ATTI

DELLA

REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCXII.

1915

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XXIV.

1° SEMESTRE.

ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL DOTT. PIO BEFANI

1915

Fisica terrestre. — *Sul terremoto del 13 gennaio 1915.* Nota di GIULIO GRABLOVITZ, presentata dal socio P. BLASERNA.

Il disastroso terremoto della Conca del Fucino venne percepito generalmente anche nell'isola d'Ischia col grado V della scala Mercalli e fu seguito sino alla fine di gennaio dalla registrazione di ben 73 repliche, tosto comunicate telegraficamente al R. Ufficio centrale di meteorologia e Geodinamica e distinte nel quadro in fine alla presente Nota.

Ne ebbi argomento ad indagini che, se pure sono ben lungi dall'essere condotte a termine, bastano a fornire già ora qualche particolare degno di speciale menzione come guida agli obbiettivi da tenersi di mira nello studio di tali fenomeni che con deplorevole frequenza funestano l'Italia.

Gli strumenti che permisero una sicura determinazione del primo impulso nell'isola d'Ischia, come da relazione inviata al prefato Ufficio, furono cinque, cioè i *pendoli orizzontali* con masse di 12 chilogrammi e la *vasca sismica*, in entrambe le stazioni della *Grande Sentinella* e del *Porto d'Ischia*; ed in quest'ultima il *tromografo*. Questo strumento, che, costruito nel 1906, si dimostrò adatto alla registrazione dei terremoti vicini o locali, è di facilissimo trasporto, e per la semplicità del suo maneggio potè essere rimesso quasi immediatamente in funzione, mentre gli altri ebbero la sorte di quasi tutti gli apparecchi non frenati della penisola.

Il primo impulso si potè fissare a $7^h 53^m 12^s$ per un punto intermedio fra le due stazioni avente per coordinate: $\varphi = 40° 44'' 36''$ N. e $\lambda = 13° 55' 24''$ est Greenwich; nè v'è da temere errore apprezzabile nel tempo campione, basandosi questo su una linea meridiana, in cui è apprezzabile anche la frazione di secondo. Inoltre è già nota la pur minima correzione lungo tutta la sua escursione; ed i controlli, fatti mediante teodolite presso al solstizio invernale con altezze di *Vega* e *Capra* in primo verticale, diedero correzioni di frazione di secondo una volta in più ed un'altra in meno, con vicendevole quasi completa eliminazione. Pur volendo supporre che l'edificio avesse subìto un cedimento per effetto del recente terremoto, esso viene escluso dalle meridiane dei giorni precedenti e seguenti, perchè esse si raccordano soddisfacentemente.

Dall'ampiezza delle prime oscillazioni la provenienza media degli urti risultò da N 18° W a conferma della diretta osservazione eseguita alle *livelle geodinamiche*; quella orientata da NNE a SSW presentava oscillazioni massime di 90 mm = 45'', mentre l'altra, facente con essa angolo retto, aveva un'ampiezza di poco inferiore, e le oscillazioni verso NNE dell'una concomi-

tavano con quelle verso WNW dell'altra in guisa da dare la suddetta risultante.

