



PERCORSO ENTI LOCALI

Topografia

Introduzione

Benvenuti!

In questa video lezione parleremo della Topografia e delle fasi logiche di un rilievo topografico. In particolare vedremo:

- a cosa serve un rilievo
- cosa misurare e come misurare
- la strumentazione
- le scale di rappresentazione utilizzate
- come si procede alla elaborazione e restituzione dei dati

Bene, non ci resta che iniziare...

Cos'è la Topografia e l'evoluzione della strumentazione

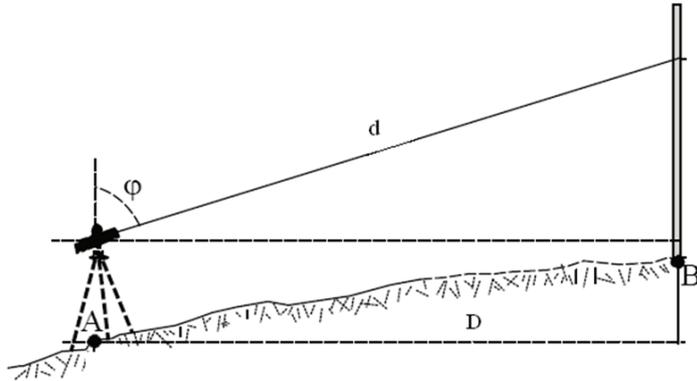
La **topografia** è la scienza che studia gli strumenti ed i metodi operativi, sia di calcolo, sia di disegno, e ha come scopo la determinazione e la rappresentazione metrica col disegno in una mappa con segni convenzionali della superficie terrestre.

Il metodo principale di misura di un rilievo topografico è la celerimensura, che consiste nel rilevare le distanze tramite strumenti ottici e una serie di operazioni matematiche, in modo da ridurre al minimo le operazioni manuali sul terreno. In pratica, assunta una base di posizionamento (detta Stazione), si procede alla rilevazione dei tre valori fondamentali di qualsiasi secondo punto del territorio e cioè:

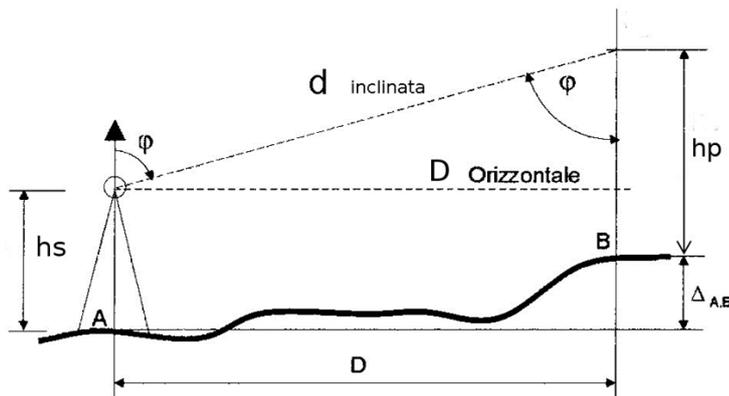
- 1) la distanza in linea d'aria (dalla stazione al punto battuto)
- 2) l'angolo orizzontale
- 3) e l'angolo zenitale

Oltre alla determinazione della quota altimetrica data dall'altezza strumentale (Stazione) e l'altezza del punto di collimazione del punto rilevato mediante il prisma o la stadia.

Distanza orizzontale: $d \cdot \sin \varphi$



Dislivello: $d \cdot \cos \varphi + h_s - h_p$



La precisione che la topografia ha raggiunto nel corso dei secoli è connessa agli sviluppi del calcolo e della tecnica. La trigonometria, il calcolo logaritmico da una parte e l'avanzamento tecnologico della strumentazione dall'altra, hanno continuato ad apportare migliorie nell'intero processo di acquisizione e calcolo. Negli ultimi anni l'introduzione del calcolatore e l'utilizzo dei principi elettromagnetici hanno permesso ulteriori innovazioni. Tutte queste migliorie hanno contribuito a modificare la topografia degli inizi e la relativa metodologia, rendendola anche complessa in alcuni aspetti.

Resta comunque assodato che la topografia si configura come uno strumento valido per la conoscenza del patrimonio urbano e architettonico, dotato di un'alta accessibilità e sempre con la prerogativa di affidabilità e precisione nelle misurazioni.

I Rilievi topografici

Parliamo ora dei rilievi topografici e cerchiamo di capire esattamente cosa sono e a cosa servono.

