

## Agrimensura

La parte della topografia che si occupa delle **superfici topografiche**, cioè della proiezione della superficie fisica sul piano orizzontale, è detta **agrimensura**.

La superficie topografica, a differenza della fisica, **può variare solo in funzione dei confini**. In base ad essa vengono calcolati gli indici di fabbricazione (mc/mq) e la produttività agricola (reddito agrario e dominicale).

La misura dell'area di una superficie topografica è sempre indiretta e viene calcolata attraverso metodi numerici. L'unità di misura del Sistema internazionale è il **mq** (1 mq = 1 centiara, ca), con i suoi multipli in ambito catastale: **ara** (a, 100 mq) ed **ettaro** (ha, 10.000 mq).

## Metodi numerici per il calcolo di figure poligonali piane

### 1. Scomposizione in triangoli

- a. Formula di Erone

$$A = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

- b. Formula del camminamento

$$A = \frac{1}{2}absin\alpha$$

- c. Formula generale

$$A = \frac{1}{2}bh$$

### 2. Formula di camminamento

- a. Poligono a 4 lati

$$A = \frac{1}{2}[absin\alpha + adsin\beta - bdsin(\alpha + \beta)]$$

- b. Poligono a 5 lati

$$A = \frac{1}{2}[absin\alpha + bcsin\beta + cdsin\gamma - acsin(\alpha + \beta) - bdsin(\beta + \gamma) + adsin(\alpha + \beta + \gamma)]$$

### 3. Formula di Gauss

$$A = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n i Y_i (X_{i+1} - X_{i-1})$$

### 4. Coordinate polari

$$A_{ABCD} = A_{AOB} + A_{BOC} + A_{COD} - A_{AOD}$$

## Divisione dei terreni

Il **frazionamento** è l'operazione mediante la quale una **particella originaria** viene suddivisa in due o più **particelle derivate** mediante una **dividente** (un segmento rettilineo di colore rosso).

Il frazionamento può avvenire per successione, testamento, compravendita parziale o esproprio.

Le fasi del frazionamento sono:

1. Rilievo planimetrico
2. Definizione delle quote di pertinenza e ripartizione delle aree
3. Definizione delle condizioni geometriche
4. Individuazione della posizione della dividente

L'aggiornamento catastale, il cui onere è affidato al possessore della particella, avviene mediante il **tipo frazionamento** col software **PreGeo** (pretrattamento geometrico), che elabora un file **PDF** da inviare **all'Agenzia delle Entrate** mediante piattaforma **SISTER**. Per procedere all'aggiornamento catastale bisogna:

1. Richiedere l'Estratto di Mappa (**EdM**) in formato sia testo che raster, in via telematica
2. Fare lo schema del rilievo inserendo le particelle nella rete dei **Punti Fiduciali**
3. Elaborare i dati topografici in PreGeo

Per l'elaborazione i dati vengono raggruppati nel **libretto delle misure** (10 righe, da 0 a 9, ognuna composta da campi), che viene poi sovrapposto all'EdM. Viene poi redatta, mediante **modello censuario** (costituito da righe tipo: O = originale, S = soppressa, C = costituita), la proposta di aggiornamento e successivamente inviato il file PDF all'Agenzia delle Entrate.

## Spostamento e rettifica dei confini

Per **regolarizzare** l'andamento di un confine (efficientamento delle tecniche agricole, rimozione di una servitù o sistemazione di colture), si effettuano le operazioni di rettifica o spostamento di un confine.

Tali operazioni possono essere **con compenso** (quando le particelle sono a uguale valore unitario) o **con integrazione economica** (quando le particelle hanno diverso valore unitario, ad esempio per diversa coltura, potenzialità produttiva, classificazione urbanistica ecc.) e conguaglio.

In generale, il nuovo confine deve passare per un punto oppure essere // a una direzione assegnata (**problema del trapezio**).

La risoluzione del problema consiste nello:

- Scegliere un confine provvisorio che non soddisfi il compenso, ma le condizioni geometriche
- Quantificare le aree da dividere
- Spostare il confine provvisorio

## Calcolo dei volumi

Per ogni opera civile è necessario realizzare degli **scavi** sul terreno, siano essi di piccola o grande entità. A volte è necessario invece eseguire l'operazione inversa, cioè l'apporto di materiale (**rilevati**) per eseguire opere al di sopra del piano del terreno o livellare la stessa superficie (**spianamenti**).

