

PADRE GIOVANNI INGHIRAMI E LA SUA TRIANGOLAZIONE DELLA TOSCANA

Prof. GIOVANNI BOAGA

Dopo la pace di Aquisgrana (1748) troviamo l'Italia suddivisa in molti stati. I vari reggitori, ad imitazione di quanto era stato fatto e si faceva allora in Francia, ebbero l'ambizione di procurarsi la carta topografica dei loro territori. Vennero così, non solo appoggiate, ma incrementate e sostenute tutte le iniziative astronomico-geodetiche. Sono di quest'epoca difatti, le istituzioni degli osservatori astronomici e degli istituti topografici.

Compiti degli osservatori astronomici sono quelli di determinare con osservazioni stellari (mediante strumenti forniti di canocchiale e di cerchi graduati) le posizioni sul globo terrestre di alcuni luoghi; indi trasportarle in luoghi successivi mediante le triangolazioni (catene o reti). Queste triangolazioni sono costituite da una successione di triangoli. Soltanto un lato del primo triangolo viene misurato e ciò con aste di legno ben stagionate e di provata lunghezza e gli angoli interni (due o tre) di tutti i triangoli. Il lato misurato viene chiamato base. Le lunghezze dei lati dei triangoli successivi sono determinate con il calcolo per mezzo dei noti procedimenti della trigonometria. In breve si possono avere per tutti i vertici dei singoli triangoli le coordinate geografiche e quindi fissare le loro esatte posizioni sul foglio da disegno dove in precedenza è stato accuratamente disegnato il reticolato geografico rappresentante il succedersi dei paralleli (latitudini) e dei meridiani (longitudini) per lo più equidistanti.



RIV. CATASTO RIPR.

Fig. 1 – Padre Giovanni Inghirami 1779-1851

Gl'istituti topografici hanno invece, come scopo fondamentale, quello del rilievo del terreno, con tutti i particolari d'importanza, come strade, corsi d'acqua, casolari, ecc. e sopra a tutto il tracciamento della linea di confine con i luoghi limitrofi. Detti rilievi sono effettuati per lo più con la tavoletta misurando direttamente le distanze riducendole in opportuna scala di riduzione (scala della carta). Tali rilievi vengono inquadrati fra i vertici trigonometrici fissati in precedenza sul foglio da disegno mediante le coordinate geografiche. Si ottiene così la Carta. In seguito su queste carte si indicano i limiti di proprietà e le diverse colture; la Carta, così, si trasforma in Mappa censuaria, tipica quella della Toscana effettuata sotto la direzione dell'Inghirami, che costituisce il primo esempio di Mappa censuaria geometrica.

Questi lavori, per lo più eseguiti da religiosi (Gesuiti, Scolopi, ecc.), furono continuati per tutta la seconda metà del secolo XVIII, e all'inizio del secolo XIX essi vennero intrapresi anche in Toscana. L'animatore, l'esecutore e il coordinatore dei lavori astronomico-geodetici



per tutto il Granducato di Toscana, fu lo scolopio P. Giovanni Inghirami, che riuscì a realizzare quella magnifica Carta che molti anni prima era stata pensata dal P. Ximenes, fondatore dell'Osservatorio che oggi porta il suo nome.

L'opera dell'Inghirami come geodeta è singolarmente importante e per i lavori eseguiti e per i risultati ottenuti. Non ostante la non perfezione degli strumenti allora in uso, i lavori dell'Inghirami, alla luce dei moderni criteri della scienza geodetica, possono essere paragonati a quelli oggi ottenuti in rilievi similari. Egli fu il primo ad effettuare le determinazioni di differenze di quote col metodo trigonometrico, abbandonando il metodo barometrico allora generalmente impiegato. In particolare a lui si deve il riscontro di alcune « anomalie » fra i valori delle coordinate geografiche di una località, ottenute col procedimento stellare e col procedimento della triangolazione. Così, per esempio, egli trovò a Pisa l'anomalia di 8" fra la latitudine osservata dal De Zach mediante osservazioni astronomiche e quella da lui stesso ottenuta col metodo geodetico. Lo studio di queste « anomalie » ha portato gli scienziati a concludere che esse dipendono dalle attrazioni delle montagne e dalla diversa distribuzione di densità sotterranea. Attualmente queste ricerche vengono utilizzate nella « geofisica applicata » per la individuazione di giacimenti metalliferi.

Data l'importanza degli studi dell'Inghirami, in occasione del centenario della sua morte (1851) e a continuazione dei festeggiamenti fatti per la ricorrenza del III secolo dalla morte (1648) del nostro Fondatore S. Giuseppe Calasanzio, ho chiesto al prof. Giovanni Boaga, dell'Università di Roma, Vice Presidente della Commissione geodetica italiana, Direttore Generale del Catasto, di volere illustrare l'opera scientifica dell'Inghirami nel campo geodetico. Egli, molto cortesemente, ha aderito al mio desiderio ed ha redatto la Memoria che segue, lieto di aver così potuto contribuire a mettere in rilievo l'opera scientifica dell'Inghirami, che tanto ha onorato l'Osservatorio Ximeniano.

Firenze, Gennaio 1951.

