
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

PIETRO CALOI

**Un vistoso caso di interazione fra atmosfera ed
idrosfera: eccezionali oscillazioni del mare nel porto
di Civitavecchia (17-19 Giugno 1971)**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 53 (1972), n.1-2, p.
144–148.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1972_8_53_1-2_144_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. — *Un vistoso caso di interazione fra atmosfera ed idrosfera: eccezionali oscillazioni del mare nel porto di Civitavecchia (17-19 Giugno 1971).* Nota (*) del Socio PIETRO CALOI.

SUMMARY. — On the days 17th and 18th June of 1971, some large surges affected Civitavecchia harbour, with a rhythm of about 11 minutes.

The author proves it to be a question of a noticeable case of interaction between atmosphere and hydrosphere.

The fundamental own period of the part of the sea contained by the harbour is really about 11 minutes.

1. — I giornali romani del mattino del 18 Giugno 1971, con titoli a caratteri cubitali su più colonne, davano notizia di uno straordinario fenomeno, verificatosi a Civitavecchia verso le 10.30 del giorno precedente. Uno dei più diffusi quotidiani della Capitale annunciava: « Per sei minuti il mare sprofonda a Civitavecchia »; « Le acque si sono improvvisamente ritirate di trenta metri »; « Lo straordinario fenomeno ha lasciato molti pesci in secco sulla spiaggia ed ha impedito il carico delle auto sui traghetti »; ecc. ecc. Circa le cause, una ridda di ipotesi, una più sensazionale dell'altra. Basti dire che la più accreditata spiegazione supponeva « un assestamento degli strati più profondi di quel tratto di costa, che ha determinato l'affossamento del mare, tornato poi alla normalità per la legge fisica del livellamento dei liquidi ».

Cosa era successo? Anni addietro, avevo dedicato uno studio alle oscillazioni libere del mare nella rada di Civitavecchia [1], pervenendo alla conclusione che tali oscillazioni dovevano presentare un periodo dell'ordine di 11 minuti, come fu poi confermato dalle osservazioni. Il fatto che il mare, nella zona di Civitavecchia, durante quello straordinario fenomeno, lasciasse un tratto della costa all'asciutto, per circa 6 minuti (durata di un'elongazione), mi convinse trattarsi di un caso di interazione fra atmosfera ed idrosfera. Preso da altri lavori, lasciai cadere l'evento, riservandomi di riprenderlo non appena possibile. Ed è ciò che feci negli ultimi tempi.

2. — E di interazione fra aria ed acqua, infatti, si è trattato. Richiesti i mareogrammi e i barogrammi, ottenuti in quei giorni a Civitavecchia (e, per quanto riguarda i barogrammi, anche nelle zone vicine), mi furono cortesemente inviati in copia dalla Capitaneria di Porto di Civitavecchia e dal « Servizio Meteorologico » dell'Aeronautica Militare, che qui ancora vivamente ringrazio.

Da essi risulta che il fenomeno è stato molto più esteso, nel tempo, di quanto non apparisse dai giornali. Esso si è ripetuto, a più riprese, dalle prime

(*) Pervenuta all'Accademia il 26 giugno 1972.

ore del 17 alla mezzanotte del 18 Giugno, assumendo proporzioni vistose, nettamente superiori alla marea, cui si sovrappone (fig. 2). Dai 65 cm raggiunti dopo le 8 del 17, le oscillazioni del mare passano ad ampiezze di oltre un metro verso le 10.30 dello stesso giorno. Ampiezze dello stesso ordine

