

---

# Cantieri

Matteo Gentileschi

---

## Contents

<b>1</b>	<b>Lavori pubblici</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Cantieri lineari</b>	<b>5</b>
2.1	Macchine Movimento Terra (MMT) . . . . .	6
2.2	Prestazioni di una Macchina Movimento Terra . . . . .	9
2.3	Norme di sicurezza . . . . .	9
2.4	Viabilità di cantiere . . . . .	10
2.5	Progettazione dei percorsi . . . . .	10
<b>3</b>	<b>Cantieri verticali</b>	<b>18</b>

# 1 Lavori pubblici

La condizione **necessaria ma non sufficiente** affinché un'opera possa essere definita **lavoro pubblico** e che essa sia **eseguita dallo Stato o ente pubblico** ( che quindi diventa **committente**) ovvero previo utilizzo di **Risorse pubbliche**. Un opera pubblica ha quindi un **fine pubblico** . In generale, per essere categorizzata come "opera pubblica", devono sussistere le seguenti condizioni:

- Soggetto Pubblico (fondi pubblici);
- Fine pubblico (utilizzo pubblico);
- Accrescimento del patrimonio pubblico: **NON è quindi un servizio**;

Un lavoro pubblico è regolato da un **contratto pubblico**, che a sua volta viene regolato dal D.lgs 50/2016 (che a sua volta recepisce direttive europee). Notare che un **appalto pubblico** è una tipologia di contratto pubblico. Devono essere garantite:

- **Qualità**: le risorse pubbliche non vanno sprecate;
- **Trasparenza**: deve essere garantita la correttezza delle procedure;

Il principio di trasparenza tutela, oltre lo Stato, anche le imprese che devono poter partecipare alle gare di appalto senza "storture".

Si distinguono due macrosettori:

- **Ordinari**;
- **Speciali**: legati ai servizi primari quali acqua, luce e gas;

L'ANAC (Agenzia Nazionale Anti Corruzione) ha il compito di "riconoscere" ed elencare le **stazione appaltante** come **qualificate o non qualificate**:

- **Qualificata**: la stazione appaltante qualificata può gestire qualunque contratto pubblico e quindi agire senza limite;
- **Non qualificata**: presenta limitati margini di manovra. Non possono quindi **agire autonomamente** ma possono aggregarsi ad una stazione appaltante qualificata (ad esempio, un piccolo comune di 1000 abitanti non riuscirebbe a gestire lavori complessi e si rivolge quindi alla regione);

Una volta che l'opera è a "fine vita" (ovvero non soddisfa più i requisiti richiesti per cui è stata progettata) essa può essere:

- **Dismessa**;
- **Alienata**: venduta a terzi;
- **Riqualficata**: quindi presenterà un nuovo "ciclo di vita";

Il **bilancio** delle stazioni appaltanti qualificate presenta delle voci dedicate all'opera: **i fondi dedicati all'opera non possono essere destinati per altra destinazione d'uso**.

è necessario individuare un **operatore economico**, ad esempio un impresa: il "committente privato" può scegliere un operatore economico in maniera del tutto arbitraria, mentre per i lavori pubblici ciò non può avvenire (per principio di trasparenza ecc).

Se per l'opera pubblica è previsto un investimento superiore ai 100.000 euro, l'opera deve essere inserita nel **piano triennale** nel quale la stazione appaltante (qualificata) dichiara le opere che intende realizzare nei successivi tre anni (non necessario per importi inferiori). Prima di poter inserire l'opera nel piano triennale, deve essere eseguito il relativo **studio di fattibilità tecnica/economica**. Se tale studio ha esito positivo, si può passare alla **fase progettuale**, con l'individuazione dei criteri e dei principi opportuni, ad esempio:

- **Ottimizzazione dell'utilizzo del suolo** : è opportuno prediligere la soluzione che preveda il minor impiego di suolo pubblico (coerentemente con le necessità e senza ridurre la qualità);
- **Valutazione vincoli idrogeologici**;
- **Prossimità di "preesistenze" architettoniche**;
- **La progettazione deve essere eseguita obbligatoriamente in BIM** (ciò reso obbligatorio dal codice dei contratti);

La progettazione presenta tre livelli:

1. **Fattibilità tecnica ed economica e progetto preliminare**: si verifica se la stazione appaltante è in grado di affrontare l'opera;
2. **Progetto definitivo**: contiene gli elaborati;
3. **Progetto esecutivo**: contenente PSC, relazioni di calcolo e piano di manutenzione.

Quindi il progetto esecutivo viene redatto sulla base del progetto definitivo che a sua volta si basa sullo studio di fattibilità tecnico/economica.

Sia gli appalti pubblici che gli appalti privati sono regolati dal **codice civile**, ma i primi sono regolamentati anche dal **regolamento per i lavori pubblici**. L'**affidamento degli incarichi** può avvenire in maniera discrezionale solo per importi inferiori ai 40.000 euro, altrimenti la procedura da seguire sono quelle relative agli **appalti**. Si osservi che **una volta che l'appaltatore stipula il contratto di appalto questo non può essere recriminato: si assume il rischio di impresa**.

Importi superiori ai 5.225.000 euro sono considerati di **rilevanza comunitaria**.

Le procedure possono essere:

- **Procedura aperta**: La stazione appaltante deve realizzare un progetto e le imprese **formulano la loro offerta** in funzione della **base di gara**.
- **procedura ristretta**: Le imprese interessate presentano una **domanda di partecipazione all'appalto**, la stazione appaltante stabilisce se l'operatore economico è adeguato a partecipare.

Per poter partecipare alle gare è necessario essere in possesso di un **rating di impresa** assegnato all'ANAC sulla base di **parametri reputazionali**: se l'impresa è efficiente si vedrà assegnato il massimo rating, viceversa il rating verrà abbassato. Per lavori con importo superiore ai 150.000 euro, l'impresa deve quindi essere in possesso della **SOA** che viene assegnato da società private su cui vigila l'ANAC stessa: l'impresa "paga" per tale certificazioni e quindi potrebbero nascere conflitti di interesse.

**I criteri di valutazione sono i seguenti:**

- **Miglior rapporto qualità/prezzo**: se l'offerta risultasse particolarmente vantaggiosa (come ad esempio se superasse, in termini di punteggio per il criterio qualità/prezzo, i 4/5 del massimo previsto) l'operatore economico è chiamato ad "argomentare" le proprie offerte (se è convincente, si procede comunque);
- **Minor prezzo**: Applicabile solo per opere che prevedono investimenti inferiori ad 1 milione di euro;

La responsabilità dell'intero progetto, in tutte le sue fasi (dalla fase di "concepimento" alla fase realizzativa), ricade **RUP** (Responsabile Unico del Procedimento), le cui competenze sono descritte nelle **linee guida dell'ANAC**. Il RUP nomina il **Direttore dei lavori** che controlla l'esecuzione (in termini tecnici/contabili) dell'opera. Notare che, se in possesso delle giuste abilitazioni, **il direttore dei lavori può svolgere il ruolo di CSE**. In **fase esecutiva**, il RUP si avvale di **collaudatori**, i quali certificano che l'opera sia stata eseguita correttamente: se il Direttore dei lavori ha agito correttamente, il collaudo andrà a buon fine ma un'autocertificazione porterebbe al conflitto di interessi. I collaudatori sono 3 e i "tipi di collaudo" sono:

1. Collaudo **Amministrativo**;
2. Collaudo **Statico**: nell'opera strutturale è necessario eseguire prove sperimentali.

Il certificato di collaudo deve essere eseguito entro sei mesi (può essere svolto anche in corso d'opera) e **diventa definitivo trascorsi 2 anni**. Utile è rammentare che con il collaudo **si chiude il contratto e l'impresa viene saldata**, con ciò si chiude il "perimetro" di validità del **codice dei contratti**.

Le linee guida dell'ANAC ammettono "contratti sotto soglia", ovvero sotto i 40.000 euro per i quali è ammessa **amministrazione diretta**.

## 2 Cantieri lineari

Per cantiere lineare si intende un cantiere che **segue lo sviluppo dell'opera**, come ad esempio strade e ferrovie, non presentando quindi un **baricentro fisso** a prescindere dalle dimensioni.

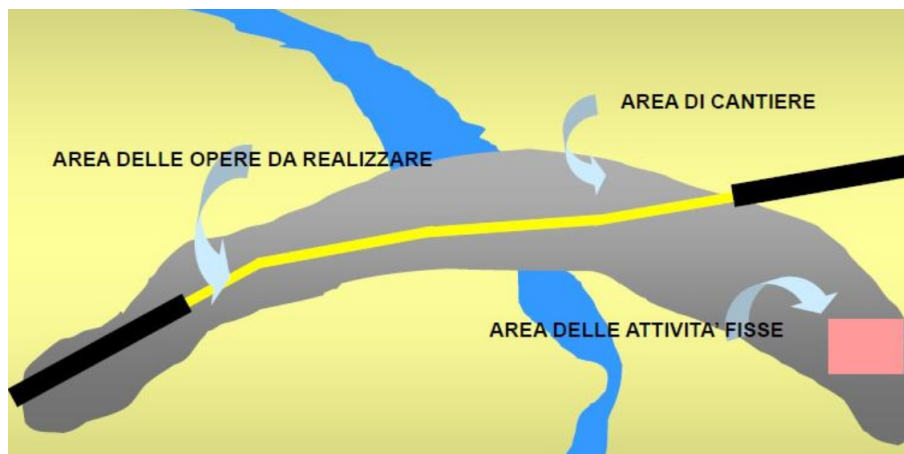


Figure 1: Layout cantiere lineare

Cantieri di tal guisa sono soggetti ad un massiccio transito di **Macchine Movimento Terra** (MMT), ovvero macchine che consentono di **spostare del materiale tra due punti**. Tali macchinari si distinguono in base alle **lavorazioni** (scavi, rimozione detriti ecc) e alle **operazioni** (costipamento, rottura ecc) che sono chiamate a svolgere.

Lavorazioni:

1. Preparazione del terreno (Rimozione ostacoli, asportazione strato sup.);
2. Scavi (Zone di trincea, cunette, fossi di guardia) ;
3. Formazione (Riperti di strati);
4. Regolazione sottofondi e scarpate;
5. Rimozione detriti;
6. Trasporto;

Operazioni:

- a) macchine per lo scavo (sbancamento) e lo spostamento ;
- b) macchine per lo scavo e carico;
- c) macchine per la rottura;
- d) macchine per il trasporto;
- e) macchine per il costipamento;

Quindi una MMT viene classificata con un codice alfanumerico del tipo **1,2,3/a**.

L'utilizzo di **cingoli** consente al mezzo di muoversi su terreni con scarsa "porzanza" essendo meglio distribuito il peso (l'impronta del cingolo è maggiore di quella della ruota), di contro rende il mezzo più lento.

