

## DUE CARATTERISTICI TIPI DI MICROSISMI

PIETRO CALOI

1. — Si sa che l'origine dei microsismi è stata, almeno fino ad un decennio fa, molto controversa. Due tendenze, soprattutto, erano in contrasto: una attribuiva i microsismi all'urto dei marosi sulle coste, l'altra all'azione delle rapide variazioni di pressione che agiscono al centro dei cicloni e che si rendono efficaci quando il ciclone è in mare. La prima ipotesi, capeggiata da Wiechert, e successivamente da Gutenberg, aveva finito per ottenere la quasi totalità dei favori: ragioni di indole teorica, mentre giustificavano in pieno la formazione di microsismi da parte dell'urto dei marosi, sembravano escludere, salvo casi eccezionali, che perturbazioni tanto rapide, comunicate all'acqua dell'Oceano, potessero portarsi sul fondo ed impressionare così la parte solida.

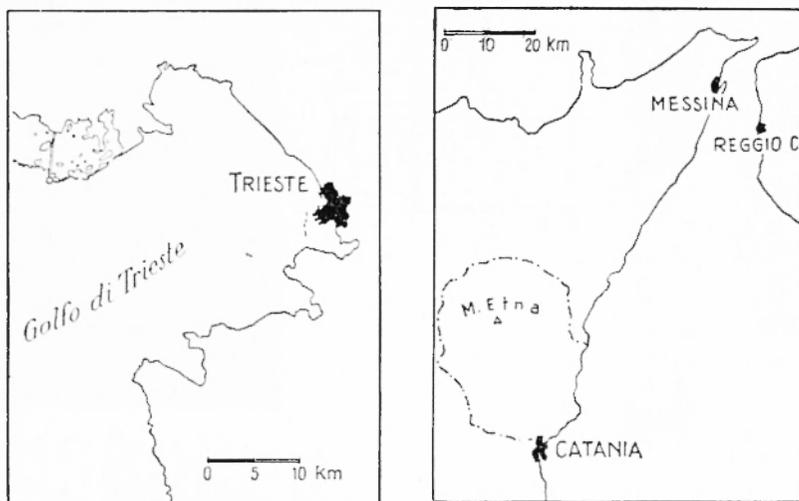


Fig. 1

Negli ultimi anni però è stato provato, sopra tutto da parte dei geofisici americani, che anche quando è sul mare il ciclone può dar luogo a notevoli microsismi. La spiegazione teorica di questo fatto

