wyniosły 30%.

Wyniki pokazały, że uszkodzenia powodowane rolkami głowicy, dla drewna wielkowymiarowego były najmniejsze w zakresie do 2 mm głębokości i wyniosły od 25 do 27%. Największe uszkodzenia odnotowano w przedziale 2 do 10 mm i wyniosły od 38 do 44%.

W drewnie średniowymiarowym różnice w poszczególnych przedziałach były mniejsze. Najmniejsze uszkodzenia drewna, odnotowano w przedziale do 2 mm i wyniosły średnio 31%. Wielkość uszkodzeń drewna dla zakresu pomiaru od 2 do 10 mm wyniosły od 28% (zespół 2) do 40% (zespół 1), a powyżej 10 mm wynosił od 27% (zespół 1) do 42% (zespół 2). Charakterystyka uszkodzeń drewna w technologii maszynowej zamieszczona została w tab. 5.

**Tab. 5.** Charakterystyka uszkodzeń drewna w technologii maszynowej

*Table 5. Profile of timber damages in mechanised technology*

Zespół	Sortyment	Uszkodzenia sortymentów drzewnych			Przeciętna miąższość [m <sup>3</sup> ]	Przeciętna średnica [mm]
		Powierzchniowe do 2 mm	Płytkie od 2 do 10 mm	Głębokie pow. 10 mm		
1	WC0	27,0	38,0	35,0	0,88	257
2	WC0	25,0	44,0	31,0	0,25	263
1	S2a	33,0	40,0	27,0	0,08	195
2	S2a	30,0	28,0	42,0	0,08	191

## Analiza zanieczyszczeń występujących w drewnie

Zanieczyszczenia organiczne w postaci mchu, runa leśnego czy igliwia oraz nieorganiczne takie jak cząstki gleby pojawiały się na drewnie podczas zrywki. Wielkość uzależniona była od grubości kory, miąższości sortymentu i rodzaju zrywki. Zanieczyszczenia te pojawiały się w największym stopniu podczas podciągania surowca do ciągnika zrywkowego i zrywki półpodwieszanej, a zrywając drewno nasiębiernie wielkość ich w znacznym stopniu malała.

Obecność zanieczyszczonych sortymentów w zrywanym nasiębiernie surowcu WC0 była najmniejsza i w odniesieniu do czoł została stwierdzona w 3% przypadków, a w odniesieniu do pobocznic drewna w 12%. Dwukrotnie większy udział zanieczyszczeń stwierdzono w przypadku zrywki półpodwieszanej i w ujęciu procentowym stwierdzono je – odpowiednio w 7% i 23%. Wielkość zanieczyszczeń surowca, który był wstępnie wleczony, a następnie zrywany nasiębiernie stwierdzono w 5% przypadków na czołach i w 49% na pobocznic. Stwierdzona wielkość zanieczyszczeń w przypadku zrywki wleczonej była aż 13-krotnie większa na czoł w porównaniu z zanieczyszczeniami stwierdzonymi przy zrywce nasiębierniej i 7-krotnie większa na pobocznic.

Występowanie zanieczyszczeń w sortymencie S2a było mniejsze zarówno przy zrywce nasiębiernej, jak i wleczonej niż w przypadku zrywania dłużyc. Najmniejsze wartości zanieczyszczeń stwierdzono przy zastosowaniu zrywki nasiębiernej. Średnio odnotowano je na 2 do 3% powierzchni czoł i w 4 do 5% przypadków na pobocznicach. Największe zanieczyszczenia w przypadku zrywki drewna wielkowymiarowego występowały podczas zrywki wleczonej i wynosiły 9% na czole i 72% na pobocznicy. Dane na temat obecności zanieczyszczeń w zerwanym drewnie zamieszczono w tab. 6.

**Tab. 6.** Występowanie zanieczyszczeń w zależności od rodzaju zrywki  
*Table 6. Occurrence of timber contaminant according to type of extraction*

Zespół	Rodzaj technologii	Zrywka	Sortyment	Obecność zanieczyszczeń (% liczby sztuk)		Przeciętna miąższość [m <sup>3</sup> ]	Przeciętna średnica [mm]
				Na czole	Na pobocznicy		
1	M	Półpodwieszona	WC0	7,0	23,0	0,88	257
2	M	Nasiębierna	WC0	3,0	12,0	0,25	263
3	R-M	Wleczona	WC0	39,0	83,0	0,80	277
4	R-M	Wleczona i nasiębierna	WC0	5,0	49,0	0,36	302
1	M	Nasiębierna	S2a	2,0	4,0	0,08	195
2	M	Nasiębierna	S2a	3,0	5,0	0,08	191
3	R-M	Wleczona	S2a	9,0	72,0	0,06	172
4	R-M	Wleczona i nasiębierna	S2a	20,0	52,0	0,10	226

