

70

CONTRIBUTI  
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE

a cura del Direttore  
Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 257

---

C. DE CONCINI - E. PROVERBIO

—••—

Determinazione astronomica degli azimut reciproci  
e dei residui di Laplace lungo la geodetica  
Aquileia - Opicina

---

Estratto dal « *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini* »  
Rivista dell'Istituto Geografico Militare  
Anno XXV - N. 3 - Luglio - Agosto - Settembre 1966

---

CONTRIBUTI  
DELL'OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE

a cura del Direttore  
Prof. FRANCESCO ZAGAR

NUOVA SERIE

N. 257

---

C. DE CONCINI - E. PROVERBIO

—••—

Determinazione astronomica degli azimut reciproci  
e dei residui di Laplace lungo la geodetica  
Aquileia - Opicina

---

Estratto dal « *Bollettino di Geodesia e Scienze Affini* »  
Rivista dell'Istituto Geografico Militare  
Anno XXV - N. 3 - Luglio - Agosto - Settembre 1966

---

# Determinazione astronomica degli azimut reciproci e dei residui di Laplace lungo la geodetica Aquileia - Opicina

CARLO DE CONCINI - EDOARDO PROVERBIO

Istituto di fisica terrestre, geodesia e geografia fisica, Padova  
Osservatorio Astronomico di Brera, Milano

*Riassunto.* — Il presente lavoro fornisce i risultati delle misure di azimut reciproci effettuati agli estremi della geodetica Aquileia-Opicina.

Dopo un' introduzione sui criteri seguiti nella scelta dei fuori centro e della strumentazione impiegata sono dati gli elementi delle varie correzioni e dei valori osservati degli azimut.

Dal confronto delle osservazioni effettuate dai due osservatori viene messo in evidenza un errore sistematico personale relativo dell'ordine di  $0''.25$ . Viene determinato inoltre il cosiddetto « errore notturno » che risulta  $0''.59$ .

I valori conclusivi degli azimut reciproci dei punti trigonometrici risultano:

per Aquileia :  $106^{\circ}58'15''.70$   
per Opicina :  $287^{\circ}15'34''.67$ .

Con questi dati i residui dell'equazione di Laplace sono rispettivamente:

per Aquileia :  $+ 2''.24$   
per Opicina :  $+ 1''.61$ .

DETERMINATION ASTRONOMIQUE DES AZIMUTS RECIPROQUES ET DES ERREURS DE FERMETURE DE LAPLACE LE LONG DE LA GEODESIQUE AQUILEIA-OPICINA.

*Résumé.* — Les Auteurs donnent dans ce papier les résultats des mesures d'azimuts réciproques exécutés aux extrémités de la géodésique Aquileia-Opicina. Après une introduction sur les principes suivis dans le choix des points hors de centre, et sur les instruments employés, les Auteurs montrent les éléments des différentes corrections et des valeurs des azimuts observées.

La comparaison des observations effectuées par les deux observateurs met en évidence une erreur personnelle relative systématique de  $0''.25$  environs. En outre, ils ont déterminé l'ainsi nommé « erreur nocturne » qui résulte  $0''.59$  à peu près.

Les valeurs conclusives des azimuts réciproques des points trigonométriques résultent :

$106^{\circ}58'15''.70$  pour Aquileia ;  
 $287^{\circ}15'34''.67$  pour Opicina.

Avec ces résultats les erreurs de fermeture de l'équation de Laplace sont respectivement :

$+ 2,24$  pour Aquileia ;  
 $+ 1,61$  pour Opicina.

ASTRONOMICAL DETERMINATION OF THE RECIPROCAL AZIMUTHS AND OF LAPLACE'S ERRORS ALONG THE AQUILEIA-OPICINA GEODETIC LINE.

*Summary.* — This paper shows the results obtained with the measurements of reciprocal azimuths carried out at the extremes of the Aquileia-Opicina geodetic line.

The criteria followed in choosing the out-of-centre points and the instruments employed are described in the first part; then the various corrections and the azimuth observed values are shown.

Comparing the observations carried out from the two observers it comes out a personal systematic relative error of about  $0''.25$ . Moreover, the so called night error — in this case,  $0''.59$  — is determined.

The final values of the reciprocal azimuths of the trigonometric points are :

106°58'15".70 for Aquileia ;  
287°15'34".67 for Opicina.

With these data, the closing errors of Laplace's equation are respectively :

+ 2".24 for Aquileia,  
+ 1".61 for Opicina.

ASTRONOMISCHE BESTIMMUNG DER GEGENSEITIGEN AZIMUTE UND DER LAPLACESCHEN RESTE ENTLANG DER GEODÄTIK AQUILEIA-OPICINA.

*Zusammenfassung.* — Die vorliegende Arbeit liefert die Ergebnisse der Ausmessungen gegenseitiger Azimute, die man in den Endpunkten der Geodätik Aquileia-Opicina ausgeführt hat.

Nach einer Einleitung über die in der Auswahl der Hilfspunkte und der gebrauchten Instrumente gefolgten Kriterien, werden die verschiedenen Verbesserungen der beobachteten Azimutwerte gegeben.

Aus dem Vergleich der von den zwei Observatorien ausgeführten Beobachtungen wird ein systematischer personaler Beobachtungsfehler der Grössenordnung 0".25 ermittelt. Ausserdem wird ein sogenannter Nachtfehler bestimmt, der sich zu 0".59 ergibt.

Folgende Werte der gegenseitigen Azimute der Dreieckspunkte sind ermittelt :

für Aquileia : 106°58'11".70  
für Opicina : 287°15'34".67.

Durch diese Daten sind die Reste der Laplaceschen Ausgleichung :

für Aquileia : + 2".24  
für Opicina : + 1".61.

DETERMINACION ASTRONOMICA DE LOS ACIMUT RECIPROCOS Y DE LOS RESTOS DE LAPLACE A LO LARGO DE LA GEODETICA AQUILEIA-OPICINA.

*Sumario.* — El presente trabajo suministra los resultados de las medidas de acimut recíprocos, efectuados a las extremidades de la geodética Aquileia-Opicina.

Trás una introducción sobre las normas adoptadas en la elección de los excentricos y de los aparatos empleados, se ofrecen los elementos de las varias correcciones y de los valores observados de los acimut.

Del cotejo de las observaciones efectuadas por los dos observatorios viene puesto en evidencia un error sistemático personal relativo del orden de 0".25.

Los valores conclusivos de los acimut recíprocos de los puntos trigonométricos resultan :

para Aquileia : 106°58'15".70  
para Opicina : 287°15'34".67.

Con estos datos los restos de la ecuación de Laplace son respectivamente :

para Aquileia : + 2".24  
para Opicina : + 1".61.

## I. — INTRODUZIONE

### I. I. — SCOPO DELLA RICERCA.

Nell'autunno del 1964, nell'ambito del programma di lavoro per la determinazione dei punti di Laplace, una missione dell'Istituto Geografico Militare effettuò la misurazione degli Azimut reciproci agli estremi della geodetica Aquileia-Opicina. Pur essendo risultati gli errori medi delle osservazioni complessive inferiori alla tolleranza ammessa (+ 0".5), furono tuttavia riscontrati errori interni alquanto sensibili e, comunque, superiori alla media rispetto a quelli ottenuti in altre località.

Venne perciò ravvisata l'opportunità di ripetere quelle misure e gli scriventi, in accordo con l'Istituto Geografico Militare, se ne assunsero il compito anche al fine di permettere la normale prosecuzione della campagna dei punti di Laplace da parte del gruppo operativo incaricato.

