

LE MAREE

NEI PORTI DI NAPOLI E CIVITAVECCHIA

SILVIO POLLI

1. *Premesse.* — Le costanti armoniche delle maree dei porti di Napoli e di Civitavecchia furono calcolate la prima volta dal Prof. Robert Sterneek applicando il metodo di G. H. Darwin ad un intervallo di 6 mesi per ciascuna stazione. Per Napoli il semestre analizzato comprendeva il periodo 1.8.1914-1.2.1915, per Civitavecchia 1.1.1900-1.7.1900. Nelle due stazioni il mareografo aveva un rapporto di riduzione 1:6,67 ed uno scorrimento della carta di 10 mm per ora. Il calcolo fu eseguito per le sette componenti principali e da allora non è stato più ripetuto. Presentiamo i valori determinati dallo Sterneek, dove H è la semiampiezza in cm e g la situazione adattata in gradi.

STAZIONE	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1
Napoli	H	11,0	4,0	1,9	1,0	2,6	0,8	1,2
	g	268	283	246	298	217	128	225
Civitavecchia	H	11,1	4,3	2,3	1,4	2,9	1,5	0,7
	g	262	290	241	259	211	112	182

Le costanti armoniche delle maree di un dato sito non si mantengono rigorosamente costanti col tempo, ma variano in funzione delle condizioni spaziali e fisiche della massa acquea interessata. Alla lenta variazione secolare, dovuta al progressivo modificarsi dello stato della crosta terrestre e delle condizioni climatiche, si sovrappongono la variazione stagionale, periodica, e quelle accidentali, irregolari.

Ne risultano, da questo punto di vista, due evidenti conseguenze che occorre prendere in considerazione nel calcolo e nell'uso delle co-

stanti armoniche: la determinazione stessa dovrebbe essere eseguita da almeno un anno di registrazioni e dovrebbe essere ripetuta ad intervalli di almeno 10 anni. Queste variazioni nei valori delle costanti, se per la loro esiguità non presentano per ora un notevole interesse pratico, assumono invece grande importanza nei campi della geofisica, interessando esse problemi di carattere generale a lunga scadenza. Infatti, una variazione delle costanti armoniche determinata dopo un dato numero di anni denoterà un'alterazione o nello spazio o nella massa acquea e, data la grande sensibilità di queste misurazioni, la variazione potrà esser messa in evidenza e precisata anche nel caso che il fenomeno alterativo sia di entità molto lieve, tanto lieve da non poter essere rilevato con altri procedimenti.

Tenendo presente l'epoca alla quale si riferiscono le costanti calcolate dallo Sterneck, l'intervallo da lui analizzato, il numero dei valori determinati, le caratteristiche strumentali e le considerazioni ora esposte sul valore relativo delle costanti, si è ritenuto opportuno di eseguire un nuovo calcolo estendendolo ad un intervallo di più anni, ad un numero maggiore di costanti e usando registrazioni provenienti da mareografi di maggiore precisione.

L'occasione di questa iniziativa è stata data dalla ricostruzione delle stazioni mareografiche da parte del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, che ha messo a mia disposizione tutti i mareogrammi originali, e dalla collaborazione del Centro Studi Talassografici del Consiglio Nazionale delle Ricerche dal quale ho avuto l'aiuto di un calcolatore, il Signor Mario Tomicich, e l'uso di due macchine calcolatrici. Ringrazio il Presidente e il Direttore dei due Enti per il premuroso e comprensivo interessamento dimostrato per queste ricerche.

2. *Le stazioni mareografiche. — Napoli.* — La stazione mareografica è situata nell'interno del porto, nell'angolo SE del bacino Principe di Piemonte, nel gomito del Molo a Martello. La marea vi perviene dal largo attraverso le due Bocche di Ponente e di Levante e gli avamposti corrispondenti. La profondità dell'avamposto di Ponente varia verso l'interno da 25 m ai 10 m, quella dell'avamposto di Levante dai 15 m ai 10 m. In prossimità del Molo a Martello la profondità diminuisce sino agli 7-8 m.

Le coordinate geografiche della stazione sono:

latitudine: $40^{\circ}50'23''$ N.,

longitudine: $14^{\circ}16'10''$ E. Greenwich.

Essa è stata ricostruita nel 1950 per opera del Servizio Tecnico Centrale dei Lavori Pubblici ed è dotata di un nuovo mareografo M. 450 a cilindri orizzontali, costruito dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia. Il rapporto di riduzione è 1 : 5, l'avanzamento alla carta è di 15 mm per ora. La vecchia stazione è stata completamente distrutta per eventi bellici durante l'ultima guerra. Lo stesso Servizio Tecnico cura il funzionamento della sistemazione, provvede al calcolo mensile dei livelli medi e conserva i mareogrammi nel proprio archivio a Roma.

La curva di marea si presenta generalmente disturbata dalle numerose sesse (oscillazioni proprie) dei singoli bacini che compongono il porto e da quelle dei bacini tirrenici adiacenti. Per la lettura delle altezze orarie necessarie per l'analisi armonica basta perequare il tracciato della marea mediante semplice lisciamento grafico.

Civitavecchia. — La stazione mareografica è situata all'estremo Nord della Darsena Romana nell'interno del porto di Civitavecchia. La marea vi perviene attraverso l'avamposto e il breve canale di comunicazione tra il porto interno e la Darsena Romana. Le coordinate geografiche della stazione sono:

latitudine: $42^{\circ}05'38''$ N.,

longitudine: $11^{\circ}47'15''$ E. Greenwich.

Anche questa stazione ha avuto sorte analoga a quella di Napoli. È stata ricostruita nel 1950 e dotata di un mareografo dello stesso tipo di quello precedentemente descritto.

Il mareogramma risulta lievemente disturbato dalla sovrapposizione di sesse corrispondenti ai bacini del porto ed a quelli più vasti del mare esterno. Occorre eseguire, anche in questo caso, un preventivo lisciamento grafico del diagramma.

