

RILIEVO GRAVIMETRICO DELL'ALTO ADRIATICO

CARLO MORELLI

1. *Premessa.* — La conformazione peninsulare dell'Italia e la natura della sua genesi e della sua tettonica fanno sì che la rete geofisica nazionale resta incompleta se non può essere estesa ai mari che la circondano.

Poiché la rete gravimetrica sarà completata entro l'anno 1954 per tutto il territorio nazionale, e misure gravimetriche nei mari Ligure, Tirreno e Jonio sono già state eseguite dal prof. Cassinis negli anni 1931 ⁽¹⁾ e 1935 ⁽²⁾, la lacuna più importante restava nel mare Adriatico; cioè proprio dove i problemi attuali connessi con lo sfruttamento delle ricchezze del sottosuolo esigono una conoscenza accurata delle condizioni geologiche e tettoniche.

Ciò vale in particolare per l'Alto Adriatico, che è naturale continuazione della pianura padana; e dove la confluenza di tre sistemi orogenetici (Alpi, Appennini, Dinariche) pone problemi del più grande interesse anche per la scienza pura.

Veniva perciò deciso, con l'appoggio del prof. Silva, che l'ultimo gravimetro che ancora doveva arrivare in Italia per conto del Ministero della Pubblica Istruzione e destinato all'Istituto di Geodesia e Geofisica dell'Università di Padova, dovesse essere un gravimetro telecomandato, da calarsi sul fondo racchiuso in una batisfera.

E come tale il Ministero assegnò un gravimetro Western, modificato per le misure in mare dalla Robert H. Ray di Houston.

Con un contributo del Consiglio Nazionale delle Ricerche, l'Istituto Nazionale di Geofisica noleggiò quindi un motoveliero, trasformato e modificato secondo quanto si dirà.

Purtroppo i fondi si resero disponibili soltanto ai primi di giugno, sicché (v. § 3) appena in agosto si poté dare inizio alla crociera vera e propria: perdendo così i mesi migliori dell'anno, ed essendo quindi successivamente costretti a lavorare spesso con mare mosso, oppure a perdere molte giornate lavorative a causa del maltempo.

Contemporaneamente alle misure gravimetriche vennero effettuati anche i profili batimetrici con ecografo ad ultrasuoni (v. § 5).

Era prevista anche la raccolta di campioni dal fondo, superficiali e con carote fino a 2 m, per mezzo di due sonde già sistemate a bordo. Ma al momento di partire per la crociera venne a mancare il mineralogo.

2. *Apparecchiatura gravimetrica.* — Il dispositivo di telecomandi ideato dalla Robert H. Ray Co. di Houston è straordinariamente semplice ed ingegnoso.

Il gravimetro (Western n. 27) è stato modificato sostituendo l'indice che normalmente consente di leggere sulla scala, con uno schermo. In tale maniera lo spostamento della massa intercetta più o meno il

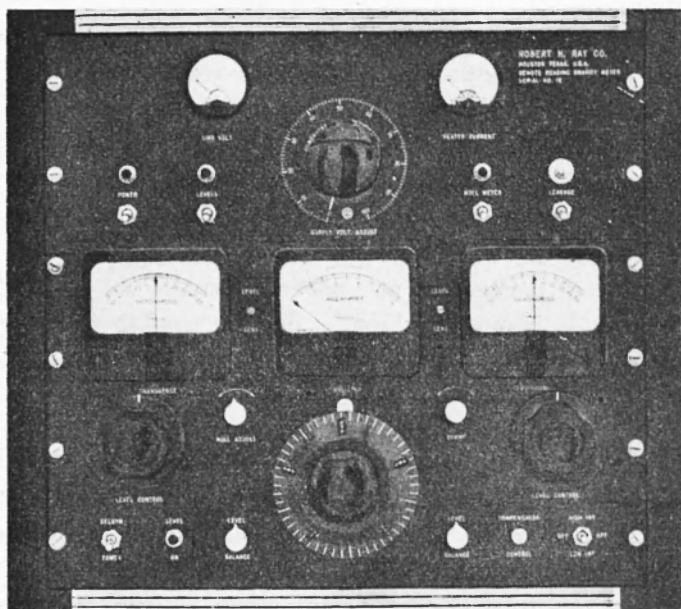


Fig. 1 - Quadro di comando del gravimetro telecomandato.

raggio di luce che dalla lampadina viene proiettato su una cellula fotoelettrica.

Analogamente su due sistemi di cellule fotoelettriche viene proiettata l'immagine della bolla d'aria nelle due livelle longitudinale e trasversale.

Un unico cavo elettrico, a 14 canali, porta le correnti elettriche fornite dalle cellule, dopo opportuna amplificazione, su un quadro di comando sistemato a bordo della nave: sul quale « si vede » la posizione delle due livelle e dell'indice di lettura (fig. 1).

Per variare l'inclinazione del gravimetro, cioè per metterlo in stazione prima di fare la lettura, esso è sospeso su un anello a sospensione cardanica (fig. 2), del quale due motorini comandano l'inclinazione mediante la rotazione di due viti senza fine, disposte in due piani perpendicolari. I motorini sono sineroni, in coppia con due identici sistemati sul pannello di comando (fig. 1); sicché da questo si può regolare la posizione della bolla nelle livelle, e quindi mettere in stazione il gravimetro.

Ciò fatto, si può sbloccare lo strumento: il che si fa, sempre a distanza, con un'altra coppia di motorini sineroni.

Ed infine una quarta coppia di tali motorini è opportunamente

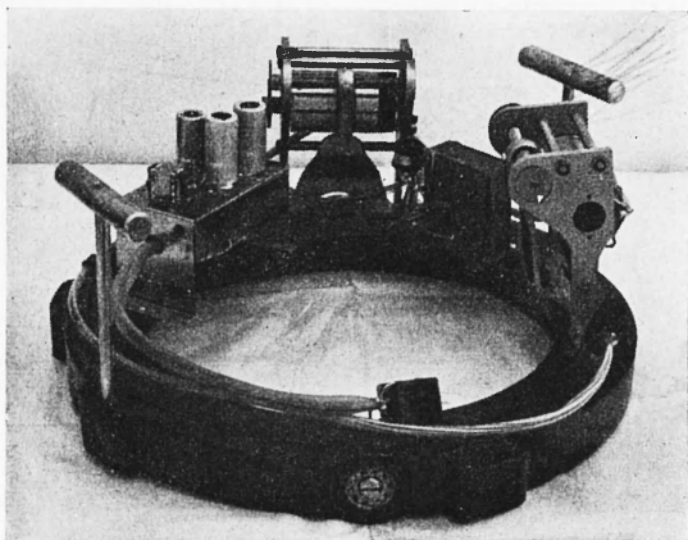


Fig. 2 - Sospensione cardanica per la livellazione del gravimetro.

applicata per agire sulla molla di lettura, in guisa da riportare l'indice del milliamperometro nella posizione che corrisponde al braccio orizzontale. La lettura finale si fa sul pannello, dove è addirittura riportata la vite di lettura del gravimetro (v. fig. 1).

Sicché in definitiva la testa del gravimetro, una volta sistemato sulla sospensione cardanica, viene ad assumere l'aspetto della fig. 3, dove si possono scorgere, da sinistra, la cassetta di amplificazione, la cellula fotoelettrica di lettura, i due motorini di bloccaggio e di lettura, ed ai margini i motorini di livellazione.

Il funzionamento regolare dei termostati viene inoltre controllato con un milliamperometro sul quadro di comando (fig. 1).

Lo strumento viene quindi racchiuso in una batisfera (fig. 4), la quale porta sul fondo un disco opportunamente sagomato per impe-

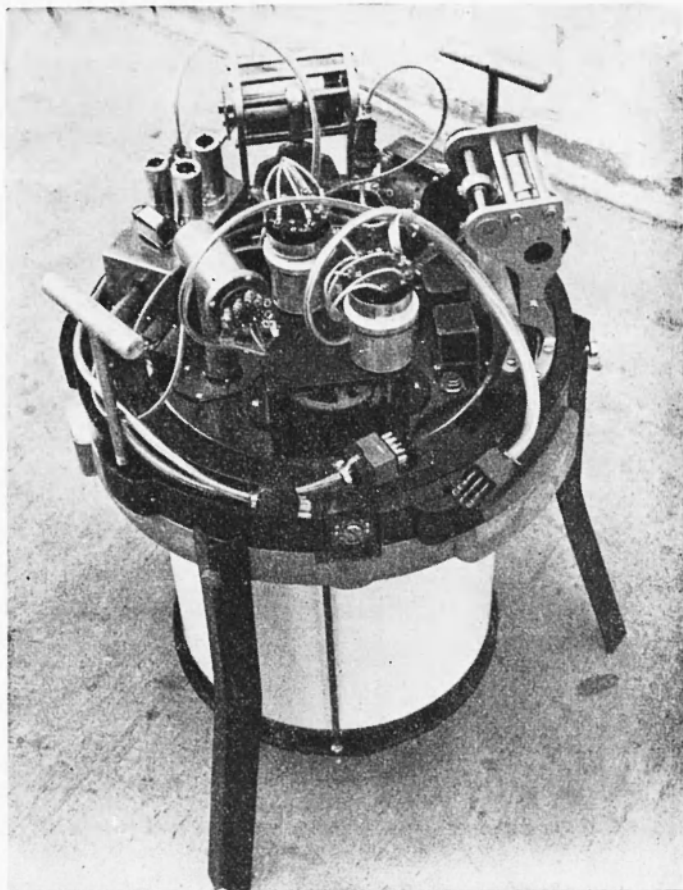


Fig. 3 - Testa del gravimetro modificata per i telecomandi.

dire l'affondamento nel fondo melmoso e per smorzare l'urto contro questo.

