

DIETER FRANCISZEK GIEFING

**Wpływ pozyskania drewna
w czyszczeniach późnych drzewostanów
sosnowych na środowisko
Część 2. Gleby***

The impact of Wood Harvesting in Late Cleanings of Pine Stands
on the Environment. Part 2. Soils

Wstęp

Zamieranie lasów i próby ustalenia przyczyn tego zjawiska skierowały zainteresowania badawcze leśników na gleby. W większości teorii zamierania lasów dopatrywano się związków pomiędzy kwaśnymi deszczami i stanem gleb. Pojawiło się wiele programów badawczych i opracowań poświęconych temu zagadnieniu. Monograficzne opracowanie zredagowane przez Cassens-Sasse [1] daje pogląd na aktualny stan wiedzy z tego zakresu.

Badaczy zajmujących się problematyką użytkowania lasu bardziej interesował problem gleb w aspekcie stresującego oddziaływania cięć na środowisko leśne. O potrzebie kompleksowego traktowania wieloaspektowego wpływu użytkowania lasu na środowisko mówił i pisał Kamiński [8]. Między innymi zwracał on uwagę na szkody wywołane w środowisku leśnym przez ciężkie pojazdy. Stwierdził, że najważniejszymi szkodami spowodowanymi pozyskaniem drewna są uszkodzenia gleby. Badaniami nad wpływem pozyskania drewna na gleby zajmowało się wielu autorów: Kubiak z zesp. [9], Giefing z zesp.

*Na Wydziale Leśnym AR w Poznaniu od 1985 roku realizowane są badania, w których dokonuje się wieloaspektowej analizy procesów technologicznych pozyskiwania drewna. W badaniach tych uwzględniano różnorodne ekologiczne aspekty pozyskiwania drewna takie jak: uszkodzenia drzew, gleb, emisję substancji toksycznych i hałasu oraz wycofywanie ze środowiska niektórych pierwiastków. Ze względu na szerokie spektrum badanych zagadnień całość problemu przedstawiana jest w cyklu publikacji. Pierwszą - na temat uszkodzeń drzew - opublikowano w Sylwaniu w 1995 roku [4]. Do opracowania niniejszego cyklu publikacji wykorzystano wyniki badań zadania zrealizowanego w ramach CPBP 94.10.01.09 w latach 1985-1990 w Katedrze Mechanizacji Prac Leśnych AR w Poznaniu [9].

¹KWF – Kuratorium für Waldarbeit und Forsttechnik jest to niemiecka organizacja (stowarzyszenie) zajmująca się techniką, technologią, organizacją i ergonomią prac w leśnictwie.

[6], Laurow z zesp. [10], Kaliszewski [7]. KWF¹ poświęciło tej tematyce specjalne wydanie książkowe [3].

Celem niniejszej pracy jest porównanie kilku technologii pozyskiwania drewna w czyszczeniach późnych pod kątem ich oddziaływania na gleby oraz dokonanie prób opracowania metody ich wymiernego porównywania.

Założenia metodyczne²

Badaniom poddano gleby w monokulturach sosnowych I kl. Wieku (Nadleśnictwo Trzcianka, Leśnictwo Smolary, oddz. 3c i Nadleśnictwo Krzyż, Leśnictwo Wizany, oddz. 335g), w których wykonano czyszczenia późne z zastosowaniem dziewięciu technologii prac. Dla poziomu ich stresującego oddziaływania na gleby istotne znaczenie miały: faza zrywki w procesie technologicznym pozyskiwania drewna (tab. 1) oraz parametry drzewostanu.

