

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI  
**RENDICONTI**

---

PIETRO CALOI, MARCELLO MIGANI

**Ulteriori precisazioni sull'origine dei microsismi**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 60 (1976), n.6, p. 824–833.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<[http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1976\\_8\\_60\\_6\\_824\\_0](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1976_8_60_6_824_0)>

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

---

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma  
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)  
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

**Geofisica.** — *Ulteriori precisazioni sull'origine dei microsismi.*

Nota di PIETRO CALOI e MARCELLO MIGANI, presentata (\*) dal Socio P. CALOI.

SUMMARY. — A series of experiments was performed in the dams of La Maina (Sauris) and Pieve di Cadore, able to explain some aspects of microseisms of local character. It is confirmed that, in small closed basins, the microseisms originate by rapid variations of the atmospheric pressure passing over the lake, owing to wavy systems with small wavelength, *only affecting the superficial layer of the lake*. That is, three seismographic stations are arranged into the dam, at three different heights between top and bottom: the first only records well developed microseisms, which are totally absent on the bottom and appear solely in the form of traces in the intermediate station. Another experiment, performed in the Pieve di Cadore dam, with seismographic station arranged at the same height, but in dam ashlar 120 meters distant between themselves, demonstrated that local microseisms change from point to point, in form and amplitude.

The absence of vertical component—recorded only as a trace—excludes the formation of Rayleigh waves. On changing the action line of the perturbing cause, microseisms increase in amplitude near a station, and decrease near the other one, separated from the first by an angular distance of about 55°. The recorded waves have character of longitudinal waves and they can be regarded as Rayleigh waves “fringes”, occurring in the Lamb theory.

The extension of these conclusions to seas and oceans consents to affirm that sporadic, temporary, accidental microseisms, able to animate only short extents of coast, conditioned by the thickness of the sea layer, liable to the action of small wave-length microbarographic perturbations (and that take rise contemporary to fundamental microseisms—associated to systems which touch the sea bottom—destined to large distance), are essentially formed by longitudinal waves.

1. Allo scopo di precisare ulteriormente come nascono i microsismi in piccoli bacini chiusi — e non solo in questi — furono fatte nuove esperienze presso il lago di Sauris, in località La Maina, dove una diga alta 136 m sbarra il fiume Lumiei, formando un profondo bacino idrico.

Furono sistemati tre sismografi «Girlanda», in direzione valle-monte alle quote coronamento (980 m), diga (907 m) e fondo valle in roccia (856 m).

I risultati furono, sotto certi aspetti, sorprendenti. Dalla primavera all'inverno inoltrato, il passaggio di cicloni o di groppi microbarici sul lago, determina la registrazione di microsismi, talvolta di sensibile ampiezza (figg. 1-I, 3). Va però sottolineato che tali microsismi interessano, pressochè esclusivamente, il coronamento e solo di rado, quando sono di sufficiente ampiezza, vengono registrati, come tracce a quota 907: mai sul fondo (figg. 1-III, 4-III).

La spiegazione ci sembra evidente: i sistemi ondosi, provocati dal transito dei disturbi microbarici, sono di piccola lunghezza d'onda ed *interessano esclusivamente uno strato superficiale del lago*: inoltre, il fatto che il coronamento

(\*) Nella seduta del 10 giugno 1976.

