

Marian SUWAŁA*

WPLYW USZKODZEŃ GLEBY PRZY POZYSKIWANIU DREWNA W DRZEWOSTANACH SOSNOWYCH W TRZEBIEŻACH PÓŹNYCH NA PRZYROSTY DRZEW

EFFECT OF SOIL DISTURBANCES BY WOOD HARVESTING
IN LATE THINNINGS OF PINE STANDS ON TREES INCREMENT

***Abstract.** Average annual increment of DBH, height and volume of pine trees was investigated ten years after thinnings causing soil disturbances, with division into five year periods (1–5 and 6–10). Following variants of soil disturbances were distinguished: furrows and tracks of hooves after horse extraction, ruts and furrows after skidder extraction, ruts and furrows after felling and delimiting with harvester and skidder extraction, ruts after extraction of logs and bolts with forwarder, ruts after producing logs and bolts with harvester and extraction with forwarder. Effect of soil disturbances on average increment of DBH, height and volume of trees turned out to be not statistically significant. However, in majority of analyzed cases the average annual volume increment of trees growing in a distance up to 5 m from strip road (zone with soil disturbances) was significantly lower than for trees growing in a distance over 15 m from this strip road (zone without soil disturbances).*

***Key words:** increment of Scots pine, soil disturbances, wood harvesting.*

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

1. WSTĘP

Wiedza o rozmiarze uszkodzeń następujących w drzewostanie przy pozyskiwaniu drewna jest już znaczna. Przyczyniły się do niej m.in. wyniki I etapu badań, wykonanych w Instytucie Badawczym Leśnictwa w latach 90. XX w. Obejmowały one określenie wielkości uszkodzeń drzew (z uwzględnieniem korzeni) oraz gleby, w zależności od procesów technologicznych pozyskiwania drewna w drzewostanach sosnowych podczas trzebieży późnych (Dobrowolska i in. 1996, Olejarski, Walendzik 1996, Suwała i in. 1996, Suwała 1999, Żółciak 1997).

Do pełniejszej oceny wpływu pozyskiwania drewna na środowisko konieczna jest także wiedza o skutkach następujących przy nim uszkodzeń drzew oraz gleby dla zdrowotności i produktywności lasu. Niestety, jest ona znikoma, szczególnie w odniesieniu do drzewostanów sosnowych.

W przedstawionej sytuacji w II etapie badań podjęto próbę określenia skutków uszkodzeń drzew i gleby w drzewostanach, w których w ramach I etapu 10 lat wcześniej przeprowadzono inwentaryzację uszkodzeń drzew i gleby.

W drzewostanach nie wykonywano od tamtego czasu żadnych prac pozyskaniowych i innych, które mogłyby zakłócić wyniki przeprowadzonej wówczas inwentaryzacji uszkodzeń drzew i gleby. Jedynymi czynnikami zmieniającymi stan wyjściowy były naturalne procesy, jakie zachodziły w drzewostanach (w drzewach i glebach nieuszkodzonych oraz uszkodzonych) wraz z upływem czasu.

Badania po 10 latach od wystąpienia uszkodzeń obejmowały określenie właściwości fizycznych gleby w miejscach uszkodzonych, żywotności korzeni drzew w uszkodzonej glebie, występowania grzybów i owadów w ranach drzew, a także ocenę wpływu uszkodzeń gleby i drzew na przyrosty. Przedmiotem niniejszej publikacji jest wpływ uszkodzeń gleby na przyrosty drzew.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

Prezentowane w literaturze wyniki badań nad wpływem uszkodzeń gleby na przyrosty drzew bardzo się różnią. Kremer i Matthies (1997), na podstawie badań przeprowadzonych w Niemczech w drzewostanach świerkowych w wieku 37 i 43 lat, po dwukrotnym wykonaniu trzebieży w ciągu 20 lat, podają, że przyrost miąższości drzew rosnących przy szlakach, po których poruszały się maszyny (harwester, forwarder, skider), był większy o 1–12% niż drzew rosnących w głębi drzewostanów. W warunkach Nowej Zelandii po przejazdach maszyn stwierdzono zwiększenie przyrostu miąższości drzew sięgające 80% (Donnelly i Shane 1986 oraz Firth 1989). Było to efektem poprawy stosunków wodnych w ubitych przez maszyny glebach wytworzonych z popiołów wulkanicznych. W Szwecji przeprowadzono badania umożliwiające dokonanie bilansu miąższości drzew w drze-

wostanach świerkowych 9 lat po pierwszej trzebieży. Bilans obejmował straty z tytułu wycięcia szlaków zrywkowych oraz zwiększenie przyrostu przy szlakach z tytułu prześwietlenia. Wykazano, że zwiększenie przyrostu drzew przy szlakach nie zrekompensowało strat przyrostu miąższości drzew wyciętych na szlakach. W efekcie, strata miąższości wyniosła 8,6% w przypadku szlaków szerokości 4 m, poprowadzonych w odstępach 25 m (Bucht 1977). Wästerlund (1989) na podstawie wyników badań, które przeprowadził m.in. Isomäki (1986), przedstawia obrazowo bilans zwiększenia przyrostu z prześwietlenia oraz jego zmniejszenia z tytułu wycięcia szlaku i uszkodzeń korzeni w koleinach. Stwierdza, że w przypadku wycięcia szlaku (korytarza pod linię energetyczną) szerokości 4 m w 40-letnim drzewostanie świerkowym strata po 10 latach odpowiada miąższości drewna na pasie szerokości 1,7 m. Matthies* (1997) dokonał następujących uogólnień przedstawionych w literaturze i własnych wyników badań uszkodzeń gleby oraz ich skutków dla drzewostanu, odnoszących się do przyrostu, mianowicie;

– przy nacisku statycznym maszyn na grunt do 50 kPa: gleba i drzewostan pozostają bez zmian;

– przy nacisku w przedziale 50–100 kPa: następują wprawdzie szkody w glebie, ale drzewostan pozostaje bez zmian;

– przy nacisku statycznym powyżej 100 kPa: następują zarówno szkody w glebie, jak i uszkodzenia drzewostanu (wyrażające się zmniejszeniem przyrostu).

Matthies wyraźnie zastrzegł, że podanych wielkości nacisku nie należy traktować jako wielkości progowych, a jedynie jako ukierunkowanie dalszych badań, szczególnie w przedziale 50–100 kPa, w którym mieści się większość maszyn stosowanych obecnie w Europie.