TABELA 1
Podstawowe parametry powierzchni próbnych i fazy zrywki w procesie technologicznym

Pow. próbna	Liczba usuniętych drzew	Wiek	Maksymalne pierśnice usuwanych drzew	Zrywka drewna
A-1	3214	17	11	Konna z tarczą ślizgową
A-2	4736	17	11	Ciągnikiem rolniczym z masztowym urządzeniem zrywkowym konstrukcji Wojtkowiaka
A-3	4736	17	11	Ciągnikiem rolniczym z urządzeniem AH1
A-4	430	17	12	Bez pozyskiwania i zrywki
A-5	1825	17	15	Ciągnikiem roln. z wciągarką PS-30 Robox
B-1	219	19	18	Ciągnikiem rolniczym z wciągarką zmodyfikowaną przez Piskonowicza
B-2	789	19	17	Ciągnikiem rolniczym z urządzeniem AH1
B-3	412	19	18	Konna z tarczą ślizgową
B-4	58	19	18	Bez pozyskiwania i zrywki

Wpływ przeprowadzonych prac na stan gleby określano na podstawie obserwacji jej powierzchni oraz badania gęstości i odczynu gleby.

Ocenę powierzchniowej warstwy gleby przeprowadzono w 36 punktach węzłowych na powierzchniach kołowych o średnicy 1 m. Punkty węzłowe uzyskano w wyniku nałożenia na powierzchnie próbne (0,25 ha) siatki o bokach 10x10 m [2]. Stan gleby w punktach węzłowych klasyfikowano według skali uwzględniającej kolejne stopnie nasilenia zakłóceń (tab. 2).

²Ogólne założenia metodyczne badań przedstawiono w I części opracowania (Giefing 1995). Tutaj zamieszczono jedynie informacje dotyczące zakresu i metodyki badania gleb.

TABELA 2
Klasyfikacja uszkodzeń gleby

Rodzaj zakłócenia	Stan gleby	Klasa zakłócenia
Gleba niezakłócona	ściółka zachowana, brak śladów ubicia	0
	ściółka naruszona, brak śladów ubicia	1
Gleba lekko zniszczona	ściółka usunięta, gleba mineralna odsłonięta, niezakłócona	2
	gleba mineralna wymieszana ze ściółką	3
	gleba mineralna przykrywa ściółkę i odpady zrębowe warstwą do około 5 cm (?)	4
Gleba głęboko zniszczona	gleba powierzchniowo usunięta, głębsze warstwy odsłonięte, powierzchnia gleby bardzo rzadko pokryta ściółką lub odpadami zrębowymi	5
Gleba ubita	wyraźne ślady ubicia przez pojazdy zrywkowe lub ładunek	6

Porównanie poszczególnych powierzchni badawczych, na których prowadzono pozyskiwanie drewna z zastosowaniem odmiennych technologii prac umożliwiło opracowanie wzoru na ważony współczynnik zakłócenia powierzchni gleby W_{pg} [5]. Podstawową zmienną, pozwalającą na wyliczenie współczynnika, jest klasa uszkodzeń gleb (tab. 2). Wyliczona wartość liczbowa charakteryzuje (w stu stopniowej skali) stopień zakłócenia powierzchniowej warstwy gleby w następstwie wykonywanych prac:

$$W_{pg} = \frac{\sum S \cdot n}{2,16}$$

gdzie:

- W_{pg} – ważony współczynnik zakłócenia powierzchni gleby,
- S – klasa uszkodzenia (od 1 do 6),
- n – liczba punktów węzłowych w danej klasie uszkodzenia gleb,
- 2,16 – współczynnik umożliwiający określenie stanu gleby w stustopniowej skali przy 36 punktach węzłowych.

W celu oceny zmian gęstości gleby dwukrotnie określano jej ciężar właściwy - przed przystąpieniem do prac i po ich zakończeniu. W tym celu pobrano za pomocą cylinderków o pojemności 100 cm³ po dziewięć próbek gleby na każdej powierzchni próbnej. Glebę pobierano z warstwy mineralnej, po usunięciu próchnicy z jej powierzchni. Próbki wysuszone w suszarce i po ich wystudzeniu ważono z dokładnością do 0,01 grama.

