



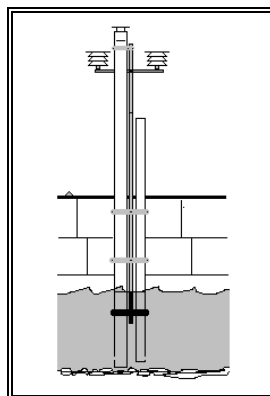
UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI TRIESTE
DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA
Oceanografia e Meteorologia

Rapporto N. 60

OM 97/7

Franco Stravisi
Nicolò Purga

**La stazione mareografica
di
Trieste - Porto Lido**



Trieste, 1997

INDICE

	pag.
RIASSUNTO	3
Le misure mareografiche a Trieste	3
La stazione mareografica di Trieste - Porto Lido	5
Caposaldi e piano di riferimento dei dati	7

La stazione mareografica di Trieste - Porto Lido

Franco Stravisi
Nicolò Purga

Università di Trieste,
Dipartimento di Scienze della Terra
Sezione di Oceanografia e Meteorologia.

RIASSUNTO. Sono descritte le apparecchiature messe in funzione presso la stazione mareografica di Trieste del DST, le quote di riferimento usate per le misure mareografiche e le modalità di assunzione dei dati.

Le misure mareografiche a Trieste

L'idrometro del Ponte Rosso. Esiste ancora, nell'angolo tra la banchina settentrionale del Canal Grande ed il ponte attraversato dalla odierna via Roma (fig. 1), un idrometro, scolpito nella pietra e graduato in piedi e pollici parigini, che potrebbe risalire al 1785 (Polli, 1938). Lo zero di tale idrometro, non più visibile, è noto come "*Zero Ponte Rosso*". La quota di questo riferimento (-0.4746 m rispetto allo zero dell'Istituto Geografico Militare di Vienna ; Morelli, 1950) rappresenta all'incirca il livello delle basse maree di due secoli fa ; è probabile che l'idrometro del Ponte Rosso servisse per osservazioni saltuarie del livello del mare, utili per il transito delle imbarcazioni nel canale.

La stazione mareografica del Molo Sartorio. Il primo mareografo a Trieste venne messo in opera dall' I.R. Governo Marittimo ed affidato in gestione all'Accademia di Commercio e Nautica. Lo strumento era sistemato nella "casa rossa" all'estremità del Molo Sartorio. L'idrometro per le misure di controllo era costituito da un tubo verticale in ghisa interrato nel molo ; l'orlo superiore di questo tubo, posto al livello del suolo, definisce lo "*Zero del Molo Sartorio*". Dati mareografici di Trieste vennero pubblicati a partire dal 1869 dalla Commissione per l'Adriatico (Polli, 1938). Osnaghi (1886) pubblicò i dati relativi al 1884. Nel 1925, demolita la "casa rossa", la stazione del Molo Sartorio venne spostata nella posizione attuale (45° 38' 50.5" N, 13° 45' 30.5" E), passando in gestione prima all'Istituto Geofisico e quindi all'Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste (IST). Lo "*Zero del Molo Sartorio*" si trova ora all'interno della cabina mareografica ; anche se il vecchio idrometro non è più in uso, rappresenta comunque una quota di riferimento storicamente importante. I mareografi impiegati nella stazione del Molo Sartorio sono descritti da Osnaghi (1886), Polli (1938) e Ferraro (1972) ; gli stessi autori e Morelli (1950) riportano dettagliate informazioni sui caposaldi di riferimento.