I costi di realizzazione di scavi e rilevati sono proporzionali ai volumi.

Per il calcolo dei volumi la superficie fisica del terreno viene rappresentata mediante **piani quotati**, i cui punti definiscono una superficie poliedrica formata da una serie di **falde triangolari**. La base inferiore è contenuta nel piano, che può essere orizzontale o inclinato.

Nel caso di opere a **sviluppo polidirezionale** (i cui spigoli e basi non sono paralleli) il volume si calcola con la formula del prisma generico a sezione triangolare.

$$V = \frac{h1 + h2 + h3}{3}$$

Nel caso di opere a **sviluppo longitudinale** si considera il generico **prismoide**, le cui basi, se pur diverse, sono parallele. Per il calcolo del volume si impone la semplificazione della **formula di Torricelli**, tale tecnica è detta “**per sezioni (ragguagliate)**”.

$$V = \frac{A1 + A2}{2} \times D$$

- Scavo a **sezione obbligata** (ristretta): profondità uguale o maggiore alla larghezza; consente di ottenere spazio per la realizzazione di fondazioni, canali, fognature e condotte.
- Scavo a **sezione aperta** (ampia), anche detti di sbancamento: estensione orizzontale predominante rispetto alla profondità.

Talvolta occorre determinare il volume dell'acqua che un bacino è capace di contenere. È necessario anzitutto determinare la quota d'invaso pieno e la sua intersezione con le sponde del bacino. Come per gli scavi edilizi, si utilizza la formula delle sezioni ragguagliate.

## Spianamenti

Per spianamento s'intende la **sistemazione superficiale** necessaria a trasformare la **superficie fisica** irregolare del terreno in una piana, orizzontale o inclinata, detta di **progetto**.

Gli spianamenti vengono realizzati per opere come parcheggi, impianti sportivi o piani di posa delle fondazioni.

Gli spianamenti possono essere:

- Con piano assegnato
- Di compenso
- Orizzontali
- Inclinati

Nei movimenti delle masse terrose si distinguono le seguenti lavorazioni:

- Asportazione della vegetazione e scorticamento (30 cm minimo)
- Scavo di sbancamento a sezione aperta

- Scavo a sezione obbligata
- Realizzazione di eventuali opere di sostegno o consolidamento delle scarpate
- Formazione dei rilevati

In tali operazioni è necessario ricorrere alle cosiddette **cave**, che possono essere:

- Di **prestito**, cioè aree dalle quali vengono prelevati i materiali per la formazione di rilevati
- Di **deposito**, cioè dove vengono portati a rifiuto i materiali in eccesso derivanti dagli scavi.

È noto che le masse terrose subiscono un **aumento di volume** come conseguenza allo scavo, secondo il coefficiente di rigonfiamento.

Lo sviluppo analitico di uno spianamento prevede le seguenti fasi:

- Posizionamento del piano di progetto
- Calcolo delle quote di progetto
- Calcolo delle quote rosse
- Definizione dei punti di passaggio
- Definizione delle linee di passaggio
- Calcolo delle superfici topografiche
- Calcolo dei volumi

## Computo dei movimenti di terra

I movimenti di terra, cioè dei volumi di sterro o riporto possono essere

- **Trasversali (paleggi)** sulle sezioni miste
- **Longitudinali** lungo l'asse stradale da sezioni di sterro a sezioni di riporto

Lo studio dei movimenti di terra può essere analitico o grafico (**diagramma dei volumi e profilo Bruckner**).

Se c'è **compenso** i movimenti di terra sono ridotti e i prezzi sono più bassi, altrimenti si ricorre a cave di prestito/deposito con costi notevoli di trasporto e scarico.

La rappresentazione grafica dei volumi di un intero tratto stradale prende il nome di diagramma delle aree. È un allegato al progetto stradale che permette di individuare i movimenti di terra sia trasversali che longitudinali. In ascisse sono riportate le distanze tra i picchetti, in ordinate le aree delle sezioni trasversali.

Sovrapponendo sterri e riporti si evidenziano le aree di paleggio (campite in azzurro). Le tavole redatte sono:

- Tavola dei **volumi**
- Tavola dei **paleggi**
- Tavola dei **volumi depurata dai paleggi**.