Zmiany odczynu gleby określano dla każdej powierzchni próbnej, poprzez pomiar kwasowości trzech próbek pobranych z mineralnej warstwy gleby przed i po wykonaniu prac. W warunkach laboratoryjnych oznaczono jej odczyn w roztworze wodnym (pH w H₂O) i chlorku potasu (pH w KCl).

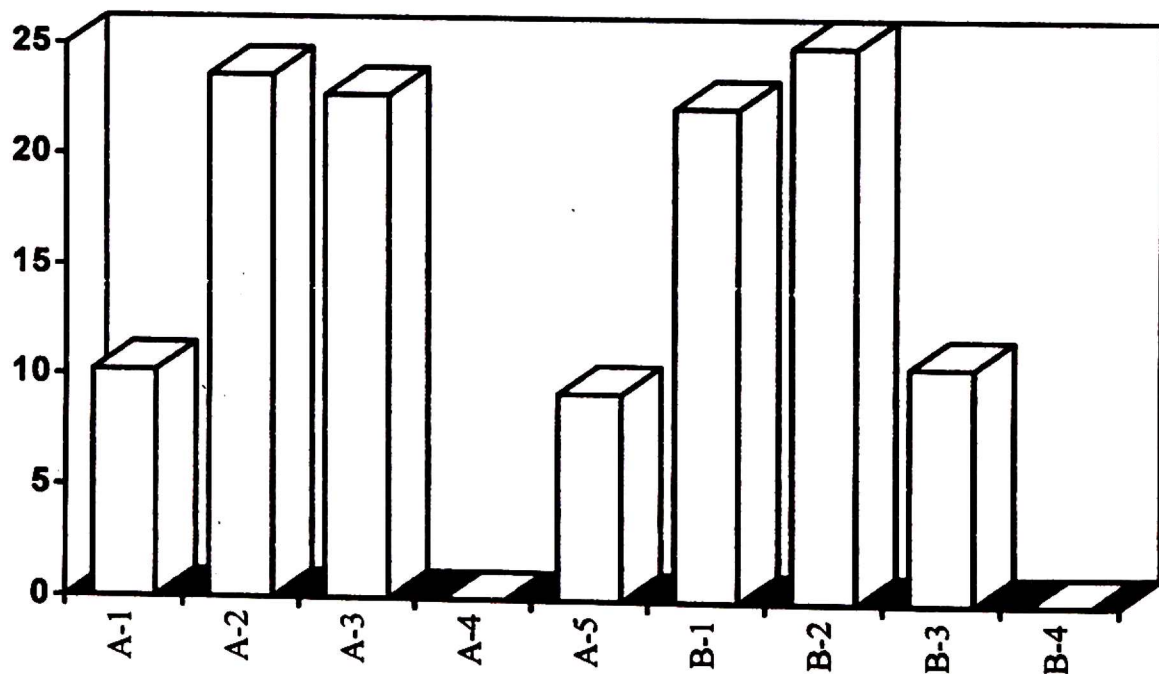
Wyniki badań

Zmiany zaobserwowane w powierzchniowej warstwie gleby

We wszystkich przebadanych wariantach procesów technologicznych stwierdzono zakłócenia gleby w części punktów kontrolnych (tab. 3). Należy podkreślić, że na wszystkich powierzchniach próbnych ponad połowa punktów węzłowych zachowała nienaruszoną powierzchnię dna lasu. W drzewostanach natomiast, w których prowadzono cięcia pielęgnacyjne bez pozyskiwania drewna (tab. 2: pow. A-3 i B-4) nie stwierdzono takich zakłóceń. Czyszczenia późne ograniczono tam do wycięcia stosunkowo niewielkiej liczby drzew niepożądanych, które pozostawiono w drzewostanie.

