

## Porównanie metod szacowania pozyskaniowych szkód glebowych na przykładzie rębego drzewostanu bukowego

A comparison of methods to estimate harvest-induced damage to the soil using the example of a beech timber stand

**Dariusz Kulak**

Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Leśny, Katedra Użytkowania Lasu i Drewna,  
Al. 29 Listopada 46, 31-425 Kraków

Tel. +48 12 6625092, e-mail: rlikulak@cyf-kr.edu.pl

**Abstract.** The study determines the extent of soil disturbances occurring during mechanised harvesting operations in a beech timber stand and investigates whether applying different research methods can be used to classify, in a comparable way, forest areas with different levels of soil damage. In the analysed stand, felling and on-site processing were conducted with chainsaws, while extracting – using an farm tractor. After the completion of logging operations, visible soil disturbances on each sample plot were measured, including their area, volume and depth, and the value of five most common indicators of soil damage was calculated. The share of disturbed surface area, the volume of soil disturbances and different soil damage indicators allowed sample plots to be arranged in the same way according to increasing levels of soil damage occurring during harvesting. A different order was observed only in relation to the depth of the ruts formed. The similarity of the applied measures and classifications of soil disturbances indicates that all of the methods can be applied to make simple comparisons of the degree of soil damage. Because field trials are easy to perform, soil damage indicators based on a visual assessment of soil condition, without the need to take measurements, are worth recommending at first. A fuller picture of the level and nature of detected soil damage, however, can be obtained by taking into account the depth of the disturbance.

**Key words:** logging damage, indicators of soil damage, beech timber stand, agricultural tractor

### 1. Wstęp

Obecnie jednym z ważniejszych kryteriów oceny technologii pozyskiwania drewna powinno być ich oddziaływanie na środowisko leśne, w tym szczególnie na glebę. Wynika to z faktu, że niewłaściwie dobrane maszyny i technologie nie tylko prowadzą do degradacji samej gleby, ale także poprzez zmianę struktury i stosunków wodnych w niej panujących, wpływają niekorzystnie na wzrost zarówno sadzonek, jak i starszych drzew, nawet kilkadziesiąt lat po przeprowadzonych zabiegach (Wert, Thomas 1981). Kluczowe zatem jest poznanie rozmiaru i charakterystyki naruszeń struktury gleby przy

zastosowaniu różnych technologii i sposobów pracy w jak największej liczbie drzewostanów, zróżnicowanych pod względem składu gatunkowego, cech taksacyjnych, wykonywanych w nich zabiegów, warunków terenowych, siedliskowych, terminu przeprowadzonych zabiegów itp. Jednak – jak zauważa Porter (1997) – badania związane z oceną szkód powodowanych zrywką są długotrwałe i skomplikowane metodycznie. Spośród różnych metod pomiaru odkształceń gleby spowodowanych mechanizacją prac pozyskaniowych wymienionych przez Wästerlunda (1992), takich jak pomiary zwięzłości gleby, jej przesiąkliwości, pobieranie próbek korzeni w celu określenia stopnia ich uszkodzenia, za

najprostszą należy uznać metodę wizualną. Cechuje się ona jednak pewną subiektywnością i jest trudno porównywalna z innymi metodami. Tym bardziej, że wizualna ocena stanu gleby połączona jest najczęściej z przeliczeniem klasy zakłócenia gleby na wskaźniki liczbowe umożliwiające łatwiejszą ocenę uzyskanych wyników (Giefing 1999; Gil 2003). Stosunkowo prostą metodą jest także mierzenie powierzchni i objętości kolein, często kończące się wyliczeniem sumarycznego wskaźnika stopnia uszkodzenia gleby (Suwała 2000). Oprócz celów poznawczych podstawowym zadaniem tego typu badań jest ocena wpływu danej maszyny lub technologii na poszczególne składniki środowiska leśnego (Dudek, Sosnowski 2011). W tym kontekście ważne jest, czy różne metodyki oceny szkód pozyskaniowych pozwalają na uzyskanie porównywalnych wyników.

Celem pracy była ocena rozmiaru naruszeń wierzchniej warstwy gleby w bukowym drzewostanie wyżynnym po cięciach rębnych i zrywce za pomocą ciągnika rolniczego z zastosowaniem wybranych metod oceny szkód, a także sprawdzenie, czy użyte różne metody badawcze w porównywalny sposób klasyfikują powierzchnie leśne o różnym natężeniu szkód pozyskaniowych.