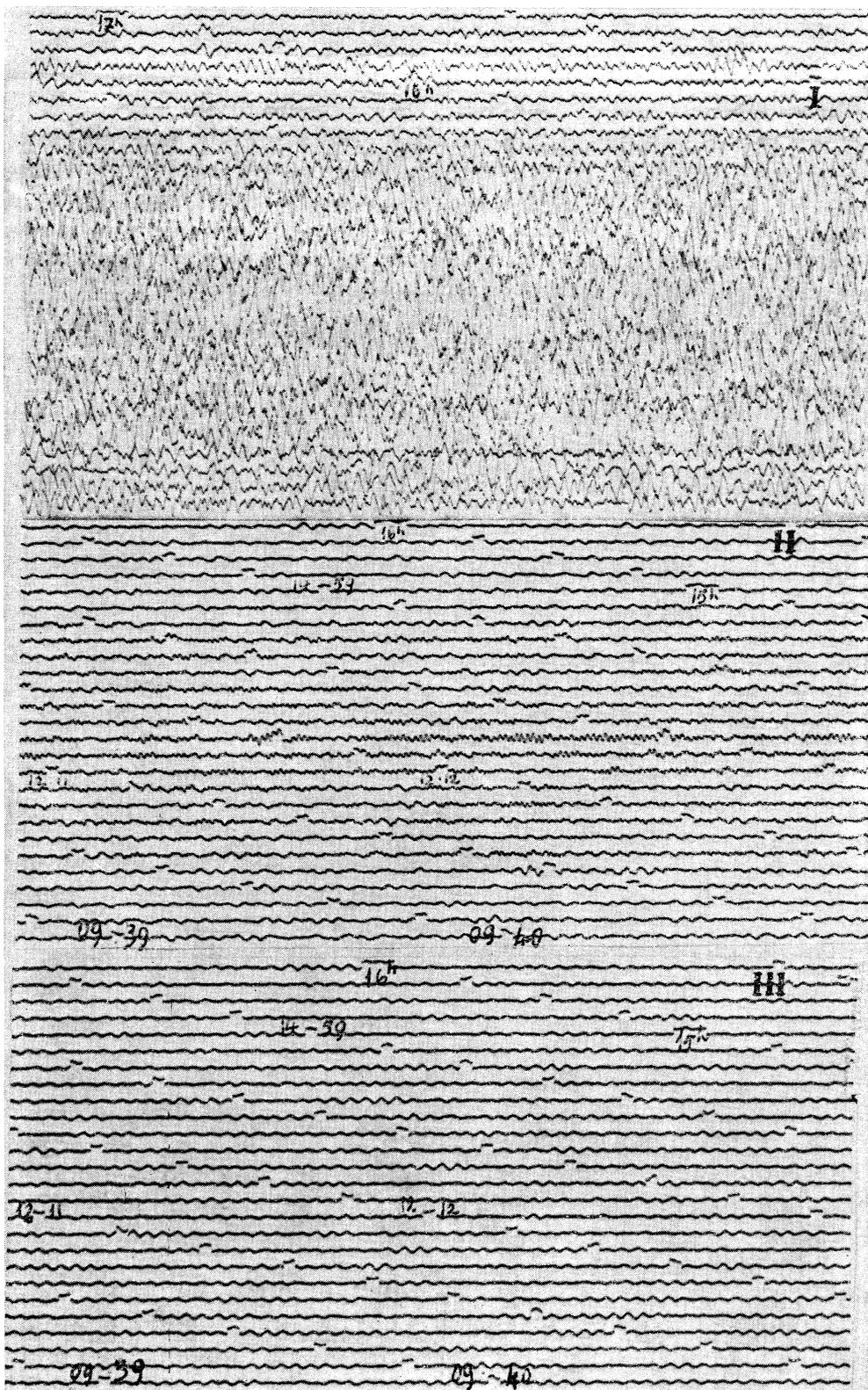


Fig. 1. - Microsismi registrati presso la diga di La Maina (sul fiume Lumiei) il 4 gennaio 1976, durante il transito sul lago di disturbi microbarici, associati a pressione in fase positiva, come da fig. 2. In I sono le registrazioni ottenute al coronamento (quota 980 m), in II quelle avute in diga a quota 907 e in III quelle fornite dal sismografo funzionante sul fondo a quota 856 m. Alle ore 8, il livello del lago era a quota 961,5 m. Appare chiaro che l'interazione aria-acqua ha interessato soltanto uno strato superficiale del lago: i microsismi, ampi in I, sono appena accennati in II e mancano totalmente in III, sul fondo.

sia sovente fuori dal pelo d'acqua e che nella diga (di spessore decrescente dal fondo al coronamento) agisca, sensibile, l'effetto di convogliamento, fa sì che solo l'apparecchio più in quota risente dell'azione del sistema ondoso dello strato superficiale del lago.

Questa conclusione, evidentemente, può essere estesa ai grandi bacini, ai mari: i microsismi di piccolo periodo vanno ritenuti associati a marosi di breve lunghezza d'onda, destati da groppi di elevata frequenza, ed interessano pertanto solo una fascia costiera, generalmente di piccola larghezza (legata al pendio della costa): di qui il loro carattere sporadico, la piccola ampiezza, la limitata energia e la breve distanza della loro propagazione.