La determinazione della distanza, se non fu ricavabile dalla prima grande perturbazione negli apparecchi ch'erano usciti di funzione, si potè fare sulle repliche immediatamente successive e risultò, in prima approssimazione, = 160 chilometri, che con la detta direzione corrispondono ad un punto vicino a Scurcola Marsicana, cioè nella zona disastrosa. Senza volermi pronunciare definitivamente sulla posizione dell'epicentro, nè voler qui discutere la questione d'un secondo possibile epicentro simultaneo, mi limito a considerare nel suo complesso la zona del massimo disastro, donde irradiò la propagazione sismica. In tale giudizio credo che la cifra delle vittime, se anche insufficiente a dare un criterio esatto, ha tuttavia un significato maggiore delle stesse rovine edilizie, le quali nella loro estensione sono certamente più gravi nei luoghi in cui la popolazione non trovò nè tempo nè luogo da porsi in salvo. Forse il criterio delle vittime non calza fra un terremoto avvenuto di giorno ed un altro che avvenga di notte quando tutta la popolazione è nel sonno; ma per uno stesso terremoto in paesi aventi analoghe consuetudini, le enormi differenze accertate fra le percentuali delle vittime umane non si spiegano, nella loro generalità, se non con la diversità di violenza del fenomeno. Così osservo che di fronte ad Avezzano, al NW del Fucino, col 90 % di vittime si trovano all'est i comuni di Pescina con S. Benedetto, Gioja dei Marsi, Collarmele ed Ortucchio, con percentuali fra 50 e 75 %, mentre Celano, Ajello e Cerchia, interposti al nord dànno da 10 a 15 %, e molto di meno Trasacco, Luco ed altri situati al SW. Perciò, per le ulteriori deduzioni assumo un punto centrale del Fucino, cioè: $\varphi = 42°$ N; $\lambda = 13° 35'$ E.

Ad analoga conclusione pervenne il prof. Martinelli, capo della sezione geodinamica del predetto R. Ufficio centrale, in un suo pregevolissimo lavoro intitolato « *Prime osservazioni sul terremoto italiano del 13 gennaio 1915* », ove, basandosi sulle numerose informazioni pervenute da ogni parte della penisola fino al 27 gennaio, costruì un grafico dell'intensità graduale del fenomeno secondo la scala Mercalli. Tali informazioni si addensano naturalmente di più nella zona maggiormente danneggiata; e se si considera l'eterogeneità degli apprezzamenti a seconda delle varie fonti da cui emanano, riesce vieppiù spiccato l'accordo in cui l'elisse allungata, rappresentante il X grado, si trova rispetto alle località sopra enumerate.

L'autore presenta il suo lavoro in forma preliminare, il che non lo dispensa dall'illustrarlo, come fa egregiamente, con confronti sulla anteriore sismicità della regione e con opinioni di varii studiosi.

Il prof. Agamennone a sua volta s'è già occupato della velocità di propagazione della prima scossa, utilizzando a tale scopo i dati giunti a sua cognizione fino alla presentazione, alla Reale Accademia dei Lincei, della sua Nota intitolata « *Il recente terremoto della Marsica e gli strumenti*

sismici ». Su 20 stazioni ne pone in disparte sette, per le quali, *per una ragione o per l'altra, si nutre qualche sospetto*, e dalle altre 13, ponendo a base le tre più vicine, trae come risultato M 7690 quale media velocità uniforme del primo impulso, e $7^h 53^m 44^s$ quale istante all'epicentro. Non discuto i criterii coi quali fece lo scarto di 7 stazioni, mentre forse, procurandosi i rispettivi sismogrammi, sarebbe venuto a capo delle correzioni da applicarsi; ma i criteri coi quali esclude Ischia e Valle di Pompei, non hanno, a mio parere, certo fondamento: egli dice che, *considerata la distanza relativamente piccola dall'epicentro, può essere che la stessa incerta posizione di quest'ultimo basti a spiegare l'anomalia, tanto più che queste due località si trovano dalla stessa parte.* Anzitutto, un miriametro, quant'è la distanza fra Avezzano e l'epicentro da me considerato, non modificherebbe a sufficenza le velocità ricavate di 4210 e 5290; inoltre, anche Monte Cassino trovasi dalla stessa parte, cioè a SSE dell'epicentro, per cui, se la velocità fosse realmente uniforme, lo spostamento non potrebbe influire sensibilmente; invece, basando il calcolo, pei detti due punti, sulla sola stazione di Monte Cassino, si ottiene rispettivamente M 3909 e M 4800, cioè valori ancor più bassi. L'incoerenza sta invece nell'elemento di confronto: ed è sempre questa la sorte delle stazioni più vicine a quelle che si scelgono a fungere da epicentro, perchè il piccolo intervallo decorso, posto come divisore, per minime alterazioni crea enormi differenze nel quoziente. A questo modo le stesse tre località assunte per base (cioè: Montecassino, Rocca di Papa e Roma, si trovano in non lieve disaccordo, perchè le loro distanze di 64, 68 e 78, divise pei rispettivi intervalli di 6, 10 e 11 secondi sull'ora assegnata all'epicentro, dànno velocità di ch. 10·7, 6·8 e 7·1; anzi, Montecassino con Rocca di Papa darebbe, con ch. 4 in 48^s, la troppo esigua velocità di un solo chilometro al secondo.

