

EFFETTI METEORICI, STATICI E DINAMICI, SUL LIVELLO DELL'ADRIATICO SETTENTRIONALE

SILVIO POLLI

dell' Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste

I. PREMESSE

Il livello marino è in stretta dipendenza con le condizioni atmosferiche locali e, in più larga relazione, con quelle generali, sia immediate che di un passato recente.

Non considereremo in questa nota il caso del moto ondoso, cioè il diretto effetto del vento sullo stato della superficie marina, perchè esso non interessa, sostanzialmente il tema da svolgere. Esamineremo invece i principali fenomeni atmosferici, compresi quelli climatici, che producono variazioni, sia rapide che lente, del livello marino.

Gli effetti meteorici possono essere considerati statici o dinamici solo in modo indicativo perchè cause atmosferiche statiche, seppure esistono, comportano anche effetti dinamici. Inoltre le due cause agiscono spesso contemporaneamente ed in stretta dipendenza per cui l'effetto finale risulta complesso. La divisione è pertanto formale e solamente orientativa, e va considerata perciò in senso molto largo.

L'atmosfera può agire direttamente sul livello marino, per esempio mediante una variazione di pressione; oppure indirettamente, come nel caso della fusione di masse glaciali terrestri che producono un aumento della massa liquida. Anche questa distinzione è orientativa e va considerata in senso molto relativo; così pure quella di effetti di periodo breve e lungo, in quanto che tale considerazione dipende dal punto di vista dal quale si esamina il fenomeno.

Consideriamo i vari casi che presentano maggiore importanza pratica per l'Adriatico settentrionale, e per Venezia e la sua laguna in particolare.

2. EFFETTI STATICI A LUNGO PERIODO

La situazione climatica terrestre varia lentamente ma progressivamente col tempo. Attualmente questa variazione comporta un aumento della temperatura alla superficie della Terra dell'ordine di quasi $1/10^{\circ}$ C per secolo. In dipendenza di questo aumento si ha una progressiva fusione delle masse glaciali terrestri, per cui il livello di tutti i mari aumenta in stretta corrispondenza. L'aumento medio, dedotto dalla elaborazione dei dati di tutte le stazioni mareografiche della Terra, risulta, per gli ultimi settant'anni, in media di 2 mm per decennio. Nell'Adriatico settentrionale, a Trieste appare di 16 mm per decennio, a Venezia di 30 mm. È evidente che i valori più alti misurati in questi due porti sono dovuti al contemporaneo abbassamento del suolo, che per Trieste risulterebbe di 5 mm per decennio e per Venezia di 19 mm per decennio.

La variazione climatica non è costante ma cambia nei successivi intervalli di tempo; di conseguenza, e proporzionalmente, cambia l'aumento del livello marino.

Presentiamo nelle seguenti tabelline 1-3 gli aumenti decennali, dedotti dai dati mareografici, per i mari di tutta la Terra e, separatamente, per i porti dell'Adriatico settentrionale. I valori degli aumenti sono stati ottenuti mediante il procedimento indicato e precisato nelle pubblicazioni elencate nella bibliografia.

TAB.1 - AUMENTI DECENNALI DEL LIVELLO MARINO GENERALE

1891 - 1900	1901 - 1910	1911 - 1920	1921 - 1930	1931 - 1940	Media 1891 - 1940
mm 16	mm 2	mm 7	mm 9	mm 19	mm 11

A Chioggia il mareografo considerato è quello situato sulla Diga Sud.

I dati delle tabelle 2 e 3 si riferiscono strettamente alla stazione mareografica sita nella località considerata. Il loro confronto con quelli generali della tabella 1 porta a considerazioni di fondamentale importanza sul lento movimento verticale della stazione stessi. Così, deducendo i valori della tabella 1 da quelli

TAB. 2 - AUMENTI DECENNALI DEL LIVELLO MARINO A VENEZIA

Mareografo	1881 1890	1891 1900	1901 1910	1911 1920	1921 1930	1931 1940	1941 1950	Media
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
San Marco	19	19	31	8	17	47	-	24
Arsenale	-	39	35	-	-	-	-	37
S.Stefano	-	-	33	32	-	-	-	33
Lido, Diga S.	-	-	-	-	33	46	17	32
Punta Salute	-	-	-	-	-	49	15	32
P.Margherita	-	-	-	-	-	55	11	33
Chioggia D.S.	-	-	-	-	-	-	29	29
Media	19	29	33	20	25	49	18	30

TAB. 3 - AUMENTI DECENNALI DEL LIVELLO MARINO A TRIESTE

Mareografo	1891 1900	1901 1910	1911 1920	1921 1930	1931 1940	1941 1950	Media
Trieste	mm 34	mm 18	mm 15	mm 12	mm 21	mm -3	mm 16

delle tabelle 2 e 3, si ottengono gli abbassamenti decennali del suolo sul quale è fissata la stazione mareografica.