Per rilievo architettonico (geometrico-topografico) intendiamo le misure effettuate ai fini d'acquisizione di dati per la rappresentazione grafica di edifici, parti di edifici ed ambiente che li circonda.

Gli obiettivi di questo processo possono essere diversi, dal reperimento di dati per la progettazione (sezioni, profili, calcolo di volumi di sgombero-riporto) alla pura rappresentazione degli oggetti rilevati.

Quando parliamo di rilievo ci riferiamo anche alle procedure operative in ufficio e sul terreno, le tecnologie, la strumentazione ed i calcoli impiegati per uno svolgimento del lavoro conforme alle regole dell'arte.

Naturalmente, prima di procedere, è essenziale comprendere esattamente le esigenze del committente e conoscere l'uso a cui è destinato il nostro rilievo. Infatti, una volta saputo a cosa serve il rilievo si può procedere con le seguenti operazioni, decidendo:

- cosa va misurato
- in che scala rappresentare il rilievo
- quali dettagli misurare
- con quale precisione misurare
- quale strumentazione utilizzare

Strumenti del topografo e Terminologia

Parlando di **rilievo topografico e strumenti**, ce ne sono sicuramente una lunga serie da conoscere e da utilizzare nel corso del lavoro. Tra i principali:

- Bastone per squadro agrimensorio, Treppiede a perno, Treppiede a gambe intere e rientrabili, Treppiede a testa sferica e Treppiede centrante
- Bastone telescopico
- Piombino ottico
- Livella sferica e Livella torica per misurare le differenze di quota

Nella misurazione geometrica e topografica le nozioni teoriche ed i termini tecnici sono molti. I termini sono ovviamente correlati a particolari concetti propedeutici all'attività, tra questi:

- Cartografia e GIS (carte, mappe, piani, dati numerici, ecc.)
- Elementi di geodetica e geodesia
- Calcoli matematici per ottenere coordinate di punti da valori misurati (Azimut, Hz, Vz, distanze, trigonometria, ecc.), punto lanciato, punti di collegamento K, stazione libera, poligonale, compensazione
- Trasformazioni tra sistemi di riferimento
- Teodolite per misurare gli angoli azimutali e zenitali
- Stazione Totale (modelli di strumentazione come TC, TCR, accessori vari per le misure, ecc.), GPS, GNSS, Laser Scanner, fotogrammetria, livellazione, pentaprisma
- Distanziometro elettronico per la misura diretta delle distanze

Proseguendo nella lezione, analizzeremo nel dettaglio i più importanti...

Strumenti semplici

Ora passiamo ad illustrare gli strumenti richiesti per un rilievo topografico, con l'ausilio della strumentazione innanzi evidenziata, in funzione della precisione richiesta per l'impiego consequenziale (progettazione di opere, definizione di confini, monitoraggio di strutture, ecc.). Il livello di precisione particolareggiata è richiesta in funzione del dettaglio cartografico richiesto dal committente.

Gli strumenti semplici, usati in tutti i tipi di rilevazione, sono:

- Paline
- Cordella metrica
- Filo a piombo
- Squadro
- Livella

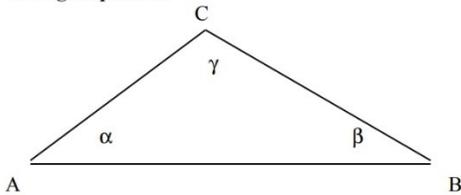
Metodo: Agrimensura

Gli strumenti utilizzati per l'Agrimensura sono il nastro metallico, le paline e lo squadro. La Formula utilizzata, invece, è il calcolo del trapezio.

Metodo: Trilaterazione

Gli strumenti utilizzati per la Trilaterazione sono il nastro metallico e le paline. La Formula utilizzata è quella di Erone.

