

# **Tesina di Topografia**

***Progetto stradale***

**Nome Prenome**

**Classe 5<sup>^</sup> - Liceo Tecnico delle Costruzioni**

# 1. Premesse

La strada è un'opera d'arte atta a collegare due o più località al momento non raggiungibili o collegate ad una rete viaria insufficiente per il volume di traffico della zona.

Nella progettazione di una strada dapprima viene eseguita un'analisi del traffico che avrà la nuova strada, in conseguenza del volume di traffico verrà fissata la velocità di progetto che permetterà di stabilire le principali caratteristiche geometriche della strada in progetto, sono:

- larghezza della carreggiata, calcolata in funzione del traffico, si devono stabilire il numero, la larghezza delle corsie e delle banchine, presenza o meno di piste ciclabili o marciapiedi;
- raggio minimo delle curve che viene determinato in funzione della velocità di progetto;
- pendenza longitudinale massima che viene fatta in funzione del tipo di veicoli che dovranno transitare sulla strada.

Stabilite queste caratteristiche si incomincia lo studio planimetrico del tracciato. Durante lo studio planimetrico è necessario eseguire un attento esame delle caratteristiche del terreno (corsi d'acqua, pendenza del terreno, zone abitate...) tra i vari tracciati che saranno individuati si sceglierà quello in cui saranno previsti minori costi di realizzazione.

Durante la fase progettuale bisogna:

- evitare zone paludose o comunque soggette ad infiltrazioni d'acqua;
- attraversare i corsi d'acqua perpendicolarmente e possibilmente a monte, dove il corso d'acqua presenta una minore larghezza;
- il tracciato deve seguire il più possibile l'andamento del terreno, in modo da evitare grandi spostamenti di terra o la costruzione di opere d'arte;
- se la strada si sviluppa parallelamente ad un corso d'acqua, è opportuno che la strada sia progettata ad una dovuta distanza in modo da evitare infiltrazioni d'acqua, se ciò non è possibile si deve procedere a una progettazione di opere di protezione.

E' possibile identificare diversi tipi di strada:

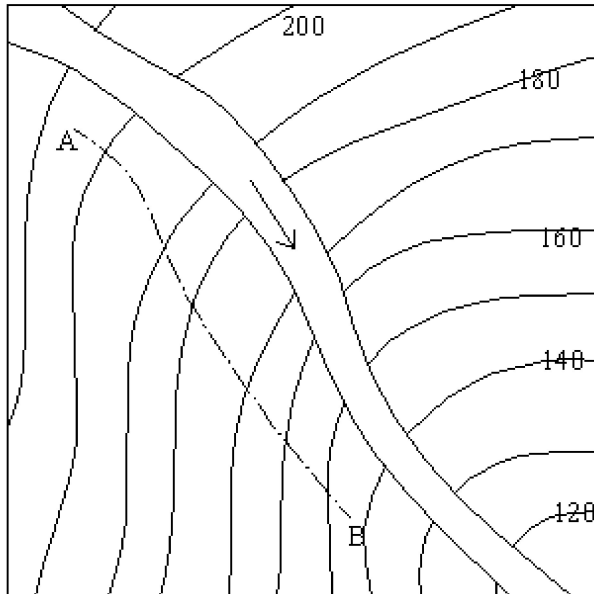


Fig. 1

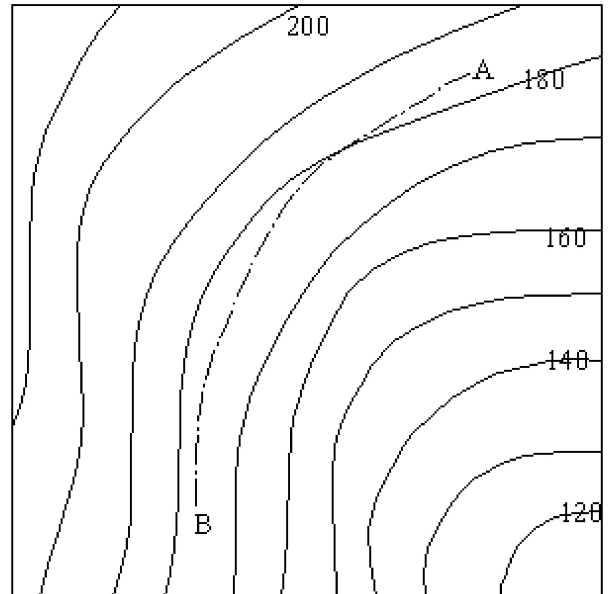


Fig. 2

- strade di fondo valle (Fig.1), la strada si sviluppa parallelamente al corso d'acqua, mantenendo sempre una dovuta distanza da esso, è necessario prevedere la possibilità di piene e di frane,
- strade di cresta (Fig.2), il loro tracciato segue le curve di livello mantenendosi pressoché alla stessa quota;