## 2. Metodyka

Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Krzeszowice (RDLP Kraków) – 50,13°N, 19,63°E – w drzewostanie bukowym, w którym wykonano cięcia o charakterze rębnym w ramach rębni IIa. Podstawowe charakterystyki analizowanego drzewostanu zestawiono w tabeli 1.

W badanym drzewostanie przy trzech szlakach zrywkowych, w odległości około stu metrów od ich wylotu, założono kwadratowe powierzchnie próbne do oceny szkód pozyskaniowych o boku 50 m i powierzchni 25 arów. Oznaczono je symbolami A, B i C.

Prace zrębowe przeprowadzono w okresie letnim. Ścinka została wykonana przez pilarzy za pomocą pilarek spaliniowych. Drewno wyrabiano w ten sposób, że po okrziesaniu przecinano je na dwie lub trzy części. Zrywka na składnicę przyzrębową odbyła się z użyciem ciągnika rolniczego poprzez wleczenie. Dalsza wyróbka sortymentów stosowych z wierzchołkowych części drzew odbywała się na składnicy. Sposób wykonania zrywki związany był ze zjeżdżaniem ciągnika ze szlaku zrywkowego celem zaczepienia ładunku.

Każdą powierzchnię pomiarową pokryto siatką kwadratów o boku 10 m. Jej węzły zostały zastabilizowane w terenie za pomocą drewnianych słupków. Po zakończeniu prac zrębowych na każdej powierzchni próbnej wykonano pomiary widocznych naruszeń gleby, określając

**Tabela 1. Podstawowe cechy badanego drzewostanu**

Table 1. Main characteristics of the studied stand

<b>Skład gatunkowy / wiek</b> Species composition / age	<b>1 So / pine 120</b> 9 Bk / beech 120
<b>Zadrzewienie / Stocking</b>	0,8
<b>Zwarcie / Canopy closure</b>	<b>przerwane / broken</b>
<b>Zasobność / Volume [m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>]</b>	420
<b>Typ siedliskowy lasu (TSL)</b> Forest site type	<b>Las wyżynny (Lwyż) /</b> upland deciduous forest
<b>Bonitacja / Stand quality index</b>	II
<b>Średnia wysokość</b> Medium height [m]	31
<b>Średnia pierśnica [cm]</b> Medium DBH [cm]	42
<b>Gleba / Soil</b>	<b>rędzina właściwa, piasek</b> <b>słabo gliniasty</b> rendzina, loamy sand

za pomocą taśmy, z dokładnością do 0,01 m, długość każdego z nich, głębokość oraz szerokość mierzoną co 0,5 m. Na tej podstawie dla każdej powierzchni próbnej określono powierzchnię i objętość naruszeń gleby. Obliczono też syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby  $Ug$  opracowany przez Suwałę (1999), wykorzystując wzór:

$$Ug = G_{ko} + G_{bp} + 2 G_{bg} + G_{kp} \quad (1)$$

gdzie:

$Ug$  – syntetyczny wskaźnik uszkodzeń wierzchniej warstwy gleby,

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

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

$G_{bg}$  – udział procentowy objętości głębokich bruzd o średniej głębokości powyżej 5 cm, w warstwie gleby o grubości 10 cm,

$G_{kp}$  – udział procentowy objętości odcisków (ślądów) kopyt w warstwie gleby o grubości 10 cm, obliczony na podstawie empirycznego wzoru.

Konstrukcja powyższego wzoru wskazuje, że na wartość wskaźnika  $Ug$  głębokość bruzd i kolein wpływa tylko w ograniczonym zakresie, ponieważ koleiny głębsze niż 10 cm nie powodują zwiększenia jego wartości. Wynika to z założenia przyjętego przez autora wskaźnika, że zmiany powstałe w tej warstwie gleby są najważniejsze, gdyż w niej znajduje się przeważająca część korzeni przewodzących drzew.