Triangoli qualsiasi



Ripassare il teorema dei seni

$$\frac{AB}{\text{sen}\gamma} = \frac{AC}{\text{sen}\beta} = \frac{CB}{\text{sen}\alpha} \quad \text{dal quale si ottengono 3 formule distinte}$$

con le quali dati 3 elementi conosciuti di un triangolo è possibile calcolare un elemento incognito.

$$\frac{AB}{\text{sen}\gamma} = \frac{AC}{\text{sen}\beta} \longrightarrow \text{formula inversa (esempio)} \quad \text{sen}\beta = \frac{AC * \text{sen}\gamma}{AB} \quad \text{calcolo } \beta$$

$$\frac{AC}{\text{sen}\beta} = \frac{CB}{\text{sen}\alpha} \longrightarrow \text{formula inversa (esempio)} \quad CB = \frac{AC * \text{sen}\alpha}{\text{sen}\beta}$$

$$\frac{AB}{\text{sen}\gamma} = \frac{CB}{\text{sen}\alpha} \longrightarrow \text{formula inversa (esempio)} \quad AB = \frac{CB * \text{sen}\gamma}{\text{sen}\alpha}$$

Livello automatico

Il Livello automatico è uno strumento topografico per la misura "precisa" di dislivelli. Il piano di mira:

- è reso orizzontale in modo automatico
- resta stabile
- è facile e veloce da stazionare

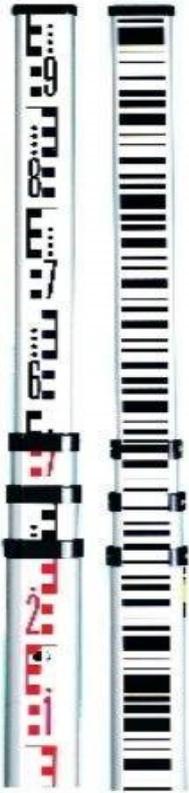
Per procedere con le misurazioni servono una o due stadia che possono essere:

- sia di tipo ottico (in questo caso la lettura alla stadia viene letta da un operatore)
- sia di tipo digitale (la lettura alla stadia viene letta digitalmente dallo strumento e registrata)

Altrimenti si può procedere con la rilevazione tramite GPS o GNSS, ma in questo caso si restituiscono le coordinate e non si misurano direzioni e distanze. Non serve la visibilità dei punti da misurare, ma serve una visuale libera del cielo per potersi collegare alle misure satellitari. È poi indispensabile ricorrere all'uso di un software per l'elaborazione dei dati.

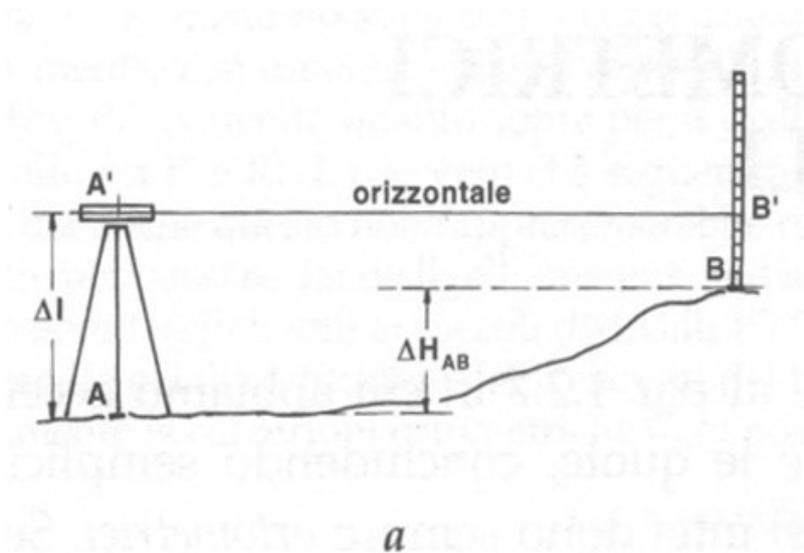
Le precisioni tipiche sono di:

- 1-2 cm per le planimetrie
- e 2-4 cm (solitamente doppio della planimetria) per le altimetrie



STADIA Classica ottica l'operatore legge la misura
Codice a barre digitale lo strumento legge la misura