Nella batisfera una opportuna resistenza elettrica poggiata internamente sul fondo consente di indicare, con un lampeggiamento regolare sul pannello di comando, l'assenza di infiltrazioni d'acqua.

Manca invece il comando a distanza del reset, per operare il quale bisogna aprire la batisfera. Inconveniente trascurabile per piccole pro-

fondità, ma non indifferente quando le variazioni di profondità sono cospicue.

Tutta l'apparecchiatura funziona a 115 V 60 periodi, e consuma circa 500 Watt.

3. *Istallazioni a bordo.* — Il motoveliero scelto per il noleggio dopo lunghe ricerche, compatibilmente con i fondi disponibili, è stato il M/v « Istriano » (successivamente ribattezzato « Seismo »), di 22 m

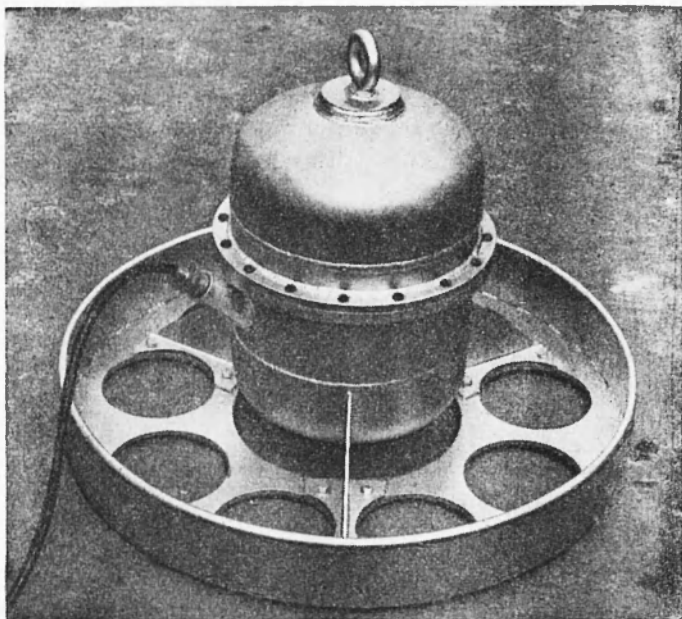


Fig. 4 - Batisfera e base di appoggio sul fondo.

di lunghezza, larghezza massima 4,5 m (TSL 40 tonn), in legno (fig. 5) porto di armamento Trieste, comandato dal cap. Giovanni Tamaro.

Naturalmente il M/v non era attrezzato per questo genere di lavoro, e quindi sono occorsi circa 2 mesi per sistemarlo come segue:

a) costruzione di una tuga sotto l'albero di trinchetto, dalla quale è stata ricavata la cabina per gli strumenti scientifici;

b) costruzione a poppa di un sistema speciale per la manovra ed il fissaggio della batisfera (figg. 6-8), non essendo il braccio di carico per la stiva idoneo date le forti oscillazioni col rollio della nave;

c) sistemazione a poppa di un elettoverricello con controller e

quadro di comando, per consentire un'operazione di sollevamento senza urti (fig. 6):

d) gruppo elettrogeno per 115 V 60 periodi e 110 V corrente continua (per il radar);

e) batteria di accumulatori 110 V;

f) dinamo da 24 Volt per l'impianto di bordo e per l'ecografo ad ultrasuoni;

g) alloggi e servizi per il personale geofisico.

Inoltre:

h) torre in legno per il radar (v. § 4), con annessa capannina meteorologica (fig. 10);

i) sagoma aerodinamica per il proiettore e ricevitore degli ultrasuoni (v. § 5), sistemata sotto la chiglia.

Accessori:

l) fari per l'illuminazione verso prua e della manovra a poppa e al centro della nave;

m) microfoni ed altoparlanti per le manovre;

n) radiotelefono.

4. *Determinazione del punto nave.* — Un problema molto importante da risolvere per le misure in mare era quello della determinazione planimetrica del punto di stazione.

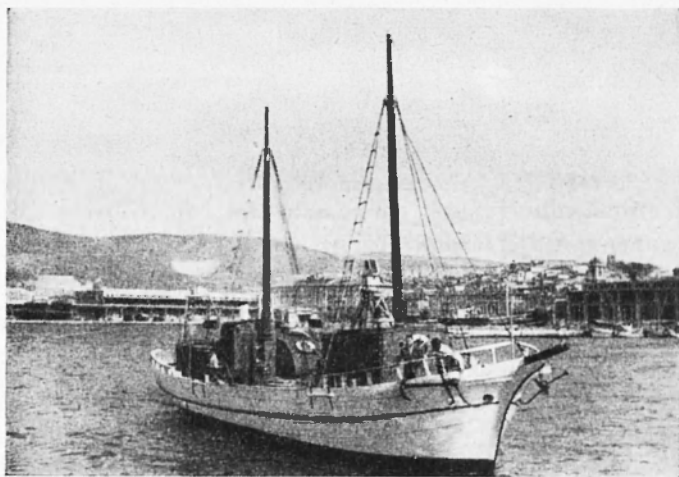


Fig. 5 - H. M. v. «Istriano».

Tale determinazione si può fare molto bene in prossimità della costa con un circolo a riflessione mediante la lettura di almeno due angoli con vertice sul punto cercato (metodo di intersezione inversa o problema di Potbénot). In condizioni di buona visibilità e con una distribuzione idonea di caposaldi ben distinguibili, la precisione normalmente è ottima (mm grafico).

Senonché la distanza a cui si può arrivare dalla costa è limitata, e per di più quasi sempre le condizioni di visibilità riducono le pos-



Fig. 6 - La capriata a poppa.

sibilità di applicazione del metodo: o per foschia perdurante fino al tardo mattino in estate, e riprendente anche nel primo pomeriggio; o per scarsa visibilità in un settore dell'orizzonte, per le condizioni di luce.

Sicché il metodo ottico riduce notevolmente le giornate lavorative, e le ore lavorative in una stessa giornata; e non consente ovviamente di lavorare alla notte, come invece è talvolta necessario.

Si è provato allora un *radar distanziometrico speciale*. Esso consiste in un radar normale (RCA - mod. CR-103), modificato in guisa da consentire una maggiore precisione nelle distanze. La modifica consiste sostanzialmente in questo:

a) una volta reperito il segnale, l'antenna da panoramica diventa direzionale, bloccandola in direzione del segnale stesso;

b) l'intervallo di 1 miglio viene diviso, mediante un dispositivo speciale oscillografico, in 100 parti: sicché è possibile la precisione di $1/100$ di miglio pari a ± 20 m.

Lunghe serie di esperienze effettuate nel Golfo di Trieste hanno consentito di verificare che — dopo la necessaria taratura — la precisione della singola misura è veramente quella indicata. Ed hanno con-



Fig. 7 - La batiferà viene issata nella sua sede.



Fig. 8 - La batiferà calata sul ponte.

fermato che senza tale apparato misure di precisione in alto mare sarebbero impossibili.

Il campo del radar è di 20 miglia. Per operare a distanze maggiori dalla costa, è necessario quindi ricorrere a caposaldi ausiliari, da fissare provvisoriamente a distanze ed in posizioni opportune. Essi devono essere tali da riflettere sufficientemente le onde elettromagnetiche del radar.

Dopo varie prove, si è trovato che il sistema più opportuno ed economico è un segnale galleggiante, di cui i diversi tipi costruiti sono riportati in fig. 11. Con essi le prove sono state ripetute numerose volte anche al largo della costa padana, nelle più diverse condizioni, ed hanno confermato che fino a 15-20 miglia dalla costa la precisione

del punto è ottima, mantenendosi entro i limiti di 50 m. Ciò si è ottenuto sia istituendo lungo la costa riflettenti speciali per il radar (alti 12 m, con 2 quadri riflettenti di m 2×2) sia fissandone altri uguali al largo in mare (trigonometrici di 1° ordine, provvisori); integrati con trigonometrici di 2° e di 3° ordine (v. fig. 11).

Allontanandosi dalla costa oltre le 20 miglia, si è proceduto come per la rete geodetica su terraferma, istituendo via via altri trigonometrici di 1° e 2° ordine. Interviene allora l'errore sistematico, ma esso si può compensare chiudendo le catene sulla sponda opposta o su punti in comune per catene diverse, lasciati fissi in mare. In questa guisa, anche a 60-80 miglia dalla costa l'imprecisione non è superiore a 200 m.



Fig. 9- La batisfera fissata fuori bordo per lo spostamento da una stazione all'altra.

5. *Ecografo*. — La riduzione delle misure di gravità implica la conoscenza esatta della profondità nel punto di stazione, e della topografia nei dintorni del punto stesso.

I normali scandagli a filo presentano sempre errori sistematici (per le correnti sottomarine, per gli allungamenti del filo, ecc.) e accidentali (per l'incerta determinazione del momento di lettura quando il fondo è molto soffice, per errori di visibilità, ecc.) e danno la profondità solo per punti.

È quindi preferibile, sotto tutti gli aspetti, un ecografo ad ultrasuoni.

Come tale si è scelto il tipo più moderno (Echolotanlage Duotype) della Atlas-Werke di Bremen, che opportunamente tarato consente di determinare la profondità con un errore di ± 0.3 m: come si è potuto controllare con numerose verifiche.

Lo strumento è a lettura diretta ed a registrazione, con le tre profondità 0-200, 200-400 e 400-600 m, oppure 0-1000 m.



Fig. 10 - Il radar distanziometrico.

I risultati sono esposti nella fig. 12, dove accanto ad ogni stazione è riportata la profondità h_0 dal livello medio del mare (quindi corretta per la marea) e sono disegnate pure le isobate (equidistanti 5 m).

