

TAB. 4.2 (UNITA' DI MISURA DEGLI E.Q.M. 10⁻²mm)

KERN OL									
Distanza [m]	Piano	Stadia	ANDATA			RITORNO			Media quadr. e.q.m.
			POSIZIONE			POSIZIONE			
			1	2	3	1	2	3	
13.40	2°	A	13.0	10.7	10.6	10.8	8.4	6.5	10.2
13.40	2°	C	0	0	11.2	11.2	0	0	6.4
26.34	6°	C	20.9	11.2	13.7	27.4	37.9	11.2	22.5
39.31	10°	C	13.7	20.9	37.9	37.9	20.9	28.5	28.1
52.31	14°	C	17.7	11.2	48.1	20.9	22.4	11.2	25.2
65.68	18°	C	22.4	13.7	25.0	35.3	28.5	20.9	25.1
79.78	22°	C	22.4	41.8	22.4	37.9	20.9	28.5	30.0
79.78	22°	D	41.8	57.0	57.0	27.4	27.4	35.4	42.8
94.08	26°	D	61.2	44.7	75.8	41.8	61.2	79.0	62.2
94.08	26°	C	77.0	67.5	37.1	28.5	33.5	46.8	51.6

OTTICA JENA PZL									
Distanza [m]	Piano	Stadia	ANDATA			RITORNO			Media quadr. e.q.m.
			POSIZIONE			POSIZIONE			
			1	2	3	1	2	3	
13.40	2°	A	2.7	4.2	6.1	3.5	4.2	4.5	4.3
26.34	6°	A	5.4	9.1	8.9	4.2	14.7	7.1	8.8
26.34	6°	C	5.4	13.7	10.8	20.5	5.8	7.1	11.8
39.31	10°	C	11.1	20.6	16.4	28.5	17.7	22.4	20.1
52.31	14°	C	16.1	16.1	17.5	13.7	13.7	22.4	16.8
65.68	18°	C	25.0	25.0	28.5	27.4	37.9	41.1	31.4
79.78	22°	C	25.0	37.1	37.1	39.5	20.9	28.5	32.1
79.78	22°	D	75.8	44.7	54.8	41.8	57.0	50.0	55.1
94.08	26°	D	44.7	50.0	54.8	27.4	57.0	50.0	48.3
94.08	26°	C	28.5	25.0	54.2	54.2	28.5	28.5	38.5

SALMOIRAGHI CZ 71									
Distanza [m]	Piano	Stadia	ANDATA			RITORNO			Media quadr. e.q.m.
			POSIZIONE			POSIZIONE			
			1	2	3	1	2	3	
13.40	2°	B	3.7	1.7	4.5	1.8	2.3	3.6	3.0
26.34	6°	B	2.6	2.8	1.0	3.1	3.7	4.6	3.1
39.31	10°	B	10.8	4.7	5.8	3.0	8.4	21.9	11.9
39.31	10°	C	15.2	5.9	5.2	10.4	8.8	10.2	7.9
52.31	14°	C	6.7	6.1	12.3	7.8	14.8	17.1	11.5
65.68	18°	C	20.6	9.1	6.4	7.0	16.8	17.5	14.0
79.78	22°	C	10.6	12.7	5.8	17.4	8.8	6.0	10.9
94.08	26°	C	19.2	18.8	15.3	28.7	15.5	15.1	19.3

della coincidenza. La scala D, provata alle massime distanze col Kern e lo Jena, ha dato nel primo caso risultati nettamente inferiori alla C, nel secondo un risultato quasi equivalente al 22° piano e inspiegabilmente migliore al 26°. Col Salmoiraghi la scala D è stata provata, ma non utilizzata, essendo la stima del filo del reticolo al centro del tratto centimetrato, anche alla massima distanza, troppo aleatoria. Sarebbe auspicabile poter eseguire delle prove con la graduazione D a distanze maggiori.