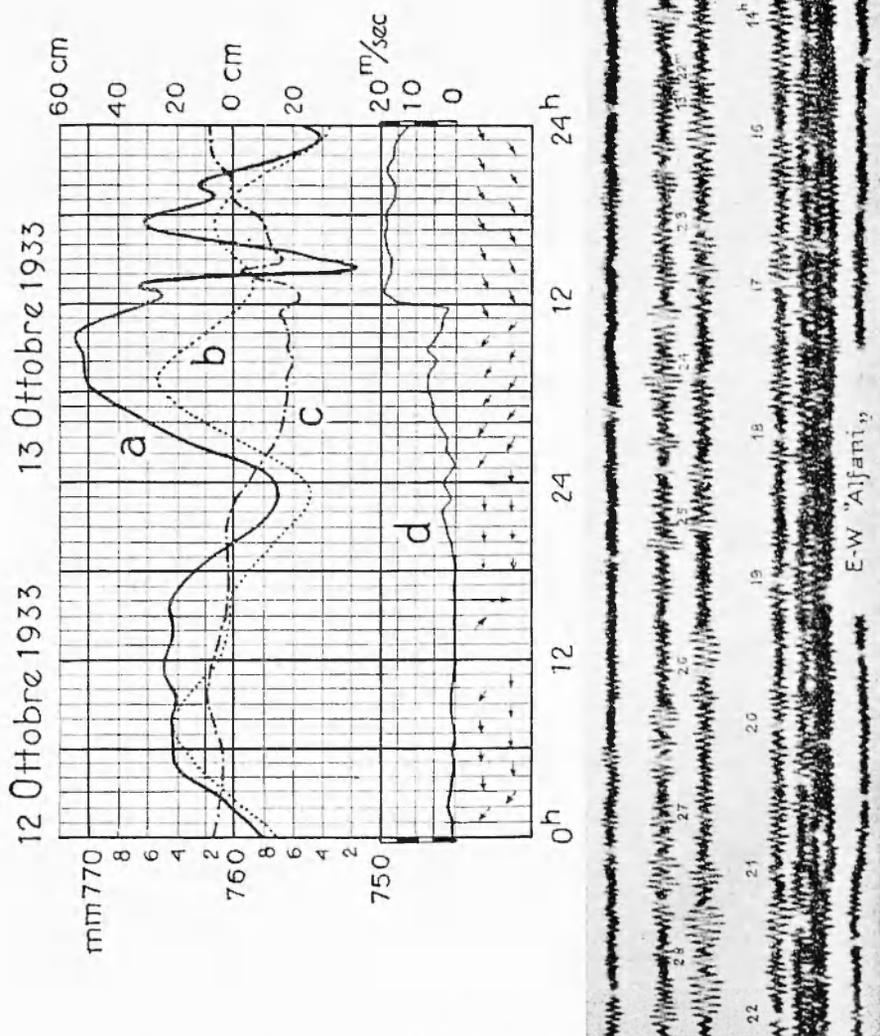


Fig. 2 - *a*) Marea osservata a Trieste; *b*) marea calcolata; *c*) pressione barometrica; *d*) velocità e direzione del vento. Sotto: tratti di registrazione di microsintesi, particolarmente intensi, durante la ripresa della pressione barometrica (cui corrisponde la caduta del livello marino e la variazione della verticale apparente).

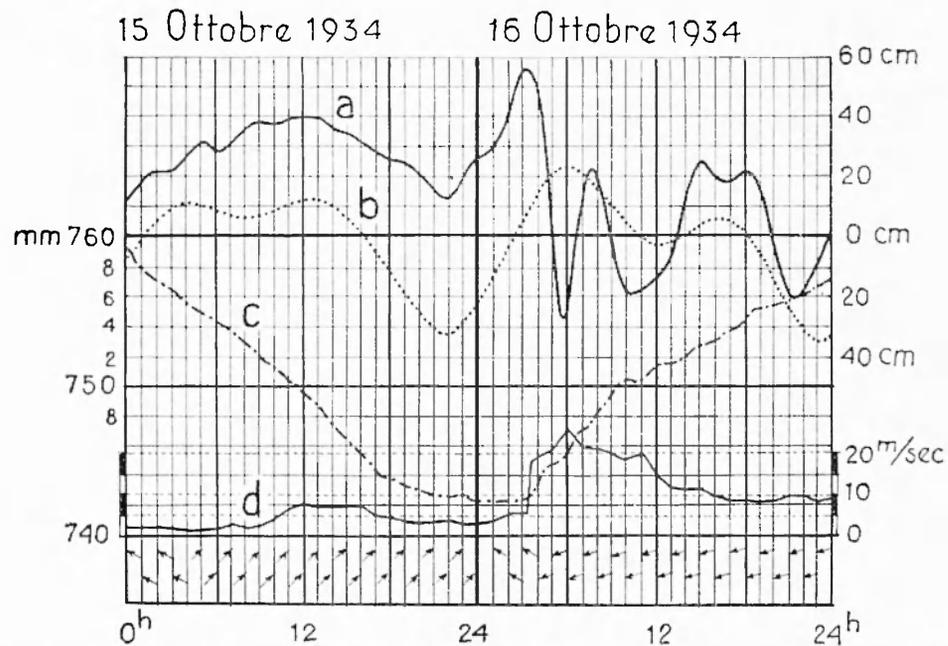
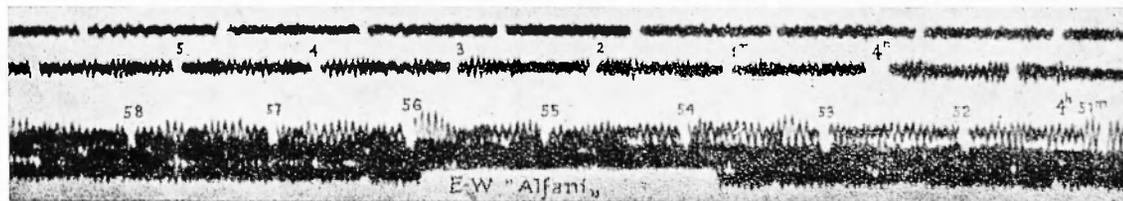