Presentiamo la tabella relativa alla laguna di Venezia per l'interesse che essa può assumere nella conoscenza dell'attuale fase di sprofondamento della laguna.

TAB. 4 - ABBASSAMENTI DEL TERRENO LAGUNARE

Mareografo	1881 1890	1891 1900	1901 1910	1911 1920	1921 1930	1931 1940	1941 1950	Media
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
San Marco	-	3	29	1	8	28	-	14
Arsenale	-	23	33	-	-	-	-	28
S.Stefano	-	-	31	25	-	-	-	28
Lido, Diga S.	-	-	-	-	24	27	-	26
Punta Salute	-	-	-	-	-	30	-	30
P.Margherita	-	-	-	-	-	36	-	36
Chioggia D.S.	-	-	-	-	-	-	-	-
Media	-	13	31	13	16	30	-	23

I valori della tabella 4 sono tutti dello stesso segno e corrispondono ad un generale abbassamento del suolo lagunare. Esso appare notevole specialmente nei decenni 1901-1910 e 1931-1940. I più forti abbassamenti risultano a Porto Marghera, i minori a S. Marco.

La generale variazione climatica, che dovrebbe corrispondere alla fase finale di un periodo di deglaciazione, dipende da cause in gran parte extraterrestri, solari od anche cosmiche. Attività così vaste comportano condizioni di inerzia tali per cui gli effetti sulla Terra potrebbero prolungarsi ancora per secoli ed anche per millenni. Il graduale salire del livello marino dovrebbe perciò complessivamente continuare,

probabilmente con andamento fluttuante per cui si avranno periodi con aumenti più o meno forti, come avviene generalmente nello svolgimento dei fenomeni naturali.

3. EFFETTI STATICI A PERIODO ANNUALE

L'altezza del livello marino varia durante l'anno per cause meteoriche stagionali. Per l'Adriatico settentrionale esso è massimo nei mesi da ottobre a dicembre e minimo da gennaio a marzo. La tabella 5 presenta i livelli medi mensili riferiti al livello medio annuo.

Nel tardo autunno le piogge, i deflussi fluviali, la scarsa evaporazione, i venti sciroccali e le pressioni generalmente basse concorrono a produrre un innalzamento che è, in novembre, dell'ordine di 100 mm per la laguna di Venezia e di 87 mm per Trieste.

TAB. 5 - LIVELLI MEDI MENSILI RIFERITI AL LIVELLO MEDIO ANNUO

Stazione Mareografica	I	II	III	IV	V	VI
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Venezia, Diga Sud	-24	-45	-60	-28	-12	-10
Venezia, San Marco	-24	-48	-54	-36	-4	-10
Venezia, Porto Marghera	-30	-54	-52	-24	0	-7
Trieste	-31	-54	-58	-17	0	+1
Stazione Mareografica	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Venezia, Diga Sud	-14	-15	-4	+57	+103	+52
Venezia, San Marco	-11	-14	0	+54	+103	+44
Porto Marghera	0	-18	-7	+54	+98	+40
Trieste	-1	-5	-2	+52	+87	+28

Nell'inverno si hanno invece pressioni atmosferiche alte, precipitazioni scarse, deflussi minimi, venti continentali notevoli, per cui il livello risulta più basso di quello medio annuo: in marzo di circa 55 mm a Venezia e di 58 mm a Trieste. In questo porto l'abbassamento maggiore è dovuto all'effetto deprimente della bora, vento catabatico, sul livello del mare.

4. EFFETTO STATICO A PERIODO BREVE.

Un aumento della pressione atmosferica produce, in condizioni meteoriche normali, un abbassamento del livello marino e, inversamente, una depressione provoca un innalzamento locale dell'acqua. Il rapporto fra le variazioni delle due grandezze dato, nel caso più semplice, dal rapporto delle densità dei due liquidi, mercurio ed acqua marina. Prendendo per la densità del mercurio a 15° C il valore 13,56 e per quello dell'acqua di mare, alla stessa temperatura, 1,03, si ha per il rapporto $13,56/1,03$ il valore 13,16. L'aumento della pressione corrispondente ad 1 mm di mercurio dovrebbe produrre un abbassamento del livello marino di 13,2 mm. È evidente che nella realtà questa semplice relazione non sarà generalmente soddisfatta, perchè fattori vari, soprattutto morfologici e dinamici intervengono a modificare il valore del rapporto teorico.

Il valore numerico per cui occorre moltiplicare la variazione della pressione atmosferica per avere la corrispondente variazione del livello marino è detto *fattore barometrico* di quel posto; esso è un dato caratteristico per ogni sito, perchè dipende dalle sue specifiche condizioni morfologiche e meteorologiche.