L'andamento dell'errore, da un'analisi per ora solo qualitativa, per il Kern è abbastanza regolare e praticamente lineare, considerando solo i valori ottenuti con la scala C; esso giunge ad un valore di 0,75 mm a 94 m. Lo Jena, considerando la curva degli errori continua, non considerando cioè il cambio di graduazione al sesto piano e tralasciando i risultati ottenuti con la scala D, ha andamento regolare ed errore contenuto fino a 52 m, poi cresce rapidamente fino a portarsi, a 94 m, su valori simili a quelli del Kern. Il Salmoiraghi, trascurando anche qui la piccola discontinuità in corrispondenza del cambio di graduazione al decimo piano, si mantiene molto regolare e con andamento lineare, terminando a un valore di circa 0,3 mm.

b. Errore quadratico medio di misura

La ricerca di questo errore è stata condotta facendo, con ogni strumento, cinque coppie di letture coniugate in ciascuna posizione del reticolo rispetto alla scala graduata ad ognuna delle 7 quote, procedendo dal basso in alto (andata) e dall'alto in basso (ritorno). Mentre per il Kern modificato ed il Salmoiraghi le letture coniugate sono state comode per l'operatore, potendo questi fare le osservazioni normalmente al supporto della scala, per lo Jena è stato necessario fare una delle due letture con le spalle alla parete e, a causa della piastra porta-strumento, con l'operatore in posizione scomoda. La tabella 4.2 analoga, nelle prime tre colonne, alla tabella 4.1, contiene nella 4^a, 5^a e 6^a colonna gli e.q.m. da cui è affetta ciascuna lettura, media delle due coniugate, ottenute per ciascun piano nel salire (andata) e per ciascuna delle tre posizioni. La 7^a, 8^a e 9^a colonna analogamente, però nel discendere (ritorno). Lo schema si riproduce per gli altri due strumenti. E' stata anche qui calcolata la correlazione, tramite l'indice del Pearson, esistente fra e.q.m. e posizione di ogni strumento sulla piastra: questa è risultata praticamente nulla. Nella 10^a colonna sono riportate le medie quadratiche, per riga, dei singoli e.q.m.; con queste medie sono stati costruiti i grafici riportati nella tavola 4.2. I cambi di graduazione sono avvenuti esattamente come durante la ricerca dell'errore di stima, per cui vale quanto detto, a questo proposito, poco sopra, in a. Si nota però che la graduazione D porta ad errori più grandi della C, sia per

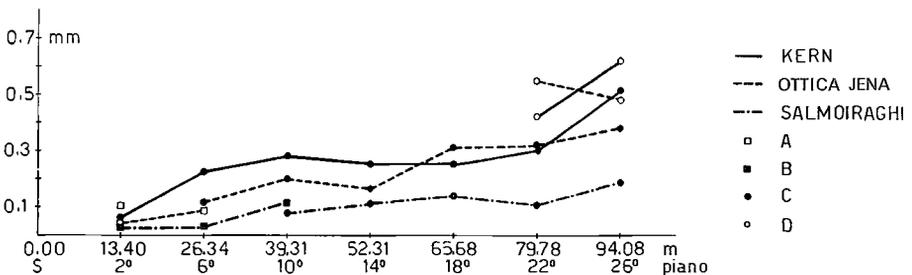


Tavola 4.2

il Kern sia per lo Jena. Anche qui possiamo ritenere le curve d'errore continue, essendo le discontinuità, in corrispondenza ai cambi di graduazione, piccole salvo che per l'ultimo cambio.

La curva corrispondente al Kern ha un andamento particolare fino a 65 m, dopo di che sale gradualmente terminando a 94 m con 0,5 mm d'errore. Probabilmente il « pianerottolo » esistente fra il 6° ed il 22° piano, dove l'errore si è mantenuto praticamente costante, è dovuto al fatto che la buona visibilità della graduazione è tale per cui gli errori sono poco influenzati dall'aumento della distanza di lettura. E' da segnalare però che le misure sono state fatte in una struttura a torre piuttosto alta che risente dell'effetto del vento. La dispersione più elevata in corrispondenza di un piano può essere l'effetto dell'ambiente esterno variabile in quel momento. Cessata la variabilità, la dispersione può diminuire, anche se la distanza a cui viene fatta la collimazione aumenta.

Jena e Salmoiraghi hanno generalmente andamento regolare (e lineare) con errori a 94 m rispettivamente di 0,4 e 0,2 mm.