Il profilo di Bruckner è invece lo strumento per lo studio e la programmazione dei movimenti di terra delle masse rimanenti dopo aver eseguito i paleggi.

## Strade

Per **strada** s'intende un'area a uso pubblico destinata alla circolazione di pedoni, veicoli e animali (Codice della Strada). Essa è costituita da un manufatto collegato al terreno che permette lo sviluppo del traffico.

Il progetto stradale si articola nelle seguenti fasi:

1. **Individuazione del percorso;**
2. **Dimensionamento geometrico;**
3. **Stima dei costi.**

La strada è dovuta alla civiltà romana, che ideò una sovrastruttura simile all'odierna. La strada romana era organizzata in strati di materiale litoide le cui dimensioni diminuivano negli strati superiori. Veniva realizzato ricavando un **cassettone**, cioè un piano di posa livellato a mezzo di uno scavo del terreno, composto da:

1. **Statumen** (30-50 cm), strato inferiore di grosse pietre;
2. **Ruderatio** (10-20 cm), primo strato intermedio di ciottoli;
3. **Nucleus**, secondo strato intermedio di ciottoli di piccola pezzatura;
4. **Pavimentum**, costituito da materiale arido miscelato a sabbia e talvolta ricoperto da una pavimentazione lastricata in roccia.

Nel Medio Evo le comunità si chiusero all'interno delle proprie mura e abbandonarono le vie di comunicazione. Solo a partire dal Settecento, col rifiorire del commercio e la nascita delle industrie nacque nuovamente l'esigenza di una rete stradale.

In quegli anni, per risolvere il problema degli elevati costi, si cercò di ridurre l'entità dello scavo e lo spessore della sovrastruttura. A questo riguardo importanti furono le innovazioni di Pierre **Tresaguet** e Thomas **Telford**. Successivamente, Loudon **MacAdam**, concepì un sistema di costruzione privo di fondazione e pavimentazione, pratico ed economico. Questa soluzione (miscela di ghiaia e pietrischetto compattata da mezzi pesanti) fu innovativa, ma si rivelò incompatibile con il traffico dei veicoli ad alta velocità. Di conseguenza, si intervenne sulla sovrastruttura concependo pavimentazioni flessibili attraverso la stesura da parte di macchine vibrofinitrici di conglomerati bituminosi.

In relazione alla posizione del piano di scorrimento stradale rispetto al terreno si hanno:

- **Sezioni in rilevato o riporto;**
- **Sezioni in sterro o in scavo o in trincea;**
- **Sezioni miste o a mezza costa.**

Le aree che rappresentano gli scavi vengono campite in **giallo**, quelle che rappresentano i riporti in **rosso**.

L'inclinazione delle scarpate dipende dal materiale; in genere per le scarpate di riporto il valore è  $s=3:2$ , per quelle di sterro  $s=1:1$ .

Nel manufatto stradale si riconoscono 2 parti fondamentali:

- Il **corpo stradale**: opere in terra o calcestruzzo necessarie a sostenere la sovrastruttura;
- La **sovrastruttura**: che consente lo scorrimento del traffico e ripartisce i carichi al terreno.

A sua volta essa è composta da:

- o **Fondazione**: una successione di strati (pietrisco, materiale arido e sabbia o ghiaietto posta su teli) contenuta nel cassonetto;
- o **Pavimentazione** stradale: flessibile (asfalto) o rigida (CA). La pavimentazione flessibile è composta da:
  - **Tappeto d'usura**: la parte superiore, impermeabile;
  - **Binder**: lo strato inferiore, con ottima portata dei carichi.

Il corpo stradale è lateralmente limitato da due superfici dette scarpate, che sono raccordate alla sovrastruttura mediante:

- **Cunette**: manufatti in calcestruzzo per strade in trincea;
- **Arginelli**: elementi per strade in riporto che consentono il drenaggio dell'acqua in canali costituiti in embrici cementizi.

Se il corpo stradale assume dimensioni rilevanti è indispensabile la realizzazione di muri di sostegno (a gravità o in CA), che possono essere:

- Di **controscarpa**: elimina completamente la scarpata quando è in riporto;
- Di **sottoscarpa**: conserva parte della scarpata in riporto;
- Di **controtipa**: utilizzato nella scarpata in sterro.

