

Marian SUWAŁA

Instytut Badawczy Leśnictwa
Zakład Użytkowania Lasu
Sękocin Las, 05-090 Raszyn
e-mail: m.suwala@ibles.waw.pl

USZKODZENIA DRZEW I GLEBY PRZY POZYSKIWANIU DREWNA W WYBRANYCH RĘBNIACH ZŁOŻONYCH NA TERENACH NIZINNYCH

TREE DAMAGE AND SOIL DISTURBANCES AS RESULT
OF WOOD HARVESTING IN CHOSEN COMPLEX CUTTING SYSTEMS
ON THE LOWLAND

***Abstract.** Four technological processes of wood harvesting in the shelterwood or selection cutting methods on lowland were investigated in four mixed stands, two of them were dominated by Scots pine and other two with majority of European beech. Short-wood (cut-to-length) method was used in the two processes while the whole-stem system in the other two. In all cases the chain saw was used for felling and other technological operations. Forwarder and skidder were than applied for wood extraction; the distances between the strip roads were 30 and 60 m. The lowest level of tree damage (12,5% of injured trees and 6,2% of synthetic tree damage index) and soil disturbances (synthetic soil disturbance coefficient 4,0%) was obtained for the short-wood method with the use of forwarder for wood extraction and for 30 m distance between the strip roads. Highest level of tree damage was reached in the whole-stem method with the application of skidder for the wood extraction. For the 30 m and 60 m distances between the stripe roads the share of damaged trees was 20,5% and 19,6%, respectively the index – 11,5% and 10,9%, while the soil disturbance 7,8% and 8,4%.*

***Key words:** Shelterwood cutting system, wood harvesting, tree injury, soil disturbance.*

1. WPROWADZENIE*

Rębnie złożone nabierają w naszym kraju coraz większego znaczenia. Zainteresowanie nimi rośnie również w niektórych krajach europejskich, gdzie zaczynają być stosowane przy przebudowie drzewostanów litych, głównie świerkowych, na mieszane. W naszych warunkach do szczególnie trudnych należy pozyskiwanie drewna w rębni częściowej, stopniowej i przerębowej w wielowarstwowych drzewostanach mieszanych. Drzewostany te rosną przeważnie na stromych stokach, nawet na terenach zaliczanych do nizinnych, a także na gruntach podmokłych.

W Polsce metody stosowane do pozyskiwania drewna w rębniach złożonych, charakteryzujące się zrywką drewna w dłużycach z użyciem skiderów linowych, ciągników rolniczych lub koni, cechują się znacznymi uszkodzeniami drzew i gleby. Jednak wiedza o pozyskiwaniu drewna w rębniach złożonych jest jeszcze znikoma. Brak zwłaszcza wyników badań porównawczych różnych procesów technologicznych pozyskiwania drewna. Można jedynie założyć, że zastosowanie procesów technologicznych z zakresu metody drewna krótkiego z użyciem do zrywki forwardera może wpłynąć na zmniejszenie uszkodzeń drzew i gleby w rębniach złożonych.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

W rębniach złożonych poważnym problemem są uszkodzenia drzew i gleby, jednak literatura w odniesieniu do pozyskiwania drewna w tych trudnych warunkach jest dosyć uboga.

W ocenie uszkodzeń drzew podaje się najczęściej ich udział w ogólnej liczbie drzew pozostających po zabiegu. Na Litwie przeprowadzono badania uszkodzeń przy pozyskiwaniu drewna w rębniach złożonych w drzewostanach świerkowych z domieszką dębu, brzozy i olchy (VASILIAUSKAS 1989). W procesach technologicznych stosowano pilarkę i skider chwytakowy. Stwierdzono, że przeciętny udział uszkodzonych świerków wyniósł 24,8%. W ramach badań przeprowadzonych w Niemczech z użyciem harwestera do pozyskania drewna w rębni złożonej w drzewostanie mieszanym z udziałem buka, świerka i jodły wykazano udział drzew uszkodzonych na poziomie 9–11% (BACHER 2001). Miąższość ścinanych drzew wynosiła średnio około 0,8 m³. Szlaki zrywkowe wyznaczono w odstępnie 40 m. W USA NICHOLS i in. (1994) badali uszkodzenia drzew podczas stosowania rębni złożonych w drzewostanach z dominującym udziałem buka. Autorzy uwzględnili pozyskanie drewna na poziomie technicznym niższym (pilarka + skider linowy)

* Pracę wykonano w ramach tematu BLP-987 na zlecenie Dyrekcji Generalnej Lasów Państwowych

i wyższym (maszyna ścinkowo–układająca + skider chwytakowy), a także przy mniejszej i większej intensywności cięć. Stwierdzili, że najwięcej uszkodzeń nastąpiło w przypadku pozyskiwania drewna na niższym poziomie technicznym, przy większej intensywności cięć (225 zranień drzew/ha). W pozostałych wariantach rozmiar uszkodzeń drzew był podobny (94–107 zranień drzew/ha). Badania przeprowadzone w Polsce w rębni częściowej w górskim drzewostanie świerkowym wykazały, że udział drzew uszkodzonych wyniósł: 12,5% przy zastosowaniu metody drewna krótkiego ze ścinką i wyróbką pilarką oraz zrywką forwarderem, a 21,5% w przypadku metody całej strzały z użyciem pilarki i skidera (SUWAŁA i RZADKOWSKI 2001).