In cambio, se con gli stessi valori calcolati dall'A., si ricalcolano gl'istanti per le rispettive località, compresevi le rigettate Ischia e Valle di Pompei, si ottiene:

	h m s s		h m s s		h m s s
Montecassino .	7 52 52 — 2	Pola	7 53 26 + 1	Moncalieri .	7 53 57 + 9
Rocca di Papa	52 53 + 4	Padova . .	53 35 + 4	Graz	53 59 + 0
Roma	52 54 + 1	Trieste . .	53 36 + 3	Vienna . . .	54 18 — 2
Ischia	53 4 + 8	Treviso . .	53 37 — 6	Amburgo . .	55 33 0
Valle di Pompei	53 5 + 5	Mileto . . .	53 37 + 3	Granata. . .	56 4 — 20

ove le dette due stazioni non farebbero cattiva figura, nemmeno se l'anomalia si volesse intieramente ascrivere ad errori strumentali, perchè le minori divergenze tra quelle escluse si aggirano intorno al mezzo minuto. Ma anche per queste non sarebbe difficile il chiarire qualche possibile equivoco; p. es., per Siena (Osservanza), il dato direttamente comunicatomi è $7^h 53^m 52^s$, anzichè $7^h 53^m 0^s$; per Catania basta la differenza di parallelo con Avezzano a dare

$42°2' - 37° 30' = 4° 32' =$ km. 503 eccedenti di 3 km. i 500 che l'A. prende per base, mentre la distanza vera, tenuto conto della differenza di longitudine, è di km. 523.

Inoltre, il porre per base fondamentale di tutto il conteggio la media di tre dati con le incertezze ammesse dall'A., equivale a scaricare sulle stazioni contigue gli errori delle prime, per cui più corretto mi sembra assumere come incognite l'ora epicentrale (x) e la velocità (y) e, pur ammettendo la velocità uniforme, dare ugual peso a tutti i dati attendibili, trattandoli col metodo dei minimi quadrati. Posta l'equazione di condizione $x + dy = t$, e riservandomi di assumere ulteriori informazioni sui dati contestati dall'A., ho utilizzato intanto pel calcolo quelli da lui riconosciuti attendibili, aggiungendone altri avuti dalla cortesia dei dirigenti delle singole stazioni, ai quali porgo i miei ringraziamenti.

Così procedendo, ho ricavato:

A) $$x = 7^h 52^m 49^s 822\,;\quad y = 0.1193351\,;$$

e su questa base ho ricostruito i valori che si trovano nella colonna A dell'annesso quadro, coi rispettivi residui. Escludendo la stazione più lontana, Granata, per le ragioni che dirò più oltre, si ottiene:

B) $$x = 7^h 52^m 47^s 284\,;\quad y = 0.1269923\,;$$

ed i valori che se ne ricavano sono nella colonna B.

