

## IMPATTO SUL SUOLO FORESTALE PER IL TRANSITO DI UN TRATTORE FORESTALE. UN CASO DI STUDIO NELL'ITALIA CENTRALE

Martina Cambi<sup>1</sup>, Fabio Fabiano<sup>1</sup>, Cristiano Foderi<sup>1</sup>, Enrico Marchi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di Gestione dei Sistemi Agrari, Alimentari e Forestali, Università di Firenze, Firenze; martina.cambi@unifi.it

Diversi studi hanno valutato l'impatto causato dai veicoli sul suolo forestale evidenziando che durante il passaggio dei mezzi meccanici si manifesta uno stress a livello del suolo per effetto delle forze verticali e orizzontali di taglio esercitate sullo stesso. Lo stress al livello del terreno comprende anche lo slittamento dei pneumatici, che induce i processi di taglio e un rimescolamento delle particelle dannoso per la struttura del suolo. Tutto questo può avere effetti sulla crescita del soprassuolo, sulla rinnovazione, sulla capacità di infiltrazione dell'acqua con conseguente deflusso superficiale delle acque meteoriche ed erosione diffusa e localizzata. Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare l'impatto al suolo dopo il passaggio di un trattore dotato di gabbie caricato con materiale di piccole dimensioni derivante dalle utilizzazioni dei cedui. Gli effetti sono stati verificati dopo vari passaggi e con diversi livelli di pressione. Queste prove sono state condotte per capire quale sia il fattore che influisce di più sulla compattazione, ovvero quello/i che sono significativamente più influenti tra la pressione di gonfiaggio dei pneumatici, il numero dei passaggi o la pendenza. L'area studio si trova nell' Appennino toscano (Unione dei Comuni Valdarno e Valdisieve). In questa area sono stati raccolti campioni di suolo per determinare la densità apparente ed è stata anche misurata la resistenza al taglio con uno scissometro (GEONOR 72412). Al fine di fare un confronto con una situazione di suolo non compattata, è stata individuata anche una pista dove il trattore non è passato ed in questa sono stati misurati i soliti parametri di riferimento.

*Parole chiave:* trattore forestale, suolo forestale, compattazione, pressione pneumatici.

*Keywords:* forestry tractor, forest soil, soil compaction, tyre pressure.

<http://dx.doi.org/10.4129/2cis-mc-imp>

### 1. Introduzione

Le operazioni forestali possono avere un impatto significativo sulle proprietà fisiche del suolo. Il passaggio dei mezzi forestali provoca infatti stress a livello del terreno, rimescolamento delle particelle del terreno stesso e questo può essere favorito dallo slittamento dei pneumatici. Nei casi peggiori si può andare incontro a una sorta di degradazione del suolo che comprende compattamento (Picchio *et al.*, 2012), formazione di solchi (Naghdi *et al.*, 2009) ed erosione localizzata (Startsev e McNabb, 2000; Christopher e Visser, 2007).

Lo scopo di questo studio è stato quello di valutare l'impatto al suolo derivante dal passaggio di un trattore (New Holland TL 100 A) dotato di gabbie per il trasporto di materiale di piccole dimensioni. Gli effetti sono stati verificati dopo 1,6 e 12 passaggi, all'interno di sei piste forestali.

Le prove sono state condotte utilizzando tre livelli di pressione di gonfiaggio dei pneumatici. Questi test sono stati effettuati per capire quale sia il fattore che influisce di più sulla compattazione, ovvero quello/i che sono più influenti tra: la pressione di gonfiaggio dei pneumatici; il numero dei passaggi; la pendenza del tracciato.

### 2. Area di studio

L'area di studio si trova all'interno del complesso forestale di Rincine, nel territorio comunale di Londa (FI). I rilievi sono stati effettuati in un'area situata all'interno della particella fisiografica 71 interamente coperta da bosco di douglasia (*Pseudotsuga menziesii* var. *menziesii* Franco). E' stata scelta questa area per motivi di comodità, infatti era presente lo spazio necessario per le piste ed inoltre era facilmente raggiungibile grazie ad una buona viabilità forestale. L'altitudine è compresa tra gli 829 e i 895 metri, la pendenza risulta bassa (tra il 15 e il 30%) e non si ha presenza di ostacoli, quali rocce e pietre. Risulta essere inoltre raggiungibile mediante una strada forestale camionabile principale.