P. CESARE COPPEDÈ
Direttore dell'Osservatorio Ximeniano

All'inizio del secolo XIX, gran parte degli Stati europei e quasi tutti gli Stati italiani, avevano già effettuato misure astronomiche di latitudine e di longitudine, onde caratterizzare sul globo terrestre le posizioni di alcuni importanti luoghi abitati, in vista anche delle costruzioni delle carte geografiche dei rispettivi paesi.

Queste determinazioni venivano poi trasportate in più punti del territorio col mezzo trigonometrico usato per la prima volta da Snellius nel 1615 ed applicato con soddisfazione anche da La Condamine, per la misura del grado nell'emisfero australe, nell'anno 1736. I risultati di queste misure venivano poi raccolti nella « Conoscenza dei tempi » e resi di pubblica ragione.

A questo scopo in Italia erano state fatte operazioni simili specialmente per opera degli astronomi di Milano, Oriani e Cesaris, nella Lombardia e successivamente per iniziativa di Boscovich a Rimini, a Roma, e così via.

Nel Granducato di Toscana invece nessun lavoro di questo genere era stato non solo iniziato, ma nemmeno progettato.

Nel mentre ovunque fiorivano le iniziative geodetiche per la conoscenza geografica dei luoghi, questa lacuna, nella più bella terra d'Italia, era stata notata anche dal celebre astronomo barone Francesco Saverio De Zach, il quale decise, privatamente, di effettuare lavori in proposito. Nel 1808 egli infatti in Firenze eseguì numerose determinazioni astronomiche di latitudine e di longitudine in vari punti della città, le quali poi vennero trasferite all'Osservatorio del Museo, per mezzo di una triangolazione appoggiata su una piccola base da lui stesso misurata fra la Torre



della Sardinia ed il Ponte S. Trinità sviluppata sull'arco meridionale dell'Arno. Questa base risultò di circa 654 tese corrispondenti a circa 830 metri.

I risultati così ottenuti, sempre con procedimento geodetico, vennero trasportati successivamente nelle vicinanze della città, in una trentina di punti, con quaranta triangoli orientati con opportune osservazioni azimutali.

Testimone di queste operazioni astronomico-geodetiche era stato il giovane scolio, dell'Osservatorio Ximeniano, Padre Giovanni Inghirami, matematico ed astronomo. Grandissima fu l'influenza del barone De Zach sull'animo di questo giovane, il quale col più grande entusiasmo si propose di realizzare un vasto ed ardito piano operativo geodetico. Questo lavoro che occupò l'Inghirami per quasi un trentennio, che lo sottopose a sacrifici non indifferenti, venne via, via, spronato dal De Zach, come risulta dalle numerose lettere da lui inviate all'Inghirami ed ora raccolte in più volumi, conservati nella Biblioteca dell'Osservatorio Ximeniano.

Nel 1815 procuratosi — per gentile concorso del Comune — la « macchina », così chiamava l'Inghirami il magnifico teodolite ripetitore costruito da Reichembach, avente il diametro del cerchio orizzontale di 8 pollici, con approssimazione di 5" e con la « straordinaria forza e chiarezza del cannocchiale » che permetteva di estendere le visuali ad oltre le 40 miglia toscane, si propose come primo lavoro di raggiungere con una catena trigonometrica, appoggiata sulla base fiorentina del De Zach, i centri abitati di Prato e Pistoia.

I risultati conseguiti, assieme ai valori osservati, si trovano raccolti in una sua dotta Memoria inserita nel volume per l'anno 1816 dell'Imp. e R. Accademia Pistoiese.

Nel periodo di poco più di due mesi egli riuscì a coprire di triangoli le due grandi vallate dell'Arno e dell'Alpe di Vallombrosa, che si estende al di là di Pistoia fino alle Gole di Serravalle. Con tre sole stazioni: l'una a Pietramarina sulla cima di Monte Albano, l'altra al Cocollo sulle pendici dell'Alpe di Pratomagno, la terza a Montelucio nella estremità orientale del Chianti, chiuse un poligono che con due sue diagonali si estende dalla Gorgona al Trasimeno e da Radicofani al Monte Senario, toccando i suoi vertici le città di Livorno, Volterra, S. Miniato, Pistoia, Prato, Siena, Arezzo, Cortona.

Di tutto questo imponente lavoro l'Inghirami, come saggio, nella Memoria citata, riporta solo sette serie di triangoli, che per diverse vie gli hanno permesso di collegare Firenze con Prato e con Pistoia. Non erano ancora escogitati i metodi di compensazione delle reti trigonometriche, e gli operatori si studiavano di raggiungere un determinato lato — per lo più quello finale — seguendo due o più itinerari lungo i quali svolgevano opportune catene formate da un numero più o meno grande di triangoli, alle volte anche non bene conformati causa le accidentalità del terreno, dei quali con misure anche fuori centro osservavano le ampiezze di due soli angoli o di tutti e tre. In questo caso venivano sempre controllate le chiusure dei triangoli calcolando l'eccesso sferico adottando per lo schiacciamento della Terra il valore $1/310$ oppure $1/300$ e ripartendo in parti eguali sui tre angoli gli errori di chiusura, senza tener conto di alcuna tolleranza.

A questo proposito l'Inghirami non nega la bontà di questo controllo, però dimostra che esso non assicura la precisa esattezza della triangolazione.