Na podstawie obserwacji powierzchni gleby na kole o średnicy 50 cm, wokół każdego z 36 punktów węzłowych powstałych w wyniku założenia siatki kwadratów, dokonano oceny uszkodzeń gleby według klasyfikacji

opracowanej przez Dyrness'a (1965), a zmodyfikowanej przez Giefinga (1999):

1) gleba niezakłócona – ściółka zachowana, brak śladów ubicia, klasa zakłócenia  $R = 0$ ,

2) gleba lekko zniszczona, w klasie tej wyróżnia się trzy podklasy:

a) ściółka usunięta, gleba mineralna odsłonięta, ale niezakłócona, klasa zakłócenia  $R = 1$ ,

b) gleba mineralna wymieszana ze ściółką, klasa zakłócenia  $R = 2$ ,

c) gleba mineralna przykrywa ściółkę i pozostałości zrębowe warstwą o grubości do około 5 cm, klasa zakłócenia  $R = 3$ ,

3) gleba głęboko zniszczona, gleba powierzchniowo usunięta, głębsze warstwy odsłonięte, powierzchnia gleby bardzo rzadko pokryta ściółką lub odpadami zrębowymi, klasa zakłócenia  $R = 4$ ,

4) gleba ubita, wyraźne ślady ubicia przez pojazd zrywkowy lub ładunek, klasa zakłócenia  $R = 5$ .

Dla liczbowego przedstawienia uzyskanych wyników, wzorując się na stosowanym do oceny uszkodzeń drzewostanu wskaźniku  $Ud$  (Sosnowski 1999), skonstruowano dla potrzeb niniejszego opracowania wskaźnik naruszeń gleby ( $Ng$ ), według wzoru:

$$Ng = \frac{\sum I_{R(1-5)} \times R_{1-5}}{N} \quad (2)$$

gdzie:

$I_R$  – liczba punktów węzłowych w klasie  $R$  zakłócenia gleby,

$N$  – liczba wszystkich punktów węzłowych na powierzchni badawczej,

$R$  – klasa zakłócenia gleby.

Zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Grodeckiego i in. (2000) zostały obliczone również następujące wskaźniki uszkodzenia gleby (zmienione stosownie do przyjętych oznaczeń poszczególnych klas uszkodzeń i sposobu ich pomiarów):

Wskaźnik uszkodzeń gleby  $W_G$ :

$$W_G = \frac{\sum I_{R(1-5)}}{N} \times 100\% \quad (3)$$

Wskaźnik dotkliwych uszkodzeń gleby  $W_{Gd}$ :

$$W_{Gd} = \frac{\sum I_{R(4-5)}}{N} \times 100\% \quad (4)$$

Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby  $S_{WG}$ :

$$S_{WG} = \frac{0,1 \times I_{R1} + 0,3 \times I_{R2} + 1 \times I_{R3} + 3 \times I_{R4} + 3 \times I_{R5}}{N} \quad (5)$$

Dwukrotnie – przed wykonaniem zabiegów i po jego realizacji – zinventaryzowano i pomierzono drzewa rosnące na powierzchniach badawczych, uwzględniając tylko drzewa o piersnicy przekraczającej 7 cm. Następ-

nie obliczono intensywność przeprowadzonych cięć w wymiarze ilościowym i miąższościowym.

Dla porównania, czy wszystkie zastosowane metody pomiarowe i wskaźniki w identyczny sposób szeregują powierzchnie badawcze według rosnącego rozmiaru szkód pozyskaniowych, posłużono się trzystopniową skalą:

1 – powierzchnia o najmniejszym rozmiarze uszkodzeń gleby,

2 – powierzchnia o przeciętnym rozmiarze uszkodzeń gleby,

3 – powierzchnia o największym rozmiarze uszkodzeń gleby.

### 3. Wyniki i dyskusja

Trzy założone powierzchnie badawcze różniły się między sobą zarówno liczbą i miąższością rosnących na nich drzew, jak i intensywnością przeprowadzonych cięć. Znacznie zróżnicowana była również średnia miąższość usuniętych drzew – od 0,83 m<sup>3</sup> na powierzchni B do blisko 3 m<sup>3</sup> na powierzchni C (tab. 2).

Sytuacja taka – zmienne cechy taksacyjne oraz nasilenie cięć – utrudniała dokonanie uogólnień związanych z opisem wykonanego zabiegu oraz scharakteryzowaniem rozmiaru szkód w analizowanym drzewostanie. Dla realizacji przyjętego celu badań była jednak korzystna, gdyż porównywanie różnych metod szacowania i oceny szkód pozyskaniowych było możliwe wyłącznie na powierzchniach cechujących się różnym ich natężeniem.