## 2.1 Macchine Movimento Terra (MMT)

- **DOZER (apripista):** Trattore cingolato dotato di una lama anteriore (attrezzo di lavoro) comandata da un sistema idraulico.  
Lavorazione/operazione: 1,2,3/a

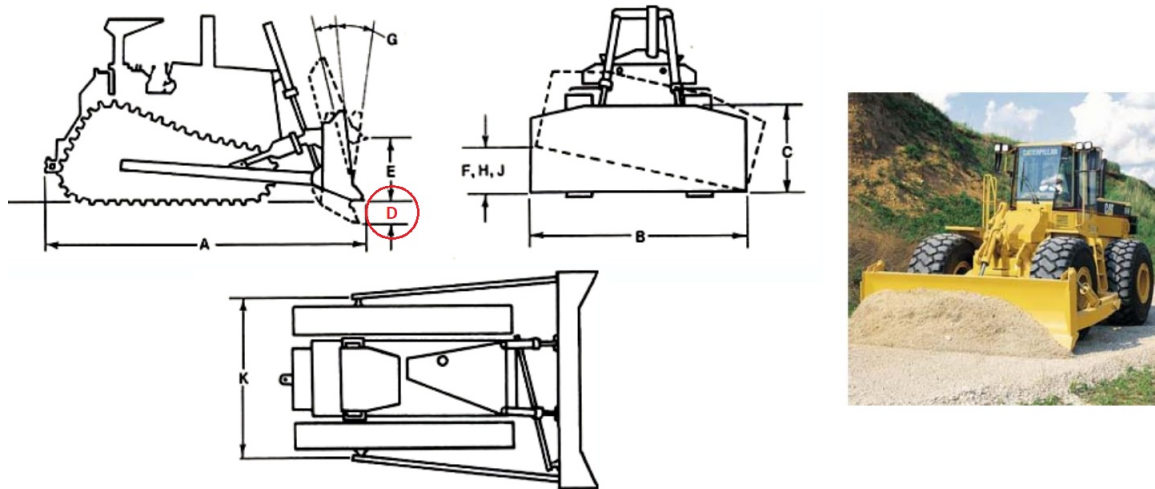


Figure 2: Dozer

Il terreno viene "spostato" per sbancamento: spinge uno spessore di terra D lungo una traiettoria longitudinale. Lo scavo viene quindi eseguito per spostamento di "strisce consecutive".

- **Pala caricatrice:** preleva la terra in un punto e la deposita in un altro punto. Si tratta di un trattore sul quale è presente un **telaio elevatore a comando idraulico** alla cui estremità è presente una **benna** (che ha la possibilità di ruotare).  
Lavorazione/operazione: 1,2,5/b

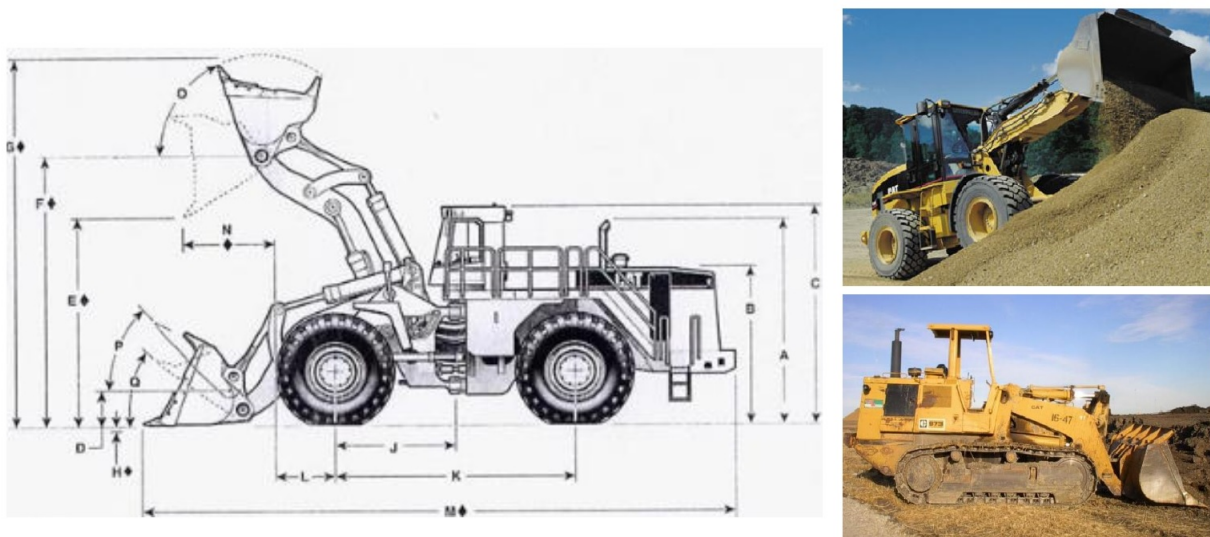


Figure 3: Pala caricatrice

- **Escavatore:** Costituita da un carrello (dotato di ruote o cingoli) su cui è presente una sovrastruttura rotante (può ruotare di 360), sul quale è presente un **braccio a comando idraulico**. All'estremità del braccio è presente l'attrezzo di lavoro.  
Lavorazione/operazione: 2/b

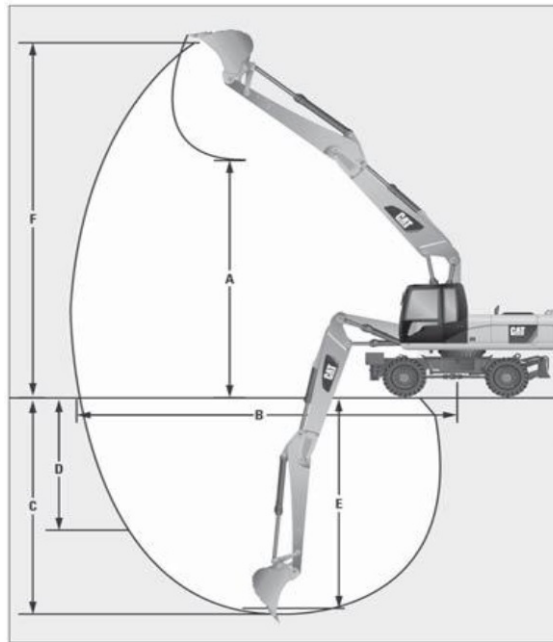


Figure 4: Escavatore

L'escavatore viene impiegato in **scavi a sezione obbligata**. L'equipaggiamento consente di scavare anche a quote inferiori rispetto al piano di appoggio: le dimensioni dei bracci determinano il **volume di manovra**.

- **Motolivellatrice:** costituita da un telaio "a ponte" collegato ad un carro semovente sul quale è presente l'attrezzo di lavoro. Una volta che l'attrezzo è in posizione, avanzando "spiana" il terreno.  
Lavorazione/operazione: 3,4/a



Figure 5: Motolivellatrice

- **Autocarri:** mezzi semoventi dal cassone ribaltabile che trasportano il materiale tra due punti. La differenza tra un autocarro e un **Dumper** è la capacità di carico: i dumper presentano una maggiore robustezza e una maggior potenza che consente loro di trasportare più materiale su terreni (anche difficili). Di contro, un Dumper non può transitare su strade "ordinarie" se non previo scorta (utilizzo di segnalatori luminosi quali lampeggianti, scorta ecc). Quando si ha a che fare con i Dumper, bisogna tener presente l'**eccesso di sagoma**.

Lavorazione/operazione: 6/d

- **Rullo costipatore:** svolge l'operazione di **compattare il terreno** grazie al proprio peso e (in alcuni casi) a delle vibrazioni generate da una **massa rotante eccentrica**.

Lavorazione/operazione: 3,4/e

## 2.2 Prestazioni di una Macchina Movimento Terra

La progettazione di un cantiere non può prescindere dal **parco macchine** che a sua volta dipende dalla produzione. Dai manuali d'uso della MMT si può stimare la **produzione oraria** del mezzo. La formula generale per tale stima è la seguente:

$$P = \frac{1}{t_c} Q \eta$$

- **tc**: tempo medio che impiega la macchina a svolgere un ciclo di lavoro (caricamento, sollevamento benna, allontanamento, scaricamento, ritorno), indicato nel manuale (in ore "h");
- **Q**: è la quantità di materiale (espressa in metri cubi) trasportabile in ogni ciclo (**dipende dall'attrezzo montato dal mezzo**);

Si osservi che dividendo la quantità di materiale trasportata per il tempo (medio)  $t_c$  si ha la **portata oraria**:  $\frac{m^3}{h}$ . Moltiplicando la portata oraria per il **rendimento** si ottiene la portata oraria utile, ovvero quella effettiva. Il rendimento è formato a sua volta da più componenti:

$$\eta = \eta_{orario} \eta_{climatico} \eta_{cantiere}$$

- **Rendimento orario** : Tiene conto che il tempo di lavoro effettivo non è quello trascorso: interruzioni, perdite di tempo ecc. Si assume generalmente pari a  $50/60 = 0.83$ , considerando una perdita di tempo oraria fissa di 10'.
- **Rendimento climatico**: Tiene conto delle condizioni climatiche, va quindi valutato **empiricamente**;
  - Condizioni climatiche pessime  $\rightarrow \eta_{climatico} < 0,75$ ;
  - Condizioni climatiche ottime:  $\rightarrow \eta_{climatico} = 1$ ;

PESSIMO	CATTIVO	MEDIOCRE	BUONO	OTTIMO
< 0.75	0.75	0.85	0.95	1

Figure 6: Rendimento climatico

- **Rendimento di cantiere**: tiene conto dell'organizzazione del cantiere.