In particolare, gli angoli da lui osservati sono risultati da un numero di ripetizioni variabili da 4 a 15 e dalle medie delle letture eseguite ai quattro noni di cui la « macchina » era dotata.

Gli angoli osservati sono stati complessivamente 103 e quelli utilizzati 124, essendo stati 21 angoli ricavati da quelli osservati, mediante addizione o sottrazione, con 11 stazioni: Museo di Fisica di Firenze — Osservatorio Scuole Pie — Pistoia — Pietramarina — Villa di Trespiano — Villa di Doccia — Monte Rinaldi — Villa Mancini — Villa Bellosguardo — Bellosguardo-Fiesole.

I triangoli risultanti sono stati 51. Il lato più lungo è dell'importo di oltre 17.000 tese.

La precisione ottenuta dall'Inghirami nella misura degli angoli — vista attraverso le moderne teorie — si può valutare compresa nell'intervallo da 1" a 4".

I trasporti delle coordinate geografiche vennero effettuati con i procedimenti allora in uso e riassunti nell'opera del De Zach, dal titolo: « Metodi analitici per la determinazione di un arco di meridiano ». Per origine venne assunto il Museo, a Firenze, dove il De Zach aveva effettuato misure astronomiche per la determinazione delle coordinate geografiche pervenendo ai seguenti



dati, ritenuti dall'Inghirami come elementi di partenza: latitudine $43^{\circ} 46' 4'',6$ longitudine $28^{\circ} 55' 2'',4$ contata dal meridano dell'Isola del Ferro.

I valori conclusi dal Nostro per Pistoia e per Prato sono stati:

	Pistoia - Palazzo Vescovile	Prato - Collegio Cicognini
Latitudine	$43^{\circ} 56' 4'',6$	$43^{\circ} 52' 56'',6$
Longitudine	$28^{\circ} 34' 48'',7$	$28^{\circ} 45' 49'',8$

In un «supplemento» alla precedente Memoria l'Inghirami dà notizia di altre osservazioni relative alla posizione di Pistoia ed a nuovi confronti ottenuti. I triangoli vengono così portati da 51 a 74, mentre gli angoli osservati raggiungono ora il cospicuo numero di 152.

In una nuova Memoria nell'anno 1817 pubblica i risultati conseguiti e quelli delle osservazioni per le latitudini e le longitudini di Volterra, S. Miniato, Fiesole, come pure quelli per alcuni luoghi intermedi che avevano servito o di stazione o di appoggio per lo stabilimento degli opportuni triangoli. In questo lavoro l'Inghirami si studia di mettere in luce l'esattezza dei suoi calcoli e delle sue osservazioni, determinando più lati delle triangolazioni, mediante itinerari diversi, attraverso catene, ed assoggettando a confronto i risultati ottenuti.

In particolare con 17 triangoli per vie diverse determina le quattro distanze:

- a) Doccia-S. Cassiano
- b) S. Cassiano-Pietramarina
- c) Pietramarina-Volterra
- d) Volterra-S. Miniato

e perviene ai seguenti risultati espressi in tese:

distanza a)	distanza b)	distanza c)	distanza d)
10414,50	11269,92	22763,56	15999,31
10414,30	11270,07	22763,68	15999,72
10414,51	11270,55	22764,20	15999,53
10413,30	11270,79	—	16000,11
10413,77	11271,53	—	—

Onde avere una idea circa la *precisione* conseguita dall'Inghirami in queste determinazioni, abbiamo per le quattro anzidette distanze calcolato i valori medi e con questi gli *errori medi delle medie* secondo il principio gaussiano. Siamo così pervenuti ai seguenti importi:

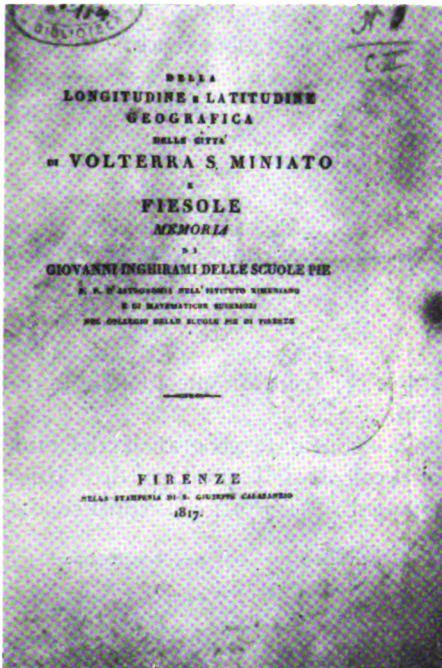
distanza a)	errore della media	$\pm 0,22$	tese
» b)	» » »	$\pm 0,25$	»
» c)	» » »	$\pm 0,19$	»
» d)	» » »	$\pm 0,20$	»

atti a mettere in luce, con la moderna Teoria degli errori, le precisioni conseguite dal Nostro.

Non conoscendo l'Inghirami questi procedimenti si industriò a richiamare l'attenzione degli esperti sui risultati ottenuti da altri operatori; cita ad esempio quattro distanze calcolate con triangolazioni inglesi e francesi (Douvrez-Montlambert; Douvrez-Blacuez; Douvrez-Calalis: Montlambert-Blacuez) onde confrontare le differenze riscontrate in queste determinazioni con quelle da lui ottenute e mettere in risalto il grado di precisione conseguito.

