

2. - PRECISIONE DI UNA LIVELLAZIONE

2. 1 - Generalità

Tenuto conto dei diversi errori teorici prevedibili, le livellazioni, come tutte le misure umane, sono inevitabilmente inficiate da altri piccoli errori d'ordine strumentale ed operativo.

Sotto molti punti di vista, per certe applicazioni pratiche, ricerche scientifiche, ecc. è di notevole importanza conoscere l'entità di tali errori, cioè a dire la valutazione della precisione di una livellazione.

La determinazione della precisione di un metodo di livellazione è un problema di grande difficoltà ed ad esso i geodeti hanno rivolto e rivolgono un notevole interessamento. La difficoltà maggiore del problema risiede nell'impossibilità di applicare ad esso le formule dedotte in base alla teoria di Gauss, poiché gli errori delle livellazioni non obbediscono alle leggi sulla probabilità degli errori accidentali.

Nella 17ª Conferenza dell'Associazione Geodetica Internazionale tenuta ad Amburgo il 25 settembre 1912 furono adottate per il calcolo degli errori formule proposte da C. Lallemand.

Queste definivano la classe di una livellazione mediante due categorie di errori probabili per chilometro:

accidentale (η) e sistematico (σ).

Gli errori probabili accidentali e sistematici in un dislivello fra due caposaldi distanti L km dovevano rispettivamente essere in millimetri:

$$\eta\sqrt{L} \text{ e } \sigma L$$

Queste formule furono utilizzate fino a che, nella 6ª Assemblea dell'A.G.I., riunita nel 1936 ad Edimburgo, nella 4ª Sessione plenaria, fu stabilito di adottare un nuovo metodo per valutare la precisione di una livellazione, metodo proposto da J. Vignal.

Secondo questo metodo la precisione rimane fissata da un unico numero τ , chiamato *errore probabile totale* per chilometro, tale che l'errore probabile di un dislivello fra due caposaldi consecutivi distanti L chilometri fosse in millimetri.

$$\tau\sqrt{L}$$

e ciò quando L era maggiore ad un certo limite Z di cui si tratterà più avanti.

Pertanto in corrispondenza agli errori accidentali e sistematici proposti da Lallemand, furono definiti due errori η e ξ rappresentanti gli errori probabili per chilometro.

L'errore probabile, dovuto al primo, è $\eta\sqrt{L}$ qualunque sia la distanza L e quello dovuto al secondo, è $\xi\sqrt{L}$ quando L supera il limite Z; nel caso che L sia inferiore a Z il coefficiente di proporzionalità di \sqrt{L} varia dal valore ξ a zero, per L decrescente da Z a zero.

La differenza di questo metodo rispetto a quello del Lallemand risiede sulla definizione degli errori sistematici ξ che secondo il Lallemand risultano proporzionali a L e secondo il Vignal (per $L > Z$) proporzionali a \sqrt{L} .

Alcune delle formule stabilite nel 1936 subirono nel 1939, in occasione della Assemblea Generale dell'A.G.I. a Washington, qualche lieve modifica ed infine nella Assemblea di Oslo nel 1948 l'A.G.I., nella seduta del 26 agosto, approvò ed adottò le nuove risoluzioni internazionali che di seguito si riassumono.

2. 2 - Risoluzioni internazionali relative alle livellazioni di precisione

A) Valutazione della precisione di un metodo di livellazione.

I - Errori accidentali e sistematici

Le livellazioni sono affette da due categorie di errori, detti accidentali e sistematici, indipendenti gli uni dagli altri e presentanti i caratteri seguenti:

Errori accidentali. - Essi sono dovuti a delle cause agenti indipendentemente su tutte le operazioni di livellazione successive. Essi obbediscono alla legge di Gauss. Essi sono caratterizzati da un coefficiente η , detto errore probabile accidentale per chilometro, tale che l'errore probabile accidentale su una distanza qualunque L sia $\eta \sqrt{L}$.

Errori sistematici. - Essi sono dovuti a delle cause agenti in maniera analoga su operazioni di livellazione successive o vicine. Essi non obbediscono alla legge di Gauss. Il loro effetto però diviene accidentale su delle distanze L superiori ad un certo limite Z dell'ordine di qualche decina di chilometri. Essi sono caratterizzati da un coefficiente ξ , detto valore probabile accidentale limite per chilometro dell'errore sistematico, tale che l'errore probabile sistematico su una distanza $L \geq Z$ sia $\xi \sqrt{L}$.

Su una distanza $L < Z$ l'errore probabile sistematico è $\xi_L \sqrt{L}$, dove il fattore ξ_L cresce da 0 a ξ quando L cresce da 0 a Z .

II - Errore totale

Ciò premesso, l'influenza combinata di questi errori è caratterizzata da un coefficiente unico τ , detto valore probabile accidentale per chilometro dell'errore totale o errore probabile totale limite per chilometro, tale che l'errore probabile totale su una distanza $L \geq Z$ sia $\tau \sqrt{L}$, ove $\tau^2 = \eta^2 + \xi^2$.

Su una distanza $L < Z$ l'errore probabile totale è $\tau_L \sqrt{L}$, ove il fattore τ_L cresce da η a τ quando L cresce da 0 a Z ($\tau_L^2 = \eta^2 + \xi_L^2$).

III - Definizione delle livellazioni di alta precisione e precisione

Per definizione, un metodo di livellazione è classificato internazionalmente come segue, secondo il valore del coefficiente τ , errore probabile totale limite per chilometro, calcolato mediante opportune formule:

— Livellazione di alta precisione: $\tau \leq 2$ mm.

— Livellazione di precisione: $2 \text{ mm} < \tau \leq 6$ mm.

B) Consigli per l'esecuzione delle livellazioni di alta precisione

I presenti consigli non si applicano alle portate eccezionali, che possono necessitare per superare ostacoli come fiumi, ecc.

I - Strumenti

— *Livelli.* - L'ingrandimento del cannocchiale deve essere almeno 25 volte e raggiungere, se è possibile, 30, 40; d'altra parte in vista di assicurare una chiarezza conveniente, l'anello oculare deve avere almeno 1,5 millimetri di diametro.

Il raggio di curvatura della livella sarà mantenuto tra 40 e 100 metri, limite di già eccessivo, da non superarsi per osservazioni da effettuare in piena aria, come quelle di cui si tratta.

Alle più alte temperature, ove il lavoro è possibile, la lunghezza della bolla non dovrà mai discendere al disotto di 25 mm; delle bolle più corte non avrebbero una mobilità sufficiente.

— *Stadie.* - Nel caso in cui il livello non è munito di un dispositivo sopprime la stima a vista, cioè quando si fa per conseguenza la stima delle frazioni delle divisioni, la più piccola divisione delle stadie deve essere in rapporto con la lunghezza abituale delle portate τ tanto più piccola quanto più corte sono le portate

abituati. Così per delle operazioni in terreno accidentato, ove le portate non superano in genere in media 20-25 metri, la più piccola divisione delle stadie deve essere ridotta a 2 mm. Essa però non dovrà mai superare 1 cm.

Le divisioni saranno tracciate, finché è possibile su delle aste di invar.