Fig. 3 - *a*) Marea osservata a Trieste; *b*) marea calcolata; *c*) pressione barometrica; *d*) velocità e direzione del vento. Sotto: tratti di registrazione di microsiemi, particolarmente intensi durante la rapida ripresa della pressione barometrica (cui corrisponde la caduta del livello marino).



forse non è stata ancora pienamente trovata. Comunque, gli americani Press ed Ewing, abbandonata l'idea di considerare l'azione delle oscillazioni di un'onda di gravità alla superficie del mare, ritengono che i disturbi microbarici al centro del ciclone, agiscano sulla superficie del mare, generando delle onde elastiche, del genere di quelle provocate dallo scoppio di mine nell'acqua. Tali onde (longitudinali), arrivando sul fondo dell'oceano ed al bordo dei continenti, possono generare sistemi d'onde superficiali che si propagano nella parte solida in tutte le direzioni, con caratteristiche analoghe a quelle delle onde di Rayleigh.

Naturalmente, questo fatto nuovo non infirma la possibilità della creazione di microsismi per urto dei marosi: solo toglie all'ipotesi di Wiechert-Gutenberg il suo carattere di esclusività. Ché, forse, l'errore sta proprio qui: nell'essersi preoccupati, dall'una e dall'altra parte, di ritenere *unica* la causa dei microsismi propriamente detti, mentre un'attenta osservazione prova che essa è, per lo meno, duplice.

2. — Ritengo non inutile accennare qui ad esempi chiarissimi, che testimoniano della realtà delle considerazioni riportate al numero 1.

a) *Su di un tipo di microsismi caratteristico del golfo di Trieste.*

In un lavoro del 1936 davo notizia <sup>(1)</sup> del notevole deflusso d'acqua e della conseguente variazione della verticale apparente, provocate nel golfo di Trieste dal transitare di alcuni cicloni sull'alto Adriatico. In un lavoro successivo (1937) mostravo <sup>(2)</sup> che la sessa fondamentale del golfo di Trieste, alla quale si deve l'accennata variazione della verticale apparente, si verifica solo quando si realizzano le due seguenti condizioni: velocità di propagazione dei disturbi microbarici paragonabile a quella consentita alle onde libere del mare sottostante; direzione di propagazione contraria a quella secondo cui crescono le distanze, contate dall'estremità chiusa del golfo verso il largo.

Prescindendo dall'aspetto idrodinamico del fenomeno, è interessante osservare che, quando esso si verifica, è accompagnato da microsismi che si rivelano secondo un inconfondibile meccanismo. Mi limiterò ad un paio di esempi. La fig. 2, nella sua parte superiore, riporta la marea osservata e quella prevista a Trieste, nonché l'andamento della pressione barometrica nei giorni 12, 13 ottobre 1943 e la velocità e la direzione del vento in detta località. Nella parte inferiore, viene riprodotta un tratto di registrazione della componente E-W del fotosismografo « Alfani ». Il forte allontanamento della linea di registrazione, corrispondente al brusco, notevole deflusso

dell'acqua dal golfo di Trieste, seguito dalla sovrapposizione delle linee successive, quale effetto del progressivo innalzamento del livello dell'acqua nel golfo, mostrano che il sismografo ha funzionato, nel corrispondente lasso di tempo, anche da clinografo. Io intendo però richiamare l'attenzione sull'andamento dei microsismi. Solo verso le 11<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> essi cominciano a farsi sensibili, quando cioè il nucleo ciclonico, superati alla velocità di circa 50 km/ora (velocità paragonabile a quella consentita alle onde libere dell'alto Adriatico, avente una profondità di circa 20 m) i  $\frac{2}{3}$  circa della distanza che separa Venezia da Trieste, sta per interessare il golfo di Trieste propriamente detto. La massima attività microsismica si verifica dalle 12<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> ca. alle 13<sup>h</sup> 45<sup>m</sup> ca. nell'*intervallo di tempo cioè in cui a Trieste si verifica un brusco innalzamento di pressione, accompagnato da rapidissimi disturbi microbarici*. Osserviamo ancora che, nel medesimo intervallo di tempo il livello dell'acqua a Trieste ha subito una diminuzione brusca di oltre 80 cm.

