

MARIUSZ BEMBENEK, DIETER F. GIEFING, ZBIGNIEW KARASZEWSKI, PIOTR S. MEDERSKI, ANNA SZCZEPAŃSKA-ÁLVAREZ

Uszkodzenia drzew w następstwie trzebieży wczesnych w nizinnych drzewostanach świerkowych

Tree damage in lowland spruce stands caused by early thinnings

ABSTRACT

Bembenek M., Giefig D. F., Karaszewski Z., Mederski P. S., Szczepańska-Álvarez A. 2013. Uszkodzenia drzew w następstwie trzebieży wczesnych w nizinnych drzewostanach świerkowych. Sylwan 157 (10): 747-753.

The paper presents analysis of tree damage after early thinning in lowland spruce stands. Percentage of tree with damage and weighted damage index (WDI) were considered. Three different thinning operations were analysed, in which different cutting method was applied. The smallest level of damage was observed when short wood system (SWS) was used. There were no significant differences between frequency of damage when full tree (FTS) and long wood (LWS) systems were compared.

KEY WORDS

spruce, tree damage, timber harvest methods, early thinning

ADDRESSES

Mariusz Bembenek ⁽¹⁾ – e-mail: mariusz.bembenek@up.poznan.pl

Dieter F. Giefig ⁽²⁾ – e-mail: d_giefig@itd.poznan.pl

Zbigniew Karaszewski ⁽²⁾ – e-mail: z_karaszewski@itd.poznan.pl

Piotr S. Mederski ⁽¹⁾ – e-mail: piotr.mederski@up.poznan.pl

Anna Szczepańska-Álvarez ⁽³⁾ – e-mail: aszczep@up.poznan.pl

⁽¹⁾ Katedra Użytkowania Lasu; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 71A; 60-625 Poznań

⁽²⁾ Zakład Badania i Zastosowań Drewna; Instytut Technologii Drewna; ul. Winiarska 1; 60-654 Poznań

⁽³⁾ Katedra Metod Matematycznych i Statystycznych; Uniwersytet Przyrodniczy; ul. Wojska Polskiego 28; 60-637 Poznań

Wstęp

Pierwsze cięcia pielęgnacyjne o charakterze selekcji pozytywnej prowadzone w fazie tyczkownicy i drągownicy mają zasadnicze znaczenie dla jakości drzewostanu. Przy istniejącym deficycie drewna surowiec uzyskany podczas ich wykonywania stanowi znaczną część pozyskania. W drzewostanach świerkowych, stanowiących w Polsce 6,8% zasobów drzewnych [Leśnictwo 2011], wykonanie pierwszego zabiegu z pozyskiwaniem miąższowości może skutkować narażeniem na czynniki fitopatologiczne [Meng 1978; Vasiliauskas 2001; Chomicz 2012], a nawet zwiększeniem ryzyka wystąpienia kłęski żywiołowej [Łakomy i in. 2001]. Pierwotną przyczyną tych zagrożeń w świerczynach mogą być rany powstałe podczas ścinki i zrywki na drzewach pozostających w drzewostanie. Ich pojawianie się podczas prac pozyskaniowych wydaje się trudne do uniknięcia. Należy natomiast szukać rozwiązań zmniejszających tę uciążliwość w środowisku leśnym [Michalec i in. 2013]. Badania z tego zakresu prowadzone były w drzewostanach różnogatunkowych i różnowiekowych. W warunkach nizinnych analizowano uszkodzenia drzewostanów sosnowych [Giefig 1995; Giefig i in. 2000; Karaszewski i in. 2013b] oraz bukowych [Giefig, Mana 1995]. Efektem

tych badań było zweryfikowanie wypracowanych metod badawczych [Giefing i in. 2012]. W warunkach górskich uszkodzenia drzewostanów iglastych badali Stańczykiewicz [2006; 2011], Stańczykiewicz i in. [2010; 2012], Zastocki i Walczak [2011] oraz Sowa i in. [2011].