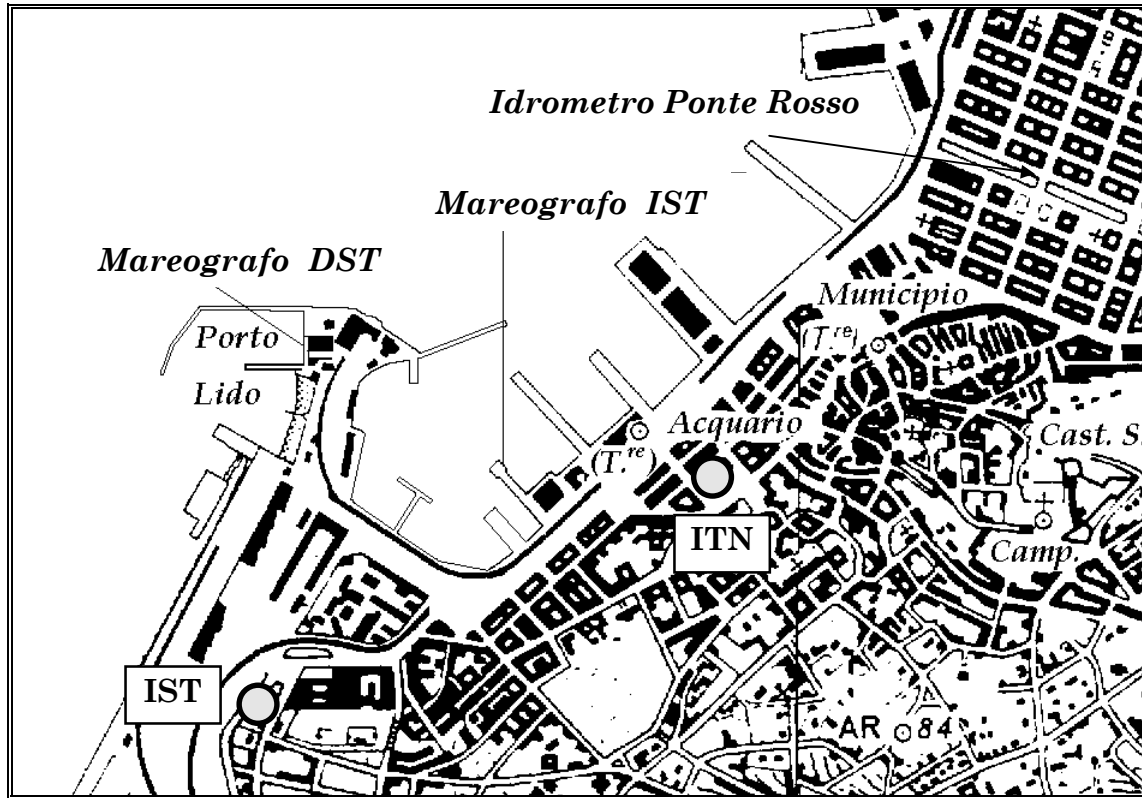


Fig. 1.- Ubicazione delle stazioni mareografiche di Trieste (Istituto Sperimentale Talassografico e Dipartimento di Scienze della Terra) e del vecchio Idrometro del Ponte Rosso.

I dati mareografici esistenti a Trieste riguardano la serie dei livelli medi annuali dal 1890, mensili per gli anni 1905-1915, 1919-1922, 1924 e dal 1927 in poi (Stravisi e Ferraro, 1986). Per alcuni di questi anni sono disponibili anche i dati orari.

La serie mareografica IST. La serie di dati mareografici fondamentale di Trieste è quella raccolta dall'IST alla stazione del Molo Sartorio. Al mareografo Seibt-Fuess del 1911 venne affiancato nel 1966 un mareografo Büsum-Ott, sempre di tipo convenzionale, con galleggiante e registrazione analogica su carta (scorrimento: 2 cm/h; riduzione dei dislivelli: 1/10; Ferraro, 1972), tuttora usato dall'IST per la lettura dei dati di livello. I dati sono letti con cadenza oraria ed arrotondati al centimetro; di norma sono sempre state eseguite misure idrometriche di controllo al cambio dei diagrammi, con riferimento alla piastrina mareografica (PM; tab. 2, fig. 4). La serie dei valori orari è completa dal 1939, tranne alcune brevi interruzioni sino al dopoguerra. I dati, originalmente riportati a mano su tabelle mensili, sono stati archiviati su schede perforate a cura del Centro Mareografico di Trieste (Marussi e al., 1971); successivamente sono stati trasferiti su nastro magnetico al Centro di Calcolo dell'Università di Trieste ed infine su dischetti magnetici per PC (Ferraro, Luca e Stravisi, 1986). I dati mareografici IST sono riferiti ad una quota situata 1.50 m al di sotto del livello medio dell'anno 1911 (Hopfner, 1913). Questo piano di riferimento, in seguito denominato ZIT ("Zero Istituto Talassografico"; Stravisi e Ferraro, 1986) è 233.315 cm al di sotto del caposaldo orizzontale IGM "CO39" posto sul Molo Sartorio presso la cabina mareografica (fig. 2, 4).