Udział drzew uszkodzonych nie uwzględnia zróżnicowania ran. Rany niskie określa się jako szczególnie niebezpieczne, ponieważ charakteryzują się największym prawdopodobieństwem infekcji i rozwoju grzybów, powodujących zgnilizny (SIEROTA 1995, WÄSTERLUND 1989, ŻÓŁCIAK 1997). Rany o powierzchni 100 cm² oraz zajmujące 1/8 obwodu pnia uznaje się za duże, o poważniejszych następstwach, np. dla produkcyjności lasu (FRÖDING 1992; ISOMÄKI, KALLIO 1974; Olson 1984, za SIRENEM 1991; PORTER 1997). Także rany głębokie, odkrywające i naruszające drewno, można zaliczyć do bardziej szkodliwych, ponieważ sprzyjają infekcjom, przede wszystkim grzybów wywołujących siniznę oraz ogólnie pojętej deprecjacji drewna (Olson 1984, za SIRENEM 1991; RYKOWSKI 1974). Zastosowany do oceny uszkodzeń drzew w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych syntetyczny wskaźnik, uwzględniający dotkliwość ran dla drzewa, kształtował się na poziomie 1,4 – 7,1%, w zależności od procesu technologicznego i odstępu między szlakami zrywkowymi. Był on najmniejszy przy pozyskiwaniu metodą drewna krótkiego, z użyciem pilarki i fowardera (SUWAŁA 1999).

Bardzo różne są wyniki badań uszkodzeń podrostów. W drzewostanach górskich stwierdzono, że przy zrywce koniem udział uszkodzonych drzew w podroście wyniósł 25,0%, a przy zrywce ciągnikiem rolniczym – 35,5% (MUSZYŃSKI 1995). Na podstawie innych badań, przy uwzględnieniu metody dłużycowej, ze ścinką i wyróbką pilarką oraz zrywką dwuetapową koniem (wyciąganie do szlaku) i ciągnikiem skider (zrywka po szlaku) w drzewostanie bukowym, wykazano 6,8% uszkodzonych podrostów (SOWA i in. 2000).

W rębniach złożonych konieczne jest także uwzględnianie uszkodzeń gleby i związanych z nimi uszkodzeń korzeni drzew. Jest to istotne, biorąc m.in. pod uwagę to, że 80–90% masy korzeni drzew iglastych znajduje się w jej wierzchniej warstwie grubości 30 cm, a około 90% korzeni przewodzących o średnicy do 0,3 mm położone jest na głębokości do 10 cm (DEMKO 1990). WÄSTERLUND (1989) podaje, że w drzewostanach w okresie trzebieży około 70% korzeni położonych jest w górnej warstwie gleby od 3 do 10 cm. ZIMMERMANN i BROWN (1981) stwierdzają ogólnie, że większość spośród mniejszych korzeni absorpcyjnych leży w obrębie górnych 15 cm gleby leśnej. Uszkodzenie gleby może być różnie

interpretowane, a pytanie o jego mierniki i wskaźniki pozostaje ciągle otwarte (MATTHIS 1994, SCHACK-KIRCHNER i HILDEBRAND 1994, WÄSTERLUND 1991). Określa się je zwykle przez podanie udziału procentowego powierzchni kolein i innych rodzajów zmian (bruzdy, płyty, ugniecenia) w powierzchni cięć oraz ich głębokości. W takim przypadku bardzo trudno jest porównywać rozmiary uszkodzeń gleby. Inną propozycją jest zastosowanie wskaźnika syntetycznego (SUWAŁA 1999), określającego udział procentowy sumy objętości różnych uszkodzeń gleby w objętości jej wierzchniej warstwy grubości 10 cm, w której znajduje się przeważająca część korzeni przewodzących. Prezentowane w literaturze wyniki badań uszkodzeń gleby odnoszą się niemal wyłącznie do pozyskiwania drewna w trzebieżach. Dla przykładu: wspomniany wyżej syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby w trzebieżach drzewostanów sosnowych wahał się od 2,4 do 6,7%, w zależności od procesu technologicznego pozyskiwania drewna i odstepu między szlakami zrywkowymi (SUWAŁA 1999).

Przedstawiony przegląd literatury daje ogólny pogląd na uszkodzenia następujące w drzewostanie. Możliwości ich ograniczenia można upatrywać m.in. w zastosowaniu metody drewna krótkiego z użyciem pilarki i forwardera.

3. CEL I ZAKRES PRACY

Ogólnym celem poznawczym pracy jest porównanie uszkodzeń drzew i gleby powstających przy procesach technologicznych stosowanych w metodzie dłużycowej (tradycyjnej) z zastosowaniem do zrywki skidera oraz w metodzie drewna krótkiego z użyciem do zrywki forwardera, przy określonych odstępach między szlakami zrywkowymi w rębniach przerębowej i częściowej (z wyłączeniem formy gniazdowej).

Celem praktycznym pracy jest wskazanie najmniej uciążliwych dla lasu procesów technologicznych pozyskiwania drewna w rębniach przerębowej i częściowej.

Biorąc pod uwagę cele pracy, do porównania zostały przyjęte niżej przedstawione metody i warianty procesów technologicznych pozyskiwania drewna (nazywane dalej procesami).

A. Metoda dłużycowa D_s , ze zrywką skiderem (Timberjack 240):

1. Proces D_s -PSP₃₀ – odstęp między szlakami około 30 m:
 - ścinka, z podstawowym ogólnym kierunkiem obalania w stronę od szlaku, oraz okrzesywanie drzew i przerzynka na dłużycę i części wierzchołkowe w całych długościach pilarką – P;
 - zrywka dłużyc i części wierzchołkowych skiderem – S;
 - wyróbka drewna pilarką – P, przy drodze wywozowej.

2. Proces D_3 -PSP₆₀ – odstęp między szlakami 60 m, pozostałe elementy jak w poprzednim procesie.

B. Metoda drewna krótkiego K_r ze zrywką forwardelem (Timberjack 1010):

1. Proces K_r -PF₃₀ – odstęp między szlakami około 30 m:

– ścinka z podstawowym, ogólnym kierunkiem obalania w stronę szlaku oraz okrzesywanie i wyróbka pilarką – P (drewno z części odziomkowej w kłodach, o średniej długości około 6 m, z części wierzchołkowej wyróbka wałków długości 2,0–2,4 m), z ręcznym składaniem wałków po kilka sztuk przy szlaku;

– zrywka drewna forwardelem – F, w zasadzie z podjazdem tyłem ciągnika bez ładunku po szlaku (lub wjazd przodem z zawracaniem), a jeżeli to jest możliwe – wjazd przodem ciągnika bez ładunku na szlak.