Dai valori medi mensili delle pressioni atmosferiche e dei corrispondenti livelli marini, dei due porti di Venezia e Trieste, sono state determinate tutte le differenze tra i valori di due mesi successivi, considerandole positive o negative secondo che il primo valore (antecedente) era maggiore o minore del secondo. Il quoziente tra la variazione del livello medio (in mm) e la corrispondente variazione della pressione atmosferica (in mm di mercurio) dà il valore del fattore barometrico. Esso è da attribuirsi al secondo dei due mesi considerati. La seguente tabellina presenti i valori medi stagionali dei fattori barometrici dedotti dal decennio 1941-1950.

TAB. 6 - FATTORI BAROMETRICI STAGIONALI PER I PORTI DI VENEZIA E TRIESTE

Porto	Inverno XII+I+II	Primavera III+IV+V	Estate VI+VII+VIII	Autunno IX+X+XI	Anno
Venezia	22	21	9	14	17
Trieste	20	26	24	9	20

I fattori barometrici medi risultano superiori al valore teorico. Quello di Trieste figura più alto di quello di Venezia, inoltre l'azione della pressione atmosferica sul livello del mare appare a Trieste più irregolare ma più energica. Il contrasto fra terra e mare è infatti più marcato in questo porto sia per il maggiore dislivello che si ha tra l'acqua e il retroterra, sia perchè il posto si trova più inserito nel continente.

A Trieste i valori più alti si hanno in primavera e nell'estate, i più bassi nell'autunno e nell'inverno, e ciò sia per l'azione perturbatrice prodotta dalla discesa della bora che per altre particolari condizioni meteoriche dovute ai singolari caratteri di questo golfo.

A Venezia l'andamento dei valori stagionali si presenta più normale, si ha un massimo invernale ed un minimo estivo, come conviene ad una zona nella quale i fenomeni atmosferici si svolgono più regolarmente; ciò risulta pure dal fatto che tanto la escursione annua quanto il valore medio annuo sono entrambi più piccoli che a Trieste.

La conoscenza dei fattori barometrici trova immediata applicazione nella previsione delle maree e dell'acqua alta, e precisamente nel calcolo delle correzioni del momento dove, nel caso della pressione barometrica, al posto del coefficiente teorico si potrà mettere il corrispondente fattore barometrico stagionale.

5. EFFETTI DINAMICI DOVUTI AL VENTO.

Il vento agisce sulla superficie marina producendo (oltre al moto ondoso) uno spostamento di masse acquee. Per effetto di questo trasporto si

ha un ingolfamento di ,acqua nei porti sottovento ed una sottrazione d acqua in quelli sopravvento, per cui il livello marino subisce un innalzamento nel primo caso e un abbassamento nel secondo.

Nell'Adriatico settentrionale due sono i venti che agiscono notevolmente sul livello marino: lo scirocco, da SE, e la bora da ENE.

6. EFFETTO DEI VENTI SCIROCCALI

L'azione di questi venti si sviluppa lungo l'asse longitudinale dell'Adriatico e per tutta la sua lunghezza. Il golfo di Venezia si trova proprio alla sua estremità settentrionale, dove l'effetto dell'ingolfamento è massimo. I venti sciroccali persistenti, anche se moderati, possono produrre innalzamenti notevoli. I seguenti valori indicativi valgono per la zona costiera da Chioggia a Pirano e sono stati determinati eliminando gli effetti della variazione di pressione e quella delle oscillazioni libere dell'Adriatico. Si noti che l'acqua alta che si presenta nell'Adriatico settentrionale è somma di più effetti e non è dovuta solamente allo scirocco.

TAB. 7 - INNALZAMENTO DEL LIVELLO MARINO PER EFFETTO DEI VENTI SCIROCCALI

Velocità dei venti	Innalzamento del livello marino	Ritardo di fase della marea
10 km/ora	20 cm	10 minuti
20 km/ora	30 cm	15 minuti
30 km/ora	40 cm	20 minuti

7. EFFETTO DELLA BORA

La bora è un vento violento, che discende dall'altipiano carsico o sul golfo di Trieste, attraversa tutto il golfo di Venezia e si smorza gradatamente nel

retroterra di Chioggia. Si sviluppa specialmente nel semestre invernale in dipendenza di un gradiente barico tra l'altipiano e l'Adriatico settentrionale.

Nel golfo di Trieste la bora abbassa il livello marino e produce un ritardo di fase nella propagazione della marea. È evidente che una relazione tra questi elementi non può essere determinata con precisione, perché molti sono i fattori variabili che intervengono nel fenomeno. I valori della seguente tabellina sono perciò soltanto indicativi; sono stati ottenuti eliminando l'effetto della pressione atmosferica e quello delle oscillazioni libere dell'Adriatico.