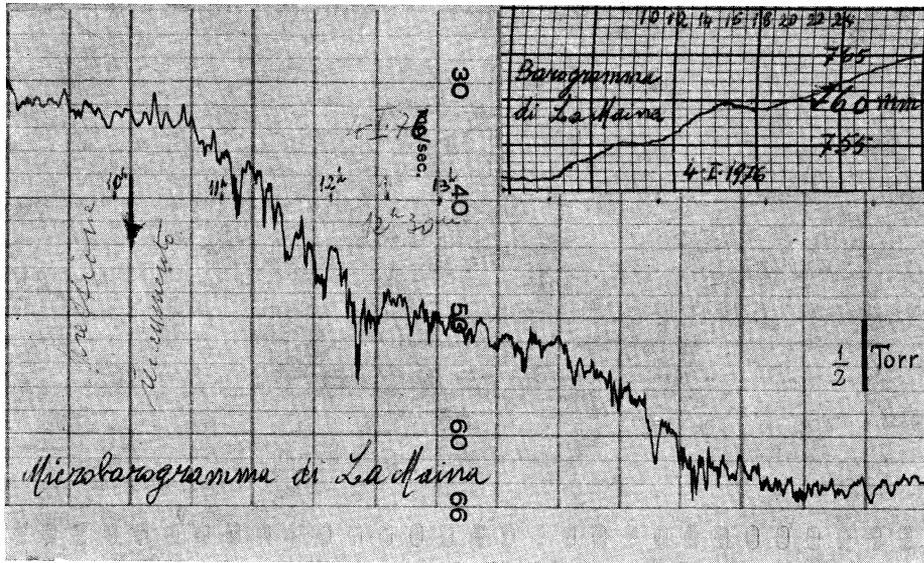


Fig. 2. - Situazione barica e microbarica, relativa alla fig. 1.

2. Un'altra caratteristica dei microsismi è la grande varietà del loro modo di presentarsi: anche quando si riferiscono a zone-origine ben delimitate, ed il periodo ha piccole oscillazioni intorno ad un valore medio, è tutto un susseguirsi di battimenti o pseudo-battimenti di un diverso numero di elementi e di forme complesse, come se risultassero da componenti di diversa origine ed ampiezza diversa: sembra quasi che nella zona di provenienza vi siano più punti d'insorgenza della perturbazione, caratterizzati da diversa energia e durata.

Questa varietà di presentazione può trovare spiegazione nel diverso modo di agire dei gruppi di perturbazione atmosferica. Ne fa testimonianza un'altra esperienza compiuta presso un lago artificiale, quello di Pieve di Cadore, formato da una grande diga sul Piave, in località Sottocastello. Furono sistemate due componenti orizzontali « Girlanda » in due conchi diversi: uno centrale (concio XIV) ed uno marginale sinistro (concio V), alla distanza di 120 m uno dall'altro e alla quota di 660 m ca [5].