Il vento, che nella fase di avvicinamento del nucleo ciclonico, spirava da SE con una velocità di circa 30 km/ora, all'arrivo del nucleo stesso sopra il golfo di Trieste, muta la sua direzione spirando da ENE con velocità fra i 60 e i 70 km/ora. Si sa che l'azione della bora (vento da ENE) si manifesta dalla base del golfo verso il largo e che comunque i microsismi destinati a Trieste da tale vento (che raggiunge velocità ben maggiori di quella sopra riportata) si manifestano sotto forma di impulsi irregolari, determinati dall'azione *diretta* delle raffiche. Ad ogni modo, nel caso in esame, il vento da ENE (di media intensità) ha cominciato a spirare con la velocità suddetta circa tre ore prima del parossismo microsismico ed ha continuato, con la stessa velocità, per circa altre dieci ore, senza causare microsismi apprezzabili. *Gli ampli. caratteristici microsismi registrati fra le 12 e le 11 circa non sono quindi da attribuire al vento, né alle onde da esso destate.*

Andamento del tutto analogo presenta il fenomeno in occasione del ciclone del 16 ottobre 1934. Verso le 4<sup>h</sup> del 16 il centro della depressione passa su Trieste e la brusca ripresa della pressione determina il rapidissimo deflusso delle acque del golfo, mentre i microsismi a breve periodo (3<sup>s</sup> ca) sulla componente E-W, aumentano di ampiezza notevolmente, e, nello stesso tempo, comincia una rapida deviazione dell'E-W verso W, così da allargare l'intervallo da linea a linea (fig. 3): la stessa componente tende ad assumere la posizione normale verso le 5<sup>h</sup> 30<sup>m</sup> e quindi ad accusare, mentre i microsismi

diminuiscono sensibilmente di ampiezza, una sensibile deviazione in senso opposto, contemporanea al riflusso di acqua nel golfo, così da provocare una sovrapposizione di linee, alla quale però concorre anche l'abbassamento esterno della temperatura (\*), in relazione con lo spirare del vento da ENE.

Anche in questo caso il vento è *estranco* al sensibile aumento di

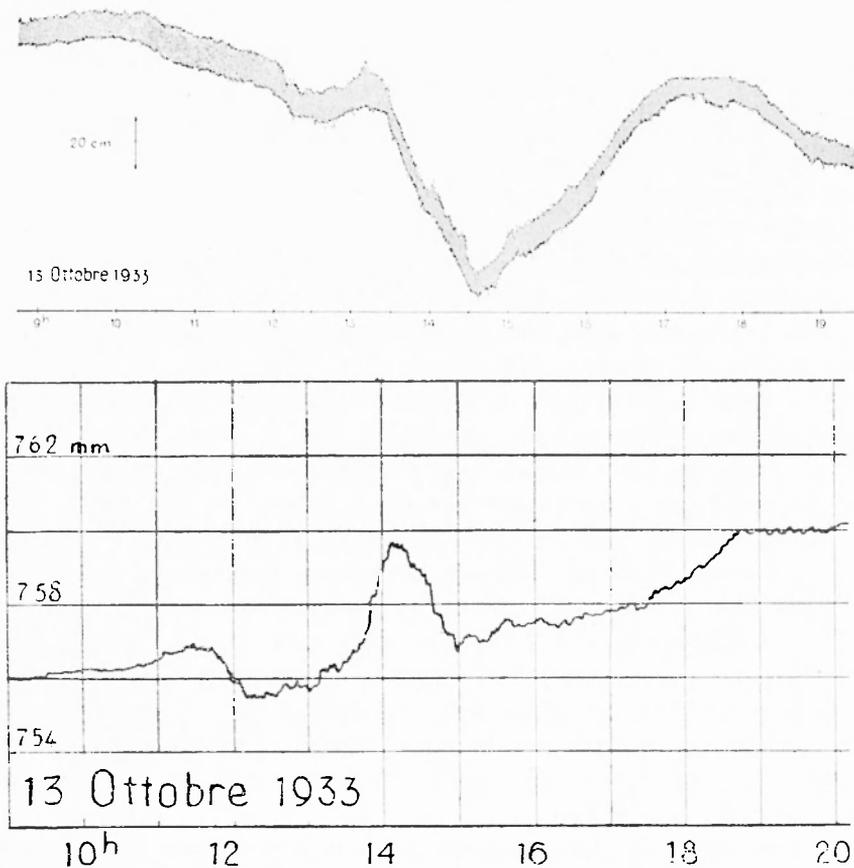


Fig. 4 - Parte superiore: registrazione mareografica (la zona grigia è interessata dalle micro-oscillazioni del mare); parte inferiore: andamento della pressione barometrica, con rapide variazioni sovrapposte.