Si studiò altresì di dare ragione delle differenze trovate ed a questo proposito, fra molte considerazioni, si pone una interessante domanda: «è poi altrettanto certo che la luce attraversando un lungo tratto di questo fluido (atmosfera) orizzontalmente e in somma prossimità alla superficie





158

*A S. Piero in Grado
il dì 22. e 23. Ottobre 1817.*

Sullo spigolo Maestrale di questa Torre terminò come già me ne espressi, la misura; e presso di questo spigolo instituii nel giorno medesimo le quattro prime osservazioni seguenti. Ultimai le altre, ma da un diverso punto, nel giorno dipoi. L'orizzonte di questo luogo è ameno e spazioso al massimo segno.

Angolo Multiplo	Angolo Semplice	Elementi di Riduzione
4 (156° 27' 15")	39° 9' 18,8"	r = 24,480
6 (154 55 50)	18,3	y = 110° 40' 0"
8 (151 14 20)	17,5	O+y = 149 40 20
Riduzione per S - 1 48,6		G = PS... tr. 158
per M + 28,0		D = PM... tr. 159
Angolo ridotto	39 7 58,9	

ccxcv Stagno e Fortezza Vecchia di Livorno

Angolo Multiplo	Angolo Semplice	Elementi di Riduzione
4 (72 21 0)	18 5 15,0	r = 2,480
6 (108 51 40)	16,8	y = 110 40 0
8 (144 43 10)	16,5	O+y = 128 45 20
Riduzione per S - 1 48,6		G = PS... tr. 158
per F + 55,1		D = FF... tr. 158
Angolo ridotto	18 4 27,7	

ccxcvii Stagno e Fanale

Angolo Multiplo	Angolo Semplice	Elementi di Riduzione
4 (77 44 5)	19 26 1,2	r = 2,480
8 (155 28 10)	1,2	y = 110 40 0
10 (195 20 55)	3,5	O+y = 150 0 0
12 (255 15 10)	3,5	G = PS... tr. 158
Riduzione per S - 1 46,6		D = FF... tr. 157
per F + 49,6		
Angolo ridotto	19 25 5,5	

159

Angolo Semplice	Angolo Multiplo	Elementi di Riduzione
6 (115° 25' 20")	19° 15' 59",5	r = 24,480
8 (155 51 20)	65,8	y = 110 40 0
10 (132 18 50)	55,0	O+y = 129 55 50
Riduzione per M - 148,6		G = PS... tr. 158
per S + 55,5		D = MP... tr. 159
Angolo ridotto	19 15 4,9	

ccxcv S. Miniato e Stagno

Angolo Semplice	Angolo Multiplo	Elementi di Riduzione
9 (56 45 40)	86 18 11,1	r = 1,906
11 (229 20 50)	15,6	y = 94 59 30
12 (515 28 50)	13,9	O+y = 126 17 30
Riduzione per M - 12,6		G = PM... tr. 157
per S + 1 15,0		D = PS... tr. 158
Angolo ridotto	86 19 15,9	

ccxcvii Volterra e Stagno

Angolo Semplice	Angolo Multiplo	Elementi di Riduzione
2 (99 1 10)	49 50 55,0	r = 1,906
6 (297 5 50)	55,5	y = 126 48 50
8 (395 6 50)	51,2	O+y = 126 17 30
11 (184 39 50)	55,6	G = PV... tr. 157
Riduzione per V - 15,0		D = PS... tr. 158
per S + 1 15,0		
Angolo ridotto	49 51 51,5	

ccxcviii Cascina e Stagno

Angolo Semplice	Angolo Multiplo	Elementi di Riduzione
2 (169 57 50)	84 58 55,0	r = 1,906
10 (129 49 20)	56,0	y = 41° 18' 50"
12 (299 47 20)	56,7	O+y = 126 17 30
14 (109 45 20)	57,1	G = PG... tr. 158
Riduzione per C - 52,4		D = GS... tr. 158
per S + 1 15,0		
Angolo ridotto	84 59 48,6	

RIV. CATASTO RIPR.

Fig. 2



terrestre produca delle notabili deviazioni?». Problema questo che a tutt'oggi non ha trovato soluzione plausibile e che perciò è ancora in discussione sia dal punto di vista teorico, sia dal punto di vista osservativo.

Per quanto concerne le misure angolari notiamo che gli *errori di chiusura* dei cinque triangoli che conducono alla *distanza a*) risultano degli importi:

$$-6'',4; \quad -3'',9; \quad +1'',8; \quad -0'',3; \quad +1'',5$$

Applicando a questi la formula del generale Ferrero si ottiene come *errore medio di un angolo* il valore:

$$+3'',5$$

e conseguentemente ogni direzione con la incertezza di $\pm 2'',5$; risultato questo ottimo, trattandosi in fondo di triangoli con lati non eccessivamente lunghi.