Na podstawie wniosków przedstawionych podczas XX Światowego Kongresu IUFRO w Tampere można przedstawić następujące stwierdzenia i ocenę stanu badań światowych nad wpływem leśnych operacji na las, ze szczególnym uwzględnieniem gleby (Furuberg Gjedtjernet 1995);

– pewne parametry zmian gleby, jak np. własności fizyczne są mierzone, ale istnieje szereg dziedzin, o których wiadomo bardzo mało, dlatego konieczne jest prowadzenie badań interdyscyplinarnych we współpracy między biologami i technikami,

– wpływ uszkodzeń gleby na wzrost drzew i drzewostanów jest znany tylko częściowo w odniesieniu do niektórych gatunków, ale w dalszym ciągu nie jest określony proces i jego parametry,

– bardzo trudno jest ustalić wartości progowe nacisku maszyn na grunt, ponieważ nie jest rozpoznany wpływ uszkodzeń gleby na przyrost drzew,

* Autor ten powołując się na niepublikowane informacje Froelich'a i in. o wynikach badań amerykańskich podaje ponadto, że straty przyrostu miąższości z tytułu uszkodzeń gleby ciężkimi maszynami (nacisk 100–180 kPa) wahały się od 10 do 70% w drzewostanach sosnowych i daglezyjowych w wieku 9–80 lat.

– pełniejsze poznanie tych zagadnień zabierze jeszcze bardzo dużo czasu – w tej chwili musimy się kierować przesłankami, popieranymi doświadczeniami porównawczymi uszkodzeń, a także zasadą "po pierwsze nie szkodzić".

3. CEL I ZAKRES BADAŃ ORAZ CHARAKTERYSTYKA POWIERZCHNI BADAWCZYCH

Celem badań było określenie wpływu uszkodzeń gleby (kolein, bruzd, bruzd z odciskami kopyt), powstających w drzewostanach sosnowych starszych klas wieku przy pozyskaniu drewna podczas trzebieży późnych, na przyrost pierśnicy, wysokości i miąższości drzew w ciągu 10 lat po wystąpieniu uszkodzeń (średnio oraz w latach 1–5 i 6–10).

Wyróżniono pięć wariantów uszkodzeń gleby, powstających przy zastosowaniu poszczególnych procesów technologicznych pozyskiwania drewna (tab. 1).

Do pozyskania drewna przed 10 laty użyto następujących typów maszyn:

- harwester jednochwytakowy FMG 990/756 z głowicą obróbczą na żurawiu o wysięgu 10,2 m (nacisk statyczny ok. 60 kPa),
- ciągnik skider LKT 81 z wciągarką dwubębnową sterowaną mechanicznie,
- ciągnik forwarder FMG 1010 z żurawiem o wysięgu 10,2 m (nacisk statyczny ok. 80 kPa).

Badania zostały przeprowadzone w drzewostanach sosnowych w wieku 73–102 lat na siedlisku Bśw (obecnie Bśw i BMśw), podczas prac terenowych, na powierzchniach badawczych, na których 10 lat wcześniej zostały zinwentaryzowane uszkodzenia gleby i drzew po wykonaniu trzebieży późnych. Charakterystykę drzewostanów i trzebieży wykonanych 10 lat wcześniej przedstawia tabela 2. Charakterystykę drzewostanów na powierzchniach badawczych podczas obecnych badań podano w tabeli 3.

Gleby na powierzchniach badawczych były przykryte warstwą ściółki grubości 0,5–2,0 cm, fragmentami porośnięte mchami i borówką brusznicą. Pod warstwą ściółki położone są poziomy: butwinowo-próchniczny Ofh o barwie brązowej, grubości 2–5 cm, bardzo kwaśny (pH 2,7–3,5) oraz akumulacyjno-eluwialny AE, zbudowany z piasku luźnego, słabo próchnicznego, ze śladami bielcowania, barwy ziemistej, o grubości 5–8 cm, bardzo kwaśny (pH 3,1–3,2). Ten drugi poziom przechodzi wyraźnie w poziom wzbogacania B, również z piasku luźnego, rdzawy, kwaśny (pH 4,5–4,6), głębokości do ok. 50 cm. Pod nim zalega białawy piasek luźny, kwaśny (pH 4,9–5,5).

Gleby na powierzchniach badawczych zakwalifikowano do rzędu bielicoziemnych, typu rdzawego, podtypu bielicowo-rdzawego, wytworzonych z piasków akumulacji wodno-lodowcowej.

Tabela 1. Warianty uszkodzeń gleby i korzeni drzew

Table 1. Variants of soil disturbances and root damage

Oznaczenie Symbol	Opis Description
C _s -PK	odciski kopyt oraz bruzdy z odciskami kopyt po wykonaniu pozyskania drewna metodą całej strzały - C_s, z użyciem pilarki - P, i konia - K (ocena właściwości fizycznych gleby i żywotności korzeni w bruzdach z odciskami kopyt na szlakach zrywkowych) tracks of hooves and furrows with tracks of hooves after wood harvesting in tree-length method - C _s , with chain saw - P, and horse - K (assessment of physical properties of soil and vitality of roots in furrows with tracks of hooves on strip roads)
C _s -PS	koleiny i bruzdy po wykonaniu pozyskania drewna metodą całej strzały - C_s, z użyciem pilarki - P, oraz skidera - S (ocena właściwości fizycznych gleby i żywotności korzeni w koleinach na szlakach zrywkowych) ruts and furrows after wood harvesting in tree-length method - C _s , with chain saw - P, and skidder - S (assessment of physical properties of soil and vitality of roots in ruts on strip roads)
C _s -HS	koleiny i bruzdy po wykonaniu pozyskania drewna metodą całej strzały - C_s, z użyciem harwestera - H, oraz skidera - S (ocena właściwości fizycznych gleby i żywotności korzeni w koleinach na szlakach zrywkowych) ruts and furrows after wood harvesting in tree-length method - C _s , with harvester - H, and skidder - S (assessment of physical properties of soil and vitality of roots in ruts on strip roads)
K _r -PF	koleiny po wykonaniu pozyskania metodą drewna krótkiego - K_r, z użyciem pilarki - P oraz forwardera - F (ocena właściwości fizycznych gleby i żywotności korzeni w koleinach na szlakach zrywkowych) ruts after wood harvesting in cut-to-length method - K _r , with chain saw - P, and forwarder - F (assessment of physical properties of soil and vitality of roots in ruts on strip roads)
K _r -HF	koleiny po wykonaniu pozyskania metodą drewna krótkiego - K_r, z użyciem harwestera - H oraz forwardera - F (ocena właściwości fizycznych gleby i żywotności korzeni w koleinach na szlakach zrywkowych) ruts after wood harvesting in cut-to-length method - K _r with harvester - H, and forwarder - F (assessment of physical properties of soil and vitality of roots in ruts on strip roads)