2. Proces K_r -PSFP₆₀ – odstęp między szlakami około 60 m:

– ścinka, okrzesywanie i wyróbka drewna pilarką – P, podobnie jak w procesie K_r -PF₃₀, z pozostawieniem części wierzchołkowych w całych długościach;

– dociąganie drewna do szlaku zrywkowego za pomocą wciągarci skidera – S;

– zrywka drewna forwardelem F, jak w procesie K_r -PF₃₀;

– wyróbka wałków z części wierzchołkowych pilarką P przy drodze wywozowej.

4. METODYKA I PRZEBIEG PRACY ORAZ CHARAKTERYSTYKA DRZEWOSTANÓW NA POWIERZCHNIACH BADAWCZYCH

4.1. Wskaźniki oceny

UDZIAŁ USZKODZONYCH DRZEW W DRZEWOSTANIE, DRZEWEK W PODROŚCIE I PODSZYCIE ORAZ SAMOSIEWEK W NALOCIE

Uszkodzenie drzew w drzewostanie obejmuje zranienia pnia (także złamanie, obalenie z korzeniami lub trwałe pochylenie związane z uszkodzeniem systemu korzeniowego), złamania żywych gałęzi oraz rany korzeni widoczne na powierzchni, w obrębie szyi korzeniowej danego drzewa.

Do podrostu i podszytu przyjęto zaliczać drzewka o wysokości ponad 50 cm, rosnące pod osłoną górną drzewostanu. Uszkodzenie drzewka w warstwie podrostu i podszytu obejmuje takie same zranienia, jak przedstawiono wyżej w warstwie drzew.

Do nalotu przyjęto zaliczać samosiewki o wysokości do 50 cm. Uszkodzenie samosiewki w nalocie obejmuje jakiegokolwiek naruszenie jej pierwotnego stanu (zranienie, złamanie, trwałe pochylenie, zgniecenie, wyrwanie).

Ogólny udział uszkodzonych drzew w warstwie drzew, drzewek w podroście i podszytu oraz samosiewek w nalocie D_0 obliczono według następującej formuły:

$$D_o = \frac{d_u \times 100}{D} \quad (\%)$$

gdzie:

d_u – liczba uszkodzonych drzew w warstwie drzew lub drzewek w podroście i podszybie lub samosiewek w nalocie,

D – liczba wszystkich drzew w warstwie drzew lub drzewek w podroście i podszybie, lub samosiewek w nalocie pozostających po zabiegu (łącznie z uszkodzonymi).

SYNTETYCZNY WSKAŹNIK USZKODZEŃ WARSTWY DRZEW

Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń warstwy drzew U_D został obliczony według poniższego wzoru (SUWAŁA 1999):

$$U_D = \frac{D_o + D_{0,1} + D_{100} + D_{0,125} + D_d}{5} \quad (\%)$$

gdzie:

D_o – ogólny udział procentowy drzew uszkodzonych,

$D_{0,1}$ – udział procentowy drzew z przynajmniej jedną raną niską $\leq 0,1$ m i/lub ze złamanym pniem, obalonych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym),

D_{100} – udział procentowy drzew z ranami o łącznej powierzchni > 100 cm² i/lub ze złamanym pniem, obalonych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym),

$D_{0,125}$ – udział procentowy drzew z co najmniej jedną raną obejmującą $> 0,125$ (1/8) obwodu w miejscu zranienia pnia, a więc także z jego złamaniem i/lub obalonych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym),

D_d – udział procentowy drzew z raną tkanki drzewnej (w tym ze złamaniem pnia, żywej gałęzi) i/lub obalonych całkowicie lub częściowo, trwale pochyłonych (z uszkodzonym systemem korzeniowym).

Wszystkie wskaźniki cząstkowe (D_o ; $D_{0,1}$; D_{100} ; $D_{0,125}$; D_d), ujęte w powyższej formule, stanowią udziały procentowe odpowiednich liczb drzew uszkodzonych, odnoszonych oddzielnie do wszystkich drzew pozostających w drzewostanie. Tak więc, to samo drzewo mające jedną lub więcej ran, może być uwzględnione do obliczenia wielkości średniej więcej niż jeden raz, jeżeli rany te – zgodnie z wyżej podanymi cechami – są dla drzewa bardziej dotkliwe.

SYNTETYCZNY WSKAŹNIK USZKODZEŃ GLEBY

Jako uszkodzenie gleby przyjęto wszelkie naruszenia i zmiany jej wierzchniej warstwy, obejmujące pośrednio zranienia i niszczenie korzeni drzew oraz roślin runa.

Do oceny przyjęto syntetyczny wskaźnik uszkodzeń wierzchniej warstwy gleby U_G , obliczany na podstawie poniższej formuły (SUWAŁA 1999):

$$U_G = G_{ko} + G_{bp} + 2G_{bg}$$

gdzie:

G_{ko} – udział procentowy objętości kolein w warstwie gleby o grubości 10 cm,

G_{bp} – udział procentowy objętości płytkich bruzd (głównie ugniecień gleby) o średniej głębokości do 5 cm, w warstwie gleby o grubości 10 cm,

G_{bg} – udział procentowy objętości głębokich bruzd (w dużej części wyłobionych czołami przemieszczanego drewna) o średniej głębokości powyżej 5 cm, w warstwie gleby o grubości 10 cm.