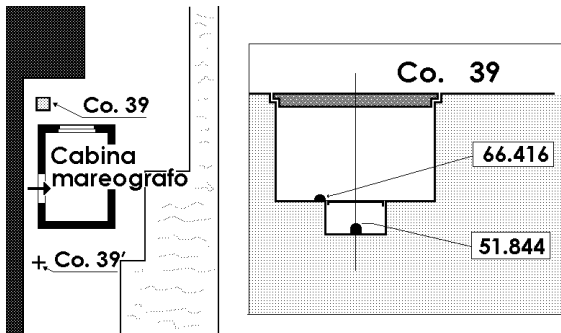


Fig. 2.- Ubicazione del caposaldo orizzontale CO39 sul Molo Sartorio, presso la stazione mareografica dell'Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste.
Quote IGM in centimetri (destra)

La stazione mareografica di Trieste - Porto Lido

La sezione di Oceanografia e Meteorologia del Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Trieste ha installato nel 1995 una stazione mareografica presso la sede a mare dell'Istituto Tecnico Nautico di Trieste (ITN) al Porto Lido (45° 38' 55" N, 13° 45' 18" E ; fig. 1). Continua così la collaborazione con l'ITN (già Accademia di Commercio e Nautica) iniziata con il ripristino, nel 1978, della stazione meteorologica nel sito storico di piazza Hortis.

Dotazione strumentale. L'acquisizione automatica dei dati è effettuata da una centralina Micros M93 collocata in un ufficio all'interno della stazione a mare ITN. Sulla banchina (fig. 3) è rigidamente ancorato un palo di supporto per il sensore di livello e per i sensori di temperatura ed umidità dell'aria. Due termometri marini sono collocati a 15 m dalla riva, alla profondità di 0.3 e 2 m rispettivamente. I dati sono archiviati su di una memoria a stato solido Micros CBM/1 ; successivamente vengono trasferiti su PC.

I termometri marini sono stati tarati in laboratorio al DST per confronto con termometri campione, in bagno d'acqua ; gli altri sensori di temperatura in aria. Le formule lineari di correzione adottate garantiscono un'accuratezza di ± 0.01 °C per i termometri marini, di ± 0.03 °C per gli altri termometri. Il sensore di umidità Vaisala ha un'accuratezza di 2 %. Il barometro Vaisala è stato pre-tarato al DST per confronto con il barometro campione a mercurio ; il suo deperimento nel tempo dovrà essere controllato.

parametro	simbolo	sensore	quota /m	precisione
<i>livello del mare</i>	S	Micros SLU1	4.6	1 mm
<i>temperatura di SLU1</i>	θ_S	Pt100	4.6	0.01 °C
<i>temperatura del mare</i>	θ_0, θ_2	Micros Pt100	-0.3, -2.0	0.01 °C
<i>pressione atmosferica</i>	p	Vaisala PTA 427	3.13	1 Pa
<i>temperatura del barometro</i>	θ_B	LM35CZ	3.13	0.01 °C
<i>temperatura dell'aria</i>	θ	Micros Pt100	4.0	0.01 °C
<i>umidità relativa</i>	U	Vaisala Humitter	4.0	0.1 %

Tab. 1.- Stazione mareografica di Trieste - Porto Lido : strumentazione.