4. METODYKA BADAŃ

4.1. Wskaźniki oceny

Do oceny wpływu uszkodzeń gleby na przyrosty drzew (w ciągu 10 lat po wystąpieniu uszkodzeń, z podziałem na lata 1–5 i 6–10) określono średni przyrost roczny pierśnicy, wysokości i miąższości drzew nieuszkodzonych (w wariantach uszkodzeń gleby – tab. 1), w dalej przedstawionych klasach pierśnic i strefach odległości od szlaków zrywkowych.

Tabela 2. Charakterystyka drzewostanów i przeprowadzonej trzebieży w Nadleśnictwie Dąbrowa na powierzchniach badawczych 10 lat wcześniej

Table 2. Characteristics of stands and thinning intensity in Dąbrowa Forest District on research plots 10 years before thinning operations and inventory of soil disturbances

Wyszczególnienie Specification	Leśnictwo* Sub-district*			Średnia Average
	Jeżewnica, oddz. 55f	Taszewo, oddz. 146f	Bąkowo, oddz. 257a	

Na podstawie operatu z 1987 r.

Based on forest inventory of 1987

Gatunek drzewa Tree species	So Scots pine	So Scots pine	So Scots pine	So Scots pine
Wiek w roku wykonania trzebieży Age at the time of thinning	68	92	63	74
Typ siedliskowy Type of forest site	Bśw	Bśw	Bśw	Bśw
Zadrzewienie Stocking degree	0,8	0,8	0,6	0,7
Zwarcie Stand density	umiarkowane moderate	umiarkowane moderate	przerwywane interrupted	–
Bonitacja Stand quality class	I,5	III	III	II,5
Zasobność Growing stock [m ³ /ha]	258	230	132	207

Na podstawie prac terenowych

Based on field measurements

Pierśnica DBH [cm]	przed trzebieżą before thinning	20,3	23,8	16,7	20,3
	po trzebieży after thinning	21,1	25,5	18,1	21,6
Liczba drzew przed trzebieżą, w tym do ścinki na szlaku [szt./ha] No of trees before thinnings, including trees on strip road to be removed [per ha]	ogółem total	884/28	671/21	1162/32	905/27
	dorodne crop trees	302/4	219/1	257/1	259/2
	szkodliwe harmful trees	131/6	126/8	238/12	165/9
	pożyteczne other trees	451/18	326/12	667/19	481/16
Liczba drzew pozostających po trzebieży [szt./ha] No of trees remaining after thinning [per ha]	731	532	904	722	
Liczba drzew usuwanych [szt./ha] No of removed trees [per ha]	153	139	258	183	
Rozmiar pozyskania [m³/ha] Volume of harvest [m ³ /ha]	26,17	29,48	25,53	27,06	
Średnia miąższość usuwanych drzew [m³/szt.] Average volume of removed trees [m ³ /pcs.]	0,17	0,21	0,10	0,16	

Tabela 3. Charakterystyka drzewostanów podczas obecnych badań na terenie Nadleśnictwa Dąbrowa

Table 3. Characteristics of stands in current research in Dąbrowa Forest District

Wyszczególnienie Specification	Leśnictwo* Sub-district*			Średnia Average
	Jeżewnica	Taszewo	Bąkowo	
	oddz. 55 i/j/k	oddz. 146 i/j	oddz. 257a	
Na podstawie operatu z 1997 r. Based on forest inventory of 1997				
Gatunek drzewa Tree species	So	So	So	So
Wiek w roku wykonania obecnych badań Age at the time of current research	78	102	73	84
Typ siedliskowy Type of forest site	BMśw/Bśw/BMśw	BMśw/Bśw	Bśw	BMśw/Bśw
Zadrzewienie Stocking degree	0,9 / 0,9 / 0,8	0,8 / 0,8	0,9	0,85
Zwarcie Stand density	um. / um. / prz. moderate / moderate / interrupted	um. / prz. moderate / interrupted	um. moderate	um. / prz. moderate / interrupted
Pierśnica DBH [cm]	29 / 25 / 24	31 / 28	19	26
Wysokość Height [m]	24 / 21 / 20	23 / 19	16	21
Bonitacja Stand quality	I / II / II,5	II / III	III	II,3
Zasobność Growing stock [m ³ /ha]	361 / 292 / 228	397 / 249	210	290

* w kolejności realizacji badań
in sequence of conducted research

oddz. – compartment, BMśw – mixed fresh coniferous forest, Bśw – fresh coniferous forest

4.2. Zasady wyboru drzew próbnych

Do określenia wpływu uszkodzeń gleby na przyrost pierśnicy, wysokości i miąższości drzew wybrano na powierzchniach badawczych drzewa próbne bez uszkodzeń mechanicznych (Z), zgodnie z niżej podanymi zasadami.

W każdym z pięciu wariantów uszkodzeń gleby (tab. 1) ustalono trzy strefy odległości drzew próbnych od brzegu szlaku zrywkowego:

1) < 5 m (5 m) – większe uszkodzenia gleby – w tym koleiny, bruzdy, oddziałujące na korzenie drzew, prześwietlenie z tytułu wycięcia szlaku;

2) 5,01–15 m (15 m) – małe uszkodzenia gleby (bez kolein), bez prześwietlenia z tytułu wycięcia szlaku;

3) 15,01–30 m (30 m) – strefa porównawcza – bez uszkodzeń gleby, bez prześwietlenia z tytułu wycięcia szlaku, położona w środkowej części pasów drzewostanu między szlakami zrywkowymi, prowadzonymi przed 10 laty w odstępach 40 i 60 m.