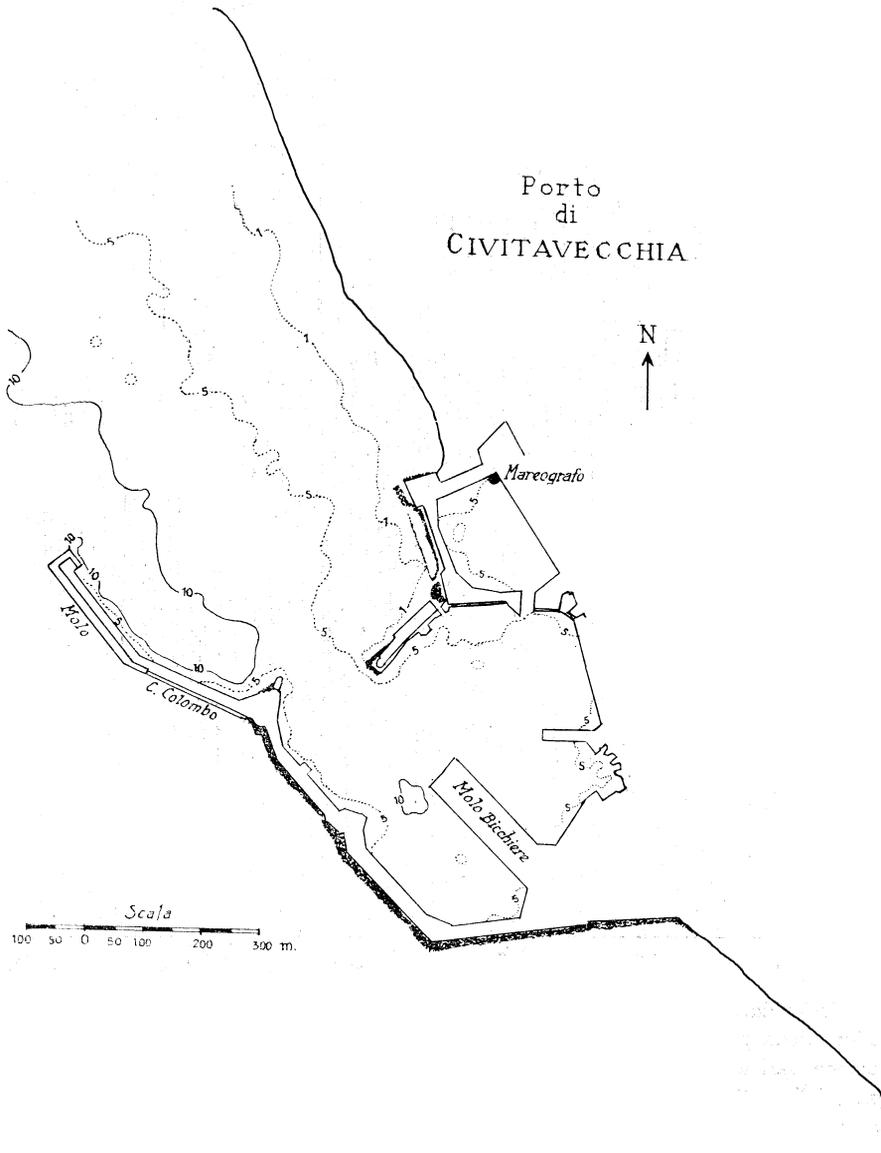


Fig. 1.

vengono registrate fra le 7 e le 9 e fra le 15 e le 18 del 18 Giugno. Il periodo, con cui il fenomeno si è ripetutamente verificato, è di 11 minuti primi: pari cioè al periodo, calcolato per via teorica nel precedente citato lavoro [1], proprio delle oscillazioni libere della rada di Civitavecchia.