Celem niniejszej pracy było określenie poziomu uszkodzeń powstałych podczas pozyskiwania drewna w nizinnych drzewostanach świerkowych. Przyjęto hipotezę, iż długość zrywanego drewna będzie wpływać na poziom uszkodzeń pozostających drzew, których częstość będzie się zwiększać ze wzrostem długości pozyskiwanego drewna. Założono także, że wykorzystanie ważonego wskaźnika uszkodzeń WDI może wpływać na wyselekcjonowanie najmniej uciążliwej dla drzewostanu metody pozyskiwania.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono w przedrębnych, nizinnych drzewostanach II klasy wieku z minimum 70% udziałem świerka (tab. 1), w których przy braku pokrywy śnieżnej i niezamarzniętej glebie wykonano trzebież wczesną (TW). Powierzchnie zlokalizowano na terenie nadleśnictw Zaporowo (RDLP w Olsztynie) i Różańsko (RDLP w Szczecinie). W celu udostępnienia drzewostanu założono sieć szlaków zrywkowych o szerokości 3 m. W zależności od przyjętej technologii pozyskiwania drewna odległość między szlakami wynosiła 20 lub 40 m. Szerszy odstęp stosowano w procesach technologicznych opartych na metodzie całego drzewa (FTS; ang. Full Tree System) oraz metodzie drewna długiego (LWS; ang. Long Wood System). W procesach technologicznych bazujących na systemie drewna krótkiego (SWS; ang. Short Wood System) zastosowano odstęp węższy. Ścinkę, okrzesywanie i przerzynkę wykonywano pilarką (P), a zrywkę prowadzono wciągarką Multi FKS (W), koniem (K) lub ciągnikiem rolniczym Ursus C-360 (C). Założono łącznie 6 powierzchni próbnych w kształcie kwadratów o bokach 50 m (0,25 ha). Granice powierzchni utrwalono na drzewach granicznych. Działki zlokalizowano w kilkumetrowych odstępach od granicy drzewostanu oraz od sąsiednich działek, tworząc otulinę w celu wykluczenia możliwości zniekształcenia wyników badań przez technologie realizowane na sąsiednich powierzchniach.

Przed rozpoczęciem trzebieży pomierzono pierśnice drzew pozostających oraz wyznaczonych do usunięcia. Następnie dokonano posztucznej kontroli drzew w celu zarejestrowania uszkodzeń istniejących przed rozpoczęciem prac pozyskaniowych. Po wykonanej trzebieży ustalono liczbę uszkodzonych i zniszczonych drzew, biorąc pod uwagę miejsce uszkodzenia (korzenie, szyja korzeniowa i pień) oraz głębokość uszkodzenia (kora, łyko, drewno). Przeanalizowano łącznie 1973 drzewa. Uszkodzenia zakwalifikowane zostały do jednej z dziewięciu klas (tab. 2),

Tabela 1.

Charakterystyka drzewostanów na powierzchniach próbnych
Stand characteristics in sample plots selected for study

Proces	Liczba drzew pozostających [szt./ha]	Liczba drzew uszkodzonych [szt./ha]	Miąższosć pozyskanego drewna [m ³ /ha]	Pierśnica po zabiegu [cm]	Pierśnica drzew pozyskiwanych [cm]	Współczynnik intensywności trzebieży*
FTS PW	972	132	16,60	11,07	8,93	0,81
FTS PK	1180	204	20,24	11,44	9,75	0,85
LWS PK	1440	220	18,84	11,64	8,89	0,76
LWS PW	1304	216	16,12	11,58	8,50	0,73
SWS PW	1148	52	14,04	11,12	8,49	0,76
SWS PC	988	36	15,36	12,56	10,59	0,84

* stosunek średniej pierśnicy drzew pozyskiwanych do średniej pierśnicy drzew pozostających po zabiegu

* mean diameter (DBH) of extracted trees divided by mean diameter of the residual trees

Tabela 2.