I sensori sono interrogati con continuità dalla centralina di acquisizione dati ; ogni 10 minuti vengono memorizzati i valori medi della pressione, della temperatura (dell'aria, del mare in superficie, del mare a 2 m, del sensore di livello e del sensore di pressione) e dell'umidità relativa. Sono memorizzati infine il livello medio dell'ultimo minuto ed i due livelli estremi.

Misure di livello. Il sensore Micros SLU1 effettua misure di distanza in base al tempo di ritorno di un'onda sonora da una superficie riflettente. Il sensore impiegato è stato tarato in laboratorio al DST ; il principio di funzionamento e la tipica dipendenza delle misure dalla temperatura e dall'umidità dello strato d'aria attraversato dall'onda sonora sono descritte da Stravisi (1994).

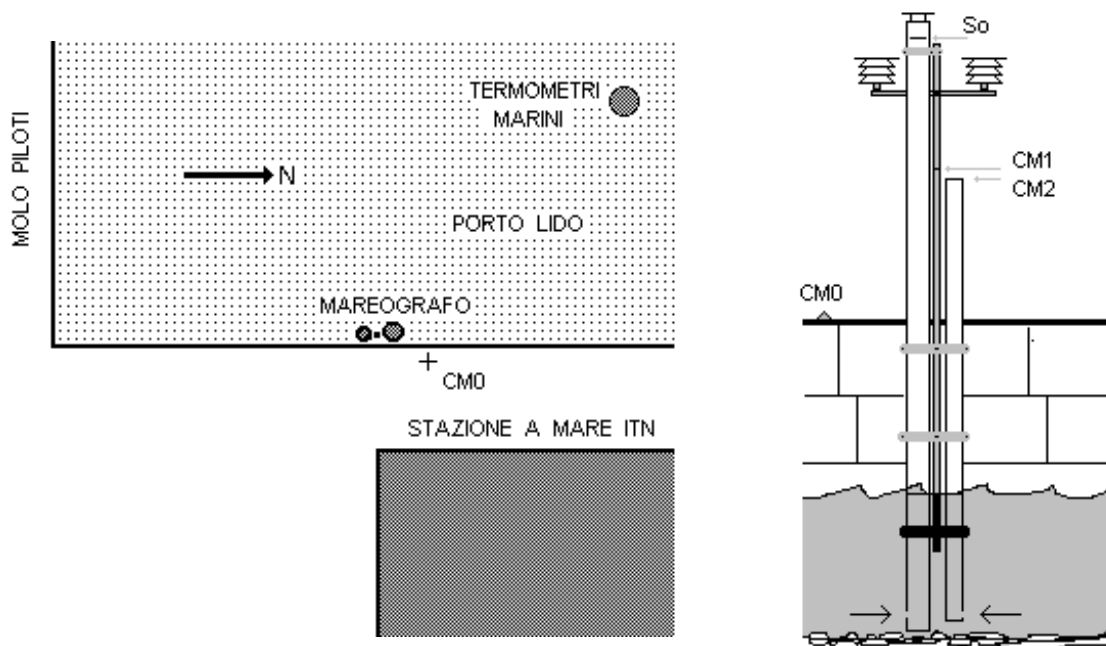


Fig. 3.- Stazione mareografica di Trieste - Porto Lido : sistemazione degli strumenti.