Dai valori di y si ricavano le velocità di km. 8·379 per A e 7·875 per B; tuttavia gl'istanti ricalcolati non differiscono di più d'un secondo fra la distanza di 139 km. (Napoli) e quella di 534 (Mineo); se per le più prossime la differenza è nulla o lieve, per le più lontane va rapidamente crescendo ed accenna all'incremento della velocità. Questa, per comodità di conteggio si potrà considerare uniforme per brevi distanze, ed io tale l'ho ritenuta in tutte le considerazioni che precedono; ma tale concetto va usato con parsimonia e sotto determinati punti di vista, non mai come legge precisa, che valga ad escludere dalla discussione dati che, appunto per le loro anomalie (quando non siano eccessive), possono guidare alla risoluzione di qualche problema.

In oggi è bene accertato che il primo impulso, dopo 13 minuti incirca, varca il cerchio massimo terrestre avente per polo l'epicentro, e, dopo altri 9 minuti, emerge agli antipodi; ciò dà rispettivamente velocità medie superficiali di 14 km., e 18 km. mentre la velocità iniziale non è che di 8 km. nei primi mille. La detta velocità è dunque rappresentabile con una curva che sul principio può identificarsi con la retta, analogamente al rapporto dell'arco con la corda, ma, a stretto rigore matematico, non è tale; e nel caso attuale ne troviamo già nel dato di Granata un chiaro indizio, che stazioni più lontane accentueranno viemmaggiormente.

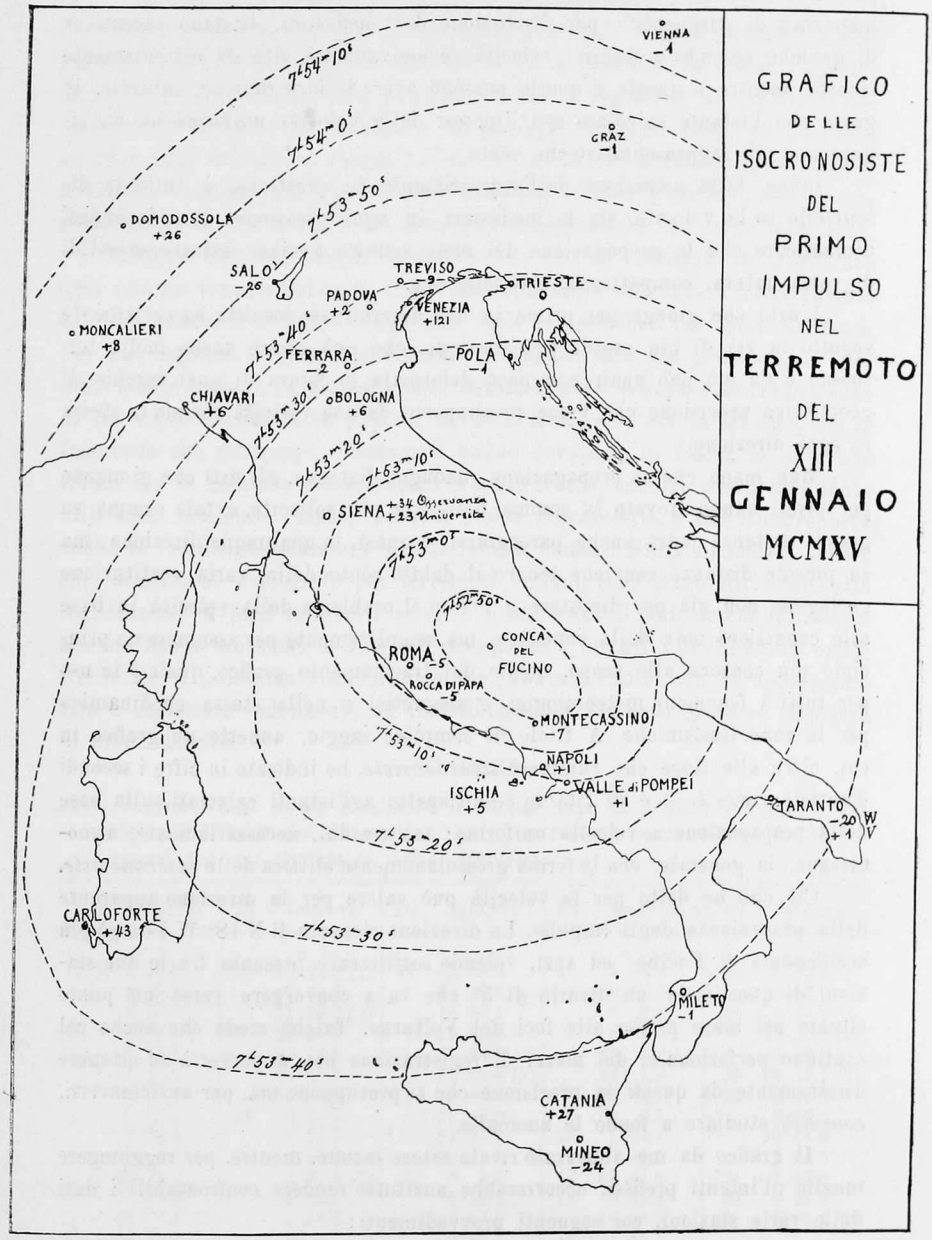
GRAFICO
DELLE
ISOCRONOSISTE
DEL
PRIMO
IMPULSO
NEL
TERREMOTO
DEL
XIII
GENNAIO
MCMXV
VIENNA
-1
GRAZ
-1
7h54m10s
7h54m0s
7h53m50s
DOMODOSSOLA
+26
SALO
-26
TREVISO
-9
TRIESTE
PADOVA
+2
VENEZIA
+121
MONCALIERI
+8
7h53m40s
FERRARA
-2
POLA
-1
CHIAVARI
+6
7h53m30s
BOLOGNA
+6
7h53m20s
7h53m10s
SIENA +34 Osservanza +23 Università
7h53m0s
7h52m50s
CONCA
DEL
FUCINO
ROMA
-5
ROCCA DI PAPA
-5
MONTECASSINO
-7
7h53m10s
NAPOLI
+1
ISCHIA
+5
VALLE di POMPEI
+1
TARANTO
-20
+1
W
V
7h53m20s
CARLOFORTE
+43
7h53m30s
MILETO
-1
7h53m40s
CATANIA
+27
MINEO
-24