Le catene ora utilizzate per le determinazioni delle coordinate geografiche dei punti dianzi ricordati sono prolungamenti delle catene utilizzate per il calcolo delle posizioni di Prato e Pistoia. Vengono così portate a n. 238 le stazioni e a n. 106 i triangoli. I risultati conseguiti sono:

	Latitudine	Longitudine
Fiesole	43° 48' 38'',7	28° 57' 45'',9
Volterra	43° 24' 13'',6	28° 31' 59'',3
S. Miniato	43° 41' 3'',8	28° 31' 21'',9

Ottenuti questi risultati volle ancora spingere più in là la sua triangolazione, sino alla costa e collegarsi con la rete francese dell'Arcipelago toscano.

Però rimase molto impressionato dal disaccordo fra il suo risultato 11876,30 tese e quello dei francesi 11870,04 tese per il lato Populonia-Porto Ferraio.

Esiste a questo riguardo una interessante raccolta di lettere del barone De Zach, il quale — già autore di una Memoria « Attrazione delle montagne » — esorta l'Inghirami a non perdersi di coraggio e di continuare l'opera sua, iniziata e condotta fin qui con tanto onore e con tanta finezza.

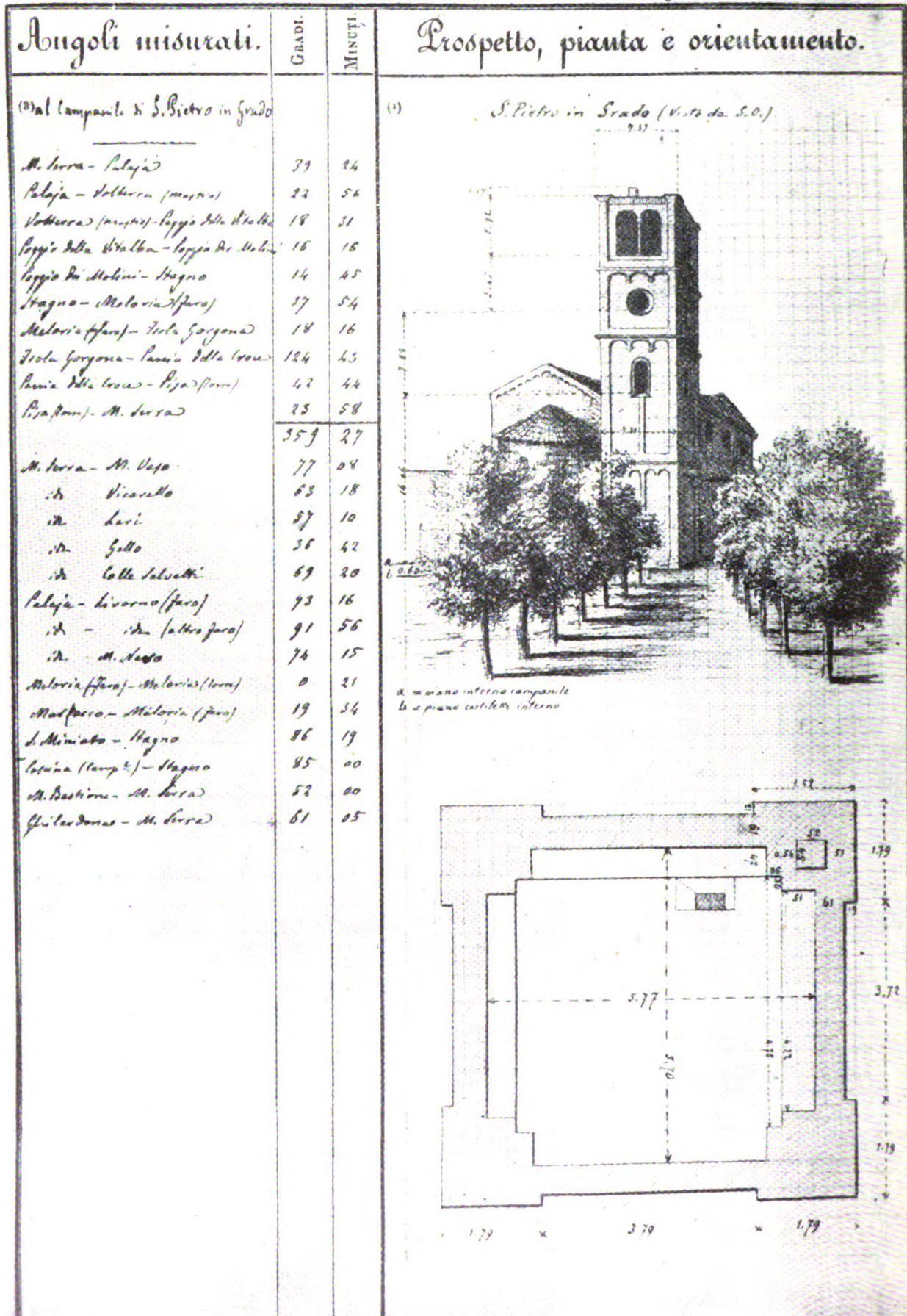
Escogitò allora altro confronto: il collegamento dell'Osservatorio Ximeniano con la Torre del Palazzo Pubblico di Siena. Dal risultato del confronto — una differenza di una diecina di primi in longitudine e di quattro primi in latitudine, dal valore riportato dal « Bureau des Longitudes » di Parigi — provò nuovo sconforto.