W każdej strefie odległości od szlaku zrywkowego wyróżniono trzy klasy pierśnic drzew przed 10 laty:

1) M – klasa pierśnic mniejszych (do 18,9 cm) niż w klasie średniej;

2) S – klasa średnia (19,0–24,9 cm), obejmująca trzy stopnie grubości w tabeli stosowanej do szacunków brakarskich, odpowiada klasie środkowej, wskazanej przez średnią pierśnicę drzew w drzewostanach na powierzchniach badawczych po wykonaniu trzebieży przed 10 laty;

3) D – klasa pierśnic większych (powyżej 24,9 cm) niż w klasie średniej.

Ustalono, że w każdej klasie pierśnic przed 10 laty (po odjęciu przyrostu w ostatnich 10 latach, określonego na podstawie wstępnych wywiertów) zostaną wybrane po trzy drzewa próbne.

Ogólna liczba drzew próbnych wynosi 135 (5 wariantów uszkodzeń gleby \times 3 strefy odległości od szlaków zrywkowych \times 3 klasy pierśnic \times 3 drzewa).

4.3. Prace terenowe

Prace terenowe na kolejnych powierzchniach badawczych (w drzewostanach po 10 latach od pozyskania drewna) obejmowały:

– wybór nieuszkodzonych drzew próbnych do oceny wpływu uszkodzeń gleby na przyrost, zgodnie z wyżej określonymi zasadami oraz nadanie numeru i oznaczenie strzały na wysokości 1 m i 1,3 m, z zaznaczeniem stron świata za pomocą farby; wpis drzewa do odpowiedniego zestawienia;

– ścinka drzew próbnych oraz wykonanie pomiarów wysokości strzały w ostatnim dziesięcioleciu, z podziałem na okresy pięcioletnie (do określenia przyrostów); pomiar średnic na kierunkach północ-południe i wschód-zachód oraz pobranie wywiertów na pierśnicy oraz z części strzały o grubości >7 cm, w środku sekcji długości 2 m, na czterech kierunkach wg stron świata (z oznaczeniem wywiertów przez podanie numeru drzewa, wysokości na strzale i stron świata); pobranie krążków z części strzały o średnicy <7 cm w środku sekcji długości 2 m, do jej wysokości przed 10 laty oraz na wysokości drzewa przed 5 i 10 laty (z oznaczeniem jw.).

4.4. Prace laboratoryjne i obliczenie wyników

Pomiar przyrostów pierśnicy drzew próbnych oraz ich średnicy w środku sekcji długości 2 m wykonano na wywiertach za pomocą przyrostomierza oraz na krążkach przymiarem liniowym na poszczególnych kierunkach z dokładnością do 1 mm, w dziesięcioleciu z podziałem na okresy pięcioletnie. Pierśnica oraz średnica drzew w środku sekcji aktualne oraz przed 5 i 10 laty (bez kory) zostały obliczone jako średnia arytmetyczna pomiarów na kierunkach północ-południe i wschód-zachód, dokonanych po ścięciu drzew. Miąższość drzew obecna oraz przed 5 i 10 laty została obliczona sekcyjnie.

Z podziałem na okresy pięcioletnie obliczono przyrost:

– pierśnicy,

- wysokości,
- miąższości (w dziesięcioleciu = miąższość aktualna – miąższość sprzed 10 lat, w pierwszym pięcioleciu = miąższość sprzed 5 lat – miąższość sprzed 10 lat, w drugim pięcioleciu = miąższość po aktualna – miąższość sprzed 5 lat).

Przyrost obliczono jako średnią arytmetyczną w ramach obiektów doświadczenia (warianty uszkodzeń gleby oraz strefy odległości od szlaku zrywkowego).

Do oceny istotności wpływu obiektów doświadczenia na średnie przyrosty zastosowano analizę wariancji przy użyciu testu Fischera. Weryfikacji hipotez dokonano na poziomie istotności $p_{\alpha} \leq 0,05$. W przypadku stwierdzenia istotnego wpływu obiektów doświadczenia na średnie przyrosty dokonano porównania istotności różnic między nimi przy zastosowaniu testu Tukeya (przy $p_{\alpha} = 0,05$).

5. WYNIKI BADAŃ

5.1. Wpływ uszkodzeń gleby na przyrost pierśnicy drzew

Wpływ uszkodzeń gleby w uwzględnionych wariantach na średni przyrost roczny pierśnicy drzew w latach 1–10, 1–5 oraz 6–10 od wystąpienia uszkodzeń okazał się statystycznie nieistotny (tab. 4).

Średni przyrost roczny pierśnicy w uwzględnionych wariantach w latach 1–10 od wystąpienia uszkodzeń wyniósł 0,16 cm we wszystkich strefach odległości od szlaku zrywkowego. Różnie ułożył się przyrost pierśnicy drzew w poszczególnych wariantach uszkodzeń gleby. Nieznacznie większy przyrost pierśnicy drzew rosnących w strefie do 5 m od szlaku niż drzew położonych w strefie ponad 15 m od niego (bez uszkodzeń gleby) był w wariantach cechujących się koleinami i bruzdami, np. w wariacie C_s -HS (koleiny po przejazdach harwestera i skidera oraz bruzdy wyżłobione czołami strzał okrzesywanych harwesterm i zrywanych skiderem) oraz po konnej zrywce drewna C_s -PK (bruzdy i odciski kopyt). Nieco mniejszym przyrostem pierśnicy cechują się drzewa rosnące w strefie do 5 m od szlaku niż drzewa położone w strefie ponad 15 m od niego (bez uszkodzeń gleby) w wariantach charakteryzujących się koleinami (bez bruzd), np. w wariantach K_r -PF (koleiny po przejazdach harwestera i forwardera) oraz K_r -HF (koleiny po przejazdach harwestera i forwardera). Średni przyrost roczny pierśnicy w latach 1–10 po wystąpieniu uszkodzeń gleby we wszystkich strefach odległości od szlaku zrywkowego wahał się w poszczególnych wariantach uszkodzeń przeciętnie od 0,13 do 0,18 cm.

Podobnie jak w latach 1–10, ułożyły się przyrosty pierśnicy drzew w latach 1–5 oraz 6–10 od wystąpienia uszkodzeń. Średni przyrost roczny pierśnicy we wszystkich strefach odległości od szlaku zrywkowego w poszczególnych wariantach uszkodzeń gleby w latach 1–5 po wystąpieniu uszkodzeń zawierał się w przedziale od 0,14 do 0,19 cm, a w latach 6–10 od 0,12 do 0,18 cm.