In caso contrario, al fine di osservare ogni giorno sul terreno stesso, la variazione di lunghezza del legno delle stadie e tenerne conto nei calcoli, occorrerebbe servirsi di stadie a compensazione, dove un'asta unica in invar, potrebbe rimpiazzare al bisogno, il regolo bimetallico (ferro-ottone) lungo l'anima della stadia (modello del Colonnello Goulier).

Per assicurare la loro verticalità al momento delle letture, le stadie devono essere munite di livelle sferiche di 0,2-0,5 metri di raggio di curvatura. Per mantenere più facilmente le stadie immobili nella posizione verticale, è necessario munirle di impugnatura o meglio di due puntali.

II - Metodi di operazione e di calcolo

Operazioni sul terreno:

- 1) Ogni linea sarà livellata due volte, il più possibile in condizioni indipendenti e specialmente in date differenti o in ore differenti nella giornata.
- 2) Si impiegheranno simultaneamente due stadie.
- 3) Le portate non devono essere troppo lunghe. L'errore da temere per la rifrazione e per le ondùlazioni cresce già più velocemente che le portate. Ci si regolerà secondo le circostanze atmosferiche in modo che questo errore resti compatibile con la definizione di livellazione di alta precisione.
- 4) In ogni stazione il livello sarà piazzato sensibilmente a eguali distanze dalle due stadie.
- 5) Bisogna evitare di fare sui primi decimetri inferiori della stadia la lettura da utilizzare nel calcolo delle differenze di livello.
- 6) Le operazioni saranno condotte in modo da ridurre il più possibile la influenza delle cause che possono dar luogo ad errori sistematici.

Calcoli:

- 1) I calcoli si effettueranno sempre in doppio e quando è possibile con metodi differenti.
- 2) Le differenze di livello ottenute, tra l'andata ed il ritorno, saranno comparate tra loro almeno tra caposaldo e caposaldo.

L'intervallo di comparazione sarà scelto assai piccolo, per permettere in ogni caso un buon controllo della precisione. Bisognerà ripetere, a titolo di verifica, le parti di linea per le quali la comparazione metterà in evidenza delle discordanze superiori alle tolleranze sotto riportate. Siano η e τ i coefficienti caratteristiche degli errori accidentali e totali, in millimetri per chilometro, calcolati per delle livellazioni eseguite con lo stesso metodo che le livellazioni in esame. La discordanza non deve sorpassare in millimetri i valori seguenti, le distanze essendo espresse in chilometri:

per una discordanza R dell'ordine del chilometro:

$$\rho = 6 \div 8 \eta \sqrt{R};$$

per una distanza L di almeno qualche decina di chilometri:

$$\lambda = 6 \div 8 \tau \sqrt{L};$$

per una distanza L intermedia, occorre sostituire nelle formule soprariportate il coefficiente τ con un fattore τ_L intermedio tra η e τ e crescente con L.

Finalmente bisognerà assicurarsi che l'errore probabile totale limite per chilometro τ , calcolato per l'insieme della rete, non superi il limite che permette di classificare il metodo eseguito nella categoria delle livellazioni di alta

precisione.

Compensazione:

- 1) Per il calcolo definitivo delle altitudini dei caposaldi si effettueranno le correzioni destinate a tener conto del difetto di non parallelismo delle superfici di livello;
- 2) nella compensazione degli errori di una rete, si terrà conto dell'errore probabile da temere su ciascuna sezione, risultante degli errori di ogni categoria;
- 3) oltre alle altitudini dei loro caposaldi, fornite al pubblico per i bisogni relativi, si avrebbe interesse, dal punto di vista scientifico, a che gli Stati pubblicino le altitudini dei caposaldi principali e specialmente di quelli ai quali sono riferite delle osservazioni mareometriche, in un sistema ove la compensazione sia fatta in un modo razionale, tenendo conto unicamente delle operazioni di livellazione e scegliendo a priori l'altezza di un solo punto fisso.

Quanto alla determinazione delle altitudini ufficiali destinate al proprio pubblico, ciascuno Stato è libero di compensare la sua rete secondo le circostanze locali e seguendo il metodo più comodo, e in particolare è libero di fissare con zero (o in prossimità di zero) i livelli medi del mare determinati in più punti.

3. - DUPLICE CATEGORIA DEGLI ERRORI CHE AFFETTANO LE LIVELLAZIONI

3. 1 - Errori accidentali e sistematici

Riassunte le norme internazionali è opportuno qui fissare ulteriormente la attenzione sugli errori e sulla loro classificazione.

Come è stato accennato le livellazioni sono affette da due categorie di errori ben distinti detti accidentali e sistematici che si suppongono indipendenti gli uni dagli altri.

I - *Errori accidentali.* - Essi sono caratterizzati da un coefficiente costante η , detto errore probabile accidentale per chilometro, tale che l'errore probabile accidentale su la distanza L sia $\eta \sqrt{L}$. La costanza di questo coefficiente η , quando varia la distanza L , manifesta la natura puramente accidentale degli errori corrispondenti.

II - *Errori sistematici.* - Essi sono caratterizzati da un coefficiente variabile (la non costanza mette in evidenza il carattere non puramente accidentale) ξ_L , detto valore probabile accidentale per chilometro dell'errore sistematico sulla distanza L , crescente con L , dopo zero per $L = 0$, tale che l'errore probabile sistematico sulla distanza L sia $\xi_L \sqrt{L}$. Questo coefficiente ha per limite, quando $L \geq Z$ il valore ξ , detto valore probabile accidentale limite per chilometro dell'errore sistematico, tale che l'errore probabile sistematico su una distanza $L \geq Z$ sia $\xi \sqrt{L}$.

La costanza di ξ mostra che per $L \geq Z$, gli errori sistematici si comportano come puramente accidentali.

III - *Errore totale.* - Insieme, questi errori creano su una distanza L un errore totale, avente per valore probabile $\tau \sqrt{L}$. Questo errore totale è caratterizzato da un coefficiente variabile τ_L , detto valore probabile accidentale per chilometro dell'errore totale sulla distanza L , crescente con L , dopo η per $L = 0$, tale che l'errore probabile sulla distanza L sia $\tau_L \sqrt{L}$. Questo coefficiente ha per limite, per $L \geq Z$, il valore τ detto valore probabile accidentale limite per chilometro dell'errore totale, o anche errore probabile totale limite per chilometro, tale che l'errore probabile totale su una distanza $L \geq Z$ sia $\tau \sqrt{L}$. La costanza di τ mostra che per $L \geq Z$, l'errore totale si comporta come puramente accidentale.

Accade dunque che gli errori accidentali e sistematici si sommano in un modo indipendente gli uni dagli altri, e su una lunghezza L si ha:

$$(\tau_L \sqrt{L})^2 = (\eta \sqrt{L})^2 + (\xi_L \sqrt{L})^2$$

da cui

$$\tau_L^2 = \eta^2 + \xi_L^2$$

e per $L \geq Z$:

$$\tau^2 = \eta^2 + \xi^2$$

3. 2 - Coefficienti caratteristici della precisione di una livellazione

Premesso quanto sopra, la precisione di una livellazione può essere caratterizzata numericamente dai seguenti coefficienti:

I - Coefficienti principali

τ , detto valore probabile accidentale limite per chilometro dell'errore totale, o errore probabile totale limite per chilometro. Su delle grandi distanze L (superiori a Z) questo solo coefficiente è sufficiente a caratterizzare la precisione della livellazione: l'errore probabile totale è $\tau \sqrt{L}$;

η , detto errore probabile accidentale per chilometro;

ξ , detto valore probabile accidentale limite per chilometro dell'errore sistematico.