Livello automatico: Metodo di livellazione semplice da un estremo



$$QB = QA + hS - LB$$

ma hS non posso misurarla con precisione

- angoli orizzontali
- angoli verticali
- distanze oblique

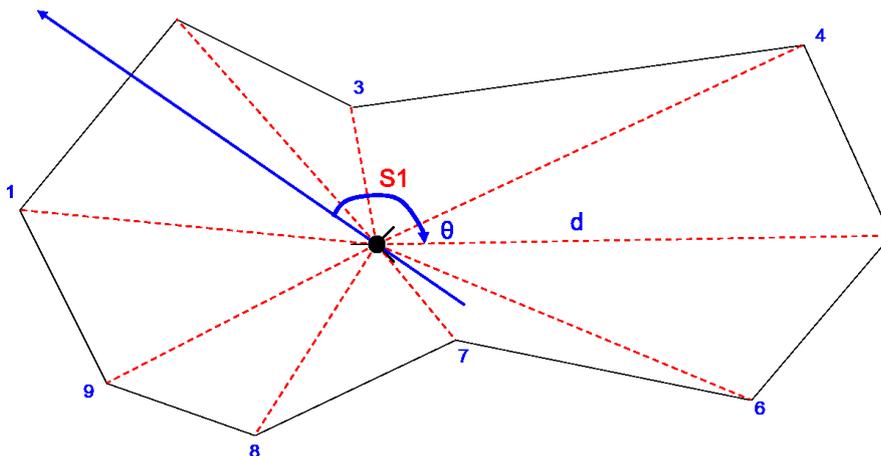
La misura può essere effettuata con o senza un prisma riflettente, cioè un oggetto a specchio (specchi sagomati a spigolo di cubo) in grado di riflettere il raggio laser del distanziometro integrato. La precisione della rilevazione è sub-centimetrica (teorica). L'elaborazione dei dati è piuttosto semplice.

Le Precisioni tipiche di questo tipo di rilievo vanno:

- da 1'' (0,3 mgon) a 5'' (1,5 mgon) per la misura degli angoli
- da 1mm +2ppm a 5mm +3ppm (ppm = parti per milione) per la misura delle distanze

I valori nominali sono ottenuti in laboratorio e non sono ottenibili con rilievi pratici.

La stazione totale viene posizionata in un punto (definito Stazione) e il topografo misura le posizioni di altri punti collimandoli con il cannocchiale (guardando dentro il cannocchiale dello strumento si inquadra il punto da battere e si registra la misura).

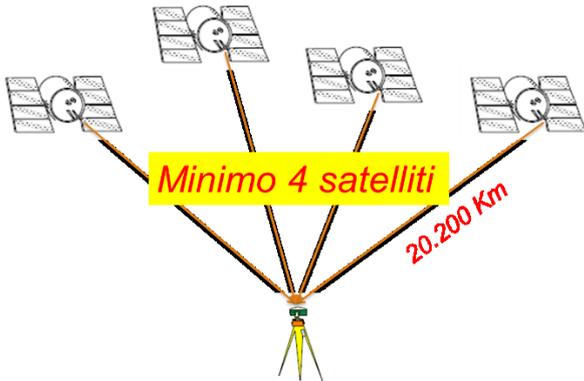


I rilievi effettuati mediante la stazione totale prendono il nome (come abbiamo detto) di rilievi celerimetrici (da celerimensura) e forniscono informazioni plano-altimetriche.

GPS (Global Positioning System)

Il GPS è uno strumento piuttosto noto, non solo tra gli addetti ai lavori. Nel caso del rilievo topografico, è più corretto parlare di GNSS (Global Navigation Satellite System). Questo sistema consente di conoscere la posizione spaziale di punti terrestri, navali o aerei, grazie a costellazioni di satelliti artificiali in orbita attorno alla Terra. In pratica, il GNSS:

- restituisce coordinate e non misura direzioni e distanze
- non serve la visibilità tra i punti
- è indispensabile un software per la restituzione



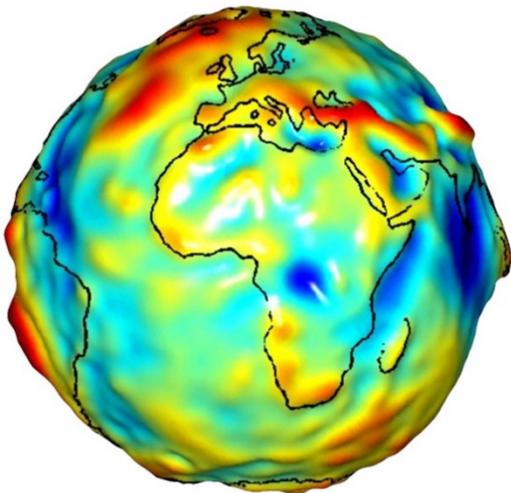
In pratica:

- Conoscendo una distanza da un satellite ci posizioniamo su una sfera intorno al satellite
- Conoscendo due distanze da due satelliti ci posizioniamo su una intersezione fra due sfere
- Conoscendo tre distanze da tre satelliti ci posizioniamo su due punti
- Conoscendo quattro distanze da quattro satelliti ci posizioniamo su un punto (la quarta distanza decide fra i 2 punti)

I Sistemi di riferimento del GPS possono essere:

- Sistema cartesiano geocentrico fisso rispetto alla terra (globale ed unico per tutta la terra)
- Associato ad un ellissoide geocentrico
- denominato WGS84 (World Geodetic System 1984)

il GPS restituisce coordinate assolute riferite ad un ellissoide e quindi anche le quote sono riferite all'ellissoide WGS84 (quote ellissoidiche). Nella topografia tradizionale le quote sono sempre riferite al geode corrispondenti a quelle sul livello medio del mare (quote ortometriche).