Organizzazione del cantiere / Natura dell'attrezzatura	OTTIMA	BUONA	MEDIOCRE	CATTIVA
	Attrezzature rimorchiate da trattori a cingoli	0,90	0,87	0,85
Attrezzature rimorchiate da trattori gommati, Dumper	0,85	0,80	0,75	0,65
Escavatori	0,84	0,81	0,76	0,70

Figure 7: Rendimento di cantiere

## 2.3 Norme di sicurezza

Prima di iniziare il lavoro è necessario verificare lo **stato di tensione dei cingoli** e l'**efficienza dei segnalatori acustici**: ogni operatore dovrebbe possedere una lista di controllo. Durante la fase di salita sul mezzo, l'operaio deve mantenere l'appoggio su tre punti e non può assolutamente salire/scendere mentre il mezzo è in movimento. Le MMT sono soggette alla **direttiva macchine**, quindi devono essere accompagnate da dichiarazione di conformità da parte del costruttore. In caso di incidente, infatti, la marchiatura CE contribuisce all'individuazione delle responsabilità (ad esempio se la rottura è avvenuta per assenza di manutenzione). Inoltre, la direttiva macchine, impone l'utilizzo di **dispositivi di protezione**: Le cabine devono quindi essere di tipo:

- **ROPS**(Roll Over Protective Structure): resiste a più ribaltamenti consecutivi;
- **FOPS**(Falling Objects Protective Structure): resiste alla caduta di materiali durante il lavoro per il quale la macchina è stata costruita (sassi, frammenti di roccia, ecc);
- **FGPS**(Front Gard Protective Structure): resiste alla proiezione frontale (cioè sul parabrezza) di materiale durante il lavoro per il quale la macchina è stata costruita (sassi, schegge, ecc.);

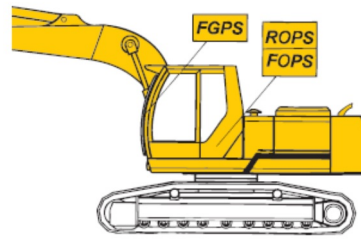


Figure 8: Cabine

## 2.4 Viabilità di cantiere

La filosofia che sta alla base della sicurezza in questo tipo di cantiere è la **separazione dei percorsi pedonali da quelli dei mezzi meccanici**. Si deve quindi progettare sia l'efficienza (i mezzi devono muoversi agevolmente) che la sicurezza (bisogna evitare incidenti tra mezzi e investimenti). I punti di accesso devono essere progettati sulla base dei flussi e del tipo di mezzi utilizzati: si osservi che nei punti di accesso/uscita si ha massima interferenza con l'attività estranea al cantiere (strade, edifici ecc). Si possono definire delle linee guida ai fini della progettazione della viabilità di cantiere:

- Preferire sensi unici in modo da ridurre il rischio di collisioni frontali;
- Tener conto del parco macchine;
- Prevedere piazzole di carico/scarico materiale;
- Ridurre al minimo le interazioni mezzi/pedoni;
- Ridurre al minimo gli ostacoli;
- Garantire un numero adeguato di ingressi/uscite al fine di ridurre eventuali congestioni;

## 2.5 Progettazione dei percorsi

Per la progettazione dei percorsi si parte dalla conoscenza dell'orografia della zona. Si parta, ad esempio, dal considerare il seguente asse stradale:

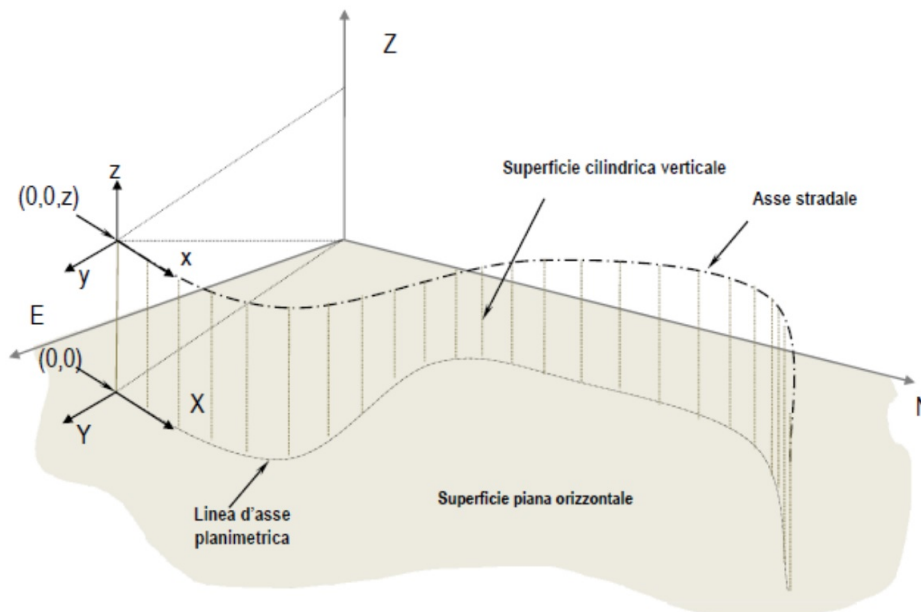


Figure 9: Asse stradale

Il problema viene a questo punto diviso in due sottoproblemi: planimetrico e altimetrico.

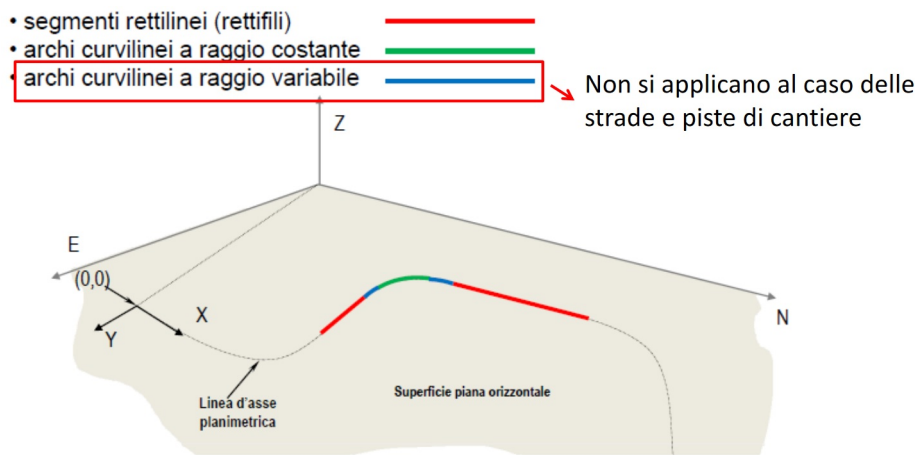


Figure 10: Schema planimetrico

Si suddivide la proiezione dell'asse stradale in elementi geometrici semplici. Notare che, in un cantiere, gli **archi curvilinei a raggio variabile non sono previsti** essendo necessari in caso di percorrenza ad alta velocità (automobili), quindi non interessano i lenti mezzi da cantiere.

Si viene quindi a creare una poligonale:

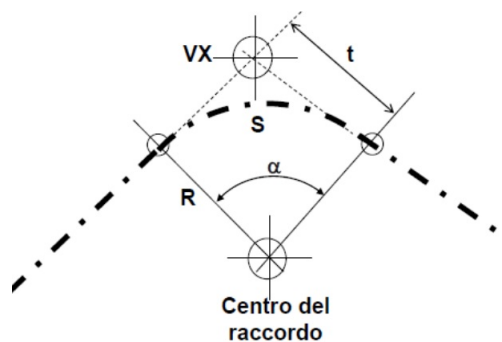


Figure 11: Poligonale raccordata

Si deve dunque progettare il **raggio di curvatura R** in relazione alle tipologie di mezzi che circoleranno sulla strada: maggiore sarà R più agevole sarà l'affrontare la curva.

Tipologia	AT-AA	AC	TR
Rmin (m)	9	7	6

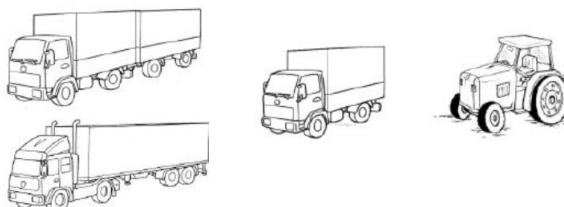


Figure 12: Raggi di curvatura per ogni tipologia di mezzo

Utile è ricordare che lo sviluppo dell'arco  $S$  vale (**considerando l'angolo in radianti**):

$$S = R\alpha$$

Inoltre:

$$t = R \operatorname{tg}\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

Nel caso di curve con piccoli raggi di curvatura è necessario studiare l'ingombro trasversale dei veicoli al fine di determinare la dimensione trasversale della strada (costante durante il rettilineo).

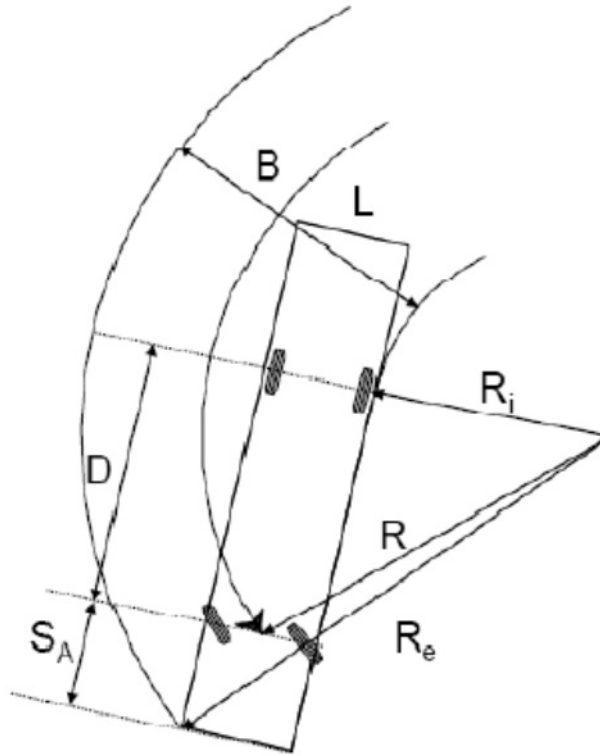


Figure 13: Mezzo a due assi

$$\begin{cases} \left(R_i + \frac{L}{2}\right)^2 + D^2 = R^2 \\ (R_i + L)^2 + (D + S_A)^2 = R_e^2 \\ B = R_e - R_i \end{cases}$$

Figure 14: Determinazione di  $B$

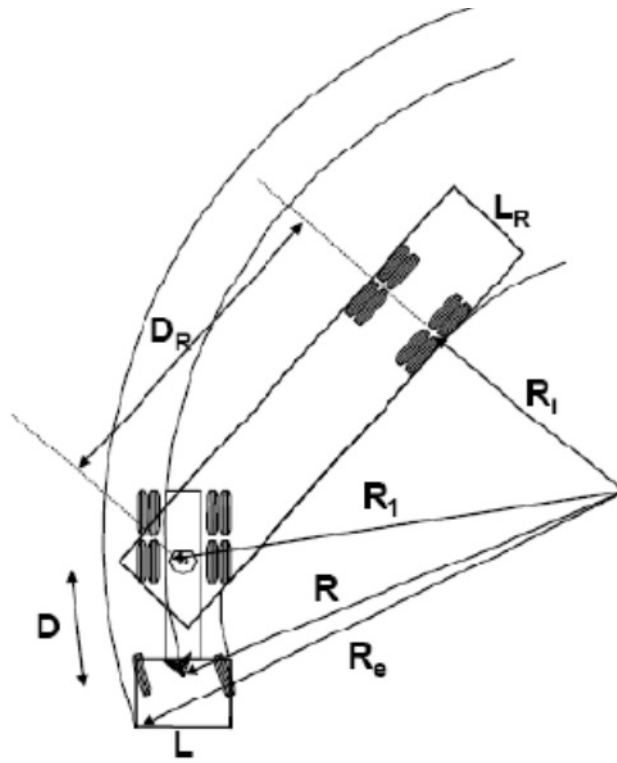


Figure 15: Mezzo a tre assi

$$\left\{ \begin{array}{l} \left( R_i + \frac{L_R}{2} \right)^2 + D_R^2 = R_1^2 \\ \left( R_1 + \frac{L}{2} \right)^2 + (D + S_A)^2 = R_e^2 \\ R_1^2 + D^2 = R^2 \end{array} \right.$$

