

# Insegnamento di **Progetto di Infrastrutture viarie**

## *Opere in terra*

*Caratteristiche di un terreno*

***Compressibilità e costipamento delle terre***

*Portanza sottofondi e fondazioni stradali*

*Instabilità del corpo stradale*

## **Soprastrutture**

*Materiali stradali*

*Soprastruttura flessibili*

*Cenni di calcolo delle soprastrutture*

## **Intersezioni e Impianti stradali**

*Intersezioni a raso e a livelli sfalsati*

*Aree di sosta*

## **Macchine per compattare**

Nella costruzione di rilevati stradali, al fine di ottenere un idoneo grado d'addensamento, il costipamento è ottenuto impiegando particolari macchine dette *costipatori*.

Possono essere di tre tipi:

- ad *azione statica*: rulli lisci, a piede di montone o a rete;
- ad *azione dinamica*: battente, vibrante e battente-vibrante;
- ad *azione combinata*: rulli cilindrici lisci muniti di massa vibrante.

I *rulli a piede di montone* sono i più utilizzati per compattare i terreni limo-argillosi. Sono costituiti da cilindri cavi e zavorrabili che portano sulla superficie delle sporgenze lunghe circa 20 cm dette *piedi* che, penetrando nel terreno, determinano il suo costipamento. L'azione di costipamento risulta abbastanza energica: da 15 a 50 kg/cm<sup>2</sup> con velocità da 3 a 4 km/h. Di solito il lavoro viene effettuato da una coppia di tali rulli (posti sullo stesso asse) seguita, come in figura 1, da un solo rullo posizionato in modo tale che la sua azione sia esercitata a cavallo delle zone interessate dalla coppia di rulli posta anteriormente, opportunamente collegati e trainati da un trattore. In figura 2 è riportato un moderno costipatore con rullo a piedi di montone.

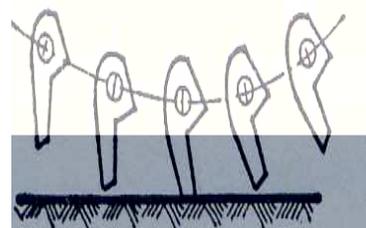
## Rulli a piede di montone

I piedi dei rulli costipatori possono avere diverse forme: tronco conica, a tronco di piramide, con l'estremità allargata, ecc. e possono anche assumere differenti posizioni: in modo da poter essere più o meno sporgenti.

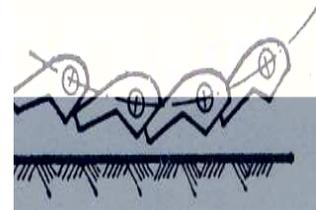
Nelle sottostanti figure sono riportati alcuni esempi:



Sezione rullo a piede di montone

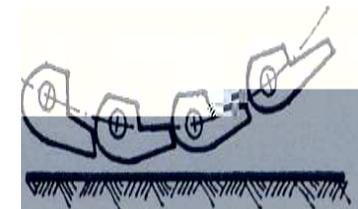


Per compattazione profonda



Per compattazione intermedia

Per compattazione superficiale



## **Esempi compattatori con rulli a piede di montone**



## **Altri costipatori**

Dopo il passaggio dei rulli a piede di montone per eliminare le impronte lasciate si utilizzano o *carrelli pigiatori* o *rulli lisci*.

*Il carrello pigiatore*, riportato in figura 3, è un cassone zavorrabile a due assi muniti di più ruote gommate a battistrada liscio e con pressione di gonfiaggio variabile da 4 a 6 kg/cm<sup>2</sup> ed il suo peso è variabile tra 10 e 20 t. Per quanto riguarda i *rulli lisci*, in figura 4, è riportato un esempio compattatore a rullo liscio.