Rilegò pure il suo Osservatorio a quello di Pisa dove esistevano buone misure astronomiche fatte da De Zach con ottimi mezzi strumentali e dallo Shop. I risultati conseguiti, 8" di differenza fra la sua latitudine geodetica e quella astronomica di De Zach lo avvillì maggiormente.

Leggendo anche oggi la terza Memoria dell'Inghirami pubblicata nel 1818 ed avente per titolo « Di una base trigonometrica », si constata quale era in quell'epoca il suo stato d'animo e quale la sua forte preoccupazione.

Per redimere questa incertezza, ch'egli attribuiva alla piccola base fiorentina di De Zach, incitato anche dai consigli di questo valente astronomo, si sobbarca la non lieve fatica della misura di una nuova *base*. Scelta la località nella vasta ed aperta pianura che si distende fra Pisa e Livorno e precisamente nello spazio compreso fra i cosiddetti Ponti di Stagno e la bella Basilica di S. Pietro in Grado a confine della macchia denominata Tombolo, fissò gli estremi della base: angolo del Palazzo di Stagno (antica pertinenza Medicea) che volge verso Livorno e spigolo del campanile di S. Pietro a Grado, che guarda a Maestro. La misura venne effettuata con la massima cura impiegando tre aste rettangolari, costruite già due anni prima, di stagionatissimo abete, larghe ed alte circa tre pollici, lunghe circa due tese francesi (sei braccia toscane). Inverniciate a più mani con tinte di tre diversi colori: « un'elegante e forte intestatura di ottone ne armava fino ad una certa lunghezza le due estremità, e su di quella dall'una e dall'altra banda si vedevano contrassegnati mediante un minutissimo punto i termini delle sei braccia, diligentemente collazionate col rinomato *campione* dell'I. R. Museo di fisica di Firenze ». Su ogni pertica poi era incassata una livella per ottenere l'orizzontalità





della pertica stessa. L'allineamento veniva realizzato con *dioltra* opportunamente preparata in modo da poterla trasportare non solo sopra una qualunque delle tre aste, ma ancora a qualunque distanza dalle loro estremità. Il risultato di queste operazioni portò per la base misurata al seguente valore: 4488,96 tese, pari a metri 8749,35.

Per controllo l'Inghirami la inserì nella sua precedente triangolazione e da due differenti provenienze ottenne rispettivamente i valori:

I) 4488,76 tese

II) 4488,06 tese

mediamente:

(4488,41 ± 0,25) tese

in ottimo accordo con il risultato sperimentale.

Questo accordo naturalmente confermava la differenza riscontrata con gli elementi della rete francese osservata da Trambot, e riportati anche nel « Trattato » di Puissant del 1809 e dava luogo ad una storica polemica fra questo autore e l'Inghirami.

Tutte le fasi di questa importante operazione sono dettagliatamente descritte nella terza Memoria dell'Inghirami e non si esagera se si osa dire che essa costituisce un perfetto trattato di « basimensura », che con molto profitto potrebbe essere letto e considerato anche oggi giorno.

In tale Memoria vengono anche riportati i risultati angolari osservati nelle nuove stazioni, che ascendono così complessivamente al cospicuo n. 304, mentre quello dei triangoli ascende a n. 145. Sono poi riportate le posizioni geografiche di n. 114 località della Toscana provenienti dalla triangolazione.

Maggiori dettagli fornisce il nostro geodeta in un discorso « Intorno alla geografia della Toscana » pubblicato nel volume CXXV dell'*Antologia* diretta allora da P. Vieusseux.

Un altro controllo egli ebbe subito dopo, quando l'ingegnere Carlo Brioschi — più tardi direttore della Specola di Capodimonte — per conto dell'Istituto Geografico di Milano (in seguito trasferito a Vienna, e che diede origine al tanto rinomato Istituto Geografico Militare austriaco) pervenne con le sue catene trigonometriche dalla Valle del Po a sud dell'Appennino sino a raggiungere la Valle dell'Arno e collegare così la *base di Somma* — osservata dagli astronomi di Milano nel 1788 — alla rete dell'Inghirami, fino a Firenze ed a Pisa.

Le differenze riscontrate fra *valori astronomici* e *valori geodetici* per le coordinate geografiche che confermavano quelle messe in luce dall'Inghirami, suggeriscono agli astronomi d'Italia e di Germania « fortemente scossi — sono parole dell'Inghirami — e penetrati da un fatto che aveva dell'incredibile, posero ad un nuovo e più profondo esame tutte le reti trigonometriche col mezzo delle quali si potevano allora unire Vienna, Milano, e Firenze; e trovarono che eguali anomalie avevano luogo o si deducesse la posizione di Firenze da quella di Milano e di Vienna, o quella di Milano dalle due di Vienna e di Firenze. Gli astronomi milanesi si occuparono, ma sempre in vano ad indagare l'origine di questo inconcepibile sconcerto: intrapresero nuovi viaggi e nuove fatiche, istituirono nuove osservazioni astronomiche in diversi punti intermedi, il tutto senza successo ».

Queste anomalie messe in luce dall'Inghirami, quantunque non nuove, in quanto posteriormente altre anomalie erano state notate da Bouguer e La Condamine nelle loro triangolazioni del Perù, da Maskelyne nella Scozia, dallo stesso barone De Zach in Francia, dal padre Beccaria nel Piemonte e dal Boscovich nelle Romagne, ebbero indubbiamente influenza decisiva sul programma che in seguito sviluppò Bessel, per la determinazione delle dimensioni del corpo terrestre e più tardi per la fondazione della « Commissione del grado ».