II - Coefficienti accessori

Z , distanza limite al di là della quale gli errori sistematici si comportano come puramente accidentali (praticamente qualche decina di chilometri);

σ_0 , radice quadrata della pendenza all'origine della curva che rappresenta τ_L in funzione di L ; questo valore σ_0 viene chiamato errore probabile sistematico per chilometro a corta distanza. Per l'andamento di questa curva, si pone talvolta:

$$\sigma_0^2 = K \frac{\xi^2}{Z} \quad \text{con } K = 2 \div 3$$

3. 3 - Precisione delle livellazioni moderne

Per delle misure moderne, molto curate, il coefficiente η caratteristico degli errori accidentali, ha potuto essere abbassato fino a 1/3 o 1/4 di millimetro per chilometro. Il coefficiente ξ , caratteristico degli errori sistematici, non ha potuto essere ridotto a questo punto, su delle livellazioni estese, malgrado i progressi realizzati.

Per quanto sopra nelle migliori condizioni, il coefficiente globale τ caratteristico dell'errore totale, proviene soprattutto dal coefficiente ξ cioè a dire che la principale imperfezione delle livellazioni moderne è causata dagli errori sistematici.

4. - CARATTERE DEGLI ERRORI SISTEMATICI

I - Carattere puramente accidentale a grande distanza

Per delle distanze $L \geq Z$, la costanza del coefficiente ξ prova, come si è già detto, il comportamento puramente accidentale degli errori sistematici.

II - Proporzionalità dell'errore probabile sistematico con la distanza, a breve distanza

Su la distanza L , l'errore probabile sistematico è $\xi_L \sqrt{L}$. Consideriamo il suo quoziente rispetto alla distanza, detto errore probabile sistematico per chilometro sulla distanza L . Si ha:

$$\sigma_L = \frac{1}{L} \xi_L \sqrt{L} = \frac{\xi_L}{\sqrt{L}} = \sqrt{\frac{\xi_L^2}{L}}$$

Su delle brevi distanze, secondo l'aspetto della curva, σ_L varia poco con L, cosa che dimostra la proporzionalità sopra detta. Il coefficiente di proporzionalità è il valore all'origine di σ_L , cioè a dire il coefficiente considerato più avanti σ_0 , detto errore probabile sistematico per chilometro a corta distanza.

III - Andamento del diagramma delle discordanze cumulate

Le due caratteristiche precedenti dell'errore sistematico trovano una chiara conferma nell'andamento del diagramma figurativo delle discordanze cumulate tra i risultati di due livellazioni componenti sufficientemente indipendenti. Il modo di costruzione di questo classico diagramma, fig. 2, è il seguente:

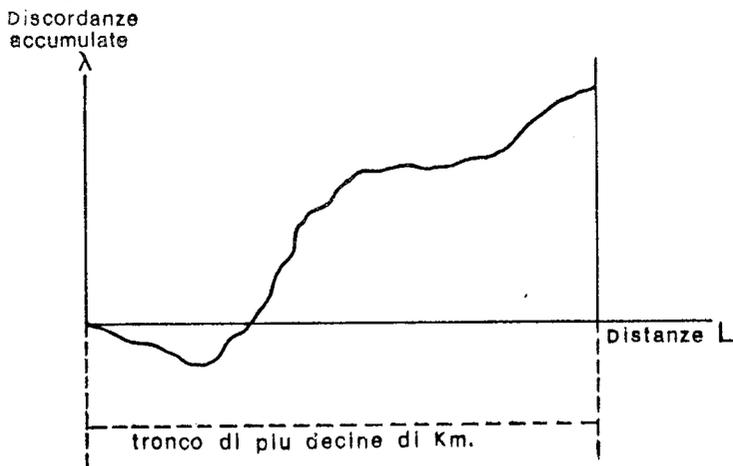


Fig. 2

per un tronco qualunque (ma continuo sul terreno) si portano in ascisse le distanze L dei caposaldi a partire dall'origine del tronco e in ordinate le discordanze λ delle due livellazioni componenti, cumulate dopo l'origine.

Se gli errori e per conseguenza le discordanze, obbedissero alla legge di Gauss su gli errori puramente accidentali, la curva ottenuta oscillerebbe irregolarmente intorno all'asse delle ascisse. Essa cambierebbe di pendenza a caso nell'intervallo tra un caposaldo e l'altro, comunque siano lunghi questi intervalli, sovente di un chilometro o più piccoli.

Ora, in generale, la curva prende, su delle lunghezze dell'ordine di qualche decina di chilometri, un'andatura sistematica assai marcata che manifesta l'esistenza di errori non puramente accidentali. Su delle grandi distanze gli elementi di curva ascendenti e discendenti si ripartiscono naturalmente a caso, poiché il senso di ciascuna livellazione componente varia a caso su una grande zona, in rapporto al senso adottato lungo un tronco.

Si constata d'altra parte che la lunghezza sulla quale persiste l'andamento sistematico dei diagrammi delle discordanze cumulate è dello stesso ordine di Z al di là del quale gli errori sistematici si comportano come puramente accidentali.

5. - CAUSE DEGLI ERRORI SISTEMATICI

I - Errori legati al senso di marcia

Si manifestano immediatamente le tre caratteristiche precedenti degli errori sistematici, quando essi si attribuiscono a degli errori legati al senso di marcia.

La quantità chilometrica di questi errori varia lentamente e anche molto irregolarmente, con il tempo, ma cambia poco per una serie di livellazioni consecutive.

Effettivamente i numerosi sforzi esercitati lungo un secolo per l'eliminazione degli errori legati al senso di marcia, hanno ridotto considerevolmente il valore primitivo del coefficiente ξ , caratteristico degli errori sistematici (valore probabile accidentale limite per chilometro dell'errore sistematico). In Francia, in virtù dei progressi realizzati dal Lallemand rispetto a Bourdaloué, questo coefficiente è passato da circa 8 a 1,4 mm per chilometro.

Sembra che oggi si possano considerare come eliminati nelle livellazioni moderne gli errori legati al senso di marcia e ciò per le minuziose precauzioni prese contro essi, in particolare per la inversione periodica su dei corti tratti del senso di ciascuna livellazione componente.

Però, come si è già detto, le livellazioni moderne risultano affette da errori sistematici residui, che costituiscono la loro principale imperfezione.

II - *Oscillazioni stagionali del suolo*

Quali possono essere dunque le cause di questi errori sistematici residui nelle livellazioni moderne? Si potrebbero giustificare le tre caratteristiche sopra citate ammettendo la esistenza di oscillazioni lente del suolo, attorno ad una posizione media, paragonandola ad una specie di respirazione.

E' stato stabilito di chiamare questi movimenti, oscillazioni stagionali del suolo.

Queste oscillazioni del suolo, ancora ipotetiche, differiscono nettamente e si sovrappongono ai movimenti lenti, da tempo noti, dovuti alle seguenti cause:

- a) oscillazione diurna della verticale, d'origine astronomica, dovuta alle attrazioni del Sole e della Luna, accompagnata senza dubbio sovente da una oscillazione diurna del suolo di origine termica;
- b) movimenti secolari del suolo, innalzamenti o affossamenti, continui o semi-continui che si manifestano in certe regioni in conseguenza di movimenti geologici.