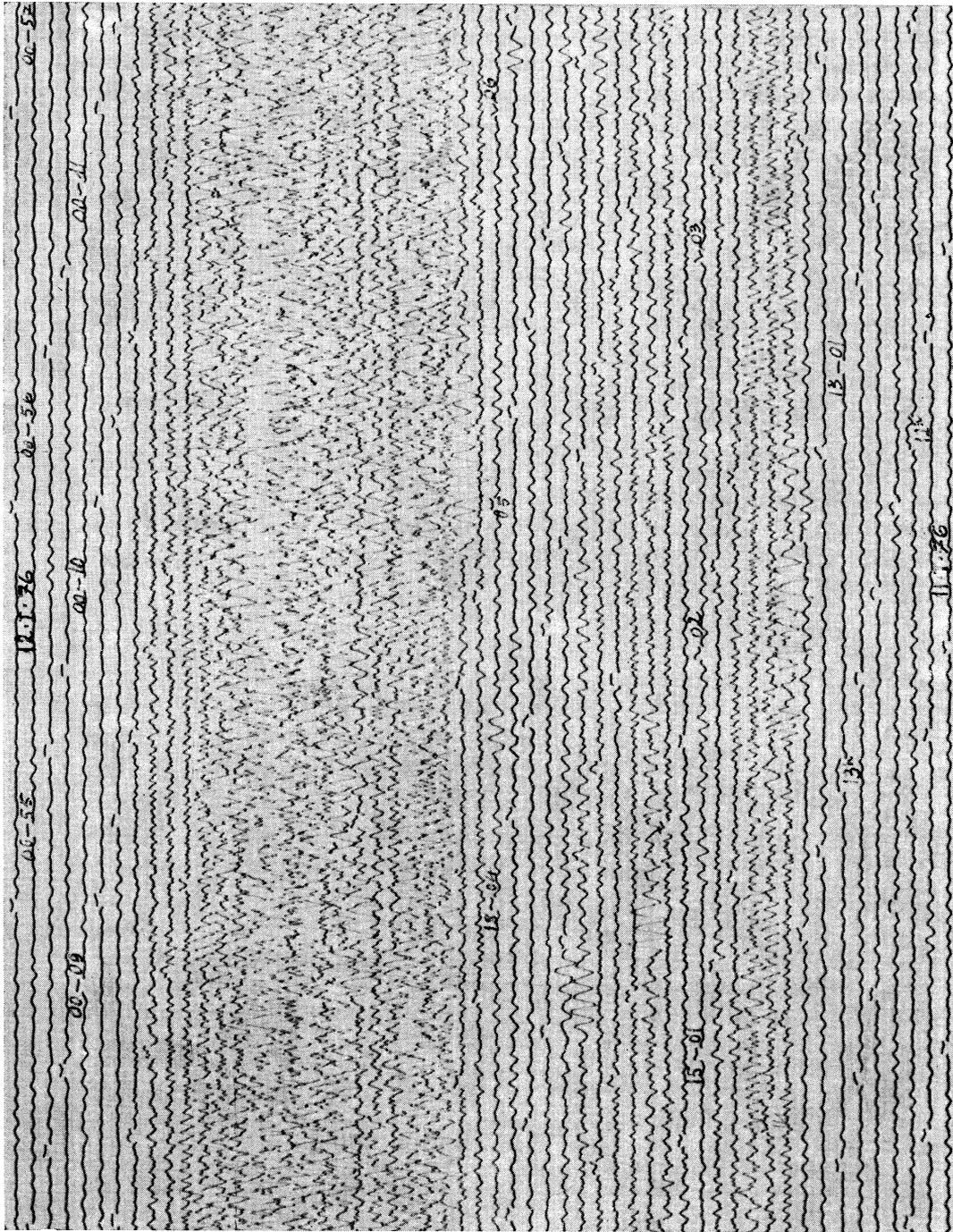


Fig. 3. - Diga di La Maina: microsismi ottenuti al coronamento-diga (q. 980 m), dall'11 al 12 gennaio 1976, con il livello del lago a q. 960 (ore 8), durante il transito dei disturbi microbarici, di cui alla fig. 5.