4.2. Prace terenowe i charakterystyka powierzchni badawczych

Charakterystyka powierzchni badawczych została przedstawiona w artykule “Wydajność pracy i koszt jednostkowy pozyskiwania drewna w wybranych rębniach złożonych na terenach nizinnych” (Prace Inst. Bad. Leś., ser. A, 2002/4 (946: 43-71).

Po wykonaniu zrywki prowadzono na działkach poniższe prace i pomiary do obliczenia wskaźników uszkodzeń drzew i gleby oraz uszkodzeń podrostów i nalotów w rębni częściowej.

Ewidencjonowano każde uszkodzone drzewo oraz dane dotyczące ran: wysokość na pniu, wymiary (przyjęto kształty: prostokąta, kwadratu, koła), głębokość (do drewna, z uszkodzeniem tkanki drzewnej), średnicę pnia w miejscu zranienia. Cechy ran wysokich szacowano z ziemi. Kierując się cechami ran oraz notatkami podczas prac pozyskaniowych ustalono, czy uszkodzenie drzewa nastąpiło podczas operacji technologicznych czy w trakcie zrywki.

W celu ustalenia uszkodzeń podrostu i podszytu oraz nalotu w rębni częściowej wyznaczono na każdej działce po trzy pasy szerokości 1 m, w przybliżeniu prostopadle do szlaku, poprowadzone do granic działki. Na pasach ustalono ogólną liczbę drzewek w podroście i poszycie oraz samosiewek w nalocie, w tym z uszkodzeniami. Udział uszkodzonych drzewek w podroście i podszytu oraz samosiewek w nalocie na działce obliczono jako średni arytmetyczny z poszczególnych pasów.

Długość kolein na działkach określono na podstawie pomiaru taśmą mierniczą.

W celu obliczenia powierzchni bruzd na działce zmierzono ich długość oraz szerokość (w przypadku bruzd o długości powyżej 4 m – szerokość ich mierzono co 2 m, w pozostałych przypadkach – pomiar wykonywano w miejscu uznanym wizualnie za przeciętnie szerokie);

W celu obliczenia średniej głębokości i szerokości kolein na działce wykonano pomiary co 2 m w losowo wybranej koleinie (minimum po 50 pomiarów). Głębokość mierzono od pierwotnego poziomu podłoża. Poziom ten ustalono za pomocą wykonanej w tym celu łąty metalowej.

W celu obliczenia średniej głębokości bruzd na działce wykonano pomiary co 2 m, podobnie jak w przypadku pomiaru kolein.

W obliczeniu objętości kolein i bruzd zdecydowano się również na pewne uproszczenie, mianowicie przyjęto, że ich przekrój poprzeczny ma kształt prostokąta.

4.3. Wykonanie obliczeń i analiz statystycznych

Wskaźniki uszkodzeń powstałych w drzewostanie w wyniku wybranych do badań procesów technologicznych obliczono jako średnie arytmetyczne z poszczególnych powierzchni doświadczalnych (drzewostanów).

Do oceny istotności wpływu procesów (technologii i techniki) na średnie wskaźniki zastosowano analizę wariancji przy użyciu testu Fischera. Weryfikacji hipotez dokonano na poziomie istotności $p_{\alpha} \leq 0,05$. W przypadku stwierdzenia istotnego wpływu procesów na wskaźniki oceny uszkodzeń przeprowadzono porównanie istotności różnic między średnimi wskaźnikami przy zastosowaniu testu Duncana (przy $p_{\alpha} = 0,05$).

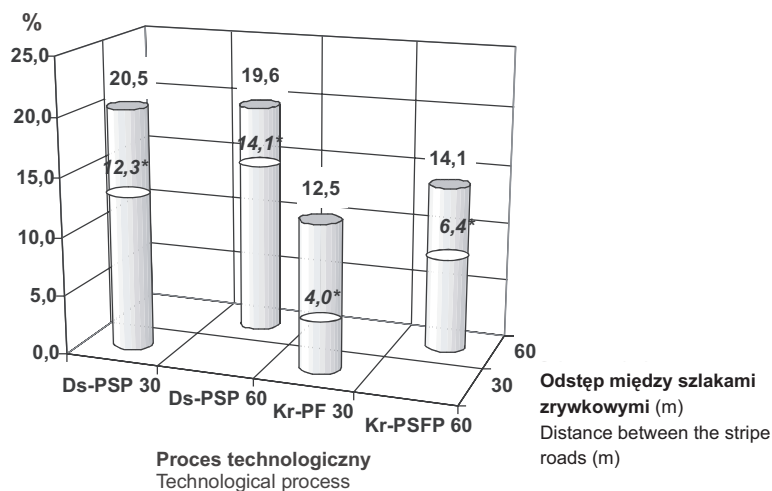
5. WYNIKI BADAŃ

Procentowy średni udział uszkodzonych drzew (w warstwie drzew) przy pozyskiwaniu drewna w badanych rębniach złożonych wynosi w poszczególnych procesach technologicznych (ryc. 1):

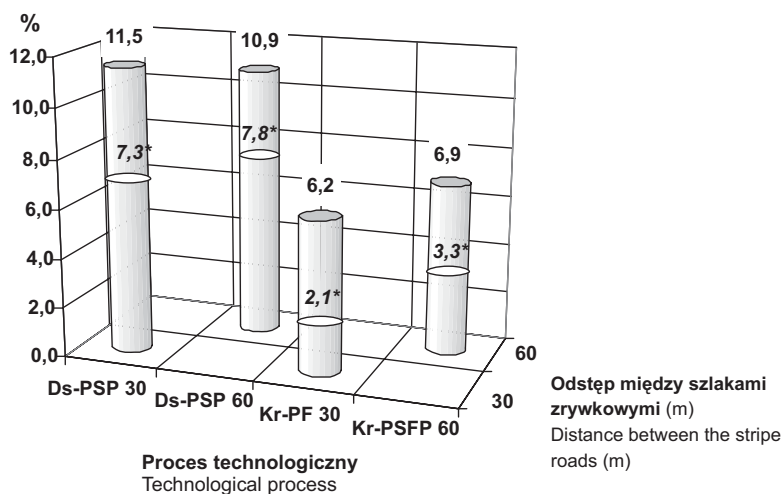
- w ramach metody dłuźycowej: $D_s\text{-PSP}_{30} - 20,5$; $D_s\text{-PSP}_{60} - 19,6$;
- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30} - 12,5$; $K_r\text{-PSFP}_{60} - 14,1$.

