

# Oštećenja šumskog tla izvlačenjem drva i njegova regeneracija

---

**Vranković, Andrija; Pernar, Nikola**

*Source / Izvornik:* **Glasnik za šumske pokuse, posebno izdanje: Annales pro experimentis foresticis editio peculiaris, 1993, 4, 281 - 288**

**Journal article, Published version**

**Rad u časopisu, Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:108:245893>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-06**



*Repository / Repozitorij:*

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



ANDRIJA VRANKOVIĆ & NIKOLA PERNAR

## OŠTEĆENJA ŠUMSKOG TLA IZVLAČENJEM DRVA I NJEGOVA REGENERACIJA

### DAMAGE TO FOREST SOIL CAUSED BY TIMBER SKID- DING AND SOIL REGENERATION

Prispjelo: 29. XII 1992.

Prihvaćeno: 22. II 1993.

U ovom su radu proučavane pedološke karakteristike obronačnog pseudogleja s aspekta kvarenja njegovih prirodno stečenih fizikalnih svojstava prilikom izvlačenja drva iz šume i regeneracija narušenih svojstava.

Time je na primjeru obronačnog pseudogleja, kao široko rasprostranjenog tla u našim šumama, učinjen pokušaj da se za naše šumarstvo prikaže veoma raširena pojava oštećenja i degradacija tla uporabom teške mehanizacije u šumi. Istraživanjem su obuhvaćeni ovi parametri tla: mehanički sastav, trenutna vlaga, gustoća ( $g/cm^3$ ), ukupna poroznost, retencijski kapacitet za vodu i kapacitet za zrak.

**Ključne riječi:** obronačni pseudoglej, fizikalna svojstva tla, teška mehanizacija, degradacija i regeneracija tla

## UVOD – INTRODUCTION

Svjedoci smo sve intenzivnije uporabe teške mehanizacije u šumskom gospodarenju. I u iskorišćivanju šuma pri izvlačenju drva i u šumskouzgojnim radovima uvodi se sve raznolikija mehanizacija u naše prirodne šumske ekosustav. Neprikladnom primjenom strojeva nastaju oštećenja u tlu čiji intenzitet ovisi o tipu tla, odnosno njegovim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima.

U našim nizinskim šumama gdje su zastupljena pretežno hidromorfna i glinena tla najjači oblik oštećenja nastaje zbijanjem tla zbog čega se pogoršavaju struktura i vodno-zračni odnosi u tlu, što se pokazalo i u dosadašnjim našim istraživanjima (Vranković i dr. 1988. Sever i dr. 1989. Sever i dr. 1990).

Pod teretom kotača stroja nastaje stres u tlu koji je izazvan zbijanjem tla. Time se razbijaju strukturni agregati, smanjuje međuagregatni prostor, te količina pora i volumen tla, a s tim u svezi prema Garkuši (1962), pogoršava toplotni režim i u određenoj mjeri uvjeti prehrane i razvitak biljaka. Zbijanjem se u prvom redu smanjuje količina nekapilarnih pora i propusnost tla za vodu, pa se tlo razvija u anaerobnim uvjetima. U tlima kod kojih je, prema Duchaufouru (1968), kapacitet za zrak manji od 10% »pore poslije kiše ostaju zasićene vodom, prevladava anaerobna fermentacija (hidromorfni moder – humus) i na manjoj dubini stvara se

mramorirani horizont pseudogleja, što je u neposrednoj vezi s ograničenjem prostora za razvoj korijenskog sustava«.

Aerobno disanje korijenja, prema Blacku (1968), sastoji se u neprestanom adsorbiranju kisika i izdvajanju CO<sub>2</sub>. »Procesi metabolizma u korijenju biljke, koja normalno raste na dobro dreniranim tlima, prestaje gotovo neposredno ako se prekine izmjena kisika i CO<sub>2</sub>. (...) Nedovoljna izmjena plinova može sniziti urod biljaka ako traje samo jedan dan, a dovodi do ugibanja korijenja ako se produži na nekoliko dana.«

Pore tla su obitavalište mikroorganizama, a promjena strukture i sastava mikroskopskih gljiva, prema Marfenini i Mirčinku (1968), indiciraju antopogeni utjecaj pogoršavanja fizikalnih svojstava tla.