Charakterystyczny jest całkowity brak lub bardzo niewielki udział gleb silnie zniszczonych (4 i 5 klasa uszkodzeń) w następstwie przeprowadzonych prac. W młodych drzewostanach sosnowych ewentualne naruszenie gleby odziomkami drzew, ze względu na ich niewielką masę, ma zwykle charakter powierzchniowy i rzadko narusza glebę mineralną. Dość liczne (do 6 punktów węzłowych – 16,7%) były natomiast ślady ubicia gleb przez pojazdy wywozowe (6 klasa uszkodzeń)

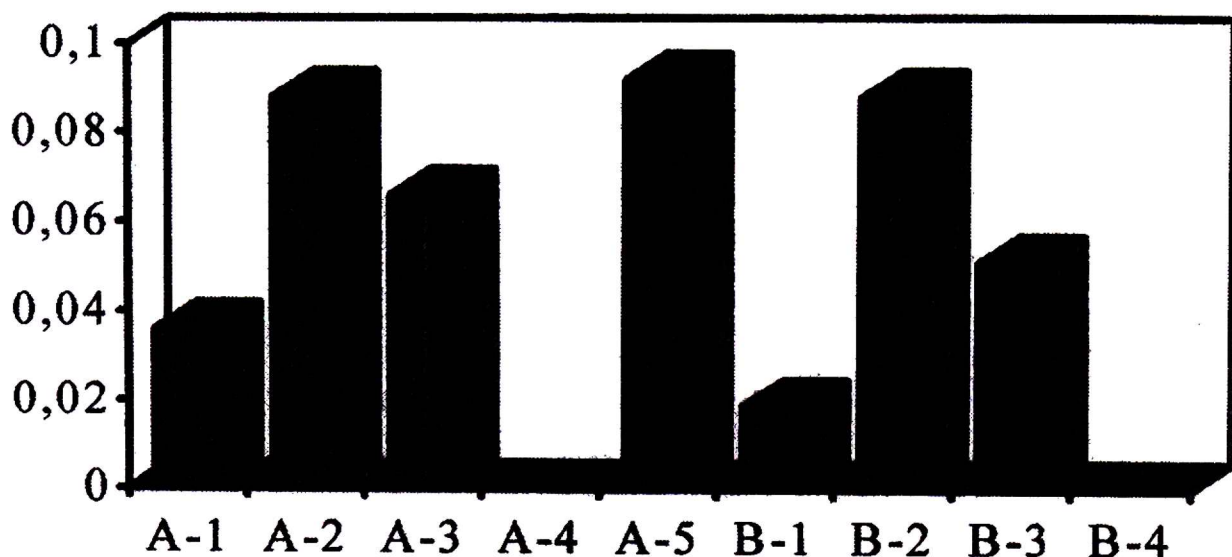
Warto zwrócić uwagę na powierzchnie B-1 i B-2. We wskazanych drzewostanach obserwowano podobny rozmiar zakłóceń, mimo że na powierzchni B-2 pozyskano 3,5 krotnie więcej surowca niż na B-1. W drzewostanie B-2 prowadzono pozyskiwanie metodą całych drzew. Korony zrywanych drzewek ślizgały się po powierzchni dna lasu, powodując mniej zakłóceń niż tylce zgrubnie okrzęsanych drzewek. Przy porównaniu stanu gleby na podstawie ważonych współczynników zakłócania jej powierzchni, w drzewostanie B-2 można jednak dostrzec bardziej niekorzystne zmiany niż w B-1 (ryc. 1).



RYC. 1. Wartości ważonych współczynników uszkodzenia powierzchni gleb (Wpog) na poszczególnych powierzchniach próbnych

TABELA 3
Liczba punktów węzłowych o poszczególnych stopniach zakłócenia gleby

Pow. próbna	Klasa zakłócenia gleby		I		II		III		IV		V		VI		Razem		
	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	szt.	%	
A-1	28	77,7	2	5,6	1	2,8	4	11,1	0	0	0	0	0	0	1	2,8	30
A-2	21	58,3	3	8,3	6	16,7	0	0	0	0	0	0	0	6	16,7	36	
A-3	23	63,9	4	11,1	2	5,6	0	0	0	0	1	2,8	6	16,7	36		
A-4	36	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	
A-5	30	83,3	0	0	1	2,8	4	11,1	0	0	0	0	1	2,8	36		
B-1	21	58,4	2	5,6	5	13,9	4	11,1	0	0	0	0	4	11,1	36		
B-2	20	55,5	3	8,3	5	13,9	2	5,6	0	0	1	2,8	5	13,9	36		
B-3	25	69,4	5	13,9	3	8,3	2	5,6	0	0	0	0	1	2,8	36		
B-4	30	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30		