Ma se l'accrescimento della velocità è già tanto palese per grandi distanze, su cui i piccoli errori hanno un'influenza trascurabile, il problema pare più complesso nella zona epicentrale ove, sfuggendo il vero istante per mancanza di strumenti o per distruzione dei medesimi, bastano incertezze di qualche secondo a fornirci velocità eccessivamente alte od estremamente ridotte, mentre e queste e quelle possono avere la loro ragione naturale, in guisa che l'istante calcolato con l'ipotesi della velocità uniforme ha un significato più rappresentativo che reale.

Infine, fatta astrazione dall'accrescimento in questione, è tuttavia discutibile se la velocità sia la medesima in ogni direzione, non dovendosi dimenticare che la propagazione del moto sismico avviene attraverso solidi di varia natura, compattezza, elasticità ecc.

L'urto che giunge per primo in una determinata località ha certamente seguìto la via di più rapida propagazione, che può essere anche molto tortuosa; e da ciò può venir non poco deformata la figura di quel cerchio di geometrica precisione che viene presupposto da una velocità che sia la stessa in ogni direzione.

Man mano che la propagazione guadagna distanza, gli urti che giungono per primi hanno trovato la somma delle vie più sollecite, e tale somma su grandi distanze potrà anche pareggiarsi, o quasi, in qualunque direzione; ma su piccole distanze conviene tenere il debito conto della varia costituzione geologica, non già per discutere *a priori* il problema della velocità in base alle condizioni note della superficie, ma semplicemente per assumere un principio più consono allo scopo, quello del tracciamento grafico, quale è in uso per tutti i fenomeni meteorologici e magnetici e nella stessa geodinamica per le zone isosismiche. A titolo di semplice saggio, annetto un grafico in cui, oltre alle linee che chiamerò *isocronosiste*, ho indicato in cifre i secondi d'anticipazione (—) o di ritardo (+) rispetto agl'istanti calcolati sulla base della propagazione a velocità uniforme; tali residui, necessariamente, armonizzano, in generale, con la forma grossolanamente elittica delle *isocronosiste*.