3. *Metodo di calcolo.* — Per uno studio generale sulla variazione mensile e stagionale delle costanti armoniche occorre determinare i loro valori secondo periodi mensili di registrazioni. E ciò è stato fatto ultimamente per diversi porti italiani (Imperia, Livorno, Chioggia, Venezia e Trieste). Allo scopo di raccogliere ulteriore materiale per tali ricerche, le costanti armoniche dei due porti considerati in questa nota, sono state calcolate separatamente per ciascun mese.

Il metodo più conveniente per questo procedimento frazionato di analisi è quello elaborato da A. T. Doodson per una successione conti-

nua di valori orari estesa a 696 ore (29 giorni) e adottato dall'Ammiragliato inglese per l'analisi delle maree dei porti da esso dipendenti. L'applicazione pratica del procedimento è indicato nelle «The Admiralty Tides Tables, Part. III». Furono analizzati gli intervalli che vanno dalle ore 0 del giorno 1 alle ore 23 del giorno 29 di ciascun mese degli anni considerati. Il calcolo separato per ciascun periodo di 29 giorni è conveniente anche per il controllo della omogeneità e regolarità della serie mensile esaminata e quale controllo di calcolo per le singole costanti. Infatti, scostamenti forti dal valore medio (per le componenti di notevole ampiezza) sono dovuti o ad errori di calcolo o ad irregolarità nel funzionamento dello strumento. Quali costanti armoniche del sito esaminato si considerano le medie aritmetiche dei valori corrispondenti dei 12 gruppi mensili. Il tempo adottato, è quello medio dell'Europa Centrale (T.M.E.C. = T. Greenwich + 1 h).

Per ogni valore medio annuo delle costanti armoniche è stato pure determinato l'errore medio

$$m = \pm \sqrt{\frac{\sum s^2}{n-1}}$$

Le *semiampiezze* H sono date in cm. Le *situazione adattata* g e *locale* κ , sono espresse in gradi sessagesimali. Fuso orario = -1 ora, $A^h = 1$.

Per indicare le *semiampiezze* e le *situazioni* di un'onda parziale metteremo i simboli H , κ , g , davanti a quelli delle onde componenti considerate. Così per es. HK_1 indicherà la semiampiezza dell'onda parziale K_1 .

Le costanti H e g per le onde K_2 e P_1 si dedussero dalle componenti S_2 e K_2 mediante i rapporti: $HK_2 = 0,27 HS_2$; $HP_1 = 0,33 HK_1$; $gK_2 = gS_2$; $gP_1 = gK_1$.

La *situazione locale* κ si ottenne da quella *adattata* g mediante la relazione:

$$\kappa = g + (p \lambda^\circ - n^\circ A^h),$$

dove: p = suffisso dell'onda, λ° = longitudine da Greenwich, n° = velocità oraria dell'onda, A^h = longitudine in ore del meridiano sul quale è regolato l'orologio.

Dalle *costanti armoniche* si calcolarono quelle *non armoniche* mediante le seguenti formule:

Età della marea semidiurna in giorni:

$$\eta = \frac{\kappa S_2 - \kappa M_2}{24^{0,4}}$$

Stabilimento medio del porto o intervallo medio delle alte maree (ingl. *mean high water interval*):

$$I M A M (M H W I) = \frac{\varkappa M_2}{29}$$

Tenendo conto della sovramarca M_1 di M_2 :

$$I M A M (M H W I) = \frac{\varkappa M_2}{29} \mp \frac{1}{29} \operatorname{arctg} \frac{2 H M_1 \operatorname{sen} (2 \varkappa M_2 - \varkappa M_1)}{H M_2}$$

dove il segno — vale per le alte maree e quello + per le basse.

Stabilimento volgare del porto o intervallo sizigiale dell'alta marea (ingl. *high water full and change*):

$$I S A M (H W F \& C) = \frac{\varkappa M_2}{29} - \frac{1}{30} \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{sen} (\varkappa M_2 - \varkappa S_2)}{H M_2 + \cos (\varkappa M_2 - \varkappa S_2)}$$

Altezza del livello medio o distlivello tra il piano di riduzione degli scandagli e il livello medio del mare o semplicemente *livello medio della carta* (ingl. *mean level ML*): Napoli e Civitavecchia $ML = 21$ cm.

Media altezza delle alte maree sizigiali, MAMS (ingl. *mean high water neap, MHWN*): contata dal livello medio = $HM_2 + HS_2$; contata dal piano di riduzione degli scandagli = $ML + HM_2 + HS_2$.

Media altezza delle alte maree alle quadrature, MAMQ (ingl. *mean high water neap, MHWN*): contata dal livello medio = $HM_2 - HS_2$; contata dal piano di riduzione degli scandagli: $ML + HM_2 - HS_2$.

Il massimo innalzamento possibile dell'alta marea e la depressione massima della bassa marea rispetto al livello medio del mare sono considerati quale somme delle altezze delle nove componenti.

4. *Le costanti armoniche e non armoniche delle maree. — Napoli.* — Le tabelle 1-4 presentano i valori mensili, stagionali e annui delle 9 costanti armoniche per ciascuno degli anni 1951-1954. Le semiampiezze H sono date in cm, le situazioni in gradi sessagesimali. I livelli mensili A_0 , in cm, sono riferiti sempre ad uno stesso piano base e pertanto sono confrontabili fra di loro. La loro conoscenza è sempre necessaria in quanto essi costituiscono una delle variabili da cui dipende il valore delle costanti armoniche. Queste sono riportate singolarmente per ogni mese del quadriennio per aver la possibilità di ricercare le relazioni

tra il loro andamento e quello meteorico-climatico. Per lo stesso scopo sono stati determinati i singoli valori stagionali.

Per meglio definire i valori annui delle costanti, queste sono state completate con il corrispondente valore dell'errore medio. Occorre però osservare che nella sua determinazione, in questo caso, intervengono anche gli scostamenti dovuti alle variazioni stagionali, per cui il concetto di errore va preso in senso molto largo in quanto l'errore proprio dovuto alle misure risulta molto inferiore a quello indicato.

La tabella 5 presenta i valori medi dedotti dai quattro anni analizzati, essi sono perciò da considerarsi come i valori normali attuali delle costanti armoniche delle maree del porto di Napoli.