Średni wskaźnik uszkodzeń drzew wyrażony procentowo w badanych rębniach złożonych w poszczególnych procesach technologicznych kształtuje się następująco (ryc. 2):

- w ramach metody dłuźycowej: $D_s\text{-PSP}_{30} - 11,5$; $D_s\text{-PSP}_{60} - 10,9$;



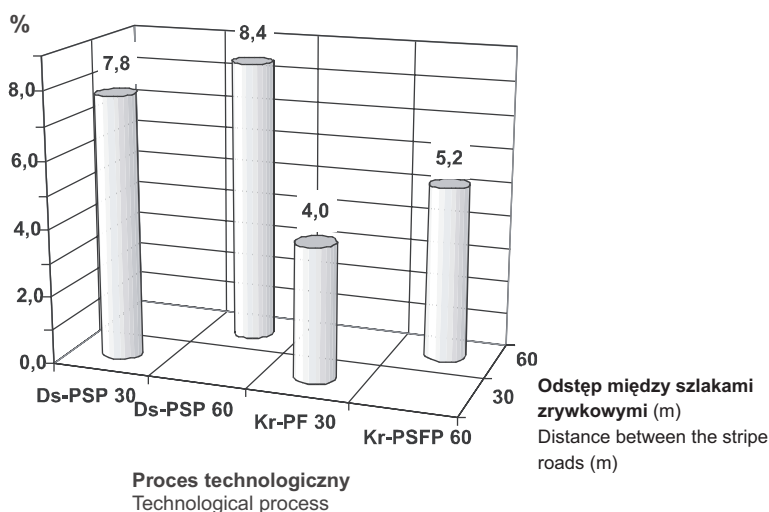
Ryc. 1. Procentowy średni udział drzew uszkodzonych przy ścince, wyróbce i zrywce (* w tym przy zrywce z uwzględnieniem wyciągania w odpowiednich procesach) w rębniach złożonych
 Fig. 1. Average percentage share of damaged trees in felling, bucking and extraction (*in extraction taking into account wood dragging in respective processes) in complex cuttings



Ryc. 2. Średni wskaźnik uszkodzeń drzew przy ścince, wyróbce i zrywce (* w tym przy zrywce z uwzględnieniem wyciągania w odpowiednich procesach) w rębniach złożonych
 Fig. 2. Average coefficient of tree damage in felling, bucking and extraction (*in extraction taking into account wood dragging in respective processes) in complex cuttings

- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30}$ – 6,2; $K_r\text{-PSFP}_{60}$ – 6,9.

Średni wskaźnik uszkodzeń gleby w badanych rębniach złożonych w poszczególnych procesach technologicznych przedstawiono na rycinie 3.



Ryc. 3. Procentowy średni wskaźnik uszkodzeń gleby przy pozyskiwaniu drewna w rębniach złożonych

Fig. 3. Average percentage share of soil disturbances in wood harvesting in complex cutting

W drzewostanach z przewagą buka procentowy udział drzew uszkodzonych w wyniku zastosowania poszczególnych procesów technologicznych wynosi:

- w ramach metody dłużycowej: $D_s\text{-PSP}_{30}$ – 25,0 (w tym przy zrywce – 14,0); $D_s\text{-PSP}_{60}$ – 24,7 (w tym przy zrywce – 18,4);
- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30}$ – 15,2 (w tym przy zrywce – 3,6); $K_r\text{-PSFP}_{60}$ – 18,5 (w tym przy zrywce – 7,3).

Procentowy wskaźnik uszkodzeń drzew w tych drzewostanach, w zależności od zastosowanych procesów technologicznych, kształtuje się następująco:

- w ramach metody dłużycowej: $D_s\text{-PSP}_{30}$ – 13,2 (w tym przy zrywce – 7,7); $D_s\text{-PSP}_{60}$ – 12,8 (w tym przy zrywce – 9,8);
- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30}$ – 6,6 (w tym przy zrywce – 1,6); $K_r\text{-PSFP}_{60}$: 8,1 (w tym przy zrywce – 3,4).

Procentowy wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach z przewagą buka, w zależności od zastosowanych procesów technologicznych, przedstawia się następująco:

- w ramach metody dłużycowej: $D_s\text{-PSP}_{30}$ – 11,5; $D_s\text{-PSP}_{60}$ – 12,4;
- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30}$ – 6,0; $K_r\text{-PSFP}_{60}$ – 9,2.

W drzewostanach z przewagą sosny procent udziału drzew uszkodzonych w warstwie drzew, przy pozyskiwaniu drewna w ramach poszczególnych procesów technologicznych wynosi:

- w ramach metody dłuźycowej: $D_s\text{-PSP}_{30}$ – 16,0 (w tym przy zrywce – 10,7); $D_s\text{-PSP}_{60}$ – 14,5 (w tym przy zrywce 9,8);
- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30}$ – 10,9 (w tym przy zrywce – 4,5); $K_r\text{-PSFP}_{60}$ – 9,7 (w tym przy wyciąganiu i zrywce – 5,6).

Procentowy wskaźnik uszkodzeń drzew w tych samych warunkach kształtuje się następująco:

- w ramach metody dłuźycowej: $D_s\text{-PSP}_{30}$ – 9,9 (w tym przy zrywce – 6,9); $D_s\text{-PSP}_{60}$ – 9,1 (w tym przy zrywce 5,8);
- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30}$ – 5,8 (w tym przy zrywce – 2,6); $K_r\text{-PSFP}_{60}$ – 5,7 (w tym przy zrywce – 3,2).