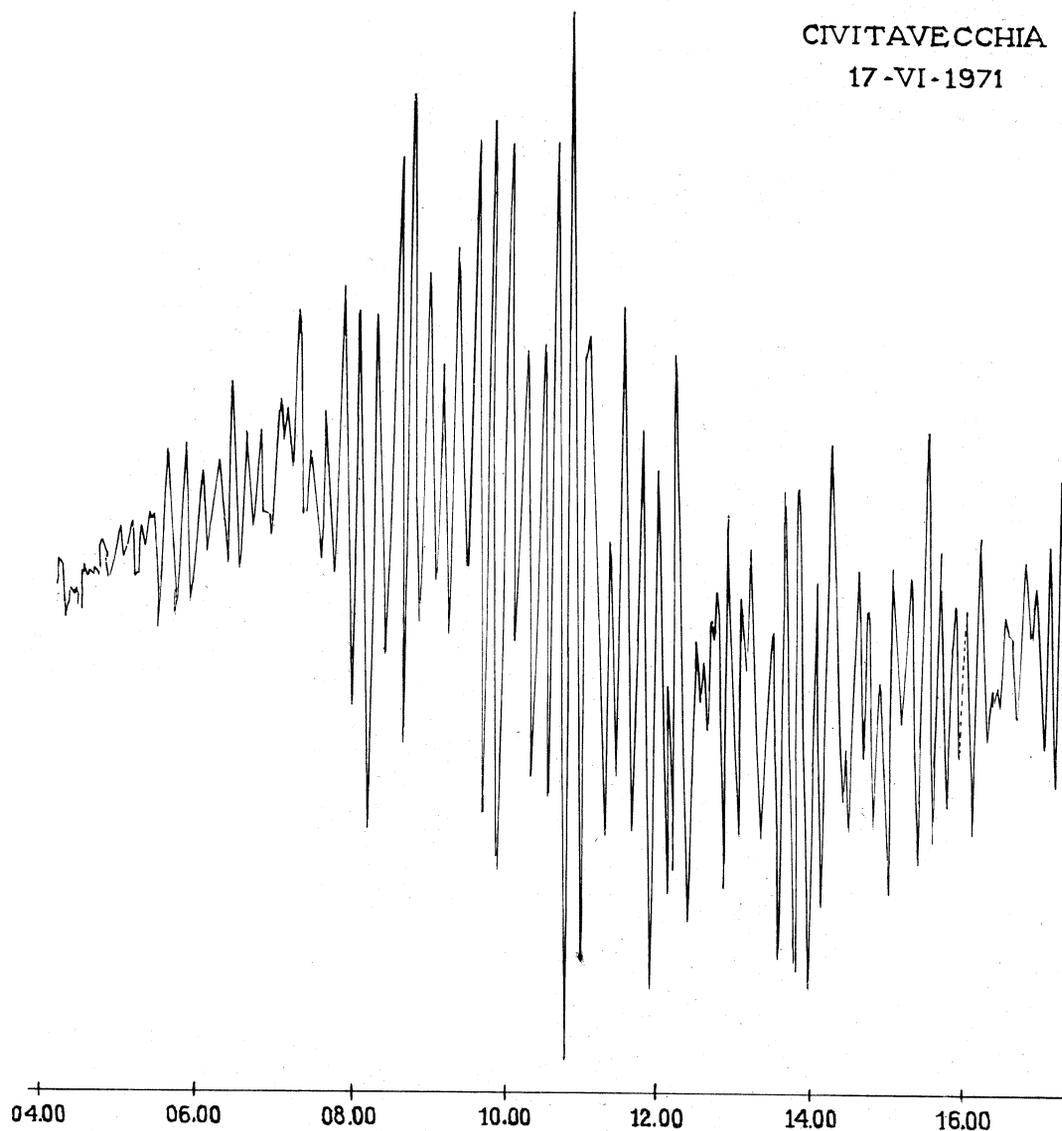


Fig. 2. - Oscillazioni del mare nella rada di Civitavecchia, provocate dal transito di lievi variazioni della pressione atmosferica - sul ritmo di 11 minuti circa - di cui alla fig. 3. (Riduzione pari a circa $1/10$ dello spostamento reale) oscillazioni analoghe si ebbero il 18 Giugno, dalle 5 alle 10 e dalle 14 alle 18 (ora legale). Data la distanza dell'isobata di 1 metro dalla costa (fig. 1), si spiega facilmente come le acque - durante i minimi delle oscillazioni - si ritirassero per circa 30 metri.

3. - Si è trattato quindi di un chiaro fenomeno di interazione, fra atmosfera ed idrosfera, verificatosi *esclusivamente* nella rada di Civitavecchia, in quanto ivi ha trovato le condizioni atte alla sua esaltazione: con ciò si spiega pure il fatto di avere interessato solo un breve tratto della costa, il che aveva costituito un'altra causa di stupore per gli osservatori.

Mi sono occupato altre volte delle interazioni fra atmosfera ed idrosfera, specialmente nel caso delle onde interne, in cui possono verificarsi con grande frequenza [2-4].

Una semplice teoria può dar ragione di questi violenti collegamenti fra aria ed acqua. Come ho provato altrove [2], l'equazione del movimento di un'onda lunga può assumere la forma

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = c^2 \frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} + \frac{kM}{\rho} \sin k(x - vt),$$

dove ξ denota lo spostamento orizzontale delle particelle liquide, c è la velocità di propagazione dell'onda lunga nell'acqua di densità ρ , nella direzione x ; M (generalmente molto piccolo) è l'ampiezza dell'onda atmosferica perturbante

$$M_0 = M \cos k(x - vt)$$

di velocità v .