Si vede dalla fig. 12 che l'Alto Adriatico è veramente la naturale continuazione della pianura padana, piatto e regolare, con pendenza minima ed uniforme. Il gradiente di quota è più forte solo in corrispondenza delle loci dell'Adige-Po, dove evidentemente ciò è dovuto all'avanzare del delta del fiume col suo letto pensile; ed in vicinanza di Trieste, dove riflette il gradino di sprofondamento dell'Altipiano calcareo del Carso.

Sulla carta sono segnate anche:

a) le quote di punti anomali registrate con l'ecografo fra l'una e l'altra stazione gravimetrica;

b) le zone dove, secondo le risultanze dei diagrammi batimetrici, si hanno indizi per ritenere che il fondo potrebbe essere roccioso, presentando un profilo a creste dell'altezza anche di qualche m (a meno che non si tratti di altre cause);

c) indicati con numeri romani, i punti di particolarità interessanti, le quali sono poi integralmente riprodotte in fig. 13.

6. *Esecuzione delle misure.* — Dopo circa 2 mesi di prove ed esperienze nel Golfo di Trieste, le misure al largo vennero cominciate — per motivi già specificati — appena il 15 agosto 1953. L'aggravarsi

della situazione politica dopo l'8 ottobre 1953 costrinse a continuare il rilievo solo sotto costa; dopo tale data e fino al 30 novembre 1953 venne così rilevata una fascia di 10 miglia fino all'altezza di Ancona.

Nonostante la stagione particolarmente avversa, si sono totalizzate 69 giornate lavorative, con 161 stazioni in mare, 15 in laguna e 4 basi a terra. Nessun serio danno per le tempeste, che si sono sempre potute evitare in tempo con un buon servizio di assistenza meteorologica da terra: salvo l'affondamento o la sparizione a varie riprese dei segnali galleggianti per il radar.

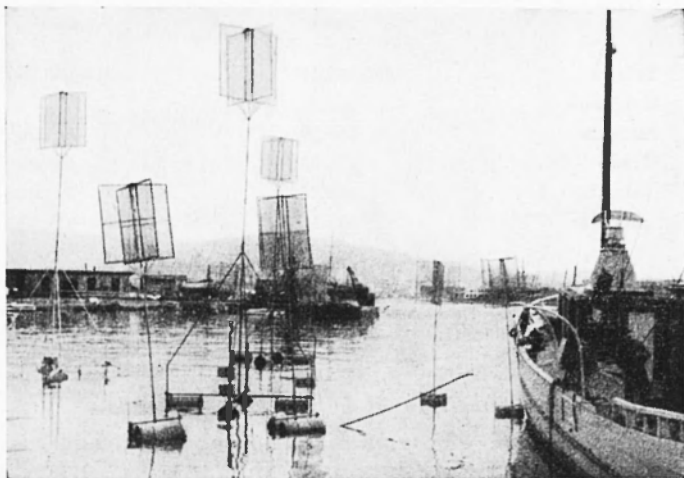


Fig. II - Segnali riflettenti per il radar di varia grandezza per i trigonometrici.

Il moto ondoso non impedisce le misure, finché non diventa pericolosa la manovra quando la batisfera è fuori d'acqua.

Giunti sul punto di stazione, la nave veniva sempre ancorata, per evitare che la deriva per le correnti e i venti strappasse il gravimetro dal fondo.

Tutte le misure sono state eseguite in circuiti chiusi intersecandoli ogni volta che possibile (fig. 14). La deriva strumentale è stata sempre molto piccola e trascurabile, eccetto un caso nella Laguna di Venezia, dove si è dovuto ripetere un circuito. L'errore medio di una misura è risultato ± 0.05 mgal.

Per il collegamento con la rete gravimetrica su terraferma sono state eseguite le basi a terra indicate in fig. 14: operazione sempre

pericolosa, perché la batisfera viene appoggiata sul terreno duro senza alcuna protezione elastica, e ogni urto verrebbe quindi trasmesso direttamente al gravimetro.

Tali basi a terra sono state poi collegate, mediante gravimetro Worden, ai caposaldi della rete gravimetrica italiana ⁽³⁾.

Le loro monografie sono riportate nelle figg. 15, 16 e 17. I valori di g osservati nelle basi in terra ed in mare risultano dalla seguente tabellina (mgal della base di Bologna; v. ⁽³⁾):

Base	g osservati	
	terra	mare
Trieste	980,665.49	980,668.85
Grignano	663.21	—
Sistiana	666.29	667.56
Grado	675.02	676.08
Venezia	649.87	651.36
Chioggia	645.41	646.31

Spesso, per la necessità di chiudere un circuito o di operare fra determinati caposaldi radar, le operazioni venivano continuate anche di notte (fino ad un massimo di 56 ore consecutive).

E qui va fatta lode al personale di bordo ed agli addetti di laboratorio signori Adriano Scotti, Giovanni Vasselli e Claudio Gantar per l'abnegazione con cui si sono sempre prodigati.

7. Riduzioni ed anomalie - Precisione dei risultati. — I risultati delle osservazioni sono riportati nella Tabella che segue, dove figurano nell'ordine:

- col. 1: il numero progressivo delle stazioni (i numeri mancanti sono di stazioni a Sud delle foci del Po; v. § 6);
- » 2, 3: le coordinate geografiche φ e λ (da Roma Monte Mario; per passare a Greenwich aggiungere $12^{\circ} 27' 12''$);
- » 4: la profondità h_0 del mare in corrispondenza della stazione (profondità misurata, corretta per marea);
- » 5: il valore osservato g della gravità.

Le colonne successive riportano i risultati, delle riduzioni, che sono le seguenti:

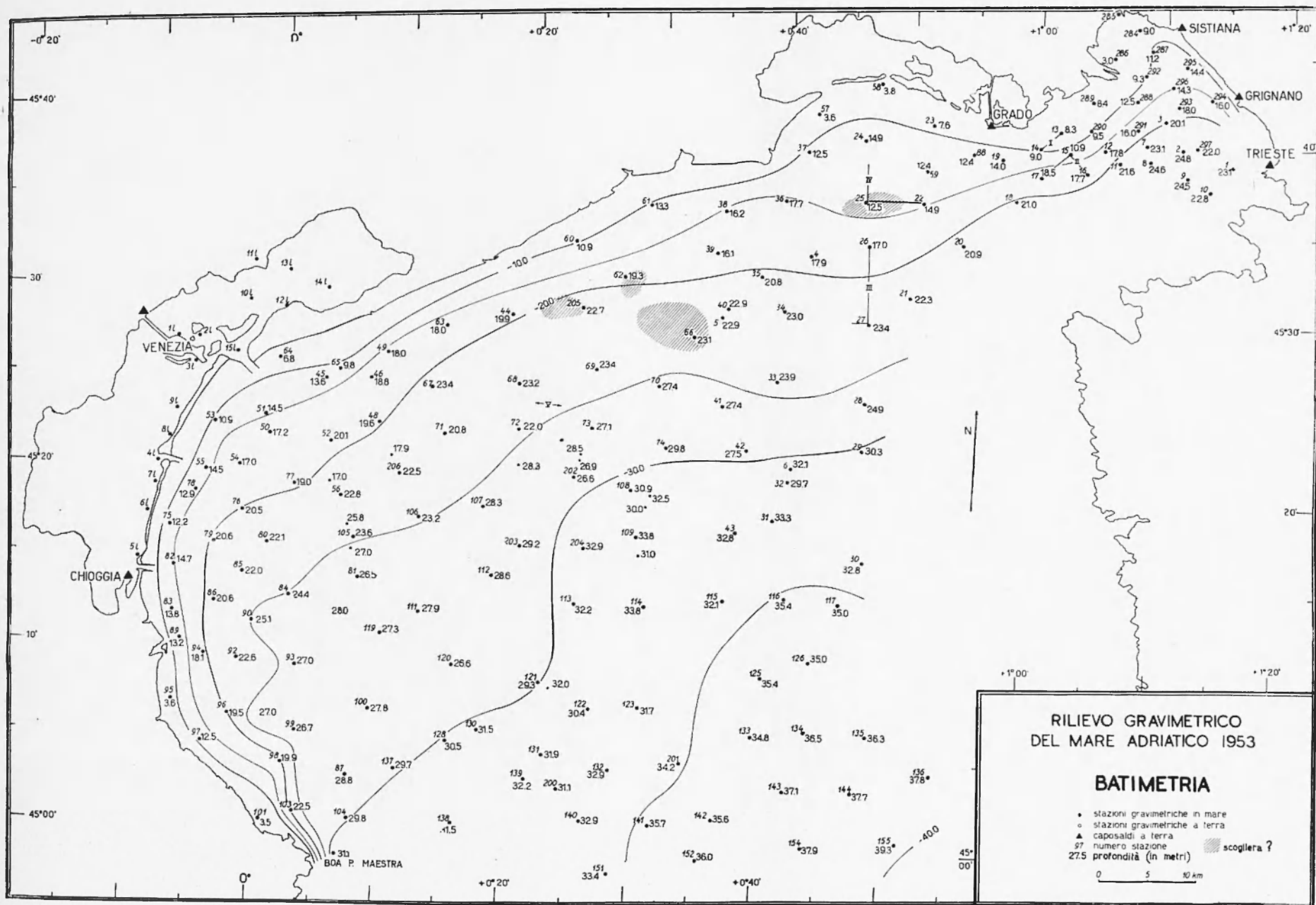


Fig. 12 - Isobate del fondo marino.

col. 6: correzione di Faye e di Bouguer, che consiste:

a) nel togliere il contributo della massa d'acqua compresa fra il fondo ed il livello medio del mare: questa è una correzione positiva del tipo di Bouguer

$$+ 2 \pi \varepsilon \cdot \rho_0 h_0$$

dove $\varepsilon = 6,66 \cdot 10^{-8}$ è la costante di attrazione universale e $\rho_0 = 1,026$ è la densità del mare;

b) nel portare il valore osservato alla superficie del geoide: $-0,30855 \cdot h_0$;

c) nel riempire lo spazio sotto il livello del mare con materiale di densità pari a quella ρ del fondo:

$$+ 2 \pi \varepsilon \cdot \rho \cdot h_0 \text{ mgal,}$$

essendo h_0 espresso in metri.