Esistono anche strade di tipo intermedio che hanno diverse caratteristiche che dipendono dall'andamento planimetrico e altimetrico delle località da dover collegare, si possono incontrare vari casi:

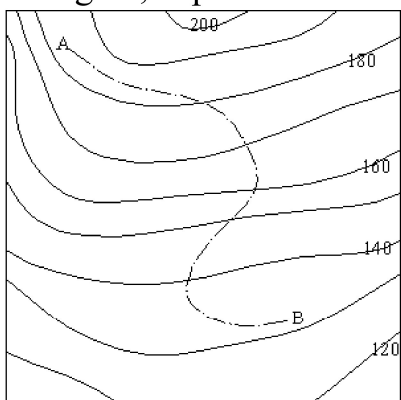


Fig. 3

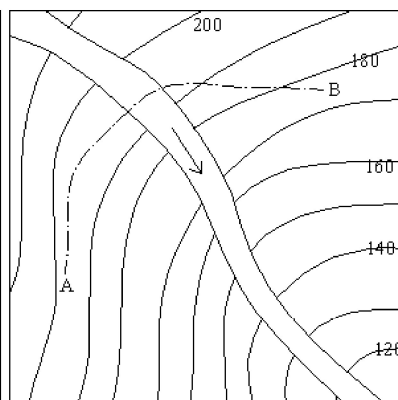


Fig. 4

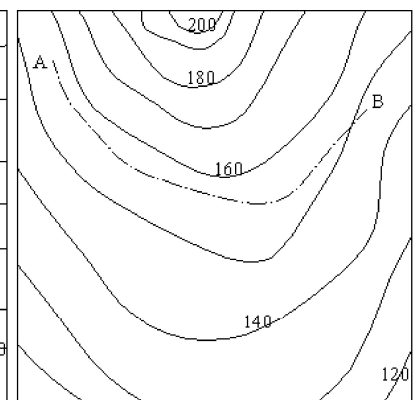


Fig. 5

- le due località sono situate sullo stesso versante ma a quote differenti (Fig.3);
- le due località sono situate su versanti opposti della stessa valle (Fig.4);
- le due località sono situate su versanti adiacenti di due valli opposte (Fig.5).

## 2. Studio del Tracciato

Sulla carta planimetrica con una scala da 1:1000 a 1:2000 viene disegnato dapprima il tracciolino, detto anche linea guida, che è costituito da una serie di spezzate a pendenza costante che seguono l'andamento del terreno senza mai scostarsi da esso.

Nota la pendenza massima longitudinale, si assume una pendenza  $p$  inferiore di circa  $1 \div 2$  %, in quanto il tracciolino presenta uno sviluppo spezzato che verrà successivamente rettificato e quindi aumenterà la pendenza che non può oltrepassare il limite stabilito.

Nota anche l'equidistanza tra una curva di livello e la successiva ( $e$ ), che normalmente è  $1/1000$  della scala della carta, si calcola la distanza  $d$  con la seguente formula:

$$d = \frac{e}{p}$$

Con  $p$  espresso come decimale, la lunghezza  $d$  è la lunghezza di ciascun segmento che compone il tracciolino; il compasso sarà poi aperto con la lunghezza  $d$  opportunamente trasformata nella scala della planimetria.

Durante il tracciamento del suddetto tracciolino si possono venire a creare diversi casi:

- l'arco di raggio  $d$  interseca la curva di livello successiva in due punti, in questo caso si verranno a creare due percorsi differenti che condurranno al punto finale (fig.6);
- l'arco di raggio  $d$  è tangente alla curva di livello successiva, l'unico percorso possibile è quello tracciato, poiché gli altri hanno pendenze inferiori (fig.7);
- l'arco di raggio  $d$  non interseca in nessun punto la curva di livello successiva, ciò significa che qualunque tracciato ha pendenze inferiori, è consigliabile, in questo caso, partire dall'altra estremità della strada per arrivare a congiungere la parte suddetta (fig.8).