Per l'impiego ad uso mareografico, il sensore è stato montato alla sommità di un tubo in materiale plastico ad alta resistenza (lunghezza 6 m, diametro interno 16 cm), fissato verticalmente (fig. 3). Il tubo serve sia come pozzetto di calma che come guida d'onda per gli impulsi sonori. La sua estremità inferiore è chiusa ; due fori laterali (8 mm di diametro) a 10 cm dal fondo, con un rapporto tra la sezione d'ingresso e quella del tubo di circa 0.01, garantiscono un adeguato smorzamento del moto ondoso ed un ritardo di fase trascurabile per le onde di periodo superiore a 10 minuti. Il sensore SLU1 è programmato in modo da emettere, ogni 5 s, quattro impulsi sonori in rapida successione : dei quattro tempi misurati i due estremi sono scartati, e la media dei due tempi intermedi fornisce una misura "istantanea" della distanza verticale S_0 tra la quota S_0 del sensore e la superficie dell'acqua nel tubo idrometrico. Il programma di acquisizione dati, appositamente preparato per la centralina M93, interroga il sensore in continuazione e media i dati di livello ogni minuto. Ad intervalli di 10 min vengono memorizzati sulla CBM/1 il livello medio dell'ultimo minuto ed i due livelli estremi nell'intervallo, con gli istanti (il minuto) in cui si sono verificati. In conclusione, ogni misura di livello memorizzata è la media ottenuta

in base a 24 impulsi sonori emessi nell'arco di un minuto. Il sensore di distanza Micros è fornito con un sensore interno di temperatura ed esegue, elettronicamente, una correzione lineare della distanza ; il risultato non è però sufficiente a garantire, come è stato provato in laboratorio (Stravisi, 1994), l'accuratezza richiesta per l'uso mareografico. Le misure di distanza S_0 fornite dallo strumento sono state perciò confrontate con una serie di misure di controllo eseguite in modo da coprire l'intero intervallo di escursione del livello marino. Queste misure sono state fatte per mezzo di un metro a nastro di tipo commerciale, munito di un segnalatore ottico azionato da un contatto a galleggiante, in un secondo tubo idrometrico montato parallelamente al primo (in modo da non perturbare le misure dell'ecodistanziometro), con riferimento ad una piastrina mareografica CM2 quotata rispetto ad S_0 (fig. 3, 4). L'esame dei dati ha mostrato che la correzione per l'umidità dell'aria, comunque piccola, è del tutto trascurabile nelle condizioni di impiego, in quanto all'interno del tubo è sempre prossima alla saturazione. L'errore maggiore è dovuto al surri-scaldamento dell'aria nel tubo per effetto della radiazione solare, ben rappresentato dalla differenza $\theta_s - \theta$. La temperatura θ_s dell'aria interna al tubo è misurata presso il sensore SLU1 mediante un termometro supplementare, montato e tarato presso il laboratorio del DST. Con una regressione lineare è stata ricavata la seguente formula di calibrazione :

$$S = 0.9870 S_0 - 0.17 (\theta_s - \theta) + 6.9 \pm 0.3 \text{ cm} ; \quad (1)$$

le temperature sono espresse in gradi Celsius. La (1) corregge anche gli errori di scala dell'elettronica e della guida d'onda. L'errore complessivo è inferiore all'errore tipico dei mareografi convenzionali. Le misure idrometriche di controllo vengono periodicamente ripetute per accertare la stabilità dell'ecodistanziometro nel tempo.

Caposaldi e piano di riferimento dei dati

Un caposaldo (CM0, fig. 3, 4) è stato fissato sul piano della banchina presso il mareografo del Porto Lido. Per comodità di lavoro, un secondo riferimento CM1 (151.0 cm sopra il CM0) è inciso sul palo verticale di supporto dei tubi idrometrici. Una piastrina mareografica CM2 (9.6 cm sotto CM1) è fissata sul tubo idrometrico per le misure di controllo. Le misure di distanza S sono eseguite dalla quota S_0 del sensore SLU1 al livello del mare. S_0 si trova 277.0 cm al di sopra di CM0. La differenza di quota tra la piastrina mareografica IST (PM) ed il caposaldo CM0 è stata determinata con una livellazione geometrica (Marchesini, Università di Udine ; 1996) :

$$PM - CM0 = 58.5 \pm 0.2 \text{ cm} .$$

Come riferimento per le misure mareografiche preferiamo adottare un piano prossimo al livello medio, in modo da rendere i dati più leggibili. Dal momento che il livello medio normale 1961-1990 del mare a Trieste è di -5.63 cm rispetto allo zero IGM (livello medio di Genova 1937-1946 ; Gamboni, 1965) e che la