Integrando, dall'equazione della continuità $\eta = -h \frac{\partial \xi}{\partial x}$ (h , profondità media del bacino liquido) e con le condizioni ai limiti

$$\xi = 0 \quad \text{per } x = \pm l,$$

essendo l la lunghezza del canale aperto sul mare (golfo, rada, ...) e prendendo l'origine delle coordinate sulla linea di bocca, si ottiene per lo spostamento verticale:

$$\eta = \frac{hM}{\rho c^2 (m^2 - 1)} \left[\cos k(x - vt) - \frac{m}{\sin 2klm} \{ \sin k(l + vt) \cos km(x - l) + \sin k(l - vt) \cos km(x + l) \} \right],$$

dove $m = v/c$.

Quando $\sin 2klm$ tende a zero, η tende all'infinito.

Se s è un intero, posto $2klm = s\pi$, essendo $k = 2\pi/vT_s$, poiché il periodo delle oscillazioni libere del canale (golfo, rada, ...) è $T_i = \frac{4l}{ic}$, ne segue che quando il periodo dell'onda libera del canale - nel caso specifico l'uninodale - tende a coincidere con il periodo della causa perturbante, l'uninodale del golfo tende ad assumere valori, grandi oltre ogni limite.

Naturalmente, è questo un caso ideale; sufficiente, in ogni modo, a spiegare l'inusitata ampiezza, raggiunta talora dalle onde libere della rada di Civitavecchia: ampiezza tanto maggiore, quanto più prossime a quelle richieste sono le condizioni naturali attuali.

4. - Confrontiamo ora i barogrammi - ottenuti a Civitavecchia o nei pressi - e i mareogrammi, registrati dal 17 al 19 Giugno 1971. A prima vista, sembra esista uno sfasamento fra le perturbazioni atmosferiche e quelle del mare sottostante (a questo proposito, ricordiamo che i mareogrammi sono espressi in tempo « legale », mentre i barogrammi sono riferiti al tempo di Greenwich). Ma è solo apparente.

I barografi in funzione nella zona, sono infatti del tipo ordinario, atti alla registrazione delle grosse variazioni di pressione, associate a grandi periodi; particolarmente inerte, risulta quello del porto di Civitavecchia. Ciò malgrado, il fatto che siano riusciti a registrare le perturbazione sovrapposte alle variazioni diurne o semidiurne, o comunque legate ai tempi lunghi, sta a provare la non trascurabile energia animante dette perturbazioni.

Va comunque tenuto presente che i gruppi di perturbazioni registrati, iniziano su ritmi con pseudo-periodi nettamente superiori ai 10-11 minuti; pertanto, anche se animati da apprezzabili energie, determinano solo piccole perturbazioni nelle acque, essendo troppo discoste dalle condizioni di risonanza. È nella parte finale di ogni gruppo di perturbazioni che si presentano i ritmi più celeri, registrati dai barografi sotto forma di tracce, sia per l'inerzia degli strumenti che per la piccola energia in giuoco (Tav. I). Ma è ad essi che si devono le massime oscillazioni delle acque nel porto di Civitavecchia, perché soltanto essi realizzano, in buona parte, le condizioni di risonanza.