Il barone De Zach anzi in una lettera al Lindenau così si esprime: « l'anomalia che il padre Inghirami ha ritrovato sarà di gran profitto per la scienza risvegliando e fissando l'attenzione degli astronomi e dei geometri sopra un argomento che fino ad oggi non è stato abbastanza approfondito ».

Subito dopo questo stesso autore pubblica una Memoria dal titolo « Di una triangolazione trigonometrica rimarchevole per più riguardi eseguita nel Granducato di Toscana » onde richiamare l'attenzione degli studiosi, mettendo in evidenza il concetto che tali anomalie si dovevano ascrivere alla *deviazione del filo a piombo* per la presenza delle masse montuose, mentre altri Autori (Carlini, Lindenau) opinavano che tali anomalie fossero dipendenti dalle irregolarità della crosta terrestre.



A Pisa, da confronti fra le coordinate geografiche ellissoidiche dei vertici della rete geodetica dello Stato ed i valori astronomici osservati dal Chella nel 1935 e dal Cicconetti nel 1901, compete una deviazione locale in latitudine di 6" ed una complessiva della latitudine e della longitudine, di 8", in buon accordo con le misure dell'Inghirami. (Giov. Boaga: « La deviazione della verticale in Italia »).

Tutto questo grandioso lavoro venne eseguito dall'Inghirami come « privato » e con l'intenzione indubbia di gettare le basi geometriche per la costruzione di una *carta topografica della Toscana*. Ed una circostanza veramente fortunosa venne a rendere realizzabile questo magnifico progetto: il 7 ottobre 1817 con una speciale legge viene ordinata la formazione di un *catasto geometrico particellare* del Granducato, che doveva comprendere i terreni ed i fabbricati. A questo catasto la triangolazione dell'Inghirami doveva servire di base. Anzi, l'Inghirami stesso viene nominato membro della Deputazione dirigente ed a lui viene affidata gran parte della conduzione dei lavori geodetici.

Questo fatto è fondamentale nella storia dei catasti, perchè questo catasto del Granducato, è il primo ordinato per legge, che viene appoggiato ad una triangolazione e che può quindi considerarsi il padre dei catasti moderni.

L'Inghirami sotto la veste di Direttore dei lavori catastali completò ed estese la sua triangolazione. Vennero così aumentate le stazioni angolari e portate al n. 767, dalle quali si diramavano ben 7515 visuali, che diedero luogo a 2505 triangoli, dei quali 157 conchiusi. La triangolazione principale era costruita e così pure quella di dettaglio: ormai tutto era pronto e con grande alacrità i topografi cominciarono il rilievo del terreno con la tavoletta, collegandosi ai punti trigonometrici. Particolare degno di nota: la tavoletta era completata da tutti gli accessori: linda, bussola, traguardi o cannocchiale unito alla linda. Misure lineari si dovevano effettuare direttamente; era la condanna della Celerimensura, come osserva il Messedaglia nella sua magistrale Relazione parlamentare « Il catasto e la perequazione », Celerimensura che del resto era ancora molto imperfetta.

Fatto degno di ricordo è questo: mentre l'Inghirami procedeva nelle osservazioni trigonometriche, non trascurava la lettura degli angoli zenitali onde determinare l'altimetria, col metodo trigonometrico, dei principali centri abitati e delle principali vette della regione. Fu egli il primo ad applicare su vasta scala questo procedimento, abbandonando quello termo-barometrico ovunque largamente seguito, ed in particolare nella regione toscana per opera dell'inglese Shuckburg, dal geologo italiano Pini e dal cav. Giovanni Baillou, come risulta da una comunicazione fatta dallo stesso Baillou alla Accademia dei Georgofili nella adunanza del 14 settembre 1814.

In una quarta Memoria dal titolo « Elevazione sopra il livello del Mare delle principali eminenze e luoghi più importanti della Toscana », pubblicata nel 1841, l'Inghirami riporta non solo le quote per ben 416 punti, ma ancora le osservazioni delle depressioni del livello marino, osservate da una unica stazione: Castel Guerrino, e contemporaneamente rispetto ai Mari Tirreno ed Adriatico.

La depressione dell'Adriatico risultò di $0^{\circ} 59' 31",7$ e quella del Tirreno di $0^{\circ} 59' 33",3$, d'onde l'Inghirami concluse che la stazione era elevata sul primo Mare di tese 572,22 e sul secondo di tese 572,74 e che perciò il divario dei due livelli osservati non arrivava che a 52 centesimi di tesa, di cui il Tirreno appariva meno elevato dell'Adriatico. Non sapendo quanta incertezza si doveva attribuire al procedimento della livellazione trigonometrica, non volle dare molta importanza a questa differenza.

Nella Memoria citata egli riporta anche le differenze riscontrate fra i livelli marini di Barcellona e Dunkerque osservati da Mechain e Delambre. Differenze di questo tipo diedero origine alla livellazione geometrica di precisione ed al problema del collegamento dei vari Mari, per i quali il livello medio risulta caratterizzato dalle osservazioni mareografiche.