Udziały procentowe uszkodzonych drzewek w podroście i podszycie oraz samosiewek w nalocie przy pozyskiwaniu drewna cechują się bardzo dużą zmiennością. Nie stwierdzono wyraźniejszych prawidłowości pod względem wpływu procesów technologicznych na wskaźniki, wobec czego uznano za właściwe przedstawienie jedynie ogólnej skali problemu. Mianowicie, udział uszkodzonych podrostów i podszytów wyniósł przeciętnie 14% i wahał się od 0 do 26%, natomiast średni udział uszkodzonych nalotów osiągnął 15% i wahał się w przedziale 0–35%. W obu przypadkach zaobserwowano, że ponad połowa uszkodzeń nastąpiła już podczas ścinki drzew.

Procentowy wskaźnik uszkodzeń gleby w drzewostanach z udziałem sosny w zależności od zastosowanych procesów technologicznych przedstawia się następująco:

- w ramach metody dłuźycowej: $D_s\text{-PSP}_{30}$ – 4,1; $D_s\text{-PSP}_{60}$ – 4,4;
- w ramach metody drewna krótkiego: $K_r\text{-PF}_{30}$ – 2,0; $K_r\text{-PSFP}_{60}$ – 1,3.

6. PODSUMOWANIE, ANALIZA I DYSKUSJA WYNIKÓW

6.1. Udział drzew uszkodzonych przy pozyskiwaniu drewna w rębniach złożonych

Na podstawie uzyskanych wyników (ryc. 1), mimo ich dużej zmienności między powtórzeniami – drzewostanami (współczynnik zmienności wynosi od 30 do 80%), można przedstawić następujące spostrzeżenia:

– udział drzew uszkodzonych we wszystkich procesach technologicznych jest duży, jednak wyraźnie mniejszy w ramach metody drewna krótkiego ze zrywką forwarderem niż w metodzie dłuźycowej z użyciem skidera;

– w metodzie drewna krótkiego nieco mniejszy jest udział drzew uszkodzonych przy odstępach między szlakami zrywkowymi 30 m (zrywka jednoetapowa forwarderem), niż kiedy wynosi on 60 m (wyciąganie do szlaku wciągarką skidera,

następnie zrywka forwarderem), natomiast w metodzie dłuźycowej udział drzew uszkodzonych jest podobny w obu przypadkach (wyciąganie i zrywka skiderem);

– zwraca uwagę znaczny i podobny we wszystkich procesach technologicznych udział drzew uszkodzonych przy ścinie i obalaniu drzew – w metodzie drewna krótkiego jest on większy niż przy zrywce forwarderem, natomiast w metodzie dłuźycowej większy jest udział drzew uszkodzonych przy zrywce skiderem niż przy ścinie.

Okazało się także, że udział uszkodzonych drzew był znacznie większy w drzewostanach z przewagą buka, o dużych wymiarach drzew i mocno ugałęzionych, niż w przypadku drzewostanów z udziałem sosny. Interesujące jest, że udział drzew uszkodzonych, szczególnie w drzewostanach z udziałem buka, jest większy niż w przypadku pozyskiwania drewna w rębni złożonej z użyciem harwestera (BACHER 2001). Bezwzględne wielkości wskaźników i ich relacje w zależności od zastosowanych metod są podobne do przedstawionych w przypadku rębni częściowej w warunkach górskich (SUWAŁA i RZADKOWSKI 2001).

6.2. Wskaźnik uszkodzeń drzew przy pozyskiwaniu drewna w rębniach złożonych

Mimo że w przypadku niektórych procesów technologicznych uzyskane wyniki (ryc. 2) cechują się znaczną zmiennością między powtórzeniami (współczynnik zmienności od 19 do 74%), można stwierdzić, że:

– uszkodzenia drzew są wyraźnie mniejsze przy pozyskaniu metodą drewna krótkiego ze zrywką forwarderem niż przy pozyskaniu drewna metodą dłuźycową z użyciem skidera;

– uszkodzenia drzew w obu przypadkach są podobne przy odstępach między szlakami zrywkowymi 30 i 60 m (tylko przy samej zrywce są mniejsze przy odstępach między szlakami 30 m, szczególnie w przypadku forwardera);

– niezależnie od zastosowanego procesu technologicznego uszkodzenia przy ścinie i obalaniu drzew są znaczne. Stosując metodę drewna krótkiego są one większe przy pozyskaniu i wyróbce niż przy zrywce forwarderem, natomiast w metodzie dłuźycowej większe są uszkodzenia przy zrywce skiderem niż przy ścinie.

Uszkodzenia drzew były znacznie większe w drzewostanach z przewagą buka niż w drzewostanach z udziałem sosny. Wskaźniki uszkodzeń przy pozyskaniu drewna w rębniach złożonych okazały się wyraźnie większe niż w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych (SUWAŁA 1999), a zdecydowały o tym głównie stosunkowo duże uszkodzenia przy ścinie drzew.

6.3. Udział procentowy uszkodzonych drzewek w podroście i podszycie oraz samosiewek w nalocie

Ponad połowa uszkodzeń w podroście i podszycie nastąpiła już podczas ścinki drzew. Podany w wynikach średni udział uszkodzonych drzewek w podroście i podszycie (14%) lokuje się pośrodku między wynikami uzyskanymi przez Łuca (MUSZYŃSKI 1995) a prezentowanymi przez SOWĘ i in. (2000).