Klasy uszkodzenia drzew
Tree damage classes

Klasa uszkodzenia	Miejsce uszkodzenia	Rodzaj uszkodzenia
1	Kora Pień lub szyja korzeniowa	Otarcia kory
2	Kora Korzenie	Otarcia kory
3	Łyko Pień lub szyja korzeniowa	Zdarta kora, odsłonięte lub uszkodzone łyko
4	Łyko Korzenie	Zdarta kora, odsłonięte lub uszkodzone łyko
5	Drewno Pień lub szyja korzeniowa	Uszkodzenia włókien drewna
6	Drewno Korzenie	Uszkodzenia włókien drewna
7	Drzewo Przygięte	Widoczne przygięcie drzewa z dużą szansą dalszego rozwoju
8	Drzewo Silnie przygięte	Znaczne przygięcie drzewa z niewielką szansą dalszego rozwoju
9	Drzewo Zniszczone	Złamane lub wyrwane

co pozwoliło na obliczenie udziału uszkodzonych drzew oraz ważonego współczynnika uszkodzenia drzewostanu WDI zaproponowanego przez Meyera i in. [1966], a upowszechnionego w Polsce przez Sosnowskiego [1999]. Współczynnik WDI uwzględnia liczbę drzew pozostających oraz ilość pozyskanego drewna, a te wpływają na częstość uszkodzeń:

$$WDI = \frac{\sum_{R=1}^9 I \cdot R}{N \cdot C} \cdot 1000$$

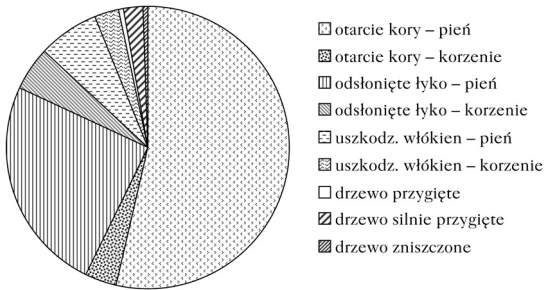
gdzie:

- I – liczba drzew uszkodzonych na powierzchni próbnej [szt.],
- R – wartość liczbową numeru klasy uszkodzenia,
- N – liczba drzew powierzchni po przeprowadzonym zabiegu [szt.],
- C – ilość drewna zerwanego z drzewostanu [m^3/ha].

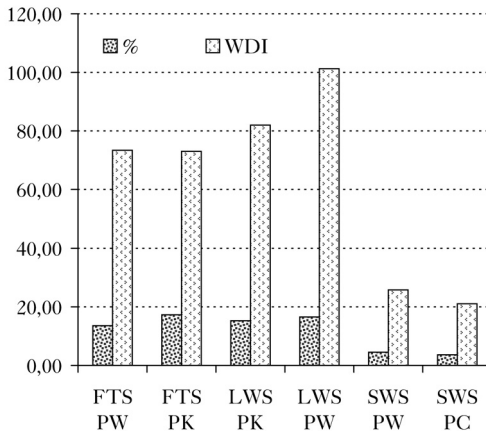
Analizę statystyczną przeprowadzono z wykorzystaniem środowiska R (www.r-project.org). Na podstawie testu χ^2 Pearsona lub testu Fishera, gdy liczebność w grupie była mniejsza niż 10 [Biecek 2008], zbadana została zależność pomiędzy metodą pozyskiwania drewna a uszkodzeniem drzew. Następnie porównana została częstość występowania uszkodzeń drzew, częstość miejsc zranienia (z podziałem na korzenie i pień; tab. 2) oraz częstość występowania uszkodzeń o różnej głębokości. W każdym przypadku analizowano dwie wybrane metody pozyskiwania. Do porównania częstości wykorzystano test dla dwóch proporcji oraz test permutacji, gdy liczebność w grupach była mniejsza niż 5. Weryfikowano hipotezę zerową mówiącą o braku istotnych różnic w częstości występowania uszkodzeń każdego typu, zakładając hipotezę alternatywną, że badane częstości występowania uszkodzeń są różne. W sytuacji odrzucenia hipotezy zerowej badano, która z częstości jest większa. Wnioskowanie przeprowadzone zostało na poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Wyniki

Najczęściej stwierdzonym rodzajem były uszkodzenia kory na pniu pozostających drzew (ryc. 1). W wyniku pozyskania i zrywki drewna krótkiego doszło do uszkodzenia 4,5% drzew. Największy poziom uszkodzeń odnotowano w metodzie FTS (17,3%). Ocena uciążliwości technologii za pomocą współczynnika WDI wskazuje natomiast na procesy technologiczne z wykorzystaniem metody drewna długiego jako najbardziej niekorzystne (ryc. 2). W przypadku LWS-PW współ-