La nuova misurazione che è stata eseguita nell'ottobre del 1965 e alla quale hanno attivamente partecipato anche il Dott. N. De Florentiis dell'Istituto di Fisica Terrestre, Geodesia e Geografia Fisica dell'Università di Padova e il Tecnico Sig. L. Martini dell'Osservatorio Astronomico di Brera, si prefiggeva come primaria finalità, oltre la rideterminazione a scopo di controllo di quegli Azimut, anche di valutare quantitativamente gli errori interni che intervengono sempre nelle misurazioni di azimut e che, nel caso specifico, potrebbero essere esaltati da fattori climatici e morfologici propri della zona.

È certo che, per quanto riguarda gli errori interni, la loro causa principale va senz'altro attribuita al fatto che, generalmente, i pilastri per le osservazioni, dovendo servire sia per le misurazioni d'azimut che per quelle di longitudine, vengono entrambi costruiti al suolo. Nel caso specifico la visuale, in Aquileia, cade per lungo tratto il terreno, mentre in Opicina è costretta a passare attraverso il fogliame del bosco (che venne sfrondata appositamente per rendere possibili le collimazioni nel caso delle osservazioni effettuate nell'autunno 1964).

Noi ci siamo preoccupati di eliminare nel miglior modo possibile questi inconvenienti, erigendo i pilastri, come di seguito verrà specificato, in punti tali per cui la visuale fosse sufficientemente elevata e si scostasse viepiù rapidamente dal suolo.

Il lavoro venne accompagnato da un'altra ricerca riguardante la rifrazione atmosferica laterale; se ne parlerà specificamente in una Nota successiva, limitandoci in questa a riferire sui risultati delle osservazioni e sull'analisi critica delle determinazioni di azimut.

## 1.2. - STRUMENTAZIONE IMPIEGATA.

Nelle misurazioni, eseguite sempre nelle ore notturne, venne impiegata la seguente strumentazione:

- 1) 1 Teodolite Wild 4 (N. 37459) di proprietà dell'Istituto di Fisica Terrestre, Geodesia e Geografia Fisica dell'Università di Padova;
- 2) 1 mira luminosa I. G. M.;
- 3) 2 radio rice-trasmittenti I. G. M. che servirono per collegamento fra i due punti;
- 4) 1 apparecchio radio per la ricezione dei segnali orari;
- 5) 1 cronometro a tempo siderale;
- 6) 1 piccolo Teodolite Zeiss II e una cordella metrica per le operazioni topografiche necessarie a ridurre ai centri trigonometrici le misurazioni effettuate dai pilastri fuori-centro.

Tutta l'apparecchiatura risultò pienamente efficiente e nessun inconveniente di carattere strumentale turbò la regolarità del lavoro.

Il Teodolite Wild T4 che venne usato per la collimazione d'azimut è già stato positivamente sperimentato in determinazioni astronomiche di latitudine e lon-

gitudine lungo il litorale adriatico [1] e in operazioni di triangolazione in Marocco nel 1960. Ne riportiamo in prospetto le caratteristiche principali:

- a) Apertura dell'obiettivo: 60 mm
- b) Lunghezza focale: 550 mm
- c) Ingrandimento: 65 X
- d) Valore angolare di una parte della livella d'inclinazione:  $1''{,}316$ .

Quest'ultimo valore è stato determinato da uno degli scriventi [3] nel 1958 e abbiamo convenuto di adottarlo senza procedere a una nuova misurazione.

Il fatto che la missione I. G. M. nella determinazione dell'azimut Aquileia-Opicina abbia usato uno strumento analogo, fornisce alle due misurazioni una omogeneità essenziale che rende validi i confronti fra i risultati anche in considerazione del fatto che entrambe le squadre eseguirono le misure nella stagione autunnale.

Lo stato del cronometro per le correzioni del tempo di puntata alla polare fu controllato più volte al giorno e, in particolare, prima e dopo il lavoro di osservazione. Tenendo conto che tale controllo veniva fatto stimando a vista la frazione di secondo in corrispondenza a un dato segnale orario e che pure a vista venivano stimati i tempi delle collimazioni coniugate alla polare, si può dedurre che l'approssimazione del tempo per la puntata media si aggira su  $+0^s.2$ , approssimazione che per le misurazioni d'azimut si può ritenere sufficiente.

Nella Tabella I vengono riportate le correzioni del cronometro a tempo siderale, ottenute in Aquileia e in Opicina durante il corso dei lavori. I tempi delle puntate medie alla polare sono stati corretti per interpolazione lineare fra i due

Tabella I - CORREZIONI DEL CRONOMETRO

Data		Data	
Ottobre 1965	AQUILEIA	Ottobre 1965	OPICINA
10,77	- 2 <sup>m</sup> 01'7	14,65	+ 1 <sup>m</sup> 24'7
11,44	- 2 02'5	14,86	+ 1 28.0
11,69	- 0 03.6	15,08	+ 1 36.2
12,02	- 0 04.8	15,83	+ 1 36.3
12,43	- 0 05.4	16,04	+ 1 37.2
12,69	- 0 07.7	16,48	+ 1 36.1
12,93	- 0 08.6	16,59	+ 1 36.0
13,36	- 0 09.9	16,90	+ 1 35.3
13,89	- 0 12.4	17,76	+ 1 38.5
		17,98	+ 1 40.2
		18,38	+ 1 39.0

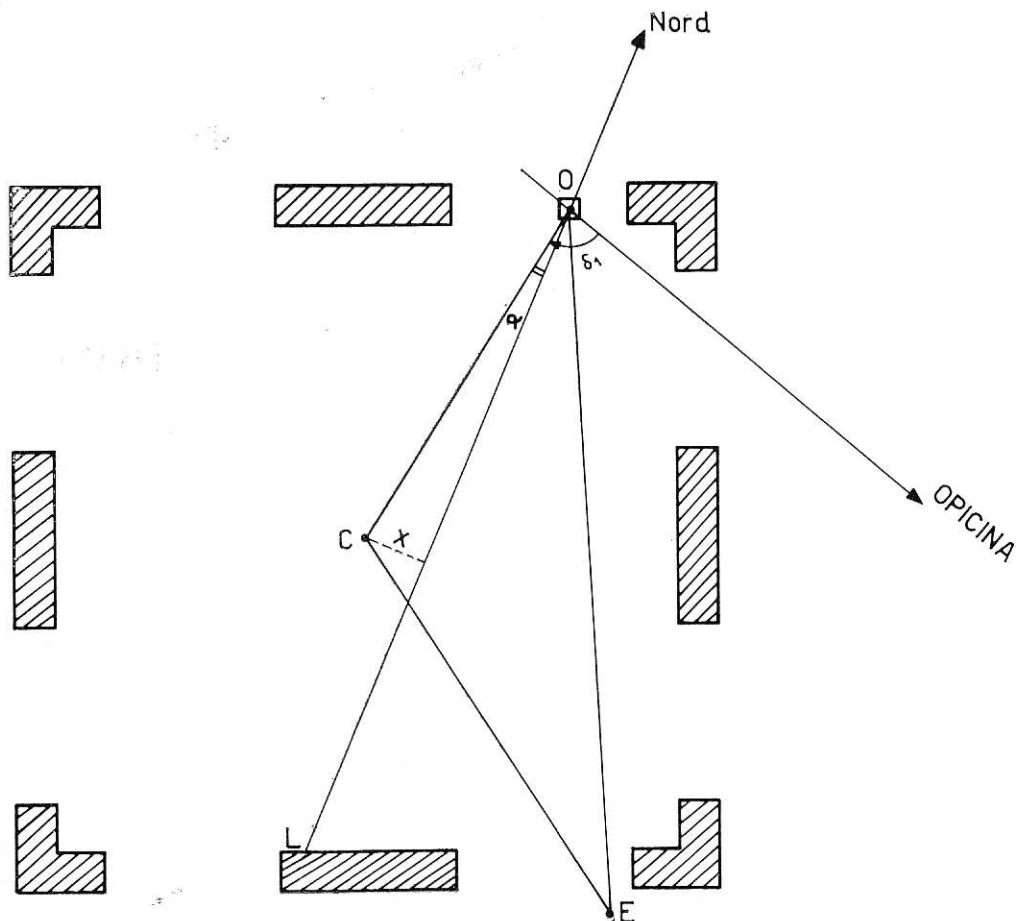
valori della tabella più prossimi alle ore di osservazione. Dato il buon andamento dell'orologio, questo metodo interpolatorio è senz'altro giustificato ed anzi da preferirsi per ogni ragione a qualsiasi altro.