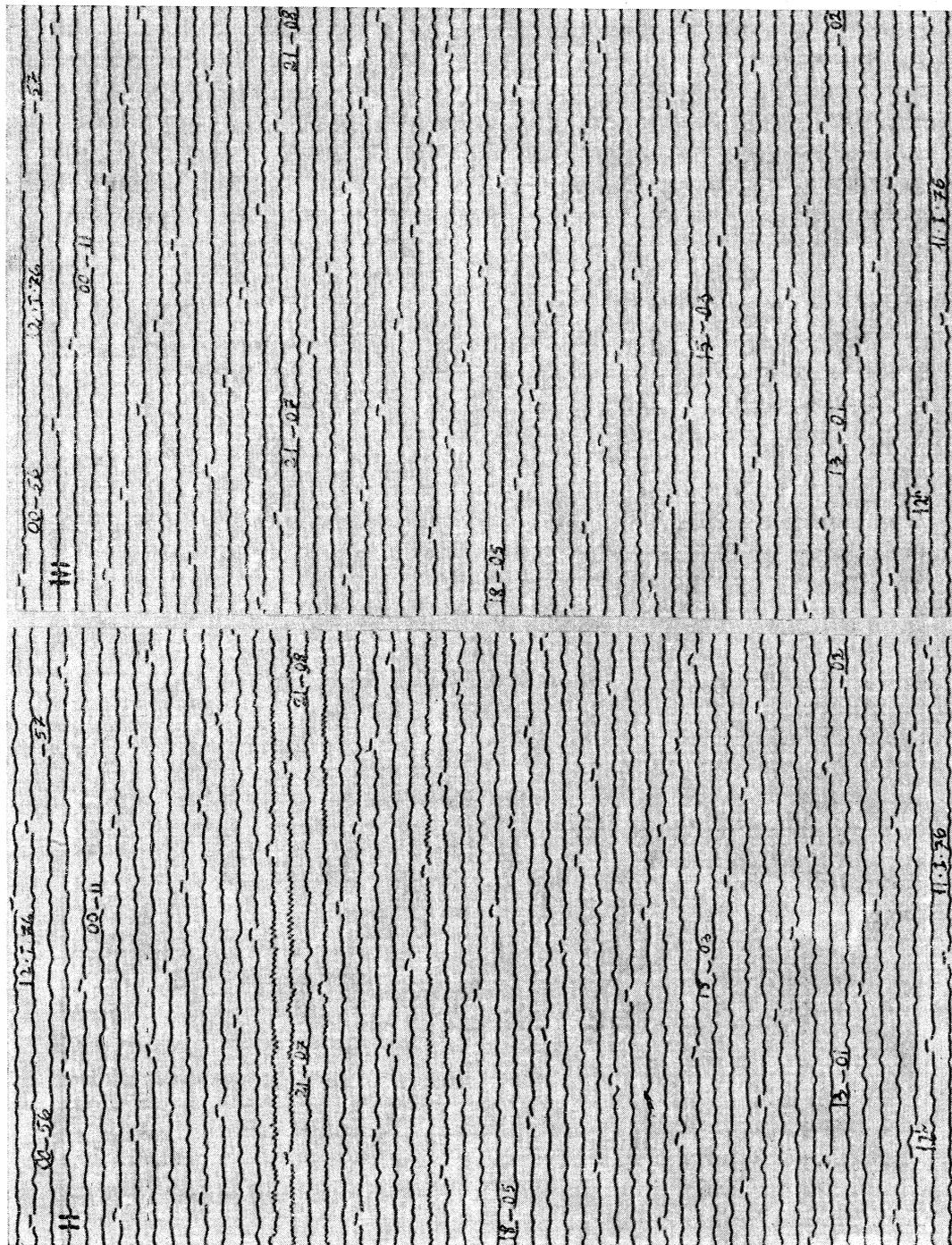


Fig. 4. - Anche in questo caso, in II (q. 907), i microsismi figurano soltanto come tracce, mentre mancano totalmente sul fondo (q. 865).



Fra i risultati ottenuti, alcuni dei quali legati all'azione del gelo spinto [5, 6], meritano particolare menzione la notevole diversità delle perturbazioni, *contemporaneamente* registrate in  $C_{XIV}$  e in  $C_V$ . Si noterà (fig. 7) - malgrado il maggior ingrandimento dinamico del sismografo in  $C_V$  - che dal 17° al 23° minuto, i microsismi sono nettamente più pronunciati in  $C_{XIV}$  e che, dopo il 23° minuto il movimento tende a prevalere in  $C_V$ . Nello stesso lasso di tempo però, mentre i microsismi decrescono in ampiezza nel concio XIV, nel concio V si verifica, al contrario, un sensibile, continuo aumento d'ampiezza. L'energia associata ai microsismi in  $C_V$  cresce quindi al decrescere dell'energia propria dei microsismi in  $C_{XIV}$ . Si osservi - a questo riguardo - che la normale alla diga dalla parte del lago, nel passaggio da  $C_{XIV}$  a  $C_V$ , subisce una rotazione di 55° circa.