Le barriere di sicurezza metalliche (**guardrail**) sono costituite da lamiera sagomata e assorbono l'energia cinetica del veicolo che le urta; le barriere "**New Jersey**", in calcestruzzo, separano le corsie.

Nei tratti in rilevato il corpo stradale ostacola il normale drenaggio delle acque, quindi si ricorre all'utilizzo di **tombini** (tubi circolari o elementi scatolari in calcestruzzo). Se è necessario mantenere il passaggio si ricorre a **sottopassaggi**.

La sede stradale si compone di:

- Aree riservate al traffico (carreggiata, corsia, banchina);
- Margini (interno, laterale, esterno);
- Fasce stradali (di pertinenza, di rispetto, di sosta laterale);
- Altri elementi (confine stradale, sede stradale piattaforma, sede di servizio, parcheggio).

La Normativa tecnica attualmente in vigore (**DM 5.11.2001**) classifica le strade in:

- A. Autostrade
- B. Strade extraurbane principali
- C. Strade extraurbane secondarie
- D. Strade urbane di scorrimento
- E. Strade urbane di quartiere
- F. Strade locali

F-bis. Itinerari ciclo-pedonali

A ciascuno dei tipi di strada sono assegnate dimensioni e criteri di progettazione che riguardano gli elementi geometrici affinché la circolazione degli utenti si svolga con sicurezza e regolarità.

Nella progettazione stradale è necessario valutare il volume e le caratteristiche del traffico, che costituiscono elementi indispensabili per il dimensionamento. Il principale indice è quello del **traffico alla trentesima ora**, che corrisponde circa al 15% del traffico giornaliero medio; sulla base di questo valore viene fissato il numero delle corsie.

La normativa assegna anche, a ogni categoria stradale, il campo dei valori della **velocità di progetto**, in base al quale vengono definite le caratteristiche geometriche degli elementi pano-altimetrici. Per velocità di progetto s'intende la velocità più alta che può essere mantenuta su un tratto stradale omogeneo a condizioni favorevoli; essa è compresa entro un limite inferiore e uno superiore.

Per il drenaggio delle acque piovane, la piattaforma stradale viene sagomata creando una **monta** centrale che genera pendenza trasversale. Il valore minimo della pendenza  $i_c$  è del 2,5%; in curva la pendenza ha anche la

funzione di migliorare il moto dei veicoli ed è inclinata verso l'interno (realizzando la sopraelevazione della curva).

Il raggio della curva dev'essere maggiore di un valore minimo, calcolato sulla base della velocità di progetto, della pendenza d'inclinazione e dal coefficiente di aderenza ruota-pavimentazione.

La carreggiata in curva dev'essere allargata per migliorare la visibilità e l'inserimento dei veicoli.

Per **distanza di visuale libera** le norme intendono la lunghezza del tratto di strada che il conducente riesce a vedere senza considerare l'influenza del traffico, delle condizioni atmosferiche e della luminosità. Si divide in distanza di visuale per l'arresto, per il sorpasso ( $5,5 \times V$ ) e per il cambio di corsia ( $2,6 \times V^9$ ).

I **percorsi ciclabili** sono composti da piste ciclabili (in sede propria, su corsia riservata o sul marciapiede) e attraversamenti.

Quando due o più strade si incontrano si realizzano le **intersezioni**, che danno origine a nodi di conflitto a tre o più vie. Esistono intersezioni:

- A raso (a livello) o a diverso livello (sfalsate).
- Rette o oblique.
- Semplici, canalizzate o allargate.

## Andamento planimetrico dell'asse stradale

Fasi di studio di un progetto stradale

La realizzazione di una nuova strada si inserisce nell'ambito della programmazione dell'assetto urbanistico di un intero territorio; pertanto, il relativo progetto è parte integrante della **pianificazione territoriale**.