La rotazione π data allo strumento per poter leggere la scala in due posizioni coniugate comporta, oltre ad una nuova stabilizzazione del sistema pendolare messo in movimento dalla rotazione, anche una nuova stima dell'allineamento del filo del reticolo nei confronti della graduazione. E' principalmente la presenza di quest'ultima operazione, a parte le letture coniugate, che rende differenti le modalità operative ora descritte da quelle relative alla sola stima.

d. Influenza del tipo di graduazione sulla precisione delle letture

In corrispondenza del piano in cui avveniva la sostituzione di una scala graduata con l'altra, sono stati riportati gli errori ottenuti con ambedue i tipi di graduazione. I grafici 4.1 e 4.2, come già visto, visualizzano i cambi di graduazione e le differenze fra gli errori. Analizzandone brevemente i tipi usati (fig. 3.1) possiamo dire che il tipo A, con graduazione millimetrica incisa su acciaio, è stato impiegato al 2° piano col Kern ed al 2° e 6° piano con lo Jena, in quanto usarlo per distanze maggiori risulta problematico per stimare le frazioni di scala, anche perchè l'illuminazione è difficoltosa a causa dei riflessi fastidiosi che rendono disagevole l'osservazione; inoltre la lunghezza dei tratti incisi, piuttosto breve, rende difficile disporre paralleli fra loro i fili del reticolo ed i tratti della graduazione.

Le scale B, C e D, invece, si sono dimostrate di gran lunga meglio visibili; la graduazione a scacchi bianchi e neri di 0,5 cm è la migliore per un ampio intervallo. Solamente con il Salmoiraghi, che dispone di dispositivo di puntamento, si è potuta usare la stadia B per le misure entro i 50 m; oltre questa distanza il filo del reticolo copre il tratto bianco compreso fra i due tratti neri. La stadia D, pur impiegata solo agli ultimi due piani, ha portato, in generale, ad errori di stima troppo elevati a causa della larghezza eccessiva dell'immagine dell'intervallo di 1 cm anche a 94 m.

Va sottolineata l'importanza di usare, per le misure con questo tipo di strumento, graduazioni con tratti lunghi, in modo da poter stimare correttamente e senza difficoltà il parallelismo fra fili del reticolo e graduazione; la lunghezza dei tratti delle scale usate in queste prove è risultata ottima e lo confermano i risultati ottenuti; è praticamente nulla la correlazione fra posizione del reticolo rispetto alla scala graduata ed errore di misura. Graduazioni molto larghe semplificano di molto la messa in opera, non essendo necessaria una grande accuratezza nel posizionamento sulla verticale dello strumento e della scala.

e. Prove ripetute di messa in stazione

Queste prove sono state eseguite con il solo Salmoiraghi; il suo uso è previsto esclusivamente per l'impiego da posizione fissa a centramento forzato. Il Kern a doppia visuale zenitale e nadirale può essere posto su cavalletto o su piastra, ma in ogni caso è necessario, a meno di modificare il sistema di fissaggio che presenta un lasco notevole, eseguire le misure facendo letture coniugate alle due scale graduate, una sul punto da controllare (zenitale o nadirale) e una sul punto ritenuto fisso o di riferimento (nadirale o zenitale).

Lo Jena può essere impiegato in ambedue i casi: o su piastra fissa o su cavalletto facendo riferimento ad un punto a terra. Questo viene individuato attraverso un apposito piombino ottico di elevata precisione che fa parte degli accessori e che si può intercambiare sulla stessa base del livello zenitale, con un sistema simile a quello del centramento forzato nei teodoliti.

Per il solo livello Salmoiraghi si è quindi accertato l'e.q.m. delle misure alla scala graduata quando si eseguono successive messe in stazione dello strumento. Sono state perciò fatte due serie, ciascuna di una ventina di letture coniugate, ripetendo ogni volta la messa in stazione della scala B posta al 2° piano e quindi nella condizione per cui l'e.q.m. dovuto alla sola misura è minimo.

l'e.q.m. di lettura è risultato $\pm 0,07$ mm per la prima serie di 20 prove e $\pm 0,09$ mm per la seconda serie. Tale valore, depurato dell'errore di misura alla stadia, è più che accettabile e conferma che i giochi meccanici per il Salmoiraghi sono sicuramente contenuti entro 0,1 mm.

f. Errori di misura dovuti alla lastra piano-parallela nel Salmoiraghi

Tali errori, che si comportano come errori di graduazione di una scala, sono dovuti al contributo di tre tipi di errore:

- quello di graduazione del tamburo
- quello dei giochi meccanici del movimento tamburo-lamina
- quello dovuto a non perfetta planarità delle facce della lamina.