Zbijanje tla, koje izaziva mehanizacija, otvara niz pitanja u svezi s oštećenjem i degradacijom šumskih tala, pogotovo što proces regeneracije narušenih fizikalnih svojstava koji nastaje naizmjeničnim bubrenjem i sažimanjem, te smrzavanjem i odmrzavanjem može potrajati duže vrijeme. Kuznecova i Danilova (1988) iznose da je tlo slično pseudogleju, zbijeno pod kotačem traktora od početnih 1,30 g/cm<sup>3</sup> na 1,45 g/cm<sup>3</sup>, ostalo zbijeno više od jedne godine, dok u vlažnijim glejnim tlima ta zbijenost ostaje dobrim dijelom i nakon tri godine.

U ovom je radu zadatak bio da se utvrdi stanje onih fizikalnih svojstava obronačnog pseudogleja koja neposredno podliježu promjenama pod teretom šumske mehanizacije rabljene izvlačenjem drva kroz šumu, kao i eventualno trajanje nastalih promjena u tlu.

## OBJEKT I METODA RADA OBJECTS AND METHODS

Istraživanja smo započeli 1988. god. na područje Šumarije Vrbovec, G.J. »Novakuša«, u odjelima 5a i 53b. Drva su izvlačili adaptirani poljoprivredni traktori Zetor i Torpedo. Primjenjena je debalna metoda, kako je to uobičajeno na tom području.

Višekratno su mjereni drvni sortimenti (i tereti) (tab. 1). a uzorci tla uzimani su na prohodnoj liniji tereta, i to posebno na tragu kotača, a posebno na tragu debla nakon dvostrukoga, sedmerostrukoga i deseterostrukoga prohoda (ploha I, II i III). Uzorci su uzimani i na kontrolnoj površini izvan prohoda traktora i debla. Na izlučenim plohama ponovo su uzimani nakon 18 mjeseci (jednog ljeta i dvije zime) radi utvrđivanja eventualne regeneracije tla.

Na izlučenim plohama iskopana su dva profila tla radi izučavanja sklopa profila i pedomorfologije te uzeti pojedinačni uzorci za određivanje mehaničkog sastava tla (tab. 2).

Uzorci tla na tragu kotača traktora i debla i na kontrolnoj površini uzeti su u nenarušenom stanju u valjku volumena 100 cm<sup>3</sup> po Koppeckom na dubini 3-8 cm i 28-33 cm, a uzorci za trenutnu vlagu tla u staklene posude sa zabrušenim čepom.

Laboratorijske analize obavljene su u pedološkom laboratoriju Šumarskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu prema Pedološkom praktikumu (Škorić 1981).

Floha; Plot: I

Traktor; Tractor: Zetor 6945

Tura	D e b l o		
Tour	T r u n k		
	Duljina Length (m)	Promjer Diameter (cm)	Volumen Volume (m <sup>3</sup> )
I	6.80	44	1.03
II	7.10	56	1.75
			2.78

Floha; Plot: II

Traktor; Tractor: Zetor 7045

I	8.50	27	.49
	12.10	25	.59
	11.80	25	.58
	5.10	20	.16
			1.82
II	9.50	29	.63
	8.30	27	.47
	10.80	34	.98
			2.08
III	8.20	36	.83
	4.80	33	.41
			1.24
IV	5.10	23	.21
	8.40	25	.41
	6.90	23	.29
	7.40	24	.33
			1.25
V	8.60	32	.69
	4.70	25	.23
	7.70	31	.58
			1.50
VI	11.40	28	.70
	6.90	26	.37
	9.50	22	.36
			1.43
VII	7.80	38	.88
	10.70	25	.52
			1.41
			10.73

Floha; Plot: II

Traktor; Tractor: Torpedo 7506

I	14.70	40	1.85
II	10.90	55	2.59
III	12.70	42	1.76
IV	9.30	48	1.68
V	9.20	42	1.27
VI	7.70	54	1.76
VII	7.80	44	1.19
VIII	9.90	54	2.27
IX	6.80	44	1.03
X	5.80	46	.96
	4.60	30	.32
			1.29
			16.69