Ryc. 1.
Rozkład rodzajów uszkodzenia drzew
Distribution of tree damage types



Ryc. 2.
Odsetek uszkodzonych drzew oraz wartości WDI
Percentage of trees with damage and WDI values

czynnik $WDI=101,2$ i był zdecydowanie większy od pozostałych. Najmniejszy poziom wskaźnika WDI uzyskano dla technologii opartych na metodzie drewna krótkiego ($WDI_{SWS\ PC}=21,1$).

Stwierdzono różnice między częstością uszkodzeń drzew w zależności od metody pozyskiwania drewna ($p < 0,001$). Istotne różnice częstości uszkodzeń wystąpiły między FTS oraz SWS ($p < 0,001$), a także pomiędzy LWS a SWS ($p < 0,001$). Natomiast nie odnotowano statystycznie istotnych różnic w częstości występowania uszkodzeń między FTS i LWS ($p=0,9582$). Nie stwierdzono powiązania między głębokością uszkodzenia drzewa a zastosowaną metodą pozyskania ($p=0,4147$). Podobnie jak w przypadku analizy głębokości uszkodzeń, również i dla ocenianych miejsc powstawania uszkodzeń w zależności od zastosowanej metody nie wykazano statystycznie istotnych różnic.

Dyskusja

Realizacja TW w przedrębnych drzewostanach świerkowych powodowała powstawanie uszkodzeń drzew w zakresie od 3,6 do 17,3%. Zdecydowanie niższy odsetek uszkodzeń podczas TW odnotował w górskich drzewostanach świerkowych Stańczykiewicz [2010]. Dla LWS wyniósł on zaledwie 1,8%, a w SWS – 4,4%. Należy tu jednak zaznaczyć, iż analizowany proces SWS obejmował zrywkę drewna długiego do szlaku, na którym dokonywano przerzynki i tak przygotowane drewno krótkie było zrywane w drugim etapie. Także Giefing i Mana [1995] w drzewostanach bukowych oraz Giefing [1995] w drzewostanach sosnowych obserwowali zdecydowanie mniejszy poziom uszkodzeń. Na różnice otrzymywanych wyników badań może mieć wpływ współczynnik intensywności trzebieży, który w niniejszych badaniach wyniósł od 0,60 do 0,84. Niestety, cytowani autorzy nie podają tego parametru w swoich pracach. Na zwiększony poziom uszkodzeń