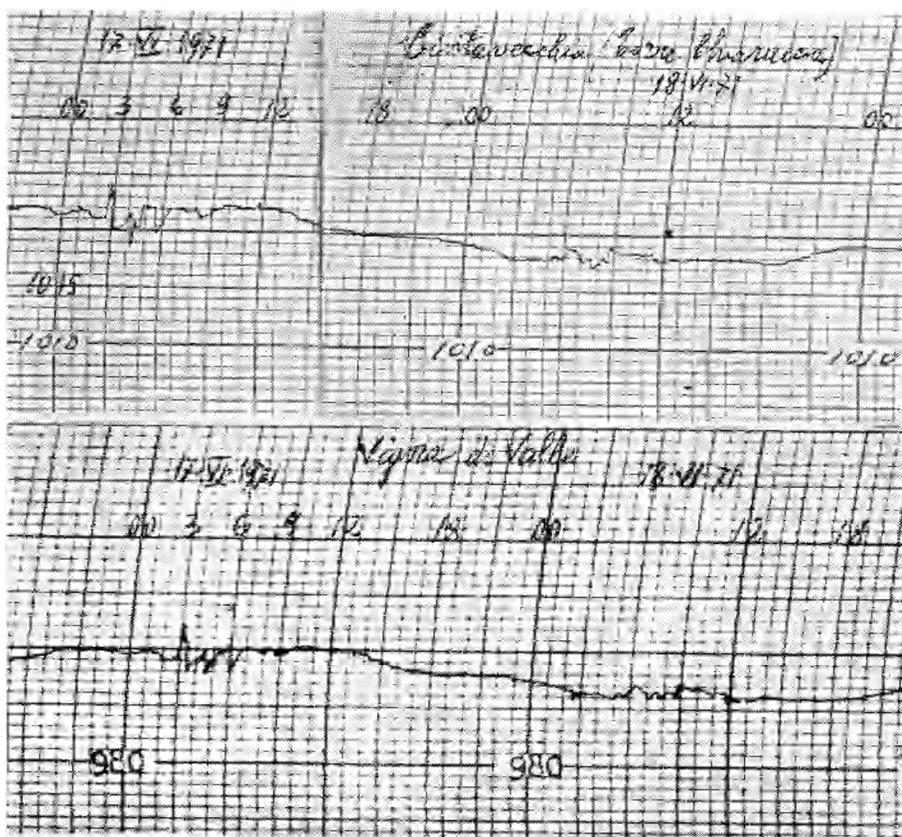
Certo, soltanto dei microbarografi possono chiaramente registrare oscillazioni con periodi dell'ordine di pochi minuti (o frazioni di minuto); e proprio di recente ho provato come, simili variazioni di pressione, anche se animate da energie minime, possono provocare ampie oscillazioni libere nei piccoli laghi, quando siano soddisfatte le condizioni, di cui al n. 3 [5].

Del resto, che in quei giorni l'atmosfera fosse percorsa da oscillazioni del genere è provato dalle registrazioni di un microbarografo «Askania» (il solo, per quanto mi risulta, funzionante - almeno a quel tempo - in Italia), ottenute a circa 500 km di distanza, presso la diga di Pieve di Cadore, dove avevo in corso delle ricerche sull'origine dei microsismi (Tav. II).