Le correzioni del cronometro sono state ottenute da confronti di segnali orari (OMA 2,500 MHz, HBN 5,000 MHz) emessi in tempo universale coordinato (UTC).

Poichè lo scarto tra questa scala di tempo e la scala di tempo universale provvisorio rotazionale (TU2) è sempre generalmente inferiore a  $0^s.1$  l'errore nella valutazione dei tempi risulta senz'altro compatibile con le precisioni ottenibili nelle altre operazioni.

### 1.3. - DESCRIZIONE DEI PUNTI.

Il centro trigonometrico di Aquileia è individuato dal centro di una piastra metallica cementata nella cella campanaria del campanile sull'asse dello stesso a quota 37,2 m s. m. Il pilastro per le osservazioni venne costruito, come è indicato nella fig. 1 presso uno dei finestroni, unico punto dal quale si potevano collimare il Nord e Aquileia restando all'interno della torre.



NOTAZIONI : C = centro trigonometrico (centro campanile)  
 O = centro del teodolite Wild T4 (e della mira)  
 E = elioscopio  
 OL = linea meridiana

MISURE LINEARI : OC = m. 4.93

MISURE ANGOLARI :  $\alpha = 09^{\circ} 20' 07''.5 \pm 8''.5$

VALORI CALCOLATI : X = m. 0.80

$\delta_1 = 82^{\circ} 21' 47''$

Fig. 1

Il centro trigonometrico di Opicina, localizzato al centro di un vecchio pilastro risulta incassato fra i due serbatoi dell'acquedotto comunale e le due massicciate che li ricoprono. Tutta la zona circostante è inoltre circondata da una folta pineta per modo che il punto risulta inaccessibile per le osservazioni. Dopo attento sopralluogo la soluzione migliore ci parve quella di erigere il pilastro sul muraglione ad Ovest del serbatoio nuovo, il che fu fatto col gentile permesso dell'ACEGAT di Trieste che teniamo a ringraziare anche in questa sede. Questo muro sporge,