1) *Grandezza delle oscillazioni stagionali ipotetiche del suolo*

Per rendersi conto quantitativamente degli errori sistematici residui da spiegare, occorre ammettere per le oscillazioni stagionali ipotetiche quanto segue:

Le ondulazioni, zone grosso modo animate da uno stesso movimento di insieme, sarebbero dell'ordine di qualche decina di chilometri, cioè a dire della distanza Z al di là della quale gli errori sistematici si comportano come puramente accidentali.

L'ampiezza verticale probabile delle oscillazioni sarebbe dell'ordine del mezzo centimetro. Infatti, prendendo, per fissare le idee, $\xi = 1$ mm e $Z = 25$ km si ha $\xi \sqrt{Z} = 5$ mm. Per conseguenza l'ampiezza angolare probabile delle oscillazioni sarebbe dell'ordine del decimo di secondo centesimale ($5 \text{ mm}/25 \text{ km} = 1/5 \cdot 10^6$).

Infine la durata delle oscillazioni sarebbe motivata in rapporto al tempo di esecuzione di una livellazione lunga Z , e cioè di almeno alcune settimane o qualche mese; perciò a queste oscillazioni si attribuisce la qualifica di stagionali. Potrebbe accadere però che queste oscillazioni piccolissime fossero dovute ad un solo fenomeno stagionale di origine termica.

2) *Studio metodico delle oscillazioni stagionali del suolo*

Un problema geodetico di grande interesse consiste nello studio metodico dell'esistenza eventuale e delle proprietà delle oscillazioni stagionali ipotetiche del suolo. Ciò può essere fatto reiterando periodicamente, in varie località, dei corti tratti di una decina di chilometri di livellazione molto curata e rapida, disposti in croce.

3) Eliminazione degli errori sistematici legati alle oscillazioni stagionali del suolo

Se gli errori sistematici residui delle livellazioni moderne provengono da tali oscillazioni lente del suolo (astrazione fatta dai movimenti secolari che danno luogo ad un altro problema) essi possono essere eliminati quasi completamente a mezzo del seguente metodo di condotta delle misure, metodo della livellazione frazionata.

La rete da livellare viene divisa in intervalli molto corti, di qualche chilometro al massimo, che possono essere per esempio gli intervalli tra caposaldi consecutivi. Il programma di misura viene fatto in modo che degli intervalli contigui o vicini, distanti almeno 20 o 30 km, siano livellati in tempi successivi differenti di qualche settimana o qualche mese. Nessuna modifica viene apportata agli strumenti e alla buona tecnica operativa in uso nelle buone livellazioni moderne.

Operando come sopra detto, l'influenza delle oscillazioni stagionali del suolo verrebbe resa puramente accidentale sugli intervalli Z' molto corti scelti. Si vede facilmente che in prima approssimazione, il coefficiente caratteristico ξ degli errori sistematici diminuirebbe proporzionalmente a $\sqrt{Z'}$ perché l'ampiezza angolare probabile delle oscillazioni ha per valore $\xi \frac{\sqrt{Z'}}{Z'} = \frac{\xi}{\sqrt{Z'}}$; esso sarebbe

ridotto quindi nel rapporto $\sqrt{\frac{Z'}{Z}}$ e potrebbe dunque, e ciò pare possibile, essere

reso 4 o 5 volte minore. Per conseguenza, tenuto conto dell'importanza comparata degli errori accidentali e sistematici, vi è ragione di sperare di triplicare la precisione globale realizzata oggi.

6. - SUPERFICIE DI RIFERIMENTO DELLE ALTITUDINI

6. 1 - Movimenti e livello medio del mare

Per la livellazione è di grande importanza conoscere l'orizzonte fondamentale a cui debbono essere riferite le altitudini. Nella generalità dei Paesi, viene oggi scelta, come superficie di riferimento per il calcolo delle altitudini, quella che pressappoco coincide con il livello medio del mare.

Il mare è soggetto a molti movimenti periodici e non periodici di cui molti noti ed altri no.

Movimenti periodici, molto complessi, sono dovuti alle azioni del Sole, della Luna e della gravità terrestre combinata con la rotazione del nostro stesso globo.

Il più conosciuto fra questi movimenti è la marea giornaliera o onda-semi-diurna. Questo movimento è la risultante della sovrapposizione di un'onda solare e di un'onda lunare. Le ampiezze di queste due onde stanno nel rapporto di 2 a 5, mentre i periodi sono quasi eguali e cioè di 12^h di tempo medio per l'onda solare e 12^h26^m per l'onda lunare.

La marea giornaliera dissimula un'onda semi-mensile, molto più piccola, dovuta alle variazioni della declinazione lunare durante la rivoluzione di questo astro, in 28 giorni, attorno alla Terra. L'onda semi-mensile è comprensiva poi di un'onda semi-annuale più piccola ancora, dovuta al cambiamento della latitudine del Sole con le stagioni.

Questi movimenti sono poi soggetti a delle modifiche in periodi molto lunghi, a causa delle lente varie azioni degli elementi delle orbite lunari e terrestri.

A questi movimenti, che si possono considerare dovuti a cause regolari, se ne aggiungono molti altri dovuti a cause irregolari, fra questi ultimi movimenti sono da considerare in modo particolare i seguenti:

a) le oscillazioni più o meno irregolari prodotte dall'azione del vento o dall'in-

fluenza diretta della pressione atmosferica;

- b) i grandi movimenti di correnti, noti sotto il nome di correnti marine, provocati, sia dai moti generali dell'atmosfera come i venti, sia dalle differenze di temperatura e di salinità dell'acqua tra le diverse regioni del globo ed in particolare tra il polo e l'equatore;
- c) le resistenze perturbatrici dovute alla configurazione delle coste in relazione alla propagazione delle diverse onde.

La risultante di tutti questi movimenti, espressa in funzione del tempo, può essere raffigurata con un diagramma molto simile a quello sotto rappresentato (fig. 3).

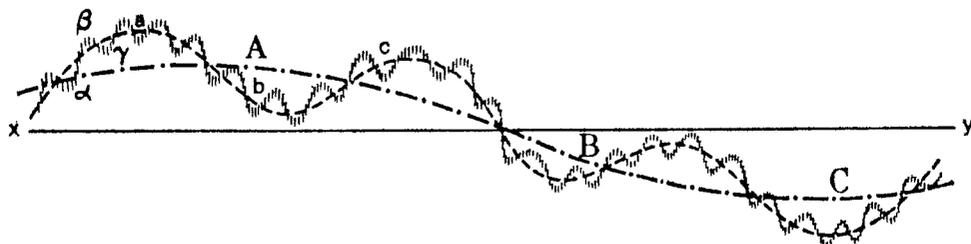


Fig. 3

Nel diagramma la sinusoide A B C rappresenta l'oscillazione semi-annuale; le sinusoidi più corte a b c, l'onda semi-mensile; le sinusoidi ancora più corte α , β , γ , la marea semidiurna ed infine i piccoli denti di queste ultime curve rappresentano l'effetto del moto ondoso.

Tenendo presenti tutti i sopraddetti movimenti, viene definito come livello medio del mare, in un punto dato e per un determinato periodo, il livello corrispondente alla media delle altezze dell'acqua, in rapporto ad un punto fisso, misurate in ogni istante del periodo considerato.