Nel caso in questione, assumendo per la densità dei sedimenti del fondo $\rho = 2 \cdot 2$, il contributo complessivo diventa (in mgal):

$$-k_\rho \cdot h_0 = -0,17203 \cdot h_0 \quad (h_0 \text{ in } m).$$

La densità in terra nella zona circostante essendo diversa in alcune zone, tale coefficiente è diventato:

— 0,16356 per le stazioni del golfo di Trieste, dove è stato assunto $\rho = 2.4$ (n. 298, 300, 301, 302):

— 0,16779 per le stazioni più al largo nello stesso Golfo dove $\rho = 2.3$ (n. 1÷3, 7÷10, 284÷297):

— 0,18049 per le stazioni in Laguna, dove $\rho = 2.0$.

col. 7: correzione topografica $g' - g$, estesa fino alla zona L di Hayford (km 28.8 della stazione):

» 8: correzione di Bouguer per lo straterello di acqua di altezza Δh compreso fra il livello del mare al momento dell'osservazione ed il livello medio (*correzione di marea*):

$$+ 2 \pi \varepsilon \cdot \rho \cdot \Delta h = \pm 0,043 \cdot \Delta h \quad (\Delta h \text{ in } m)$$

dove il segno $+$ si riferisce a marea Δh positiva, il segno $-$ a marea negativa.

Le due ultime colonne riportano gli elementi *delle anomalie*:

col. 9: valore normale γ'_0 della gravità, secondo la formula internazionale;

» 10: anomalie secondo Bouguer generalizzate; esse sono rappresentate graficamente nella fig. 18, che sintetizza tutto il lavoro.

1	2 3 4 5				6 7 8			9 10	
	VALORI OSSERVATI				RIDUZIONI			ANOMALIE	
N.	τ o' "	λ o' "	h_0 m	g 980,	$K\rho \cdot h_0$ mgal	$g' - g$ mgal	marea mgal	γ_0 980,	$g_0'' - \gamma_0'$ mgal
1	45 38 40	+ 1 15 13	- 23.1	.671.96	- 3.88	—	—	687.60	- 19.52
2	39 35	11 18	24.8	673.51	4.17	—	+ 0.01	688.98	- 19.63
3	41 05	+ 0 09 52	20.1	673.22	3.38	—	—	691.23	- 21.40
4	32 55	42 12	17.9	669.98	3.08	—	—	678.87	- 11.97
5	29 16	35 26	22.9	666.70	3.94	—	+ 0.01	673.40	- 10.61
6	21 10	41 28	32.1	664.72	5.52	—	- 0.01	661.25	- 2.06
7	39 44	+ 1 08 26	23.1	675.79	3.88	—	—	689.20	- 17.29
8	38 52	08 47	24.2	676.34	4.07	—	+ 0.02	687.90	- 15.61
9	37 58	11 40	24.5	676.23	4.11	—	0.01	686.55	- 14.42
10	37 13	13 26	22.8	673.82	3.83	—	0.01	685.48	- 15.48
11	38 40	06 18	21.6	677.29	3.72	—	0.02	687.60	- 14.01
12	39 23	05 06	17 8	676.59	3.07	—	—	688.68	- 15.16
13	40 18	01 40	8.3	674.94	1.43	—	+ 1.01	689.05	- 15.53
14	39 20	00 04	9.0	677.18	1.55	—	0.02	688.60	- 12.95
15	39 06	02 26	10.9	676.43	1.88	—	0.01	688.25	- 13.69
16	38 00	03 50	17.7	678.42	3.04	—	0.01	686.60	- 11.21
17	37 44	00 06	18.5	679.98	3.19	—	—	686.20	- 9.41
18	36 22	+ 0 58 10	21.0	680.88	3.61	—	—	684.15	- 6.88
19	38 40	56 55	14.0	678.46	2.41	—	- 0.01	687.60	- 11.56
20	33 50	54 10	20.9	683.02	3.60	—	+ 0.01	680.31	- 0.88
21	30 48	50 12	22.3	673.54	3.84	—	—	675.70	- 6.00
22	36 05	51 00	14.9	678.97	2.56	—	+ 0.01	683.73	- 7.31
23	40 25	51 20	7.6	676.95	1.31	—	—	690.23	- 14.59
24	39 30	46 04	14.9	677.52	2.57	—	+ 0.01	688.85	- 13.89
25	36 00	46 12	12.5	671.70	2.15	—	0.01	683.60	- 14.04
26	33 33	46 52	17.0	672.37	2.93	—	0.02	679.89	- 10.43
27	29 12	47 03	23.4	672.53	4.02	—	0.01	673.30	- 4.78
28	24 50	47 05	24.9	668.16	4.29	—	0.01	666.75	- 2.87
29	22 10	47 04	30.3	666.17	5.21	—	0.01	662.75	- 1.78
30	15 52	47 35	32.8	672.58	5.64	—	0.01	653.30	+ 13.65
31	18 03	40 18	33.3	660.87	5.72	—	- 0.01	656.58	- 1.44
32	20 20	41 19	29.7	663.26	5.11	—	+ 0.01	660.00	- 1.84
33	25 48	40 02	23.9	667.75	4.11	—	—	668.20	- 4.56
34	29 45	40 20	23.0	669.32	3.96	—	—	674.13	- 8.77
35	31 35	38 20	20.8	668.24	3.58	—	+ 0.01	676.90	- 12.23
36	35 55	40 00	17.7	671.39	3.04	—	- 0.01	683.43	- 15.09
37	38 38	41 35	12.5	671.71	2.15	—	—	687.55	- 17.99
38	35 10	35 20	16.2	668.79	2.79	—	- 0.01	682.35	- 16.36
39	32 50	34 46	16.1	668.09	2.77	—	0.01	678.79	- 13.48
40	29 43	35 54	22.9	667.40	3.94	—	—	674.08	- 10.62
41	24 20	35 40	27.4	665.28	4.71	—	—	666.00	- 5.43
42	22 00	37 50	27.5	664.61	4.73	—	+ 0.01	662.50	- 2.61
43	17 17	17 20	32.8	661.12	5.64	—	0.01	655.38	+ 0.11
44	28 52	18 50	19.9	665.42	3.42	—	—	672.80	- 10.80
45	25 00	04 25	13.6	654.52	2.32	—	—	667.00	- 14.81
46	25 10	08 00	18.8	656.59	3.24	—	+ 0.01	667.25	- 13.89
48	22 40	18 49	19.6	658.36	3.37	—	0.02	663.50	- 8.49
49	26 35	09 09	18.0	658.82	3.10	—	—	669.38	- 13.66
50	21 50	00 05	17.2	654.60	2.96	—	- 0.02	662.25	- 10.63

1	2 3 4 5				6 7 8			9 10	
	VALORI OSSERVATI				RIDUZIONI			ANOMALIE	
N.	φ ° ' "	λ ° ' "	h_o m	g 980.	$-K\rho \cdot h_o$ mgal	$g' - g$ mgal	marea mgal	γ'_o 980.	$g_o'' - \gamma'_o$ mgal
51	45 22 52	— 0 00 20	— 14.5	654.07	— 2.18	—	— 0.02	663.80	— 12.23
52	21 30	+ 0 05 04	20.1	656.08	3.46	—	+ 0.02	661.75	— 9.11
53	22 20	— 0 04 13	10.9	653.33	1.87	—	— 0.01	663.00	— 11.55
54	20 02	02 45	17.0	654.07	2.92	—	0.01	659.55	— 8.41
55	19 40	04 45	14.5	653.02	2.50	—	—	659.00	— 8.18
56	18 39	+ 0 06 06	22.8	656.63	3.91	—	— 0.01	657.48	— 4.77
57	40 44	42 00	3.6	670.28	0.62	—	—	690.70	— 21.04
58	42 40	46 55	3.8	671.81	0.65	—	— 0.01	693.60	— 22.42
59	38 00	51 00	12.4	679.25	2.13	—	0.01	686.60	— 9.49
60	33 15	23 31	10.9	663.41	1.88	—	—	679.44	— 17.91
61	35 18	29 20	13.3	666.23	2.29	—	—	682.55	— 18.61
62	31 20	27 30	19.3	666.60	3.32	—	—	676.52	— 13.24
63	28 06	13 42	18.0	662.96	3.09	—	+ 0.01	671.65	— 11.77
64	26 00	00 40	6.8	652.49	1.17	—	0.01	668.50	— 17.17
65	25 30	05 28	9.8	654.86	1.69	—	0.01	667.75	— 14.57
66	28 04	33 21	23.1	666.04	3.97	—	—	671.60	— 9.53
67	24 52	12 49	23.4	662.48	4.02	—	—	666.80	— 8.34
68	25 10	19 37	23.2	665.66	3.99	—	—	667.25	— 5.57
69	26 10	25 35	23.4	665.02	4.02	—	—	668.75	— 7.75
70	25 18	30 40	27.4	664.75	4.71	—	—	667.45	— 7.41
71	22 12	14 00	20.8	663.64	3.58	—	—	662.80	— 2.74
72	22 35	19 49	22.0	663.61	3.78	—	+ 0.02	663.38	— 3.53
73	22 50	25 34	27.1	663.77	4.65	—	0.01	663.75	— 4.62
74	21 56	31 30	29.8	662.98	5.12	—	— 0.01	662.40	— 4.55
75	16 30	— 0 07 20	12.2	649.54	2.09	—	+ 0.91	654.25	— 6.79
76	17 34	01 40	20.5	653.01	3.25	—	0.01	655.85	— 6.35
77	19 06	+ 0 02 20	19.0	654.13	3.25	—	0.02	658.15	— 7.25
78	18 30	— 0 05 25	12.9	651.45	2.21	—	0.01	657.25	— 8.00
79	15 40	03 48	20.6	651.10	3.54	—	0.01	653.00	— 5.43
80	15 48	+ 0 00 25	22.1	651.85	3.79	—	0.01	653.20	— 5.13
81	14 04	07 49	26.5	653.02	4.55	—	—	650.60	— 2.13
82	14 17	— 0 06 50	14.7	649.64	2.53	—	+ 0.01	650.93	— 3.81
83	11 42	06 45	13.8	646.58	2.36	—	— 0.01	647.05	— 2.84
84	12 54	+ 0 02 20	21.4	650.97	4.19	—	+ 0.02	648.85	— 2.05
85	14 05	— 0 01 22	22.0	650.18	3.78	—	—	650.63	— 3.93
86	12 17	03 30	20.6	648.89	3.54	—	—	647.93	— 2.58
87	03 00	+ 0 07 45	28.8	633.69	4.95	—	+ 0.01	633.90	— 5.15
88	39 00	54 26	12.4	678.53	2.13	—	— 0.01	688.10	— 11.71
89	10 06	— 0 06 02	13.2	643.88	2.26	—	0.01	644.63	— 3.02
90	11 20	+ 0 00 27	25.1	647.61	4.32	—	—	646.50	— 3.21
91	14 58 (1)	0 07 20	31.1	615.33	5.34	—	—	626.30	— 16.31
92	45 09 10	— 0 01 30	22.6	642.32	3.89	—	+ 0.01	643.21	— 4.77
93	09 02	+ 0 03 09	27.0	643.85	4.65	—	0.01	643.01	— 3.80
94	09 20	— 0 04 08	18.1	641.73	3.12	—	—	643.46	— 4.85
95	06 43	06 30	3.6	633.95	0.62	—	—	639.48	— 6.15
96	06 04	01 56	19.5	634.26	3.36	—	+ 0.02	638.50	— 7.58
97	04 29	03 58	12.5	629.62	2.15	—	—	636.13	— 8.66
98	03 30	+ 0 02 32	19.9	629.50	3.42	—	+ 0.01	634.65	— 8.56
99	05 20	03 27	26.7	635.67	4.59	—	0.01	637.40	— 6.31
100	06 48	09 10	27.8	640.27	4.79	—	— 0.02	639.60	— 4.14