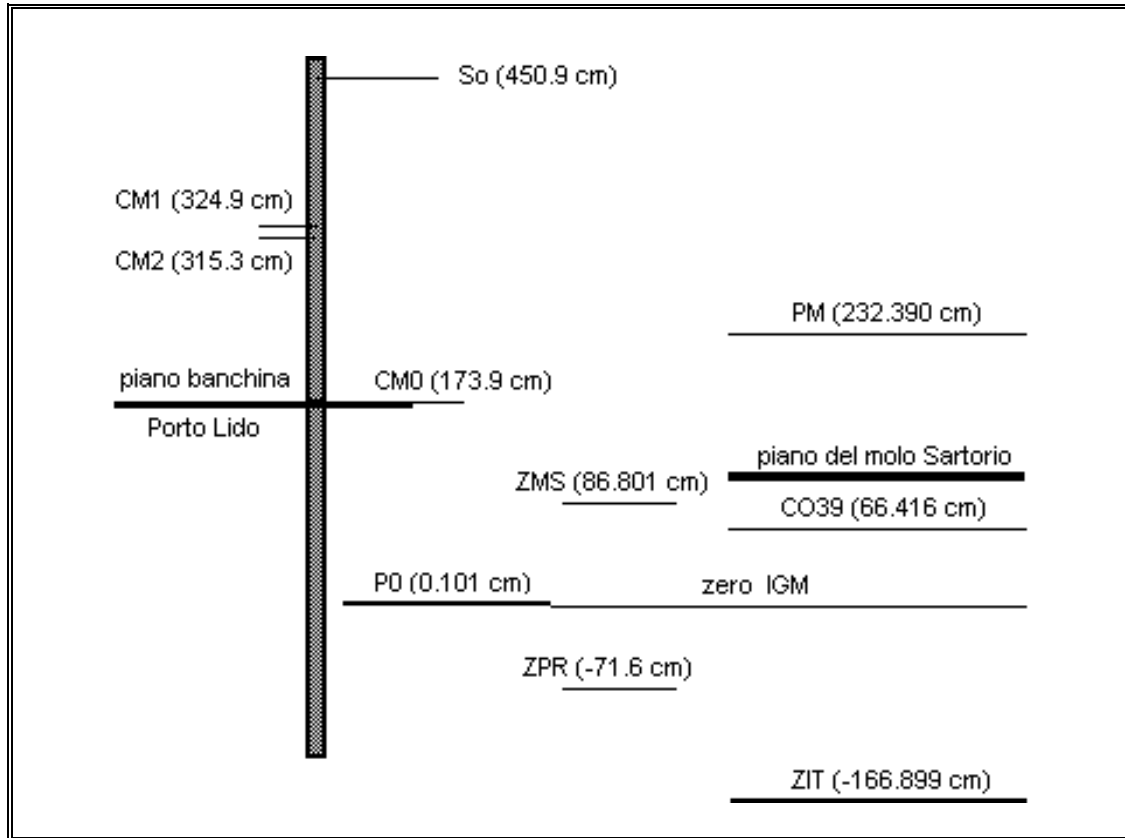


Fig. 4.- Quote convenzionali di riferimento per le misure mareografiche a Trieste relative allo zero IGM della rete altimetrica italiana.

denominazione	simbolo	quota CO39 (cm)	quota IGM (cm)	quota CM0 (cm)
<i>Zero Ponte Rosso</i>	ZPR	-138.045	-71.629	-245.5
<i>Zero Molo Sartorio</i>	ZMS	20.385	86.801	-87.1
<i>caposaldo orizzontale IGM (1955)</i>	CO39	0	66.416 ⁽¹⁾	-107.5
<i>piastrina mareografica IST</i>	PM	165.974	232.390	58.5 ⁽²⁾
<i>piano di riferimento IST</i>	ZIT	-233.315	-166.899	-340.8
<i>caposaldo orizzontale (1996)</i>	CM0	107.5	173.9	0
<i>riferimento verticale</i>	CM1	258.5	324.9	151.0
<i>piastrina mareografica</i>	CM2	248.9	315.3	141.4
<i>sensore di livello</i>	S ₀	384.5	450.9	277.0
<i>piano di riferimento DST</i>	P ₀	-66.315	0.101	-173.8
<i>zero IGM della rete italiana</i>	IGM	-66.416	0	-173.9