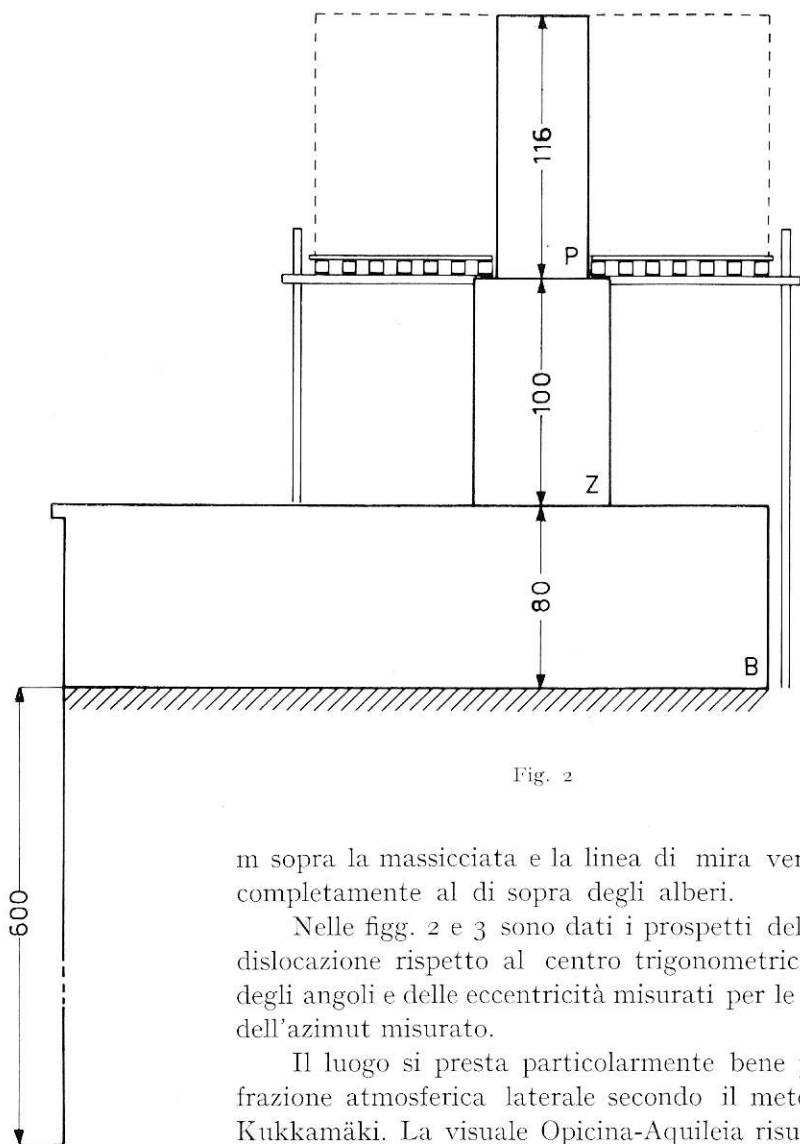


Fig. 2

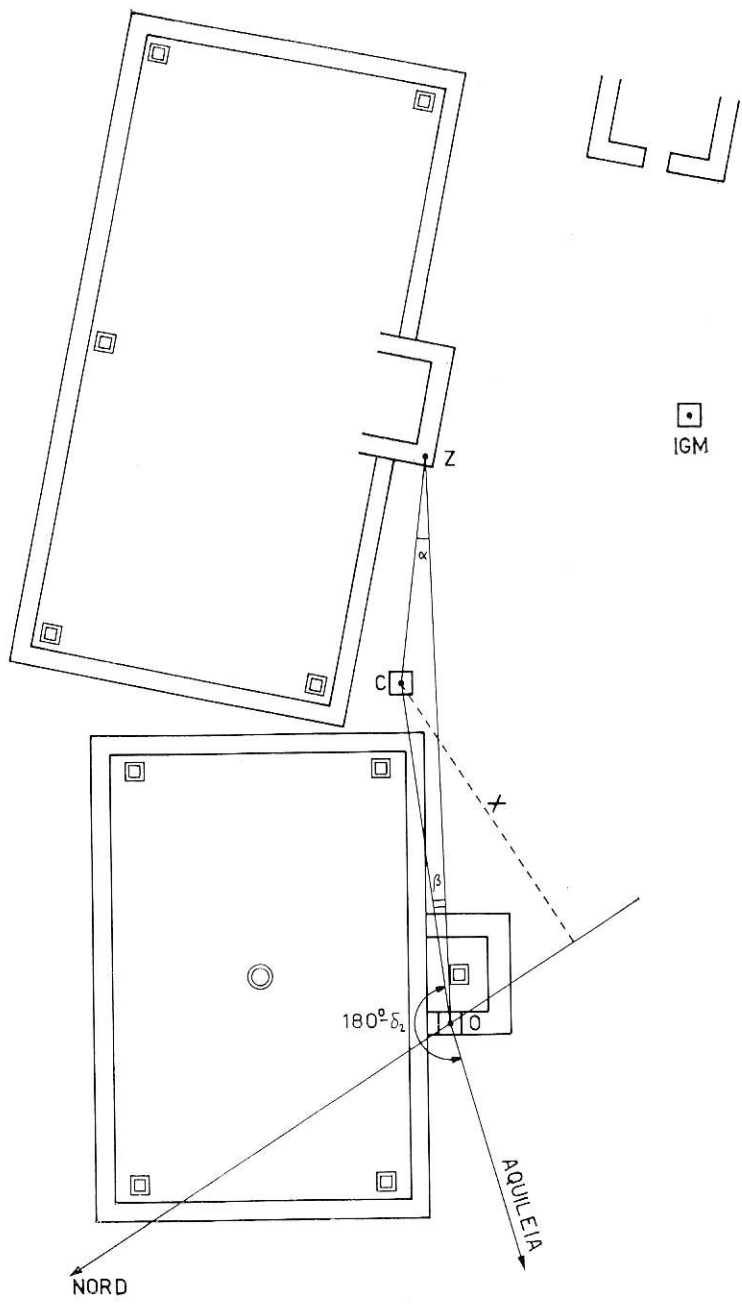
nella sua parte superiore per 0.80 m dalla massicciata; su questo venne costruito uno zoccolo alto 1 m e sullo zoccolo il pilastro alto 1.16 m. Zoccolo e pilastro costituiscono un blocco unico in cemento armato e sono ancorati al basamento con 4 ferri del diametro di 10 mm. La sommità del pilastro viene perciò ad essere ad una altezza di 2.86

m sopra la massicciata e la linea di mira verso Aquileia passa completamente al di sopra degli alberi.

Nelle figg. 2 e 3 sono dati i prospetti del pilastro e la sua dislocazione rispetto al centro trigonometrico con indicazione degli angoli e delle eccentricità misurati per le riduzioni al centro dell'azimut misurato.

Il luogo si presta particolarmente bene per studi sulla rifrazione atmosferica laterale secondo il metodo e la teoria di Kukkamäki. La visuale Opicina-Aquileia risulta, nel suo tratto iniziale, inclinata rispetto alla pendenza del terreno che degrada rapidamente verso il mare; anzi, per i primi 400 metri, risultando non più alta di 30-40 m dal suolo, attraversa obliqua-





NOTAZIONI : C = centro trigonometrico  
 O = centro strumentale Wild T4  
 Z = Zeiss II'

MISURE LINEARI : ZC = m. 18.40

MISURE ANGOLARI :  $\alpha = 08^\circ 35' 32'' \pm 2$

$\beta = 05^\circ 38' 23'' \pm 7$

VALORI CALCOLATI :  $\delta_2 = 171^\circ 35' 12''$

X = m. 25.21

mente gli strati isoterma che, secondo quella teoria possono ritenersi paralleli alla superficie fisica del terreno, dando così luogo agli effetti rifrazionari dei quali tratteremo come già accennato, in altra sede.

Le coordinate astronomiche e geodetiche dei punti usate nel presente lavoro sono riportate nella tabellina II.

*Tabella II*

	AQUILEIA	OPICINA
$\lambda_a$	— 13°22'09".18	— 13°46'21".12
$\lambda_g$	— 13 22 14 .73	— 13 46 36 .84
$A_g$	106 58 17 .44	287 15 44 .31
$\varphi$	+ 45 46 09 . 4	+ 45 40 54 . 0

## 2. — DETERMINAZIONE DEGLI AZIMUT RECIPROCI

### 2.1. — METODI DI OSSERVAZIONE.

Il metodo usato per la determinazione degli azimut è il ben conosciuto metodo classico della osservazione della polare ( $\alpha$  Ursae Minoris), impiegato nella campagna dei punti di Laplace. Questo metodo consiste, come è noto, nella determinazione dell'angolo compreso tra il piano verticale della polare ed il piano verticale della stazione reciproca. Il punto di riferimento di questa ultima stazione (materializzato dalla mira luminosa) è stato scelto sempre, come si è visto, nelle immediate vicinanze del punto trigonometrico, curando in particolare le condizioni per la migliore mutua visibilità.

L'osservazione di quest'angolo è stata eseguita sempre in doppio nelle due posizioni dello strumento per eliminare l'errore di eccentricità. Di conseguenza l'ordine delle puntate è stato: mira - polare - polare - mira. L'insieme di queste operazioni costituisce un unico strato (zero). Vennero osservati in ognuna delle due stazioni 12 gruppi, ciascuno costituito da 6 strati. Tra un gruppo ed il successivo il cerchio orizzontale veniva ruotato di 15° in modo da diminuire l'influenza degli errori di graduazione del cerchio e contemporaneamente veniva invertita la livella di inclinazione.

In tal modo, poichè le osservazioni vennero equamente distribuite tra i due osservatori, ciascuno di essi veniva ad effettuare 6 determinazioni di un semistrato di 15° in 15° per tutto l'arco della circonferenza da 0° a 360°.

L'osservazione della polare e della mira luminosa vennero effettuate sempre allo stesso modo e cioè bisecando la stella o l'immagine luminosa, anche quando

quest'ultima a causa di imponenti fenomeni di perturbazione atmosferica appariva fortemente agitata. Il metodo della bisezione della polare col filo mobile è stato preferito dagli autori al comune metodo del passaggio della polare sul filo centrale, a causa della notevole lentezza di quest'ultimo specie all'epoca delle elongazioni, risultando d'altra parte i due metodi altrettanto precisi, come è stato mostrato in numerose campagne.

L'istante della bisezione della stella al momento della puntata veniva letto, su comando dell'osservatore, sopra un orologio a tempo siderale al decimo di secondo.

Ciascuna puntata della mira luminosa e della polare veniva infine seguita dalla lettura della livella nelle due posizioni dello strumento.

## 2.2. - RISULTATI E RIDUZIONI DELLE OSSERVAZIONI.

I valori delle letture azimutali della mira luminosa e della polare sono state in in primo luogo corrette dall'errore di inclinazione  $i$  dell'asse strumentale per mezzo della relazione

$$c = \frac{d}{4} \left[ (W_1 + W_2) - (E_1 + E_2) \right] \cotg.z = i \cotg. z$$

nella quale  $W_i$  ed  $E_i$  rappresentano le letture dei due estremi della bolla della livella nelle posizioni West e East del cerchio e nell'ipotesi che lo zero della livella sia posto dalla parte del cerchio e gli angoli vengano contati positivamente in senso orario.