(1) Boa di Punta Maestra; coordinate fornite dalla Cap. di Porto di Trieste.

N.	VALORI OSSERVATI				RIDUZIONI			ANOMALIE	
	φ o ' "	λ o ' "	h_0 m	g 980.	$-K\rho \cdot h_0$ mgal	$g' - g$ mgal	<i>marea</i> mgal	γ'_0 980,	$g_0'' - \gamma'_0$ mgal
101	45 00 12	+ 0 01 05	— 3.5	621.93	— 0.60	—	+ 0.01	629.70	— 8.36
103	00 50	03 37	22.5	624.65	3.87	—	0.01	630.65	— 9.86
104	00 36	08 00	29.8	625.25	5.12	—	— 0.01	630.30	— 10.18
105	16 18	07 19	23.6	655.90	4.05	—	—	653.95	— 2.10
106	17 38	12 22	23.2	660.77	3.99	—	— 0.01	655.95	+ 0.82
107	18 20	17 20	28.3	662.90	4.86	—	+ 0.01	657.00	+ 1.05
108	19 42	28 53	30.9	662.32	5.31	—	—	659.05	— 2.04
109	16 56	29 28	33.8	659.45	5.81	—	— 0.01	654.90	— 1.27
111	12 20	12 40	27.9	654.98	4.79	—	—	648.00	+ 2.19
112	14 30	18 19	28.6	657.64	4.92	—	+ 0.01	651.25	+ 1.43
113	13 04	24 57	32.2	652.84	5.54	—	—	649.10	— 1.80
114	13 03	30 27	33.8	654.79	5.81	—	— 0.01	649.08	— 0.11
115	13 25	36 40	32.1	657.80	5.51	—	+ 0.01	649.63	+ 2.67
116	13 40	41 28	35.4	667.81	6.09	—	—	650.00	+ 11.72
117	13 40	45 55	35.0	669.31	6.02	—	—	649.75	+ 13.57
119	11 03	09 48	27.3	649.93	4.69	—	— 0.01	642.54	+ 0.87
120	09 30	15 40	26.6	618.80	4.56	—	+ 0.01	643.71	+ 0.54
121	08 44	22 34	29.3	648.45	5.03	—	— 0.01	642.54	+ 0.87
122	07 19	26 36	30.4	646.93	5.23	—	—	640.40	+ 1.30
123	07 32	30 22	31.7	647.68	5.45	—	— 0.01	640.72	+ 1.50
125	09 17	40 05	35.4	659.05	6.08	—	+ 0.02	643.39	+ 9.60
126	10 12	43 45	35.0	661.14	6.01	—	0.02	644.78	+ 10.37
128	05 14	15 25	30.5	640.41	5.24	—	0.01	637.25	— 2.07
130	05 54	17 54	31.5	641.78	5.42	—	—	638.25	— 1.89
131	04 42	23 06	31.9	640.57	5.48	—	—	636.45	— 1.36
132	03 56	28 27	32.9	640.62	5.65	—	—	635.30	— 0.33
133	06 00	39 27	34.8	645.61	5.98	—	+ 0.01	638.40	+ 1.24
134	06 20	43 40	36.5	651.32	6.28	—	—	638.90	+ 6.14
135	06 12	48 32	36.3	656.94	6.23	—	— 0.01	638.70	+ 12.00
136	04 10	53 47	37.8	657.83	6.50	—	—	635.65	+ 15.68
137	03 32	11 30	29.7	632.95	5.11	—	— 0.02	634.70	— 6.88
138	00 40	16 14	31.5	630.55	5.41	—	0.61	630.40	— 5.27
139	03 14	21 50	32.2	637.38	5.53	—	0.01	634.25	— 2.11
140	01 02	26 21	32.9	633.13	5.65	—	+ 0.01	630.95	— 3.46
141	00 57	31 40	35.7	634.36	6.13	—	+ 0.01	630.83	— 2.59
142	01 17	36 40	35.6	638.52	6.13	—	—	631.33	+ 1.06
143	03 00	42 11	37.1	644.49	6.38	—	— 0.01	633.90	+ 4.20
144	03 00	47 36	37.7	650.06	6.49	—	0.01	633.90	+ 9.66
151	44 58 10	28 41	33.4	626.12	5.75	—	—	626.65	— 6.28
152	59 00	35 35	36.0	633.40	6.19	—	— 0.01	627.90	— 0.70
154	59 50	44 00	37.9	636.84	6.52	—	—	629.15	+ 1.17
155	45 00 15	51 21	39.3	646.15	6.76	—	—	629.78	+ 9.61

1	3				6 7 8			9 10	
	VALORI OSSERVATI				RIDUZIONI			ANOMALIE	
N.	φ o ' "	λ o ' "	h_0 m	g 980.	$K\varphi \cdot h_0$ mgal	$g' - g$ mgal	marea mgal	γ_0 980.	$\mu_0'' - \gamma_0'$ mgal
200	15 02 45	+ 0 24 24	- 31.1	636.02	5.35	—	—	633.53	— 2.86
201	04 24	33 53	34.2	643.30	5.88	—	—	636.00	+ 1.12
202	20 04	24 18	26.6	661.93	4.57	—	—	659.60	— 2.24
203	16 12	20 22	29.2	658.58	5.02	—	- 0.01	653.80	— 0.25
204	16 13	25 26	32.9	659.48	5.66	—	—	653.83	— 0.01
205	29 30	24 22	22.7	666.57	3.90	—	—	673.75	— 11.08
206	20 00	10 32	22.5	661.11	3.87	—	+ 0.01	659.50	— 2.25
281	46 10	1 07 40	9.0	667.02	1.51	—	0.02	698.85	— 33.32
285	47 04	05 56	10.9	669.20	1.83	—	0.01	700.20	— 32.82
286	44 34	05 50	3.0	667.87	0.97	—	—	696.45	— 29.08
287	45 00	08 43	11.2	668.04	2.38	—	- 0.01	697.10	— 30.95
288	42 12	07 36	12.5	671.64	2.44	—	0.01	692.90	— 23.37
289	42 04	04 12	8.4	672.26	1.66	—	0.02	692.70	— 21.87
290	40 34	04 02	9.5	674.51	1.94	—	0.02	690.45	— 17.55
291	40 36	07 47	16.0	674.09	3.02	—	0.03	690.50	— 19.19
292	43 38	08 08	9.3	669.56	1.95	—	0.03	695.05	— 27.08
293	41 56	10 59	18.0	671.11	3.02	—	0.02	692.50	— 24.13
294	42 27	13 26	16.0	668.77	2.97	—	0.02	691.78	— 25.71
295	44 17	11 52	14.4	667.96	2.42	—	0.01	696.03	— 36.50
296	43 02	10 22	14.3	669.97	2.40	—	0.01	694.15	— 26.59
297	39 32	12 40	22.0	672.58	4.03	—	+ 0.01	688.90	— 26.00
298	41 09	13 36	19.8	669.65	3.23	+ 0.13	- 0.01	691.38	— 24.84
300	40 39	17 00	19.9	667.58	3.26	0.69	—	690.58	— 25.57
301	36 41	16 00	20.5	672.59	3.37	0.25	+ 0.01	684.63	— 15.16
302	37 14	17 52	18.4	669.80	3.00	0.40	—	685.45	— 18.25