6.4. Wskaźnik uszkodzeń gleby w rębniach złożonych

Wskaźnik uszkodzeń gleby w rębniach złożonych (ryc. 3) charakteryzował się dużą zmiennością między powtórzeniami (współczynnik zmienności wahał się od 58 do 88%). Można jednak zauważyć następujące tendencje:

- uszkodzenia gleby są wyraźnie mniejsze w przypadku metody drewna krótkiego niż w przypadku metody dłużycowej (wyniki średnie oraz na terenach podmokłych przemawiają za stosowaniem odstepu między szlakami 30 m);
- przy stosowaniu metody dłużycowej uszkodzenia gleby przy odstepie między szlakami 30 i 60 m są bardzo podobne (przy odstepie 30 m – większa jest powierzchnia kolein w drzewostanie, ale mniejsza ich głębokość, natomiast przy odstepie 60 – mniejsza jest powierzchnia kolein, a nieco większa ich głębokość, z tytułu większej miąższości drewna przypadającej na odcinek szlaku i większej liczby przejazdów na podmokłym terenie; w obu przypadkach trzeba doliczyć uszkodzenia gleby zrywanym drewnem).

Uszkodzenia gleby okazały się znacznie większe w drzewostanach z udziałem buka niż w drzewostanach z udziałem sosny. Decydujące znaczenie miało to, że drzewostany bukowe rosły na terenach podmokłych. W drugim przypadku tylko jeden drzewostan znajdował się na terenie podmokłym. W drzewostanach z przewagą sosny wskaźniki uszkodzeń gleby przy pozyskaniu drewna w rębni złożonej (jeżeli tereny nie są podmokłe) są porównywalne do wskaźników uszkodzeń gleby w wyniku późnych trzebieży w drzewostanach sosnowych (SUWAŁA 1999).

7. WNIOSKI I PROPOZYCJE

1. Przyjęte wskaźniki pozwalają na dokonanie oceny uszkodzeń drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna w rębniach złożonych na terenach nizinnych.

2. Uszkodzenia drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna w rębniach złożonych cechowały się znaczną zmiennością między powtórzeniami (drzewostanami), wynikającą w szczególności z dużego zróżnicowania warunków drzewostanowych i terenowych. Wyniki badań pozwalają jednak na stwierdzenie, że pozyskanie metodą drewna krótkiego z użyciem forwardera do zrywki odznacza się mniejszymi uszkodzeniami drzew i gleby niż metodą dłużycową ze zrywką skiderem, przy

takich samych odstępach między szlakami zrywkowymi. W obu metodach duża część uszkodzeń drzew, drzewek w podroście i podszycie oraz samosiewek w nalocie następuje już podczas ścinki.

3. Biorąc pod uwagę najmniejsze przeciętne uszkodzenia drzew przy pozyskaniu drewna proponuje się w drzewostanach na terenach zagospodarowanych rębnią częściową i przerębową stosowanie metody drewna krótkiego, z procesem technologicznym obejmującym ścinkę i wyróbkę drewna pilarką w kłodach i wałkach (długości minimum 2 m) na powierzchni cięć oraz jednoetapową zrywkę forwarderem. Do tego procesu konieczne jest stosowanie szlaków zrywkowych w odstępach około 30 m, szerokości około 4 m.

4. W rębniach częściowej i przerębowej na terenach równinnych oraz na stokach o nachyleniu do około 35% celowe jest także stosowanie metody drewna krótkiego z procesem technologicznym obejmującym: ścinkę i wyróbkę pilarką (kłody z części odziomkowych i części wierzchołkowe o długości do około 6 m), wyciąganie drewna do szlaków zrywkowych za pomocą wciągarki zamontowanej na ciągniku lub koniem, zrywkę drewna forwarderem po szlakach do miejsca załadunku na zestaw wywozowy oraz wyróbkę wałków z części wierzchołkowych po zrywce. W tym przypadku możliwe jest stosowanie szlaków zrywkowych szerokości około 4 m w odstępach około 60 m. Proces ten cechuje się mniejszymi uszkodzeniami drzew i gleby niż procesy w ramach metody dłużycowej.

5. W rębni częściowej i przerębowej w przypadku metody dłużycowej ze zrywką drewna skiderem proponuje się stosowanie odstępów między szlakami zrywkowymi około 60 m, bowiem na podstawie niniejszych badań uszkodzenia drzew i gleby okazały się podobne przy odstępach między szlakami około 30 i 60 m.

6. Konieczne jest prowadzenie dalszych badań, zmierzających do ograniczenia uszkodzeń drzew i gleby w rębniach złożonych, przy bardzo dużym zróżnicowaniu warunków terenowych i drzewostanowych, co z kolei także powoduje dużą zmienność wyników.

Autor składa serdeczne podziękowania Panom Nadleśniczym i Pracownikom Nadleśnictw Elbląg, Gidle i Kwidzyn oraz Kolegom z Zakładu Użytkowania Lasu za pomoc w badaniach terenowych.

TREE DAMAGE AND SOIL DISTURBANCES AS RESULT OF WOOD HARVESTING IN CHOSEN COMPLEX CUTTING SYSTEMS ON THE LOWLAND

Summary

The aim of the study was to determine the extend of damage to trees remaining in the forest after cutting and the soil disturbances due to an impact of the whole-stem and short-wood methods of wood harvesting with application of skidder in the first one and forwarder in the second. In all variants the chain saw was used for tree felling and other technological operations. In both methods the distances between the strip roads were 30 and 60 m. All measurements were done in four mixed stands, located on the lowland "fresh forest" and "fresh mixed forest" forest site fertility categories and subjected to the shelterwood or selection cutting. Two of stands were dominated by European beech with oak, birch, hornbeam, ash, lime, alder, pine and spruce admixture, while the other two by the Scots pine accompanied by the beech, birch and oak.

Obtained results indicate that least harmful side effect was caused by application of short-wood method with forwarder and 30 m distance between the stripe roads. The share of damaged trees was in this variant 12,5%, synthetic tree damage index – 6,2% and synthetic soil disturbance coefficient – 4,0%. On the contrary, the highest damage was reached in the whole-stem method with the application of skidder for the wood extraction. For the 30 m and 60 m distances between the stripe roads the share of damaged trees was respectively 20,5% and 19,6%, the index – 11,5% and 10,9%, and the soil disturbance – 7,8% and 8,4%.