Tabela 4. Średni przyrost roczny pierśnicy drzew w zależności od wariantu uszkodzeń gleby i strefy odległości od szlaku zrywkowego

Table 4. Average annual increment of DBH depending on variant of soil disturbances and distance from strip road

Strefa odległości od brzegu szlaku zrywkowego [m] Distance from the edge of strip road [m]		Średnia Average	Wariant uszkodzeń gleby (<i>dotyczy wierszy 1–2</i>) Variant of soil disturbances (<i>apply to rows 1 and 2</i>)						
			C _s -PS	K _r -PF	C _s -PK	C _s -PS	C _s -HS	K _r -PF	K _r -HF
			C _s -HS	K _r -HF					
		[cm]							
a) w latach 1–10 od wystąpienia uszkodzeń a) up to 10 years after appearance of disturbances									
0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	0,16	0,16	0,16	0,18	0,13	0,18	0,15	0,17
5,01–15	mnijšie uszkodz. gleby lower soil disturbances level	0,16	0,17	0,14	0,18	0,16	0,19	0,14	0,13
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	0,16	0,15	0,17	0,15	0,13	0,16	0,17	0,18
b) w latach 1–5 od wystąpienia uszkodzeń b) up to 5 years after appearance of disturbances									
0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	0,17	0,16	0,17	0,18	0,13	0,19	0,16	0,17
5,01–15	mnijšie uszkodz. gleby lower soil disturbances level	0,17	0,18	0,14	0,19	0,17	0,20	0,15	0,14
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	0,16	0,15	0,18	0,16	0,14	0,17	0,17	0,18
c) w latach 6–10 od wystąpienia uszkodzeń c) from 6 to 10 years after appearance of disturbances									
0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	0,16	0,15	0,16	0,17	0,12	0,18	0,15	0,17
5,01–15	mnijšie uszkodz. gleby lower soil disturbances level	0,15	0,16	0,13	0,17	0,14	0,18	0,14	0,13
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	0,15	0,14	0,17	0,14	0,12	0,16	0,16	0,18

5.2. Wpływ uszkodzeń gleby na przyrost wysokości drzew

Wpływ uszkodzeń gleby w uwzględnionych wariantach na średni przyrost roczny wysokości drzew w latach 1–10, 1–5 oraz 6–10 od wystąpienia uszkodzeń jest statystycznie nieistotny. Nie wystąpiły też wyraźniejsze prawidłowości w układzie przyrostu wysokości drzew w wariantach i stopniach uszkodzeń gleby (tab. 5).

Tabela 5. Średni przyrost roczny wysokości drzew w zależności od wariantu uszkodzeń gleby i strefy odległości od szlaku zrywkowego

Table 5. Average annual increment of height depending on variant of soil disturbances and distance from strip road

Strefa odległości od brzegu szlaku zrywkowego [m] Distance from the edge of strip road [m]	Średnia Average	Wariant uszkodzeń gleby (<i>dotyczy wierszy 1–2</i>) Variant of soil disturbances (<i>apply to rows 1 and 2</i>)						
		C _s -PS	K _r -PF	C _s -PK	C _s -PS	C _s -HS	K _r -PF	K _r -HF
		C _s -HS	K _r -HF					

[m]

a) w latach 1–10 od wystąpienia uszkodzeń

a) up to 10 years after appearance of disturbances

0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	0,21	0,22	0,20	0,20	0,23	0,21	0,20	0,19
5,01–15	mniejsze uszkodz. gleby lower soil disturbances level	0,20	0,21	0,20	0,19	0,21	0,21	0,20	0,19
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	0,20	0,21	0,20	0,18	0,22	0,20	0,19	0,21

b) w latach 1–5 od wystąpienia uszkodzeń

b) up to 5 years after appearance of disturbances

0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	0,21	0,22	0,20	0,19	0,23	0,22	0,20	0,20
5,01–15	mniejsze uszkodz. gleby lower soil disturbances level	0,21	0,22	0,19	0,21	0,21	0,22	0,19	0,20
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	0,20	0,21	0,21	0,17	0,23	0,20	0,20	0,22

c) w latach 6–10 od wystąpienia uszkodzeń

c) from 6 to 10 years after appearance of disturbances

0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	0,21	0,21	0,20	0,21	0,22	0,20	0,21	0,19
5,01–15	mniejsze uszkodz. gleby lower soil disturbances level	0,19	0,20	0,20	0,18	0,20	0,20	0,22	0,18
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	0,20	0,20	0,20	0,19	0,21	0,20	0,19	0,21

Średni przyrost roczny wysokości w uwzględnionych wariantach uszkodzeń gleby w latach 1–10 od ich wystąpienia wyniósł w strefie od 5 m od szlaku zrywkowego 0,21 m, a w następnych dwóch strefach 0,20 m. W większości wariantów uszkodzeń gleby nieznacznie większy był przyrost wysokości drzew rosnących w strefie do 5 m od szlaku niż drzew położonych w strefie powyżej 15 m

od niego. Średni przyrost roczny w latach 1–10 po wystąpieniu uszkodzeń gleby w strefach odległości od szlaku zrywkowego oraz wariantach uszkodzeń wahał się przeciętnie od 0,19 do 0,22 m.

Średni przyrost roczny wysokości w latach 1–5 oraz 6–10 od wystąpienia uszkodzeń wyniósł w strefie do 5 m od szlaku zrywkowego 0,21 m, a w następnych dwóch strefach średnio 0,20 m. Różnie ułożył się przyrost wysokości drzew w poszczególnych wariantach uszkodzeń gleby, tj. w jednych większy był przyrost wysokości drzew rosnących w strefie do 5 m od szlaku niż drzew położonych w strefie powyżej 15 m od niego, w innych odwrotnie lub był taki sam. Średni przyrost roczny wysokości we wszystkich strefach odległości od szlaku zrywkowego w poszczególnych wariantach uszkodzeń gleby w latach 1–5 po wystąpieniu uszkodzeń wahał się od 0,18 do 0,23 m, a w latach 6–10 od 0,19 do 0,22 m.

5.5.3. Wpływ uszkodzeń gleby na przyrost miąższości drzew

Nie stwierdzono również statystycznie istotnego wpływu uszkodzeń gleby w uwzględnionych wariantach na średni przyrost roczny miąższości drzew w latach 1–10, 1–5 oraz 6–10 od wystąpienia uszkodzeń (tab. 6).

