



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Tesi di tirocinio di formazione e orientamento

(Convenzione stipulata tra ISPRA e Università degli Studi di Padova)

**Dalla raccolta alla divulgazione dei dati meteo-mareografici:
definizione degli standard divulgativi e ideazione sezione
dedicata sul portale www.ispravenezia.it**

Dr. Ing. Niccolò Ranzato

Tutor ISPRA *Dott. Franco Crosato*

Tutor dell'Ente Promotore *Prof. Andrea Defina, Università degli Studi di Padova*

Data	Firma Tirocinante	Firma del Tutor ISPRA	Firma Responsabile Servizio ISPRA
Firma del Tutor Ente Promotore*			

* Il Tutor dell'Ente Promotore sarà citato nella pubblicazione ISPRA solo in presenza della firma

Abstract

Il presente studio costituisce la sintesi delle attività che ho svolto durante il tirocinio di formazione ambientale presso l'ufficio ISPRA-Servizio Laguna di Venezia. Le attività del tirocinio sono state definite in modo da toccare tutti i temi che riguardano il flusso dei dati meteo-mareografici registrati nell'ambito della Laguna di Venezia e l'arco costiero Nord Adriatico: dalla loro raccolta alla loro divulgazione al pubblico attraverso il portale www.ispravenezia.it. Sono stati quindi studiati i problemi che si riscontrano nelle serie di dati "grezzi", le metodologie di validazione, le metodologie di elaborazione ed analisi al fine di produrre rapporti tecnico-scientifici e le tecniche di diffusione dei dati stessi. Verso la fine del mio tirocinio mi sono concentrato maggiormente su queste ultime, con l'intenzione di apportare modifiche migliorative al sito web e permettere ad un pubblico sempre più ampio di fruire dei prodotti divulgati dal Servizio Laguna di Venezia. Per avere un'idea degli studi e delle pubblicazioni che vengono realizzati dall'Ufficio, al presente lavoro sono stati allegati l'analisi di un evento di marea particolare verificatosi a Venezia tra il 12 e il 13 aprile 2011, un bollettino meteo-mareografico mensile e uno studio relativo alla modifica della quota del caposaldo di alcune stazioni mareografiche.

Prefazione

Da ormai più di un secolo, Venezia e la sua laguna sono sottoposte ad un monitoraggio continuo di carattere sia idraulico che ambientale. In particolare, è dal lontano 1872 che si registrano e archiviano misurazioni mareografiche relative ai livelli di marea. Pur con il susseguirsi del passaggio delle competenze tra enti diversi nel corso degli anni, gli archivi mareografici sono arrivati intatti ai giorni nostri, costituendo un indubbio tesoro di conoscenza. Questi archivi vengono attualmente nutriti da una continua e capillare raccolta dati in Laguna di Venezia, Laguna di Marano-Grado e arco costiero alto Adriatico. Infatti, nelle lagune veneto-friulane e lungo la costa antistante è attualmente attiva la Rete Mareografica della Laguna di Venezia e dell'Arco Costiero Nord Adriatico (RMLV), composta da più di 50 stazioni che registrano in continuo parametri meteo-mareografici, con trasmissione in tempo reale alla sede del Servizio Laguna di Venezia (ISPRA).

In questo percorso formativo si è posta particolare attenzione sul flusso dei dati registrati presso le stazioni della RMLV, dalla loro raccolta fino alla loro diffusione al pubblico, affrontando le problematiche relative ai passaggi utili alla validazione del dato e le problematiche afferenti l'elaborazione e l'analisi di questi affascinanti, quanto complessi, dati ambientali.

Un'attenta analisi è stata eseguita relativamente agli strumenti di comunicazione atti a rendere il più efficace possibile la divulgazione dei dati stessi, in modo da rendere fruibili le conoscenze anche agli utenti meno addentro al fenomeno mareografico. Lo strumento di comunicazione principale che possiede il Servizio Laguna di Venezia è costituito dal sito web www.ispravenezia.it, portale ambientale nato da soli due anni, ma bisognoso di migliorie sia dal punto di vista della visibilità, che dal punto di vista della presentazione dei prodotti tecnico-scientifici. Sul tema della comunicazione, l'efficacia dello stage è stata quella di porre in risalto le criticità riscontrate, apportando critiche costruttive e consigli utili ai gestori del sito web della sede ISPRA di Venezia.