Udział naruszonej gleby na analizowanych powierzchniach był różny, co przedstawiono na rycinie 1.

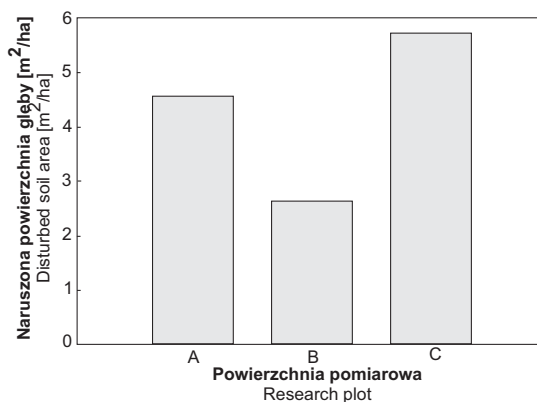
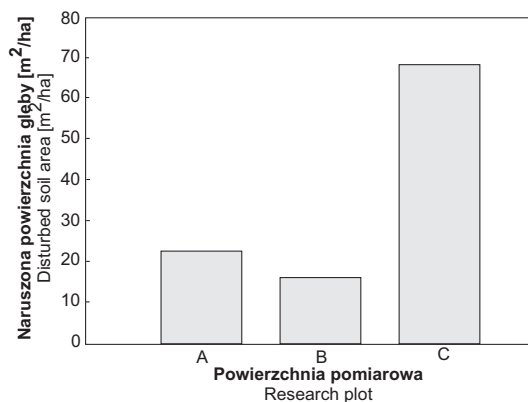
Najmniejsze uszkodzenia stwierdzono na powierzchni B – około 2,6%, ponad 1,7 razy większe na A i ponad dwukrotnie większe – blisko 5,8% na powierzchni C. Uzyskane wyniki były zbliżone lub większe od obserwowanych we wcześniejszych badaniach w trzebieżowych drzewostanach sosnowych, gdzie po zrywce za pomocą ciągników rolniczych stwierdzono, że udział naruszonej podczas prac pozyskaniowych gleby wynosił od 2,6 do 3,6%, w zależności od wieku drzewostanu (Sowa, Kulak 2008a). Szkody w drzewostanach rębnych były zazwyczaj większe, sięgające przy zrywce za pomocą ciągnika rolniczego w warunkach górskich 13% (Dudek, Sosnowski 2011). Inne badania (Kulak, Barszcz 2008) wykonane w rębnym drzewostanie jodłowo-bukowym, na podobnym siedlisku Lwyzów pozwoliły stwierdzić, że uszkodzone mogło być 12–18% powierzchni, w zależności od użytego środka zrywkowego.

Uzyskane uszeregowanie obiektów próbnych pod względem powierzchni naruszonej gleby odzwierciedlało rosnącą intensywność cięć, jak również średnią

**Tabela 2. Charakterystyka powierzchni pomiarowych**

Table 2. Characteristic of research plots

Wyszczególnienie Specification	Jed-nostki Units	Powierzchnia badawcza Research plot		
		A	B	C
<b>Liczba drzew przed cięciami</b> Number of trees before cutting	<b>szt./ha</b> trees/ha	512	868	172
<b>Liczba drzew usuniętych</b> Number of removed trees	<b>szt./ha</b> trees/ha	112	212	92
<b>Miąższość drzew przed cięciami</b> Tree volume before cutting	<b>m<sup>3</sup>/ha</b>	340,4	449,6	428,9
<b>Miąższość drzew usuniętych</b> Volume of removed trees	<b>m<sup>3</sup>/ha</b>	155,9	175,6	272,0
<b>Odsetek usuniętych drzew</b> Percentage of removed trees	<b>%</b>	21,9	24,4	53,5
<b>Odsetek usuniętej miąższości</b> Percentage of removed tree volume	<b>%</b>	45,8	39,1	63,4
<b>Średnia miąższość usuwanych drzew</b> Average volume of trees being removed	<b>m<sup>3</sup></b>	1,39	0,83	2,95