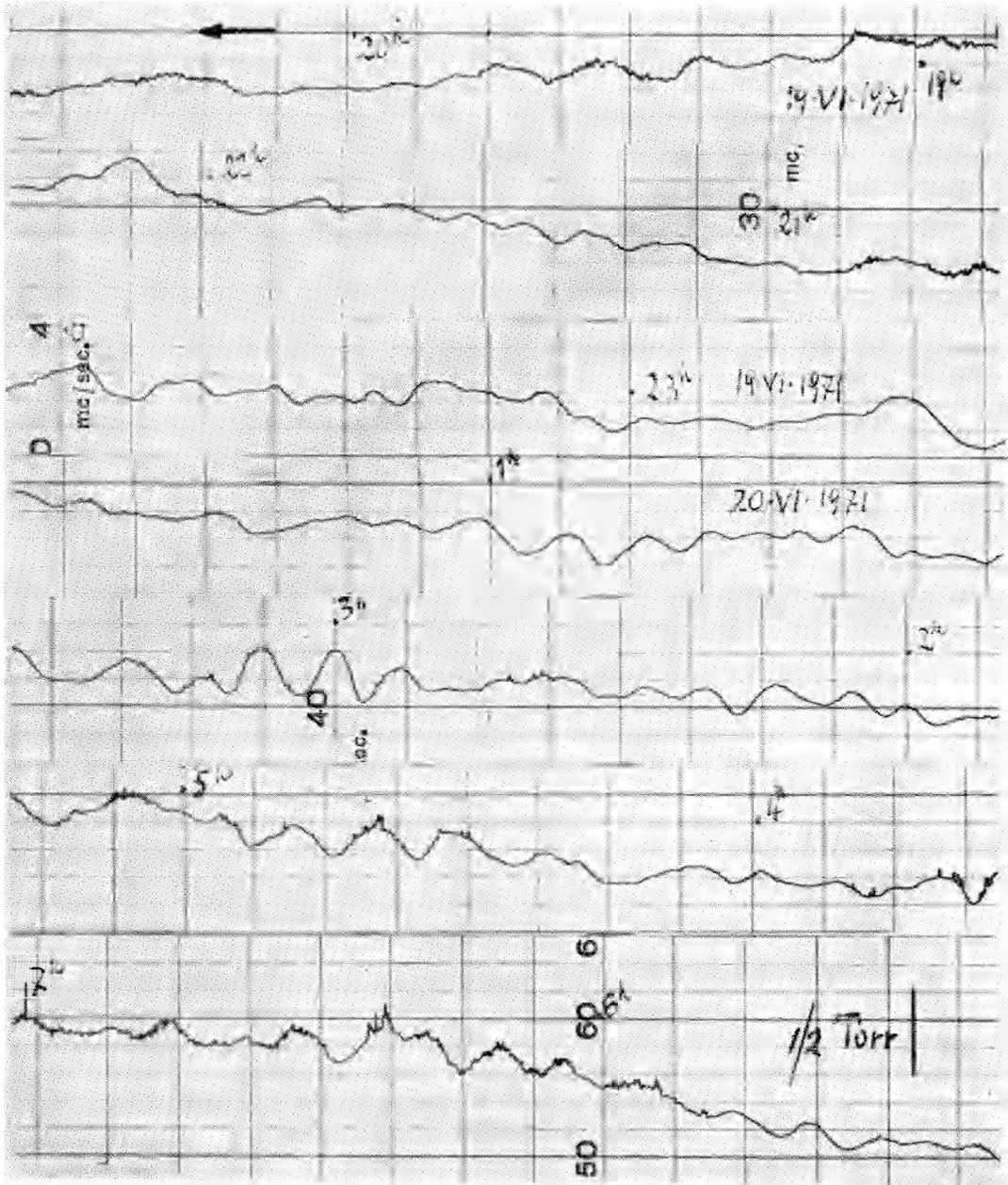
Resta così provato, ancora una volta, che - quando si presentano le condizioni richieste - anche minime variazioni di pressione atmosferica, possono provocare cospicue oscillazioni nelle acque di piccoli bacini, chiusi od aperti: «gran forza de' moti piccoli, per produrre grandissimi effetti», avrebbe detto Toaldo (sia pure... «con licenza de' Superiori») [6].

BIBLIOGRAFIA

- [1] P. CALOI e M. C. SPADEA, *Le oscillazioni libere del golfo di Civitavecchia e l'azione della viscosità*, «Annali di Geofisica», 12, 2 (1959).
- [2] P. CALOI, *Sulle onde interne del lago di Bracciano e sulle loro probabili cause*, «Rend. Acc. Naz. dei Lincei», Classe Sc. fis. mat. e nat., ser. VIII, 30, 5 (1961).
- [3] P. CALOI, *Interazioni tra atmosfera ed idrosfera*, «Ann. di Geofisica», 16, 1 (1963).
- [4] P. CALOI, *Le onde interne del lago di Garda come effetto di interazione fra atmosfera ed idrosfera*, «Rend. Acc. Naz. dei Lincei», Classe Sc. fis. mat. e nat., ser. VIII, 34, 2 (1963).
- [5] P. CALOI, *Ulteriori esperienze geofisiche sul lago di Caldonazzo...*, «Ann. di Geofisica», 25, 2 (1972).
- [6] D. GIUSEPPE TOALDO, *Della vera influenza degli astri sulle stagioni e mutazioni di tempo. Saggio meteorologico*. «Stamperia del Seminario», p. 1, Padova (1781).



Barogrammi di Civitavecchia (Torre Chiaruccia) e di Vigna di Valle (Bracciano) del 17 e 18 Giugno 1971. La pressione è espressa in *mb*; il tempo è quello del meridiano di Greenwich.



A circa 500 km di distanza (Pieve di Cadore), in quei giorni, erano pure presenti nell'atmosfera microvariazioni della pressione sul ritmo di 9-11 minuti (dalle registrazioni del microbarografo ivi funzionante; il microbarogramma dei giorni precedenti, è servito per altra ricerca). Si noti che 1 mb vale ca. 0,75 Torr. - Ora legale.