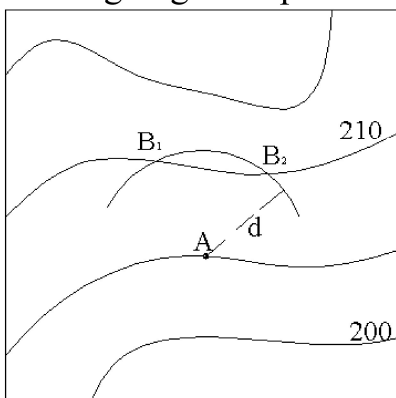


Fig.6

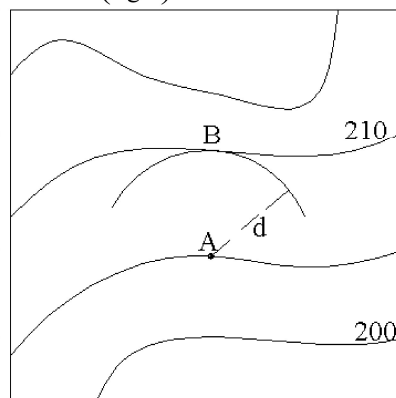


Fig.7

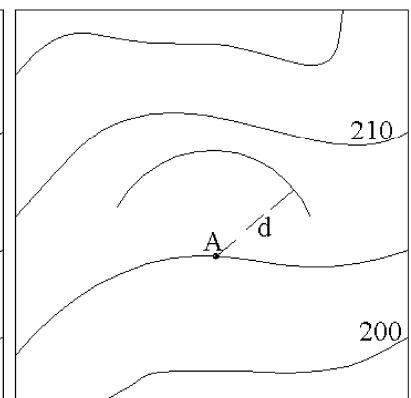


Fig.8

Si otterranno diversi tracciolini, tutti con la stessa pendenza, di questi bisogna scegliere quello più conveniente, seguendo alcuni criteri:

- il percorso deve essere il più breve possibile;
- devono essere evitati terreni non adatti alla costruzione di una strada, ad es. terreni cedevoli o eccessiva presenza d'acqua;
- devono essere evitati tracciati in cui si dovranno costruire curve e controcurve in successione;
- l'attraversamento dei corsi d'acqua deve essere perpendicolare al loro asse;
- il raccordo con altre strade già esistenti deve essere perpendicolare al loro asse;
- il numero di opere d'arte deve essere limitato;
- l'andamento della strada deve seguire il terreno;
- si devono evitare costi di esproprio troppo alti.

Dopo aver scelto il tracciolino, come già detto, dovrà essere regolarizzato creando una serie di rettilinei che prende il nome di poligonale d'asse, i suoi lati dovranno essere raccordati con delle curve, di cui verranno calcolati gli elementi costitutivi; si ottiene così l'asse stradale. Nella costruzione della poligonale d'asse si devono evitare di formare angoli troppo acuti che necessitano l'inserimento di un tornante nel tracciato.

### 3. Curve

Esistono vari tipi di curve, nel progetto redatto si sono adottate curve circolari monocentriche, sono cioè costituite da un unico arco di circonferenza che raccorda i due rettifili.

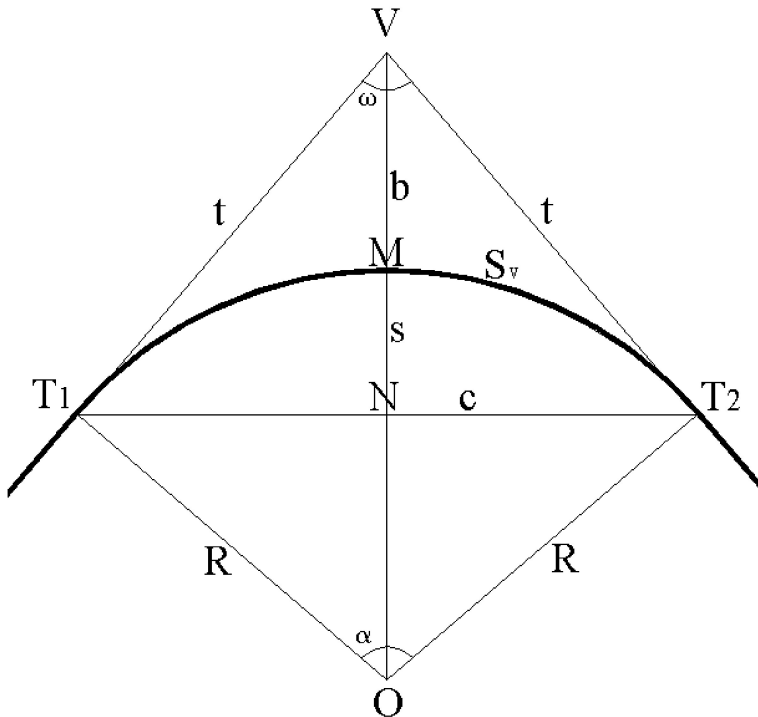


Fig.9

Di una curva si conosce l'angolo al vertice  $\omega$  e si stabilisce il raggio (tenendo conto del raggio minimo). Si procede quindi a calcolare tutti gli elementi che costituiscono la curva (fig.9) che sono:

- $\alpha$  = angolo al centro  
 $\alpha = 200^{\text{gon}} - \omega$
- VO = congiungente centro della curva - vertice della poligonale d'asse  
 $VO = R / \sin(\omega/2) = R / \cos(\alpha/2)$
- t = tangente  
 $t = R \cdot \tan(\omega/2) = R \cdot \cotg(\alpha/2)$
- b = bisettrice  
 $b = [R / \sin(\omega/2)] - R = [R / \cos(\alpha/2)] - R$
- s = saetta  
 $s = R - R \cdot \sin(\omega/2) = R - R \cdot \cos(\alpha/2)$
- c = corda  
 $c = 2 \cdot R \cdot \cos(\omega/2) = 2 \cdot R \cdot \sin(\alpha/2)$
- $S_v$  = sviluppo  
 $S_v = R \cdot \omega^{\text{rad}}$

## 4. Planimetria

Una volta definito il tracciato e la sua larghezza, viene riportato sulla planimetria, di solito in scala 1:1000 o 1:2000. L'asse della strada viene disegnato con una linea tratto-punto, mentre i cicli sono riportati con un tratto unito. Vengono poi riportati in una tabellina a lato i dati caratteristici dei rettilinei (lunghezza) e delle curve (angolo al centro, raggio, tangente, sviluppo). Si riportano poi tutte le sezioni trasversali della strada che comunemente vengono chiamati picchetti, che permetteranno il tracciamento sul terreno della strada stessa. I picchetti vengono numerati progressivamente e si impongono seguendo alcuni criteri:

- all'inizio e alla fine del tracciato stradale;
- in corrispondenza dei punti di tangenza delle curve;
- in corrispondenza dei punti medi delle curve;
- in corrispondenza delle spalle del ponte;
- nel punto in cui il tracciato interseca una strada già esistente;
- nel punto in cui il tracciato interseca una curva di livello;
- la distanza massima tra due picchetti non deve essere superiore a 70-80 m in pianura, 20-25 m in zona collinare.

Nella planimetria sono indicate anche tutte le opere d'arte che si dovranno realizzare; la planimetria deve contenere tutti i dati necessari all'individuazione del tracciato sul terreno.