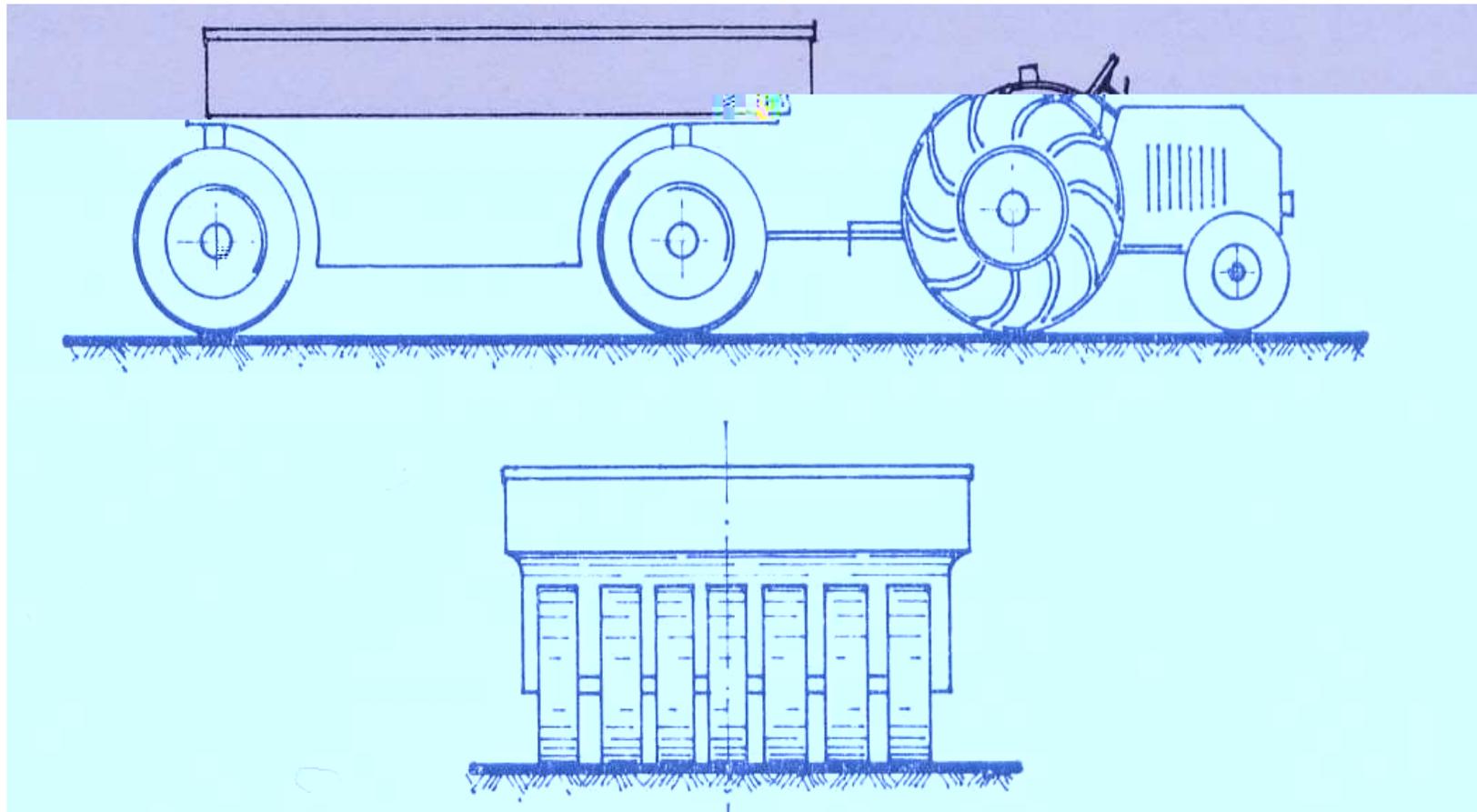
I *costipatori ad azione dinamica* sono generalmente costituiti da masse battenti a forma di piastra o cilindro che sono sollecitate meccanicamente con moto alterno. Si utilizzano anche costipatori ad azione vibrante-battente (mazzapicchi o rane) ed in figura 5 è riportato un esempio .

I *costipatori ad azione combinata* sommano l'azione statica di una normale statica a rulli lisci alla azione dinamica provocata da una massa vibrante. In figura 6 è riportato un esempio .

In figura 7 sono riportati i dati più significativi per alcuni tipi di costipatori.