M – technologia maszynowa, R-M – technologia ręczno-maszynowa

## Dyskusja

Podczas manipulacji drewna dłużycowego (wielkowymiarowego) metodą ręczno-maszynową odnotowano występowanie zróżnicowania wielkości odchyłeń wymiarów w powiązaniu z częścią strzały, a dla metody maszynowej brak było takiej zależności. Wyrabiając drewno wielkowymiarowe za pomocą harwesterów odchylenia od zaprogramowanej długości są mniejsze zarówno dla drewna wielko-, jak i średniowymiarowego.

Jakość okrzesywania drewna sortymentów średniowymiarowych była lepsza przy metodzie ręczno-maszynowej, a ponadto stwierdzono brak ubytków drewna spowodowanych wyrwyaniem grubych gałęzi ze strzał.

Na podstawie obserwacji stwierdzono, że wielkość ubytków kory w pozyskiwanym surowcu wielkowymiarowym uzależniona była od miąższości sztuk oraz występowania wad kształtu jak krzywizny, spłaszczenia, guzy, a także od grubości kory. Wymienione wady drewna nie mają znaczenia w przypadku metody ręczno-maszynowej, natomiast przy maszynowym pozyskaniu odgrywają istotną rolę, bowiem głowice obróbcze maszyn wielooperacyjnych powodują uszkodzenia mechaniczne i ubytki kory w miejscach występowania wspomnianych wad. Liczba uszkodzeń rośnie wraz z przesuwaniem się w górną część strzały i występowaniem tam cieńszych warstw kory.

W pozyskiwaniu ręczno-maszynowym największe ubytki kory powstają podczas zrywki drewna. Ich wielkość uzależniona jest od rodzaju zrywki. Zrywając drewno nasiębiernie ubytki



są znikome, natomiast w przypadku zrywki wleczonej i półpodwieszanej pojawiają się odarcia kory, zwłaszcza w wierzchołkowych częściach strzał, gdzie występuje cieńsza kora.

Uszkodzenia mechaniczne przy pracy harwesterem obserwowane w pozyskiwanym drewnie powodowane są przez rolki głowicy obróbczej, noże okrzęsujące oraz piłę łańcuchową. Analogicznie jak przy ubytkach kory, duże znaczenie na wielkość występowania tych uszkodzeń ma wpływ występowania wad kształtu drewna, miąższość danej sztuki, ilość i wielkość sęków.

Podczas obróbki drewna głowicami obróbczymi maszyn wielooperacyjnych uszkodzenia mechaniczne powodowane nożami okrzęsującymi powstają w miejscu występowania krzywizn. Rolki głowic obróbczych powodują uszkodzenia, które nasilają się w miarę konieczności kilkakrotnego „przejazdu” przez fragment strzały. Wynika to z konieczności wycięcia wad takich jak zgnilizny, pęknięcia czy okrzęsanie grubych gałęzi, które dają silny opór nożom okrzęsującym.

Przy pozyskiwaniu maszynowym odnotowano więcej uszkodzeń drewna odnoszących się też do głębszych warstw surowca. Natomiast przy metodzie ręczno-maszynowej powierzchnia tych uszkodzeń jest mniejsza i występują one w przyobwodowej warstwie surowca.

W zależności od rodzaju zrywki inaczej kształtuje się ilość zanieczyszczeń obecnych w kory. Największe zniszczenia surowca pojawią się podczas zrywki wleczonej, będącej etapem zrywki półpodwieszanej jest to najmniej korzystny rodzaj zrywki drewna w porównaniu ze zrywką nasiębierną. Najbardziej przyjazną dla środowiska jest zrywka nasiębierna. W przypadku tej zrywki mamy do czynienia z najmniejszymi uszkodzeniami kory podczas zrywki i surowiec jest praktycznie wolny od zanieczyszczeń.

Należy dodać, że na wydajność i na jakość wyrabianych sortymentów drzewnych istotny wpływ mają umiejętności operatora i dostosowanie odpowiedniej głowicy obróbczej do wymiarów drzew.

## Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika, że przy zastosowaniu harwestera osiąga się dokładniejszą manipulację sortymentów w zakresie długości. W przypadku pozyskania drewna pilarką uzyskuje się lepszą jakość okrzęsania sortymentów średniowymiarowych, odnotowuje się mniejsze uszkodzenia kory oraz brak jest uszkodzeń mechanicznych drewna. Przy porównaniu zrywki nasiębiernej i zrywki wleczonej (półpodwieszanej) stwierdzono, że większe zanieczyszczenia materią organiczną i nieorganiczną występuje w przypadku zrywki wleczonej.

## Literatura

- Bensch P. 2000. O forwarderach, harwesterach, leśnikach i Lasach Państwowych. *Przegl. Leśn.* 10: 6–7.
- Grodecki J., Stempki W. 2012. Czy harwestery zabiorą pracę drwalom? *Nowa Gazeta Leśna* 9: 14–16.
- Grodecki J., Stempki W. 2012. Maszynowe pozyskanie drewna. *Nowa Gazeta Leśna* 10: 16–18.
- Grodecki J. 2012. Dlaczego powinniśmy odchodzić od ręczno-maszynowego pozyskania drewna. W: *Bezpieczeństwo Pracy w Gospodarce Leśnej aspekty prawne i uwarunkowania technologiczne*. Wyd. Kat. Inż. Środ. Pracy, Tom VII: 20–24.
- Jodłowski K. 2001. Maszyny wielooperacyjne do pozyskiwania drewna oraz ich wykorzystanie w Europie. *Postępy techniki w leśnictwie* 79: 7–12.

- Kusiak W. 2008. Rynek harwesterów w Polsce. *Drwal Pismo Przedsiębiorców Leśnych* 12: 34–35.
- Moskalik T. 2004. Model maszynowego pozyskania drewna w zrównoważonym leśnictwie polskim: Wyd. SGGW Warszawa.
- Nowacka W.Ł. 2001. Aspekty ergonomiczne i bezpieczeństwa pracy przy pozyskiwaniu drewna maszynami wielooperacyjnymi. *Postępy techniki w leśnictwie* 79: 43–50.
- Norma PN-79/D-01011, Dotycząca podziału wad drewna.
- Norma PN-92/D-95000 Surowiec drzewny, pomiar, obliczanie miąższości i cechowanie drewna.
- Norma PN-93/D-02002 Surowiec drzewny, podział, terminologia i symbole.
- Robert W. 2001. Wyniki praktycznego stosowania harwestera i forwardera w Nadleśnictwie Dąbrowa. *Postępy techniki w leśnictwie* 79: 31–35.
- Stajniak J. 1994. Tendencje pozyskiwania drewna w technice i technologii. *Postępy techniki w leśnictwie zeszyt specjalny. SITLiD Warszawa*.
- Stempski W. 2003. Efektywność pozyskiwania drewna systemem sortymentowym w cięciach rębnych drzewostanów sosnowych. W. *Wybrane problemy techniki leśnej w leśnictwie wielofunkcyjnym*. Wyd. Katedra Techniki Leśnej AR w Poznaniu, 35–46.
- Suwała M. 1995. Wpływ wybranych metod i środków pozyskania drewna na uszkodzenia nadziemnych części drzew oraz powierzchniowych warstw gleb w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. *Prace. Inst. Bad. Leś. A.1995, (786): 59–71*.
- Suwała M. 2001. Wybrane aspekty ekonomiczne i środowiskowe pozyskiwania drewna z użycie harwestera. *Postępy techniki w leśnictwie* 79: 31–35.
- Suwała M. 2006. Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna pod względem kryteriów społecznych: *Leśne Prace Badawcze A.2006, 3(939): 19–26*.
- Suwała M., Jodłowski K. 2002. Wpływ procesów technologicznych na wydajność pracy i koszty pozyskania drewna w drzewostanach sosnowych starszych klas wieku. Cz. II Zręby zupełne. *Prace. Inst. Bad. Leś. A.2002, 3 (939): 43–64*.
- Wiśniewski J. 2001. Wyniki praktycznego stosowania harwestera i forwardera w Nadleśnictwie Gidle. *Postępy techniki w leśnictwie* 79: 36–42.
- Zarządzenie Nr 35 Dyrektora Generalnego Lasów Państwowych z dnia 14.05.2004 r. w sprawie tymczasowych zasad odbioru i ewidencji drewna kłodowanego iglastego przeznaczonego na rynek krajowy.

**Władysław Kusiak<sup>1</sup>, Kamil Śliwiński<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu,  
Zakład Higieny i Ochrony Pracy (kusiak@up.poznan.pl)

<sup>2</sup> Nadleśnictwo Brodnica