Jednak w latach 1–10 od wystąpienia uszkodzeń średni ze wszystkich uwzględnionych wariantów oraz w prawie wszystkich wariantach (z wyjątkiem wariantu C_s-PK) przyrost roczny miąższości drzew rosnących w strefie do 5 m od szlaku był mniejszy niż drzew położonych ponad 15 m od niego (bez uszkodzeń gleby). Jest to wyraźniej widoczne w wariantach charakteryzujących się koleinami (bez bruzd), np. w wariantach K_r-PF (koleiny po przejazdach harwestera i forwardera) oraz K_r-HF (koleiny po przejazdach harwestera i forwardera). Średni ze wszystkich uwzględnionych wariantów przyrost roczny miąższości w latach 1–10 po wystąpieniu uszkodzeń gleby w strefie do 5 m od szlaku wyniósł 7,99 dm³, a w strefie ponad 15 m od szlaku – 8,71 dm³. W poszczególnych wariantach (z wyjątkiem wariantu C_s-PK) przyrost roczny miąższości w strefie do 5 m od szlaku wahał się od 7,03 do 8,58 dm³, a w strefie ponad 15 m od niego zawierał się w przedziale 8,26–10,01 dm³. W wariantcie C_s-PK wyniósł odpowiednio 8,07 i 7,04 dm³.

W latach 1–5 od wystąpienia uszkodzeń przyrost roczny miąższości drzew ułożył się podobnie jak w latach 1–10. Średni ze wszystkich uwzględnionych wariantów przyrost roczny miąższości w strefie do 5 m od szlaku wyniósł 7,56 dm³, a w strefie oddalonej ponad 15 m od szlaku – 8,31 dm³. W poszczególnych wariantach (z wyjątkiem wariantu C_s-PK) przyrost roczny miąższości w strefie do 5 m od szlaku wahał się od 6,94 do 7,96 dm³, a w strefie ponad 15 m od niego zawierał się w przedziale 8,04–9,65 dm³. W wariantcie C_s-PK wyniósł odpowiednio 7,68 i 6,74 dm³.

W latach 6–10 od wystąpienia uszkodzeń przyrost roczny miąższości drzew w wariantach uszkodzeń gleby cechujących się koleinami i bruzdami oraz w wariantcie po zrywce konnej (C_s-PK) w strefie do 5 m od szlaku jest nieznacznie większy niż w strefie ponad 15 m od niego. W tych wariantach przyrost w pierwszej

Tabela 6. Średni przyrost roczny miąższości drzew w zależności od wariantu uszkodzeń gleby i strefy odległości od szlaku zrywkowego

Table 6. Average annual increment of tree volume depending on variant of soil disturbances and distance from strip road

Strefy odległości od brzegu szlaku zrywkowego [m] Distance from the edge of strip road [m]		Średnia Average	Wariant uszkodzeń gleby (dotyczy wierszy 1–2) Variant of soil disturbances (apply to rows 1 and 2)						
			C _s -PS	K _r -PF	C _s -PK	C _s -PS	C _s -HS	K _r -PF	K _r -HF
			C _s -HS	K _r -HF					
		[dm ³]							
a) w latach 1–10 od wystąpienia uszkodzeń a) up to 10 years after appearance of disturbances									
0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	7,99	8,41	7,54	8,07	8,24	8,58	7,03	8,05
5,01–15	mniej uszkodz. gleby lower soil disturbances level	8,02	9,63	6,58	7,69	8,97	10,29	6,48	6,68
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	8,71	9,43	9,82	7,04	8,26	8,61	10,01	9,63
b) w latach 1–5 od wystąpienia uszkodzeń b) up to 5 years after appearance of disturbances									
0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	7,56	7,85	7,20	7,68	7,75	7,96	6,94	7,47
5,01–15	mniej uszkodz. gleby lower soil disturbances level	7,66	9,24	6,26	7,32	8,84	9,64	6,11	6,41
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	8,31	8,06	9,35	6,74	8,07	8,04	9,65	9,05
c) w latach 6–10 od wystąpienia uszkodzeń c) from 6 to 10 years after appearance of disturbances									
0–5	większe uszkodz. gleby higher soil disturbances level	8,43	8,96	7,88	8,46	8,73	9,20	7,13	8,62
5,01–15	mniej uszkodz. gleby lower soil disturbances level	8,38	10,01	6,90	8,06	9,09	10,94	6,86	6,94
> 15	bez uszkodzeń gleby without soil disturbances	9,11	8,81	10,29	7,34	8,45	9,17	10,37	10,22

wymienionej strefie kształtował się od 8,46 do 9,20 dm³, a w drugiej zawierał się w przedziale 7,34–9,17 dm³. W przypadku przyrostu średniego ze wszystkich uwzględnionych wariantów oraz w wariantach charakteryzujących się koleinami (bez bruzd) przyrost w strefie do 5 m od szlaku był mniejszy niż w strefie ponad 15 m od

niego. Średni ze wszystkich uwzględnionych wariantów przyrost roczny miąższości w strefie do 5 m od szlaku wyniósł $8,43 \text{ dm}^3$, a ponad 15 m od niego $9,11 \text{ dm}^3$. W wariantach uszkodzeń gleby cechujących się koleinami przyrost w strefie do 5 m od szlaku wahał się od $7,13$ do $8,62 \text{ dm}^3$, a w strefie ponad 15 m od niego zawierał się w przedziale $10,22$ – $10,37 \text{ dm}^3$.

6. ANALIZA WYNIKÓW I Dyskusja

Wpływ uszkodzeń gleby na przyrost pierśnicy drzew okazał się statystycznie nieistotny. Średni ze wszystkich uwzględnionych wariantów uszkodzeń gleby przyrost pierśnicy drzew w latach 1–10 okazał się taki sam ($0,16 \text{ cm}$) we wszystkich wyróżnionych strefach odległości od szlaku zrywkowego. Być może w miejscach uszkodzeń gleby nastąpiło zmniejszenie przyrostu pierśnicy, które jednak zostało zrekompensowane przyrostem z prześwietlenia z tytułu wycięcia szlaków zrywkowych. Przemawia za tym większy przyrost pierśnicy drzew rosnących w strefie do 5 m od szlaku niż rosnących ponad 15 m od niego w niektórych wariantach uszkodzeń gleby, np. w wariantcie C_s -HS, w którym uszkodzenia gleby były stosunkowo duże (koleiny po przejazdach harwestera i skidera oraz bruzdy wyłobione czołami strzał okrzesywanych harwestere i zrywanych skiderem). Przeczy zaś mniejszy przyrost pierśnicy drzew w strefie przy szlaku niż dalej od niego, np., w wariantcie K_r -PF, w którym uszkodzenia gleby ograniczały się do kolein, których głębokość była mniejsza niż w wyżej wymienionym wariantcie.