Successivamente, all'angolo formato dalle due direzioni della mira e della polare all'istante  $t$  di tempo siderale è stato aggiunto l'azimut della polare calcolato dalla nota relazione:

$$\cotg A = [\cos \varphi \operatorname{tg} \delta - \sin \varphi \cos (t - \alpha)] \operatorname{cosec} (t - \alpha)$$

e corretto per la curvatura del parallelo.

Le coordinate equatoriali apparenti della polare, interpolate per l'istante  $t$  della bisezione della stella, sono state tratte dal *Apparent Places of Fundamental Stars* nel sistema FK4.

Agli azimut astronomici reciproci di Aquileia ed Opicina così calcolati sono state apportate successivamente le correzioni dovute al movimento del polo istantaneo di rotazione.

Queste ultime fornite dalla nota relazione:

$$\Delta A = (x \sin \lambda - y \cos \lambda) \sec \varphi,$$

sono state calcolate utilizzando i valori delle coordinate del polo istantaneo nel *Nuovo Sistema* 1900-05, estrapolate dal I.P.M.S. per il periodo in esame.

Poichè le osservazioni astronomiche nei due punti sono state effettuate i giorni 11 e 12 ottobre ad Aquileia, ed i giorni 14, 15 e 17 ottobre ad Opicina, è stato possibile attribuire a tutte le osservazioni effettuate in ciascuno dei punti un'unica correzione, e precisamente:

$$\Delta A_{\text{Aqu}} = - 0'',40$$

$$\Delta A_{\text{Opi}} = - 0'',38$$

I valori osservati sono stati quindi ridotti alla loro posizione reale apportando la correzione per l'aberrazione diurna il cui valore è risultato per ambedue i punti di  $+ 0'',32$ . (Tabella III)

Tabella III

AZIMUT DI AQUILEIA					AZIMUT DI OPICINA								
Data	Proverbio		De Concini		Data	Proverbio		De Concini					
1965	Gruppo	106° 58'	Gruppo	106° 58'	1965	Gruppo	287° 15'	Gruppo	287° 15'				
11 Ott.	3	22''61	4	20''45	14 Ott.	1	40''48	2	38''23				
		19 43		20 19			38 34		41 24				
		21 75		18 40			40 20		40 35				
		19 89		22 31			40 13		39 46				
		20 08		19 23			40 62		37 87				
		21 81		22 02			40 07		38 69				
	5	18 04	6	18 21	3	40 16	4	37 73					
		21 61		20 36		39 64		39 80					
		22 29		20 42		39 87		38 35					
		22 17		21 33		40 47		40 72					
		20 25		19 72		38 66		40 16					
		20 36		17 86		39 57		40 75					
		8		20 97		7		22 56	15 Ott.	5	6	41 47	
				19 26				20 67				40 02	38 31
	21 36		21 21	38 44	40 01								
	22 07		20 48	38 14	40 68								
	21 16		21 53	40 10	37 72								
	20 04		22 95	39 15	38 13								
	10	20 36	9	18 51	17 Ott.	8	7	41 49					
		20 51		20 52				38 59	34 49				
		19 83		20 01				38 77	36 65				
		20 73		19 96				36 28	37 22				
		20 17		18 30				36 46	35 88				
		21 44		18 10				38 28	38 93				
12 Ott.		12		19 39				11	23 63	10	9	36 74	
				20 99					23 44			37 30	36 53
				21 12					21 98			38 32	38 54
				23 02					20 42			35 33	37 89
				23 03					20 19			37 92	38 20
				20 73					21 37			43 25	36 82
I	I	20 34	11	21 06	12	2	36 99						
		20 04		19 82			36 99	39 08					
		20 32		19 53			39 46	39 40					
		19 24		20 94			38 13	37 82					
		20 56		20 41			38 73	36 11					
		20 64		23 59			36 43	39 49					
							37 68	39 72					

## 2.3. - GLI AZIMUT MEDI DEI PUNTI DI OSSERVAZIONE.

Nella tabellina IV sono dati i valori medi dei due azimut reciproci con i relativi errori quadratici calcolati indipendentemente per i due osservatori e la loro media generale. Le differenze degli azimut osservati mettono in evidenza un errore sistematico personale relativo tra i due osservatori, che risulta in media :

$$A_{pr} - A_{de} = + 0''27$$

Successivamente sono stati calcolati i valori medi di gruppo degli azimut osservati per mettere in evidenza un'eventuale correlazione tra gli azimut stessi e l'ora di osservazione. L'esistenza di una variazione sistematica degli azimut in funzione del tempo sembra dimostrata dai diagrammi di Fig. 4 e Fig. 5 relativi rispettivamente alle osservazioni di Opicina e Aquileia. In queste gli azimut medi di gruppo sono distinti per i due osservatori e per i vari giorni di osservazione e sono dati in funzione dell'istante medio di osservazione espresso in frazione di giorno.

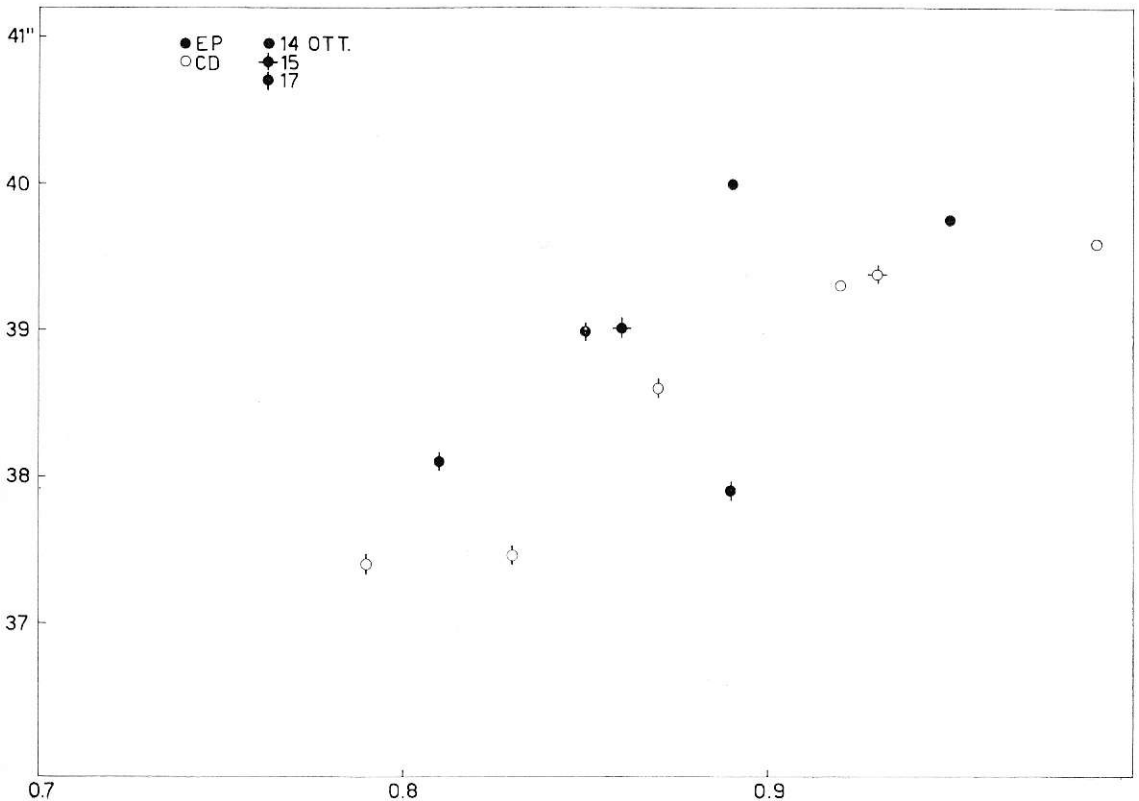


Fig. 4

L'esistenza di queste variazioni la cui origine (locale) tuttavia non è ancora sicuramente identificata sono in parte la causa dell'esistenza del cosiddetto « errore notturno » che costituisce la somma delle componenti accidentali e sistematiche delle variazioni di azimut osservati in sere diverse.