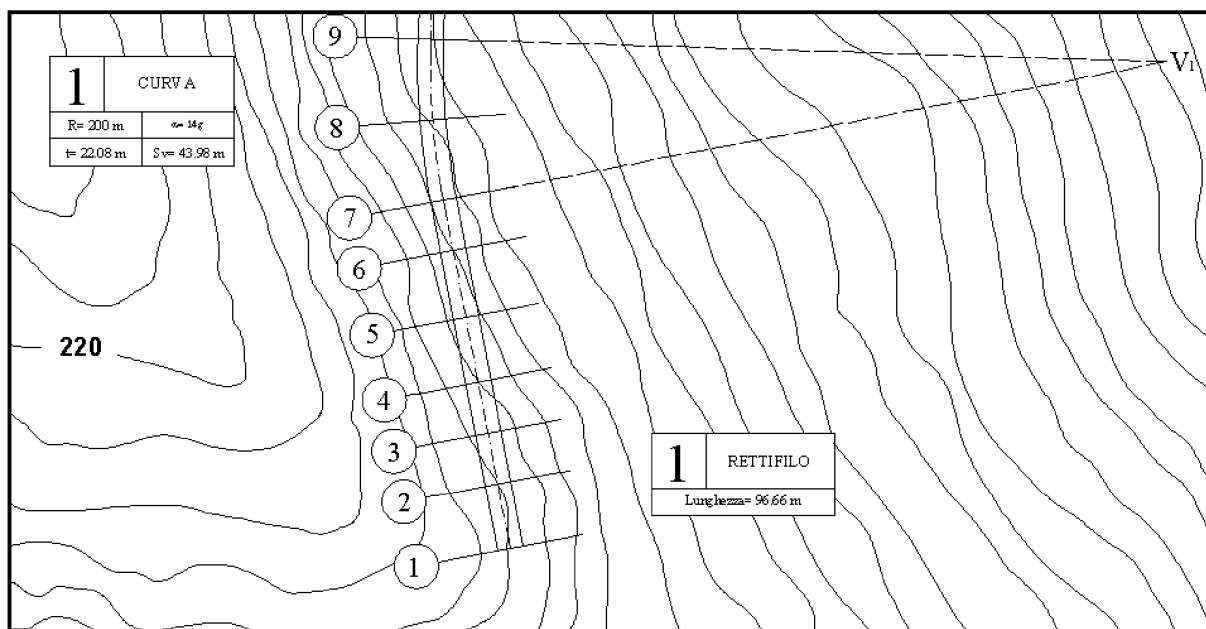


Fig.10

## 5. Profilo Longitudinale

Una volta definito il tracciato planimetrico, bisogna esaminarlo altimetricamente, cioè tracciando il suo profilo longitudinale che è lo sviluppo dell'asse stradale su un piano verticale.

Dapprima bisogna calcolare tutti i dati necessari sui picchetti, cioè:

- distanza tra un picchetto e il successivo;
- progressiva di tutti i picchetti;
- quota del terreno.

Questi elementi vengono ricavati da un rilievo topografico se si tratta di un progetto esecutivo, se il progetto è di massima questi dati vengono misurati sulla planimetria.

Una volta ottenuti i dati necessari si assume un'orizzontale a cui si assegna una quota intera e inferiore a quella che ha il picchetto altimetricamente più basso.

Si assumono due scale diverse per le  $x$  e le  $y$  perché il disegno con scale uguali sarebbe difficilmente leggibile in quanto le pendenze sono modeste raffrontate alle distanze.

La scala delle distanze è quella della planimetria (1:1000 o 1:2000), mentre quella per le quote è solitamente dieci volte più grande (1:100 o 1:200).

Sotto questa orizzontale vengono riportati i picchetti, la loro distanza parziale, la distanza progressiva a partire dall'origine, la quota del terreno, la quota di progetto (questa casella verrà completata in un secondo tempo), distanze ettometriche e i dettagli su curve e rettifili.

N.B. i picchetti devono essere riportati utilizzando le distanze progressive poiché comportano un minore errore nella restituzione dei punti.

Da ogni picchetto viene tracciata una verticale sulla quale si riporta il dislivello tra la quota del picchetto e la quota di riferimento opportunamente scalata unendo questi vari segmenti si ottiene il profilo del terreno che solitamente è troppo irregolare per assumerlo come base della piattaforma stradale.

Verranno tracciate delle livellette, cioè tratti di strada a pendenza costante, tenendo presente alcuni criteri già citati in precedenza:

- pendenza massima che viene fatta in funzione del tipo di veicoli che dovranno transitare sulla strada, non può mai essere superata fatta eccezione per alcuni casi in cui è consentito per un breve tratto un aumento dell' 1%;
- le livellette non devono distaccarsi eccessivamente dal profilo naturale del terreno in modo da evitare eccessivi movimenti di terra;
- evitare di cambiare pendenza in curva;
- evitare di cambiare bruscamente la pendenza tra due livellette consecutive, è consigliabile inserire tra le due uno o più tratti con pendenze intermedie;
- un tratto con pendenza positiva a cui ne segue un altro con pendenza negativa, o viceversa, deve avere una livelletta intermedia orizzontale;

- in corrispondenza di curve, soprattutto se di piccolo raggio, è opportuno diminuire la pendenza;
- in corrispondenza di ponti e viadotti le livellette devono essere orizzontali o con una pendenza limitata.

E' consigliabile comunque che la lunghezza delle livellette non sia troppo piccola poiché si avrebbe un andamento altimetrico troppo irregolare che influirebbe negativamente sul traffico.

Nella tavola vengono poi inserite le quote di progetto che vengono calcolate come segue:

$$Q = Q_L + p \cdot d$$

Dove  $Q$  è la quota del picchetto,  $Q_L$  è la quota iniziale della livelletta,  $p$  è la pendenza,  $d$  è la distanza tra l'inizio della livelletta e il picchetto.

Le distanze ettometriche sono rappresentate da una tre righe riempite a scacchiera ogni 100 m.