*Progetto di Infrastrutture viarie*

**Carrello pigiatore**



*Progetto di Infrastrutture viarie*

## **Costipatore a rullo liscio**



*Progetto di Infrastrutture viarie*

**Piastra vibrante**



*Progetto di Infrastrutture viarie*

## **Costipatore ad azione combinata**



*Progetto di Infrastrutture viarie*

**Dati sui rulli costipatori**



## **Uso di costipatori**

L'impiego di costipatori ad energica azione di addensamento, è particolarmente necessario in presenza di terre a struttura granulometrica con prevalenza di elementi fini. In terreni ad elevata percentuale di argilla infatti, il contenuto d'acqua (%) corrispondente al LR è generalmente inferiore a quella Proctor ottima (%). Può quindi verificarsi che, dopo il loro addensamento, possano essere soggetti a fessurazioni e quindi suscettibili ad infiltrazioni d'acqua.

L'utilizzo quindi di costipatori pesanti è anche da mettere in relazione con la possibilità di ottenere una maggior profondità d'addensamento a parità di numero di passaggi. Va però ricordato che è inesatto ritenere che un numero elevato di passaggi di costipatori leggeri equivalga ad un numero inferiore di passaggi di costipatori pesanti.

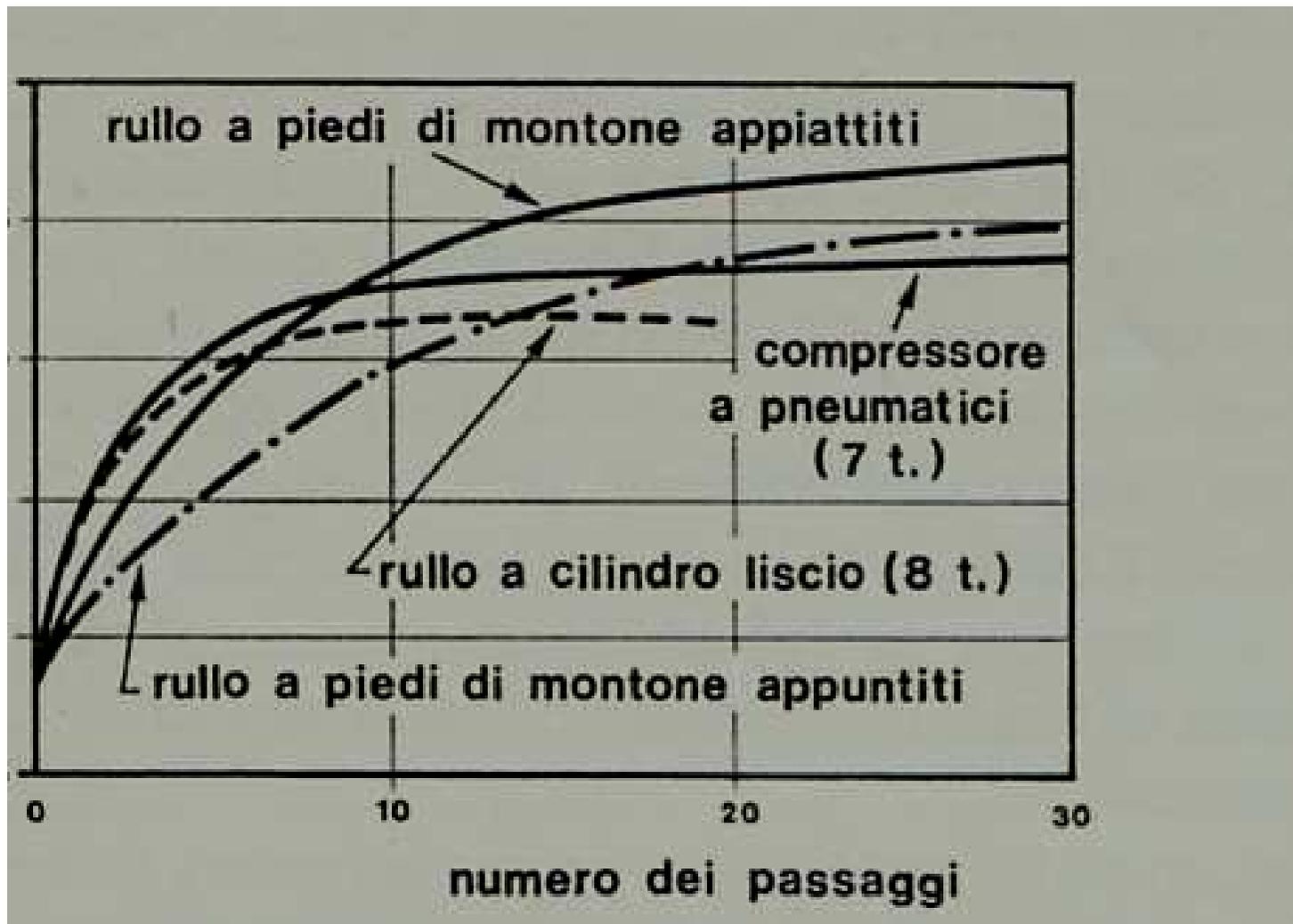
La scelta del tipo di costipatore va effettuata in base al lavoro da eseguire, alle prestazioni tipiche di ciascun tipo di macchina e alle caratteristiche del terreno. In figura 8 sono associate ai diversi tipi di terreni da addensate, per assegnato spessore dello strato, le diverse macchine consigliabili. In figura 9 invece viene riportato un grafico che consente di confrontare l'effetto di costipamento su un rilevato costituito da terreno granulare, utilizzando diversi tipi di macchine compattanti in funzione del numero di passaggi.