La variazione dell'ampiezza nella due postazioni, dev'essere quindi legata alla variazione della direzione della linea di forza perturbante da parte del lago, legata al transito dei groppi microbarici. I gruppi che si susseguono non hanno poi nessun legame fra loro, come se l'origine fosse del tutto diversa (fig. 7). Quest'ultimo particolare appare nettissimo anche in fig. 8 (20 agosto 1971), dove i microsismi sono associati al passaggio di un fronte di perturbazione atmosferica sul lago. I gruppi di perturbazione di elevata frequenza, in transito sul lago, sono quindi diversi da luogo a luogo e possono agire anche in direzione diversa: di qui l'eterogeneità delle registrazioni, anche per brevissime distanze.

3. Resta comunque confermato che, nei piccoli bacini, i microsismi non nascono dal fondo, in quanto i sistemi d'onde associati ai groppi microbarici in transito, essendo di breve lunghezza d'onda, *non toccano* il fondo. Negli esempi riportati - con riferimento alla diga del Lumiei - mentre al coronamento il transito dei groppi ha provocato i microsismi, di cui alla figg. 1-I, 3 a quota 907 si registrano solo lievi tracce, in corrispondenza della massima attività. Poichè il livello del lago era a quota 960 ca, se ne conclude che 53 metri sotto il livello esterno l'azione dei sistemi d'onda era già cessata, le piccole tracce registrate essendosi probabilmente propagate lungo la diga, verso il basso. Un pò più marcata è la registrazione a quota 907 in occasione della tempesta microsismica del 4 gennaio 1976, manifestamente animata da maggior energia (fig. 1-II).

Nell'un caso come nell'altro, non v'è traccia di registrazione sul fondo, a quota 856 (figg. 1-III, 4-III).

Ciò spiega perchè a Pieve di Cadore i microsismi di locale origine non raggiungono mai l'ampiezza di quelli osservati presso la diga del Lumiei. Non perchè localmente tale fenomeno sia meno accentuato. Il motivo va ricercato nel fatto che mentre la stazione sismica al coronamento della diga del Lumiei è addirittura a quota superiore a quella del livello del lago, le stazioni sismiche presso la diga di Pieve di Cadore hanno funzionato a quote dell'ordine di 760 m s.l.m., cioè - generalmente - una ventina di metri sotto il livello

del lago: nell'esempio della fig. 7 (18 giugno 1972), 23 m ca sotto il livello delle acque (q. 683 m) e nell'esempio della fig. 8 (20 agosto 1972), 21 m ca sotto il livello esterno delle acque (q. 681 m). Attesa la brevità delle lunghezze d'onda dei sistemi ondosi – provocati dai disturbi microbarici in transito –, solo una parte della loro energia giunge a quella profondità.

Queste esperienze confermano quanto è stato detto al n. 1: anche in mare, i microsismi di piccolo periodo proprio, – sovente molto irregolari nella forma e nell'insieme – trovano la loro origine nell'azione delle perturbazioni microbariche di breve periodo, che animano sistemi ondosi di piccola lunghezza d'onda, capaci di sensibilizzare brevi estensioni di costa, nei tratti meno profondi; donde il loro carattere di provvisorietà, di difformità e di limitata propagazione [2,3].