Tabella IV

Osservatore	Stazione	
	AQUILEIA	OPICINA
Proverbio . . . . .	106°58'20''.87 ± .19	287°15'39''.01 ± .27
De Concini . . . . .	20.67 ± 26	38.68 ± 29
valore medio . . . . .	20.77 ± 16	38.89 ± 19

Bonsdorff [4] ha messo chiaramente in evidenza l'esistenza di questo errore. Chiamando  $\varepsilon$  l'errore medio di una singola osservazione (strato)  $n$  il numero medio di strati effettuati in una notte, ed  $\varepsilon_n$  l'errore medio (esterno) dell'azimut medio

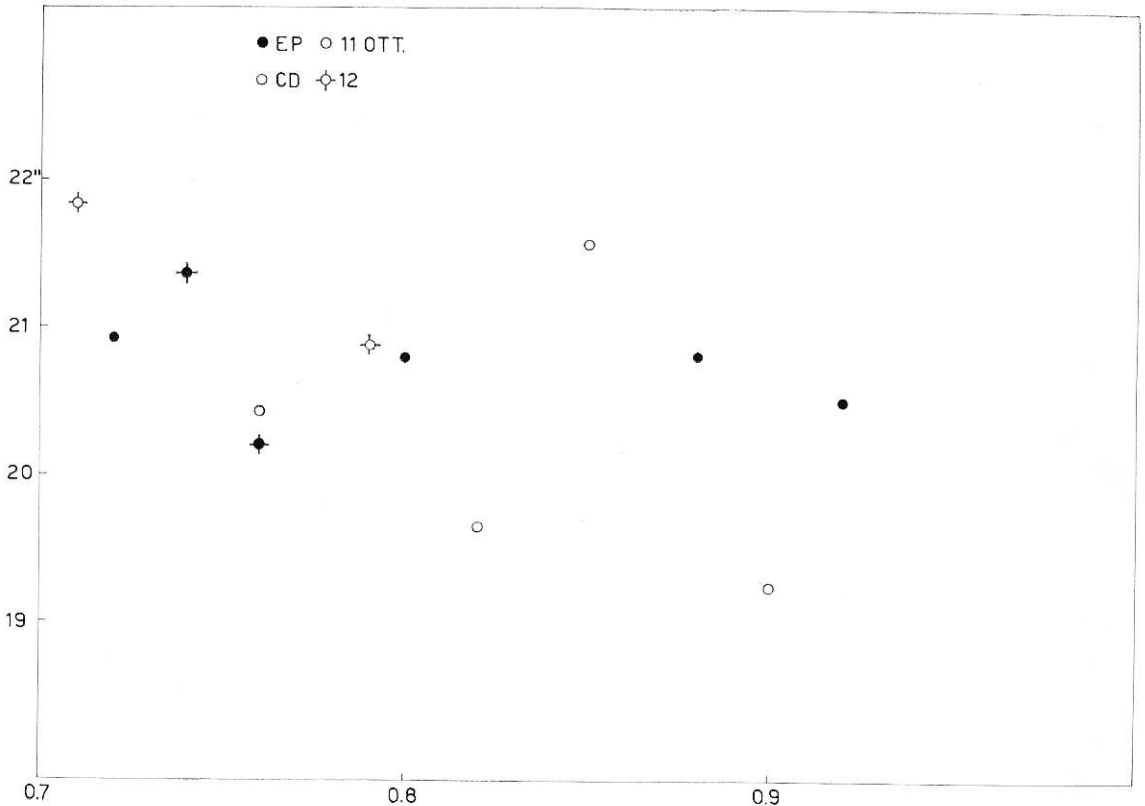


Fig. 5

(pesato) per ogni singola notte, si può scrivere :

$$\varepsilon_n^2 = \frac{\varepsilon^2}{n} + \eta^2,$$

dove  $\eta$  rappresenta il cosiddetto *errore notturno*.

Con i dati a nostra disposizione si trova per le due stazioni :

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \pm 1''.48 \\ \varepsilon_n &= \pm 0''.60 \\ \eta &= \pm 0''.59.\end{aligned}$$

### 3. — RIDUZIONE DEGLI AZIMUT AI CENTRI TRIGONOMETRICI

Le riduzioni degli azimut misurati ai rispettivi centri trigonometrici furono calcolate con la nota formula :

$$(1) \quad c = \frac{e \sin \delta}{D \operatorname{arc} 1''}$$

nella quale  $e$  è l'eccentricità dello strumento (o della mira) assunta positiva quando il fuori centro è a Sud rispetto al centro trigonometrico,  $D$  la lunghezza della geodetica,  $\delta$  l'angolo fra le direzioni che dal fuori centro vanno ai due centri trigonometrici.

A causa della contemporanea eccentricità dello strumento e della mira la (1) andrà nel nostro caso applicata due volte ed è quasi ovvio dire che la riduzione complessiva risulta identica per i due punti.

In Aquileia l'eccentricità  $e$  è stata misurata direttamente con una cordella metrica e risultò  $e = -4.93$  m. Per ottenere l'angolo  $\delta$  è stato invece misurato l'angolo  $\alpha$  (v. fig. 1) segnando sul muro della cella campanaria un segno di riferimento che col centro strumentale individua la direzione del meridiano locale. Sono state eseguite col Wild T4 varie collimazioni a quel segnale e al centro trigonometrico ottenendo per quell'angolo il valore

$$\alpha = 9^{\circ}20'07'',9 \pm 8''.5$$

L'errore medio di  $\alpha$  risulta notevole a causa dell'eccessiva vicinanza dei due punti collimati.

Da semplici considerazioni geometriche risulta allora dalla fig. 1 :

$$\delta_1 = 82^{\circ}21'47''.08 \pm 8''.5$$

Pertanto essendo  $D = 33075$  m, risulta dalla (1) per la riduzione al centro del pilastro in Aquileia

$$c_1 = -30'',47$$

L'errore medio di questa correzione risulta calcolabile dalla formula :

$$(2) \quad m_{c_1} = \pm \left| c_1 \right| \sqrt{\frac{m_e^2}{e^2} + \cotg^2 \delta m_{\delta}^2}$$

che risulta dalla (1) applicando la consueta legge di propagazione per gli errori accidentali, avendo indicato con  $m_e$  e  $m_\delta$  gli errori quadratici medi di  $e$  e di  $d$ .