$$B = R_e - R_i$$

Figure 16: Determinazione di B

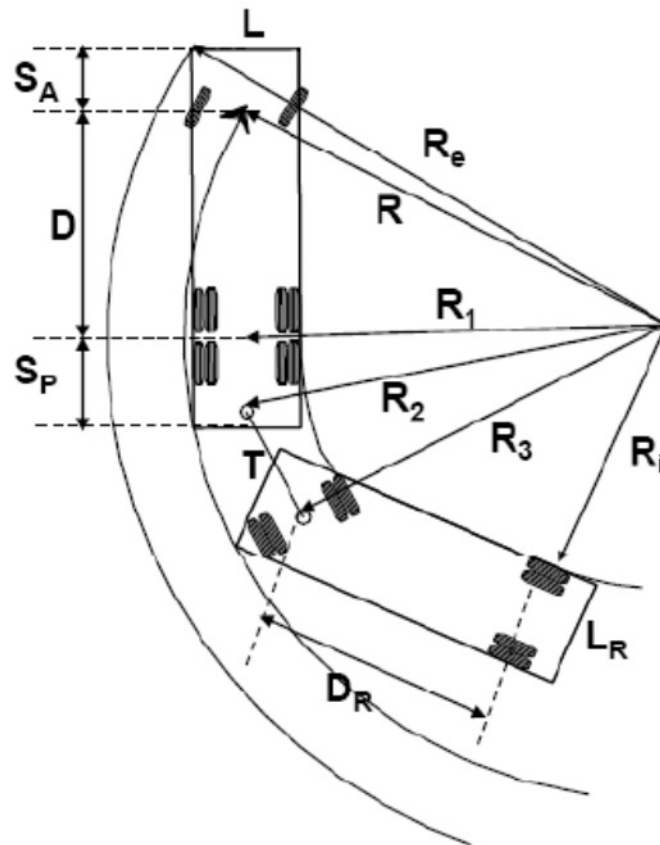


Figure 17: Mezzo a quattro assi

$$R_1^2 + D^2 = R^2$$

$$\left(R_1 + \frac{L}{2}\right)^2 + (D + S_A)^2 = R_e^2$$

$$R_1^2 + S_p^2 = R_2^2$$

$$R_3^2 + T^2 = R_2^2$$

$$\left(R_i + \frac{L_R}{2}\right)^2 + D_R^2 = R_3^2$$

Figure 18: Determinazione di B

Noti dunque il raggio R e la geometria del mezzo, si ricava la larghezza della carreggiata B che **consente al mezzo di affrontare la curva senza interferire con l'esterno del tracciato.**

Per quanto riguarda il **tracciato altimetrico**:

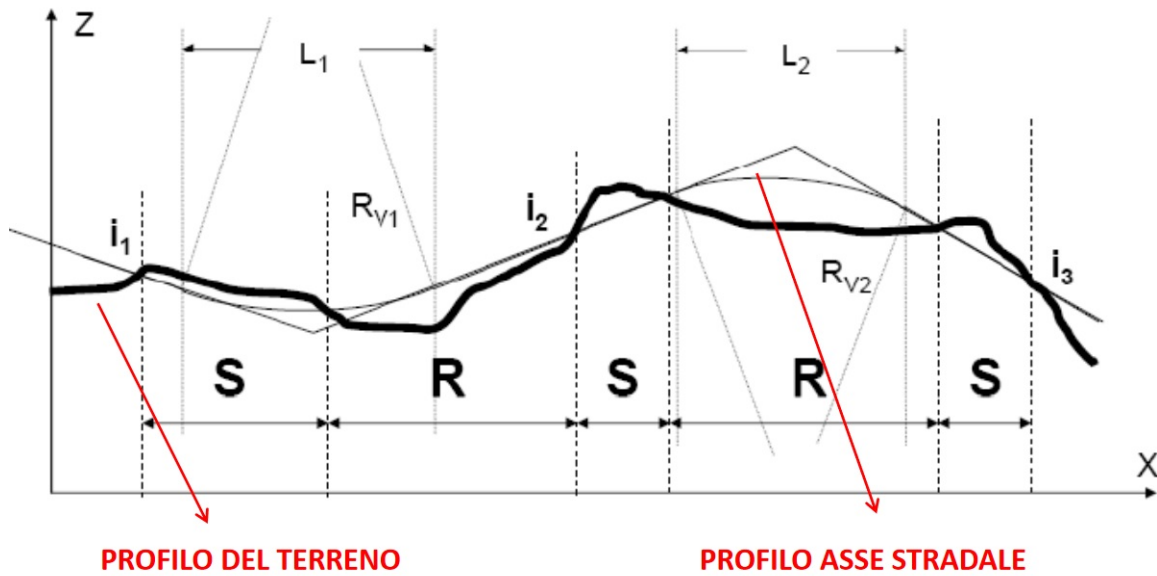


Figure 19: Tracciato altimetrico

L'approssimazione tramite poligolane (livellette) dove approssimare il più possibile l'andamento del profilo orografico del terreno.

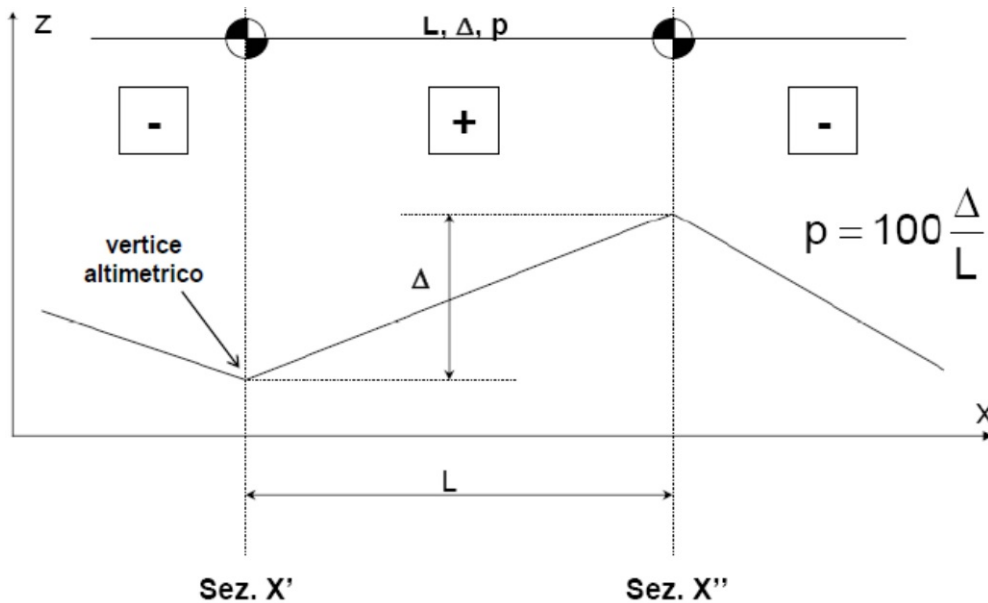


Figure 20: Differenza di quota

Le livellette vanno commisurate alle prestazioni dei mezzi d'opera.

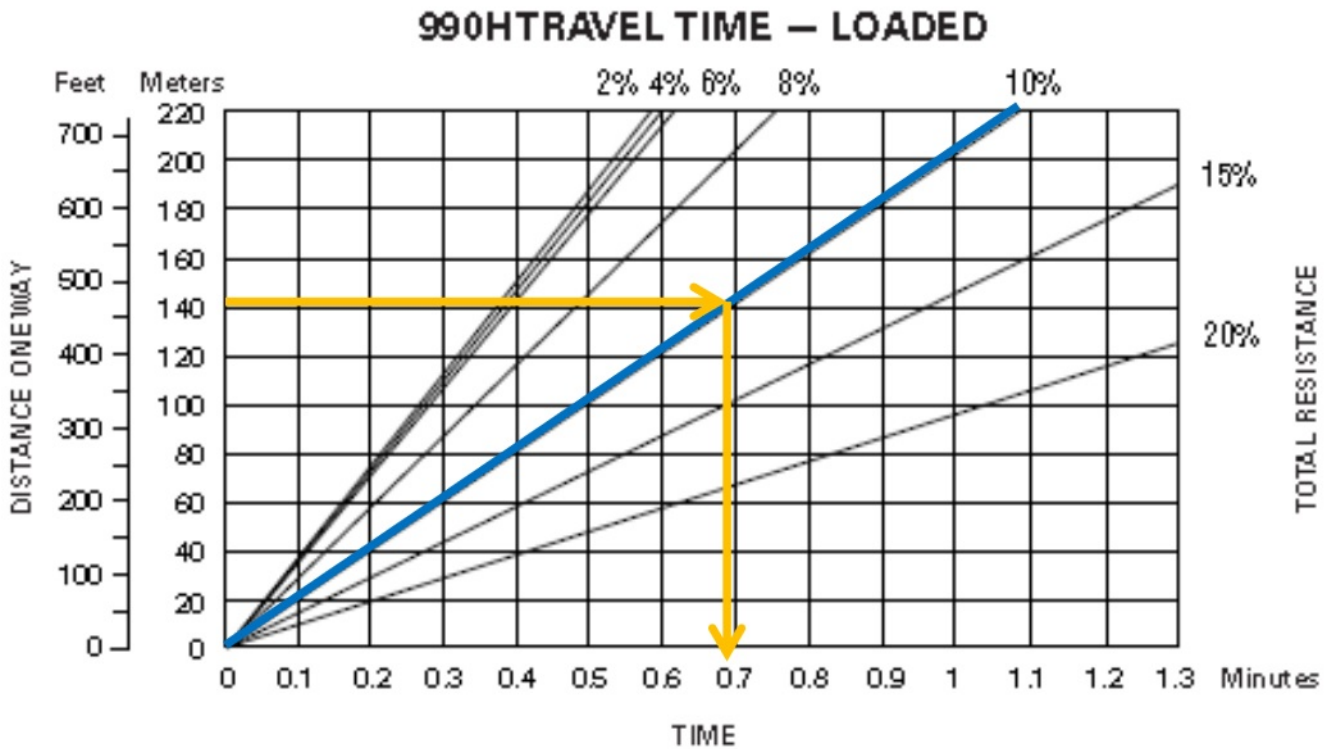


Figure 21: Diagramma prestazionale di un MMT

Tale diagramma prestazionale, presente nei manuali dell' MMT, consente di ricavare il **tempo di percorrenza di una specifica distanza in funzione della resistenza offererta**. Tale resistenza TR, espressa in percentuale, è data dalla relazione:

$$TR = GR + RR$$

Ove:

- **GR**: pendenza della livelletta (che va, appunto, progettata appositamente);
- **RR**: Resistenza a rotolamento (che dipende dal tipo di terreno);

Per quanto riguarda il raggio di raccordo per le livellette, esso va dimensionato in modo tale da **evitare strusciami** (dossi) ed **evitare che il veicolo impatti sulla sede stradale** (sacche).