Per determinare l'entità di questi errori si è posta una scala (alla minima distanza di focamento), con graduazione ogni due decimi di millimetro. La scala, tarata in laboratorio, è risultata sufficientemente precisa e viene qui ritenuta priva di errori. In tal modo si è potuto collimare con il filo del reticolo il centro di due tratti successivi della graduazione. Sono state eseguite cinque serie di letture con escursione completa del tamburo, ottenendo 49 letture alla scala per ciascuna serie; si sono poi calcolati gli intervalli medi tra letture successive e si è costruito il grafico della tavola 4.3, dove in ascissa sono riportati gli intervalli di stadia ed in ordinata gli scostamenti fra il valore teorico ed il valore trovato. Dal grafico si vede che non vengono mai superati i 0,04 mm di scostamento e che l'andamento della spezzata sembra essere del tutto accidentale. Vi è da tener conto nell'interpretazione del grafico anche degli errori di stima della coincidenza, che sono dello stesso ordine di grandezza.

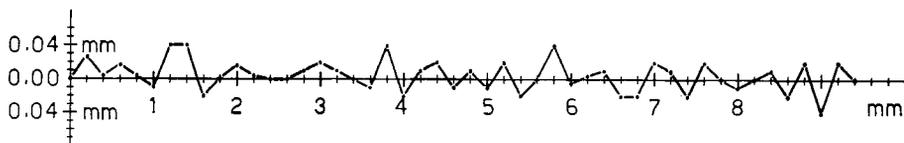


Tavola 4.3

5. Conclusioni

Le conclusioni, cui attraverso queste prove si è giunti, sono condensate nei punti seguenti:

1 - Il livello Kern e quello Jena hanno prestazioni equivalenti: il grosso degli errori si può ritenere risieda nelle difficoltà di stima alla scala graduata.

Sensibilmente diverso è il comportamento dell'autolivello Salmoiraghi, in quanto dotato di lamina piano-parallela. L'errore di puntamento è infatti assai più piccolo dell'errore di stima della frazione di intervallo. Operativamente le misure sono più lente che con gli altri strumenti, in quanto la coincidenza avviene per approssimazioni successive. Infatti toccando sia pure leggermente lo strumento per ruotare il tamburo della lamina piano-parallela, che è posto in posizione piuttosto alta rispetto all'osservatore e quindi un pò scomoda, il sistema pendolare si mette in vibrazione; bisogna perciò attendere che il sistema si stabilizzi nuovamente, verificare il puntamento e muovere ancora, qualora necessario, il tamburo che comanda la lamina piano-parallela. Occorrono da due a tre tentativi per ottenere il puntamento con la precisione desiderata.

2 - L'errore di stima a è più grande dell'errore di misura b in ragione di $\sqrt{2}$. Si verifica ciò facendo il rapporto fra le medie quadratiche di tutti gli e.q.m. di stima e quelle di tutti gli e.q.m. di misura. Da tale constatazione si ricava che, essendo gli errori di misura ottenuti dalle medie fra due letture coniugate, il fatto che i rispettivi valori quadratici medi stiano nel rapporto $1/\sqrt{2}$ prova che l'errore di stima e l'errore di misura appartengono alla stessa popolazione; cioè l'errore descritto in e dovuto ad un eventuale non parallelismo fra reticolo e tratto della graduazione è di entità trascurabile rispetto all'errore di stima e di puntamento. Constatazione questa che conferma quanto ricavato dalla verifica della correlazione tra e.q.m. di lettura e posizione relativa fra centro del reticolo ed asse della graduazione.