Per avere un livello non affetto dalle perturbazioni periodiche, occorre che le osservazioni si prolunghino fino alla durata del massimo periodo che è di circa 93 anni. Generalmente ci si limita a periodi di 18 anni per le osservazioni di una certa precisione, e per i bisogni pratici, ad osservazioni della durata di qualche anno.

6. 2 - Scelta del caposaldo fondamentale di riferimento

Malgrado le incertezze di cui è affetta, la determinazione del livello medio del mare ha un grande interesse, tanto che l'A.G.I. ha da molto tempo raccomandato di determinare il livello medio nel maggior numero possibile di punti opportunamente scelti sulle coste; punti poi da collegare con le livellazioni terrestri.

Viene così stabilita una specie di livellazione litoranea dei mari che può portare alla risoluzione di alcuni importanti problemi:

- a) Dopo un certo numero di anni, si conosceranno le altezze relative dei differenti mari, o di diverse parti di uno stesso oceano, le une in rapporto alle altre e se ne potranno dedurre delle utili indicazioni sulla direzione e la velocità delle correnti marine, risultato di grande interesse per la meteorologia, la navigazione ed i lavori marittimi;
- b) la variazione, in ogni parte, del livello medio del mare in funzione del tempo, metterà in evidenza i movimenti relativi del suolo e delle acque nell'andare del tempo, problema di importanza fondamentale per la geologia;
- c) la conoscenza del livello medio del mare lungo le coste darà il mezzo di fissare la superficie di riferimento alla quale devono essere riportate tutte le operazioni

geodetiche e in particolare le livellazioni terrestri e marittime. Questa superficie rappresenterà la vera figura media della Terra.

Quest'ultimo problema è di grande importanza per la livellazione in quanto serve alla determinazione dell'orizzonte fondamentale a cui debbono essere riferite le altitudini.

Questo orizzonte non può essere evidentemente che una superficie di livello e per effetto della grande preponderanza, nel nostro pianeta, degli oceani sulle terre, questa superficie, che sarà la superficie di livello zero, dovrà naturalmente scartare il meno possibile dalla superficie media dei mari.

Una volta determinata, occorre materializzare la superficie di comparazione; si potrebbe per questo pensare di riferirsi al livello medio del mare preso in un punto ove questo livello varia minimamente con il tempo e dove il terreno, in conseguenza, sembra geologicamente il più stabile, tuttavia anche trascurando il movimento del suolo, per il solo effetto delle onde a lungo periodo, la quota del livello medio subirebbe delle variazioni in relazione alla durata stessa delle osservazioni mediante le quali è stata determinata.

Per questo è preferibile, e l'A.G.I. lo consiglia, riferirsi per le altitudini ad una superficie di livello passante per un solo punto fisso materializzato a terra, in un luogo geologicamente soddisfacente, la cui quota sia determinata in relazione al livello medio del mare più probabile e più prossimo.

Questo punto viene chiamato « Caposaldo fondamentale » e come si è detto deve essere posto in un luogo geologicamente soddisfacente e a una profondità tale che non risenta delle dilatazioni o contrazioni provocate sugli strati superficiali del terreno dalle variazioni di temperatura o di umidità.

La superficie così definita rappresenta il *massimo praticamente realizzabile di stabilità* senza peraltro costituire una base immutabile e definitiva. Infatti il nostro pianeta è sottoposto a lente trasformazioni che cambiano poco a poco il rapporto delle altezze tra suolo e mare. A misura che la Terra si raffredda, la scorza solida si affossa e nello stesso tempo i mari vedono aumentare le loro acque man mano che avviene la condensazione progressiva dell'acqua contenuta allo stato di vapore nell'atmosfera, o per lo sciogliersi delle grandi masse ghiacciate, o vedono anche diminuire le loro acque per effetto dell'acqua assorbita dalle infiltrazioni o dalla imbibizione di roccia solida e raffreddata.

Non è neppure da trascurarsi la contrazione di volume dovuta al raffreddamento graduale degli oceani. Inoltre le superfici di livello subiscono delle oscillazioni periodiche analoghe a quelle delle acque del mare e per le stesse cause.

Di queste variazioni, le prime sono lentissime e le seconde non esercitano influssi apprezzabili sui risultati e pertanto la superficie di livello, scelta nel modo sopraddetto, rimane, nonostante tutto, la sola base possibile per la comparazione delle operazioni geodetiche.

7. - LE LINEE DI LIVELLAZIONE E LA LORO STABILIZZAZIONE

Una successione di speciali contrassegni, intervallati generalmente fra loro di un chilometro, ed ubicati lungo un itinerario prestabilito, costituiscono quello che va sotto il nome di linea di livellazione.

7. 1 - I caposaldi e la loro struttura

I contrassegni sopra citati prendono il nome di caposaldi. La stabilità e la permanenza nel terreno di essi è fondamentale e pertanto ogni precauzione e cura deve essere presa a questo riguardo.

I caposaldi possono essere di forma più o meno varia per corrispondere agli scopi prefissi e alla strumentazione da adoperare.

Per le livellazioni italiane di alta precisione e precisione che costituiscono la

rete fondamentale dello Stato si procede come segue:

E' stato previsto l'impiego di due tipi di caposaldi:

- a) caposaldi orizzontali stabilizzati in sede propria e costituiti da contrassegni a tronco di cono in porcellana compressa, fabbricati in due altezze, portanti sulla superficie superiore un ringrosso semisferico vetrato. Nella parte inferiore il tronco di cono è sventrato ed ha alcune scanalature (circolari e lungo le generatrici) al fine di facilitare la sua adesione al manufatto;
- b) caposaldi verticali stabilizzati in manufatti esistenti e costituiti da una mensola in ghisa portante una superficie sferica.

Secondo le loro caratteristiche geodetiche, i caposaldi orizzontali sono divisi in 4 categorie:

I categoria: caposaldi nodali, nei vertici di più linee;

II categoria: caposaldi fondamentali, uno ogni 25 km di linea;

III categoria: caposaldi principali, 2 ogni 5 km di linea;

IV categoria: caposaldi di linea, uno ogni chilometro.

I caposaldi di I categoria limitano l'inizio e la fine di una linea di alta precisione; in questa categoria rientrano anche gli estremi delle linee di alta precisione che collegano i mareografi con la rete e le linee di collegamento con le reti degli Stati finitimi.

Questi caposaldi sono doppi e ciascuno è costituito da un pilastro in calcestruzzo interrato portante due contrassegni di cui il più alto difeso da un apposito chiusino in ghisa. I due pilastri vengono opportunamente distanziati l'uno dall'altro di 20-30 metri circa.

Il chiusino in ghisa, fornito di chiusura a chiave, porta sulla superficie un ringrosso sferico di cui viene determinata l'altitudine con la precisione sufficiente per i normali lavori di ingegneria (± 1 mm).

I caposaldi della II categoria sono quelli che limitano in una linea le sezioni e vengono posti ogni 25 km. Sono costituiti da due pilastri come quelli della prima categoria posti ad opportuna distanza, 20-30 metri, ed anche in questi il contrassegno più alto è protetto dal medesimo chiusino in ghisa.