TAB. 8 - ABBASSAMENTO DEL LIVELLO MARINO A TRIESTE PER EFFETTO DELLA BORA

Velocità della bora	Abbassamento del livello marino	Ritardo di fase della marea
20 km/ora	5 cm	5 minuti
30 km/ora	10 cm	10 minuti
40 km/ora	15 cm	20 minuti
50 km/ora	20 cm	30 minuti
60 km/ora	25 cm	35 minuti
80 km/ora	35 cm	40 minuti

TAB. 9 - INNALZAMENTO DEL LIVELLO MARINO A VENEZIA PER EFFETTO DELLA BORA

Velocità della bora	Innalzamento del livello marino	Ritardo di fase della marea
20 km/ora	10 cm	5 minuti
30 km/ora	20 cm	10 minuti
40 km/ora	30 cm	20 minuti

A Venezia la bora produce invece un innalzamento del livello marino. Anche in questo caso non è possibile precisare una relazione tra la velocità della bora e l'innalzamento dell'acqua, perciò i valori della tabella 9 hanno significato soltanto indicativo; sono stati ottenuti dall'esame di una ventina di situazioni tipiche eliminando l'effetto della pressione atmosferica e delle oscillazioni libere del bacino adriatico.

8. EFFETTI DOVUTI AD IMPULSI METEORICI

Il mare Adriatico, come ogni bacino acqueo, è soggetto ad oscillazioni libere, aventi periodi determinati, dipendenti dalla forma del bacino e dal modo col quale l'acqua oscilla.

TAB. 10 - RISULTATI DELLE ANALISI DI QUATTRO CASI DI SESSE ADRIATICHE

Caso esaminato	Sesse determinate		Ampiezza
	Periodo		
26. I - 8. II. 1948	21h	22m	94 cm
	12	11	20 cm
	7	41	12 cm
	4	15	10 cm
3 - 4. VI. 1948	21h	12m	32 cm
	12	12	28 cm
	7	37	9 cm
	4	18	7 cm
18 - 22. X. 1949	21h	30m	11 cm
	12	12	22 cm
	7	36	8 cm
	4	06	6 cm
15 - 17. IV. 1950	21h	00m	20 cm
	12	10	18 cm
	7	20	11 cm
	4	15	10 cm