Tab. 1. Dimenzije vučenih debala - Dimensions of skidded tree trunks

Ploha Plot	Horizont Horizon	Dubina Depth (cm)	Količina čestica (%) Content of particle (%)				Teksturna oznaka Texture
			2.0 - 0.2 mm	0.2 - 0.02 mm	0.02 - 0.002 mm	<0.002 mm	
I i III	A	3-14	2.20	51.40	28.80	17.60	gl. ilov. - clay loam
	Eg	15-40	7.30	44.00	31.40	17.30	gl. ilov. - clay loam
	B <sub>g</sub> I	41-92	.10	48.10	28.70	23.10	gl. ilov. - clay loam
	B <sub>g</sub> II	> 83	.20	44.80	32.60	22.40	gl. ilov. - clay loam
II	A	3-12	1.30	52.80	30.50	15.40	gl. ilov. - clay loam
	Eg	13-37	.70	51.00	31.80	16.50	gl. ilov. - clay loam
	B <sub>g</sub> I	37-67	.80	48.50	30.70	20.00	gl. ilov. - clay loam
	B <sub>g</sub> II	> 68	.60	22.20	53.80	23.49	pr. gl. ilov. - silti clay loam

Tab. 2. Mehanički sastav tla i tekstura - Mechanical composition of soil and texture

Oznaka uzorka i plohe Sample and depth and area	Horizont Horizon (cm)	Momentalna vlaga Water content (%)		Gustoća Density (g/cm <sup>3</sup> )		Volumna gustoća Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )		Poroznost Porosity (vol.%)		Retencijski kapacitet za vodu Water capacity (vol.%)		Kapacitet za zrak Air capacity (vol.%)						
		P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1	P0	P1					
T R E T M A N I T R E A T M E N T S																		
I-K	A 3-8	43.96	45.37	2.61	2.60	2.66	.84	1.17	1.16	67.85	54.84	56.50	52.12	46.60	46.48	15.73	8.24	10.02
	Eg 28-33	39.74	39.84	2.65	2.65	2.58	1.30	1.40	1.24	51.79	47.24	51.93	40.96	39.17	43.71	10.83	8.07	8.22
II-K	A 3-8	43.21	45.15	2.58	2.58	2.58	.90	1.07	1.18	65.14	58.59	54.37	49.52	52.00	48.51	15.62	6.60	5.85
	Eg 28-33	37.73	39.33	2.70	2.67	2.66	1.49	1.48	1.48	44.61	44.43	44.30	39.81	39.71	41.04	4.80	4.72	3.25
II-T	A 3-8	43.21	39.82	2.58	2.67	2.58	.90	1.36	1.14	65.14	49.14	55.86	49.52	43.42	52.09	15.62	5.72	3.78
	Eg 28-33	37.73	36.79	2.70	2.71	2.66	1.36	1.51	1.49	49.57	44.27	43.95	39.81	39.77	38.91	9.75	4.50	5.04
III-K	A 3-8	39.72	47.40	2.61	2.55	2.70	.92	1.17	1.05	64.87	54.05	61.30	48.79	50.91	53.00	16.08	3.14	8.30
	Eg 28-33	38.33	42.50	2.73	2.71	2.69	1.40	1.46	1.40	48.72	46.13	47.94	40.51	40.09	40.38	8.21	6.04	7.57
III-T	A 3-8	39.72	50.33	2.61	2.54	2.66	.92	.93	1.00	64.87	63.46	62.36	48.79	56.39	54.41	16.08	7.07	7.96
	Eg 28-33	38.33	39.84	2.72	2.74	2.73	1.41	1.46	1.43	48.16	46.72	47.62	40.51	40.27	41.10	7.65	6.45	6.52

Tab. 3. Rezultati pedofizikalnih analiza za privremene plohe I, III (odsjeck 5a) i II (odsjeck 53b) - G.J. »Novakuša« - Šumarija Vrbovec. Legenda: K - uzorak na tragu kotača; T - uzorak na tragu tereta; PO - kontrola; P1 - nakon tretmana; P2 - nakon 18 mjeseci - Results of soil physical analysis for temporary plots I, III (subcompartment 5a) and II (subcompartment 53b) - M. U. »Novakuša« - F. M. Legend: K - sample from track of wheel; T - sample from skidded tree trunk; PO - control; P1 - after treatment; P2 - after 18 months

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I DISKUSIJA RESULTS AND DISCUSSION

Rezultate obavljenih istraživanja donosimo u tablicama 1-3. U razmatranju dobivenih rezultata polazimo od poznate pretpostavke da oštećenost tla zbijanjem ovisi o početnim fizikalnim svojstvima, pri čemu u samom procesu zbijanja, prema Fel'tu (1965), trenutna vlaga ima višestruku ulogu.