L'esposizione prevalente è Nord-Ovest. L'area si trova compresa nel piano sub-montano, che coincide approssimativamente con le zone fitoclimatiche del Castanetum freddo e del Fagetum, caratterizzate da temperature relativamente basse e precipitazioni elevate (Piusi, 1994).

Il piano di gestione (D.R.E.Am. Italia, 2005) riporta una densità di piante normale (tra le 300 e le 600 piante ad ha), un'altezza media di 25 metri ed un'età prevalente delle stesse di 43 anni. Prima che fossero effet-

tuati i rilievi, la particella era già stata sottoposta ad interventi selvicolturali che però non hanno avuto conseguenze rilevanti sul suolo in quanto il passaggio di mezzi era stato limitato alla strada forestale.

### 3. Rilievi effettuati

Il disegno sperimentale delle prove ha previsto la presenza di tre variabili (pendenza, pressione di gonfiaggio dei pneumatici e numero di passaggi). Nello specifico sono state considerati due livelli di pendenza (A = 28%; B = 23%), tre livelli di pressione (250; 160 e 60 kPa), e un numero di passaggi di 1, 6, 12.

In questa area sono stati raccolti campioni di suolo mediante l'uso di un cilindro di acciaio con volume noto e, in laboratorio, è stata determinata la densità apparente, parametro considerato rappresentativo del livello di compattamento del suolo (Cambi *et al.*, 2015). Vicino ad ogni punto campione, è stata misurata la resistenza al taglio con uno scissometro (GEONOR 72412).

Lo schema del disegno sperimentale è visibile in Figura 1 dove si riportano i rilievi per pista.

Per avere un confronto con una situazione di suolo non compattata, è stata individuata anche una pista di controllo dove il trattore non è passato ed in questa sono stati misurati gli stessi parametri di riferimento. Al fine di misurare la pressione specifica al suolo sono state considerate le ripartizioni dei pesi per asse del trattore e l'area di impronta a terra dei pneumatici.

Per misurare l'area di contatto tra pneumatico e terreno, abbiamo tirato una corda stretta attorno alla porzione del pneumatico appoggiato a terra, su una superficie piana ricavandone il perimetro e risalendo poi alla zona di contatto assunta come circolare.

### 4. Primi risultati

#### 4.1 Densità apparente

Dall'analisi dei primi risultati possiamo dire che per quanto riguarda la densità apparente, nel caso della pendenza A, ovvero al 28%, e con il livello di pressione dei pneumatici massimo, dopo il 1° passaggio i valori tendono ad aumentare per poi diminuire dopo il 6° e infine si verifica un leggero aumento.

Per quanto riguarda invece sia la pressione intermedia che quella minore si presenta un problema, molto probabilmente legato alla fase di campionamento. Infatti risulta che dopo il primo passaggio i valori siano inferiori, anche rispetto al controllo. Questo problema potrebbe essere legato sia al fatto che dopo il primo passaggio la ruotata era poco visibile e quindi il campione potrebbe essere stato preso non precisamente al centro di essa, sia a condizioni particolari del suolo nei punti di campionamento.

Una raccolta di campioni più numerosa è da tenere dunque in considerazione per eventuali futuri lavori simili. Con gli altri cicli di passaggio poi i valori ten-

dono ad aumentare con l'aumentare del numero di passaggi. Situazione questa molto più plausibile. Nel caso di pendenza inferiore (23%) con tutti e tre i livelli di pressione i valori tendono ad aumentare fino al 6° passaggio per poi subire un lieve calo.

#### 4.2 Resistenza al taglio

I valori di resistenza al taglio, nel caso di livelli di pressione massimo e minimo hanno il medesimo comportamento indipendentemente dalla pendenza.

Nello specifico, nel caso della pressione a 250 kPa i valori registrati aumentano fino al 6° passaggio per poi diminuire. Nel caso invece dell'impiego di pressione minore i valori aumentano con l'aumentare del numero di passaggi. Nelle piste con pendenza inferiore, con 160 kPa l'andamento dei valori è analogo al caso della pressione massima.

#### 4.3 Pressione specifica

In tabella 1 è possibile vedere (i) la ripartizione dei pesi per asse del trattore e (ii) l'area di contatto dei pneumatici. La relazione tra la pressione specifica al suolo e la pressione di gonfiaggio dei pneumatici è visibile in figura 2. Possiamo notare come i due parametri siano proporzionali e quindi come ad una certa pressione di gonfiaggio corrisponda la pressione specifica al suolo. Tale relazione la ritroviamo anche in bibliografia (Alakukku *et al.*, 2003).