I caposaldi della III categoria limitano le tratte minime e sono costituiti da un pilastro portante un contrassegno in porcellana difeso da un chiusino in ghisa. Essi sono sempre in numero di due, posti l'uno dopo l'altro, alla distanza di circa 1 km. Ogni coppia dista dalla coppia successiva circa 5 km.

I caposaldi della IV categoria, nelle tratte, frazionano il lavoro giornaliero. Sono costituiti semplicemente da un pilastro interrato portante il contrassegno in porcellana.

Recentemente il caposaldo di IV categoria, ovunque possibile, viene sostituito da un bullone torico da cementarsi in edifici, rocce, manufatti, ecc.

I caposaldi verticali non hanno categoria in quanto vengono impiegati come controllo degli orizzontali o come raffittimento della linea. Di norma vengono posti ad un'altezza di 2-2,50 m dal suolo, in edifici situati in prossimità dei caposaldi della I, II e III categoria ed in quegli altri edifici di importanza caratteristica che si possono incontrare lungo la linea stessa.

Questi caposaldi, rispetto agli antichi, presentano il vantaggio di eliminare il passaggio delle misure attraverso una coppia meccanica (vite-chiocciola) per il fatto che il nastro metrico veniva fissato con una vite al forellino posto al centro dell'antico caposaldo.

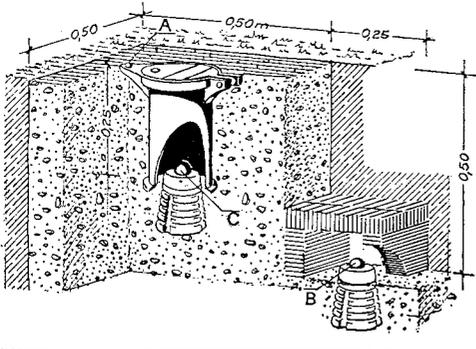
Con il nuovo tipo, a mensola, l'altitudine è riferita alla sommità del ringrosso sferico e la sua misura viene fatta con una apposita stadietta a sospensione.

Per la scelta della località è prescritto che la condizione della stabilità emergesse sopra ogni altra considerazione, in quanto l'inamovibilità dei caposaldi è il requisito fondamentale di una livellazione.

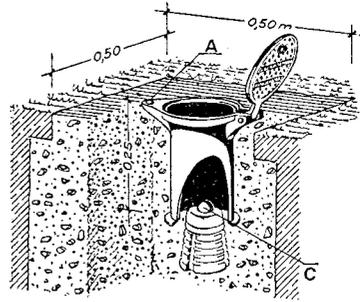
In particolare è prescritto che i caposaldi di I, II e III categoria, siano collocati

Contrassegni orizzontali (Cso)

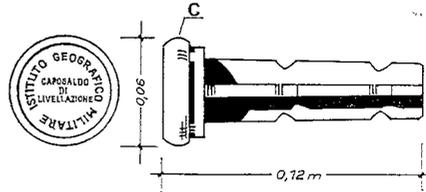
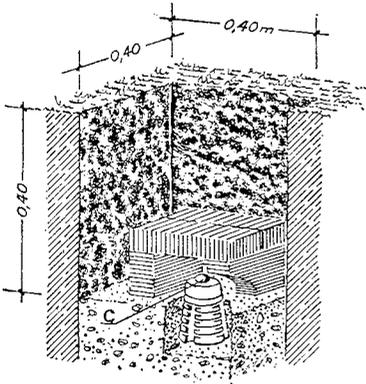
I e II categoria



III categoria



IV categoria



Contrassegno verticale (Csv)

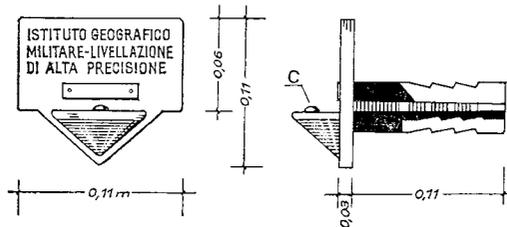


Fig.4

al di fuori della sede della strada, lungo la quale si svolge la linea.

E' prescritto anche che la stabilizzazione di tutti i caposaldi preceda di un anno o come minimo 6 mesi, ivi compresa la stagione invernale, le operazioni di misura, al fine di eliminare gli eventuali spostamenti dovuti all'assestamento del terreno.

Nella figura 4 sono indicate schematicamente le stabilizzazioni sopra dette. Prima della stabilizzazione si procede ad una ricognizione che viene fatta con i seguenti criteri:

1. - Scelta dei caposaldi nodali.
2. - Suddivisione della linea in tronchi più vicino possibile a 25 km (è preferibile qualche chilometro in più che in meno) e conseguente scelta dei fondamentali. I tronchi potranno differire tra loro di 1 o 2 chilometri.
3. - Ripartizione e scelta dei caposaldi principali entro i fondamentali.
4. - Scelta dei caposaldi di linea. I caposaldi di linea che sono in numero di 3 tra caposaldi principali, potranno *in casi eccezionali*, essere portati a quattro o due. Per caso eccezionale deve intendersi la necessità di collegamento con i fondamentali quando la distanza di questi ultimi non sia un multiplo di tratte normali e la assoluta inadattabilità delle località per i principali, dovuta a terreni franosi o di riporto. Dapprima si procederà allo studio accurato sulla carta di quanto sopra, giovandosi delle antiche linee, indi si passerà alla ricognizione sul terreno contrassegnando (con vernice, gesso, ecc.) le località scelte, e naturalmente apportando tutti quei miglioramenti di posizione che in sito saranno consigliabili.

8. - OPERAZIONI DI MISURA

Sempre riferendosi alla livellazione di alta precisione si ha:

8. 1 - Metodo generale di livellazione e norme di frazionamento

a) *Generalità del metodo.* - Il metodo adottato è quello delle visuali orizzontali e la misura viene fatta su caposaldi costruiti precedentemente. Nell'esecuzione delle stazioni si effettua sempre una doppia determinazione di dislivello. Ogni intervallo (tra caposaldo e caposaldo) viene livellato in andata e ritorno seguendo il metodo della livellazione frazionata.

Questo metodo consiste nel suddividere la linea in tratte (tra caposaldi principali e caposaldi principali) in modo che intervalli contigui o vicini, distanti tra loro di 10 o 20 chilometri, siano misurati in tempi differenti di qualche settimana o qualche mese. Per lunghezza normale delle tratte si ritiene ottima quella di 15 chilometri.

b) *Modalità di frazionamento e vincoli degli elementi da livellare in andata e ritorno.* - Tutta la linea viene divisa in tratte e le modalità operative sono quelle sotto riportate.

Prendiamo in esame una linea lunga 76 km o una sezione di pari lunghezza in cui si può suddividere la linea stessa. Settantasei chilometri rappresentano la lunghezza tipica minima che permette ad uno stesso operatore di procedere alla misura con gli intervalli prestabiliti.