### Početno stanje tla

Prema morfološko-genetskim svojstvima tlo pripada tipu obronačnog pseudo-gleja formiranog na ilovinama pleistocena. Po mehaničkom sastavu tlo je glinasta ilovača (tab. 2), mramorirana po cijeloj dubini profila, osim u horizontu-A. Količina glinenih čestica (dimenzije  $< 0,002$  mm  $\emptyset$ ) sukcesivno se povećava po dubini u granicama od 15% do 23%, dok čestice praha i gline (dimenzije  $< 0,002$  mm  $\emptyset$ ) sukcesivno se povećava po dubini u granicama od 15% do 23%, dok čestice praha i gline (dimenzije  $< 0,02$  mm) zajedno iznose više od 50% u većini horizonata tla, što zbog gustog pakovanja čine tlo zbijenim i nepropusnim za vodu.

Volumna gustoća tla ( $\text{g/cm}^3$ ) u humusnoakumulativnom horizontu-A manja je od jedinice, dok u dubljem horizontu Eg (28-39 cm) iznosi od 1,30 do 1,51  $\text{g/cm}^3$ .

Ukupna poroznost tla u horizontu-A iznosi više od 60%, dok je dublji horizont-Eg manje porozan (44-46%), te se nalazi na granici između poroznih i slabo poroznih tala.

Prema Garkuši (1962) u strukturnim tlima ukupna poroznost kreće se u granicama 55-65%, a dostiže i 70% od određenog volumena tla, a prema D u c - h a u f o r u (1968) kod bestrukturnih tala poroznost je slaba, ako iznosi manje od 40%. Iz jednoga i drugoga izlazi da je već početno stanje našeg tla, osim veoma plitkoga horizonta-A, u nepovoljnim uvjetima, tj. bestrukturno i niske poroznosti.

Retencijski kapacitet za vodu velik je samo u horizontu-A i kreće se u granicama oko 48-52%, dok je u Eg osrednji (39-40).

Znakovito je, dalje, da je kapacitet za zrak u horizontu-A oko 15%, dok se u horizontu-Eg kreće između 5% do 10%.

Trenutna vlaga tla je količina vode koja se nalazi u tlu u procesu zbijanja tla pod teretom kotača traktora ili debla. Ima je samo u mikroporama tla, što znači da ne prelazi veličine retencijskog kapaciteta i kreće se u granicama oko 39-40% u horizontu-A i u horizontu-Eg približno 37-39%. To je važna konstatacija da tlo u trenutku zbijanja ne sadrži suvišnu vlagu, jer bi u tom slučaju posljedice zbijanja mogle biti gore.

### Zabijanje tla

U tablici 3. iznose se rezultati analiza tla koji neposredno podliježu promjenama nakon prohoda kotača traktora ili vučenog debla.

### Trenutna vlaga i retencijski kapacitet

Količina trenutne vlage u tlu u procesu zbijanja je najvažniji faktor koji pridonosi promjenama u glinenim tlima. Voda oslabljuje koheziju agregata i pomaže

premještanju čestica tla popunjavajući krupne, a zatim i sitne pore tla. Uspoređujući retencijski kapacitet tla i sadržaj trenutne vlage (tab. 3. kolona 1. i 5) vidljivo je da je sadržaj vlage tla u procesu zbijanja ispod vrijednosti retencijskoga kapaciteta za 13-19% u horizontu-A i 3-6% u horizontu-Eg.

Iako, dakle, vlažnost tla ne prelazi granice retencijskoga kapaciteta, vidljivo je (kolona 1/P1) da se pod pritiskom tereta (osobito kotača traktora) povećava trenutna vlaga u površinskom horizontu-A oko 7-12%, što je prvi znak da se pod zadanim teretom (tab. 1) istiskuje voda iz mikropora tla, tj. smanjuje njihov sadržaj zbog zbijanja. U dubljem horizontu-Eg razlike su neznatne.