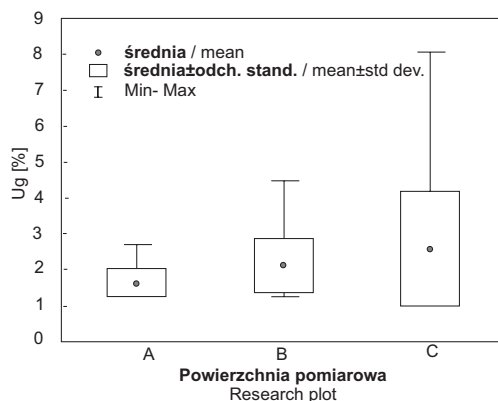
**Rycina 1. Powierzchnia uszkodzonej gleby na poszczególnych powierzchniach pomiarowych**  
Figure 1. Disturbed soil area in three research plots**Rycina 2. Objętość naruszeń gleby na poszczególnych powierzchniach pomiarowych**  
Figure 2. Soil disturbance volume in three research plots

miąższość usuwanych drzew. Istnienie takich związków pomiędzy wielkością szkód pozyskaniowych i intensywnością cięć zostało już potwierdzone nawet w wielkopowierzchniowych badaniach (Pinard et al. 2000). Dowiedziono również, że ze wzrostem intensywności cięć rosło także prawdopodobieństwo naruszeń wierzchniej warstwy gleby (Sowa, Kulak 2008b).

Objętość naruszonej gleby różnicowała obiekty badawcze bardziej niż jej powierzchnia (ryc. 2).

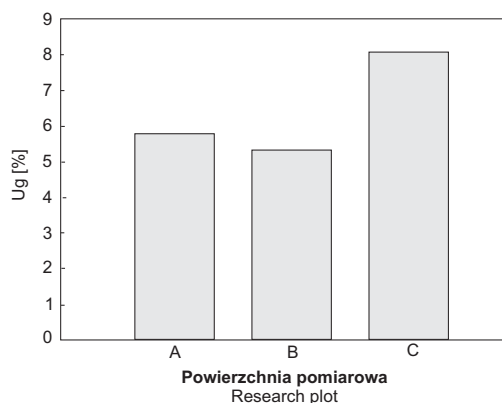
Wnioskować z tego należy, że głębokości powstałych naruszeń gleby były na powierzchni C znacząco większe niż na powierzchniach A i B. Wartości średnie oraz zmienność głębokości uszkodzeń gleby na kolejnych powierzchniach przedstawiono na rycinie 3.

Średnia głębokość naruszeń gleby wzrastała od powierzchni A przez B do C, wynosząc odpowiednio 4,1 cm, 6,9 cm oraz 9,3 cm. Zwracały uwagę znaczące

**Rycina 3. Zmienność głębokości naruszeń gleby na poszczególnych powierzchniach pomiarowych**  
Figure 3. Differences in soil disturbance depth in three research plots

różnice w maksymalnej głębokości obserwowanych uszkodzeń gleby – od 10 cm na powierzchni A, przez 20 cm na B, aż po 40 cm na działce C. Wyniki takie można wiązać z dwoma faktami. Po pierwsze badany drzewostan był nachylony w kierunku od powierzchni A do powierzchni C, co pozostawało w związku z rosnącą w tym samym kierunku wilgotnością gleby. Ta zaś łączona jest z poziomem szkód pozyskaniowych. Na glebach wilgotniejszych uszkodzenia gleby są większe (Wood et al. 2002; Sosnowski 2003). Drugim czynnikiem, który mógł wpłynąć na znacznie głębsze uszkodzenia gleby na powierzchni C, mogła być znacząco większa średnia miąższość usuwanych tam drzew, wynosząca blisko 3 m<sup>3</sup>. Według Zastockiego (2003) większe szkody przy zrywce dużych drzew wynikają z tego, że ich masa rozkłada się na mniejszej powierzchni, niż ma to miejsce przy transporcie mniejszych drzew, kiedy to nawet ładunek o podobnej masie rozkłada się na większej powierzchni.

Zgodnie z przyjętą metodyką obliczono wartości wskaźników  $U_g$  charakteryzujących uszkodzenia gleby na poszczególnych działkach. Uzyskane wyniki przedstawiono na rycinie 4.



Rycina 4. Wartości wskaźnika  $U_g$  na poszczególnych powierzchniach pomiarowych

Figure 4. Value of  $U_g$  indicator in three research plots

Wartości wskaźnika  $U_g$  podobnie szeregują powierzchnie badawcze jak objętości naruszeń gleby widoczne na rycinie 2. Wynika to z faktu, że wskaźnik  $U_g$  również niesie informacje o objętości naruszonej gleby, ograniczone jednak tylko do jej wierzchniej, 10-centymetrowej warstwy. Dlatego też ekstremalnie głębokie koleiny obserwowane na powierzchni C nie miały dużego wpływu na wartość tego wskaźnika.