Secondo il DPR 21 dicembre 1999 i 3 gradi di progettazione di un'opera stradale sono i seguenti:

1. **Progetto preliminare:** verifica la possibilità della realizzazione dell'opera sotto l'aspetto sia tecnico che economico identificandone le linee guida. Lo studio del tracciato stradale viene realizzato su carte topografiche già esistenti, anche a piccola scala. In questa fase viene redatta una prima copia della Valutazione di Impatto Ambientale.
2. **Progetto definitivo:** individua il tracciato stradale su rilievi a maggior dettaglio (carta topografica in scala 1:2000 con curve di livello a equidistanza di 1 o 2 m) e definisce tutti gli aspetti tecnici e dei costi. In questa fase vengono ottenute le autorizzazioni e viene individuato il responsabile della compilazione del Piano di Sicurezza e Coordinamento.
3. **Progetto esecutivo:** una volta approvato il progetto definitivo e individuate le fonti di finanziamento dell'opera si passa alla fase esecutiva. A questo punto l'asse stradale venne materializzato sul terreno mediante picchettamento o tracciamento; si provvede inoltre a preparare relazioni, elaborati tecnico-amministrativi ed eventuali certificati.

Studio del tracciato dell'asse stradale

L'asse di una strada è una linea che si sviluppa nello spazio, dunque non piana. È consuetudine studiare l'andamento planimetrico (tracciato orizzontale) nella planimetria, l'andamento altimetrico nel profilo longitudinale.

Per quanti riguarda il tracciato orizzontale, esso presenta numerose soluzioni possibili. Nel caso di terreni pianeggianti esso è costituito da un collegamento diretto tra due punti; nel caso di terreni collinari o montuosi

- **Di fondo valle:** il tracciato si sviluppa seguendo l'andamento della valle;
- **Di cresta:** l'elemento guida sono le linee di dislivello;
- **Di versante** (caso più frequente): si crea una linea guida spezzata detta trecciolino.

In generale, nello studio del percorso stradale si dovrà tenere conto di linee tecnologiche, canali o corsi d'acqua naturali, fabbricati preesistenti, servitù e vincoli. Nei terreni montagnosi assumono rilevante importanza anche l'esposizione e la pendenza massima.

Per **trecciolino** si intende una spezzata a uniforme pendenza che collega gli estremi della strada. La sua lunghezza  $d$  è data dal rapporto tra l'equidistanza delle curve di livello e la pendenza stessa:

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

Graficamente esso è dato dall'intersezione tra l'arco di raggio  $d$  e la curva di livello di quota  $Q + e$ . Si avranno quindi svariati modi di collegare due estremi mediante trecciolino, sta al progettista scegliere la spezzata più conveniente per poi assumerla come **tracciato orientativo di guida**. Il percorso:

- Dovrà seguire il più possibile l'andamento delle curve di livello;
- Non dovrà presentare eccessive tortuosità;
- Dovrà essere il più breve possibile.

Inoltre, le opere d'ingegneria dovranno essere limitate e si dovranno evitare terreni mal esposti o poco portanti.

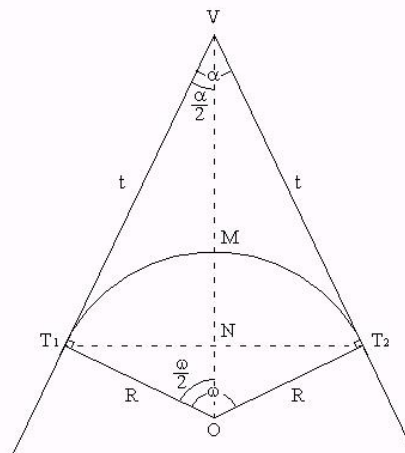
In fase successiva occorre sostituire al trecciolino un tracciato costituito da un numero minore di tratti rettilinei, che verrà poi raccordato da curve; esso prende il nome di **poligonale d'asse**. La **rettifica del trecciolino** tende a ridurre la lunghezza del percorso producendo un lieve aumento della pendenza. amministrativi ed eventuali certificati.

Andamento planimetrico del tracciato stradale

Il tracciato planimetrico è costituito da una successione di elementi geometrici tradizionali quali rettili e curve circolari.