La tabella 6 dà i valori delle costanti non armoniche ricavati da quelli delle armoniche mediante le formule indicate al n. 2. Non si danno i valori mensili in quanto essi hanno lo stesso andamento delle costanti armoniche. Occorrendo detti valori, essi si possono facilmente ottenere dai valori mensili delle costanti armoniche.

Le maree risultano di tipo prevalentemente semidiurno, in vicinanza alle quadrature assumono andamento diurno. Il rapporto (HK_1 a HS_2) = 0,24 è minore di 0,25, pertanto secondo il criterio di Van der Stok, le maree appartengono al tipo semidiurno.

Diamo i valori dei rapporti tra le semiampiezze delle singole componenti e quella della componente lunare semidiurna principale, mentre fra parentesi sono dati i corrispondenti valori teorici:

$$HS_2 : HM_2 = 0,38 \text{ (valore teorico} = 0,47)$$

$$HN_2 : HM_2 = 0,21 \text{ (} \quad \text{»} \quad \text{»} = 0,19)$$

$$HK_2 : HM_2 = 0,11 \text{ (} \quad \text{»} \quad \text{»} = 0,13)$$

$$HK_1 : HM_2 = 0,25 \text{ (} \quad \text{»} \quad \text{»} = 0,40)$$

$$HO_1 : HM_2 = 0,08 \text{ (} \quad \text{»} \quad \text{»} = 0,12)$$

$$HP_1 : HM_2 = 0,19 \text{ (} \quad \text{»} \quad \text{»} = 0,19)$$

Si noti che l'onda lunisolare declinazionale diurna K_1 risulta al terzo posto per ampiezza, dopo la M_2 e la S_2 ; mentre invece nei porti da Livorno a Marsiglia la stessa onda risulta subito dopo la M_2 , spostando la S_2 dal secondo al terzo posto. Da ciò consegue il maggior carattere di semidiurnicità della marea di Napoli e, come si vedrà, anche di Civitavecchia.

Civitavecchia. — Le tabelle 7-9 presentano i valori mensili, stagionali ed annui delle nove costanti armoniche per gli anni 1952-1954. Per la comprensione della tabella vale quanto si è detto per la stazione di Napoli.

La tabella 10 dà i valori medi triennali delle costanti armoniche, essi sono perciò da considerarsi come i valori attuali delle costanti armoniche delle maree del porto di Civitavecchia.

La tabella 11 dà i corrispondenti valori medi annui e triennali delle costanti non armoniche. Quelli mensili si possono ricavare dai valori delle costanti armoniche come è stato precedentemente indicato.

Il rapporto $(HK_1 + HO_1) : (HM_2 + HS_2) = 0,26$; esso è compreso tra i valori 0,25 e 1,25; la marea è ancora del tipo misto, ma il valore del rapporto è al limite. Effettivamente, come per Napoli, le maree sono prevalentemente semidiurne, solo in vicinanza alle quadrature assumono andamento diurno.

I valori dei rapporti tra le semiampiezze delle singole componenti e quelle della M_2 sono i seguenti:

$$HS_2 : HM_2 = 0,37 \text{ (valore teorico} = 0,47)$$

$$HN_2 : HM_2 = 0,22 \text{ (} \text{ » } \text{ » } = 0,19)$$

$$HK_2 : HM_2 = 0,10 \text{ (} \text{ » } \text{ » } = 0,13)$$

$$HK_1 : HM_2 = 0,25 \text{ (} \text{ » } \text{ » } = 0,40)$$

$$HO_1 : HM_2 = 0,10 \text{ (} \text{ » } \text{ » } = 0,12)$$

$$HP_1 : HM_2 = 0,08 \text{ (} \text{ » } \text{ » } = 0,19)$$

Per la componente K_1 , valgono osservazioni analoghe a quelle fatte per il porto di Napoli. La sua posizione al terzo posto, subito seguita, per ampiezza, dalla componente N_2 , conferisce alle maree di Civitavecchia caratteri prevalenti di semidiurnicità.

Trieste — Istituto Sperimentale Talassografico. — Novembre 1955.

COSTANTI ARMONICHE DI NAPOLI

Valori mensili, medie annue e stagionali

1951	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_1	MS_4	A_0
Gennaio	H	11,0	4,4	2,0	1,2	3,6	1,3	1,2	0,4	0,1	32,6
Febbraio	»	11,4	4,0	1,9	1,1	3,8	0,9	1,3	0,3	0,2	32,3
Marzo	»	11,6	4,2	2,1	1,1	3,1	1,4	1,0	0,5	0,2	30,9
Aprile	»	11,2	4,4	2,6	1,2	2,8	1,4	1,0	0,2	0,3	20,5
Maggio	»	11,4	4,5	2,0	1,2	2,1	1,0	0,7	0,3	0,2	26,6
Giugno	»	11,2	4,3	1,9	1,2	2,3	1,5	0,8	0,2	0,4	24,0
Luglio	»	10,8	4,8	2,6	1,3	2,2	0,8	0,7	0,4	0,2	20,5
Agosto	»	11,1	4,4	2,3	1,2	2,4	0,9	0,8	0,3	0,3	20,8
Settembre	»	10,8	4,0	2,1	1,1	2,6	0,8	0,9	0,4	0,1	31,5
Ottobre	»	10,8	4,1	1,7	1,1	2,4	0,5	0,8	0,5	0,3	31,8
Novembre	»	10,7	4,2	2,3	1,1	2,7	1,4	0,9	0,4	0,1	39,2
Dicembre	»	10,8	4,3	2,2	1,2	2,9	0,5	1,0	0,5	0,4	23,7
Media	H	11,1 ± 0,3	4,3 0,2	2,1 0,3	1,2 0,1	2,7 0,5	1,0 0,4	0,9 0,2	0,4 0,1	0,2 0,1	27,9
Gennaio	g	266	290	250	290	210	137	210	208	248	32,6
Febbraio	»	268	287	250	287	215	143	215	222	267	32,3
Marzo	»	266	285	254	285	225	148	225	208	265	30,9
Aprile	»	264	285	251	285	218	124	218	224	276	20,5
Maggio	»	272	288	248	288	215	133	215	226	291	26,6
Giugno	»	269	291	257	291	220	124	220	236	294	24,0
Luglio	»	267	288	247	288	222	113	222	212	253	20,5
Agosto	»	268	292	256	292	217	122	217	229	310	20,8
Settembre	»	270	290	244	290	214	125	214	197	300	31,5
Ottobre	»	267	286	240	286	218	137	218	194	247	31,8
Novembre	»	268	283	254	283	211	110	211	181	315	39,2
Dicembre	»	270	288	255	288	216	128	216	178	289	23,7
Media	g	268 ± 2	288 3	251 5	288 3	217 4	129 11	217 4	210 19	280 8	27,9
Media	x	268	286	251	286	216	129	216	209	278	27,9
Inverno	H	11,1	4,2	2,0	1,2	3,4	0,9	1,2	0,4	0,2	29,5
Primavera	»	11,4	4,4	2,2	1,2	2,3	1,3	0,9	0,3	0,2	26,0
Estate	»	11,0	4,5	2,3	1,2	2,3	0,7	0,8	0,3	0,3	21,8
Autunno	»	10,8	4,1	2,0	1,1	2,6	0,9	0,9	0,4	0,2	34,2
Inverno	g	268	288	252	288	214	136	214	203	268	29,5
Primavera	»	267	286	251	286	219	135	219	219	277	26,0
Estate	»	268	290	253	290	220	120	220	226	286	21,8
Autunno	»	268	286	246	286	214	124	214	191	287	34,2