Sistema di riferimento del GPS: piccole estensioni

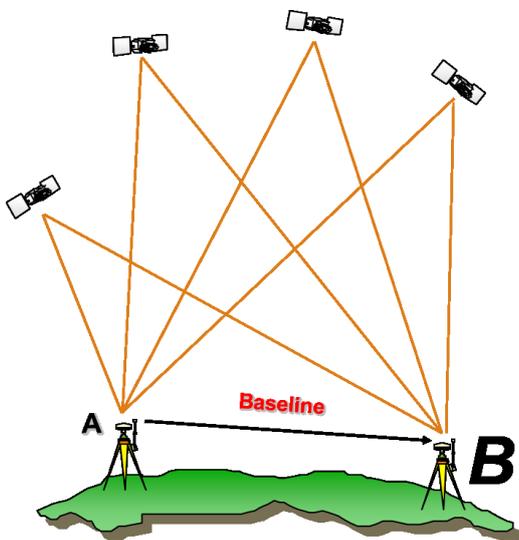
Le coordinate di un rilievo di piccole dimensioni eseguito con il GPS vanno proiettate su un piano (piano euleriano) e i dislivelli ellissoidici possono essere ritenuti abbastanza simili ai dislivelli geoidici. L'estensione del rilievo dipende dallo scostamento del geode nella zona del rilievo.

Sistema di riferimento del GPS: grandi estensioni

Le coordinate di un rilievo di grandi estensioni eseguito con il GPS possono essere proiettate su un piano (piano euleriano) o 'trasformate' su altri sistemi geodetici con parametri di trasformazione noti. Le quote devono essere calcolate conoscendo lo scostamento geoidico (ondulazione).

Correzione differenziale del GPS

Per ridurre o annullare gli errori delle misurazioni prese col GPS si può procedere attraverso una Correzione differenziale. In pratica si procede al tracciamento degli stessi satelliti, nello stesso momento, da due postazioni GPS diverse la cui distanza tra le basi è nota.



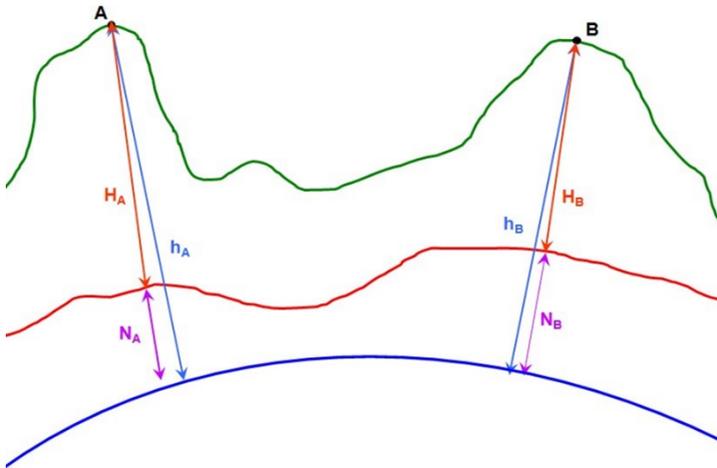
Altimetria: quote con il GPS

In generale, i rilievi eseguiti con il GPS in piccole estensioni sono semplicemente proiettabili su un piano. Per la componente altimetrica (quote) bisogna, invece, fare sempre molta attenzione alla dimensione dell'area rilevata ed alle precisioni richieste (prima di garantire un dato è bene studiare o consultare un esperto).

In topografia l'altimetria è sempre riferita ad un piano di riferimento (l.m.m. – zero di cantiere – asse strada fronte lotto). E' necessario, dunque, che vi siano una serie di punti che materializzano il sistema e delle misure che ne determinano le coordinate, in quanto un sistema di riferimento senza punti noti e materializzati non è utilizzabile in topografia.