STAZIONI NELLA LAGUNA VENETA

11	45 26 59	- 0 07 20	- 7.0	650.93	- 1.27	—	—	669.98	— 20.32
21	27 03	05 43	4.8	650.64	0.86	—	—	670.08	— 20.30
31	25 46	05 52	7.6	651.63	1.36	—	+ 0.01	668.15	— 17.87
41	20 04	08 42	17.5	652.73	3.15	—	- 0.01	659.60	— 16.03
51	14 42	09 29	7.9	648.59	1.43	—	+ 0.01	651.55	— 4.38
61	17 18	08 58	4.0	648.96	0.72	—	0.01	655.45	— 7.20
71	18 43	08 30	4.4	649.66	0.79	—	0.01	657.58	— 8.70
81	21 27	07 23	10.8	652.11	1.94	—	0.01	661.68	— 11.50
91	22 57	07 06	7.9	650.87	1.42	—	—	663.93	— 14.48
101	29 10	01 49	4.7	651.67	0.85	—	—	673.25	— 22.43
111	31 31	01 28	4.0	651.67	0.72	—	—	676.80	— 25.65
121	28 43	- 0 01 07	5.6	653.92	1.02	—	+ 0.01	672.58	— 19.67
131	31 00	01 26	4.5	653.68	0.81	—	0.01	676.02	— 23.14
141	30 08	04 26	7.5	655.89	1.35	—	—	674.70	— 20.16
151	26 15	- 0 02 39	6.0	651.36	1.08	—	—	658.88	— 18.60

8. *Discussione dei risultati.* — Dalla fig. 18 risulta anzitutto che le anomalie in mare non presentano discontinuità con quelle in terra: ciò dimostra che anche dal punto di vista gravimetrico l'Alto Adriatico è la naturale continuazione verso Sud della pianura friulana e verso Est della pianura padana.

La caratteristica più marcata messa in evidenza dalle anomalie gravimetriche è la fortissima anomalia positiva di fronte all'Istria meridionale: essa precisa l'estensione dell'anticlinale senoniana mirabil-

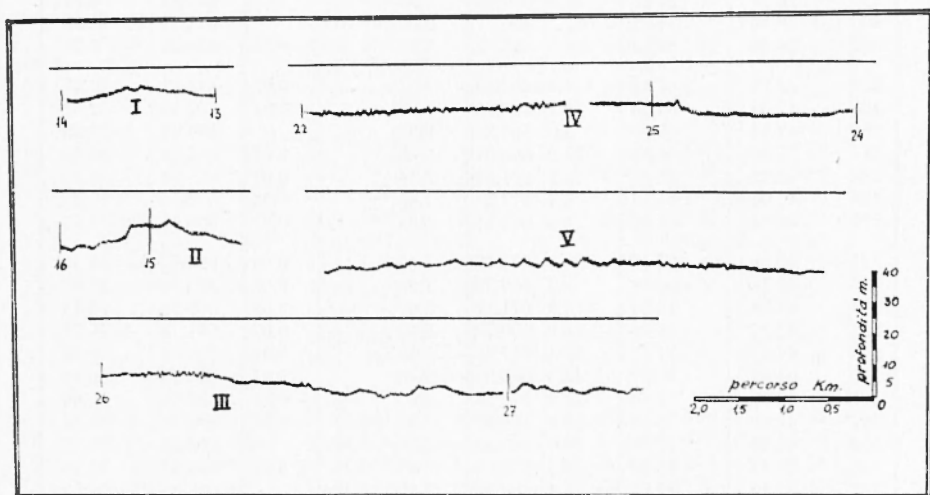


Fig. 13 - Particolarità rivelate dall'ecografo.

mente studiata da D'Ambrosi (5). Questo A. infatti aveva scoperto che nell'Istria occidentale una potente spinta ipogea doveva avere sollevato la coltre dei sedimenti cretacci, disegnando anzi nella Tavola I della pubblicazione (5) il presunto asse di tale anticlinale senoniana: provenendo da NE, esso si spinge in mare fra Parenzo e Rovigno, proprio in direzione dell'anomalia positiva qui discussa.

Anche a Nord è ben marcato il prolungamento in mare del Carso di Buie, con un'anomalia positiva che viene quasi a precisare l'estensione in mare della punta di Salvore.

Qui anzi conviene ricordare le parole del D'Ambrosi (5):

« Le lunghe e pazienti osservazioni nell'Istria nord-occidentale e al bacino del Quieto, mi avevano condotto alla scoperta di una notevolissima linea di disturbo tettonico decorrente lungo il margine meridionale della ben nota anticlinale cretacea conosciuta col nome di

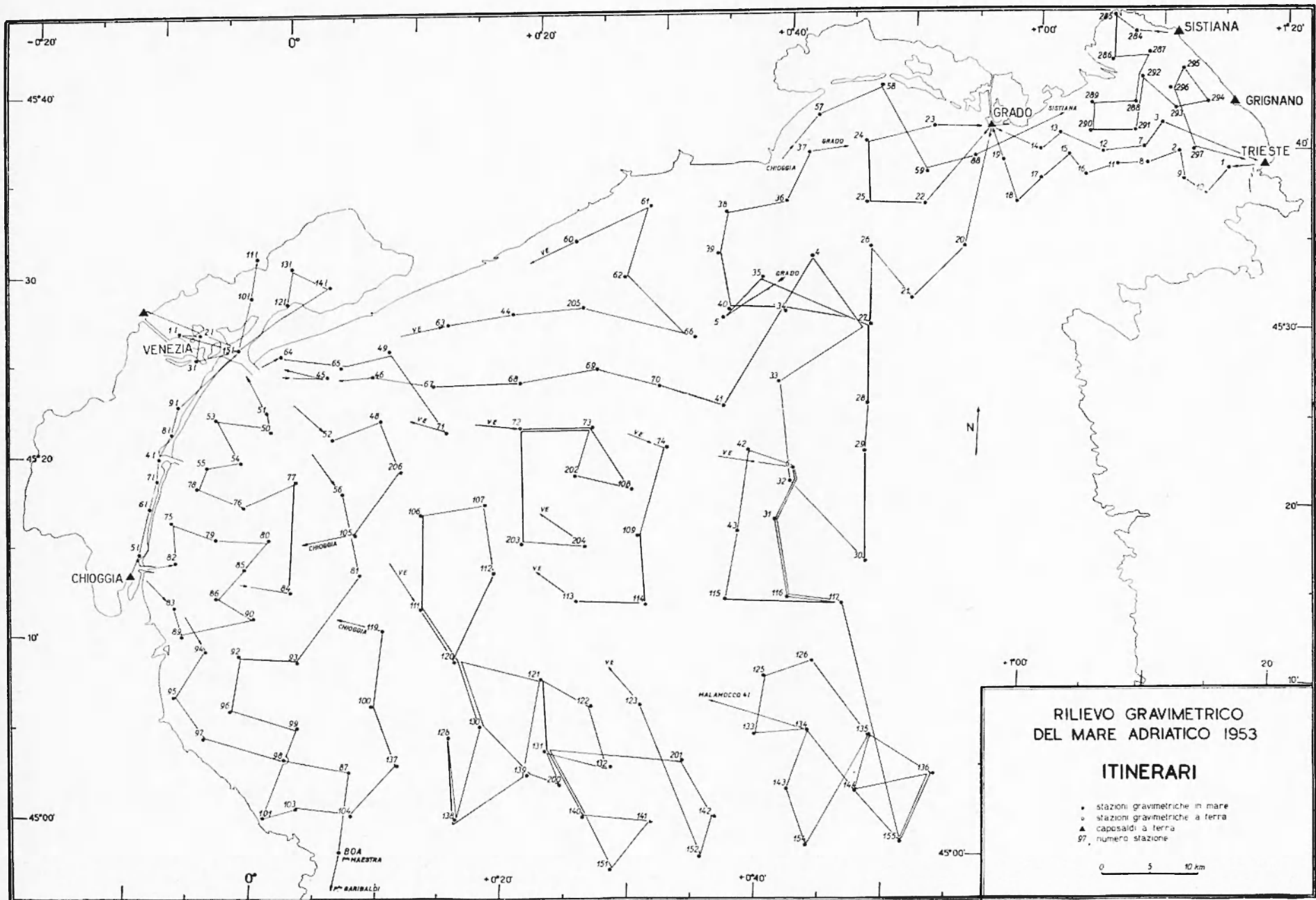


Fig. 14 - Distribuzione delle stazioni in mare, delle basi a terra e dei collegamenti.