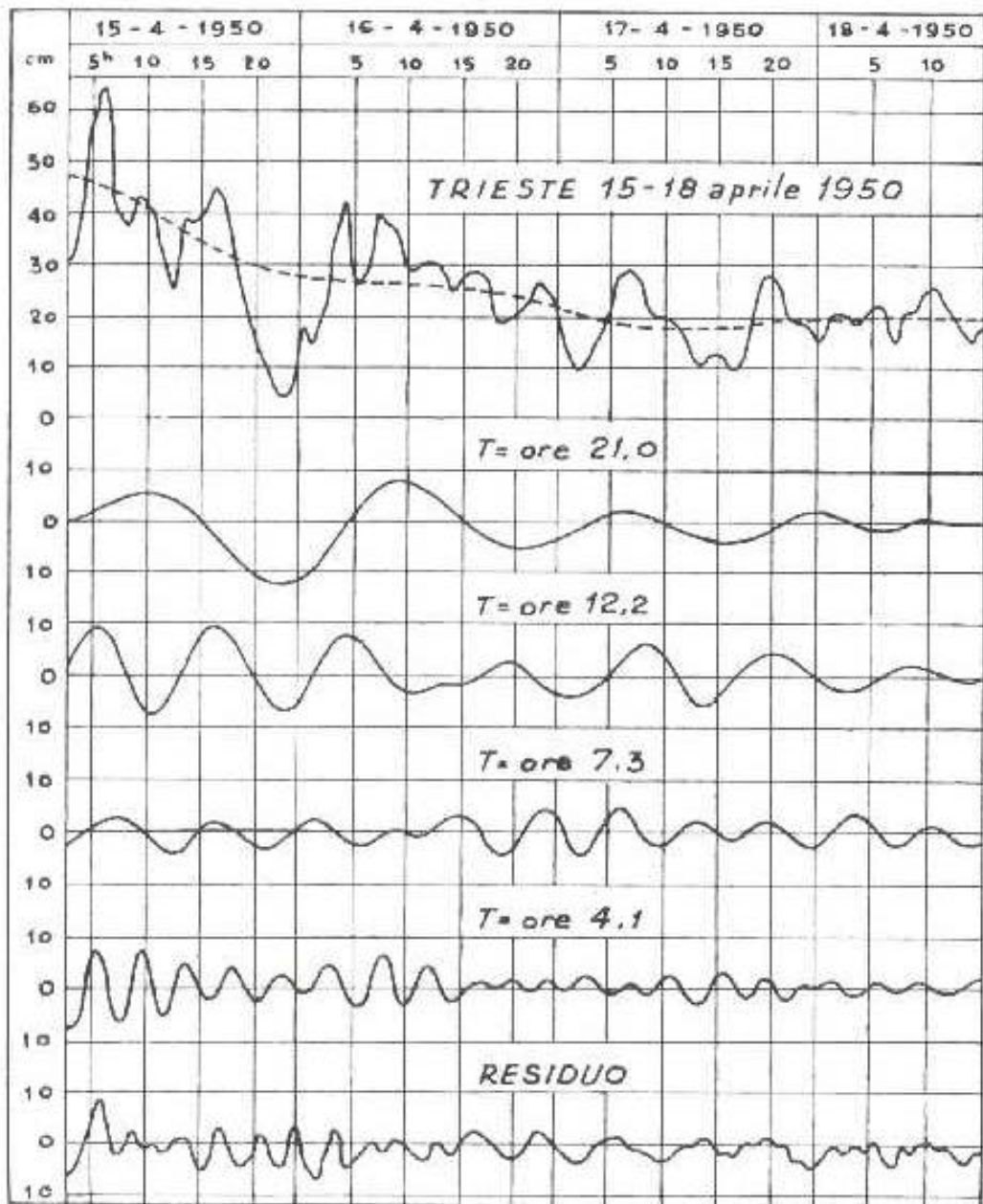


Fig. 1. -Analisi periodale della curva differenza tra marea reale e calcolata, relativa al porto di Trieste, per il periodo 15-18 aprile 1950. (Risultano evidenti tutti i tipi di sesse).

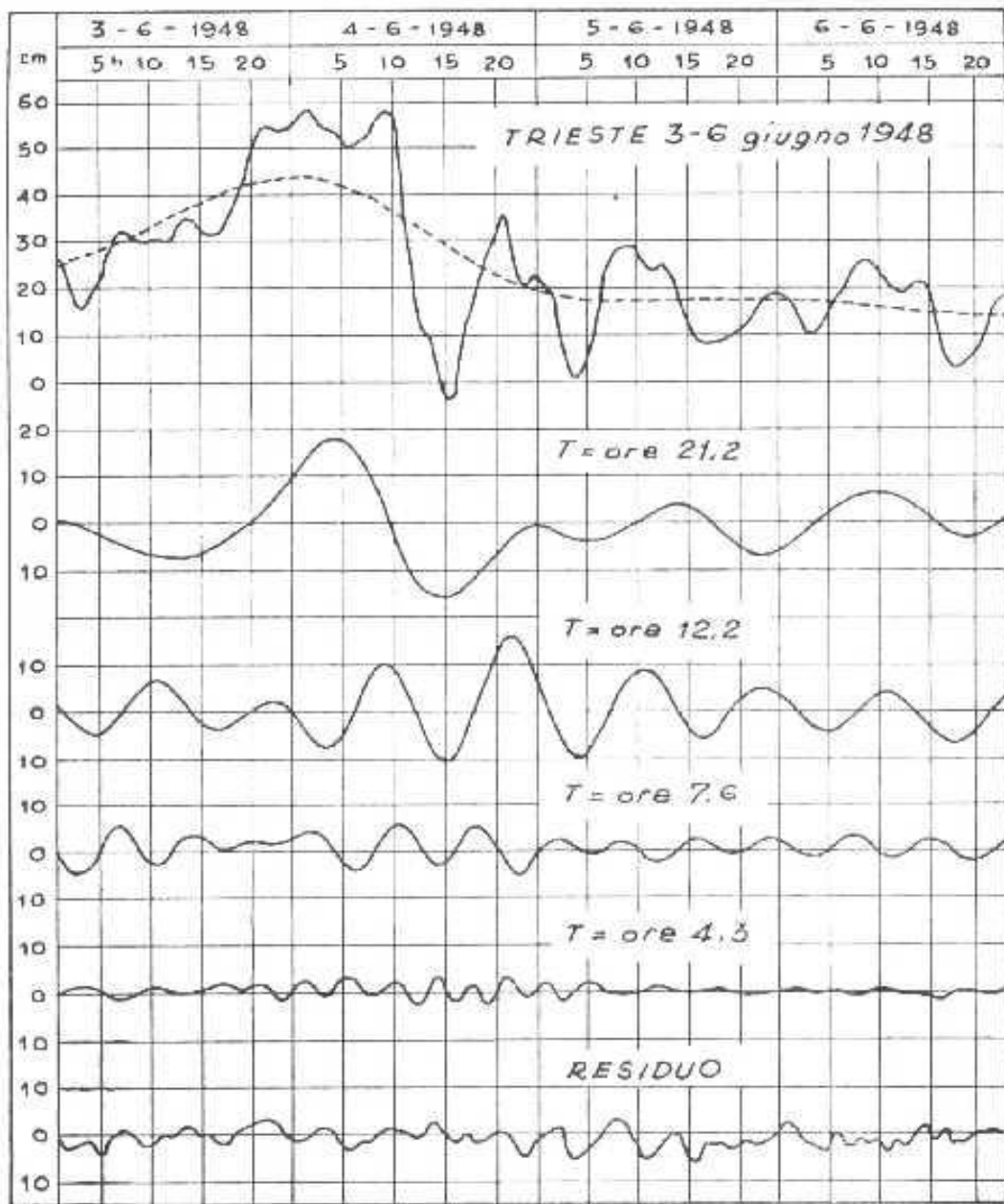


Fig. 2 - Analisi periodale della curva differenza tra marea reale e calcolata, relativa al porto di Trieste per il periodo 3-6 giugno 1948. (Risultano evidenti tutti i tipi di sesse).