Uzyskane wartości wskaźników nie odbiegają od podawanych w literaturze. W drzewostanach użytkowanych rębniami złożonymi wskaźnik  $U_g$  wynosił od 4,0 do 8,4%, w zależności od zastosowanej technologii i odstepu pomiędzy szlakami (Suwała 2003).

Wykonana w punktach węzłowych klasyfikacja uszkodzeń gleby według skali Dyrness'a umożliwiła zestawienie zniszczeń obserwowanych na poszczególnych powierzchniach badawczych (tab. 3).

Powierzchnia B cechowała się największym udziałem punktów z glebą niezakłóconą – blisko 64%, na działce A takich punktów było znacznie mniej – 42%, a na C – zaledwie 22%. Gleba lekko zniszczona (klasa zakłócenia  $R = 1, 2$  i  $3$ ) była w zbliżonym stopniu obserwowana na analizowanych powierzchniach, udział tych klas wynosił od 19 do 33%. Znaczne różnice zaobserwowano w udziale gleby głęboko zniszczonej ( $R = 4$ ) na powierzchniach badawczych. Na działce B tej formy uszkodzenia nie stwierdzono, na działce A tylko w jednym punkcie, zaś na powierzchni C na blisko 1/5 punktów.

Na podstawie zestawionych w tabeli 3 udziałów poszczególnych klas uszkodzeń obliczono przedstawione w metodyce wskaźniki naruszeń gleby ( $N_g$ ), uszkodzeń gleby ( $W_G$ ), dotkliwych uszkodzeń gleby ( $W_{Gd}$ ) oraz syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby ( $S_{WG}$ ). Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 4.

Przytoczone wskaźniki są ze sobą nieporównywalne. O ile wskaźniki  $W_G$  i  $W_{Gd}$  niosą proste informacje o udziale procentowym odpowiednio: punktów ze stwierdzonymi uszkodzeniami i punktów z uszkodzeniami dwóch najwyższych klas, to wskaźniki  $N_g$  i  $S_{WG}$

Tabela 3. Uszkodzenia gleby na poszczególnych powierzchniach pomiarowych

Table 3. Soil disturbance in three research plots

Gleba – nazwa i klasa zakłócenia R Soil – name and disturbance class R	A		B		C	
	liczba punktów number of points	%	liczba punktów number of points	[%]	liczba punktów number of points	%
Niezakłócona / Undisturbed ( $R = 0$ )	15	41,7	23	63,9	8	22,2
Lekko zniszczona / Slightly damaged ( $R = 1, 2, 3$ )	11	30,6	7	19,4	12	33,3
Głęboko zniszczona / Severely damaged ( $R = 4$ )	1	2,8	0	0,0	7	19,4
Ubita / Compacted ( $R=5$ )	9	25,0	6	16,7	9	25



**Tabela 4. Wartości wskaźników uszkodzeń gleby na poszczególnych powierzchniach badawczych**

Table 4. Values of soil damage indicators on study areas

Wskaźnik, symbol Indicator, symbol	A	B	C
Wskaźnik naruszeń gleby, $N_g$ Soil disturbance indicator, $N_g$	1,72	1,08	2,63
Wskaźnik uszkodzeń gleby, $W_G$ [%] Soil damage indicator, $W_G$ [%]	58,3	36,1	77,8
Wskaźnik dotkliwych uszkodzeń gleby, $W_{Gd}$ [%] Severe soil damage indicator, $w_{gd}$ [%]	27,8	16,7	44,4
Syntetyczny wskaźnik uszkodzeń gleby, $S_{WG}$ Synthetic indicator of soil damage, $S_{WG}$	0,88	0,53	1,43

**Tabela 5. Szeregowanie powierzchni badawczych według rozmiaru szkód glebowych w zależności od zastosowanej metody oceny szkód**

Table 5. Classification of study areas according to the extent of soil damage relative to the applied soil damage assessment method