Tab. 2.- Principali caposaldi e piani di riferimento delle stazioni mareografiche di Trieste. Livellazione del : 1967 ⁽¹⁾, 1996 ⁽²⁾.

tendenza lineare 1890-1996 è stata di +12.3 cm/secolo, lo zero IGM rappresenta bene il livello medio a Trieste per i prossimi decenni. Per comodità di conversione dei dati della serie storica di Trieste riferiti allo ZIT useremo quindi come “*piano zero*”:

$$P_0 = \text{ZIT} + 167 \text{ cm} ;$$

$$P_0 = \text{CO39} - 66.315 \text{ cm} = \text{IGM} + 0.101 \text{ cm} .$$

Il livello del mare corrispondente alla distanza (1) e riferito a P_0 risulta dunque dato da :

$$\eta = (S_0 - P_0) - S = 450.8 \text{ cm} - S .$$

Nella tab. 2 (fig. 4) sono riportate le quote dei principali riferimenti situati presso le stazioni mareografiche del Molo Sartorio e del Porto Lido. Le altezze riferite allo zero IGM si basano sulla quota del CO39 riportata da I.I.M. (1962 ; agg. 1967), e potranno essere aggiornate in base alle nuove livellazioni.

RIFERIMENTI

MARUSSI A., BOZZI ZADRO M., PORETTI G., GRANBASSI L. e SERGAS S. (1971) : *Esempi di elaborazione di dati mareografici, barometrici e di flessioni della crosta*, Centro Mareografico di Trieste (IGG, IMGA, IST, OGS), n.1.

ISTITUTO IDROGRAFICO DELLA MARINA (1962) : *Rete mareografica italiana: dati e caratteristiche dei mareografi*, Genova (con aggiornamenti).

FERRARO S. (1972) : *Dati del mareografo di Trieste*, Ist. Sper. Talassografico, n. 477, 15 pag.

FERRARO S., LUCA I. e STRAVISI F. (1986) : *Dati orari del mareografo di Trieste (1981-1985)*, Ist. Sper. Talassografico di Trieste, RF 4, 62 pag.

GAMBONI E. (1965) : *Sul caposaldo fondamentale di riferimento della nuova rete altimetrica di alta precisione*, Boll. Geodesia Sci. Aff., XXIV, 1, 155-165.

HOPFNER F. (1913) : *Die Gezeiten im Hafen von Triest*, Sitzungsber. der Ak., Wien.

MORELLI C. (1950) : *Livellazione di precisione nella zona portuale di Trieste e collegamento altimetrico fra la rete italiana e quella austriaca*. Tecnica Italiana, Riv. Ing. Sci., V, 1, 1-24.

OSNAGHI F. (1886) : *Risultati delle osservazioni mareometriche per l'anno 1884 ricavate dal mareografo nel porto di Trieste*, Rapporto Annuale I.R. Osservatorio Marittimo di Trieste, parte IV, 103-111.

POLLI S. (1938) : *Livelli medi, capisaldi di livellazione e ampiezze della marea nel Porto di Trieste*, R. Comitato Talassografico Italiano, Mem. CCLIII, 27 pag.

STRAVISI F. e FERRARO S. (1986) : *Monthly and annual mean sea levels at Trieste, 1890-1984*, Boll. Oceanol. Teor. Appl., 4, 2, 97-104.

STRAVISI F. (1994) : *Taratura di un ecodistanziometro Micros SLU1*, OM 94/7, 10 pag.