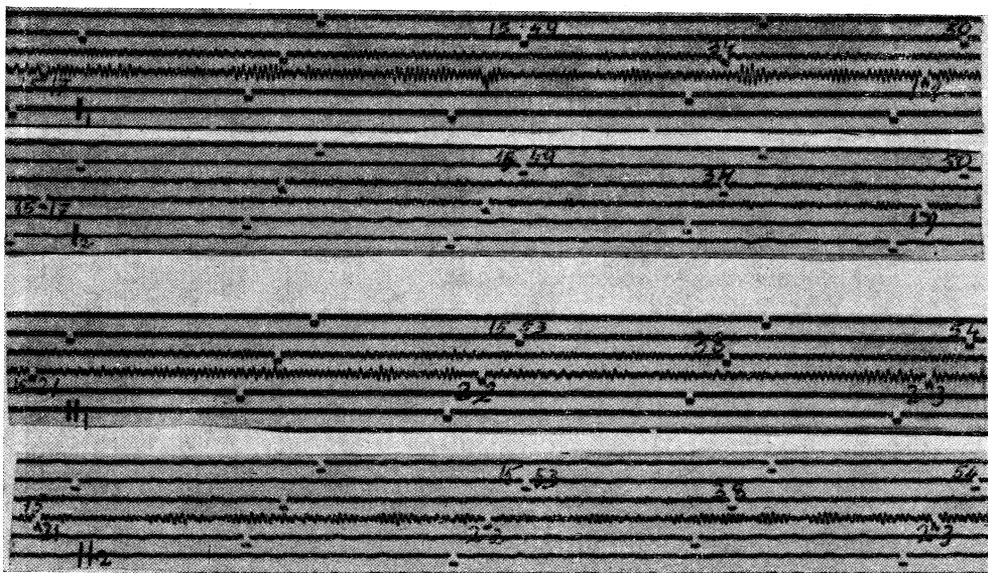


Fig. 7. – Pieve di Cadore, 19 giugno 1972: diga sul Piave. Sismografi in direzione monte-valle nei concii  $C_{XIV}$  e  $C_V$ , posti alla stessa quota alla distanza di 120 m circa. Dalle 15,17 alle 15,23 i microsismi in  $C_{XIV}$  ( $I_1$ ,  $II_1$ ) appaiono nettamente più ampi che in  $C_V$  ( $I_2$ ,  $II_2$ ). Però, mentre in  $C_{XIV}$  i microsismi vanno gradualmente diminuendo d'ampiezza, contemporaneamente in  $C_V$  l'ampiezza va via via crescendo. Va notato che nel passaggio da  $C_{XIV}$  a  $C_V$  la curvatura della diga varia di  $55^\circ$ .

Si ha così una conferma sperimentale di quanto era stato ottenuto per via teorica, applicando ai microsismi la teoria di Lamb sulla propagazione delle onde superficiali [4]. I microsismi irregolari, a breve periodo, registrati presso le coste dei mari e quelli costituenti le avanguardie frastagliate delle tempeste microsismiche, possono quindi essere longitudinali (o trasversali) – come di fatto si verifica –, costituendo le « frange » delle successive onde di Rayleigh, che prendono origine dall'azione dei sistemi ondosi sul fondo.