Il fenomeno si genera quando una causa generalmente meteorica, produce rapidamente un temporaneo dislivello in una zona del mare. Il ristabilimento dell'equilibrio avviene mediante una successione di oscillazioni che gradualmente si smorzano: queste oscillazioni son dette *sesse*.

Nell'Adriatico le oscillazioni principali avvengono longitudinalmente, cioè il mare oscilla attorno ad una o più linee nodali, trasversali all'asse del bacino.

Per lo studio delle sesse ,sono stati esaminati i mareogrammi di Trieste del triennio 1948-50; risultarono convenienti per l'analisi 4 periodi aventi oscillazioni bene sviluppate; negli altri casi, una ventina, lo sviluppo delle sesse risultò debole, incerto troppo breve, cioè non sufficiente a ricavare elementi sicuri.

Le singole sesse, selezionate mediante l'analisi periodale del Vercelli applicata alla curva ottenuta per differenza tra quella della marea reale e quella teorica, si presentano come oscillazioni quasi-sinusoidali che si smorzano generalmente dopo due o tre oscillazioni. Nella tabella io si presentano i risultati numerici delle analisi. Le due figure annesse rappresentano graficamente due casi di analisi periodale di oscillazioni libere dell'Adriatico. La somma delle curve componenti e della residua dà la curva analizzata, che figura la fluttuazione complessiva del livello marino senza l'oscillazione della marea.

Facendo la media dei periodi di tutte le singole onde di ogni tipo di sessa si ottengono i seguenti periodi medi.

TAB. 11 - PERIODI MEDI DELLE SESSE ANALIZZATE

h.	m.	h.	m.	h.	m.	h.	m.
21	20	12	11	7	34	4	12

Si noti che la sessa di 12h 11m ha un periodo molto prossimo a quello della marea semidiurna, che è di 12h 24m; per cui possono intervenire

fenomeni di risonanza, con effetti esaltanti o deprimenti, che rendono maggiormente difficile una previsione della fluttuazione complessiva.

La scarsa frequenza di sesse notevoli nell'Adriatico dimostra che, per provarle, occorrono particolari condizioni atmosferiche, con azioni intense e concordanti ed agenti specialmente alle estremità del bacino.

Generalmente l'oscillazione è provocata dalla concomitanza di alcune delle seguenti cause elementari, sotto la condizione che il fenomeno avvenga rapidamente o nel periodo di tempo atto a produrre effetti di risonanza: rapida variazione di pressione ad una delle estremità; passaggio di una depressione pure ad una delle estremità; discesa della bora sul golfo di Venezia ; il cessare o il cambiamento di un vento.

9. CONCLUSIONI

L'Adriatico settentrionale, per la sua specifica posizione geografica, subisce in modo notevole gli effetti delle azioni meteoriche che si svolgono sia su di esso che sui mari e terre adiacenti. In modo particolare ne risente il livello marino che, sulle coste da Chioggia a Trieste, può subire in breve tempo forti variazioni, le quali attualmente assumono essenziale importanza nella vita della laguna.

Dall'esame delle diverse cause meteoriche agenti sul livello marino, la più importante, per gli effetti che può produrre,

quella che provoca le sesse. Si noti che l'ampiezza della sessa di 21 ore può raggiungere il metro e quella di 12 ore i 50 cm. Questo fenomeno si presenta poche volte all'anno e più spesso nel semestre invernale, però, se con esso agiscono contemporaneamente anche altre cause meteoriche, il sollevamento del livello marino può raggiungere valori di 150-180 cm sopra il livello medio, per cui nelle condizioni attuali della laguna avvengono sommersioni di terreni e di suolo abitato. Questo fenomeno si è aggravato in tempi recenti per il graduale aumento del livello di tutti i mari e per il progressivo sprofondamento delle terre lagunari venete.

Il problema dell'acqua alta a Venezia è duplice: a breve scadenza, per quanto riguarda la previsione del fenomeno, e la sua soluzione dipenderà dalla conoscenza e dalla previsione delle cause meteoriche che determinano soprattutto le sesse: a scadenza più lunga per quanto riguarda il progressivo abbassamento del suolo lagunare rispetto al livello marino, e ciò dipenderà

non tanto dalla conoscenza del fenomeno, già sufficientemente determinato, quanto dalla scelta della soluzione migliore e dalla possibilità di realizzarla.