Assumendo  $m_e = \pm 1$  cm,  $m = \pm 8''.5$ , risulta :

$$m_{c_1} = \pm 0''.09$$

Per le riduzioni del fuori centro in Opicina, non risultando l'eccentricità  $e$  misurabile direttamente, si è dovuto ricorrere a una piccola triangolazione col sussidio del teodolite Zeiss II piazzato sul muraglione dell'osservatorio vecchio (punto Z della fig. 3). Furono misurati rispettivamente con gli strumenti Wild e Zeiss gli angoli  $\alpha$  e  $\beta$  ivi riportati, nonchè la distanza  $d$  fra lo Zeiss e il punto trigonometrico. Coi valori misurati :

$$\alpha = 8^\circ 35' 32'' \pm 2'' \quad \beta = 5^\circ 38' 23'' \pm 7'' \quad d = 18,40 \text{ m}$$

risulta allora

$$e = 27.97 \text{ m}$$

Mentre per l'angolo  $\delta$  si ha il valore  $\delta_2 = 171^\circ 35' 12'' \pm 3''$

La distanza  $d$  è stata misurata una volta sola usando una cordella metrica. Dato il valore piuttosto grande di  $d$  è ammissibile che quella misura sia affetta da un errore approssimativamente  $= \pm 5$  cm. Con questo errore medio e con quelli sopra risultati risulta per  $e$  un errore medio  $m_e = \pm 0.08$  m.

L'applicazione della formola (1) dà allora per la riduzione del pilastro in Opicina:

$$c_2 = + 25''.52 \pm 0''.07$$

Complessivamente, la riduzione al centro per ciascuno degli azimut misurati risulta :

$$c = c_1 + c_2 = - 4''.95 \pm 0''.11$$

Le altre correzioni da apportare agli azimut misurati e ridotti ai rispettivi centri trigonometrici sono notoriamente :

a) la correzione per l'altezza della mira dedotta dalla formola

$$c_3 = \frac{e^2 h}{2a \operatorname{arc} 1''} \cos^2 \varphi \sin 2 A$$

con ovvio significato dei simboli. Coi valori di  $e$  e di  $a$  adottati per l'ellissoide internazionale, essa si può scrivere :

$$c_3 = 0''.0001087 h \cos^2 \varphi \sin 2 A.$$

Poichè  $|\cos^2 \varphi \sin 2 A| \leq 1$ , se ne deduce che quando la mira ha un'altezza sul geoido inferiore ai 100 m, la correzione  $c_3$  può essere senz'altro trascurata.

Nel caso specifico, l'azimut misurato in Opicina avrà correzione nulla essendo per la mira collimata (in Aquileia)  $= 38,5$  m.

La correzione dell'azimut misurato in Aquileia risulta invece :

$$c_3 = - 0''.01$$



essendo la mira collimata (in Opicina) ad un'altezza  $h$  a 400 m ed essendo risultato  $\cos^2 \varphi \sin 2A = -0.2766$ .

b) la correzione per la convergenza del meridiano del centro trigonometrico rispetto a quello passante per il fuoricentro, venne ricavata mediante la formula

$$c_3 = \frac{-x}{N \operatorname{arc} 1''} \operatorname{tg} \varphi,$$

dove  $x$  è l'archetto di parallelo compreso fra i due sopraddetti punti e contato positivamente dal centro trigonometrico verso Est.

Essendo risultato in Aquileia  $x = +0.80$  m e in Opicina  $x = -25,21$  le correzioni per gli azimut rispettivi risultano:

$$\begin{aligned} c^{(1)} &= -0''.30, \\ c^{(2)} &= +0''.83 \end{aligned}$$

rispettivamente per Aquileia ed Opicina.

Apportando alla media generale degli azimut osservati (Tabella IV) le correzioni  $c$ ,  $c_3$  e  $c_4$  si hanno per gli azimut definitivi dei centri trigonometrici i valori

$$\begin{aligned} A_{\text{Aqu}} &= 106^\circ 58' 15''.70 \\ A_{\text{Opi}} &= 287^\circ 15' 34''.67 \end{aligned}$$

Utilizzando questi valori e quelli riportati nella Tabella II si ottengono i seguenti residui di Laplace:

$$\begin{aligned} \delta_{\text{Aqu}} &= +2''.24 \\ \delta_{\text{Opi}} &= +1''.61. \end{aligned}$$

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] A. GENNARO, G. PINTO, V. TOMELLERI, *Determinazioni astronomiche di latitudine e longitudine eseguite lungo il litorale adriatico nel 1957 e 1958*. Publ. Comm. Geod. Ital., III Serie, Memorie, n. 16, 1961.
- [2] C. DE CONCINI, *Studio della livella di sospensione del Wild T4 appartenente all'Istituto di Geodesia e Geofisica dell'Università di Padova*. «Atti Ist. Veneto di Sc. LL e AA», Anno Acc. 1958-59, Tomo CXVII, 1959.
- [3] V. R. OLANDER, *General list of astronomical azimuths observed in 1920-1959 in the primary triangulation net*. Veröffen des Finnischen Geod. Institut., n. 60, 1965.
- [4] Verhandl. der 9 tagung der Balt. «Geod. Komm.», 1937.

**LA CARTOGRAFIA PRODOTTA DALL'ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE è IN VENDITA AL PUBBLICO PRESSO LE PRINCIPALI LIBRERIE DEI MAGGIORI CENTRI DEL TERRITORIO NAZIONALE**

SCALA 1:25.000 (tavolette)	{	ediz. " in nero ,, ..... ogni tavoletta L. 450
	{	ediz. " a colori ,, (per quelle già pubblicate) » » » 450
SCALA 1:100.000 (fogli della Carta d'Italia)	{	a colori con orografia a sole curve ..... ogni foglio » 700
	{	a colori con orografia a curve e sfumo ..... » » » 700
	{	in bistro con limiti amministrativi ..... » » » 700
SCALA 1:200.000 (fogli della Carta d'Italia)	{	a colori con orografia a sole curve (ad esaurimento) » » » 600
	{	a colori con orografia a curve e sfumo ..... » » » 600
SCALA 1:250.000	-	carte delle regioni (ad esaurimento) ..... » » » 700
SCALA 1:1.000.000	-	carta stradale d'Italia - in 2 fogli - ..... » » » 860
SCALA 1:2.000.000	-	carta d'Italia - in unico foglio - ..... » 700

**PLASTICI IN VINILITE**

SCALA 1:25.000 (plastici speciali)	{	Monte Bianco ..... ognuno L. 24 300
	{	Monte Cervino ..... » » 24 300
	{	Cortina d'Ampezzo ..... » » 27 200
SCALA 1:100.000 (fogli singoli)	{	quelli sinora pubblicati, relativi ad alcune zone del nord e centro Italia ..... ogni foglio » 4 600
SCALA 1:200.000 (fogli singoli)	{	quelli sinora pubblicati, relativi a tutto il territorio nazionale ..... » » » 4 600
SCALA 1:1.000.000	{	Italia - in 2 fogli - ..... » » » 24 300
	{	i due fogli suddetti montati su pannello con cornice .... » 86 000

SPESE PER IMBALLO, SPEDIZIONE E I. G. E. A CARICO DEL DESTINATARIO.

NON SI CONCEDONO SCONTI SUI PREZZI.

( estratto dal Catalogo delle Pubblicazioni I. G. M. in vigore dal 1° Gennaio 1966 )

Informazioni più dettagliate si potranno ottenere consultando il Catalogo delle Pubblicazioni dell' I. G. M. presso le principali librerie incaricate alla rivendita.