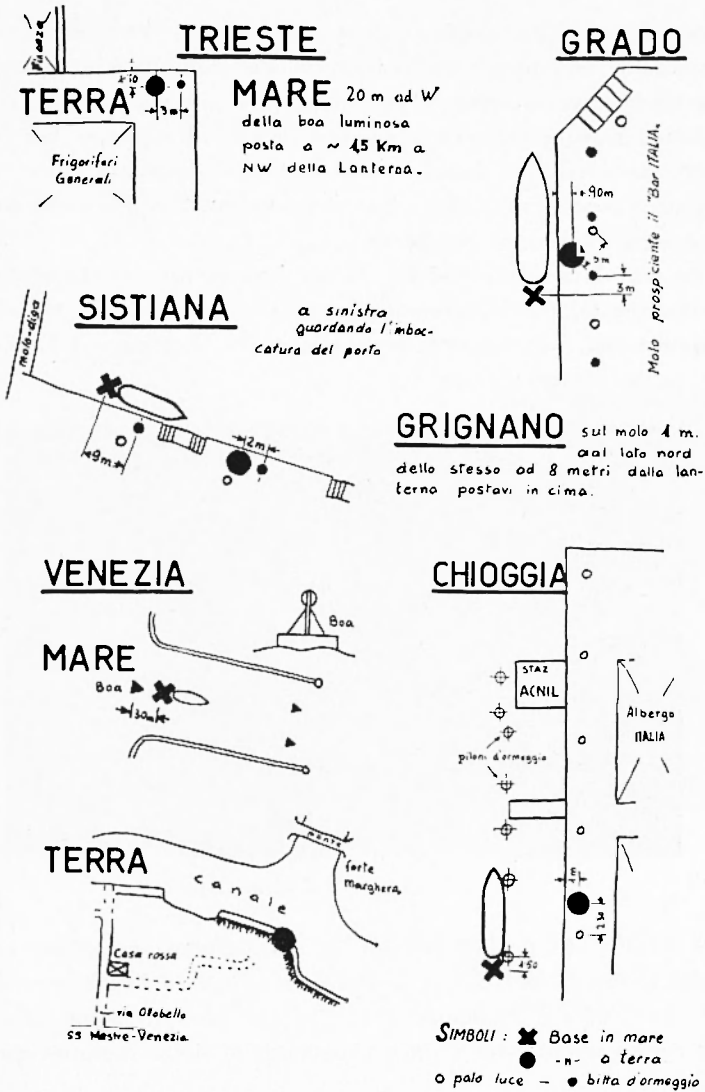


Fig. 15 - Monografie delle basi a terra.

“Carso di Buie”, la quale non mi appariva come la debole, tranquilla e regolare onda litoide descritta nella letteratura geologica dell'Istria, ma mi sembrava invece qualche cosa di più accentuato, di ben più aspro, direi quasi di più violento in tutto il suo svolgimento e nella sua intima costituzione che conservava le impronte di un'antica e

alquanto tormentata origine. Il suo margine settentrionale svelava l'esistenza di una piega molto pronunciata, con qualche tendenza al rovesciamento verso settentrione nei punti più caratteristici; quello meridionale, ancor più marcatamente piegato del primo, ma in direzione S, appariva per lunghi tratti fagliato, sfiancato, rotto, se non addirittura rovesciato o forse qua e là accennante a scorrimento iniziato e tosto di recente smorzato.

Ciò mi dava l'impressione di un imperfetto assestamento della zona disturbata, particolarmente lungo il suo confine meridionale in corrispondenza colla linea di separazione tra Cretaceo ed Eocene, nel tratto Santo Stefano-Salvore ».



Fig. 16 - La base a terra di Grado.

E difatti, sul prolungamento in mare della principale linea di disturbo tettonico del Carso di Buie, va a cadere l'epicentro del terremoto istriano del 29 agosto 1931 ⁽⁶⁾: ciò dimostrerebbe addirittura che il corrugamento delle linee orogenetiche della regione senoniana è ancora in atto.

Ed estenderebbe fino a questi limiti la relazione fra massimi del gradiente gravimetrico e sismicità, già scoperta dallo scrivente ⁽⁷⁾ nella fascia delle Prealpi orientali da Verona a Tolmezzo ^(*).

Si potrebbe quindi dire che queste due anomalie gravimetriche precisano i limiti sotto il mare Adriatico dell'antica Istria.

(*) Tale relazione è forse prolungabile anche a Sud di Salvore in mezzo all'Adriatico, dove esistono epicentri individuati dal Caloi ⁽⁸⁾ che forse rientrano in questa regola.

La loro natura poi fortemente positiva potrebbe spiegare almeno in parte la tendenza al bradisismo negativo soprattutto nell'Istria meridionale. Esso risale probabilmente al Pliocene recente, con massimo nell'Astiano e nel Villafranchiano, e continua probabilmente tuttora perché indizi di sommersione sono stati diffusamente riscontrati negli ultimi 20 secoli (a prescindere dal rapido innalzamento del livello del mare verificatosi sul finire dell'espansione Würmiana e continuante tuttora).

Sicché tale regione avrebbe iniziato il moto di sollevamento ⁽⁵⁾ « nel senoniano, essendo contemporaneamente soggetta ad un lungo



Fig. 17 - La base a terra di Venezia Marghera.

processo di abrasione che la spianava. Più tardi nel Neogene, dopo varie vicende subite durante il Paleogene, fra cui ripetute sommersioni e riimmersioni accompagnate da ulteriori spianamenti e seguite da una generale sommersione con relativo ricoprimento totale per opera dei depositi cocenici, essa è stata ancora dissepolta, rispianata e rimodellata; ma è soprattutto il Carso di Buie che è stato soggetto nel Neogene a rimaneggiamenti di una certa violenza ».

Di tali movimenti tettonici recenti sono prova anche le fosse marine rivelate dall'ecografo (v. carta batimetrica in fig. 12) a SW di Punta Salvore e meno marcatamente nel Golfo di Trieste: esse dimostrano infatti che il corrugamento della regione continuò anche dopo l'ultima fase glaciale, poiché queste depressioni del fondo si trovano in corrispondenza con le sinclinali.

Altra anomalia positiva straordinariamente ben marcata è quella in mezzo all'Adriatico di fronte a Chioggia: forse estensione di una

radice dell'anticlinale senoniana sopra menzionata, o forse ponte fra questa ed il bacino magmatico dei Berici-Lessini-Euganei.

Tale bacino, in corso di studio sia dal punto di vista magnetico ⁽⁹⁾ che da quello gravimetrico ⁽⁴⁾ ad opera dell'Istituto di Geodesia e Geofisica dell'Università di Padova, è enormemente più esteso di quanto finora supposto, e si protende verso l'Adriatico soprattutto in direzione SE: cioè, verso Chioggia, come risulta chiaramente anche dalla fig. 18. Ciò è confermato pure dalle anomalie magnetiche in terra, che presentano sensibili anomalie positive ancora a S di Chioggia.

Dalla carta gravimetrica (fig. 18) sembrerebbe che una sella immediatamente al largo di Chioggia unisca tale bacino con l'anticlinale gravimetrica del centro dell'Adriatico.

Non appena sarà possibile fare misure magnetiche in mare, sarà interessante precisare se anche questa è dovuta ad un processo magmatico oppure se è la continuazione dell'anticlinale senoniana sopra menzionata (*). Nel primo caso, l'arco magmatico interno chiaramente discusso da Vecchia ⁽¹⁰⁾ si spingerebbe ben più ad Est del previsto e l'enorme frattura o serie di fratture da cui è stato originato nella sua parte orientale segna il limite fra la regione attualmente ricoperta dalla pianura padana e quella attualmente ricoperta dalla pianura friulana.

Interessante anche la sinclinale gravimetrica in mezzo all'Adriatico con asse NE-SW, quindi all'incirca parallela a quella dell'anticlinale senoniana.

Procedendo verso Sud, vediamo che alle foci del Po comincia ad avere inizio la fortissima anomalia gravimetrica negativa della pianura padana vera e propria.

All'estremo di NW troviamo invece chiaramente accennata l'anomalia positiva di Treviso, al limite della quale resta interrotta una anomalia magnetica pure bene individuata, probabilmente connessa a un ramo settentrionale del bacino magmatico euganeo.

(*) Quantunque anche per questa la causa della spinta sia probabilmente da attribuirsi a causa magmatica, o sia da mettersi in relazione con il magma: infatti, per dar luogo alla fortissima anomalia positiva è necessario pensare a colossali masse di rocce con densità ben superiore a quella del Sial, cioè ultrabasiche. Basti pensare che, come aveva fatto osservare il Vecchia ⁽¹⁰⁾, ammassi di rocce eruttive anche fortissimi, come tutti i massicci granitici delle Alpi o la grandiosa espansione porfirica di Bolzano, non appaiono modificare in modo sensibile il quadro della gravità, perché hanno densità pari a quella media del Sial.