TAB. 2

COSTANTI ARMONICHE DI NAPOLI

Valori mensili, medie annue e stagionali

1952	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_0
Gennaio	H	11,1	4,6	2,5	1,2	0,5	0,8	1,2	0,4	0,2	24,4
Febbraio	»	11,2	4,3	2,4	1,2	3,8	1,5	1,4	0,4	0,3	19,9
Marzo	»	11,0	4,3	2,3	1,2	3,6	1,0	1,2	0,4	0,2	17,7
Aprile	»	10,8	4,1	2,3	1,1	2,7	1,3	0,9	0,3	0,3	24,2
Maggio	»	11,0	4,2	2,6	1,1	2,3	0,7	0,8	0,4	0,3	27,9
Giugno	»	11,1	4,8	2,0	1,3	2,3	0,7	0,8	0,4	0,4	25,9
Luglio	»	10,6	4,7	2,5	1,3	2,5	0,9	0,8	0,5	0,3	28,0
Agosto	»	10,9	4,3	2,5	1,2	2,7	0,9	0,9	0,4	0,2	27,3
Settembre	»	11,3	4,3	2,2	1,2	2,4	1,0	0,8	0,5	0,2	30,3
Ottobre	»	11,2	4,3	2,5	1,1	2,7	1,1	0,9	0,4	0,2	31,1
Novembre	»	11,3	4,1	2,0	1,1	2,8	0,7	0,9	0,3	0,2	35,9
Dicembre	»	11,1	4,5	2,1	1,2	2,7	0,6	0,9	0,2	0,4	39,6
Media	H	11,1 ± 0,2	4,4 0,2	2,3 0,2	1,2 0,1	2,8 0,5	0,9 0,3	1,0 0,2	0,4 0,1	0,3 0,1	27,7
Gennaio	g	271	290	259	290	208	113	208	232	290	24,4
Febbraio	»	270	289	253	289	212	132	212	200	240	19,9
Marzo	»	268	285	248	285	225	137	225	214	248	17,7
Aprile	»	269	292	259	292	222	122	222	193	262	24,2
Maggio	»	273	287	253	287	220	159	220	218	280	27,9
Giugno	»	271	291	251	291	217	142	217	224	238	25,9
Luglio	»	269	294	258	294	219	157	219	229	269	28,0
Agosto	»	269	286	261	286	219	139	219	198	244	27,3
Settembre	»	267	286	248	286	222	121	222	232	245	30,3
Ottobre	»	268	287	254	287	215	153	215	222	248	31,1
Novembre	»	268	290	255	290	212	135	212	186	281	35,9
Dicembre	»	268	285	254	285	208	110	208	180	290	39,6
Media	g	269 ± 2	289 3	254 4	289 3	217 6	135 16	217 6	211 18	261 20	27,7
Media	x	269	287	255	287	216	135	216	210	260	27,7
Inverno	H	11,1	4,5	2,3	1,2	3,3	1,0	1,2	0,3	0,3	27,9
Primavera	»	10,9	4,2	2,3	1,1	2,9	1,0	1,0	0,4	0,3	23,3
Estate	»	10,9	4,6	2,4	1,3	2,5	0,8	0,8	0,4	0,3	27,1
Autunno	»	11,3	4,2	2,4	1,1	2,6	1,0	0,9	0,4	0,2	32,4
Inverno	g	270	288	255	288	209	118	209	204	270	27,9
Primavera	»	270	288	253	288	222	139	222	208	263	23,3
Estate	»	270	290	256	290	218	146	218	217	257	27,1
Autunno	»	268	288	252	288	216	136	216	213	258	32,4