Nella casella rettili e curve viene tracciata una linea continua che in corrispondenza delle curve si sposta verso l'alto o verso il basso a seconda che la curva sia verso sinistra o verso destra; vengono poi riportati i dati caratteristici dei rettilinei (lunghezza) e delle curve (angolo al centro, raggio, tangente, sviluppo).

Sopra il profilo vengono riportate le caratteristiche delle livellette, cioè lunghezza e pendenza.

Dopo aver calcolato la "quota rossa", cioè la differenza fra quota del progetto e del terreno, si riporta sopra o sotto a seconda che sia positiva o negativa.

Spesso viene anche disegnata la scala grafica delle pendenze che può essere utile in fase di studio e di verifica.

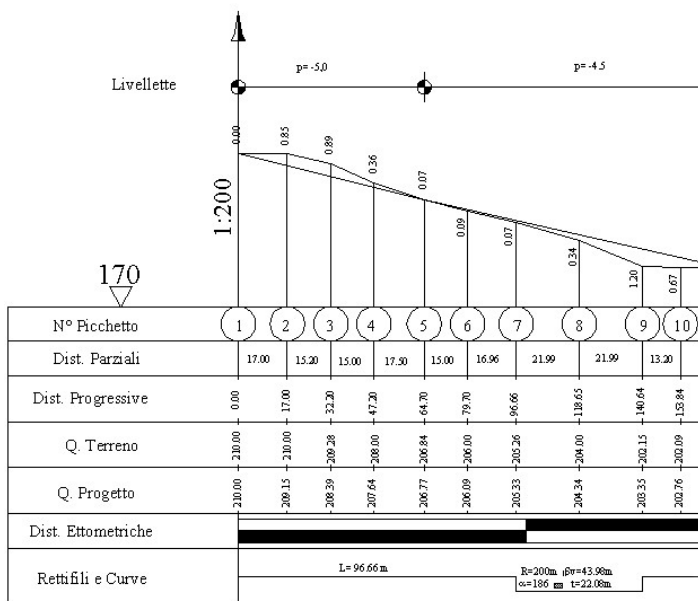


Fig.11

## 6. Sezioni Trasversali

Si ottengono immaginando di sezionare il terreno con piani perpendicolari all'asse stradale in corrispondenza dei picchetti, se si trovano in una curva questi convergono verso il centro di essa.

Le sezioni vengono numerate progressivamente come si è già visto per planimetria e sezione longitudinale e vengono disegnate in scala 1:100.

Per poter disegnare le sezioni è necessario conoscere l'andamento del terreno a monte e a valle della strada per una distanza di circa 10 m rispetto all'asse stradale, ciò può essere ottenuto mediante un rilievo del terreno o, nel caso di progetto di massima, letto su una planimetria.

Per disegnare le sezioni si assume una orizzontale di riferimento più bassa di tutte le quota della sezione, si traccia il profilo del terreno con lo stesso criterio che si è seguito per la sezione longitudinale. Sulla verticale del picchetto d'asse si riporta la quota rossa (al di sopra del terreno se positiva, al di sotto se negativa) e si traccia il segmento che rappresenta la piattaforma stradale, se a lato della sede stradale vi è scavo, bisogna prevedere la costruzione di una cunetta per lo smaltimento delle acque piovane. Vengono poi tracciate le scarpate laterali, con scarpa 3/2 per i riporti e 1/1 per gli scavi.

Se le scarpate laterali incontrano il terreno ad una distanza eccessiva, la strada dovrà essere sostenuta lateralmente da un muro di sostegno poiché troppo terreno da riportare causerebbe notevoli spese e arrecherebbe problemi di stabilità alla strada stessa.

Convenzionalmente le aree di scavo sono colorate in giallo (o tratteggiate), mentre le aree di riporto sono di colore rosso (o punteggiate).

Sezionando il terreno si possono incontrare vari casi:

- sezioni tutto in rilevato, quando la strada è completamente al di sopra del profilo del terreno (fig.12);
- sezioni tutto in scavo, quando la strada è completamente al di sotto del profilo del terreno (fig.13);
- sezioni miste o a mezza costa, quando la strada è in parte sopra e in parte sotto il profilo del terreno (fig.14).