BIBLIOGRAFIA

- POLLI S., *Il graditale aumento del livello del mare a Venezia, Trieste e Pola*. « Geofisica pura e appl. », IX, 1-2, 1946, Genova.
- *Il graduale aumento del livello marino determinato per 30 porti del mare Mediterraneo*. « Boll. Soc. Adr. Sc. Nat. », XLII, 1946, Trieste.
 - *Livello medio del mare nella livellazione di precisione*. « Boll. Soc. Adr. Sc. Nat. » , XLII, 1946, Trieste.
 - *Analisi Periodale delle serie dei livelli marini di Trieste e Venezia*. « Geofisica pura e appl. », X, 1-2, 1947
 - *Gli attuali movimenti verticali delle coste italiane*. « *Tecnica Italiana* », N. S., 11, 4, 1947.
 - *Registrazione dei bradisismi costieri*. « *Geofisica pura e appl* » XII 3-4, 1948.
 - *Il progressivo aumento del livello del mare Mediterraneo*. « *Arch. di Oceanogr. e Limnol.* », IV, 1-3, Mem. CCCX del Comit. Talassogr. It., 1947
 - *Misure dei lenti movimenti verticali della superficie terrestre*. « *Annali di Geofisica* », V, 3, 1952.
 - *Gli attuali movimenti verticali, delle coste continentali*. « *Annali di Geofisica* », V, 4, 1952, Roma.
 - *IL graduale aumento del livello del mare lungo le coste italiane*. « *Geofisica pura e appl.* », 25, 1953, Milano. Comunic. presentata il 10 aprile 1953 alla prima Assemblea Gen. della Soc. It. di Geofisica e Meteorologia, 1953, Genova.
 - *L'attuale aumento del livello del mare lungo le coste del Mediterraneo*. « *Geofisica e Meteorologia* », 2, 1-2, 1954, Genova.
 - *Il livello del mare quale riferimento altimetrico*. « *Annali di Geofisica* », X, 1-2 (gene.-aprile) 1957.
 - *Le sesse (seiches) dell'Adriatico*. « *Annali di Geofisica* », XI, 1, 1958.
 - *Variazioni del livello marino con la Pressione atmosferica nei porti di Trieste e Venezia*. « *Geofisica e Meteorologia* », Boll. della Soc. It. di Geofisica e Meteorologia, VIII, 3-4, 1960, Genova.
 - *Sui periodi delle oscillazioni libere dell'Adriatico*. « *Atti del X convegno dell'Ass. Geofisica Italiana* », 18-19, novembre 1960, Roma.
 - *L'attuale fase di sommersione della Laguna di Venezia*. « *Atti del X Convegno dell'Ass. Geofisica It.* », 18-19 novembre 1960, Roma.
 - *Sul fenomeno dell'acqua alta nell'Adriatico Settentrionale*. « *Rapp. prelim. della Comm. di studio per la conserv. della laguna di Venezia, Ist. Veneto di sc. lett. ed arti* », I, 1961.

- La propagazione della, marea nel golfo di Venezia* « Rapp. prelim. della Comm. di studio per la conserv. della laguna di Venezia», Ist. Veneto di sc. lett. ed arti, 1, 1961.
- Il progressivo aumento del livello marino lungo le coste del Mediterraneo.* «Rapp. et procès-verbaux des réunions de la Comm. Intern. pour l'Exploration scient. de la Mer Méditer.», XVI, 3, 1961, Monaco

DISCUSSIONE

PRESIDENTE: Ringrazio il Prof. Polli per la sua interessante relazione e apro la discussione.

BOSSOLASCO: Io mi permetto fare tre considerazioni. La prima riguarda il calcolo della tabella 4. Tutti sanno che in meteorologia si riduce la pressione al livello del mare, altrimenti non si può capire niente in una carta meteorologica. Io penso che per dare significato a quei numeri, bisogna ancora fare un'ulteriore correzione, e cioè ridurre tutti quei valori come se la pressione fosse, durante tutti gli anni considerati, rimasta lì, stessa. Altrimenti non possiamo stabilire confronti esaurienti: faccio un esempio.

Quest'anno abbiamo avuto un lungo periodo anticiclonico, ossia con alta pressione. Questo regime anticiclonico è perdurato da giugno fino quasi a ottobre. Io non conosco i prossimi mesi non so se ci sarà un compenso, ma per quest'anno è facile prevedere che la media della pressione atmosferica sarà maggiore di quella dell'anno passato.

Il Prof. Polli ha ricordato giustamente all'inizio che ad ogni millimetro di mercurio corrispondono 13,2 mm di acqua. Ora se la media della pressione di quest'anno è per esempio di 5 mm più alta, noi abbiamo 66 mm di abbassamento, ossia il livello medio del mare sarà più basso di 6,6 cm per effetto di questo aumento di pressione. Pertanto se noi vogliamo dare ai numeri un significato preciso, dobbiamo ridurre tutti gli anni alla pressione di 760. Allora avremo dei numeri confrontabili fra di loro.