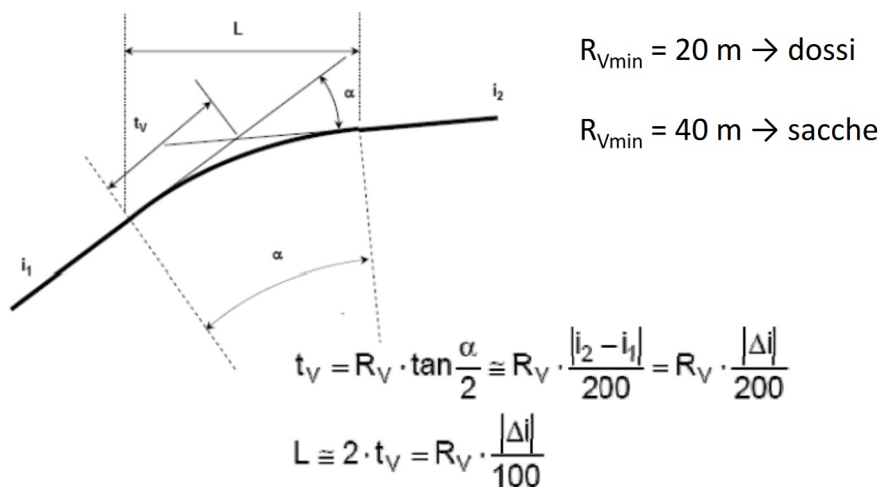


Figure 22: Differenza di quota Raccordo livellette

Per quanto riguarda la sede stradale, essa deve essere minimo di 2,75m e deve essere tale da garantire il passaggio di pedono al fianco dei mezzi: pertanto dovrà essere previsto un **franco** di 70cm, oppure prevedere delle **nicchie di rifugio** ogni 20m.

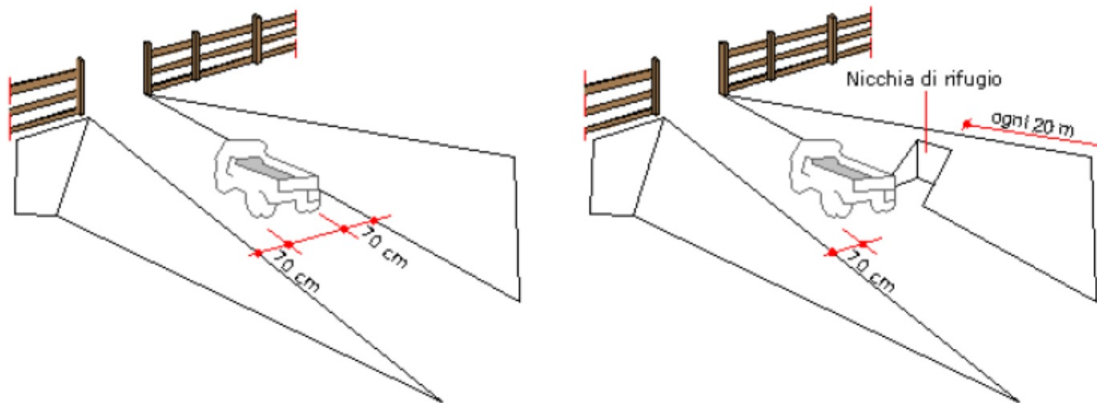


Figure 23: Nicchie di rifugio o franco di 70cm

Gli accessi/uscite devono essere di almeno 3m se a senso unico oppure 5,5m se a doppio senso. Si rammenta che essi devono essere tali da decongestionare il più possibile il traffico all'interno del cantiere e garantire la massima separazione tra pedoni e mezzi.

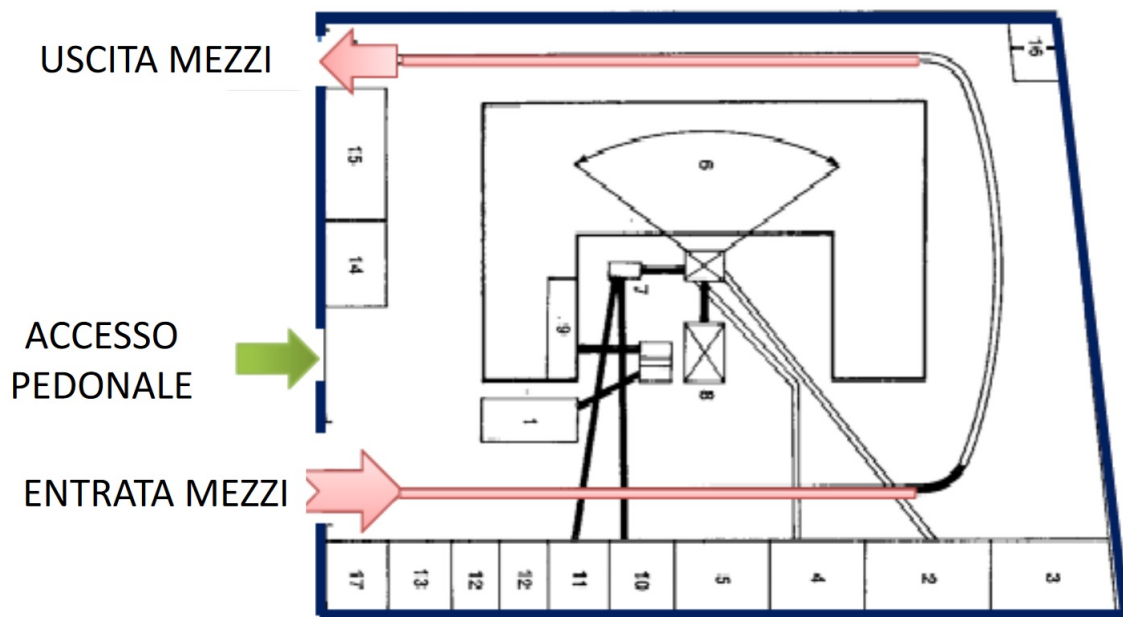


Figure 24: Ingressi/uscite

### 3 Cantieri verticali

I cantieri verticali, ovvero il cui "baricentro" non varia con l'evoluzione dell'opera, presentano dei rischi peculiari, primo fra tutti il **rischio di caduta dall'alto**. La magnitudo del danno a seguito della caduta è elevato: il 50% della cadute dall'alto ha conseguenze mortali. Pertanto, anche riducendo di molto la probabilità di caduta, il rischio (inteso come prodotto tra probabilità e magnitudo dell'effetto) rimane elevato a meno che non si azzeri la probabilità di caduta. Questo aspetto è fondamentale: allo "sbarco" da una scala, ad esempio, è necessario essere immediatamente vincolati (non si può permanere su un tetto svincolati nemmeno per un istante). Va inoltre ricordato che **la scala non è un luogo di lavoro** pertanto non è possibile eseguire dei lavori su di essa senza opportune precauzioni. Le principali ragioni di **caduta dall'alto** sono le seguenti:

1. Carenza organizzativa;
2. Carenza di pianificazione;
3. Cattiva progettazione (non armonizzata);

La caduta può essere l'effetto di più rischi concorrenti, come ad esempio lo scivolamento e la "scarpa slacciata", oppure folgorazione mentre si lavora in quota. Il T.U. definisce **lavoro in quota** se si opera ad una quota **rispetto ad un piano stabile**:

$$h > 2m$$

Per quote inferiori a quella indicata, si considera **lavoro in altezza** (ma non in quota). Le velocità di impatto sono piuttosto elevate:

- $h = 3m \rightarrow 28 \frac{m}{s}$ ;
- $h = 8m \rightarrow 45 \frac{m}{s}$ ;

L'articolo 15 del T.U., che stabilisce le **misure generali**, evidenzia come le **misure collettive** siano da preferire a quelle **individuali**.

#### Parapetti

Dispositivi di protezione collettivi provvisori o fissi (se si predispongono parapetti fissi, è necessario che non siano scalabili) che scaricano la sollecitazione, attraverso il montante. Devono essere alti almeno 1m **dal piano calpestabile** e un interasse inferiore a 2 m (per evitare eccessive inflessioni). I parapetti vengono suddivisi in "classi", secondo la UNI EN 13374:2019, a seconda delle prestazioni richieste:

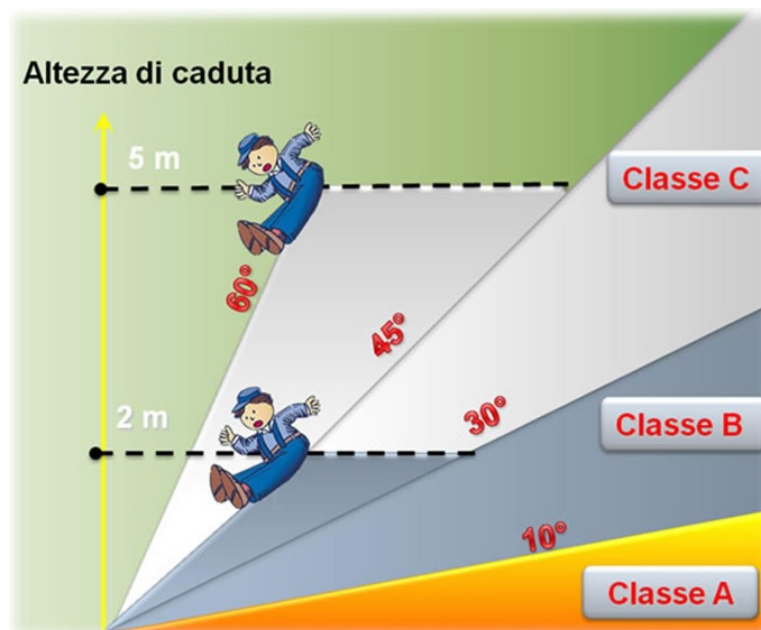


Figure 25: Classificazione dei parapetti

Le sollecitazioni sono anche funzioni dell'inclinazione del piano di lavoro.