Alla luce delle moderne Teorie possiamo osservare che la differenza riscontrata dall'Inghirami di 52 centesimi di tesa rientra tutta nelle possibilità strumentali ed è dell'ordine degli ordinari errori medi della livellazione trigonometrica. A questa medesima conclusione arriva del resto, con lungo ragionamento, l'Inghirami stesso nella Memoria citata.

Desiderando ottenere più esattamente possibile la differenza in longitudine fra il suo Osservatorio e quello di Brera — il telefono ancora non aveva fatto la sua comparsa — si servì nel 1825 di segnali notturni a polvere, sulla vetta del Cimone di Fanana (quota metri 2168) visibile da ambedue le località. La posizione dei due Osservatori risultò assai bene determinata.





RIV. CATASTIC. RIPR.

Fig. 3

Riproduzione di particolare comprendente la città di Siena estratto dalla «Carta geometrica della Toscana ricavata dal vero nella proporzione 1:200.000 e dedicata a S. A. I e R. Leopoldo II principe Imperiale d'Austria, ecc. ecc., dal suo ossequiosissimo servo, ecc. ecc. Giovanni Inghirami delle Scuole Pie Fiorentine. (Epoca 1830, dimensione dei fogli 54 x 70 cm.). Le longitudini sono riferite all'Isola del Ferro. L'orografia è rappresentata con tratteggi a luce obliqua. I due fogli settentrionali recano in alto l'elenco delle principali quote in piedi francesi. I due fogli meridionali contengono molte piante della città alla scala 1:35.000, il titolo, la leggenda dei segni convenzionali, le scale grafiche una nota relativa alla costruzione della carta, ecc. ecc. (dalla raccolta cartografica dello I. G. M. di Firenze)



Tenuto conto degli sviluppi che dall'Inghirami ai nostri giorni ha avuto la Geodesia operativa ben possiamo asserire che i vari problemi che trovarono in seguito soluzioni sono stati anche dal Nostro messi in luce e che egli ben si merita un posto d'onore nella Geodesia operativa per le osservazioni compiute nel campo della triangolazione, in quello della livellazione, in quello delle osservazioni di geodesia astronomica ed infine per le deduzioni — sempre giudiziose — ricavate dalle stesse osservazioni.

Egli fu ottimo operatore ed ottimo calcolatore. Con la sua triangolazione diede possibilità non solo alla formazione del Catasto geometrico per tutto il Graducato, operazione questa che ebbe fine nel 1834, ma ancora alla costruzione di quella mirabile Carta della Toscana, proposta dal conte Giovanni Domenico Cassini al Gran Duca Pietro Leopoldo e che a lui fu dedicata dall'Inghirami. Per questa Carta generalmente l'Inghirami viene ricordato; in una piccola targa, che egli pose sul margine inferiore della Carta stessa, è sommariamente riportata la storia della sua triangolazione, che egli seppe progettare, osservare, calcolare per il progresso delle scienze geografiche.

BIBLIOGRAFIA

G. INGHIRAMI, *Della longitudine e latitudine delle città di Pistoia e di Prato*. I. R. Accademia Pistoiese, anno 1816.

G. INGHIRAMI, *Della longitudine e latitudine geografica delle città di Volterra, S. Miniato e Fiesole*, anno 1817.

G. INGHIRAMI, *Di una base trigonometrica misurata in Toscana nell'autunno del 1817*. Accademia Labronica di Livorno, anno 1818.

G. INGHIRAMI, *Saggio di una livellazione geometrica della Toscana, presentato alla Accademia Labronica di Livorno nella seduta del 23 gennaio 1822*. Antologia, anno 1822.

G. INGHIRAMI, *Elevazione sopra il livello del mare delle principali eminenze e luoghi più importanti della Toscana*. Firenze, anno 1841.

G. INGHIRAMI, *Intorno alla geografia della Toscana*. Antologia, anno 1831.

F. CARLINI, *Esposizione delle osservazioni di segnali a polvere nuovamente accesi sul Monte Baldo e sul Monte Cimone nell'anno 1825 a fine di determinare le differenze di longitudine fra i vari punti dell'Italia superiore*. Effemeridi astronomiche di Milano, anno 1827.

G. ANTONELLI, *Sulla vita e sulle opere di Giovanni Inghirami*. Firenze, anno 1854.

G. ANTONELLI, *Intorno alla distanza della Torre di Populonia dal fanale di Portoferraio*. Firenze, anno 1854.

A. MORI, *Come progredì la conoscenza geografica della Toscana nel secolo XIX*. Atti del III Congresso geografico italiano. Firenze, anno 1899.

A. MORI, *Cenni storici sui lavori geodetici e topografici e sulle principali produzioni cartografiche eseguite in Italia dalla metà del secolo XVIII ai nostri giorni*. Atti del Congresso internazionale di Scienze storiche in Roma, anno 1903.

A. MORI, *La cartografia ufficiale in Italia e lo Istituto Geografico Militare (notizie storiche)*. Firenze, anno 1922.

G. GIOVANNOZZI, *Il Padre G. Inghirami*. Nella Rivista « Gli scienziati italiani », Roma, anno 1921.

S. FERRIGHI, *L'Osservatorio Ximeniano di Firenze*. Brescia, anno 1932.