Questo ovviamente vale per il valore medio; infatti la distribuzione della pressione sotto il pneumatico è complessa in quanto è legata alla costruzione del pneumatico (rigidità della carcassa etc.) e alle costolature.

### 5. Conclusioni

I primi risultati di questo studio mostrano e confermano come per i due maggiori parametri considerati rappresentativi di una situazione di suolo compattato, ovvero la densità apparente e la resistenza al taglio, si abbia un aumento dopo i primi passaggi (Jourgholami *et al.*, 2014).

Nel dettaglio possiamo dire che: (i) la densità apparente sembra essere influenzata maggiormente dal numero di passaggi e dalla pendenza e che (ii) il fattore che sembra essere più rilevante per la resistenza al taglio è la pressione di gonfiaggio dei pneumatici. Emerge inoltre anche una relazione proporzionale tra la pressione di gonfiaggio e la pressione specifica a terra. Come proposto in precedenza per i campionamenti futuri possiamo considerare l'idea di eseguire i rilievi con una più alta numerosità del campione per ovviare anche alla discreta variabilità che può esserci nel suolo.

Un'ulteriore fattore da considerare in futuri studi è la tipologia del pneumatico; si potrebbero infatti verificare gli effetti al suolo dopo il passaggio di un pneumatico radiale anziché tradizionale.

Tabella 1. Calcolo della pressione specifica del pneumatico. Con “ant” e con “post” si rappresentano i pneumatici anteriori e posteriori rispettivamente.

Table 1. Determination of the ground contact pressure on soil of the tire. With “ant” and “post” refers the front and rear tires respectively.

Pressione gonfiaggio	Ruota	Lunghezza corda (cm)	r (cm)	Area (m <sup>2</sup> )	Peso (kg)	Peso (N)	Press specifica (Pa)	kPa
250 kPa	ant	121	19,27	0,12	1870	18326	78606,16	78,61
	post	159	25,32	0,2	4660	45668	113442,9	113,44
160 kPa	ant	122	19,43	0,12	1870	18326	77322,82	77,32
	post	176	28,03	0,25	4660	45668	92586,21	92,59
60 kPa	ant	128	20,38	0,13	1870	18326	70243,7	70,24
	post	194	30,89	0,3	4660	45668	76202,32	76,2

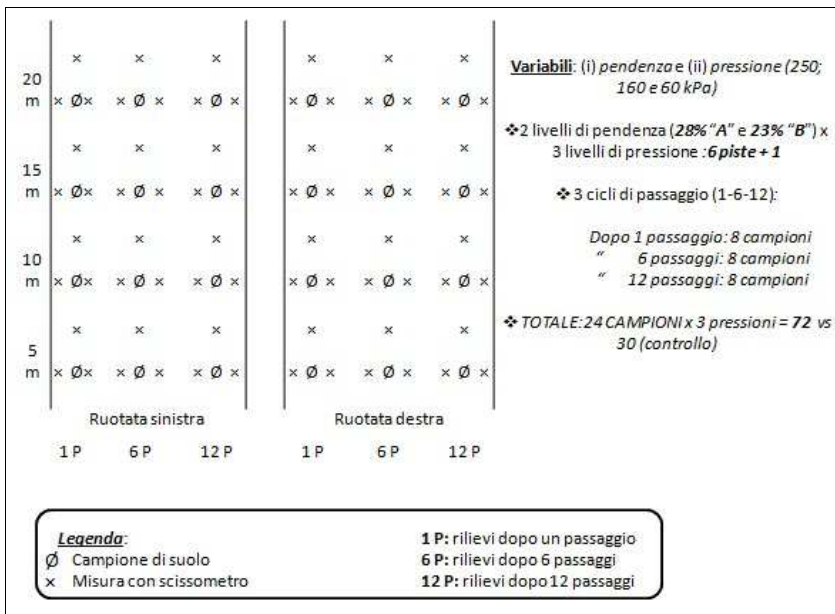
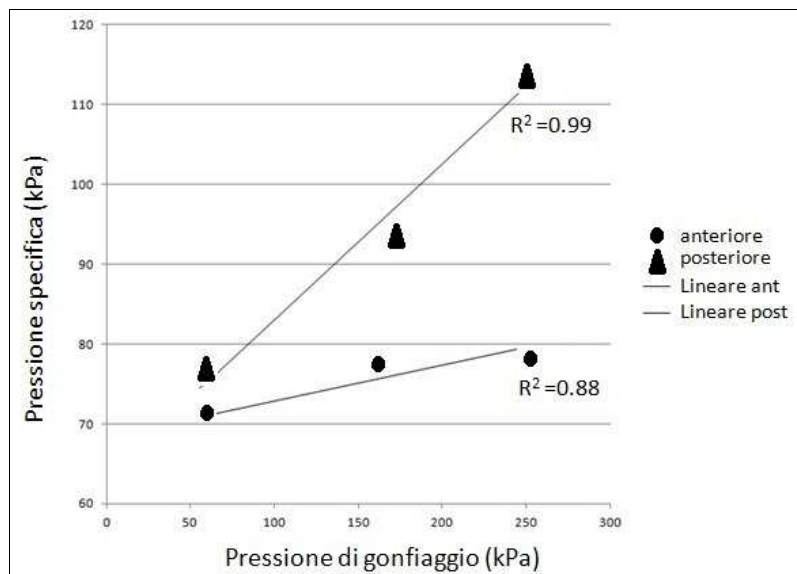