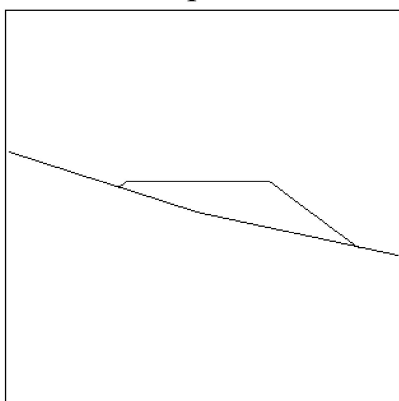


Fig.12

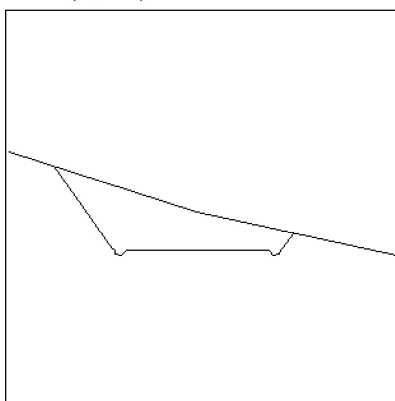


Fig.13

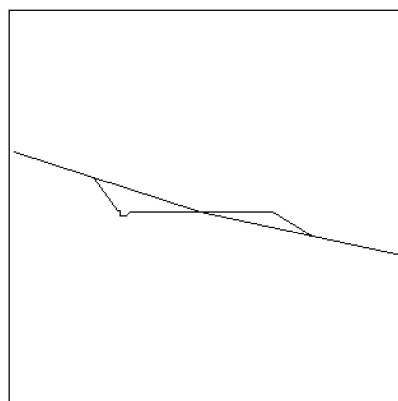


Fig.14

Si debbono anche calcolare le quote rosse in alcuni punti della sezione in modo da poter calcolare in un secondo tempo le aree di scavo e riporto, le sezioni vengono completate inserendo nel disegno:

- numero della sezione;
- quota di riferimento dell'orizzontale;
- distanze parziali;
- quote del terreno;
- quote di progetto;
- quote rosse;
- due tabelle a lato che riportino i calcoli delle aree di scavo e riporto (per il metodo di calcolo vedere il capitolo seguente).

## **7. Calcolo delle Aree**

Il calcolo delle aree nelle sezioni consiste nel determinare le aree di scavo e di riporto mediante i dati precedentemente calcolati. Esistono vari tipi di metodi:

- grafici, si trasforma una figura piana qualsiasi in un'altra con determinata base;
- meccanici, si utilizzano planimetri che permettono una notevole rapidità di calcolo ma possono causare errori notevoli;
- programmi di calcolo, mediante l'utilizzo di computer si calcolano le aree delle sezioni con estrema rapidità e precisione;
- analitici, la sezione si scompone in figure geometriche più semplici delle quali sono noti gli elementi, l'area della sezione è data dalla somma delle aree scomposte.

Il calcolo del volume di terra compreso fra due sezioni consecutive può essere effettuato considerando le loro aree totali solo quando le due sezioni considerate sono omogenee (entrambe di scavo o di riporto) o non omogenee (una tutta di scavo, l'altra tutta di riporto e viceversa). Se nelle sezioni vi sono punti di passaggio fra scavo e riporto si devono tracciare piani verticali da prolungare alla sezione che segue e che precede quella considerata. Le sezioni risultano così parzializzate.

Prima di incominciare il calcolo delle aree è necessario analizzare dapprima la sezione precedente e seguente quella in esame per verificare la necessità o meno di parzializzare. Nel calcolo delle aree non viene inclusa l'area occupata dal marciapiede. Le aree ottenute vanno inserite in due tabelle (una per lo scavo, una per il riporto) a lato della sezione che contengono i valori delle aree totali e di quelle parzializzate, ove ce ne siano.

## 8. Calcolo dei Movimenti di Terra

I movimenti di terra sono una voce rilevante sul costo complessivo di una strada, il costo è differente a seconda che si tratti di spostamenti longitudinali o trasversali. E' necessario calcolare i volumi complessivi di scavo e di riporto che si ottengono come somma dei volumi compresi fra due sezioni consecutive, ciò permetterà di quantificare gli spostamenti di terra e successivamente i costi.

Bisogna ricordare che il terreno al suo stato naturale si presenta assestato ma, dopo lo scavo, aumenta di volume (circa il 30%) e anche quando quest'ultimo viene ricompattato per l'esecuzione di un rilevato stradale, non ritorna al suo stato originario.

Esistono due metodi per calcolare i volumi dei movimenti di terra:

- analitico, mediante processi matematici (utilizzando la formula delle sezioni ragguagliate) si calcolano i volumi tra le sezioni e alla fine si sommano;
- grafici.