(\*) Infatti, nelle componenti E-W e N-S « Alfani », un aumento uniforme della temperatura esterna tende a far distanziare le righe della registrazione, mentre una diminuzione uniforme, determina invece un avvicinamento delle stesse, fino, talvolta, alla sovrapposizione. Ciò è particolarmente manifesto sulla comp. N-S in occasione del fenomeno ivi descritto.

ampiezza dei microsismi contemporanei alla brusca diminuzione dell'acqua nel golfo, conseguente all'improvviso aumento della pressione, aumento accompagnato da rapide variazioni ritmiche di pressione.

Le particolarissime condizioni in cui questi microsismi vengono de-stati, permettono di individuarne la causa, senza possibilità di er-

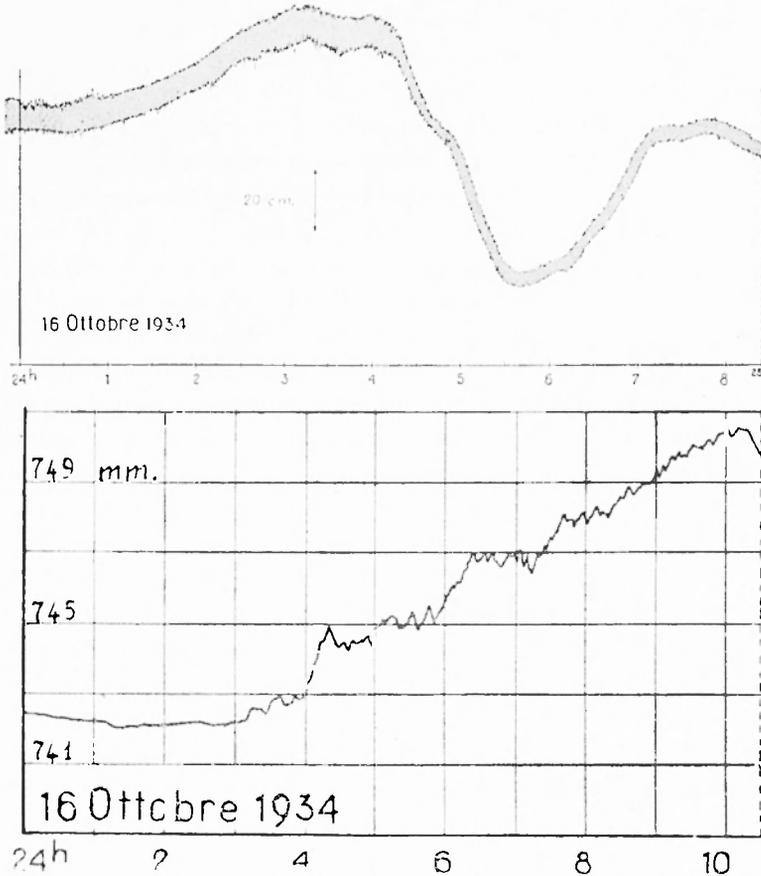


Fig. 5 - Parte superiore: registrazione mareografica (la zona grigia è interessata dalle micro-oscillazioni del mare); parte inferiore: andamento della pressione barometrica, con rapide variazioni sovrapposte.

rore: essi costituiscono esempi chiarissimi di agitazione microsismica determinata dall'azione delle rapide variazioni di pressione atmosferica che accompagnano il brusco innalzamento di pressione che si verifica nel golfo di Trieste al transito di nuclei ciclonici.

Già nel 1936, nella prima nota citata, tenevo a far osservare che sia la deviazione delle componenti "Alfani", come i microsismi a breve periodo, si presentano in maniera sensibile solo quando il ciclone è

*sul mare*: questo in ogni caso. Esiste quindi *uno stretto legame dinamico* tra il centro della depressione ed il mare stesso ».

A quattordici anni di distanza non mi resta che confermare quella interpretazione.