Figura 1. Disegno sperimentale dei rilievi eseguiti per singola pista.  
 Figure 1. Experimental design of sampling for single track.

Figura 2. Relazione tra la pressione di gonfiaggio dei pneumatici e la pressione specifica al suolo.

Figure 2. The relationship between the inflation pressure of the tires and the ground contact pressure.



## SUMMARY

### **Impact on the soil due to forestry tractor trafficking. A case study in central Italy**

Several studies investigated the impact caused by forest vehicles on soil which states that during logging operations there are vertical and horizontal stress components with shear forces caused by field trafficking. The soil stress includes also wheel slipping, which induces pronounced shearing processes at the soil surface and a rearrangement of particles detrimental to soil structure. The effects of the passage of mechanical vehicles for logging, causing a certain level of soil compaction may cause effects on the growth stand and natural regeneration on the water infiltration capacity, resulting in runoff of storm water and erosion widespread and localized. The aim of this study was to assess the impact to the soil resulting from the passage of a tractor equipped with bins for the extraction firewood from coppice. In order to understand the effects of different factors, soil compaction was monitored in undisturbed trails and in trafficked trails after several passes and at several tyre pressure levels. The study area, was located on the tuscan Appennines (Union of Mountain Municipalities of Valdarno and Valdisieva). In this area samples of soil were collected soil samples and the bulk density were determined. Finally shear resistance was also measured by means scissometer (GEONOR 72412). In order to make a comparison with a situation not compacted, was also detected a track where the tractor has not gone and in this track the usual soil parameters were measured.

## BIBLIOGRAFIA

Alakukku L., Weisskopf P., Chamen W.C., Tijink, F.G., van der Linden, J., Pires, S., Sommer, C., Spoor, G.,

2003 – *Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review*. Soil and Tillage Research 73, 145-160.

[http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987\(03\)00107-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0167-1987(03)00107-7)

Cambi M., Certini G., Neri F., Marchi E., 2015 – *Impact of heavy traffic on forest soils. A review*. Forest Ecology and Management, 338: 124-138.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2014.11.022>

Christopher E., Visser R., 2007 – *Methodology for evaluating post harvest erosion risk for the protection of water quality*. New Zealand Journal of Forestry, 52: 20-25.

D.R.E.Am. Italia, 2005 – *Piano di Gestione del Complesso Forestale Regionale “Rincine” per il periodo 2015-2019*.

Jourgholami M., Majnounian B., Abari ME., 2014 – *Effects of tree-length timber skidding on soil compaction in the skid trail in Hyrcanian forests*. Forest Systems, 23: 288-293.

<http://dx.doi.org/10.5424/fs/2014232-03766>

Naghdi R., Bagheri I., Lotfalian M., Setodeh B. 2009 – *Rutting and soil displacement caused by 450C Timber Jack wheeled skidder (Asalem forest northern Iran)*. Journal of Forest Science, 55: 177-183.

Picchio R., Neri F., Petrini E., Verani S., Marchi E., Certini G., 2012 – *Machinery-induced soil compaction in thinning two pine stands in central Italy*. Forest Ecology and Management, 285: 38-43.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2012.08.008>

Piussi P., 1994 – *Selvicoltura generale*. Scienze forestali e ambientali, UTET, Torino.

Startsev A.D., McNabb D.H., 2000 – *Effects of skidding on forest soil infiltration in west-central Alberta*. Canadian Journal of Soil Science, 80: 617-624.

<http://dx.doi.org/10.4141/S9>