RYC. 2. Średnie zmiany gęstości gleby na poszczególnych powierzchniach próbnych

Zestawienie klasy zakłóceń powierzchni gleb, chociaż dobrze prezentuje charakter zmian, ze względu na rozproszenie wyników – daje ograniczoną możliwość porównywania stopnia zakłócenia powierzchniowej warstwy gleby w następstwie pozyskiwania drewna z zastosowaniem poszczególnych technologii prac.

Porównanie poszczególnych technologii prac na podstawie ważonych współczynników zakłócenia gleby (ryc. 1) pozwala dostrzec wyraźne zdeterminowanie ich wartości zastosowanym środkiem zrywkowym. Przy zrywce konnej ważone współczynniki (Wpg) były zwykle o połowę mniejsze niż przy zrywce ciągnikowej. Należy zaznaczyć, że prawie wszystkie punkty węzłowe z zakłóconą glebą położone były na szlakach zrywkowych.

Uzyskane wyniki badań dokumentują także wpływ rozmiaru pozyskania na poziom zakłócenia gleby. Powierzchnie, na których pozyskano większe liczby drzew, charakteryzowały się wyższymi ważonymi współczynnikami zakłócenia ich powierzchni (tab. 2, pow. A/2 i A/3 w 17-letnim drzewostanie oraz B/2 w drzewostanie 19-letnim). Warto także zwrócić uwagę na drzewostan A-5 ze zrywką ciągnikową. Wartość współczynnika uszkodzenia gleb odbiega tu wyraźnie od wyników uzyskanych dla pozostałych powierzchni próbnych, na których użyto tego typu pojazd zrywkowy. Przyczyny można upatrywać w technice zrywki zdalnie sterowaną wciągarką. Jej zastosowanie umożliwiło jednoczesną zrywkę kilku wiązek drzew, a więc ograniczyło liczbę przejazdów po szlaku zrywkowym, co mogło mieć wpływ na zmniejszenie udziału punktów węzłowych ze śladami ubicia. Taki pogląd nie wytrzymuje jednak porównania wartości ważonych współczynników zakłócenia powierzchni gleb z przyrostem ich gęstości (ryc. 2).

Zmiany gęstości gleb

Na wszystkich przebadanych powierzchniach próbnych stwierdzono wzrost gęstości gleby (ryc. 2) w następstwie przeprowadzonych prac (na powierzchniach A-4 i B-5, na których nie pozyskiwano drewna zaniechano badania zmian gęstości gleb).

Obserwowane zmiany gęstości potwierdzają spostrzeżenia dokonane na podstawie ważonych współczynników zakłócenia gleby, chociaż ich rozkład nie jest już tak jednoznaczny.

Mozaikowa zmienność gęstości gleb leśnych, przy jednoczesnym braku możliwości dwukrotnego przebadania gleby w tym samym punkcie, może wpływać na przypadkowość wyników. Ryzyko błędu jest więc odwrotnie proporcjonalne do liczby powtórzeń.