w drzewostanach młodszych klas wieku może mieć wpływ usuwanie rozpieraczy oraz większa (niż w starszych klasach wieku) liczba drzew pozostających w drzewostanie po zabiegu. Obalenie rozpieraczy z silnie rozbudowanymi koronami zwiększa prawdopodobieństwo powstania uszkodzenia, co potwierdzają obserwacje Giefinga i Many [1995], Karaszewskiego [2005] oraz Bembenka i in. [2011]. Może to mieć wpływ na rodzaj wad występujących w surowcu [Karaszewski i in. 2013a]. Ponadto młodsze drzewostany charakteryzują się po prostu większą liczbą drzew, a to zwiększa prawdopodobieństwo kontaktu zrywanego surowca z pozostającym drzewem. W nizinnych drzewostanach sosnowych po trzebieży z wykorzystaniem ciągnika rolniczego do zrywki drewna Karaszewski i in. [2013b] obserwowali zwiększający się odsetek uszkodzeń drzew wraz ze wzrostem długości zrywanego drewna. W niniejszych badaniach uszkodzeń świerka obserwowano podobny trend, natomiast ich wielkość była większa. Porównanie wskaźników uszkodzeń drzew WDI dla drzewostanów świerkowych i sosnowych daje inny obraz narastającej uciążliwości zastosowanych metod pozyskiwania. Karaszewski i in. [2013b], rozpatrując trzebieże bez podziału na klasy wieku, otrzymali najmniejszą wartość WDI w SWS (8,91), a największą w FTS (41,41). W niniejszej pracy procesy technologiczne powodowały wyższy poziom uszkodzeń drzewostanu oraz odpowiednio wyższy współczynnik WDI, który dla SWS wyniósł 25,8, dla FTS – 73,4, a dla LWS aż 101,2. Wartość WDI dla FTS PW wynika zapewne ze znacznie mniejszej (o 25%) liczby drzew pozostających (972) w porównaniu z liczbą drzew na powierzchni LWS PW (1304), gdyż na obu powierzchniach pozyskano podobną miąższość drewna (odpowiednio 16,60 i 16,12 m³). Wskazuje to na dobrą konstrukcję wzoru – mniejsza liczba drzew to mniej okazji do kontaktu zrywanego drewna z drzewami pozostającymi. Niewykluczone, że pewien wpływ na zwiększone wartości WDI w drzewostanach świerkowych (w porównaniu z sosnowymi) ma też cieńsza kora. Można założyć, że przy zbliżonej sile niszczącej działającej na daną część drzewa (korzenie, pień) powodowaną przez zrywany ładunek (szczególnie całe drzewa), uszkodzenie świerka będzie większe, a w odniesieniu do zastosowanej klasyfikacji uszkodzeń drzew bardziej dotkliwe (głębiej uszkadzając zewnętrzne warstwy drzewa) niż w przypadku sosny. Pewnym potwierdzeniem tych przypuszczeń mogą być wyniki WDI w drzewostanach sosnowych II klasy wieku otrzymane przez Karaszewskiego [2005], które nie przekraczały wartości 25 (SWS – 11,36-11,99; LWS – 19,39-22,53; FTS – 14,40-19,63) i były prawie pięciokrotnie mniejsze od maksymalnych wartości uzyskanych w prezentowanych badaniach.

Stwierdzony brak różnic w częstości występowania uszkodzeń przy zastosowaniu LWS i FTS oraz zaobserwowane różnice między FTS i LWS a SWS potwierdzają wyniki badań Erlera [2000, 2005] dowodzące, że korzystniejsze są te warianty pozyskiwania, w których wyróbka drewna jest wykonana na miejscu i w jak najkrótszych sortymentach.

Podczas wykonywania zabiegów TW, niezależnie od przyjętej metody, każde z ocenianych pod względem głębokości uszkodzeń (kora, łyko, włókna drzewne) występuje z porównywalną częstotliwością. Podobnie jak w przypadku rodzaju uszkodzeń, również analiza miejsc powstawania uszkodzeń nie wykazała statystycznie istotnych różnic między badanymi technologiami. Wpływ na to może mieć niewielka miąższość pozyskiwanych drzew (średnio 0,04 m³). Najczęściej obserwowanymi uszkodzeniami były otarcia kory na pniu drzewa. Pewną analogię można dostrzec w porównywalnym wiekiem nizinnych drzewostanach sosnowych, gdzie udział otarć kory był jeszcze większy [Karaszewski 2005]. Stańczykiewicz i in. [2011] wykazali 50% uszkodzeń dolnych części drzew (korzenie i szyja korzeniowa) w górskich drzewostanach sosnowych, gdzie do trzebieży stosowano procesory i wciągarki.

Przedstawione wyniki badań potwierdzają, iż pozyskiwanie drewna krótkiego jest najmniej dotkliwe dla pozostających drzew. Jednocześnie zauważono, iż stosowanie WDI jest zasadne,

ponieważ wskazuje na inne parametry drzewostanu, które należy brać pod uwagę przy wyciąganiu wniosków z analizowanych uszkodzeń. WDI może stanowić wskazówkę krytycznej liczby drzew pozostających wpływających istotnie na zmniejszenie liczby uszkodzonych drzew. Nie bez znaczenia pozostaje również czynnik ludzki, który może istotnie wpływać na jakość przeprowadzonego procesu trzebieży. Jednakże analiza tego elementu wydaje się być bardzo pracochłonna, ponieważ osiągnięcie poziomu pewnej obiektywności i wyeliminowanie czynnika ludzkiego w analizie procesu technologicznego wymaga uwzględnienia około 400 operatorów [Visser, Spinelli 2012].