In topografia è utilizzabile quando ci sono:

- un sistema di coordinate (2d – alt – 3d)
- un piano di riferimento associato
- una rete di punti che materializzano il sistema
- delle misure che determinano le coordinate dei punti in quel sistema
- un rilievo d'inquadramento, questi punti devono essere stabili nel tempo e rintracciabili facilmente (monografie)



Laser Scanner

Strumenti come il Laser Scanner e LIDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) sono utili per misurare la posizione di un punto, calcolando il tempo che passa tra l'emissione di un raggio laser, l'urto sull'oggetto da rilevare e il rientro, dopo il rimbalzo, al punto di partenza.

Il funzionamento del laser scanner prevede la rotazione dello strumento sul suo asse verticale e su quello orizzontale, riuscendo ad emettere (e leggere) un enorme numero di punti (da centinaia a migliaia) al secondo, la cosiddetta "nuvola di punti".

Basta posizionarlo in un punto, schiacciare un pulsante e avviare la scansione che rileva tutto quello che riesce a vedere. Se ci sono zone che non sono visibili dalla prima stazione ci si sposta in una seconda e si avvia una nuova scansione.

Elaborazione dei dati

Tutti i dati di campagna dopo la loro rilevazione devono essere elaborati ed i rilievi, eseguiti con vari metodi, devono convergere in un unico sistema di riferimento. Oggi tutte le elaborazioni si eseguono con software dedicati.

La verifica delle elaborazioni è fondamentale e per poterlo fare bisogna sempre disporre di dati "sovrabbondanti". Inoltre, bisogna sempre conoscere il risultato atteso di un calcolo e verificare che sia rispettato.

Restituzione cartografica

La restituzione cartografica dei dati rilevati è l'unica cosa che vedono i committenti del nostro lavoro. Viene eseguita con software dedicati e può essere:

- grafica (planimetrie – sezioni – profili – curve di livello)
- oppure numerica (tabelle di dati utilizzabili da altri software per progettazione)

La Planimetria-Piano quotato non è altro che il disegno bidimensionale che rappresenta una porzione del terreno rilevato con i suoi particolari (in funzione della scala e del dettaglio):

- il dettaglio planimetrico minimo prevede un rapporto in scala 1/50 e viene rappresentato almeno un punto ogni 2 cm.
- il dettaglio planimetrico massimo prevede un rapporto in scala 1/500 e viene rappresentato massimo un punto ogni 2 mm.
- il dettaglio altimetrico (differenza di quota fra punti) prevede un rapporto in scala 1/500

Le curve di livello sono linee che uniscono punti aventi la stessa quota e derivano tipicamente dal rilievo di un piano quotato. Servono a rappresentare graficamente l'altimetria in una superficie piana (foglio). Per determinarle bisogna misurare:

- cambi di pendenza (discontinuità)
- testa e piede di muri e scarpate
- linee notevoli (compluvi – displuvi)
- fabbricati e manufatti esistenti
- rete di punti idoneamente distribuiti che identificano l'andamento del terreno

Si ottengono con la:

- definizione dell'area da rappresentare
- selezione dei punti di quota valida
- definizioni isole (fabbricati – manufatti)
- definizione linee di discontinuità
- costruzione triangoli di massima pendenza
- costruzione linee di livello e approssimazione a curve

I profili:

- rappresentano la linea d'intersezione fra la superficie rilevata ed il piano verticale passante sulla direttrice del profilo
- possono essere rilevati direttamente in campagna o ricavati dal modello matematico del rilievo

Le sezioni:

- rappresentano la linea d'intersezione fra la superficie rilevata ed un piano verticale tipicamente ortogonale al profilo
- possono essere rilevati direttamente in campagna o ricavati dal modello matematico del rilievo

Cosa bisogna misurare:

- vertici della linea di sezione
- cambi di pendenza lungo la sezione
- punti lungo la sezione che identificano l'andamento del terreno
- punti particolari utili al progetto (ciglio strada – ciglio fosso, ecc.)

Conclusioni

Bene, con questo siamo giunti alla fine anche di questa video lezione.

Vi ricordo che abbiamo parlato della Topografia e delle diverse fasi che la caratterizzano.

In particolare abbiamo visto:

- a cosa serve un rilievo
- cosa misurare e come misurare
- la strumentazione
- le scale di rappresentazione utilizzate



- come si procede alla elaborazione e restituzione dei dati

Grazie dell'attenzione e buono studio!