Przedstawione wątpliwości wydają się jednak mało uzasadnione przy szczegółowej analizie zgromadzonego materiału liczbowego. Porównanie powierzchni B-1 i B-2 mimo pozornej sprzeczności zarysowanej wysokością słupkowych diagramów wskazuje, że uzyskane wyniki mogą być uzasadnione, w związku ze stosunkowo niewielką liczbą drzew pozyskanych na powierzchni B-1. Podobnie weryfikujący jest przyrost gęstości gleby na powierzchni A-5, który dopiero w zestawieniu z ważonym współczynnikiem zakłócenia powierzchniowej warstwy gleby daje – jak się wydaje – obiektywny obraz zmian (ryc. 3). Przyniesione spostrzeżenia spowodowały próbę matematycznego ujęcia zaobserwowanej wzajemnej weryfikacji przyrostu gęstości i współczynnika zakłócenia powierzchni gleby:

$$W_{ug} = \frac{W_{pg} \cdot N_{pg} + 300G \cdot N_g}{N_{pg} + N_g}$$

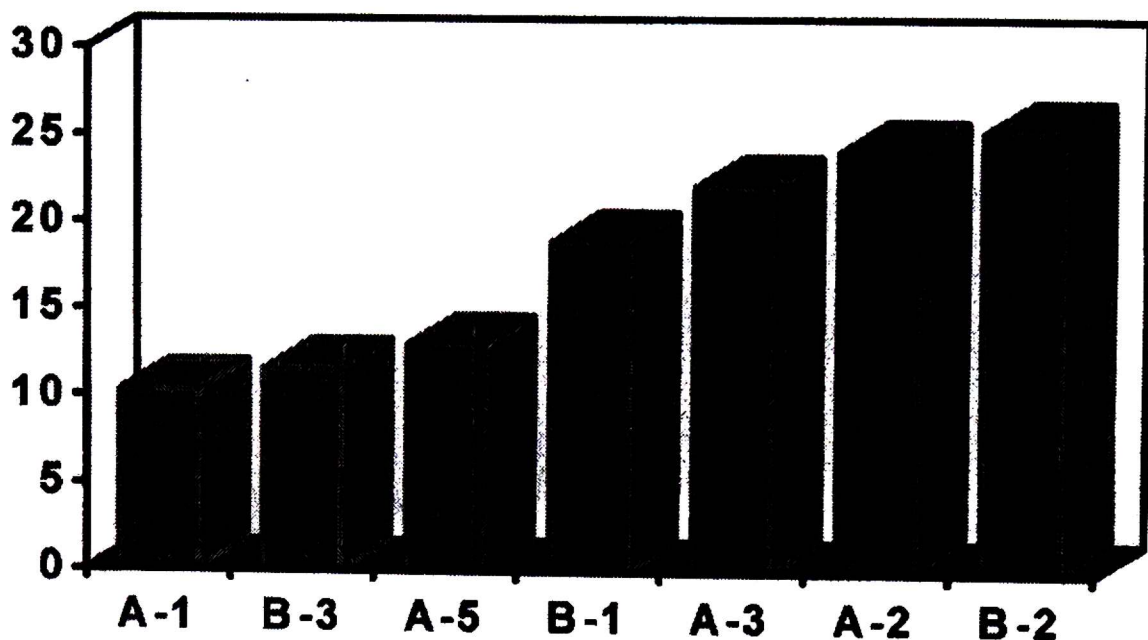
gdzie:

- W_{ug} – ważony współczynnik uszkodzenia gleby,
- W_{pg} – ważony współczynnik zakłócenia powierzchni gleby,
- N_{pg} – całkowita liczba punktów węzłowych,
- 300 – współczynnik umożliwiający uzyskanie porównywalnych wartości współczynnika zakłócenia powierzchni gleby i przyrostu gęstości gleby,
- G – średni przyrost gęstości gleby,
- N_g – liczba pomiarów przyrostu gęstości gleby.

Obliczone współczynniki (ryc. 3) umożliwiają liczbową ocenę poszczególnych technologii prac pod względem ich uciążliwości dla gleb. Jednocześnie uzyskano możliwość ich porównania i uszeregowania według wartości. Analiza ważonych współczynników uszkodzenia gleb W_{ug} (ryc. 3) w zestawieniu z cechami pielęgnowanego drzewostanu oraz metodą zrywki dowodzi, że współczynniki te dobrze charakteryzują zmiany w glebie, które miały miejsce w następstwie wykonanych prac. W celu obiektywnej oceny technologii prac celowe jest jednak uwzględnienie cech drzewostanu i rozmiaru pozyskiwania drewna, mających wpływ na wielkość obserwowanych zmian.