COSTANTI ARMONICHE DI NAPOLI

Valori mensili, medie annue e stagionali

1953	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_0
Gennaio	<i>H</i>	10,7	4,3	2,5	1,2	3,4	1,1	1,1	0,4	0,1	35,3
Febbraio	»	11,2	4,2	2,4	1,1	3,6	0,7	1,2	0,5	0,3	28,9
Marzo	»	10,7	3,9	2,2	1,1	3,3	1,1	1,1	0,5	0,2	6,5
Aprile	»	11,5	4,4	2,6	1,2	2,5	1,1	0,8	0,4	0,2	23,2
Maggio	»	10,5	4,2	2,7	1,1	2,5	1,1	0,8	0,4	0,3	23,8
Giugno	»	11,0	4,4	2,8	1,2	2,3	0,9	0,8	0,3	0,3	32,5
Luglio	»	11,1	4,5	2,4	1,2	2,7	0,8	0,9	0,4	0,1	21,5
Agosto	»	11,2	4,0	2,3	1,1	2,9	0,7	1,0	0,3	0,1	27,9
Settembre	»	11,0	4,1	2,3	1,1	3,1	0,5	1,0	0,5	0,3	31,8
Ottobre	»	11,2	4,0	2,8	1,1	2,7	0,8	0,9	0,4	0,3	33,5
Novembre	»	10,8	3,9	2,3	1,1	2,3	1,1	0,8	0,4	0,2	24,2
Dicembre	»	10,8	4,3	2,6	1,2	2,7	0,8	0,9	0,4	0,2	25,7
Media	<i>H</i>	11,0 ± 0,3	4,2 0,2	2,5 0,2	1,1 0,0	2,8 0,4	0,9 0,2	0,9 0,1	0,4 0,0	0,2 0,1	26,2
Gennaio	<i>g</i>	270	287	258	287	213	103	213	180	264	35,3
Febbraio	»	269	286	250	286	220	100	220	212	275	28,9
Marzo	»	268	288	256	288	227	118	227	205	240	6,5
Aprile	»	265	288	246	288	218	117	218	203	245	23,2
Maggio	»	271	292	254	292	222	132	222	210	290	23,8
Giugno	»	272	295	251	295	217	136	217	232	252	32,5
Luglio	»	269	292	248	292	219	108	219	183	280	21,5
Agosto	»	266	285	244	285	217	136	217	181	277	27,9
Settembre	»	266	285	260	285	219	137	219	196	262	31,8
Ottobre	»	267	288	258	288	223	120	223	233	272	33,5
Novembre	»	270	286	251	286	213	122	213	189	281	24,2
Dicembre	»	271	288	255	288	211	124	211	215	253	25,7
Media	<i>g</i>	269 ± 2	288 3	253 5	288 3	218 5	121 13	218 5	203 17	266 16	26,2
Media	<i>κ</i>	268	287	253	287	218	122	218	203	264	26,2
Inverno	<i>H</i>	10,6	4,3	2,5	1,2	3,2	0,9	1,0	0,4	0,2	30,0
Primavera	»	10,6	4,2	2,5	1,1	2,8	1,1	0,9	0,4	0,2	17,8
Estate	»	11,1	4,3	2,5	1,2	2,6	0,8	0,9	0,3	0,2	27,3
Autunno	»	11,0	4,0	2,5	1,1	2,7	0,8	0,9	0,4	0,3	29,8
Inverno	<i>g</i>	270	287	254	287	215	109	215	202	264	30,0
Primavera	»	268	289	252	289	222	122	222	206	258	17,8
Estate	»	269	291	248	291	218	127	218	199	270	27,3
Autunno	»	268	286	256	286	218	126	218	206	272	29,8

TAB. 4

COSTANTI ARMONICHE DI NAPOLI

Valori mensili, medie annue e stagionali

1954	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_0
Gennaio	<i>H</i>	10,8	4,1	2,0	1,1	3,3	1,2	1,1	0,5	0,1	29,4
Febbraio	»	11,2	4,2	2,3	1,1	3,0	1,0	1,0	0,5	0,2	38,7
Marzo	»	11,0	4,2	2,2	1,1	3,0	0,8	1,0	0,6	0,3	34,1
Aprile	»	11,4	4,1	2,2	1,1	2,3	0,8	0,8	0,5	0,2	21,0
Maggio	»	11,3	4,6	2,5	1,2	2,4	1,2	0,8	0,4	0,2	31,8
Giugno	»	11,1	4,5	2,5	1,2	2,5	1,3	0,8	0,3	0,1	25,2
Luglio	»	11,3	4,4	2,6	1,2	2,5	1,2	0,8	0,3	0,2	28,0
Agosto	»	11,4	4,1	2,8	1,1	2,5	0,7	0,8	0,3	0,2	21,7
Settembre	»	12,0	4,4	2,4	1,2	2,2	0,6	0,7	0,3	0,2	23,8
Ottobre	»	11,7	4,3	2,6	1,2	3,1	1,2	1,0	0,2	0,2	28,3
Novembre	»	11,8	4,2	2,5	1,1	2,8	0,6	0,9	0,2	0,3	36,4
Dicembre	»	12,0	4,2	2,5	1,1	2,8	0,5	0,9	0,2	0,3	29,9
Media	<i>H</i>	11,4 ± 0,4	4,3 0,2	2,4 0,2	1,1 0,0	2,7 0,4	0,9 0,4	0,9 0,1	0,4 0,1	0,2 0,0	29,0
Gennaio	<i>g</i>	271	285	257	285	220	110	220	190	302	220
Febbraio	»	270	287	246	287	219	138	219	182	250	219
Marzo	»	272	293	260	293	222	123	222	220	272	222
Aprile	»	267	287	251	287	220	114	220	209	282	220
Maggio	»	268	289	255	289	220	134	220	230	275	220
Giugno	»	267	292	257	292	217	131	217	202	278	217
Luglio	»	266	286	254	286	214	121	214	180	258	214
Agosto	»	265	282	248	282	225	132	225	220	273	225
Settembre	»	263	281	254	281	208	127	208	206	277	208
Ottobre	»	264	283	252	283	213	113	213	193	295	213
Novembre	»	264	284	252	284	211	105	211	208	286	211
Dicembre	»	263	282	250	282	214	100	214	185	273	214
Media	<i>g</i>	267 ± 3	286 4	253 4	286 4	217 5	121 12	217 5	202 16	277 15	217
Media	<i>z</i>	266	285	253	284	216	121	216	201	275	217
Inverno	<i>H</i>	11,3	4,2	2,3	1,1	3,0	0,9	1,0	0,4	0,2	32,7
Primavera	»	11,2	4,3	2,3	1,1	2,6	0,6	0,9	0,5	0,2	29,0
Estate	»	11,3	4,3	2,6	1,2	2,5	1,1	0,8	0,3	0,2	25,0
Autunno	»	11,8	4,3	2,5	1,2	2,7	0,8	0,9	0,2	0,2	29,5
Inverno	<i>g</i>	268	285	251	285	218	116	218	186	275	32,7
Primavera	»	269	290	255	290	221	124	221	220	276	29,0
Estate	»	266	287	253	287	215	128	219	201	270	25,0
Autunno	»	264	283	253	283	211	115	211	203	286	29,5