3 - Nelle pagine precedenti è stato analizzato qualitativamente l'andamento dell'e.q.m. (vedi colonna 10 della tabella 4.2) delle misure in funzione della distanza, riportato nella tavola 4.2. Non si è voluto qui formulare nessuna ipotesi teorica circa questo andamento e quindi ricavare la curva interpolatrice dei valori sperimentali trovati per ciascuno strumento (ad esempio, col metodo dei minimi quadrati). L'incertezza sulle perturbazioni che possono essere intervenute ad alterare il comportamento strumentale puro sono, infatti, notevoli, come ad esempio i movimenti rapidi della struttura per effetto del vento. Tuttavia si è ritenuto utile analizzare il comportamento a mezzo di indici statistici globali di misura della correlazione. Il primo indice calcolato è quello del Pearson, che misura la correlazione generica fra gruppi di dati. Si è assunto come argomento fondamentale della analisi la distanza fra lo strumento e la scala e come argomento secondario il valore degli e.q.m. di misura b ottenuti dai sei gruppi di prove ripetute in ciascuna posizione della scala stessa.

Oltre all'indice del Pearson η si è calcolato, con gli stessi dati, il coef-

ficiente di correlazione lineare r che misura l'intensità della correlazione nell'ipotesi che la dipendenza sia lineare. I risultati per i tre strumenti sono i seguenti:

Kern	$r = 0,66$ $\eta^2 = 0,57$
Ott. Jena	$r = 0,83$ $\eta^2 = 0,73$
Salmoiraghi	$r = 0,73$ $\eta^2 = 0,65$

Come si può constatare da questi risultati, esiste una correlazione abbastanza forte, sia di tipo lineare sia di tipo generale.

Ringrazio:

- il geom. E. Giacometti per la preziosa collaborazione in tutte le operazioni di misura e di calcolo;
- la R.A.S. di Milano, che ha consentito l'uso della Torre Velasca, realizzando inoltre i ponteggi necessari;
- la Ottica di Jena', che ha prestato gentilmente il PZL per tutto il tempo necessario alle misure.

SALMOIRAGHI



TOPOGRAFIA E MISURA DELLE DEFORMAZIONI RETI D'APPOGGIO PER FOTOGRAMMETRIA

distanziometro HP 3800B - portata 3 km con solo tre prismi - e.q.m. \pm 3 mm/km
teodoliti al secondo

teodoliti-tacheometri

tacheometri, autoriduttori a scala di pendenza

livelli di alta precisione e tecnici

livelli da cantiere

autolivelli di alta precisione e tecnici

barometri altimetrici

planimetri polari, a carrello, radiali a camma

flessimetri, mire e stadie

OFTALMOLOGIA ED OCCHIALERIA

STRUMENTI PER L'INDUSTRIA

STRUMENTI PER IL DISEGNO

METEOROLOGIA

anemometri, termoigrografi, psicrometri

pluvlografi, termometri istantanei, barometri e barografi

FILOTECNICA SALMOIRAGHI S.p.A.

20122 MILANO - VIA S. LUCA, 10 - TEL. 8474841-2-3-4

HEWLETT **hp** PACKARD
SALMOIRAGHI

DISTANZIOMETRO MOD. 3800 B

Portata:

1.500 m con un solo
prisma
3.000 m con tre prismi
(in ore notturne, tali distanze possono essere raddoppiate)

Precisione:

valore minimo apprezzabile, 1 mm e.q.m. \pm (3 mm + 5 mm/km) per temperature comprese fra -15 e $+40^{\circ}\text{C}$. Tempo medio per una misura: 1 minuto
Correzione automatica frequenze per condizioni ambientali varie.



Potenza consumata:

12 Watts
batteria al piombo od al Ni-Cd, con carica batteria incorporato.

Dimensioni:

distanziometro, 33x26x15 cm
batteria, 17,5x17,5x22 cm

Pesi:

distanziometro, 7,5 kg
batteria, 5,8 kg

FILOTECNICA SALMOIRAGHI S.p.A.
20122 MILANO - VIA S. LUCA, 10 - TEL. 8474841-2-3-4

una organizzazione capillare di vendita presente coi propri negozi
in tutto il Paese