Powierzchnie A-1 i B-3, na których prowadzono zrywkę konną charakteryzowały się najmniejszymi uszkodzeniami. Na powierzchni A-5 usunięto w przybliżeniu o połowę mniej drzew niż na pozostałych powierzchniach próbnych 17-letniego drzewostanu. Stosunkowo niska wartość współczynnika uszkodzenia gleb powierzchni B-1 wydaje się oczywista, wobec niewielkiej ilości pozyskanego tam drewna. Należy jednak zauważyć, że współczynnik uszkodzenia gleb był tu prawie dwukrotnie większy niż przy zrywce konnej. Powierzchnie A-1, A-2 i B-2 charakteryzowały się największymi wartościami współczynników uszkodzenia gleby. Jest to wynikiem zastosowanej zrywki ciągnikowej i dużego rozmiaru pozyskania drewna z powierzchni 1 ha.

Wykorzystanie przytoczonych wzorów pozwoliło mi na zmianę stanowiska w sprawie możliwości oceny poszczególnych technologii w następstwie tego typu badań. We wcześniejszych publikowanych pracach [5, 6, 9] uważałem, podobnie jak współautorzy, iż umożliwiają



RYC. 3. Wartości ważonych współczynników uszkodzenia gleb (*Wug*) na poszczególnych powierzchniach próbnych

one orientacyjne ustosunkowanie się do wpływu cięć z zastosowaniem poszczególnych technologii prac na gleby.

Realizując badania nad zakłóceniem gleb w następstwie pozyskania drewna, warto zwrócić uwagę na zmienność gęstości gleby w miejscach pobierania prób, która – poza cechami drzewostanu – może mieć wpływ na wyniki. Punkty o dużej gęstości początkowej dość często charakteryzowały się jej spadkiem po przeprowadzonym zabiegu (ryc. 4). Przy małej gęstości gleby przed cięciami, po przeprowadzeniu zadań gospodarczych obserwowano prawie zawsze jej wzrost – tym silniejszy im gęstość początkowa była mniejsza. Przyrost gęstości gleby był więc odwrotnie proporcjonalny do jej gęstości początkowej (ryc. 4).



RYC. 4. Zmiany gęstości gleb po przeprowadzeniu cięć w zależności od jej gęstości początkowej

Zmiany kwasowości gleb

Badania zmian kwasowości gleb przeprowadzane na próbkach w warunkach laboratoryjnych nie dowiodły występowania jakichkolwiek prawidłowości pod wpływem cięć. Na kolejnych powierzchniach próbnych zmiany pH były często przeciwnie ukierunkowane. Prawdopodobnie o odczynie gleb decydowały inne czynniki niż pozyskiwanie drewna.

Teoretycznie, można oczekiwać zmian kwasowości gleb, jako zjawiska wtórnego, wywołanego zakłóceniem wymiany gazowej gleb w następstwie ich ubicia. W takim przypadku, pojawienie się zmian odczynu musi być rozłożone w czasie i po przeprowadzonym pozyskiwaniu drewna wymaga wielokrotnych systematycznych pomiarów. Zachodzi jednak obawa, że wobec siły oddziaływania na wartość pH czynników nie związanych z pozyskiwaniem drewna, np. kwaśnych deszczy, określenie związku pomiędzy zmianami odczynu gleb i pozyskiwaniem drewna w warunkach eksperymentu przeprowadzonego w naturalnych warunkach może być niezwykle trudne lub wręcz niemożliwe.

Podsumowanie

Przeprowadzone badania wykazały wyraźne zróżnicowanie zakłócenia powierzchni gleby oraz przyrostu gęstości gleby w zależności od zastosowanej technologii prac. Bardzo przydatne okazały się obliczone ważne współczynniki: zakłócenia powierzchni gleby (W_{pg}) oraz uszkodzenia gleby (W_{ug}).