TAB. 5

COSTANTI ARMONICHE DI NAPOLI

Valori medi dedotti dal quadriennio 1951-54

	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_6
Media	<i>H</i>	11,2	4,3	2,3	1,2	2,8	0,9	0,9	0,4	0,2	27,7
Media	<i>g</i>	268	287	253	288	217	127	217	207	271	27,7
Inverno	<i>H</i>	11,0	4,3	2,3	1,2	3,2	0,9	1,1	0,4	0,2	29,7
Primavera	»	11,0	4,3	2,3	1,1	2,7	1,0	0,9	0,4	0,2	24,0
Estate	»	11,1	4,4	2,5	1,2	2,5	0,9	0,8	0,3	0,3	25,2
Autunno	»	11,2	4,2	2,4	1,1	2,7	0,9	0,9	0,4	0,2	31,5
Inverno	<i>g</i>	269	287	253	287	214	120	214	199	269	29,7
Primavera	»	269	288	253	288	221	130	221	213	269	24,0
Estate	»	268	290	253	290	218	137	219	211	271	25,3
Autunno	»	267	286	252	286	215	127	215	203	276	31,5

TAB. 6

COSTANTI NON ARMONICHE DI NAPOLI

ANNO	η età della marea giorni	<i>IMAM</i> <i>MHWI</i> h. m.	<i>IMAM</i> alta marea h. m.	<i>IMAM</i> bassa marea h. m.	<i>ISAM</i> <i>HWFC</i> h. m.	$HM_2 + HS_2$ cm	$HM_2 - HS_2$ cm	ΣH cm	A_0 cm
1951	0,78	9.13	9.08	9.18	9.23	15,4	6,8	23,9	27,9
1952	0,75	9.16	9.12	9.20	9.26	15,5	6,7	24,4	27,7
1953	0,76	9.15	9.11	9.19	9.25	15,2	6,8	24,0	26,2
1954	0,75	9.11	9.07	9.15	9.20	15,7	7,1	24,3	29,0
Media	0,76	9.14	9.10	9.18	9.24	15,5	6,9	24,2	27,7

TAB. 7

COSTANTI ARMONICHE DI CIVITAVECCHIA

Valori mensili, medie annue e stagionali

1952	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_0
Gennaio	<i>H</i>	11,3	4,2	2,7	1,1	3,4	1,2	1,1	0,2	0,3	78,6
Febbraio	»	11,6	3,9	2,6	1,1	3,6	1,6	1,2	0,4	0,3	80,7
Marzo	»	11,4	4,2	2,1	1,1	3,3	1,4	1,1	0,2	0,3	79,2
Aprile	»	10,9	4,4	2,6	1,2	2,8	1,7	0,9	0,2	0,3	76,4
Maggio	»	10,9	4,2	2,4	1,1	2,2	0,9	0,7	0,4	0,1	78,5
Giugno	»	10,7	4,8	2,1	1,3	2,3	0,9	0,8	0,4	0,4	78,3
Luglio	»	10,7	4,6	2,3	1,2	2,4	1,1	0,8	0,3	0,1	78,8
Agosto	»	10,7	4,8	2,5	1,1	2,7	1,2	0,9	0,3	0,2	77,9
Settembre	»	11,1	4,0	2,5	1,1	2,2	1,2	0,9	0,3	0,2	81,0
Ottobre	»	10,9	3,9	2,6	1,1	2,8	1,9	0,9	0,2	0,2	83,3
Novembre	»	11,0	4,0	2,1	1,1	2,8	1,0	0,9	0,3	0,2	86,5
Dicembre	»	10,9	4,2	2,0	1,1	2,9	1,3	1,0	0,4	0,4	89,8
Media	<i>H</i>	11,0 ± 0,9	4,2 0,3	2,4 0,3	1,1 0,1	2,8 0,4	1,2 0,3	0,9 0,1	0,3 0,1	0,3 0,1	80,8
Gennaio	<i>g</i>	260	283	247	283	198	106	198	203	285	78,6
Febbraio	»	260	279	245	279	200	127	200	188	226	80,7
Marzo	»	259	277	246	277	213	124	213	211	230	79,2
Aprile	»	257	280	247	280	206	106	206	175	235	76,4
Maggio	»	261	277	253	277	201	122	201	213	281	78,5
Giugno	»	259	281	249	281	198	118	198	223	280	78,3
Luglio	»	262	283	252	283	197	132	197	222	286	78,8
Agosto	»	258	277	245	277	197	125	197	202	233	77,9
Settembre	»	258	276	240	276	203	103	203	214	240	81,0
Ottobre	»	260	279	244	279	199	130	199	219	238	83,3
Novembre	»	258	278	247	278	202	125	202	182	232	86,5
Dicembre	»	260	279	255	279	201	95	201	170	283	89,8
Media	<i>g</i>	259 ± 1	279 2	248 4	279 2	201 5	118 12	201 5	202 19	254 26	80,8
Media	<i>x</i>	254	273	243	273	198	117	198	191	242	80,8
Inverno	<i>H</i>	11,3	4,1	2,4	1,1	3,3	1,4	1,1	0,3	0,3	83,0
Primavera	»	11,7	4,3	2,4	1,1	2,8	1,3	0,9	0,3	0,2	78,0
Estate	»	10,7	4,5	2,3	1,2	2,5	1,1	0,8	0,3	0,2	78,3
Autunno	»	11,3	4,0	2,4	1,1	2,8	1,2	0,9	0,3	0,2	83,6
Inverno	<i>g</i>	260	280	249	280	200	109	200	187	265	83,0
Primavera	»	259	278	249	278	207	117	207	117	249	78,0
Estate	»	260	280	249	280	197	125	197	125	266	78,3
Autunno	»	259	278	244	278	201	119	201	119	237	83,6