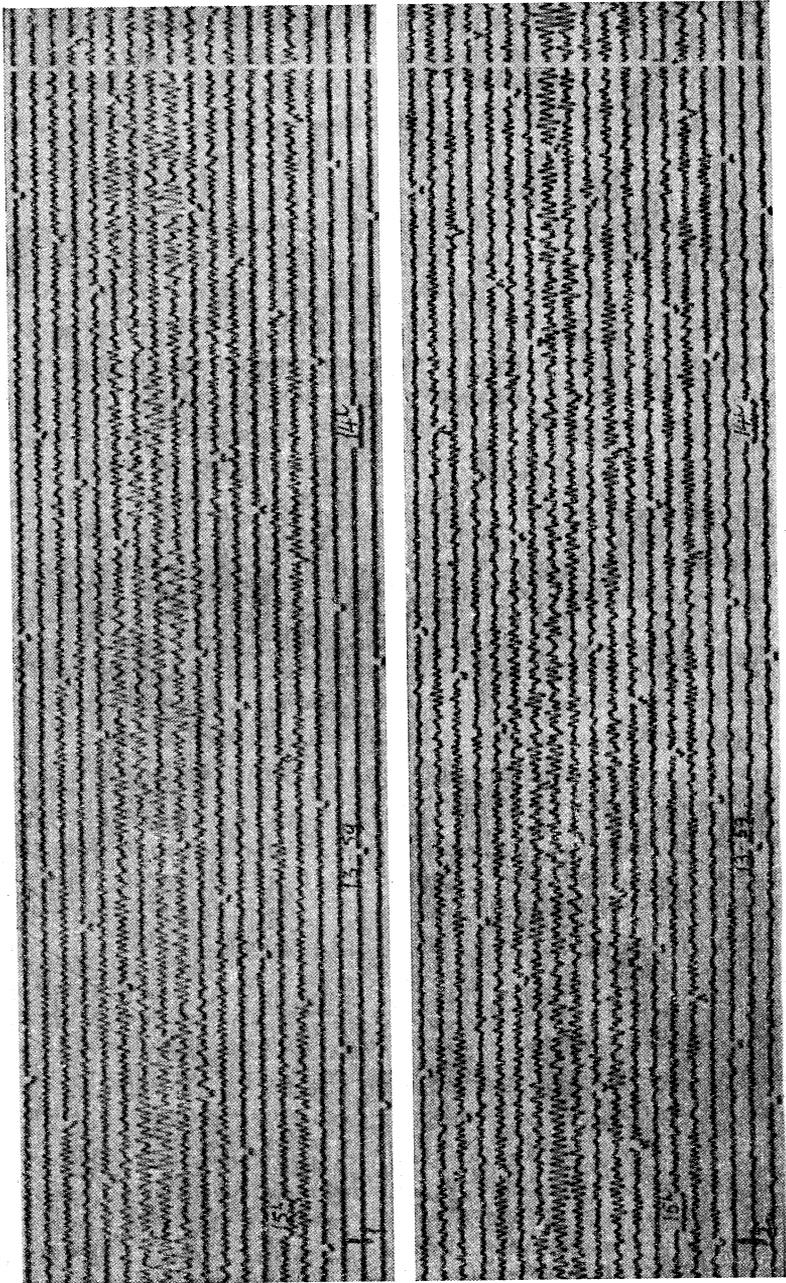


Fig. 8. - Pieve di Cadore, 20 agosto 1972: stessa sistemazione dei sismografi, come da fig. 7. Il transito di una lunga serie di disturbi microbarici, provoca la registrazione di microseismi, contemporaneamente in  $C_{xiv}$  ( $I_1$ ) e in  $C_v$  ( $I_2$ ): si noter  la sostanziale differenza delle registrazioni nelle due postazioni, a testimonianza della diversit  della causa agente (sistemi ondosi d'interazione aria-acqua).

La trascurabile componente verticale del movimento sta, del resto, a provare l'impossibilità della formazione di onde di Rayleigh in corrispondenza di questi microsismi, di carattere prettamente locale <sup>(1)</sup>.

Quanto è stato sopra rilevato, vale ancora una volta a dimostrare che la componente disordinata, costituita da brevi pseudo periodi, generalmente registrata con carattere di aleatorietà e di inomogeneità formale, è quella che nasce nel tratto di costa limite del mare, sotto l'azione di onde di breve lunghezza d'onda, associate a microbarici di breve periodo, in transito. E questi microsismi si estinguono rapidamente, a breve distanza.

#### RICHIAMI BIBLIOGRAFICI

- [1] CALOI P. (1971) - *L'agitazione microsismica destata dalle perturbazioni metereologiche: I. Microsismi da piccoli bacini chiusi*, « Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. fis. mat. e nat. », 50 (maggio).
- [2] CALOI P. (1971) - *L'agitazione microsismica destata dalle perturbazioni metereologiche: II. Origine dei microsismi associati al transito dei cicloni*, « Rend. Acc. Naz. Lincei, Cl. Sc. fis. mat. e nat. », 50 (giugno).
- [3] CALOI P. e MIGANI M. (1971) - *Microsismi da piccoli bacini chiusi, da mari interni, da Oceani*, « Annali di Geofisica », 24 (4).
- [4] CALOI P. (1973) - *I microsismi come onde di Lamb-Rayleigh*, « Annali di Geofisica », 26 (1).
- [5] CALOI P., MIGANI M. e SPADEA M. C. (1972) - *Comportamento di una grande diga sotto il gelo spinto*, « Annali di Geofisica », 25 (4).
- [6] CALOI P., MIGANI M. e SPADEA M. C. (1973) - *Ancora sulla microsismicità per gelo spinto presso una grande diga e sulle condizioni geodinamiche per la sua insorgenza*, « Annali di Geofisica », 26 (4).

(1) Un caso interessante della registrazione di microsismi *locali* presso le dighe è quello che si verifica durante i mesi invernali, quando il lago comincia a gelare: per tutta la durata del gelo - che può raggiungere strati dello spessore di 20-40 cm - il passaggio di disturbi microbarici, isolati o associati a zone di bassa pressione in transito, *non provoca* microsismi di locale origine: lo strato gelato superficiale impedisce infatti la formazione del moto ondoso, come conseguenza della mancata interazione aria-acqua. Ciò si verifica da dicembre a marzo presso il lago di Pieve di Cadore e da fine gennaio e mezzo aprile presso il lago di La Maina.