Il Tutor

Dott. Franco Crosato

Sommario

I. Introduzione	7
I.1. Concetti sulle maree	8
I.2. Marea in Adriatico	11
I.3. Marea in Laguna di Venezia	13
II. Metodologia	15
III. Dalla raccolta alla divulgazione dei dati ambientali.....	17
III.1. Il trattamento dei dati mareografici	18
III.2. La comunicazione dei dati ambientali	21
IV. Attività svolta durante il tirocinio di formazione ambientale.....	25
IV.1. Validazione dei dati mareografici di alcune stazioni della laguna settentrionale ..	25
IV.2. Prodotti sviluppati dal Servizio Laguna di Venezia	36
IV.2.1. Bollettino Meteo-Mareografico mensile	36
IV.2.2. Analisi di particolari eventi di marea	37
IV.3. Proposte di miglioramento del sito web www.ispravenezia.it e incremento della visibilità nei motori di ricerca.....	39
V. Conclusioni	47
VI. Bibliografia.....	49
VII. Allegati.....	51
VII.1. Bollettino Meteo-Mareografico mensile – Settembre 2012.....	51
VII.2. Analisi evento di marea 12 e 13 aprile 2011.....	51
VII.3. Proposta di variazione della quota del caposaldo e relativa correzione dei dati di marea delle stazioni di Cavallino Centro e Le Saline.....	51

I. Introduzione

Una laguna è per definizione un *“bacino acqueo costiero, poco profondo e con acque salate, nel quale emergono spesso formazioni insulari: si forma nelle regioni di deltazione dei grandi fiumi o negli arcipelaghi costieri con bassi fondali, ed è separato dal mare da un cordone litorale interrotto da bocche d’accesso”*¹. La formazione di una laguna avviene per l’effetto dinamico congiunto dei fiumi che sfociano lungo la costa e del mare. I primi, con l’apporto di materiale, provocano la formazione del cordone litoraneo scostato dalla linea di costa e in genere orientato parallelamente ad essa. Se il cordone presenta dei varchi che mettono in comunicazione il bacino lagunare con il mare si parla di *laguna viva*; al contrario, in assenza di questi varchi, lo specchio d’acqua si definisce *laguna morta* qualora riceva acqua dal mare durante le fasi di alta marea, oppure *stagno salmastro*, quando non si verifica alcun passaggio di acqua marina. L’azione dinamica del mare svolta dal moto alternato delle maree consente di vivificare ed ossigenare le acque della laguna e rimuovere parte degli apporti solidi fluviali. Per l’ambiente lagunare si può parlare quindi di un “equilibrio instabile” caratterizzato dalla contrapposizione di due azioni, fluviale e marina². Il prevalere di una delle due cause determina, nel tempo, la scomparsa della laguna stessa: se vi è una sproporzione di apporti di sedimenti la laguna progressivamente si interrisce facendo avanzare la linea di costa, mentre se domina il processo di erosione ad opera delle maree si arriverebbe ad avere a tutti gli effetti un braccio di mare. Per quanto detto, una laguna rappresenta un particolare ambiente di transizione con passaggio graduale tra la terraferma e il mare ed è possibile individuare al suo interno numerosi ecosistemi nei quali trovano spazio forme animali e vegetali che si sono adattate a vivere in diverse condizioni di sommergenza e acqua variamente salata.

La Laguna di Venezia costituisce un’importante esempio di questi tipi di ambienti. Si trova nella porzione settentrionale del Mare Adriatico tra le attuali foci dei fiumi Brenta e Sile con un’estensione complessiva di circa 550 km². Comunica con il mare tramite tre bocche di porto, da Nord a Sud si individuano quella di Lido, Malamocco e Chioggia (fig. 1). Nella configurazione attuale, i fiumi che un tempo sfociavano all’interno di essa sono stati estromessi dall’uomo, cosicché i contributi di acqua dolce ad oggi provengono da poche immissioni dalla rete di bonifica.

¹ Definizione Enciclopedia Treccani.

² Gottardo, 1975.