CLASSE A

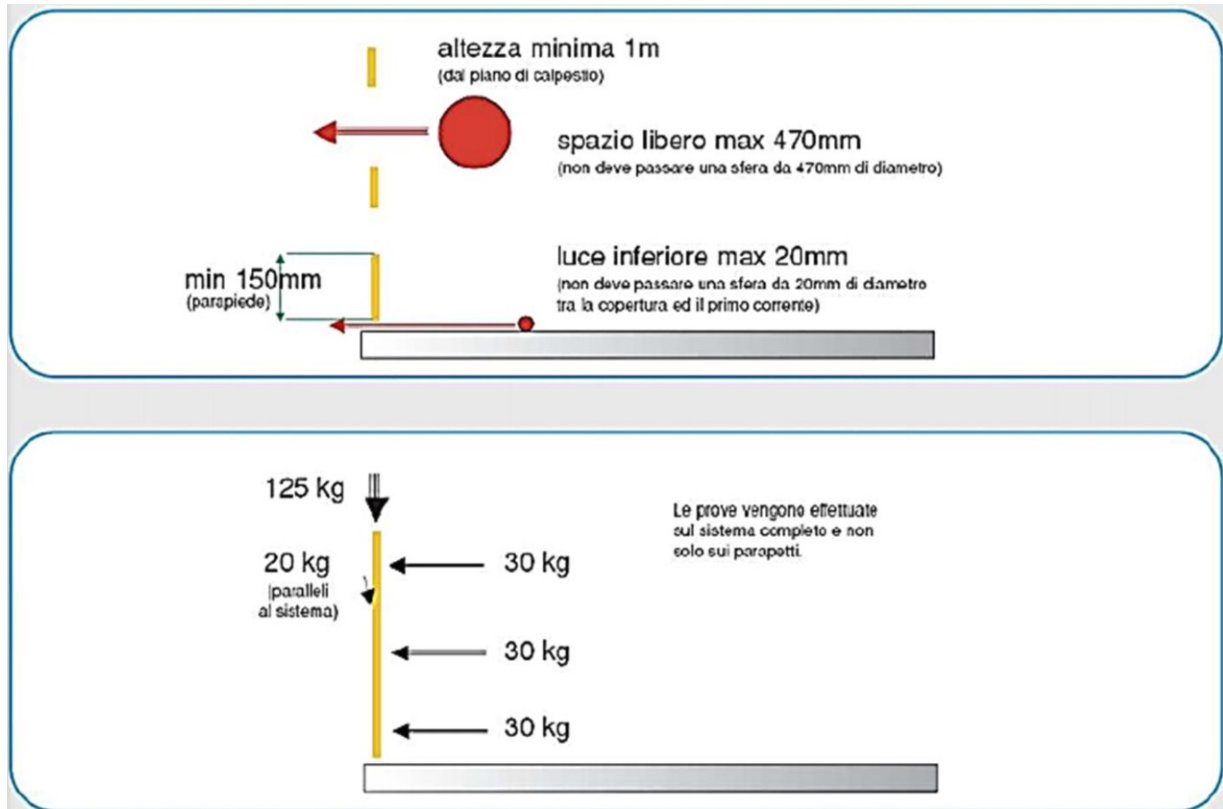


Figure 26: Parapetto di classe A

CLASSE B

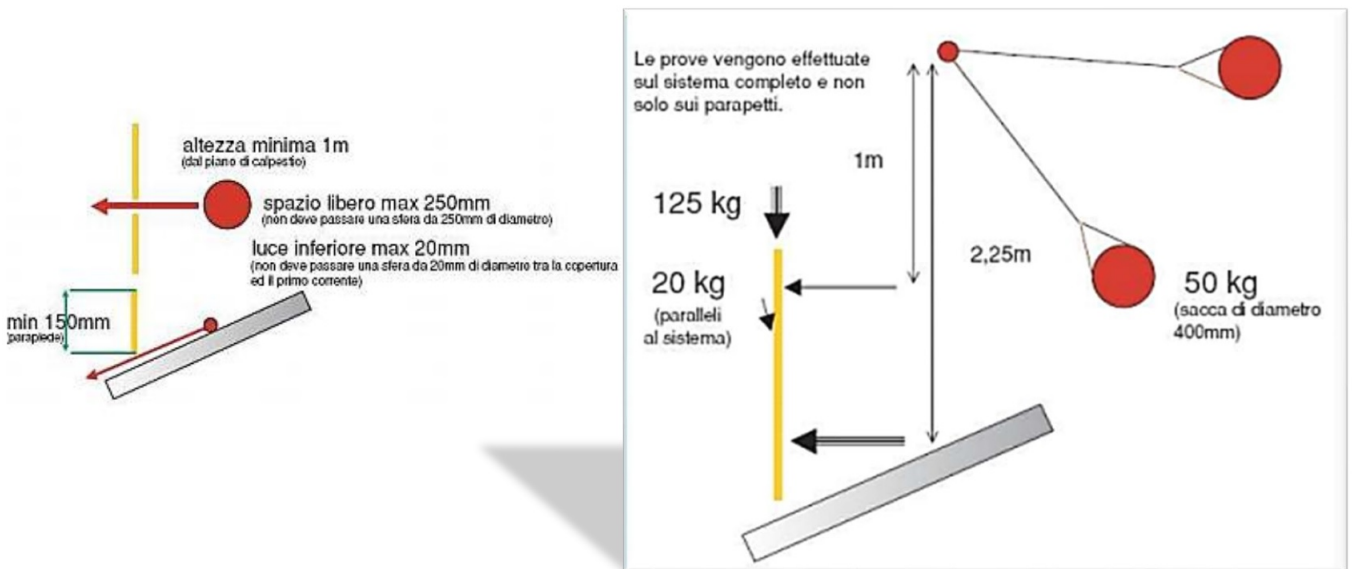


Figure 27: Parapetto di classe B

Quindi, oltre alle sollecitazioni statiche, deve sopportare anche sollecitazioni dovute all'effetto **spendolamento**. Non devono passare oggetti oltre una certa dimensione (deve evitare anche la caduta di oggetti).

CLASSE C



Figure 28: Parapetto di classe C

Possono essere anche montati dei parapetti autoprodotti, è necessario però che siano **garantite le prestazioni** sopra descritte.

Per quanto riguarda le passerelle e le andatoie, esse devono avere una larghezza minima di 60cm per il passaggio di persone e 120cm qualora fosse previsto il passaggio di attrezzatura.

D.P.I.

I D.P.I. vengono classificati come:

- **classe I:** relativi a "pericoli lievi" (scarpe anti-infortunistica ecc);
- **classe II:** non rientranti ne nella classe I ne nella classe III;
- **classe III:** associati a rischi con conseguenze molto gravi (es. morte). Data l'importanza dei rischi associati, il loro utilizzo prevede addestramento.

Sistemi anticaduta

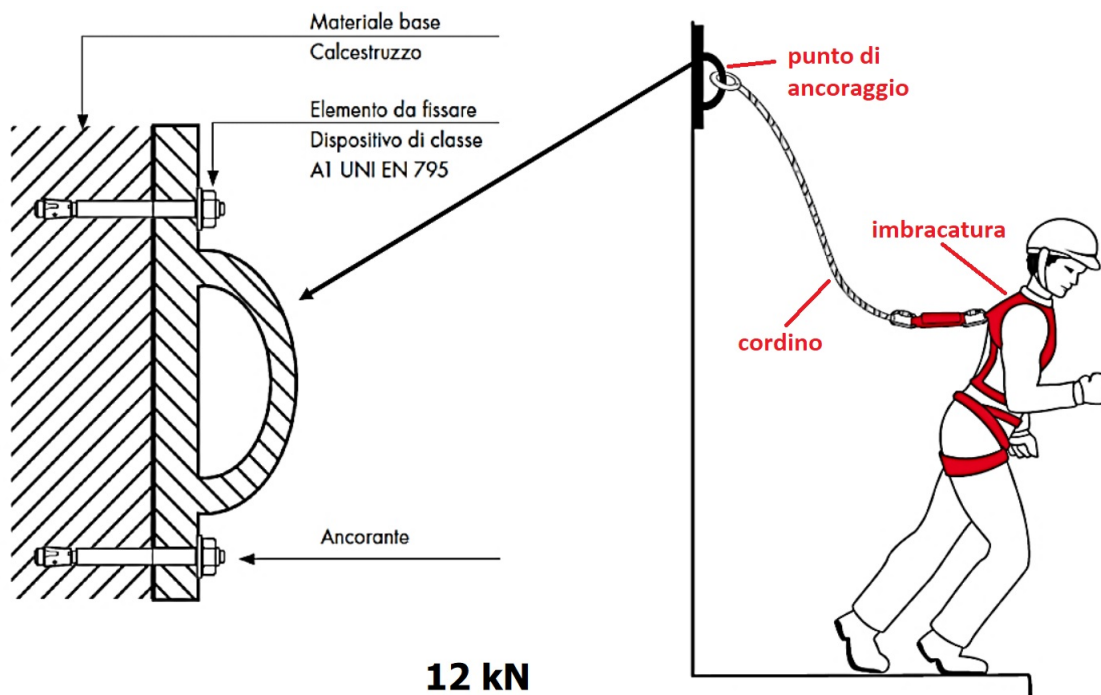


Figure 29: Schema imbracatura

Va da se che, se uno degli elementi non fosse valido, l'intero sistema sarebbe inutile. Da normativa, il **punto di ancoraggio**, deve sopportare una **sollecitazione "a strappo" di 12kN (1200kg)**.

I punti di ancoraggio possono essere fissi o consentire una movimentazione, come ad esempio la **linea vita**.

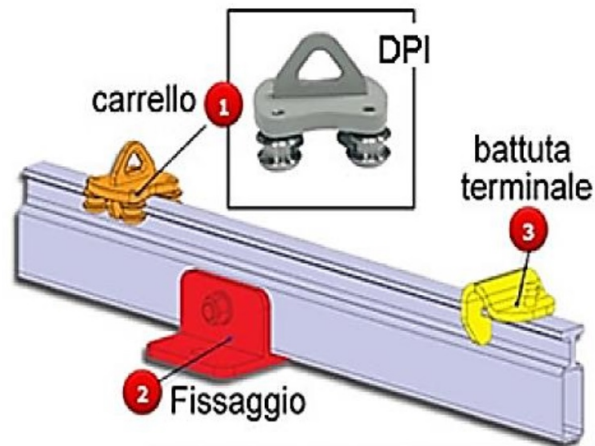


Figure 30: Ancoraggio di tipo D

Il **cordino** è costituito da un tratto rigido e un **ammortizzatore** che, nella caduta, si apre riducendo le sollecitazioni (dissipando energia): notare che **La lunghezza finale dopo la caduta sarà superiore di quella iniziale**. Si deve quindi considerare il **tirante d'aria**:

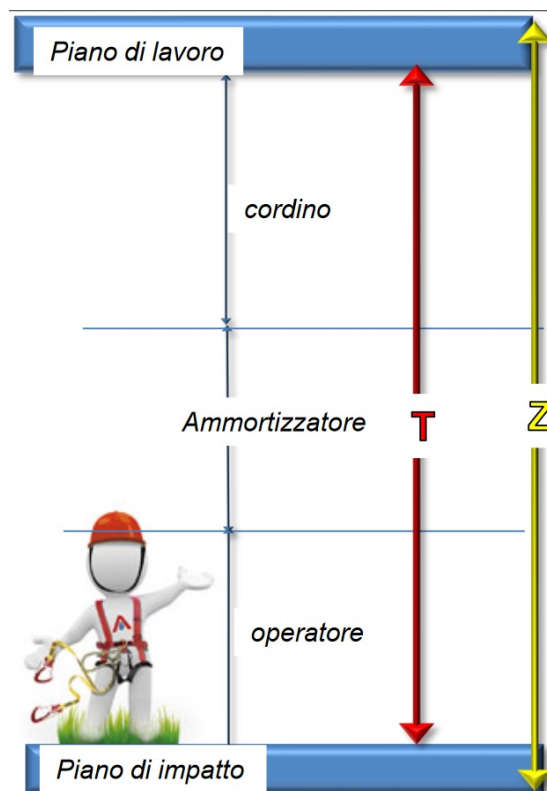


Figure 31: Tirante d'aria

Deve sempre essere verificata la condizione:

$$Z > T$$

Altrimenti l'impatto avverrà comunque. Notare che nel calcolo di Z deve essere tenuto presente non solo il dislivello con il piano stabile inferiore ma anche l'avventuale presenza di materiale che ridurrebbe lo spazio disponibile per la caduta "libera".