Le figg. 4 e 5, fedeli riproduzioni delle registrazioni mareografiche originali ottenute a Trieste nei giorni citati, provano che l'agitazione *superficiale* del mare è molto sviluppata parecchie ore prima del brusco abbassamento d'acqua registrata a Trieste (e in misura anche maggiore di quanto non si verifichi in corrispondenza di detto abbassamento), *senza che ciò determini microsismi apprezzabili*: anche questo fatto sta a testimoniare che il moto dell'acqua, contemporaneo al brusco innalzamento della pressione, è di un carattere del tutto particolare, risultando *dinamicamente* attivo agli effetti della creazione dei microsismi. È probabile che l'efficacia di detta azione sia collegata alla velocità dei disturbi microbarici, con riferimento alla media velocità consentita alle onde libere dell'acqua sottostante, diventando massima quando dette velocità tendono a coincidere. Resta solo da stabilire se l'acqua fa unicamente da mezzo di trasmissione delle rapide variazioni di pressione atmosferica, nel senso della teoria di Ewing e Press o se eventuali oscillazioni dell'acqua, in corrispondenza delle ritmiche variazioni di pressione, agiscono sul fondo come onde di gravità, conformemente alla teoria di Banerij. Quest'ultima ipotesi è senz'altro plausibile, se si pensa che i periodi registrati sono di 2-3 sec: se tali sono i periodi delle variazioni ritmiche di pressioni sovrastanti il golfo, data la loro velocità di propagazione, ne conseguono lunghezze d'onda dell'ordine della profondità del golfo stesso (15-20 m). Però, il fatto che durante il rapido passaggio dei disturbi microbarici sul golfo, i microsismi subiscono notevole incremento solo sulla componente EW « Allani », fa ritenere che in essi prevalga nettamente la componente longitudinale (o per lo meno, che la propagazione avvenga prevalentemente nel piano principale), il che potrebbe costituire un elemento a favore della teoria di Press e Ewing. Misuratori di variazione di pressione, posti sul fondo del golfo di Trieste, potrebbero contribuire efficacemente alla risoluzione della questione.

b) *Caratteristici microsismi per urto di marosi registrati a Catania.*

Se si prescinde dai microsismi legati all'attività vulcanica <sup>(3)</sup>, è noto che a Catania l'agitazione microsismica è destata, quasi esclusivamente, dall'azione dei marosi contro la costa <sup>(4)</sup>.

Non è però per confermare questa caratteristica che accenno qui ai microsismi registrati a Catania.