Symbol wskaźnika / Indicator symbol	A	B	C
Powierzchnia naruszonej gleby / Disturbed soil area	2	1	3
Objętość naruszeń gleby / Disturbed soil volume	2	1	3
Głębokość naruszeń gleby / Disturbed soil depth	1	2	3
$U_g$ [%]	2	1	3
$N_g$	2	1	3
$W_G$ [%]	2	1	3
$W_{Gd}$ [%]	2	1	3
$S_{WG}$	2	1	3

Oznaczenia jak w tab. 4 / Notes as in Table 4

1 – powierzchnia o najmniejszym rozmiarze uszkodzeń gleby, 2 – powierzchnia o przeciętnym rozmiarze uszkodzeń gleby, 3 – powierzchnia o największym rozmiarze uszkodzeń gleby

Description as in Table 4

1 – area with the lowest level of damage, 2 – area with an average level of damage, 3 – area with the highest level of damage

związane są z przypisywaniem wag do poszczególnych form uszkodzeń gleby. W stosunku do badań Glazar i Maciejewskiej (2009), które określiły wartość wskaźników  $W_G$ ,  $W_{Gd}$  i  $S_{WG}$  maksymalnie na poziomie 25%, 14% oraz 0,42, uzyskano wyniki nawet trzykrotnie wyższe. Cytowane autorki przeprowadziły jednak badania w drzewostanie trzebieżowym.

Dla porównania, czy wszystkie zastosowane metody badawcze w identyczny sposób porządkują powierzchnie badawcze pod względem rosnącego rozmiaru szkód glebowych, w tabeli 5 zestawiono powierzchnie, przypisując im cyfry od 1 do 3. Zgodnie z przyjętą metodyką 1 oznacza najmniejsze szkody, zaś 3 – największe.

Oprócz głębokości naruszeń gleby, wszystkie charakterystyki i wskaźniki uszkodzeń gleby w identyczny sposób uszeregowały powierzchnie badawcze pod względem rozmiaru szkód. Zastosowane miary i klasyfikacje naruszeń gleby mają charakter opisowy – wszystkie wskaźniki bazujące na klasyfikacji Dyrness'a oraz

powierzchniowy – jest to informacja o powierzchni naruszonej gleby. O trzecim wymiarze – głębokości stwierdzonych uszkodzeń – informuje również, prócz bezpośrednich ich pomiarów, ich objętość oraz wartość wskaźnika  $U_g$ . Przy czym na wartości tego wskaźnika głębokość bruzd i kolein wpływa tylko w ograniczonym zakresie, ponieważ koleiny głębsze niż 10 cm nie powodują zmian jego wartości. Przy niewielkich różnicach w powierzchni naruszonej gleby w porównywanych drzewostanach, przy jednoczesnym dużym zróżnicowaniu głębokości uszkodzeń, może dojść do tego, że miary powierzchniowe inaczej uszeregują porównywane powierzchnie zrębowe niż miary objętościowe. Celowe wydaje się zatem, by przy stosowaniu do oceny szkód pozyskaniowych wyłącznie wskaźników jakościowych, podawać również informacje dotyczące głębokości uszkodzeń.

#### 4. Wnioski

W analizowanym drzewostanie podczas prac pozyskaniowych uszkodzona została gleba na 2,6 do 5,8% powierzchni, co należy uznać za wartość przeciętną, zbliżoną do informacji podawanych w literaturze. Również pozostałe obliczone charakterystyki naruszeń gleby (objętość) i wskaźniki ( $Ug$ ,  $W_G$ ,  $W_{Gd}$ ,  $S_{WG}$ ) nie odbiegały od danych literaturowych.

W prezentowanych wynikach badań większość zastosowanych miar naruszeń wierzchniej warstwy gleby dała porównywalne wyniki, w ten sam sposób szeregując powierzchnie badawcze według rosnącego rozmiaru zniszczeń. Do prostych porównań rozmiaru szkód mogą być zatem stosowane wszystkie metody. Ze względu na łatwość wykonywania badań terenowych, godne polecenia są przede wszystkim wskaźniki  $N_g$ ,  $W_G$ ,  $W_{Gd}$ ,  $S_{WG}$ . Przy posługiwaniu się wyłącznie wymienionymi wskaźnikami wskazane byłoby jednak podanie głębokości powstałych kolein.

Pełniejszy obraz ilości i charakteru stwierdzonych szkód uzyskuje się uwzględniając głębokość uszkodzeń, obliczając objętość uszkodzeń lub wartość wskaźnika  $Ug$ .