Wnioski

- ✦ Podczas trzebieży wczesnej w nizinnych drzewostanach świerkowych najmniejsze uszkodzenia drzew obserwowano po zastosowaniu technologii SWS. Były one istotnie rzadsze niż przy pozyskaniu metodami FTS i LWS.
- ✦ Ponad 50% uszkodzeń, które powstały podczas badanych trzebieży, stanowią otarcia kory na pniu. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic w rodzaju uszkodzenia oraz miejscu położenia uszkodzenia w zależności od zastosowanej metody pozyskiwania drewna.
- ✦ W przedstawionych badaniach wskaźnik WDI klasyfikował uciążliwość zastosowanych metod pozyskiwania (LWS>FTS>SWS) odmiennie w porównaniu z klasyfikacją uzyskaną z analizy procentowego poziomu uszkodzeń (FTS>LWS>SWS). Wskazuje to na konieczność uwzględniania parametrów drzewostanu (w tym szczególnie liczby pozostających drzew) przy wnioskowaniu o niekorzystnym wpływie zastosowanych metod pozyskiwania drewna na drzewostan.

Literatura

- Bembenek M., Mederski P. S., Erler J., Giefing D. F. 2011. Results of large-size timber extracting with a grapple skidder. Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar. 10 (3): 5-14.
- Biecek P. 2008. Przewodnik po pakiecie R. Oficyna Wydawnictwo GiS Wrocław.
- Chomicz E. 2012. Odporność świerka na hubę korzeni. Leśne Prace Badawcze 73 (2): 153-158.
- Erler J. 2000. Forsttechnik – Verfahrensbeurteilung. UTB für Wissenschaft, Uni-Taschenbücher 2179.
- Erler J. 2005. Was kostet die Rückegasse. AFZ-der Wald 6: 297-301.
- Giefing D. F. 1995. Wpływ pozyskiwania drewna w czyszczeniach późnych drzewostanów sosnowych na środowisko. Część 1. Uszkodzenia drzew. Sylwan 139 (6): 55-62.
- Giefing D. F., Bembenek M., Gackowski M., Grzywiński W., Karaszewski Z., Klentak I., Kosak J., Mederski P. S., Siewert S. 2012. Ocena procesów technologicznych pozyskiwania drewna w trzebieżach późnych drzewostanów sosnowych. Metodologia badań. Nauka Przyr. Technol. 6 (3) #59.
- Giefing D. F., Kosak J., Klentak I., Gackowski M., Karaszewski Z., Hołota R., Bembenek M., Siewert S. 2000. Badania zmierzające do opracowania optymalnych technologii pozyskiwania drewna w cięciach przedrębnych drzewostanów iglastych. Katedra Użytkowania Lasu AR, Poznań.
- Giefing D. F., Mana M. 1995. Uszkodzenia drzew w następstwie prowadzenia cięć przedrębnych w drzewostanach bukowych. PTPN - Pr. Kom. Nauk Leś. 80: 43-48.
- Karaszewski Z. 2005. Wpływ pozyskiwania drewna w młodszych drzewostanach sosnowych na środowisko – uszkodzenia drzew. Badania nad sposobami utylizacji pozostałości pozrębnych w drzewostanach sosnowych. W: Giefing D. F., Bembenek M. [red.]. Użytkowanie lasu a trwały i zrównoważony rozwój leśnictwa Poznań, Akademia Rolnicza. 16-20.
- Karaszewski Z., Bembenek M., Mederski S. P., Szczepańska-Álvarez A., Byczkowski R., Kozłowska A., Michnowicz K., Przytuła W., Giefing F. D. 2013a. Identifying beech round wood quality-distributions and the influence of defects on grading. Drewno 189 (56): 39-54.
- Karaszewski Z., Giefing F. D., Mederski S. P., Bembenek M., Dobek A., Stergiadou A. 2013b. Uszkodzenia drzewostanu w zależności od metody pozyskiwania drewna ze zrywki ciągnikiem. Leśne Prace Badawcze 74 (1): 27-34.
- Leśnictwo. 2011. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Łakomy P., Cieślak R., Rodak W., Kostrzewski T. 2001. Wpływ porażenia przez *Heterobasidion annosum* wybranych drzewostanów sosnowych i świerkowych na powstanie wiatrolomów i wiatrowalów w 1999 i 2000 roku. Sylwan 145 (7): 43-54.