A partire dal nodale A si misurano:

- | | | |
|----|---|---|
| I | } | 1° sedici elementi in andata; |
| | | 2° quindici elementi in ritorno, saltando un elemento, l'ultimo misurato in andata. Quest'ultimo viene quindi lasciato senza effettuare il ritorno; |
| II | } | 3° quindici elementi in andata, dopo aver saltato quindici elementi seguenti la tratta della prima misura in andata; |
| | | 4° quindici elementi in ritorno a partire dal penultimo tratto misurato in andata lasciando così un elemento solo misurato in andata ed un elemento solo misurato in ritorno; |

- III } $\left\{ \begin{array}{l} 5^\circ \text{ quindici elementi in andata dopo aver saltato quindici elementi seguenti} \\ \text{alla tratta della seconda misura in andata;} \\ 6^\circ \text{ sedici elementi in ritorno a partire dall'ultimo elemento misurato in} \\ \text{andata con l'operazione } 5^\circ; \end{array} \right.$
- IV } $\left\{ \begin{array}{l} 7^\circ \text{ quindici elementi in andata tra la tratta 1 e la tratta 3;} \\ 8^\circ \text{ quindici elementi in ritorno saltati tra la tratta 1 e la tratta 3.} \end{array} \right.$

Procedendo in tal modo viene misurata poi la tratta

- V } $\left\{ \begin{array}{l} 9^\circ \\ 10^\circ \end{array} \right.$

Se comparando il livello 15-16 in andata con il 16-15 in ritorno, il 31-30 del ritorno con il 30-31 dell'andata e così via, si hanno risultati che rientrano in tolleranza, le loro medie rappresentano i valori di trasporto; in caso contrario occorre ripetere le misure al fine di ottenere valori concordanti che possono servire di unione tra due tronchi successivi.

La misura in andata ed in ritorno viene generalmente affidata ad uno stesso operatore, al quale pure viene affidata una intera linea.

8. 2 - Livellazione doppia

La linea viene livellata, per ogni elemento, in andata e in ritorno dallo stesso operatore e con gli stessi strumenti.

Le operazioni di misura devono essere sempre completate tra caposaldi. Se per una qualche causa si debba interrompere il lavoro si rimisurerà interamente il tratto fra i caposaldi.

La livellazione fra caposaldi si condurrà in modo che se l'andata è stata effettuata nel mattino il ritorno venga effettuato nel pomeriggio e viceversa. In particolare, per uniformità, si prescrive che per ogni tratto tutta l'andata o il ritorno debbano essere misurate rispettivamente o di solo mattino o di solo pomeriggio; nella tratta successiva, se l'andata nella tratta precedente, è stata misurata di mattino verrà misurata di pomeriggio e analogamente ci si comporterà per il ritorno. Riferendosi all'esempio prima citato, se si hanno nelle tratte I, II, III le andate misurate nel mattino e i ritorni nel pomeriggio, nelle tratte IV e V si avranno le andate misurate nel pomeriggio e i ritorni nel mattino.

8. 3 - Misure ripetute e criteri per la ripetizione delle osservazioni

Tutte le misure di livellazione debbono effettuarsi due volte e nel modo più indipendente possibile, mancando di valore una differenza di livello che non tenga conto di questa caratteristica.

Le operazioni di misura devono essere interrotte ogni qualvolta le condizioni atmosferiche non consentano di rimanere nei limiti di tolleranza fissati.

Se, pur essendo rimasti in tolleranza per quanto concerne l'esecuzione delle stazioni, si trovano tra caposaldi successivi, tra andata e ritorno, differenze superiori a quelle stabilite, occorre ripetere le misure e per prima si ripeterà la misura in andata e in ritorno che si può arguire che sia affetta da errore. Se non esiste nessuna causa che possa lasciare supporre a priori quale misura sia errata, se ne ripeterà una. Il risultato di questa misura indicherà quale delle misure è errata e che pertanto dovrà scartarsi. Anzi se nell'annullare una misura il senso della ripetizione è contrario a quello accettabile si ripete il tratto in andata e in ritorno.

Si deve curare che le condizioni in cui si effettua la rimisura siano le stesse della misura primitiva, vale a dire di mattino o di sera secondo il caso.

La rimisura di un elemento deve effettuarsi subito appena l'operatore comprende mediante il suo calcolo che esso è fuori tolleranza.

Agli effetti del calcolo quando si dispone di tre misure in luogo di due (due in andata e una in ritorno o due in ritorno e una in andata) si medierà il primo valore ottenuto dalla misura ripetuta con il valore corrispondente della misura in senso contrario.

8. 4 - Tolleranza fra cs consecutivi e fra estremità di tratte o sezioni

La discordanza tra due livellazioni andata e ritorno di r km di lunghezza non deve superare i valori sotto riportati.

$$\rho_{\text{max}} \text{ mm} = \pm 2,5 \sqrt{r_{\text{km}}} \text{ mm per le livellazioni di alta precisione;}$$

$$\rho_{\text{max}} \text{ mm} = \pm 5 \sqrt{r_{\text{km}}} \text{ mm per le livellazioni di precisione;}$$

r è espresso in chilometri.

Per il controllo delle tratte e delle sezioni le discordanze $\lambda = \sum \rho$ non devono superare i seguenti limiti:

$$\lambda = 1,50 \frac{3}{4} L_{\text{km}} \text{ mm per le livellazioni di alta precisione;}$$

$$\lambda = 2,10 \frac{3}{4} L_{\text{km}} \text{ mm per le livellazioni di precisione;}$$

con $L \leq 50$ km e quando L è maggiore di 50 km ossia maggiore di $z = 50$ km i limiti sono: (1)

$$\lambda = 4 \sqrt{L_{\text{km}}} \text{ mm per le livellazioni di alta precisione;}$$

$$\lambda = 6 \sqrt{L_{\text{km}}} \text{ mm per le livellazioni di precisione.}$$

I coefficienti numerici sopra riportati provengono da un esame di lavori di livellazione eseguiti con criteri della alta precisione e della precisione, in altri Paesi.

8. 5 - Inizio di una linea e sua tolleranza per l'inizio

L'operatore dovrà assicurarsi di avere all'inizio e alla fine di una linea gli elementi necessari per garantire il trasporto sicuro della quota mediante un numero sufficiente di misure e controlli.

Per questo trattandosi di un inizio la misura verrà estesa (indietro) sopra un numero minimo di due caposaldi tanto distanti da escludere la loro partecipazione ad uno stesso possibile movimento del suolo. Nel caso che ci si trovi a partire da zone instabili è logico che la ripetizione delle misure (indietro) non eccedano certi limiti (massimo 4 caposaldi) e allora ci si accontenterà di assumere come caposaldo di partenza quello che dall'esame delle misure merita più fiducia e ciò andrà opportunamente annotato.

Un inizio di linea è da considerarsi inaccettabile quando il dislivello in millimetri nuovamente determinato accusa una differenza eguale o maggiore di $4 \sqrt{r}$, essendo r la distanza in km. Quando i caposaldi di controllo sono molto vicini (meno di 1 km) si ammette una differenza massima di 2 mm per la livellazione di alta precisione; 5 mm per la livellazione di precisione.

(1) z è la distanza limite alla quale alcuni errori sistematici divengono accidentali.

8. 6 - Lunghezza normale e limite massimo delle battute

Le portate non devono essere troppo lunghe. L'errore da temere per la rifrazione cresce con più rapidità che la lunghezza delle portate. Ci si regolerà secondo le circostanze atmosferiche in modo che questo errore resti compatibile con le definizioni di livellazione di alta precisione o di precisione.

Misurando dal mezzo ed in condizioni normali la lunghezza media delle visuali è di:

40 metri per l'alta precisione

55 metri per la precisione.

Non si dovranno mai eccedere i limiti:

60 metri per l'alta precisione

90 metri per la precisione.