Unatoč prethodnoj konstataciji retencijski kapacitet tla za vodu se povećava, vjerojatno na račun kapaciteta za zrak, što se vidi iz tab. 3, kolona 6.

### **Volumna gustoća tla**

Najveće promjene volumne gustoće nastaju u površinskom horizontu-A tla gdje je ona najmanja i gdje se kreće u granicama 0,84-0,92 g/cm<sup>3</sup>, a nakon prolaza kotača traktora povećava se u granicama 1,07-17 g/cm<sup>3</sup>. To povećanje volumne gustoće iznosi 22-29% u odnosu na početno stanje, a najveće je na plohi I.

### **Ukupna poroznost tla**

Ukupna poroznost u površinskom horizontu smanjila se u prvom redu pod teretom kotača traktora. Na plohi I smanjenje iznosi 13%, na plohi II 6,55, a na plohi III 10,82% u apsolutnom iznosu, odnosno 19,2% na plohi I, 10,1% na plohi II te 16,7% na plohi III - u odnosu na početno stanje. Budući da je na plohi I najveće smanjenje ukupne poroznosti i volumne gustoće, daje se zaključiti da broj prohoda nije odlučujući na stupanj smanjenja poroznosti tla, nego njegova početna, najmanja gustoća (0,84 g/cm) i najveća poroznost tla (67,85%). Zanimljivo je da na tragu vučenog debala smanjenje poroznosti pokazuje velike razlike od plohe do plohe (1,41-16%).

### **Kapacitet za zrak**

Najveće razlike nakon prohoda kotača traktora nastaju u smanjenju zračnih pora u tlu. Kapacitet za zrak na plohi I od početnih 15,73% smanjuje se na 8,24% ili oko 48%, na plohi II od 15,62% na 6,60% ili oko 58%, na plohi III - od 16,08% na 3,14% ili za 80,5% u odnosu na početno stanje. Iz tih podataka je vidljivo da što je veći broj prohoda, to je veća razlika u smanjenju zračnih pora u odnosu na početno stanje. Dakle, obrnuto nego kod ukupne poroznosti.

Valja istaknuti da transport debala povlačenjem po površini manje oštećuje tlo nego kotač traktora. Ipak se zbog klizanja debala reducira broj zračnih pora u površinskom horizontu, i to znatno. Tako je na plohi II vučenjem debala po tlu u površinskom horizontu smanjen kapacitet za zrak s početnih 15,62% pora na 5,72% ili relativno za 63,4%, a na plohi III od početnih 16,08% na 7,07% ili za 56,04%.

### **Dubina djelovanja**

Analizom dubljih horizonata tla željeli smo utvrditi do koje se mjere pritisak na tlo prenosi u dubinu. U tu svrhu analizirali smo horizont-Eg na dubini od 28 do

33 cm, a rezultati su prikazani u tablici 3.

Odmah se može uočiti da analizirana svojstva ne pokazuju znakovita, čak ni primjetna odstupanja od onih koje smo izmjerili na kontrolnoj plohi. Primjećuje se, jedino, da rezultati na plohi I koja, iako najmanje opterećena prohodima tereta (2 ×), pokazuju povećanje volumne gustoće od početnih 1.30 g/cm<sup>3</sup> na 1,46 g/cm<sup>3</sup>, odnosno za 12,3%, zatim smanjenje ukupne poroznosti od 51,79% na 44,97%, odnosno za 13,2%, a kapaciteta za zrak od 10,83% na 5,80%, odnosno za 56.5% nakon tretmana debalnom metodom.

### Regeneracija tla

Radi utvrđivanja regeneracije narušenih svojstava tla u odnosu na njihovo početno stanje, koja može nastati nakon određenoga razdoblja, uzeli smo uzorke tla nakon 18 mjeseci od prvog mjerenja.

Rezultati analiza (tab. 3. kolona P2) ne pokazuju znatnije promjene u smislu regeneracije narušenih fizikalnih svojstva. Najosjetljiviji parametar je kapacitet za zrak. Na sve tri plohe ili je ostao isti ili se neznatno promijenio u pozitivnom ili negativnom pravcu, što znači da u prosjeku nije dostigao one vrijednosti koje je tlo sadržavalo u početnom stanju. Stoga se može pretpostaviti da je u opisanim uvjetima opterećenja tla ono trajno oštećeno.