- Meng W. 1978. Baumverletzungen durch Transportvorgänge bei der Holzernte – Ausmaß und Verteilung, Folgeschäden am Holz und Versuch ihrer Bewertung. Schriftenreihe der LFV Baden-Württemberg 53.
- Meyer G., Ohman J. H., Oettel, R. 1966. Skidding hardwoods. Articulated rubber-tyred skidders vs. crawler tractors. *Journal of Forestry* 64: 194-196.
- Michalec K., Barszcz A., Wąsik R. 2013. Jakość surowca świerkowego pochodzącego z drzewostanów naturalnych (rezerwatowych) i drzewostanów pełniących funkcje gospodarcze. *Drewno* 189 (56): 25-37.
- Sosnowski J. 1999. Problem oceny szkód wyrządzanych przy zrywce drewna. *Sylwan* 143 (7): 33-43.
- Sowa J. M., Kulak D., Stańczykiewicz A., Szewczyk G. 2011. Rozmiar i charakter naruszeń wierzchniej warstwy gleby powstałych podczas pozyskiwania i zrywki drewna w trzebieżach wczesnych drzewostanów świerkowych. *Sylwan* 155 (5): 330-339.
- Stańczykiewicz A. 2006. Poziom uszkodzeń odnowienia w wyniku stosowania ręczno-maszynowych technologii pozyskiwania drewna. *Acta Agraria et Silvestria. Series Silvestria* 44: 91-116.
- Stańczykiewicz A. 2010. Damage to trees and regeneration layer resulting from timber harvesting with the use of equipment aggregated with farm tractors in thinned mountain stands. *Proceedings of the International Symposium on Forestry Mechanization FORMEC 2010*. Padova, Italy. 1-10.
- Stańczykiewicz A. 2011. Damage to trees and regeneration layer resulting from timber harvesting with the use of equipment aggregated with farm tractors in thinned fir stands. *Technology and ergonomics in the service of modern forestry*. Wyd. UR, Kraków. 253-268.
- Stańczykiewicz A., Sowa J. M., Kulak D., Leszczyński K., Szewczyk G. 2012. Damage to trees and regeneration layer resulting from timber harvesting with the use of equipment aggregated with farm tractors in thinned pine stands. *Acta Sci. Pol., Silv. Colendar. Rat. Ind. Lignar.* 11 (2): 37-51.
- Stańczykiewicz A., Sowa J. M., Szewczyk G. 2011. Uszkodzenia drzew i odnowienia w wyniku ręczno-maszynowego pozyskiwania drewna z wykorzystaniem urządzeń agregowanych z ciągnikami rolniczymi. *Sylwan* 155 (2): 129-137.
- Vasiliauskas R. 2001. Damage to trees due to forestry operations and its pathological significance in temperate forests: a literature review. *Forestry* 74 (4): 319-336.
- Visser R., Spinelli R. 2012. Determining the shape of the productivity function for mechanised felling and felling-processing. *J. For. Res.* 17: 397-402.
- Zastocki D., Walczak A. 2011. Uszkodzenia drzew w górskich przedrębnych drzewostanach sosnowych. *Sylwan* 155 (9): 642-650.

SUMMARY

Tree damage in lowland spruce stands caused by early thinnings

The objective of presented research was to: 1) compare level of tree damage due to different method of timber harvesting in early thinning in lowland spruce stands and 2) application of two factors: percentage of trees with damage and WDI index. Other factors were also considered in the analysis: damage frequency, type and placement. The research was carried out in 2nd age class stands, in which three different methods were applied: full tree system (FTS), long wood system (LWS) and short wood system (SWS). Sample plots were established in Forest Districts Zaporowo and Różańsko. 1973 trees were examined and further considered in statistical analysis (χ^2 Pearson test and Fisher test). The smallest damage level was observed when SWS was used. There were no statistically proven differences in damage level between FTS and LWS. Over 50% of damage were bark scorch on a tree trunk. There were no statistically proven differences between type of damage and placement of damage in relation to timber harvesting method. Use of WDI index proved that number of remaining trees can influence final qualification of damage level.