Wpływ uszkodzeń gleby na przyrost wysokości drzew okazał się także statystycznie nieistotny. Bardzo różnie ułożył się przyrost w poszczególnych wariantach uszkodzeń gleby w strefach odległości od szlaku zrywkowego. W jednych był nieznacznie większy przy szlaku niż w głębi drzewostanu (bez uszkodzeń gleby), w innych nieco większy w głębi drzewostanu niż przy szlaku, a jeszcze w innych – miał takie same wielkości. Trudno przy tym wskazać na wyraźniejsze prawidłowości. Wydaje się więc, że uwzględnione w badaniach warianty uszkodzeń gleby przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych podczas trzebieży późnych nie mają większego znaczenia dla przyrostu wysokości drzew. Jeżeli następuje zmniejszenie jej przyrostu w miejscach uszkodzeń gleby, to jest rekompensowane przyrostem z prześwietlenia z tytułu wycięcia szlaków zrywkowych.

Nie stwierdzono również statystycznie istotnego wpływu uszkodzeń gleby na przyrost miąższości drzew. W tym przypadku można jednak zauważyć, że w latach 1–10 oraz 1–5 od wystąpienia uszkodzeń średni ze wszystkich uwzględnionych wariantów oraz w prawie wszystkich wariantach (z wyjątkiem wariantu C_s -PK) przyrost roczny miąższości drzew rosnących w strefie do 5 m od szlaku jest mniejszy niż drzew położonych ponad 15 m od niego (bez uszkodzeń gleby). W latach 6–10 od wystąpienia uszkodzeń średni przyrost ze wszystkich uwzględ-

dnionych wariantów oraz w wariantach charakteryzujących się koleinami (bez bruzd) był w dalszym ciągu mniejszy w strefie do 5 m od szlaku niż w strefie ponad 15 m od niego. Natomiast przyrost roczny miąższości drzew w wariantach uszkodzeń gleby cechujących się koleinami i bruzdami oraz w wariantach po zrywce konnej (C_s -PK) w strefie do 5 m od szlaku był nieznacznie większy niż w strefie ponad 15 m od niego. Wynika z tego, że w pierwszym pięcioleciu po wystąpieniu uszkodzeń gleby następuje zmniejszenie przyrostu miąższości w prawie wszystkich wariantach (z wyjątkiem wariantu C_s -PK), a w drugim zmniejszenie przyrostu utrzymuje się tylko w wariantach charakteryzujących się koleinami (bez bruzd), a nie ma już miejsca w przypadku wariantów cechujących się koleinami (niekiedy głębszymi) oraz bruzdami. Trudno to jednoznacznie wyjaśnić, zważywszy, że znacząca regeneracja nastąpiła w koleinach we wszystkich wariantach uszkodzeń gleby. Choć nie stwierdzono statystycznie istotnego zmniejszenia przyrostu miąższości z tytułu uszkodzeń gleby przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych podczas trzebieży późnych, to jednak wyniki nie potwierdzają tezy, że zmniejszenie przyrostów drzew na glebie uszkodzonej przez maszyny przy pozyskiwaniu drewna jest z nawiązką rekompensowane zwiększeniem przyrostu z tytułu prześwietlenia przez wycięcie szlaków zrywkowych, jak miało to miejsce w drzewostanach świerkowych (Matthies 1997).

7. WNIOSKI

1. Wpływ uwzględnionych w badaniach wariantów uszkodzeń gleby (bruzdy i odciski kopyt przy zrywce konnej, koleiny i bruzdy przy zrywce skiderem, koleiny i bruzdy przy ścinie i okrzesywaniu strzał harwesterem oraz zrywce skiderem, koleiny przy zrywce kłód i wałków forwarderem, koleiny przy wyróbce drewna w kłodach i wałkach harwesterem oraz zrywce forwarderem), powstających przy pozyskiwaniu drewna w drzewostanach sosnowych podczas trzebieży późnych, na średni przyrost roczny pierśnicy, wysokości i miąższości drzew w latach 1–10 oraz 1–5 i 6–10 od wystąpienia uszkodzeń okazał się statystycznie nieistotny.

2. Nie wystąpiły też wyraźniejsze prawidłowości w układzie przyrostu pierśnicy i wysokości drzew w wariantach uszkodzeń gleby między strefami odległości od szlaku zrywkowego. Można natomiast zauważyć, że w latach 1–10 oraz 1–5 od wystąpienia uszkodzeń średni ze wszystkich uwzględnionych wariantów oraz w prawie wszystkich wariantach (z wyjątkiem wariantu C_s -PK) przyrost roczny miąższości drzew rosnących w strefie do 5 m od szlaku był mniejszy niż drzew położonych ponad 15 m od niego.

3. Biorąc pod uwagę niedostateczne jeszcze poznanie skutków uszkodzeń gleby przy pozyskiwaniu drewna w różnych warunkach drzewostanowych, należy w dalszym ciągu ograniczać powstawanie tych uszkodzeń, w tym także w drzewostanach sosnowych podczas trzebieży późnych.

4. Celowe jest prowadzenie dalszych badań nad oceną skutków uszkodzeń gleby powstających w drzewostanach przy pozyskiwaniu drewna. Zagadnienia te są złożone, natomiast stan wiedzy w tym zakresie jest ograniczony, a uzyskane wyniki badań niejednoznaczne.

Autor składa serdeczne podziękowania Panu Nadleśniczemu i Pracownikom Nadleśnictwa Dąbrowa (RDLP w Toruniu) oraz Kolegom z Zakładu Użytkowania Lasu za pomoc w realizacji badań.

Praca została złożona 15.01.2007 r. i przyjęta przez Komitet Redakcyjny 8.06.2007 r.