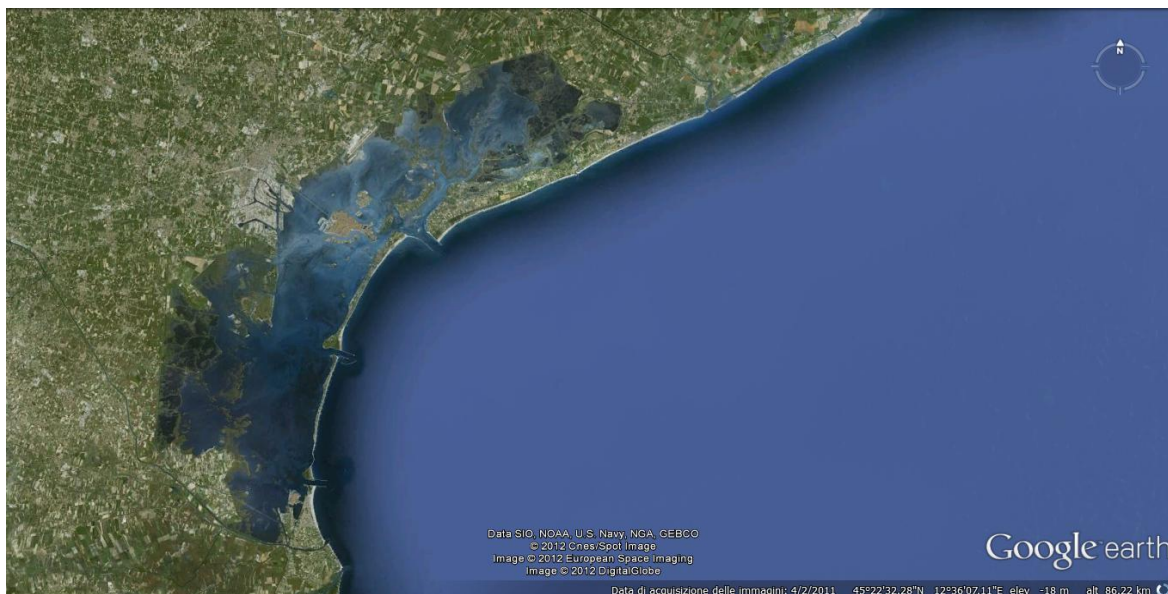


Figura 1 - Laguna di Venezia. Fonte immagine: Google Earth 2012

Per capire le modificazioni del bacino lagunare ed il rapporto tra laguna e mare è necessario comprendere come si propaga l'onda di marea dal Mare Adriatico all'interno della Laguna di Venezia.

I.1. Concetti sulle maree

Le maree (*tides*) sono periodici movimenti verticali della superficie del mare dovuti in prevalenza all'attrazione esercitata dai corpi celesti sulle masse d'acqua terrestri, in particolare la Luna e il Sole. Si definisce alta marea (o colmo) la fase in cui si ha la massima elevazione del livello marino, mentre la fase in cui si assiste alla quota minima della superficie liquida è detta bassa marea (o cavo). La differenza tra alta e bassa marea viene chiamata escursione o ampiezza di marea.

Le maree sono le onde più lunghe che si possono osservare ed hanno un periodo di circa 12^h25' ed una lunghezza pari a metà della circonferenza terrestre. In base alla periodicità con cui si verificano i colmi e i cavi si distinguono maree di tipo diverso:

- *maree diurne*, quando si verifica una sola alta marea e una sola bassa marea al giorno;
- *maree semidiurne*, quando si verificano due alte maree e due basse maree al giorno di ampiezza poco diversa;
- *maree miste*, quando si verificano due alte maree e due basse maree al giorno di ampiezza molto diversa.

L'ampiezza delle maree risulta sensibilmente diversa in base alla morfologia dei bacini in cui si verificano ma, in generale, i valori minimi si registrano in mezzo agli oceani mentre i valori massimi si presentano in prossimità delle coste. Nelle isole Midway ad esempio, situate in pieno Oceano Pacifico, l'escursione di marea è pari a circa 30 cm mentre nella Baia di Fundy, sulla costa atlantica del Nord America, l'ampiezza di marea arriva fino a 20 m. Nel Mediterraneo si hanno generalmente deboli escursioni di marea, con valori inferiori a 50 cm, con qualche eccezione per il golfo di Gabès (Tunisia) e l'Alto Adriatico, in cui si raggiungono valori superiori ai 100 centimetri³.