#### Podziękowania

Badania przeprowadzono w ramach prowadzonych zajęć ze studentami.

#### Literatura

- Dudek T., Sosnowski J. 2011. Ocena środowiskooszczędności wybranych technologii zrywki drewna w lasach górskich. *Sylwan*, 155(6): 413–420.
- Dyrness C. T. 1965. Soil surface condition following tractor and high-lead logging in the Oregon Cascades. *Journal of Forestry*, 63: 272–275.
- Giefing D. F. 1999. Wpływ pozyskania drewna w czyszczeniach późnych drzewostanów sosnowych na środowisko. Część 2. Gleby. *Sylwan*, 6: 91–100.
- Gil W. 2003. Strategie redukcji szkód pozyskaniowo-zrywkowych – standaryzacja i klasyfikacja szkód glebowych. *Sylwan*, 5: 76–85.
- Glazar K., Maciejewska M. 2009. Ecological aspects of wood harvesting and skidding in pine stands with use different technologies. *Acta Scientiarum Polonorum Silvarum Colendarum Ratio et Industria Lignaria*, 8(3): 5–14.
- Grodecki J., Rózański H., Stempki W., Gornowicz R., Jabłoński K., Naparty K., Pilarek Z., Wojtkowiak R. 2000. Środowiskowe i produkcyjne skutki udostępniania drzewostanów siecią szlaków operacyjnych. Manuskrypt. Warszawa, Dyrekcja Generalna Lasów Państwowych.
- Kulak D., Barszcz A. 2008. Wpływ wybranych środków zrywkowych na uszkodzenia gleby w rębnych drzewostanach bukowo-jodłowych. *Sylwan*, 12: 20–28.
- Pinard M.A., Barker M.G., Tay J. 2000. Soil disturbance and post-logging forest recovery on bulldozer paths in Sabah, Malaysia. *Forest Ecology and Management*, 130, 213–225.
- Porter B. 1997. Techniczne, ekonomiczne i przyrodnicze aspekty zrywki drewna w sosnowych drzewostanach przed-rębnych. Warszawa, Wyd. Fundacja Rozwój SGGW, s. 1–80. ISBN 83-86980-52-4.
- Sosnowski J. 1999. Przydatność kolejki linowej Larix 550 do zrywki drewna z trzebieży w górach. *Sylwan*, 12: 21–34.
- Sosnowski J. 2003. Zasady proekologicznej zrywki drewna w warunkach gospodarki leśnej w górach. *Sylwan*, 5: 58–64.
- Sowa J., Kulak D. 2008a. Charakterystyka uszkodzeń powierzchniowych warstw gleby podczas zrywki drewna ciągnikami rolniczymi w trzebieżowych drzewostanach sosnowych. *Inżynieria Rolnicza*, 1(99): 353–361.
- Sowa J., Kulak D. 2008b. Probability of occurrence of soil disturbances during timber harvesting. *Croatian Journal of Forest Engineering (CROJFE)*, 29: 29–39.
- Suwała M. 1999. Uszkodzenia drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna w późnych trzebieżach drzewostanów sosnowych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*, 873:1–86.
- Suwała M. 2000. Próba syntetycznej oceny uszkodzeń drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna, na przykładzie późnych trzebieży drzewostanów sosnowych. *Sylwan*, 10: 29–38.
- Suwała M. 2003. Uszkodzenia drzew i gleby przy pozyskiwaniu drewna w wybranych rębniach złożonych na terenach nizinnych. *Prace Instytutu Badawczego Leśnictwa, Seria A*, 1(949): 23–38.
- Wåsterlund I. 1992. Extent and causes of site damage due to forestry traffic. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 7: 135–142.
- Wert S., Thomas B. 1981. Effects of skid roads on diameter, height, and volume growth in Douglas-fir. *Soil Science Society of America Journal*, 45: 629–632.
- Wood M.J., Carling P.A., Moffat A.J. 2003. Reduced ground disturbance during mechanized forest harvesting on sensitive forest soils in the UK. *Forestry*, 76: 345–361.
- Zastocki D. 2003. Wpływ stosowanych przez Zakłady Usług Leśnych środków zrywkowych na uszkodzenia gleby i pozostających drzew w sosnowych drzewostanach przed-rębnych. *Sylwan*, 4: 59–70.