Ciò che ho detto per la velocità può valere per la direzione apparente della provenienza degli impulsi. La direzione ricavata di N 18° W è un pò più occidendale di Fucino: ed anzi, volendo sottilizzare, presenta fra le due stazioni di quest'isola un divario di 5° che va a convergere verso un punto situato nel mare presso alle foci del Volturno. Talchè credo che anche col continuo perfezionarsi dei mezzi di registrazione non si perverrà ad ottenere direttamente da questi la precisione che si presuppone ma, per avvicinarvisi, converrà studiare a fondo le anomalie.

Il grafico da me abbozzato rivela estese lacune, mentre, per raggiungere meglio gl'intenti prefissi, occorrerebbe anzitutto rendere confrontabili i dati delle varie stazioni, coi seguenti provvedimenti:

1) con una maggiore uniformità o paragonabilità dei mezzi e metodi d'osservazione;

2) con la sicurezza del funzionamento degli apparecchi;

3) con unità di criterio nell'analisi dei sismogrammi;

4) con la perfetta cognizione del tempo-campione.

Quest'ultimo punto, ch'è di capitale importanza, sarebbe completamente risoluto mediante la telegrafia afila, come già si praticava a Taranto, Montecassino e Firenze; tale mezzo, che non richiede le cognizioni astronomiche necessarie per trattare uno strumento dei passaggi o, quanto meno, per tracciare un'economica meridiana, sarebbe accessibile a tutti ed avrebbe il grandissimo, infallibile vantaggio della perfetta simultaneità in tutte le stazioni, mentre confronti meno diretti di quelli ora accennati traggono seco non poche incertezze.

Rispetto agli apparecchi è deplorevole che al vantaggio di registrare ogni minimo tremito del suolo vada inesorabilmente congiunto l'inconveniente del loro guastarsi o dello svisamento delle registrazioni per opera dei freni. Per tale ragione il prof. Agamennone ritiene che *non sia prudente, ai fini degli studii sismici, di fondare osservatorii di prim'ordine, e destinati anche ai terremoti mondiali, in regioni di alta sismicità*; ma in tal caso, con la frequenza che purtroppo i terremoti hanno dovunque in Italia, si dovrebbe rinunziare al possesso d'osservatorii di prim'ordine, mentre questi sono tanto utili sotto molteplici aspetti ed alla stessa sismometria, e tali rimarrebbero anche se si disinteressassero dei terremoti lontani. Nulla impedisce invece che, accanto al sismografo per terremoti lontani, vene siano altri adatti alla registrazione di forti terremoti vicini o locali senza il pericolo che falliscano, almeno fino a tanto che le diligenti ricerche ed i tentativi di chi studia esclusivamente il problema sismometrico non l'abbiano risolto con un apparecchio atto a registrare fedelmente ed indistintamente qualsiasi forma ed ampiezza di moto sismico.

ELENCO

delle registrazioni avute nell'isola d'Ischia dopo la grande perturbazione delle $7^h 53^m 13^s$ del 13 gennaio 1915, a tutto il mese stesso, in corrispondenza coi terremoti della Marsica.