COSTANTI ARMONICHE DI CIVITAVECCHIA

Valori mensili, medie annue e stagionali

1953	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_0
Gennaio	H	10,8	3,9	2,5	1,1	3,4	1,2	1,1	0,4	0,2	86,1
Febbraio	»	10,8	4,0	2,5	1,1	3,5	0,8	1,2	0,4	0,3	80,1
Marzo	»	9,8	3,4	2,1	0,9	2,7	1,3	0,9	0,8	0,6	60,7
Aprile	»	11,0	4,0	2,3	1,1	2,4	1,3	0,8	0,4	0,3	78,6
Maggio	»	10,9	4,0	2,2	1,1	2,4	1,4	0,8	0,4	0,1	77,4
Giugno	»	10,8	4,4	2,2	1,2	2,2	1,1	0,7	0,3	0,7	85,5
Luglio	»	11,3	4,6	2,3	1,3	2,4	0,9	0,8	0,2	0,2	75,5
Agosto	»	11,1	4,3	2,1	1,2	2,7	1,1	0,9	0,2	0,2	78,9
Settembre	»	11,3	4,1	2,3	1,1	2,8	0,8	0,9	0,2	0,2	83,1
Ottobre	»	11,3	3,8	2,7	1,0	2,6	1,2	0,9	0,2	0,2	86,0
Novembre	»	10,9	3,8	2,3	1,0	2,3	1,4	0,8	0,1	0,1	75,4
Dicembre	»	11,1	4,2	2,1	1,1	2,6	1,1	0,9	0,3	0,3	76,2
Media	H	10,9 ± 0,5	4,0 0,3	2,3 0,2	1,1 0,1	2,7 0,4	1,1 0,2	0,9 0,1	0,4 0,2	0,3 0,2	78,6
Gennaio	g	259	281	251	281	202	107	202	285	252	86,1
Febbraio	»	260	279	241	279	210	93	210	199	263	80,1
Marzo	»	259	281	247	281	208	106	208	174	200	60,7
Aprile	»	255	280	237	280	201	108	201	199	224	78,6
Maggio	»	256	281	240	281	202	113	202	219	300	77,4
Giugno	»	257	284	237	284	196	121	196	197	306	85,5
Luglio	»	257	282	241	282	199	105	199	181	236	75,5
Agosto	»	258	281	245	281	199	126	199	198	254	78,9
Settembre	»	255	279	243	279	207	115	207	210	222	83,1
Ottobre	»	257	282	248	282	210	117	210	230	253	86,0
Novembre	»	258	280	242	280	200	107	200	194	283	75,4
Dicembre	»	258	279	247	279	196	107	196	195	267	76,2
Media	g	257 ± 2	281 1	243 5	281 1	203 5	110 7	203 5	198 16	255 32	78,6
Media	κ	252	274	239	274	199	108	199	188	243	78,6
Inverno	H	10,9	4,0	2,4	1,1	3,2	1,0	1,1	0,4	0,3	80,8
Primavera	»	10,6	3,8	2,2	1,0	2,5	1,3	0,8	0,5	0,3	72,2
Estate	»	11,1	4,4	2,2	1,2	2,4	1,0	0,8	0,2	0,4	80,8
Autunno	»	11,2	3,9	2,4	1,0	2,6	1,1	0,9	0,3	0,2	81,8
Inverno	g	259	280	246	280	203	102	203	193	261	80,8
Primavera	»	257	281	241	281	204	109	204	197	241	72,2
Estate	»	257	282	241	282	198	117	198	192	265	80,8
Autunno	»	257	280	244	280	209	113	202	211	286	81,8

TAB. 9

COSTANTI ARMONICHE DI CIVITAVECCHIA

Valori mensili, medie annue e stagionali

1954	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_0
Gennaio	<i>H</i>	10,9	3,6	2,1	1,0	3,4	1,5	1,1	0,3	0,1	78,1
Febbraio	»	10,8	4,1	2,2	1,1	2,9	1,3	1,0	0,5	0,2	88,1
Marzo	»	10,9	4,0	2,8	1,1	2,8	1,2	0,9	0,4	0,1	86,3
Aprile	»	11,0	4,1	2,3	1,1	2,2	1,2	0,6	0,6	0,2	70,6
Maggio	»	11,1	4,3	2,6	1,2	2,4	1,2	0,8	0,3	0,3	78,1
Giugno	»	10,9	4,3	2,3	1,2	2,4	1,2	0,8	0,2	0,2	76,9
Luglio	»	11,1	4,3	2,7	1,2	2,7	1,3	0,9	0,2	0,2	77,1
Agosto	»	10,9	3,9	2,5	1,1	2,6	1,2	0,9	0,4	0,2	76,3
Settembre	»	11,3	4,1	2,3	1,1	3,2	0,8	1,1	0,2	0,1	73,9
Ottobre	»	11,1	3,9	2,4	1,1	3,2	1,4	1,1	0,2	0,1	78,0
Novembre	»	11,2	3,8	2,4	1,0	2,4	0,6	0,8	0,2	0,3	87,3
Dicembre	»	11,4	3,9	2,3	1,1	2,8	0,7	0,9	0,2	0,3	81,2
Media	<i>H</i>	11,1 ± 2	4,0 0,2	2,4 0,2	1,1 0,1	2,8 0,4	1,1 0,3	0,9 0,1	0,3 0,1	0,2 0,1	79,3
Gennaio	<i>g</i>	255	273	252	273	208	87	208	193	258	78,1
Febbraio	»	258	279	240	279	190	122	190	190	235	88,1
Marzo	»	258	279	248	279	210	101	210	216	300	86,3
Aprile	»	259	278	242	278	204	97	204	183	238	70,6
Maggio	»	260	282	244	282	205	113	205	228	291	78,1
Giugno	»	258	282	242	282	201	119	201	203	241	76,9
Luglio	»	257	278	246	278	193	109	193	175	279	77,1
Agosto	»	257	276	245	276	196	120	196	193	239	76,3
Settembre	»	257	277	248	277	132	114	192	197	289	73,9
Ottobre	»	258	276	245	276	205	108	205	182	297	78,0
Novembre	»	257	280	246	280	200	94	200	206	261	87,3
Dicembre	»	258	275	248	275	204	105	204	180	290	81,2
Media	<i>g</i>	258 ± 1	278 3	246 3	278 3	201 7	108 10	201 7	196 15	268 26	79,3
Media	<i>κ</i>	252	272	241	271	198	106	198	185	256	79,3
Inverno	<i>H</i>	11,0	3,9	2,2	1,1	3,0	1,2	1,0	0,3	0,2	82,5
Primavera	»	11,0	4,1	2,6	1,1	2,5	1,2	0,8	0,4	0,2	78,3
Estate	»	11,0	4,2	2,5	1,2	2,6	1,2	0,9	0,3	0,2	76,8
Autunno	»	11,2	3,9	2,4	1,1	2,9	0,9	1,0	0,2	0,2	79,7
Inverno	<i>g</i>	257	276	247	276	201	108	201	188	261	82,5
Primavera	»	259	280	245	280	206	104	206	209	276	78,3
Estate	»	257	279	244	279	197	116	197	190	253	76,8
Autunno	»	257	278	246	278	199	105	199	195	282	79,7