## *Progetto di Infrastrutture viarie*

### Natura terre, spessori d'addensamento e tipi di costipatori

Natura del terreno		Spessore dello strato cm	Tipo di macchina consigliata (per umidità ottima od inferiore ad essa)
Ciottoli grossi e frammenti di roccia dura		30 ÷ 60	<i>Rullo liscio da 12 t o battitore da 2 t. Riducendosi la grossezza dei frammenti occorre aumentare il peso del battitore fino ad un massimo di 8 t.</i>
Roccia friabile in frammenti minori di 10 cm		30	<i>Cilindro a piedi e successivamente cilindro a pneumatici.</i>
Ghiaia o sabbia sciolta		20 ÷ 30	<i>Trattori a cingoli o battitore da 2 t.</i>
Materiali coesivi	Sabbia argillosa	20 ÷ 30	<i>Rullo a piedi, carrello pigiatore e rullo liscio da 5 t.</i>
	Limo argilloso	15 ÷ 20	<i>Rullo a piedi e rullo liscio da 8 t.</i>
	Argilla	15 ÷ 20	<i>Rullo a piedi e rullo liscio da 8 ÷ 12 t.</i>
	Miscele di terreno argilloso ed aggregati	15 ÷ 20	<i>Compressore a pneumatici e cilindro da 8 t.</i>

**Effetto costipamento:  
per tipo di costipatore e in funzione del n° dei passaggi**



## **La costruzione di rilevati**

Come si è visto le prove di laboratorio rimangono un valido strumento di controllo della regolare esecuzione delle opere in terra, anche se non si possono considerare esaustive. Solo attraverso prove di costipamento a grandezza naturale in campi sperimentali, con macchine a grandezza naturale e per diversi tipi di terreno, sarebbe possibile ottenere risultati più aderenti alla realtà.

Per la costruzione di rilevati occorre tenere conto di tre fattori essenziali:

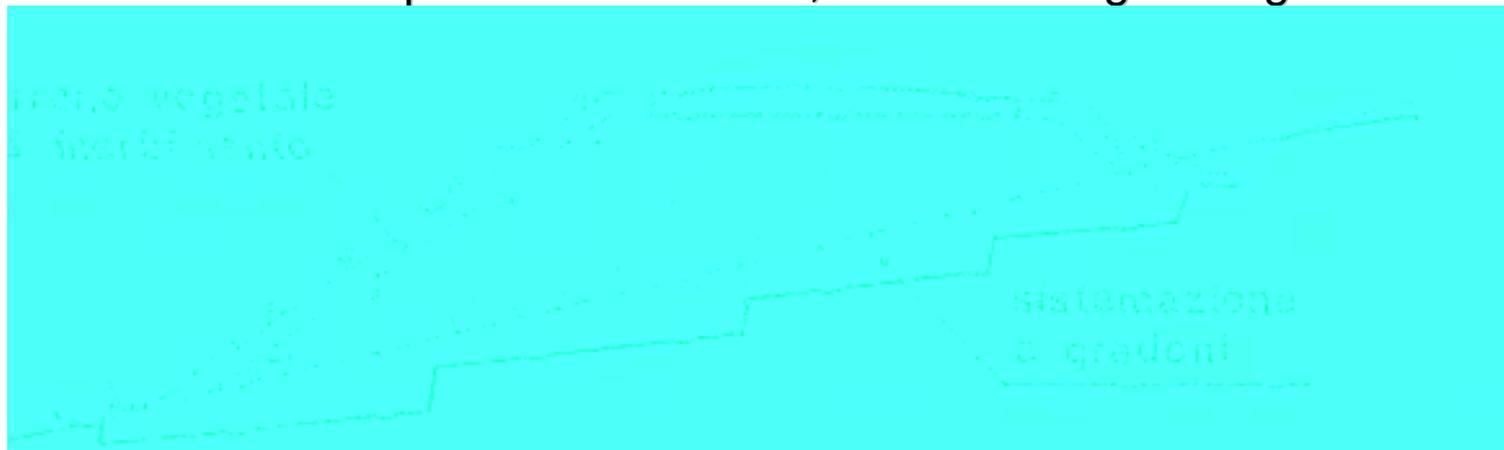
- idoneità del piano di posa,
- natura delle terre da utilizzarsi,
- caratteristiche delle macchine per compattare gli strati.

Prima di procedere alla costruzione di un rilevato, occorre procedere asportare dal piano campagna il terreno vegetale (per un profondità da 30 a 50 cm) ed assicurarsi che il terreno sottostante al piano di posa sia idoneo a sopportare il peso dell'opera senza che si verificano cedimenti e rifluimenti. A questo scopo, il piano di posa di un rilevato dovrà essere accuratamente costipato mediante anche preventiva scarificazione dello stesso e opportuna umidificazione. Quando invece il piano di posa del rilevato non ha buone caratteristiche di portanza, occorrerà asportare lo strato di terreno non idoneo e sostituirlo con altro di idonee qualità (meglio se granulare) ed inoltre, se necessario, eseguire opere di drenaggio.

## *Progetto di Infrastrutture viarie*

# **Piani di posa dei rilevati**

Se la pendenza trasversale del terreno è superiore al 20 ÷25 %, occorre predisporre il piano di posa a gradoni o prevedendo, per strade di grande traffico, opere che migliorino la stabilità dei rilevati adottando per esempio l'interruzione delle scarpate con banchine, come nelle figure seguenti:



## **Terre per rilevati e loro addensamento**

Per la formazione di un rilevato occorre che le terre utilizzate siano:

- prive di materiale estraneo ed organico,
- appartenenti ai Gruppi (classificazione HRB)  $A_1$  e  $A_2$  se possibile, altrimenti ai Gruppi:  $A_4 - A_5$  e  $A_3$  (quest'ultimo costituito da sabbie a granulometria uniforme e quindi difficili da costipare),
- i terreni dei Gruppi:  $A_6$  e  $A_7$  non dovrebbero essere impiegati per rilevati di altezza superiore a  $4 \div 5$  m,
- in ogni caso l'IG di queste terre non dovrebbe essere superiore a 10.

Il grado d'addensamento da conferire al rilevato dipenderà dalla profondità dello strato rispetto al piano di posa della sovrastruttura (cassonetto):

- per gli strati più profondi (vicini al piano di posa del rilevato) la densità in sito deve risultare non inferiore al 90 % di quella massima ottenuta con la prova AASHO Modificato,
- per gli strati intermedi la densità in sito deve risultare compresa tra 90 ed il 95 % di quella massima ottenuta con la prova AASHO Modificato,
- per gli strati più vicini alla pavimentazione tra il 95 ed il 100 % di quella massima ottenuta con la prova AASHO Modificato.