Dì	Istante	Dì	Istante	Dì	Istante	Dì	Istante	Dì	Istante
	h m s		h m s		h m s		h m s		h m s
13	8 21.0	13	17 19.7 (1)	14	12 54.2	15	4 34.2	20	8 29.0
	8 28.4		17 44.6		14 16.7		5 52.3		20 3.0
	8 34.2		21 20.2 (1)		14 26.5		6 9.4	21	3 11.9
	8 59.9		22 11.7		15 35.9		8 56.0		13 29.8 (4)
	9 8.7		23 4.9		17 34.0		13 3 9		14 30.3
	9 23.7		23 21.7		17 55.8 (5)		14 1.9	22	21 15.3 (2)
	9 30.6		23 25.2		19 40.6		21 42.1	23	2 15.0
	9 35.2	14	2 10.9		21 9.0		23 2.1		9 30 0
	9 40.5		2 12 0		21 21.7	16	7 24.1		17 35.3
	10 9.1		2 50 2		21 24.5		13 17.0		17 49.3
	10 35 2		2 51.3 (2)	15	0 9.4	17	23 41.6	24	4 47.0
	10 56.0		3 43.1		1 10.2	18	6 41.2	25	7 46.0
	11 20.1 (1)		5 30.5		2 15.8		14 58.5	28	18 18.4 (2)
	14 58.5		8 17.7 (6)		2 45.1	19	11 45.1		
	17 5.0 (1)		9 16.0		4 58.0		21 17.6		

Le cifre tra parentesi indicano l'ampiezza massima in centimetri di registrazione al centuplo; la mancanza d'indicazione esprime ampiezze inferiori ad un centimetro.

Stazione	Istante dato	Distanza dal Fucino	A	B
	h m s		h m s	h m s
Montecassino	7 52 50	Ch. 57	7 52 57 — 7	7 52 54 — 4
Rocca di Papa	52 54 ± 3s	» 77	52 59 — 5	52 57 — 3
Roma	52 54 ± 2s	» 89	53 0 — 5	53 0 — 5
Napoli, Vomero	53 7	» 139	53 6 + 1	53 5 + 2
Ischia	53 12	» 143	53 7 + 5	53 6 + 6
Valle di Pompei	53 10	» 159	53 9 + 1	53 8 + 2
Siena, Osservanza *.	53 40	» 233	53 17 + 23	53 17 + 23
Siena, Università *.	53 52	» 234	53 18 + 34	53 17 + 35
Pola	53 27	» 321	53 28 — 1	53 29 — 2
Bologna	53 35	» 328	53 29 + 6	53 29 + 6
Taranto { Sismogr. Wiechert *	53 11	» 347	53 31 — 20	53 31 — 20
Taranto { » Vicentini .	53 32		+ 1	+ 1
Ferrara.	53 30 ± 15s	» 349	53 32 — 2	53 32 — 2
Venezia *.	55 37	» 390	53 36 + 121	53 37 + 120
Padova	53 39	» 396	53 37 + 2	53 38 + 1
Trieste	53 39	» 407	53 39 0	53 39 0
Treviso	53 31	» 416	53 40 — 9	53 40 — 9
Chiavari	53 47	» 427	53 41 + 6	53 42 + 5
Mileto	53 40	» 429	53 41 - 1	53 42 — 2
Salò *	53 20	» 466	53 46 — 26	53 47 — 27
Catania *	54 18	» 513	53 51 + 27	53 52 + 26
Mineo *	53 30	» 534	53 54 — 24	53 55 — 25
Carloforte *	54 37	» 540	53 54 + 43	53 56 + 41
Moncalieri.	54 7	» 578	53 59 + 8	54 1 + 6
Graz.	53 59	» 587	54 0 — 1	54 2 — 3
Domodossola *	54 30	» 618	54 4 + 26	54 6 + 24
Vienna	54 16	» 729	54 17 — 1	54 20 — 4
Potsdam	55 15	» 1155	55 8 + 7	55 14 + 1
Amburgo	55 33	» 1311	55 27 + 6	55 34 — 1
Granata	55 44	» 1576	55 59 — 15	56 7 — 23

* Stazioni ommesse nel calcolo delle formole.