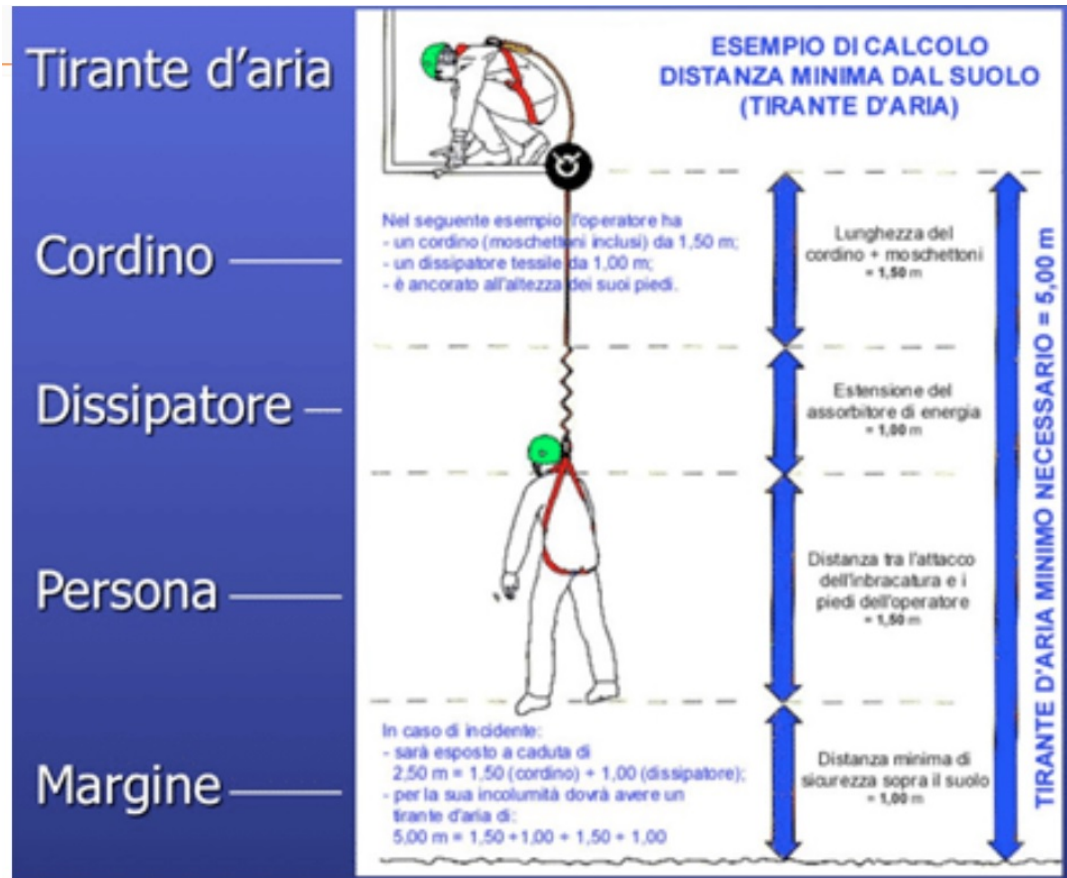


Figure 32: Tirante d'Aria

Se il punto di ancoraggio si trova in una posizione differente rispetto al punto di caduta, il rischio è di "impattare" per effetto di spendolamento sulle pareti laterali:

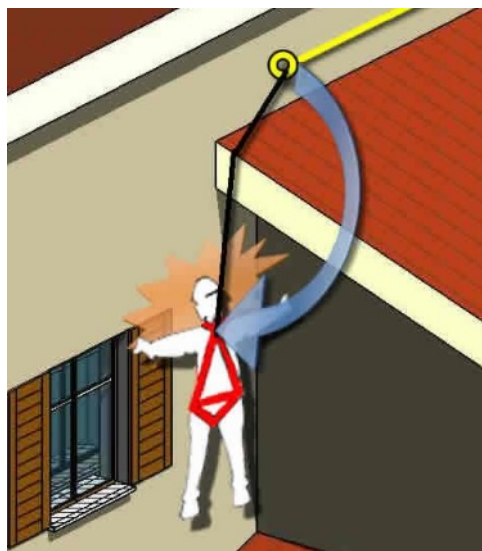


Figure 33: Effetto di spendolamento

Se il punto di vincolo si trova ad una quota superiore rispetto al punto di caduta, si deve tener presente la seguente configurazione:

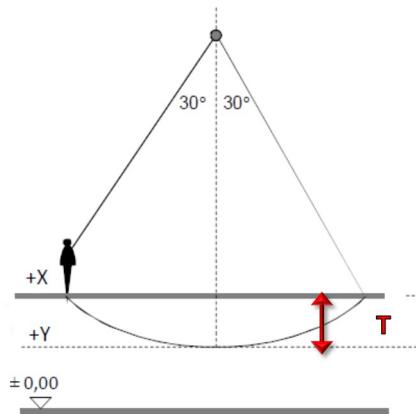


Figure 34: Effetto di spendolamento

Si ha quindi un **guadagno**: La caduta libera si riduce.

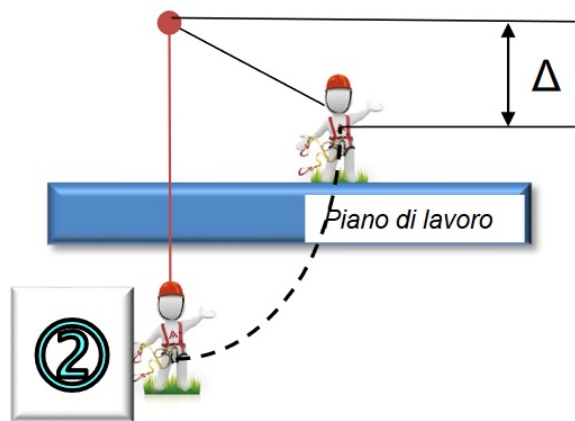


Figure 35: Tirante d'aria nel caso il vincolo sia ad una quota superiore

Prima di esporsi al rischio bisogna valutare se la copertura sulla quale si intende svolgere dei lavori ha portata sufficiente!.

Oltre ai sistemi di arresto caduta, si può progettare la lunghezza del cordino in modo da impedire la caduta stessa: **sistemi di trattenuta**:

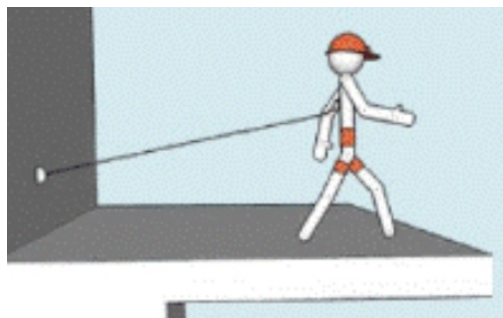


Figure 36: Sistema di trattenuta

In termini normativi si parla di **caduta libera** se si precipita nel vuoto per più di 60cm. Quando l'operatore cade e "rimane appeso", l'imbracatura riduce l'afflusso di sangue al cuore (stringe sugli arti, nel bacino ecc). Il rischio è che sopraggiunga la morte per embolia entro 20 minuti. Si può perdere conoscenza entro 5 minuti: non si avrà quindi collaborazione in caso dei salvataggio. Il PSC deve prevedere anche tali problemi.

**Ponteggi**

I ponteggi sono opere provvisoriale, ovvero al servizio temporaneo della struttura non facenti parte della costruzione stessa . Sono necessari per evitare la caduta di persone e oggetti nel caso di lavori in quota ad altezze superiori a 2m. I ponteggi sono marcati CE e necessitano di **autorizzazione ministeriale**. In caso di ponteggi alti più di 20m è necessario il **progetto esecutivo** (con relazione di calcolo) , mentre per altezze inferiori si possono adottare soluzioni standardizzate ma è comunque necessaria l'**autorizzazione ministeriale**. Il **PIMUS** è un documento che descrive le procedure di montaggio e di smontaggio (descrive inoltre le procedure per portare in quota gli elementi) oltre che le modalità di manutenzione (alcuni ponteggi possono rimanere in opera per diversi anni). Si rammenti che per il fissaggio è necessario l'utilizzo di una **chiave dinamometrica** (essendo stabilita la coppia di serraggio per gli elementi) e dei DPI contro il **rischio meccanico** (tipo i guanti: rischio schiacciamento delle dita ecc):

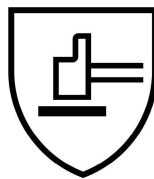


Figure 37: Simbolo sui DPI contro il rischio meccanico

Se il ponteggio si comporta da **massa estranea**, ovvero se presenta una resistenza verso terra inferiore a 200Ω, è necessario il collegamento all'**impianto di terra**. Qualora fosse montato in prossimità di una linea elettrica il PSC deve riportare il dettaglio dei rischi di tipo elettrico e contenere valutazioni sulla protezione dello stesso da scariche atmosferiche. Ad ogni modo, le distanze dalle linee elettriche dipendono dal livello di tensione:

Un (kV)	D (m)
≤ 1	3
1 < Un ≤ 30	3,5
30 < Un ≤ 132	5
> 132	7

Figure 38: Distanze dalle linee

Si necessita di ancoraggi che possono essere, ad esempio, **da tassello** (chimici o meccanici), **ad anello** o a **cravatta** e devono essere distribuiti secondo uno schema specifico: **almeno ogni due montanti e ogni due piani**:

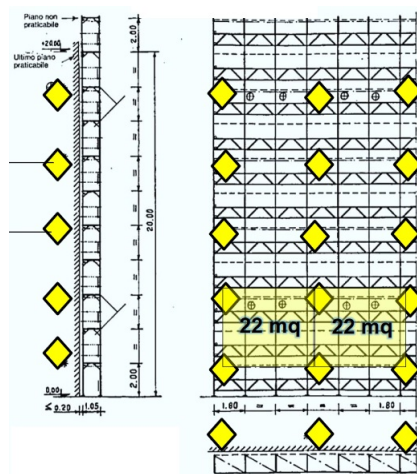


Figure 39: Schema ancoraggi

Quindi i ponteggi vengono classificati secondo i seguenti parametri:

- Materiale;
- Altezza (se superiori a 20m non si possono usare soluzioni standard ma serve progetto esecutivo);
- Per elementi costruttivi;
- Per classi di carico: devono sopportare una sollecitazione **minima** di  $300 \frac{kg}{m^2}$ ;

Il sistema **Tubi innocenti e morsetti** è economico e flessibile. In fase di montaggio è necessario verificare controllare la verticalità/orizzontalità dei tubi e la coppia di serraggio dei morsetti (chiave dinamometrica), pertanto **richiede molto tempo**.