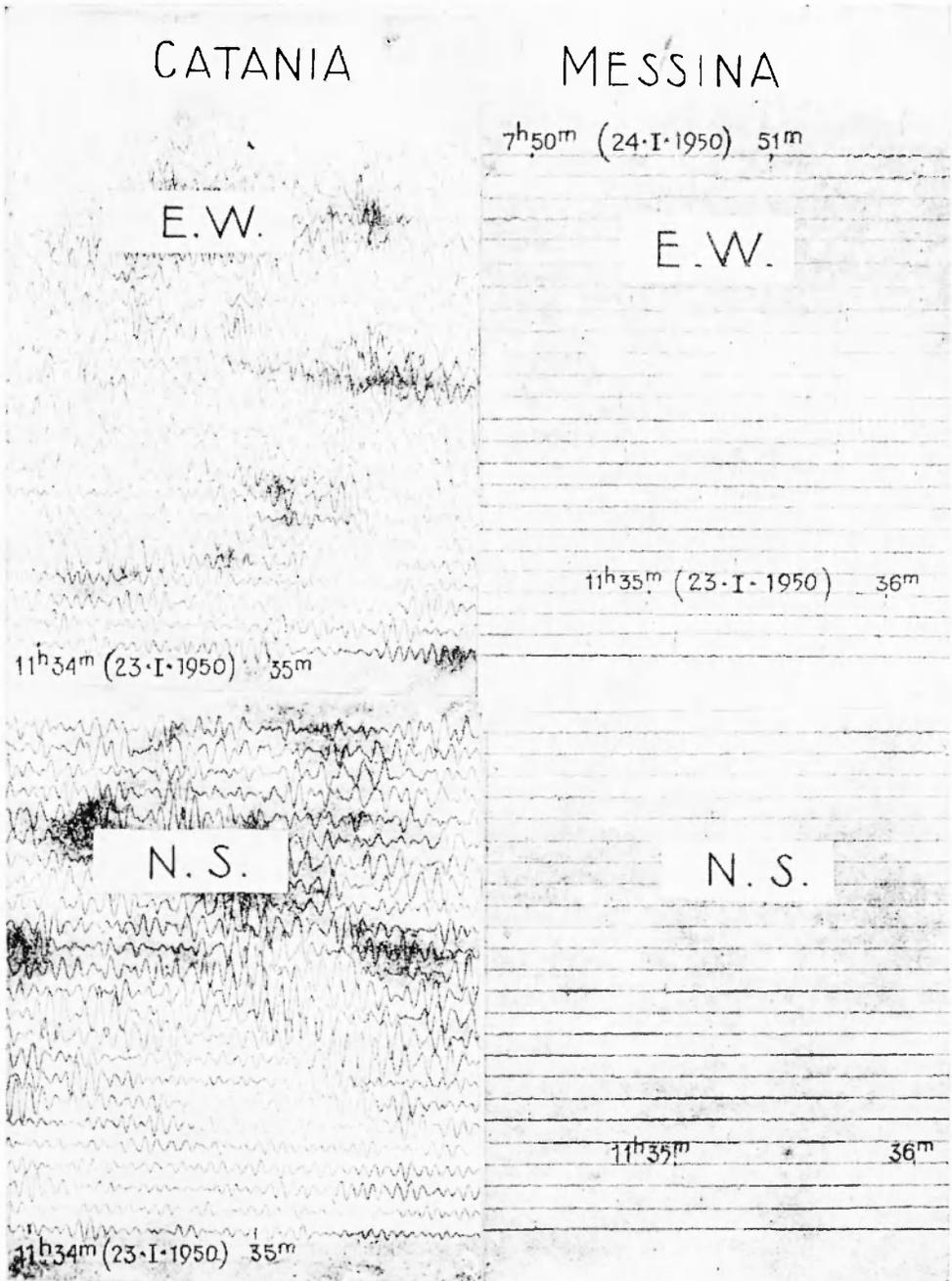


Fig. 6 - RegISTRAZIONI ottenute contemporaneamente a Catania e a Messina, con apparecchi Wiechert da 200 kg. aventi le stesse caratteristiche strumentali.

Questi microsismi si contraddistinguono anche per il fatto che, sovente, raggiungono ampiezze inusitate.

Mi richiamo ad un esempio recente. Durante la forte mareggiata che imperversò nello Jonio dal 23 al 27 gennaio di quest'anno, si ebbero registrazioni microsismiche di notevolissima ampiezza. Nella figure 6 e 7 sono riportati tratti di dette registrazioni ottenute da apparecchi tipo Wiechert, che l'Istituto Nazionale di Geofisica tiene in funzione nei locali dell'Istituto Vulcanologico Etneo. Sono apparecchi di mediocre sensibilità: la massa del sismografo orizzontale è di 200 kg, quella del verticale 80 kg.

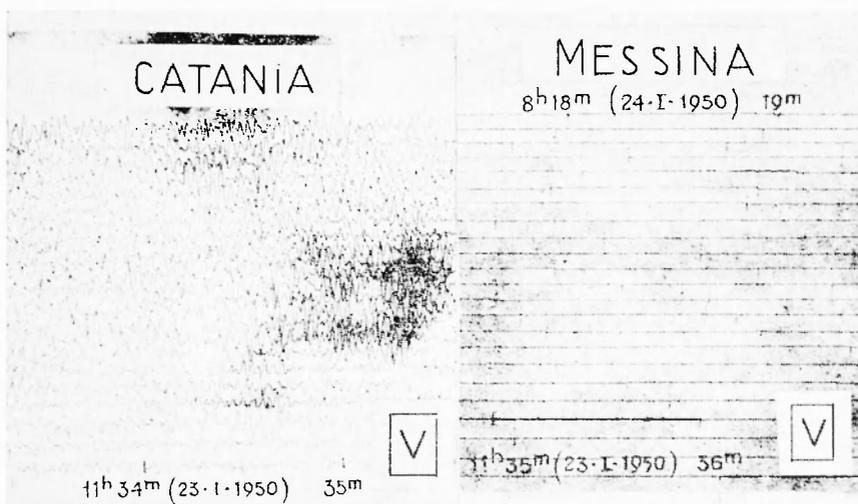


Fig. 7 - Registrazioni ottenute contemporaneamente a Catania e a Messina, con apparecchi tipo Wiechert da 80 kg (V), aventi le stesse caratteristiche strumentali (riduzione 10/12).

Durante la predetta tempesta microsismica si ebbero spostamenti orizzontali dell'ordine di 50-60  $\mu$  e spostamenti verticali dell'ordine di 30-40  $\mu$ . Microsismi di ampiezza eccezionale quindi, da ascrivere fra i piú ampi che vengano registrati nel mondo.