Ora se ad esempio per un decennio su tutta la terra quella attuale fosse la condizione media, potrebbe accadere che nell'Adriatico per dieci anni si avesse un afflusso di formazioni cicloniche molto forti rispetto tutto il decennio precedente: si avrebbe allora un effetto prevalentemente barico sul livello marino. Io dico cioè che per dare un significato al livello medio marino, noi dobbiamo ridurre tutti questi valori del livello medio marino alla stessa pressione atmosferica. Cioè se per esempio noi abbiamo avuto la media a Venezia di 754, dobbiamo togliere l'equivalente di questa differenza (6 mm Hg) e allora avremo un livello come se la pressione fosse rimasta a 760. Quindi solo fatta questa operazione, io credo che si possano, confrontare tra di loro i dati.

Questa è la prima osservazione.

La seconda osservazione è meno importante, perchè riguarda semplicemente la causa di queste oscillazioni e siccome non siamo in un Convegno dove si discutono le cause di questi fenomeni, non mi dilungo molto. Dico semplicemente che il Prof. Polli ha parlato di temperatura della terra.

Ora la considerazione che volevo fare è questa. La temperatura dell'aria ha cambiato soprattutto dal 1930 in poi in Europa.

Risulta per esempio dalle medie dell'Europa Centrale, dai dati del Servizio Meteorologico Tedesco, ecc. che dopo il 1930 si è avuto un forte aumento della temperatura media; in particolare allo Spitzberg nel ventennio 1920-40 vi è stato un aumento della temperatura media invernale di ben 17 gradi.

Posso dare le citazioni bibliografiche necessarie: in particolare una Nota del Prof. L. N-Veikmann apparsa verso il 1940. Comunque il fatto citato ha determinato la possibilità di comunicazione con lo Spitzberg anche nei mesi adiacenti all'inverno mentre prima il mare era ivi tutto coperto dai ghiacci. Comunque questo è un dettaglio di secondo ordine. L'altro dettaglio meno importante è la spiegazione con la glaciazione delle variazioni del livello. Il Prof. Tonini forse e altri qui sapranno meglio di me che le glaciazioni hanno dei cicli. Fino al 1920 noi abbiamo avuto nelle Alpi un aumento dei ghiacciai; era una fluttuazione.

POLLI: Giustissimo, è come dicevo io. Abbiamo fluttuazioni, che però complessivamente, cioè negli ultimi millenni, corrispondono ad un aumento generale della temperatura, con conseguente fusione dei ghiacci ed aumento dei livelli di tutti i mari.

BOSSOLASCO: Allora io chiudo con la terza osservazione. Il Prof. Polli ha ricordato che io stamattina avevo accennato al problema dell'importanza relativa del vento e della pressione. Ora naturalmente io alludevo alla causa prima, e la causa prima in generale è sempre la pressione. Il vento viene poi come conseguenza e del resto si chiama appunto vento di gradiente.

POLLI: Per quanto riguarda questo ultimo caso è chiaro, vero, che io parlavo direttamente dell'effetto, Lei parlava della causa. Dunque ci siamo intesi.

BOSSOLASCO: La temperatura dell'aria: fornirò io i dati, di modo che lei potrà controllare.

POLLI: Non credo che i dati di una località o anche regione possano essere determinanti rispetto ai dati di tutta la Terra.

Ho da rispondere ancora alla prima considerazione fatta dal Prof. Bossolasco e riguardante la riduzione dei livelli medi marini alla stessa pressione atmosferica.

Il livello medio dipende oltre che dalla, pressione atmosferica anche dal vento, dalle precipitazioni, dai deflussi, dalla evaporazione. Si dovrebbero pertanto correggere i livelli medi anche per le variazioni di questi elementi. Tale lavoro trascende le attuali possibilità di ricerca, perchè le stazioni mareografiche (e ne sono state esaminate oltre cento, situate lungo tutte le coste continentali) generalmente non dispongono di questi dati.

Ed è proprio per eliminare o per ridurre al minimo tali correzioni che nella elaborazione delle misure sono stati considerati i valori medi decennali. Nel caso della pressione atmosferica la variazione tra queste medie è di qualche decimo di millibar. Anche applicando le corrispondenti correzioni l'andamento generale del fenomeno indicato nelle tabelle non cambierebbe, nè qualitativamente e neanche quantitativamente.

I valori presentati sono stati ricavati da misure dirette, di preciso significato, e il metodo di elaborazione (semplice anche se lungo) è stato chiaramente indicato. Con questi dati e con questo procedimento ho ottenuto questi risultati. Essi sono, per i vari motivi che ho precisato nel testo, solamente indicativi, potranno essere eventualmente anche corretti, in senso relativo, ma ciò non altererà la sostanza dei risultati.

CHARNOCK: May I ask Prof. Polli what he had in mind when he talked about an impulse ? The generation of seiches by impulse. I don't quite understand what he means by impulse.

POLLI: Impulso è una rapida azione. Impulso del vento o della pressione atmosferica è un rapido aumento della velocità del vento o della pressione.

PRESIDENTE: Ringrazio il Prof. Polli e do la parola all'Ing. Dorigo che riferirà sulla relazione del Prof. Caloi dell'Istituto Nazionale di Geofisica che non ha potuto intervenire personalmente.