Najmniejsze uszkodzenia gleb zaobserwowano przy zrywce konnej ($W_{ug} = 10,32$ i $11,54$), bez względu na rozmiar pozyskiwania. W technologiach z zastosowaniem zrywki ciągnikowej uszkodzenia były zawsze większe ($W_{ug} =$ od $12,96$ do $25,28$):

Wyniki badań pozwalają na wskazanie wielu dodatkowych aspektów stymulujących lub ograniczających destrukcyjny wpływ pozyskiwania drewna na gleby. Przy ocenie procesów technologicznych należy więc dodatkowo wziąć pod uwagę takie zmienne, jak:

- wiek drzewostanu (w drzewostanach starszych uszkodzenia gleb są zwykle liczniejsze i o większej wadze),
- rozmiar użytkowania (zwiększenie pozyskiwania decyduje o wzroście liczby przejazdów oraz masy przemieszczanych ładunków),
- gęstość początkowa gleb (gleby o doskonałej strukturze ulegają znacznie silniejszym deformacjom niż gleby o zakłóconej strukturze, np. na stałych szlakach zrywkowych, drogach itp.),

Ponadto wpływ na uzyskiwane wyniki mogą mieć:

- poziom kwalifikacji zawodowych robotników,
- przeciętna miąższość drzew (drzewa o większej miąższości wymagają użycia silniejszych pojazdów zrywkowych, powodujących zwykle większe szkody),
- ukształtowanie terenu (na nierównościach dochodzi zwykle do silniejszego raniecia i ugniatania gleb przez zrywane dłużyce lub ogumienie pojazdów),

- warunki atmosferyczne (np. na glebach mokrych i rozmiękłych uszkodzenia są wyraźnie spotęgowane.

Literatura

1. **Cassens-Sasse E.:** Versauerung der Waldböden, Studie über aktuelle Forschungsergebnisse. Niedersächsische Landesforstverwaltung, Hannover, 1988.
2. **Dyrnes C.T.:** Soil surface condition following tractor and high-lead logging in the Oregon Cascades *Journal of Forestry* 4, 1965.
3. **KWF – Bericht:** Bodeschäden durch Forstmaschinen. Red. A. Forbrig, Gross- Umstadt, 1991.
4. **Giefing D.F.:** Wpływ pozyskiwania drewna w czyszczeniach późnych drzewostanów sosnowych na środowisko. Część 1. Uszkodzenia drzew. *Sylvan* 139, 6: 55-62, 1995.
5. **Giefing D.F.:** Einfluss des Holyeinschlages auf die Umwelt. *Der Boden. Forstliche Forschungsberichte. Universität München*, 174: 8-14, 1998.
6. **Giefing D.F., Mana M., Grochala S.:** Wpływ cięć pielęgnacyjnych w drzewostanach bukowych na gleby. *Roczniki AR w Poznaniu CCLXXIII, Leśn.* 33: 53-62, 1995.
7. **Kaliszewski T.:** Wpływ na gleby różnych technologii pozyskiwania rębego drewna w drzewostanach bukowych. *Kat. Użytk. Lasu AR Poznań (praca magisterska – maszynopis)*, 44 s., 1997.
8. **Kamiński E.:** Użytkowanie lasu a ochrona środowiska leśnego. *Sylvan* 132, 10: 1-8, 1988.
9. **Kubiak M., Giefing D.F., Gornowicz R., Rózański H., Wojtkowiak R., Jabłoński K., Kusiak W., Tabaka P.:** Wpływ technologii pozyskiwania i transportu drewna w cięciach przedrębnych na szkody i jakość techniczną pozostających drzewostanów sosnowych. *Dokumentacja PAN*, s. 1-111, Warszawa, 1990.
10. **Laurow Z., Chęciński P., Hryciuk P., Maciejewski W., Wołkowicz A.:** Wpływ zrywki na spójność gleby na szlakach zrywkowych. *Przegląd Leśniczy* 7-8: 22-23, 1996.