Sono da evitarsi, in genere, le battute inferiori a 10 metri quantunque negli strumenti generalmente usati la distanza minima fra cannocchiale e stadia possa scendere a m 3,20 o 3,60.

8. 7 - Inequidistanza delle battute: tolleranza e compensazione

In ogni stazione il livello deve essere sensibilmente piazzato ad eguale distanza tra le due stadi. E' ammessa nelle distanze una differenza del 3% sulla lunghezza della visuale, sia per la livellazione di alta precisione che per quella di precisione. Questo limite è un massimo che mai viene raggiunto operando con una certa cura e pertanto differenze maggiori non sono ammissibili.

Nell'effettuare le varie stazioni, tra caposaldo e caposaldo, l'operatore deve cercare di compensare le differenze che possono presentarsi in modo che la differenza delle battute indietro e delle battute in avanti non sorpassi la seguente tolleranza:

$$\gamma \text{ metri} = \left(A + \frac{1}{250} r \right)$$

e ciò sia per la livellazione di alta precisione, sia per quella di precisione. Nella formula, A rappresenta il numero delle stazioni effettuate fra i due caposaldi e r rappresenta la lunghezza dell'elemento stesso espressa in metri.

8. 8 - Ineguaglianza della rifrazione

Per diminuire gli errori provenienti dalla inequaglianza della rifrazione, fra le battute avanti e quelle indietro, quando si opera in terreno inclinato e con distanze superiori ai 20 metri, è prescritto che le visuali distino dal suolo ove appoggia la stadia di almeno 50 centimetri; quando le battute siano più corte ci si potrà limitare a 25 centimetri.

In genere ed in ogni caso è bene evitare di fare le letture sui primi decimetri delle stadi.

Nei casi eccezionali quando non si trovi terreno stabile ove fare stazione o porre le piastre ed i chiodi di appoggio delle stadi o si debba attraversare un ostacolo, un corso d'acqua ecc., si potrà misurare con distanze ineguali previa una minuziosa verifica dello strumento.

Per effetto della rifrazione e della curvatura della Terra operando con distanze ineguali i dislivelli che si ottengono dalla differenza delle letture sono errati e pertanto vanno corretti. Apposite tabelle danno le correzioni che si devono applicare.

8. 9 - Stabilità delle piastre e dei chiodi

Gli appoggi delle stadi, piastre o chiodi, devono risultare durante la misura i più stabili possibili.

La instabilità degli appoggi pregiudica moltissimo le misure specialmente quando si tratta di sprofondamenti o sollevamenti sistematici.

Le piastre pertanto dovranno essere collocate su terreno solido e calcate fino a che le tre piccole punte non entrino interamente nel suolo; occorre verificare che l'appoggio sul terreno sia completo sulle tre gambe e che nessuna di esse rimanga in bilico.

Quando ci si trovi di fronte a terreno erboso occorre, prima di porre la piastra, liberarlo completamente dalle erbe.

I chiodi devono essere posti nei punti ritenuti più stabili e conficcati nel terreno fino all'anello superiore.

8. 10 - *Ore favorevoli per le misure*

Le misure per l'alta precisione potranno essere effettuate solamente quando l'immagine della stadia apparirà nitida e ferma.

Per le misure di precisione si può lavorare in circostanze meno favorevoli che nell'alta precisione, però sempre quando la visibilità dell'immagine permette di ottenere osservazioni dentro la tolleranza delle misure della stazione.

Di norma è prescritto che le osservazioni debbono essere eseguite:

— *di mattina*: dall'alzare del sole fino a 2 o 3 ore dopo;

— *di sera*: da 2 o 3 ore prima del tramonto fino a che la luce della sera lo permette.

8. 11 - *Protezione contro l'azione del sole*

Gli strumenti sono protetti durante le stazioni da apposite tendine parasole; quando non si usino le predette tendine lo strumento deve essere riparato dai raggi del sole per mezzo di un ombrello e tale protezione dovrà essere curata anche durante il trasporto da una stazione ad un'altra.

Quando si usino le tendine parasole occorre evitare di fare stazioni alternativamente all'ombra o sotto i raggi del sole e pertanto è stabilito che tutte le stazioni (per quanto possibile) vengano effettuate nelle stesse condizioni o al sole o all'ombra.

8. 12 - *Precauzioni da prendersi nell'uso delle stadiæ*

Le stadiæ vanno trattate con grande cura ed attenzione. Si deve evitare di toccare con le dita i tratti della divisione; il porta stadia deve avere costantemente le mani pulite.

Prima di collocare la stadia sugli appoggi o sui caposaldi ci si dovrà assicurare che la piastrina (tallone della stadia) sia ben pulita ed all'uopo il portastadia vi passerà sopra ogni volta un pezzo di tela. Analoga precauzione verrà presa per i perni delle piastre e per i caposaldi. Ad evitare eventuali possibili errori di posa si prescrive che l'anello debba essere tolto ogni volta che la stadia viene collocata sui caposaldi.

Terminato il lavoro giornaliero le stadiæ verranno rimesse in perfetto stato di lucentezza, applicando quando lo stato dell'atmosfera lo richieda, una leggera spalmatura di olio o di vasellina al fine di evitare ossidazioni; questa spalmatura dovrà togliersi prima di iniziare nuovamente il lavoro.

8. 13. - *Costituzione della squadra di livellazione e tempi di lavoro.*

Sia per l'alta precisione, che per la precisione la squadra di livellazione è così formata:

— 1 operatore

- 1 scritturale
- 2 portastadia.

Nel caso che il livello non sia protetto dall'apposita tendina parasole o non ne abbia bisogno occorre anche un uomo porta-ombrello.

L'operatore deve essere, nella misura, calmo e molto coscienzioso, deve rigorosamente, raggiungendo quasi la pedanteria, osservare le norme.

Nella scelta degli aiutanti, l'operatore deve essere molto rigoroso in modo da assumere personale che dia sicuro affidamento; la buona riuscita del lavoro, per una gran parte, dipende dai portastadia e pertanto dovrà subito sostituire quel personale che per inattitudine o negligenza risulti incapace.

I portastadia devono essere bene addestrati per tenere verticali e ferme le stadi e devono essere edotti dell'importanza di avvertire subito l'operatore, se per una ragione qualunque si fosse mossa loro la piastra sulla quale appoggia la stadia.

Lo scritturale deve scrivere chiaro e bene, deve essere rapido e accurato nell'eseguire il calcolo delle costanti e nelle verifiche dei numeri di controllo in modo che l'operatore possa senza dubbi procedere al cambio di stazione.

Ridurre l'entità numerica della squadra, come sopra indicata, in un lavoro a lunga durata, significa mettere in crisi l'operatore e a lungo andare invece di un vantaggio economico si ha un danno.

Una domanda si pone a questo punto: quanti chilometri di livellazione possono essere eseguiti in una giornata?

Se l'operatore procede in modo tecnicamente corretto e al tempo stesso, giorno per giorno, esegue i calcoli inerenti e appronta la documentazione necessaria, non può eseguire più di tre chilometri di livellazione semplice.

Una produzione più accentuata porta sempre l'operatore ad accomodamenti e a tenere conto in modo relativo delle necessità e norme tecniche; è questa una ragione determinante a sconsigliare il cottimo.

Spedizione in abbonamento postale - gruppo IV°