ALESSANDRIA

Via Migliara 1 - Tel. 51104

ANCONA

Corso Garibaldi 80 - Tel. 31415

BARI

Piazza Umberto I, 7 - Tel. 219476

BOLOGNA

Via Indipendenza 3 - Tel. 229401

CATANIA

Via Etna 201/203 - Tel. 228121

FERRARA

Corso Martiri Libertà 79/81 - Tel. 33927

FIRENZE

Via Calzaiuoli 73/75 - Tel. 294956

FOGGIA

Corso Cairoli 7 - Tel. 22209

GENOVA

Via XX Settembre 204/R - Tel. 565743

LA SPEZIA

Corso Cavour 39/41 - Tel. 34421

MILANO

Via Orefici 5 - Tel. 871564/871174

MILANO

Corso Buenos Aires 1 - Tel. 265893

NAPOLI

Via Roma 244/245 - Tel. 391120

NAPOLI

Piazza Vanvitelli 1 - Tel. 377012

PESCARA

Corso Umberto I, 9 - Tel. 26370

REGGIO CALABRIA

Corso Garibaldi 240/242 - Tel. 22902

ROMA

Via Nazionale 200 - Tel. 481961

SAVONA

Via Paleocapa 102/R - Tel. 20850

SIENA

Via Banchi di Sopra 53/R - Tel. 24867

SIRACUSA

Corso Matteotti 82/84 - Tel. 26581

TARANTO

Via Di Palma 13 - Tel. 29191

TERNI

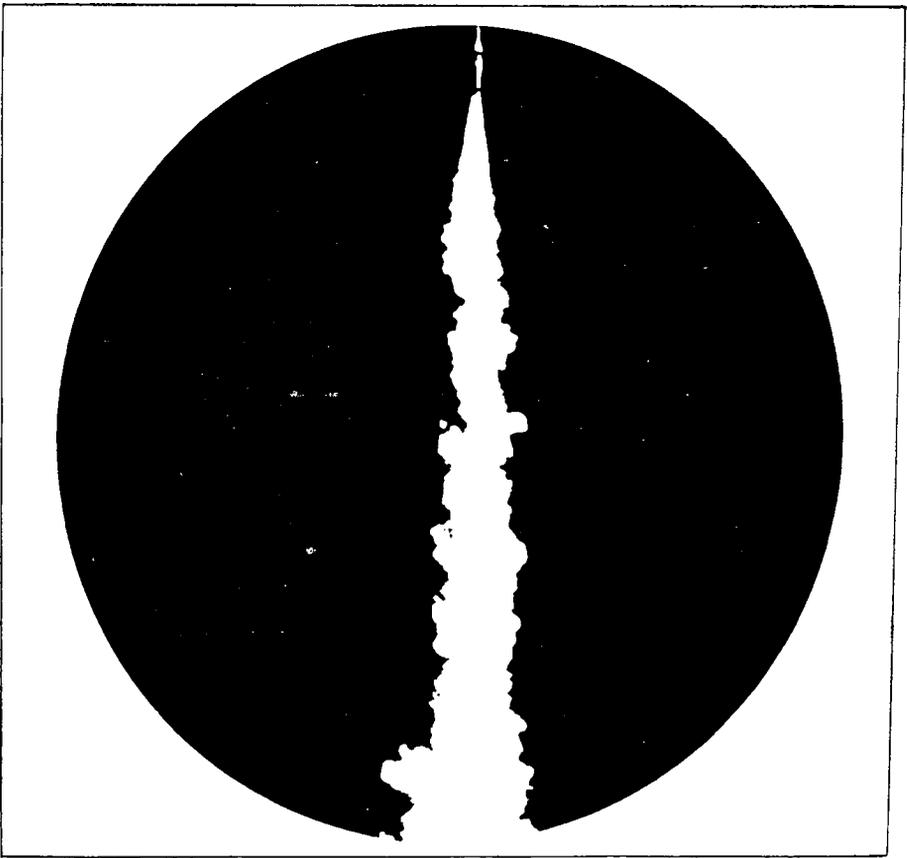
Corso Tacito 22 - Tel. 420202

TORINO

Via Roma 27 - Tel. 540007

VENEZIA

Mercerie del Capitello, 4959 - Tel. 28084



Progresso con l'elettronica **DISTOMAT WILD DI 10**

In meno di **1 minuto**
il rilievo di qualunque punto,
in un raggio di **2000 metri**
Misura espressa numericamente
con la precisione di **1 centimetro**

WILD
HEERBRUGG

Océ-Sipi S.p.A.

Rappresentante per l'Italia

Via Cassanese - 20090 (Milano) - Telefono (02) 21.31.941 - Telex 34584 Océ-Sipi