EFFECT OF SOIL DISTURBANCES BY WOOD HARVESTING IN LATE THINNINGS OF PINE STANDS ON TREES INCREMENT

SUMMARY

Effect of soil disturbances by wood harvesting in late thinnings of pine stands on average annual increment of DBH, height and volume of pine trees was studied ten years after thinnings and causing of disturbance, with division into five year periods (1–5 and 6–10).

Research works were conducted in three stands located on fresh coniferous sites, at the age of 73–102 years, where ten years before soil disturbances inventory was made. Following variants of soil disturbances were distinguished: furrows and tracks of hooves after horse extraction, ruts and furrows after skidder extraction, ruts and furrows after felling and delimiting with harvester and skidder extraction, ruts after extraction of logs and bolts with forwarder, ruts after producing logs and bolts with harvester and extraction with forwarder. From that time there were no tending works in stands as they could disturb the performed inventory of soil disturbances.

Results summary:

1. Effect of taken into account variants of soil disturbances resulting from wood harvest in late thinnings of pine stands on average annual increment of DBH, height and volume of trees in up to 10 years, and in the first and the second five-year research periods after appearance of disturbances turned out to be statistically not significant.

There was also no interrelation between increment of DBH and height of trees and their distance from the strip road.

2. Average annual increment of tree's DBH in up to 10 years after soil disturbance appearance was 0.16 cm in all zones along the strip road. DBH increment in the first five-year period from appearance of soil disturbance in both zones located closer to strip road (up to 15 m) was 0.17 cm, in the zone over 15 m – 0.16 cm, but in the second five-year period in the zone up to 5 m was 0.16 cm and in both distant zones – 0.15 cm.

3. Average annual increment of height in up to 10 years after soil disturbances appearance was 0.21 m in the zone up to 5 m distance from strip road and 0.20 m in two remaining zones. In the first five-year period the average increment in both zones located closer to strip road (up to 15 m) was 0.21 m and in the zone over 15 m (with no soil disturbances) –

0.20 m but in the next five years was in zone up to 5 m – 0.21 m, in zone 5–15m – 0.19 and in zone over 15 m – 0.20 m.

4. Even though influence of soil disturbances on volume increment of trees was statistically not significant, in up to 10 and up to 5 years after appearance of disturbances the average volume increment of trees growing in the zone up to 5 m from strip road in almost all variants (excluding variant comprising furrows and tracks of hooves – C_s-PK) was smaller than increment of trees located over 15 m from strip road (without soil disturbances).

In up to 10 years after appearance of soil disturbances the average volume increment of all variants in the zone up to 5 m was 7.99 dm³ and over 15 m from strip road – 8.71 dm³. In particular variants (except variant C_s-PK) volume increment in zone up to 5 m from strip road ranged from 7.03 to 8.58 dm³ and in zone over 15 m from strip road was between 8.26–10.01 dm³. In variant C_s-PK it was 8.07 and 7.04 dm³, respectively.

In the first five-year period after appearance of soil disturbances the average volume increment of all variants in the zone up to 5m was 7.56 dm³ and over 15 m – 8.3 dm³. In respective variants (except variant C_s-PK) volume increment in zone up to 5 m from strip road ranged from 6.94 to 7.96 dm³ and in zone over 15 m was between 8.04–9.65 dm³. In variant C_s-PK it was 7.68 and 6.74 dm³, respectively.

In the second five-year period (from 6 to 10 years) after appearance of soil disturbances the average volume increment in variants characterized by ruts and furrows and in variant with horse extraction in the zone up to 5 m was slightly bigger than in zone located over 15 m from strip road. In those variants annual volume increment in the first mentioned zone was between 8.46 and 9.20 dm³ and in the second between 7.34–9.17 dm³. In the case of average increment from all respected variants and variants characterized by ruts (without furrows) was smaller in the zone up to 5 m than in zone over 15 m from strip road. The average volume increment of all variants in the zone up to 5 m was 8.43 dm³ and over 15 m from strip road 9.11 dm³. Volume increment in variants of soil disturbances characterized by ruts was in the zone up to 5 m ranged from 7.13 to 8.62 dm³ and in zone over 15 m from strip road was between 10.22–10.37 dm³.

(transl. K. J.)

LITERATURA

- Bucht S. 1977: Vad kostar stickvägarna i tillväxt? [The influence of strip roads on increment at the first thinning in Scots pine forest]. Skogen, 6 (21): 218-221.
- Dobrowolska D., Farfał D., Józefaciukowa W. 1996: Wpływ wybranych metod i środków pozyskiwania drewna na uszkodzenia korzeni sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. Prace Inst. Bad. Leś., A, 820: 36-44.
- Donnelly J. R. & Shane J. B. 1986: Forest ecosystem responses to artificially induced soil compaction. I. Soil physical properties and tree diameter growth. Canad. J. Forest Res., 16, Nr 4.
- Firth J. 1989: How soil disturbance impacts tree growth. NZ Forest Industries, 7.
- Furuberg Gjedtjernet A. M. 1995: Forest operations and environmental protection. Water, Air Soil Poll., 82: 35-41.
- Isomäki A. 1986: Effects of line corridors on the development of edge trees. Fol. For., 678: 1-30.
- Kremer J., Matthis D. 1997: Auswirkungen der Befahrung aus das Wachstum der forstlichen Vegetation. AFZ der Wald, 9: 474-477.
- Matthies B. 1997: Maschinelle Holzernte und ihre Auswirkungen auf unsere Bestände. AFZ der Wald, 9: 471-473.
- Olejarski I., Walendzik R. 1996: Wpływ maszyn do pozyskania drewna i zrywki na właściwości fizyczne gleb leśnych na siedlisku boru świeżego. Prace Inst. Bad. Leś., A, 827: 48-61.

- 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., Farfał D., Dobrowolska D., Józefaciuk W., Żółciak A., Oszako T., Sierota Z., Olejarski I., Walendzik R. J., Zachara T., Jodłowski K., Szuba T., Gniady R. 1996: Wpływ techniki i technologii pozyskiwania drewna na wybrane elementy środowiska leśnego. *Dok. Inst. Bad. Leś.*, Warszawa.
- 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. Ministry of Agriculture Brussels – Belgium. Louvain-la-Neuve (Belgium), 11-15 September 1989: 165-175.*
- Żółciak A. 1997: Występowanie grzybów na strzałach sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris*) w obrębie ran powstałych przy wykonywaniu prac trzebieżowych. *Prace Inst. Bad. Leś.*, A, 833: 85-102.