L'elemento di partenza è la sequenza dei rettili, a cui successivamente si intercalano le curve di raccordo. Le norme prescrivono che i rettili abbiano una lunghezza minore o uguale a 22 volte la velocità massima di progetto.

$$L_R = 22 * V_{Pmax}$$



Elementi noti:	$\alpha$ = angolo al vertice dei rettili (ricavato sul terreno o misurato graficamente)	
	$R$ = raggio della curva (scelto dal progettista)	
Elementi ricavabili:	$\omega$	(angolo al centro) = $200 - \alpha$
	$t$	(tangente) = $R \cdot \tan(\omega/2)$
	arco $T_1T_2$	(sviluppo) = $R \cdot \omega \text{ rad}$
	$T_1T_2$	(corda) = $2 \cdot R \cdot \sin(\omega/2)$
	MN	(freccia) = $R \cdot (1 - \cos(\omega/2))$
	VM	(bisettrice) = $R \cdot (1 / \cos(\omega/2) - 1)$



Riassunte, le fasi per l'elaborazione della planimetria stradale sono quindi:

- Disegno del **tracciato preliminare** (trecciolini a uniforme pendenza)
- **Scelta** del trecciolo
- **Rettifica** del trecciolo e formazione della **poligonale d'asse**
- Inserimento degli **elementi di raccordo** (curve e tornanti)
- **Picchettamento** dell'asse stradale
- Inserimento della **piattaforma stradale**

Elementi di progetto dell'asse stradale

- **Velocità di progetto:**  
massima per la progettazione di tratti rettilinei e orizzontali e per la verifica delle distanze di visibilità, minima per la progettazione di curve e tratti in pendenza.
- **Larghezza della piattaforma** (corsie + banchine)
- **Pendenza:**  
longitudinale dell'asse stradale o trasversale della piattaforma (circa 2,5%)

Tipologie di elementi di raccordo

- **Monocentrici** (unico centro e raggio costante)
- **Composti** (policentrici)
- **Esterni** (tornanti), usati per: ridurre la pendenza su strade di montagna, inversione di marcia o quando il raggio della curva sarebbe inferiore al raggio minimo

Posizionamento dei picchetti:

- Inizio e fine curva
- In presenza di manufatti
- Intersezioni con altre strade
- Punti caratteristici della curva (S/4)
- Intersezioni con le curve di livello

## Andamento altimetrico dell'asse stradale

L'andamento altimetrico del tracciato stradale è costituito da una sequenza di tratti a pendenza costante (**livellette**) collegati da raccordi verticali (**sacche e dossi o valli**).

Il profilo altimetrico viene studiato mediante profilo longitudinale, che si compone di 2 distinti profili:

- **Profilo nero** (del terreno)  
È un diagramma nel quale nelle ascisse vengono riportate le distanze progressive di ciascun picchetto (con la stessa scala della planimetria), mentre nelle ordinate le quote (con scala 10 volte maggiore)
- **Profilo rosso** (di progetto)  
È una spezzata costituita da un limitato numero di tratti a pendenza costante (livellette) che viene sovrapposto al profilo nero

Il profilo rosso e il profilo nero si intersecano nei **punti di passaggio**.

Il percorso planimetrico e l'andamento altimetrico devono essere valutati contemporaneamente.

Tutte le infinite possibili livellette di compenso si intersecano nel punto di compenso C

$$X_c = D/2$$

$$Y_c = S_{pn}/D$$

## Andamento altimetrico trasversale: le sezioni

Disegnare le sezioni stradali permette di:

- Quantificare i volumi di terra
- Individuare l'area di occupazione della strada

Le sezioni trasversali si disegnano in scala 1:100/1:200 e possono essere omogenee (di sterro quindi in trincea o di riporto quindi in rilevato) o miste.

Procedimento:

- Disegno il profilo trasversale del terreno in corrispondenza del picchetto d'asse (rilevato in loco o sulla cartografia con le curve di livello)
- Riporto la quota rossa e la larghezza della piattaforma stradale

L'insieme delle sezioni trasversali è contenuto nel quaderno delle sezioni.

## Diagramma dell'area di occupazione della strada

(in scala 1:2000 per le distanze e 1:500 per la larghezza).

Serve a individuare l'area occupata dalla strada e quantificare l'area privata che dovrà essere espropriata, mediante piano particellare di esproprio (determinazione indennità).

Se il profilo da espropriare è irregolare, si fa una rettifica.

Dev'essere sempre aggiunta un'area di pertinenza/rispetto che non è espropriata, ma vincolata (da 5,00 a 30,00 m), serve per l'aggiunta di corsie, la manutenzione e le infrastrutture.