TAB. 10

COSTANTI ARMONICHE DI CIVITAVECCHIA

Valori medi dedotti dal triennio 1952-54

	c.	M_2	S_2	N_2	K_2	K_1	O_1	P_1	M_4	MS_4	A_0
Media	<i>H</i>	11,0	4,1	2,4	1,1	2,8	1,1	0,9	0,3	0,3	79,6
Media	<i>g</i>	258	279	246	279	202	112	202	199	259	79,6
Inverno	<i>H</i>	11,1	4,0	2,3	1,1	3,2	1,1	1,1	0,3	0,3	82,1
Primavera	»	11,1	4,1	2,4	1,1	2,6	1,3	0,8	0,4	0,2	76,2
Estate	»	10,9	4,4	2,3	1,2	2,5	1,1	0,8	0,3	0,3	78,4
Autunno	»	11,2	3,9	2,4	1,1	2,8	1,1	0,9	0,3	0,2	81,7
Inverno	<i>g</i>	259	279	247	279	201	106	201	189	262	82,1
Primavera	»	258	280	245	280	206	110	206	174	255	76,2
Estate	»	258	280	245	280	197	119	197	169	261	78,4
Autunno	»	258	279	245	279	203	112	201	175	268	81,7

TAB. 11

COSTANTI NON ARMONICHE DI CIVITAVECCHIA.

ANNO	η età della marea giorni	<i>IMAM</i> <i>MHWI</i>	<i>IMAM</i> alta marea	<i>IMAM</i> bassa marea	<i>ISAM</i> <i>HWFC</i>	$HM_2 + HS_2$	$HM_2 - HS_2$	ΣH	A_0
		h. m.	h. m.	h. m.	h. m.	cm	cm	cm	cm
1952	0,77	8.46	8.41	8.50	8.56	15,2	6,8	24,3	80,8
1953	0,92	8.41	8.35	8.47	8.53	14,9	6,9	23,7	78,6
1954	0,79	8.42	8.38	8.46	8.52	15,1	7,1	23,9	79,3
Media	0,83	8.43	8.38	8.48	8.54	15,1	6,9	24,0	79,6

RIASSUNTO

Si calcolano le costanti armoniche e non armoniche delle maree dei porti di Napoli e di Civitavecchia nel Mar Tirreno. Si segue il procedimento calcolato dal Doodson per l'Ammiragliato inglese applicandolo per 48 mesi a Napoli e per 36 mesi a Civitavecchia. Si presentano pure i valori mensili e stagionali delle maree e ciò per poter esaminare le variazioni stagionali delle costanti stesse.

SUMMARY

Harmonic and non-harmonic tidal constants in the Ports of Naples and Civitavecchia, in the Tyrrhenian Sea, are here calculated, after the proceeding elaborated by Doodson for the Admiralty, considering a period of 48 months for Naples and of 36 months for Civitavecchia. Monthly and seasonal tidal values are also presented in order to examine the seasonal variations of said constants.

RESUMÉ

On calcul les constantes harmoniques et non-harmoniques des marées dans les ports de Naples et Civitavecchia, dans la mer Tyrrhénienne, selon le procédé élaboré par Doodson pour l'Amirauté Anglais, en l'appliquant à une période de 48 mois à Naples et de 36 mois à Civitavecchia. On present aussi les valeurs mensuelles et saisonnelles des marées pour l'examen des variations saisonnelles des constantes mêmes.

BIBLIOGRAFIA

- DOODSON A. T., WARBURG H. D., *The Admiralty Tides Tables*. Part. III, *Instructions and Tables*. Hydrogr. Dept. London, 1941.
- POLLI S., *Oscillazione annua del mare Mediterraneo*. Arch. di Oceanogr. e Limnol., Vol. I, 1, Mem. 288, Comit. Talass. It., 1941.
- *Correzioni stagionali nella previsione della marea per i porti del Mediterraneo*. Arch. di Oceanogr. e Limnol., 1944.
- *Correzioni del momento da apportarsi alle previsioni di marea per i porti del golfo di Trieste*. Ist. Talassogr., Trieste, 1949, Pubbl. N. 245.

- POLLI S., *Le maree a Porto Marghera*. Annali di Geofisica, Vol. IV, N. 3, 387-398, 1951.
- *Il graduale aumento del livello del mare lungo le coste italiane*. Geofisica pura e appl., Vol. 25, 123-129, Milano, 1953.
- *L'attuale aumento del livello del mare lungo le coste del Mediterraneo*. Geofisica e Meteorologia, Vol. II, N. 1/2, 13-16, Genova, 1954.
- *Le costanti armoniche e non armoniche delle maree dei porti di Livorno e Imperia*. Geofisica e Meteorologia, Vol. III (1955), N. 4, Genova.
- STERNECK R., *Harmonische Analyse und Theorie der Mittelmeergezeiten*. Sitzungsber. d. mat. naturw. Kl., Abt. II^a, 131. Bd, S. 667-694, Akad. d. Wissensch., Wien, 1922.
- TENANI M., *Maree e correnti di marea*. Ist. Idrogr. della Marina, Genova, 1940.

Direttore: Prof. ENRICO MEDI

Prof. PIETRO CALOI - Responsabile

Tipografia Pio X - Roma - Via degli Etruschi, 7