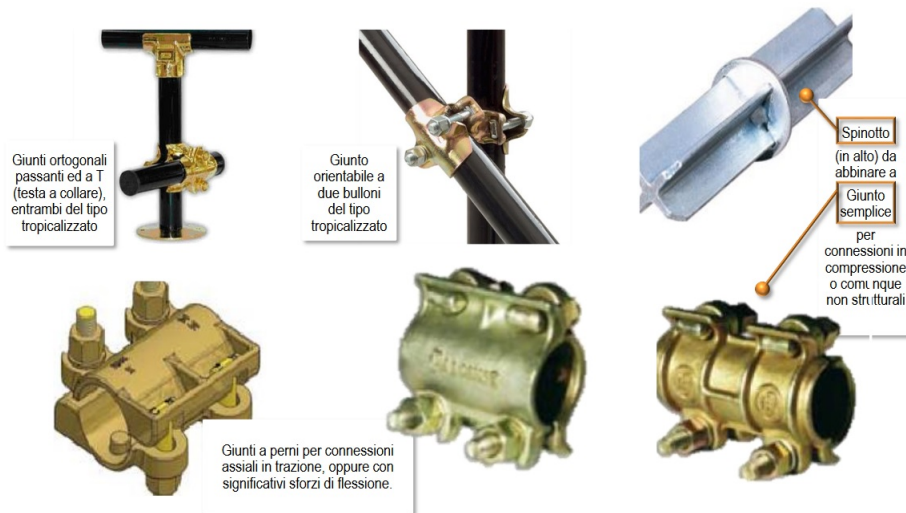


Figure 40: Sistema tubo-morsetto

Il sistema con **moduli prefabbricati** consente un montaggio veloce e (essendo già predisposti all'uso) non sono soggetti a verifica di orizzontalità o verticalità. Presentano comunque poca flessibilità (dimensioni prestabilite).

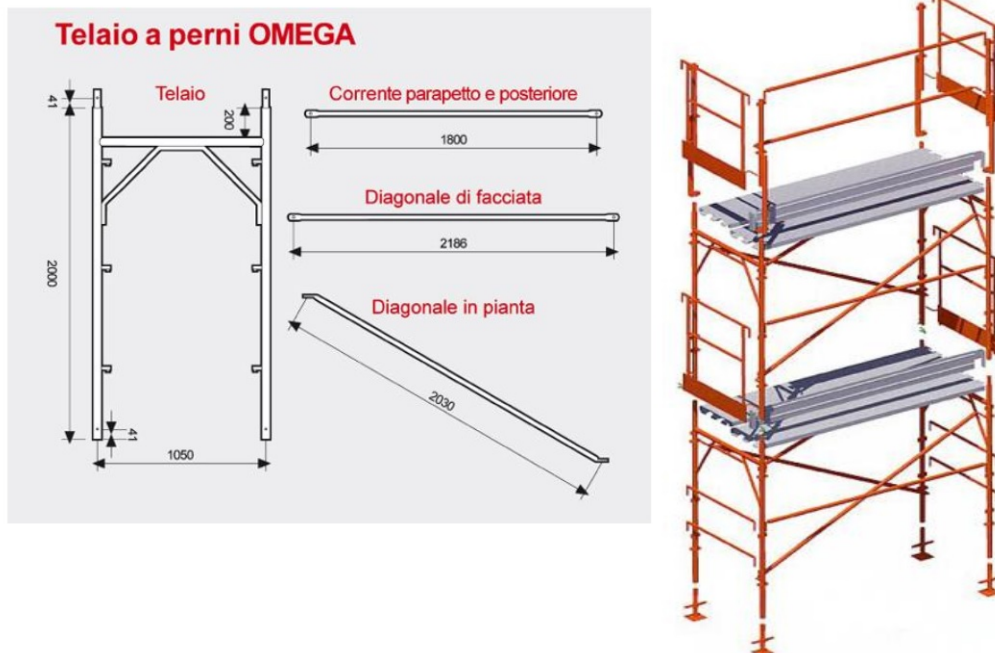


Figure 41: Moduli prefabbricati

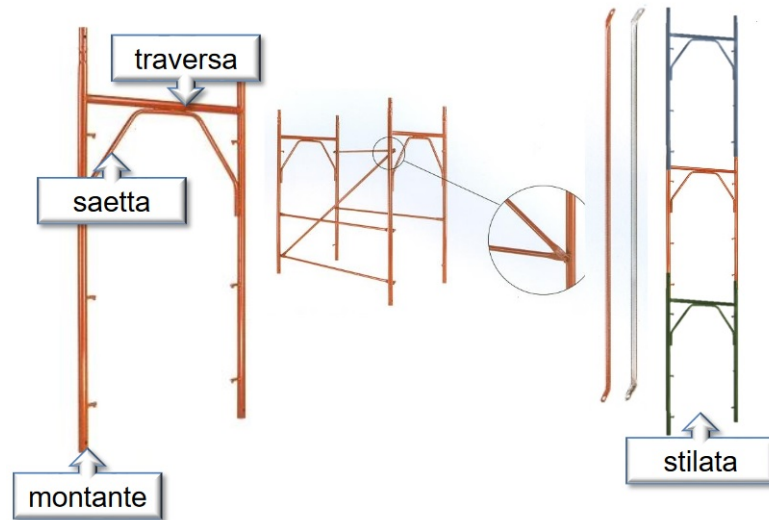


Figure 42: Moduli prefabbricati

Una **combinazione tra i due suddetti sistemi** è rappresentato dal **multidirezionale**: presenta dunque costi elevati.

In generale, si ha che:

- Se la distanza dal ponteggio al muro è superiore a 20cm è **necessario comunque prevedere un parapetto**;
- Il sistema di scale (che collegano i vari livelli) prevede che esse siano "sfasate" per **evitare cadute consecutive**;
- Le **Tavole da ponte** (per essere considerate tali) devono avere uno spessore di almeno 5cm;
- Gli elementi costruttivi del ponteggio devono essere puliti per consentire il riconoscimento del costruttore;
- Le basette, **che possono essere usate per compensare il dislivello**, devono poggiare su tavole spesse almeno 5cm per distribuire il peso (altrimenti affonderebbero);
- I ponteggi malsopportano torsioni: è necessario quindi che siano "livello";
- La larghezza deve essere di almeno 60cm per consentire il transito degli operatori;
- **Interessante è notare che eventuali cartelloni pubblicitari possono, quando investiti dal vento, causare un "effetto vela" ovvero una sollecitazione orizzontale: la progettazione deve tenere in considerazione tale aspetto**;

### Trabattelli

Simili a "moduli di ponteggio", essi sono dotati di ruote per lo spostamento: **da essi non si può sbarcare e non possono essere mobilitati con operatori a bordo**. La prevalenza della direzione verticale su quella orizzontale fa sì che il ribaltamento sia piuttosto probabile. Notare che il trabattello è **un attrezzo di lavoro marcato CE**, quindi dotato di manuale (che deve essere presente in cantiere) e pertanto non necessita di PIMUS. Il costruttore indica altezze oltre le quali è necessario vincolare la struttura.

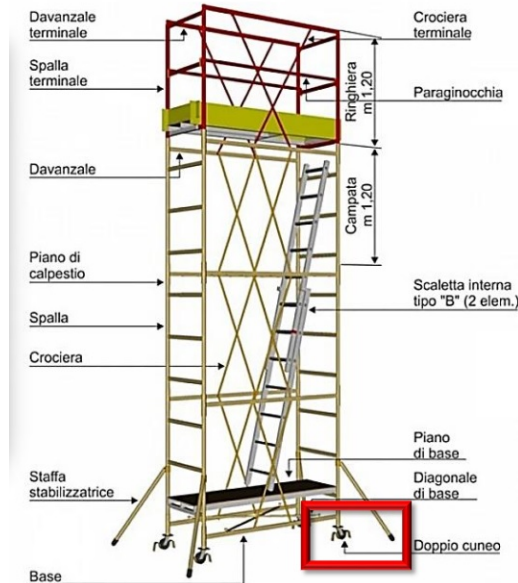


Figure 43: Trabattello

### Ponti su cavalletti

Utilizzati per sbalzi massimi di 200cm, quindi non dotati di parapetto. Non necessitano di PIMUS. Le tavole utilizzate (che devono avere uno spessore minimo di 5cm) devono avere una ricchezza di almeno 20cm.

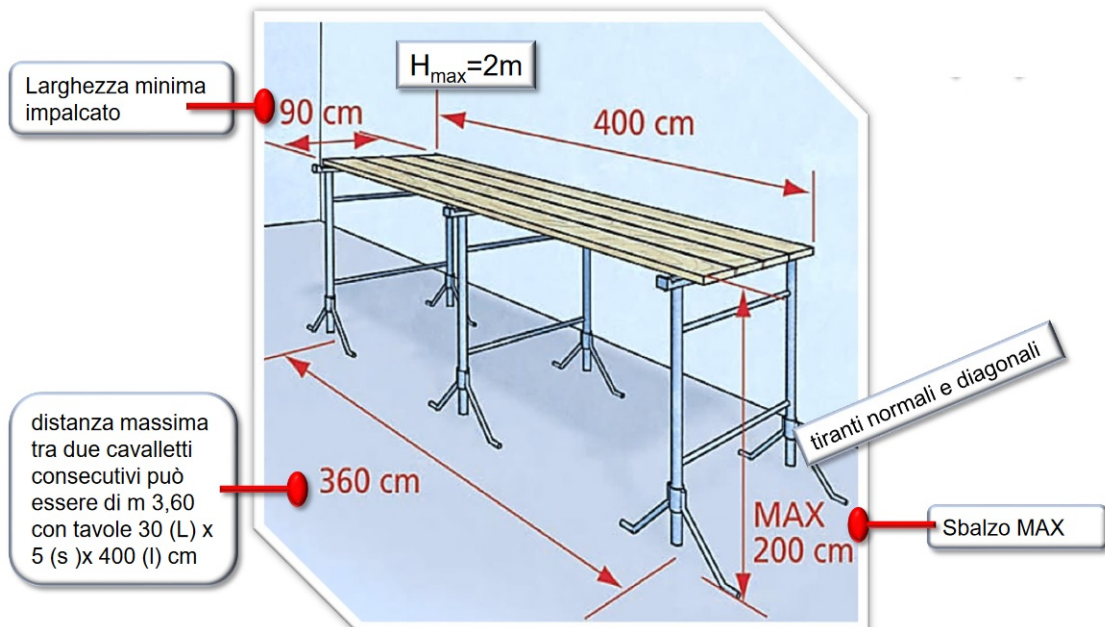


Figure 44: Ponte su cavalletto