CONTRIBUTI  
DELL' OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI MILANO-MERATE

---

NUOVA SERIE

- » 200 - G. DE MOTTONI, *Nuovi specchi telescopici metallici.*
- » 201 - F. ZAGAR, *L'Osservatorio di Milano nella storia.*
- » 202 - M. HACK, *Absolute Magnitude of O-type stars.*
- » 203 - G. DE MOTTONI, *Il nuovo riflettore di 1,37 m dell'Osservatorio di Merate.*
- » 204 - M. FRACASSINI, *The solution of the van de Hulst's integral equations for computing electron density of the solar corona.*
- » 205 - M. HACK, *The shell spectrum of W Serpentis.*
- » 206 - A. GÖKGÖZ, M. HACK, I. KENDIR, *Study of the spectrum of  $\zeta$  Tauri in 1960.*
- » 207 - J. O. FLECKENSTEIN, *Boscovich als Mitbegründer der sphärischen Trigonometrie.*
- » 208 - A. MASANI, *The propagation of shock waves in the inside of Stars II.*
- » 209 - F. ZAGAR, *Galileo astronomo.*
- » 210 - E. PROVERBIO, *Condizioni per la determinazione della costante micrometrica per mezzo di coppie stellari fondamentali.*
- » 211 - A. MASOTTI, *Sopra alcuni cimeli bibliografici della Specola braidense.*
- » 212 - M. FRACASSINI, *The solution of the van de Hulst's integral equations, for computing electron density of the solar corona: general solutions, applications and fortran programming for the IBM 1620 computer.*
- » 213 - E. PROVERBIO, *Determinazione fotografica di precisi istanti dei contatti durante l'eclisse totale di sole del 15 febbraio 1961.*
- » 214 - G. DE MOTTONI, *Considerazioni sulla Collaborazione internazionale nello studio fotografico del Pianeta Marte.*
- » 215 - M. HACK e L. PASINETTI, *Quantitative analysis of the Huydrogen - poor star  $\nu$  Sagittarii.*
- » 216 - A. MASANI, *Sui recenti sviluppi della teoria delle stelle variabili.*
- » 217 - M. FRACASSINI e M. HACK, *Intensities polarization and electron density of the solar corona during the total solar eclipse of 1961, february 15: (final results) paper II.*
- » 218 - R. FARAGGIANA e M. HACK, *The magnetic star  $\gamma$  Equulei.*
- » 219 - E. PROVERBIO, *La variazione della latitudine di Milano (Brera) nel periodo 1960.1-1961.3.*
- » 220 - E. PROVERBIO, *Sul problema della determinazione dell'azimut strumentale meridiano.*
- » 221 - R. FARAGGIANA e M. HACK, *Results obtained from the 1961-62 eclipse of  $\beta$  Cygni.*
- » 222 - P. BROGLIA, *The ultrashort period variable SZ Lyncis.*
- » 223 - A. PASINETTI e L. E. PASINETTI, *The problem of ionising radiations in space flight.*
- » 224 - E. PROVERBIO, *Possibilità della misura di distanze nel campo topografico con metodi ottici.*
- » 225 - T. TAMBURINI, *Studio spettrofotogrammetrico di  $\delta$  Arietis.*
- » 226 - P. BROGLIA, *Ligh curve variations and elements of CW Cassiopeiae.*
- » 227 - A. MASANI, G. SILVESTRO, *Energy Spectrum of Neutrinos Produced in  $e^+$ ,  $e^-$  Pair annihilation.*
- » 228 - M. FRACASSINI, L. E. PASINETTI, *Study of  $\epsilon$  Del; Reduction and Eleboration of the observations by the electronic computer IBM 1620.*
- » 229 - E. PROVERBIO, *Riduzione degli errori sistematici nelle osservazioni meridiane di tempo e di longitude.*

- » 230 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione di differenze di longitudine per scopi geodetici.*
- » 231 - E. PROVERBIO, *Osservazioni sulla propagazione di segnali orari su 2.500 e 5.000 Mc/s durante l'eclisse totale di sole del 15 febbraio 1961.*
- » 232 - R. FARAGGIANA, *Quantitative analysis of Capricorni.*
- » 233 - A. MASANI, *La produzione di neutrini nei plasmi ad altissima temperatura.*
- » 234 - E. PROVERBIO, *Ricerche sulla marcia e sulla deriva di campioni di frequenza a quarzo.*
- » 235 - E. PROVERBIO, *Sur la determinartion du facteur de qualité du Système Balancier - Spiral d'un oscillateur mecanique.*
- » 236 - M. FRACASSINI, L. PASINETTI, *Teorie e problemi attuali sulle variazioni della brillantezza della luce zodiacale (L. Z.) e anti solare (A. S.) e delle emissioni del cielo notturno (airglow) in relazione al ciclo solare e lunare.*
- » 237 - A. MASANI, R. GALLINE, T. SILVESTRO, *Neutrino Emission of Massive Star Evolutions, in the Late Stages.*
- » 238 - R. FARAGGIANA, A. GÖKGÖZ, M. HACK, I. KENDIR, *Spectrographic Observations of the 1962 Eclipse of 32 Cygni.*
- » 239 - C. DE CONCINI, E. PROVERBIO, *Determinazione unilaterale della differenza di longitudine tra Milano (Brera) e Solvino e valutazione critica dei metodi di riduzione.*
- » 240 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione delle variazioni della curvatura media di una livella e delle irregolarità di curvatura.*
- » 241 - E. PROVERBIO, *Determinazione degli errori progressivi e del passo della vite micrometrica di un micrometro di latitudine con stelle a bassa declinazione.*
- » 242 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione dell'equazione personale mediante osservazioni di passaggi di meridiano.*
- » 243 - E. PROVERBIO, *Sulla determinazione astronomica del tempo e sull'impiego del metodo di Dollen in meridiano in determinazione di elevata precisione.*
- » 244 - E. PROVERBIO, F. CHILISTOVSKY, *Sulle variazioni a corto periodo della velocità di rotazione della terra.*
- » 245 - A. MASANI, R. GALLINO, DF. SILVESTRO, *L'astronomia del neutrino.*
- » 246 - E. PROVERBIO, L. MARTINENGI, *Programmi di riduzione su calcolatore elettronico delle Osservazioni Astronomiche di Tempo e di Azimut.*
- » 247 - E. PROVERBIO, *Amplificateur de temps et dispositifs de comparaison des pendules astronomiques de precision tres élevée.*
- » 248 - F. ZAGAR, *Astronomia classica e Meccanica celeste.*
- » 249 - E. PROVERBIO, *Sulla riduzione delle osservazioni fotografiche di eclissi solari in vista di applicazioni astrometriche e geodetiche di elevata precisione.*
- » 250 - A. MANARA, *La strumentazione dell'Osservatorio di Brera in Milano per l'inseguimento ottico dei satelliti artificiali.*
- » 251 - L. SANTOMAURO, *L'applicazione dell'Astrodinamica allo studio dell'alta atmosfera.*
- » 252 - G. DE FAZIO, F. JOB, E. PROVERBIO, *Programmazione delle osservazioni di stelle in meridiano col metodo di Dollen mediante calcolatore IBM 1620.*
- » 253 - M. FRACASSINI, L. E. PASINETTI, *Il contributo cometario alla luce zodiacale e all'airglow.*
- » 254 - E. PROVERBIO, F. CHILISTOVSKI, *Determinazione astronomica degli errori personali assoluti nelle osservazioni di tempo e ricerche sugli errori di catalogo.*
- » 255 - J. O. FLECKENSTEIN-GALLO, *Risultati definitivi delle osservazioni di latitudini all'Osservatorio di Brera durante l'anno geofisico 1957-1958.*
- » 256 - A. MANARA, *Sulla determinazione del sorgere e della velocità angolare dei satelliti artificiali per l'orizzonte di Milano.*