È notevole il fatto che essi si presentano con periodi diversi sulle tre componenti: mentre sulle orizzontali il periodo varia da 3 a 5 sec, con prevalenza sui 4 sec, sulla componente verticale non supera mai i 4 sec.

Ci si aspetterebbe che microsismi di eccezionale ampiezza, come quelli registrati a Catania, dovessero propagarsi a grandi distanze,

Si sa, p. es., che i microsismi destati per urto sulle coste della Scandinavia possono propagarsi alla distanza di migliaia di chilometri (<sup>5</sup>).

L'Istituto Nazionale di Geofisica fa funzionare una coppia di sismografi tipo Wiechert presso l'Istituto Geofisico e Geodetico dell'Università di Messina, ad una distanza quindi di soli 85 km da Catania. Le caratteristiche dei sismografi di Messina sono identiche a quelle degli apparecchi di Catania: tutti furono costruiti presso le officine dell'Istituto Nazionale di Geofisica. Ebbene, come provano le figg. 6 e 7, a Messina non si ebbe affatto registrazione di microsismi nei giorni in cui a Catania imperversava la tempesta microsismica sopra accennata.

Questo è il fatto di eccezionale interesse su cui mi premeva di richiamare l'attenzione: almeno nella direzione NNE (nella quale si trova Messina) i microsismi di Catania, anche se estremamente ampi, si estinguono rapidissimamente, limitandosi forse ad interessare solamente la piana di Catania. Tra Catania e Messina esiste quindi, nella costituzione geologica superficiale, una netta discontinuità. È da ritenere che i microsismi in parola abbiano da interessare, pressoché esclusivamente, la spessa coltre dei materiali eruttati dall'Etna attraverso i secoli.

La nuova stazione sismica che sta per sorgere presso Reggio Calabria potrà contribuire ad uno studio più approfondito sulle caratteristiche di questi particolari microsismi e, quindi, su quelle geologiche dello stretto di Messina.

*Roma — Istituto Nazionale di Geofisica — Febbraio 1950.*

#### RIASSUNTO

*Quando nuclei ciclonici si propagano attraverso l'alto Adriatico con velocità dell'ordine di quella consentita alle onde libere del mare ed in direzione opposta a quella secondo cui crescono le distanze dalla base del golfo di Trieste, determinano in quest'ultimo forti sbalzi di livello, ai quali segue la formazione di sesse. Contemporaneamente, quando il nucleo ciclonico investe direttamente il golfo di Trieste, gli apparecchi sismici cominciano a registrare microsismi di due-tre secondi di periodo, l'ampiezza dei quali raggiunge il massimo alla ripresa brusca della pressione barometrica. Si prova, conformemente a quanto documentato dall'A. fino dal 1936, che tali microsismi sono determinati dal legame dinamico intercedente fra i disturbi microbarici di breve periodo, sovrapposti alla pressione in brusca ripresa,*

*ed il mare sottostante. Questo, pure nelle immediate prossimità della costa.*

*Un esempio notevole di formazione di microsismi per urto dei marosi contro le coste è quello verificatosi a Catania nella mareggiata fra il 23 e il 27 gennaio 1950.*

*I microsismi determinarono movimenti reali del suolo nell'ordine di 70  $\mu$ .*

*Non ostante questa eccezionale ampiezza, a Messina, a soli 85 km di distanza, non si ebbe registrazione di microsismi.*

*Ciò prova l'esistenza di una netta discontinuità geologica fra le due località, associata indubbiamente all'esistenza dell'Etna.*

#### BIBLIOGRAFIA

(1) CALOI P.: *Oscillazioni del mare e perturbazioni della verticale apparente nel golfo di Trieste durante il rapido transitare di alcuni cicloni attraverso l'alto Adriatico*. Atti Ist. Ven. Scienze, Lettere ed Arti, 1935-1936, tomo XCV.

(2) CALOI P.: *Sesse dell'alto Adriatico con particolare riguardo al golfo di Trieste*. Com. Talass. Italiano, Memoria CCXLVII (1938).

(3) CALOI P., LO SURDO A., PONTE G.: *Agitazioni microsismiche originate da attività vulcanica*. Annali di Geofisica, I, 1 (1948).

(4) IMBÒ G.: *Agitazione del mare e microsismica a Catania*. Boll. Soc. Si-m. It., XXIX (1930).

(5) CALOI P.: *I microsismi*. Centro Romano di Comparazione e Sintesi « Responsabilità del Sapere » III, 17-18 (1949).