Il movimento di terreno può essere:

- trasversale, avviene nelle sezioni miste, la terra viene scavata e poi riportata a valle;
- longitudinale, si ha quando la terra in eccedenza in una sezione di scavo deve essere trasportata parallelamente all'asse stradale in un'altra sezione di riporto.

E' raro che si verifichi in una strada un compenso tra scavi e riporti e quindi si creano cantieri di prestito o di deposito, cioè zone con eccedenza di terra e zone dove si deve creare un rilevato.

Con il metodo grafico si dovranno redigere vari elaborati: diagramma delle aree, diagramma con i compensi trasversali, diagramma depurato, diagramma di Brückner.

### **1. Diagramma delle Aree**

E' un grafico, sull'asse delle  $x$  sono riportate le distanze progressive dei picchetti mentre sulle  $y$  sono riportate, in una opportuna scala (es.  $1\text{cm}=1\text{m}^2$ ), le aree delle sezioni. Sopra l'asse delle  $y$  vengono disegnati i riporti, mentre sotto gli scavi. Il diagramma è formato da spezzate in quanto si ritiene che fra le due sezioni successive l'area abbia una variazione lineare in funzione della distanza.

Nel disegno si potranno presentare vari casi:

- sezioni consecutive omogenee di riporto o di scavo: dopo aver riportato i picchetti sulle ascisse da essi si tracciano dei segmenti che rappresentano le aree, infine si uniscono le estremità dei segmenti (fig.15-16);



- sezioni consecutive entrambe miste con punti di passaggio alla stessa distanza dall'asse stradale: dopo aver riportato i picchetti sulle ascisse da essi si tracciano dei segmenti che rappresentano le aree uno sarà diretto verso l'alto, l'altro verso il basso; infine si uniscono le estremità dei segmenti e si verranno a creare un'area di riporto e una di scavo (fig.20);

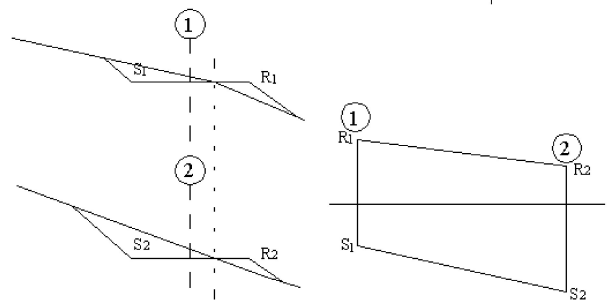


Fig.20

- sezioni consecutive entrambe miste con punti di passaggio a distanza diversa dall'asse stradale: questo caso è l'insieme dei due casi del punto 3, le sezioni verranno parzializzate in tre parti e si creeranno due triangoli sovrapposti che andranno riportati sopra e sotto (fig.21).

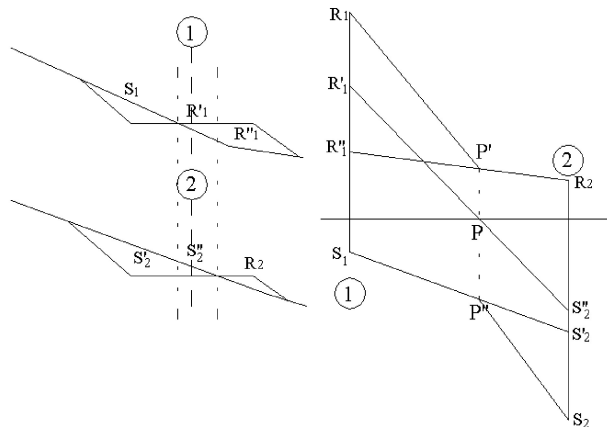


Fig.21

## 2. Diagramma delle Aree con i compensi trasversali

Dopo aver disegnato il diagramma delle aree è necessario togliere tutti quei volumi che saranno spostati trasversalmente, cioè dovrà essere effettuato un compenso trasversale. Questo si ottiene immaginando di ribaltare attorno all'orizzontale di riferimento l'area superiore di riporto e quella inferiore di riporto, le parti in comune ai due diagrammi rappresentano i compensi trasversali che andranno rappresentati mediante un tratteggio a 45°.

## 3. Diagramma delle Aree depurato

Questo successivo diagramma si ottiene eliminando i compensi trasversali, mettendo così in evidenza i compensi longitudinali, si riportano i segmenti che rappresentano la differenza tra i riporti, o gli scavi, e i compensi. Unendo i vari segmenti si otterrà il diagramma delle aree depurato.