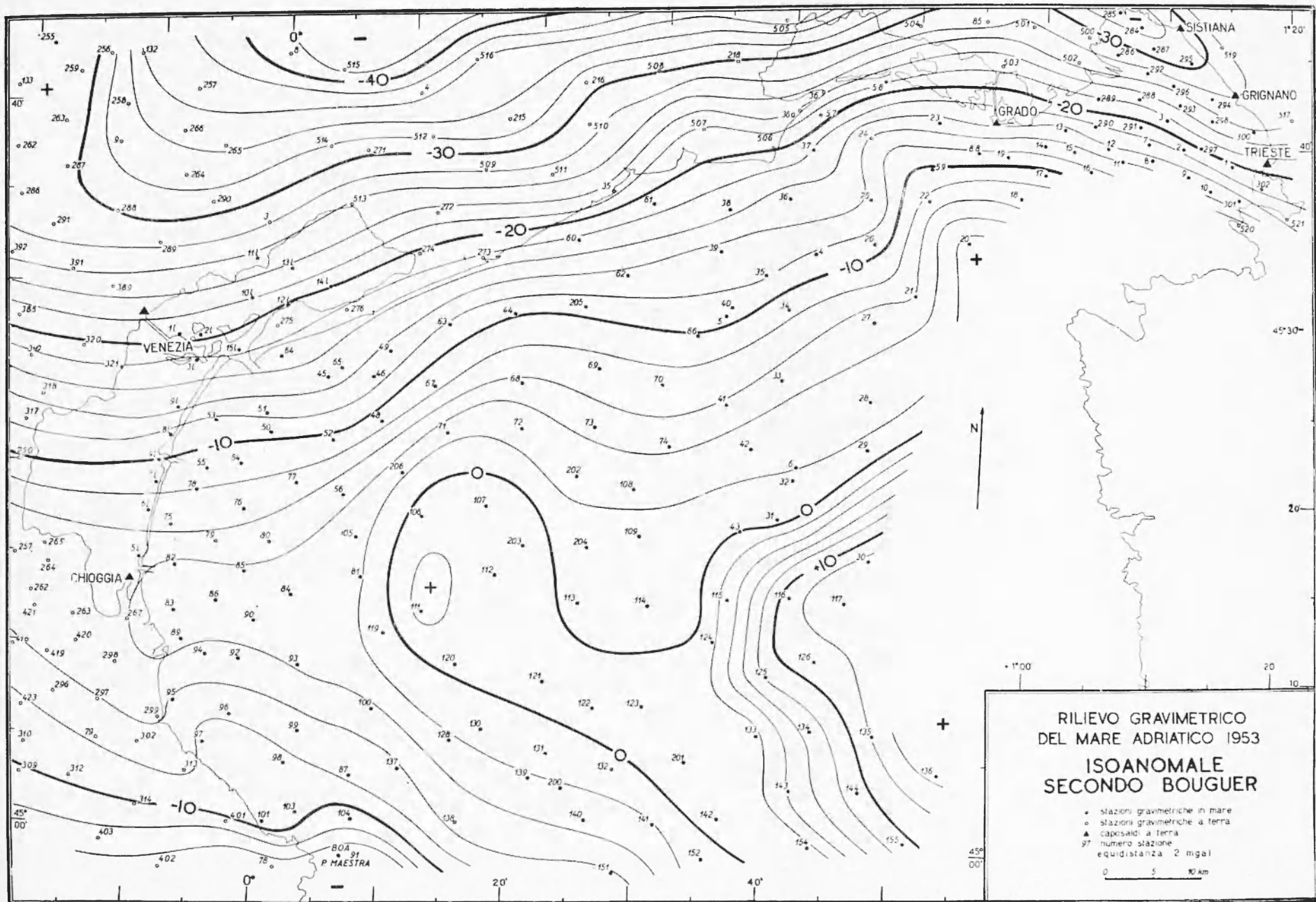


Fig. 18 - Isoanomale secondo Bouguer.

Si intravede pure l'inizio della forte anomalia negativa del Friuli centro-sett., mentre verso la costa le isoanomale sono variamente movimentate dalla ineguale risalita del Terziario.

Resta infine la piccola, ma ben delimitata *anomalia negativa del Monfalconese*, in corrispondenza al flesso del Carso triestino.

9. *Conclusioni.* — Altri potranno meglio discutere il significato ed i particolari delle anomalie qui messe per la prima volta in evidenza. Ma dalla breve discussione ora abbozzata risulta chiaro quali nuovi orizzonti esse possano aprire per la conoscenza della crosta terrestre e della sua evoluzione in una delle più importanti regioni di Europa.

Osiamo quindi sperare che tali ricerche possano essere completate ed integrate con altri metodi geofisici, fra cui quello sismico e quello magnetico appaiono di più prossima applicazione. E possano essere continuate verso Sud, dove risultati altrettanto — e forse più — interessanti ricompenseranno largamente i rischi e le fatiche che simili ricerche comportano.

Istituto Nazionale di Geofisica — Osserv. di Trieste — Gennaio 1954.

RIASSUNTO

L'Istituto Nazionale di Geofisica, con l'appoggio del Consiglio Nazionale delle Ricerche ed in collaborazione con l'Istituto di Geodesia e Geofisica dell'Università di Padova, ha iniziato nel 1953 il rilievo gravimetrico dell'Alto Adriatico. Dopo oltre due mesi di prove per la messa a punto degli strumenti nel Golfo di Trieste, il 15 agosto 1953 venne iniziato il rilievo in alto mare, che venne regolarmente effettuato fino all'altezza delle foci del Po. L'aggravarsi della situazione politica dopo l'8 ottobre 1953 costrinse a continuare il rilievo solo sotto costa; fino al 30 novembre 1953 venne così rilevata una fascia di 10 miglia fino all'altezza di Ancona.

Il gravimetro Western, racchiuso in una batisfera e telecomandato, veniva calato sul fondo dopo aver ancorata la nave. Tutte le misure sono state eseguite in circuiti chiusi, con deriva molto regolare ed inferiore a $+ 0.03$ mgal/ora. La precisione di una misura si può ritenere quindi di ± 0.05 mgal. Di conseguenza la precisione del punto nave deve essere almeno ± 50 m. Per ottenerla, si è adottato un radar con dispositivo distanziometrico a ± 0.01 miglia. Essendo la portata

massima 20 miglia, e dato che la costa veneta è una costa bassa, e quindi poco riflettente, per le misure a più di 10 miglia dalla costa si è dovuto far ricorso a trigonometrici provvisori, via via determinati e materializzati in mare con boe speciali munite di dispositivo riflettente per il radar, ottenendo così la precisione richiesta.

Per determinare infine la profondità del fondo, si è montato sulla nave un ecografo Atlas, che consente una precisione di ± 0.3 m.

Qui si rende conto solo del rilievo sistematico in alto mare fino alle foci del Po, per complessive 180 stazioni. I risultati gravimetrici, compendiati in una carta delle anomalie secondo Bouguer, si integrano con i risultati delle misure in terra, e consentono di individuare come manifestazioni più marcate:

a) l'estensione delle Dinaridi, che si spingono in mare con un promontorio a NW di Salvore e con una anomalia positiva spiccatissima di fronte all'Istria meridionale fin quasi in mezzo all'Adriatico, ben delimitata da un gradiente molto forte; questa anomalia precisa i limiti dell'anticlinale senoniana dell'Istria occidentale;

b) la probabile continuazione sotto l'Alto Adriatico dell'anomalia positiva generata dal bacino magmatico dei Lessini - Berici - Euganei, che attraverso una sella a Sud di Chioggia presenta un'anticlinale molto estesa in mezzo al mare, ad Est di questa località ed in direzione dell'eccesso gravimetrico istriano sopra precisato.

SUMMARY

The Istituto Nazionale di Geofisica, supported by the Consiglio Nazionale delle Ricerche and in collaboration with the Istituto di Geodesia e Geofisica of the Padua University, has begun in 1953 a gravimetric survey of the Northern Adriatic Sea. After more than two months of essays in the Gulf of Trieste, the survey in open sea was started on August 15th and continued regularly as far as the Po-mouths latitude.

After October 8th the political conditions became worse and this obliged to continue the survey only near the coasts. Until November 30th, a ten miles belt had been surveyed as far as Ancona.

The Western gravity meter is enclosed in a sphere and tele-controlled; it is dropped to the sea bottom after anchoring the ship.

All the measurements form closed loops, along which the drift was pretty regular and inferior to $+ 0.03$ mgal per hour. Therefore the accuracy of one measurement may be estimated ± 0.05 mgal. This required accuracies of ± 50 m in the determinations of ship-position, which were obtained with a radar able to measure up to ± 0.01 miles. The Venetian coasts are flat and therefore little radar-reflecting; as the maximum range of the radar was 20 miles, for measures at more than 10 miles from the coast it was necessary to prepare provisional trigonometric points which were established on place and made visible in the sea through special radar reflecting buoys.

Finally, to measure the sea-depths, an Atlas echo-meter having an accuracy of ± 0.3 m was settled on the ship.

The gravimetric results, assembled in a map of the Bouguer anomalies, combine themselves with the measures on land and permit to ascertain the following main gravimetric features:

A) The Dinarids extend in the sea with a nose at NW of Punta Salvatore and with a very intense positive anomaly in front of Southern Istria reaching as far as in the centre of the Adriatic; this anomaly is well outlined by a very strong gradient.

B) The continuation, under the Northern Adriatic, of the positive anomaly caused by the magmatic basin of the Lessini, Berici and Euganei mounts. This anomaly, after forming a saddle South of Chioggia, extends East of that town, as a very long anticline directed towards the Istrian positive anomaly described before.

BIBLIOGRAFIA

- (1) CASSINIS G., *I risultati della crociera gravimetrica del R. Sommergebile «Vettor Pisani» e la gravità in Italia*. Pubbl. Ist. Geodesia Milano, n. 1, 1934.
- (2) CASSANIS G., *La crociera gravimetrica del R. Sommergebile «Des Geneys»*, Anno 1935. Ibidem, n. 47, Milano 1935.
- (3) MORELLI C., *Primo contributo per una rete gravimetrica fondamentale in Italia*. Annali di Geofisica, V, n. 1, Roma 1952.
- (4) NORINELLI A., *Nuovi dati geofisici sul distretto eruttivo euganeo-berico-lessineo. - Parte I. Dati gravimetrici*. Boll. di Geodesia dell'Ist. Geografico Mil., in corso di pubbl.
- (5) D'AMBROSI C., *Ricerche sullo sviluppo tettonico e morfologico dell'Istria e sulle probabili relazioni fra l'attività sismica e la persistente tendenza al corrugamento della regione*. Boll. Soc. Adriatica di Scienze Nat., vol. XXXVII, Trieste 1939.
- (6) CALOI P., *Il terremoto istriano del 29 agosto 1931*. Boll. Soc. Sismol. Ital., Roma 1933.

(7) MORELLI C., *Rilievo gravimetrico e riduzione isostatica nell'Italia nord-orientale*. *Tecnica Italiana*, VI, n. 3 e 4, Trieste 1951.

(8) CALOI P., *Attività sismica in Italia nel decennio 1930-1939*. Vol. IX della *Comm. Ital. di Studio per i problemi del soccorso alle popolazioni*; R. Acc. d'Italia, Firenze, Le Monnier 1942.

(9) SOCARO L., *Nuovi dati geofisici sul distretto eruttivo euganeo-berico-lessineo. Parte II. Dati magnetici*. *Boll. di Geodesia I. G. M.*, in corso di pubblicazione.

(10) VECCHIA O., *Sui principali caratteri strutturali dell'Italia sett. dedotti dalle misure gravimetriche*. *Riv. di Geofisica appl.*, XIII, n. 1 Milano 1952.