### ZAKLJUČCI - CONCLUSIONS

1. Izvlačenjem drva iz šume na obronačnom pseudogleju debalnom metodom na tragu kotača traktora i vučenog debla povećala se trenutna vlaga, volumna gustoća (g/cm<sup>3</sup>) i retencijski kapacitet tla za vodu te smanjila ukupna poroznost i kapacitet tla za zrak.

2. Najveće razlike nastaju u površinskom horizontu tla (mjereno na dubini 3-8 cm).

3. Oštećenja su veća pod kotačem traktora nego pod vučenim deblom.

4. Oštećenje dubljih horizonata je neznatno zbog velike početne zbijenosti tla i trenutne vlažnosti koja je manja od retencijskoga kapaciteta.

5. Regeneracija tla ne pokazuje znatnije promjene u smislu poboljšanja narušenih fizikalnih svojstava izmjerenih nakon 18 mjeseci.



## LITERATURA - REFERENCES

- Black, C. A., 1968: Soil-plant relationships. New York.
- Duchaufour, P., 1970: Osnovi počvovedenja - Evolucija počv (opit izučenijsa dinamiki počvoobrazovanija). Moskva (prijevd s francuskoga).
- Felt, E. J., 1965: Comparability. U: Methods of soils analysis, Madison, Wisconsin.
- Garkuša, J. F., 1962: Počvovedenie. Lenjingrad, Moskva.
- Kuznecova, I. V., & V. I. Danilova, 1988: O razuplotnenii počv pod vlijanijem processov nabuhanijsa - usadki. Počvovedenie 6:59-70, Moskva.
- Marfenina, O. E., T. G. Mirčink 1988: Mikroskopičeskie gribi pri antropogennom vozdejsťvii na počvu. Počvovedenie 9:107-112, Moskva.
- Sever, S., A. Vranković & I. Knežević, 1989: Yugoslav experience in studying the vehicle-soil system. Seminar on the impact of machanization of forest operations on the soil. Louvain-la Neuve, Belgium.
- Sever, S., & D. Horvat, 1990: Sabijanje tla pri izvoženju i vuči drva teškim traktorima. Glasnik za šumske pokuse 26:519-546.
- Vranković, A., S. Sever, D. Horvat & N. Pernar, 1988: Prilog poznavanju rada bubnjastog sjekača na pripremi tla za pošumljavanje. Savjetovanje »Šume Hrvatske u današnjim ekološkim i gospodarskim uvjetima«, Drvenik.
- Zelikov, V. D., & M. P. Koljukaeva, 1973: Počvovedenie. Moskva.

## ANDRIJA VRANKOVIĆ & NIKOLA PERNAR

### DAMAGE TO FOREST SOIL CAUSED BY TIMBER SKIDDING AND SOIL REGENERATION

#### *Summary*

In this work the pedological characteristics of hillside pseudogley were studied as to the deterioration of naturally acquired physical properties of its soil caused by log skidding and in terms of regeneration of deteriorated properties over a time period.

Thus, on the exemple of the hillside pseudogley, the soil wildey spread in our forests, an attempt has been made to present a very frequent phenomenon of soil deterioration and degradation resulting from the use of heavy machinery in forest exploitation. This study includes the following soil parameters: mechanical composition, current moisture, density ( $\text{g/cm}^3$ ), total porosity, and retention capacity for water and air.

Several measurements in the track of a tractor wheel or of a skidded tree trunk showed reduced total porosity (7-13%) and reduced air retention capacity (48-80%) as well as increased soil volume density (22-29%) which is typical for the overall degradation of the water/air system. The most severe deterioration of physical properties occurred in the humus accumulative soil horizon (depth of measurement 8 cm).

The degradation level depends upon the initial state of current moisture, mechanical composition, structure and porosity of the soil in a skidding process.

In the conditions investigated (type of loading, type of soil and time interval), no significant regeneration of deteriorated physical properties was determined by means of measurements made 18 months later (one summer and two winter periods), meaning that permanent soil damage may have occurred.