The damage to saplings and selfsown seedlings was found not to be dependent on wood harvesting method. It might be only mentioned that average share of damaged saplings was 14% and varied between 0 and 26% among replications and variants, while the mean share of damaged regeneration was 14% and range 0 – 35%. It was also noticed that significant part of tree damage and majority of damage to saplings and selfsown seedlings occurred during felling of trees.

Based on the findings mentioned above the following might be concluded and recommended for practice:

- Chosen coefficients and indexes allow to evaluate the extend of tree damage caused by wood harvesting operations in the complex cutting systems on lowlands.

- Damage showed high variability among variants and replications what was related to the certain stage to the diverse stand and side conditions. However, due to obtained results it might be concluded that significantly lower damage was caused by application of short-wood method with the use of forwarder than by the whole-stem method with the use of skidder as compared for the same distance between the stripe roads. In both methods the large portion of damage to trees, saplings and selfsown seedlings was made during felling of trees.

- In the shelterwood and selection cuttings on plains and slopes not exceeding 35% the cut-to-length method (logs and rolls not shorter than 2 m) with the use of chain saw for technological operations and forwarder for one-stage wood extraction is recommended, as protecting against damage to understorey and soil disturbances. In this case 30 m distance between the 4 m wide strip roads should be maintained.

- The use of two-stage wood extraction, with the use of horse or winch at the first and than forwarder at the second stage might be also reasonable. In this case the logs and tops of trees (approximately 6 m long) are subjected to extraction. After extraction tops of trees are cut into rolls. 60 m distance between the 4 m wide stripe roads is necessary for this method.

- In the shelterwood and selection cuttings in the whole-stem method with the use of skidder for wood extraction the 60 m distance between the stripe roads is suggested due to insignificant difference of tree damage and soil disturbances between distances tested in the experiments (30 and 60 m).

(transl. P. L.)

LITERATURA

- BACHER M. 2001: Strategien der Holzernte in naturnahen Waldbeständen. AFZ-DerWald, 21: 1097-1099.
- DEMKO J. 1990: Compaction of forest soil by skidding devices (The special forest wheel traktor LKT-81). Lesnictví, 11: 921-930.
- FRÖDING A. 1992: Beståndsskador vid gallring (Thinning damage to coniferous stand in Sweden). Sveriges Lantbruksuniversitet. Garpenberg.
- ISOMÄKI A., KALLIO T. 1974: Consequences by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Acta For. Fen., 136: 1-24.
- MATTHIS B. 1994: Erfassung von Bodenschäden. Allg. Forst Zeit., 13: 723.
- MUSZYŃSKI Z. 1995: Wyniki badań technologii, środków i warunków pozyskania drewna najmniej szkodliwych dla drzewostanu i gleby, w warunkach górskich. AR w Krakowie. Sprawozdanie z badań: 1-24.
- NICHOLS M. T., LEMIN R. C. JR, OSTROFSKY W. D. 1994: The impact of two harvesting systems on residual stems in a partially cut stand of northern hardwoods. Can. J. For., 24: 350-357.
- PORTER B. 1997: Techniczne, ekonomiczne i przyrodnicze aspekty zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przedrębnych. Fundacja "Rozwój SGGW". Warszawa.
- RYKOWSKI K. 1974: Występowanie sinizny w miejscach zawieszania zbiorników żywiczarskich. Prace Inst. Bad. Leś., 458: 13-42.
- SCHACK-KIRCHNER H., HILDEBRAND E. E. 1994: Wie läßt sich das Vorsorgeprinzip bei Holzernte-konzepten berücksichtigen? Allg. Forst Zeit., 13: 720-722.
- SIEROTA Z. 1995: Rola grzyba *Phlebiopsis gigantea* (Fr.: Fr.) Jülich w ograniczaniu huby korzeni w drzewostanach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) na gruntach porolnych. Prace Inst. Bad. Leś., A, 810: 1-180.
- SIREN M. 1991: Värdering av gallringsskador. Fol. For., 772: 80-83.
- SOWA J., STAŃCZYKIEWICZ A., SZEWCZYK G. 2000: Badania nad rozmiarem szkód pozyskaniowych w odnowieniach jodłowo-bukowych w drzewostanach podgórskich. [W:] Stan i perspektywy badań z zakresu użytkowania lasu. Mat. III konferencji leśnej, Sękocin Las, 30-31 marca 2000 r. Wyd. Inst. Bad. Leś. Warszawa: 140-151.
- SUWAŁA M. 1999: Uszkodzenia drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. Prace Inst. Bad. Leś., A, 873: 1-86.
- SUWAŁA M., RZADKOWSKI S. 2001: Wydajność pracy, koszty i uszkodzenia drzew przy pozyskiwaniu drewna w rębni częściowej, w drzewostanach górskich. Prace Inst. Bad. Leś., A, 920: 47-65.
- VASILJAUSKAS R. A. 1989: Povraždenija i ranevye gnili eli w nasaždenach Litvy, provedenych nesplošnymi rubkami. Ekologija i Zaščita Lesa: 102-114.
- WÄSTERLUND I. 1989: Effect of damage on the newly thinned stand due to mechanized forest operations. Proceedings of the Seminar on the Impact of mechanization of forest operations to the soil. Louvain-la-Neuve (Belgium): 164-175.
- WÄSTERLUND I. 1991: Demonstration and discussion on how to measure soil disturbance and soil compaction in forestry. IUFRO Project group P3.08.00. Organizational meeting in Norway: 1-5.
- ZIMMERMANN M. H., BROWN C. L. 1981: Drzewa, struktura i funkcje. PWN, Warszawa.