La misurazione dei livelli di marea si realizza attraverso degli strumenti detti mareografi (descritti successivamente nel capitolo III) che permettono di tracciare un grafico che mostra la variazione del livello nel tempo.

La marea osservata in una stazione mareografica è composta essenzialmente da due componenti principali, quella astronomica e quella meteorologica.

La componente astronomica deriva dagli effetti di attrazione gravitazionale svolta dagli astri sulle masse d'acqua terrestri. L'intensità con cui si esplica la forza di attrazione è definita dalla Legge di Newton:

$$F_a = G \frac{m_1 \cdot m_2}{d^2}$$

nella quale:

G = costante di gravitazione universale

m_1 e m_2 = masse dei due corpi che si attraggono

d = distanza tra i baricentri dei due corpi

L'altra forza che interviene a determinare la marea astronomica è quella centrifuga dovuta alla rotazione del sistema Terra-Luna attorno al proprio asse baricentrico.

Queste due forze sono in equilibrio nel punto baricentrico del sistema Terra-Luna, mentre non è così sulla superficie terrestre, producendo degli spostamenti delle masse d'acqua. In particolare sulla faccia rivolta verso la Luna prevale la forza di attrazione gravitazionale, viceversa nella faccia opposta domina la forza centrifuga provocando in questo modo due fenomeni di alta marea.

Nelle zone che presentano lo zenit ortogonale con la congiungente baricentrica Terra-Luna si verifica una bassa marea.

³ Matteotti, 2004.

Le masse d'acqua sono inoltre influenzate dall'attrazione solare. A seconda della posizione relativa assunta dai tre astri (Sole, Terra e Luna) il fenomeno della marea viene ad essere esaltato o ridotto. Quando questi sono allineati lungo la stessa congiungente (periodi di Luna nuova e Luna piena) si ha la sovrapposizione degli effetti di attrazione determinando le più alte e le più basse maree mensili chiamate *sizigiali*⁴ (fig. 2).

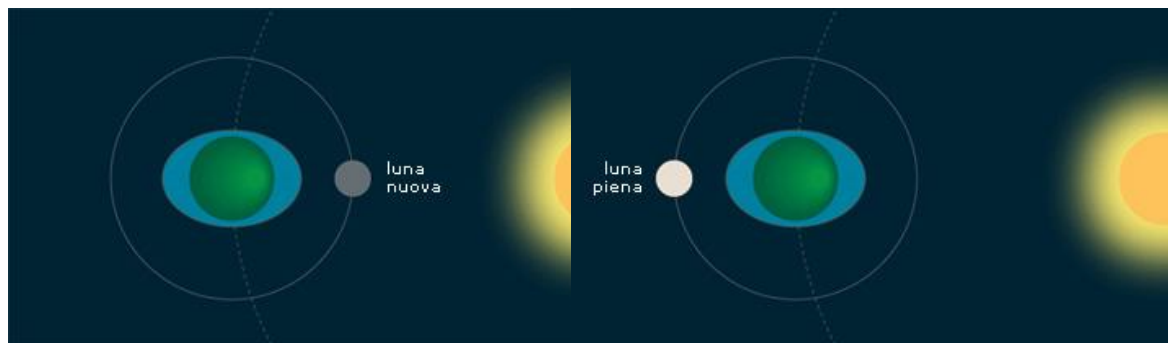


Figura 2 - Maree sizigiali. Fonte immagine: sito Consorzio Venezia Nuova

Nei periodi in cui la Luna nel suo moto di rivoluzione si trova in posizione ortogonale alla congiungente Terra-Sole (primo e ultimo quarto) si ha che le forze di attrazione esercitate dalla Luna e dal Sole formano un angolo di 90° per cui gli effetti sulle masse d'acqua sono ridotti. In questo caso le maree sono definite di *quadratura* e si presentano come le più basse alte maree e le più alte basse maree mensili⁵ (fig. 3).

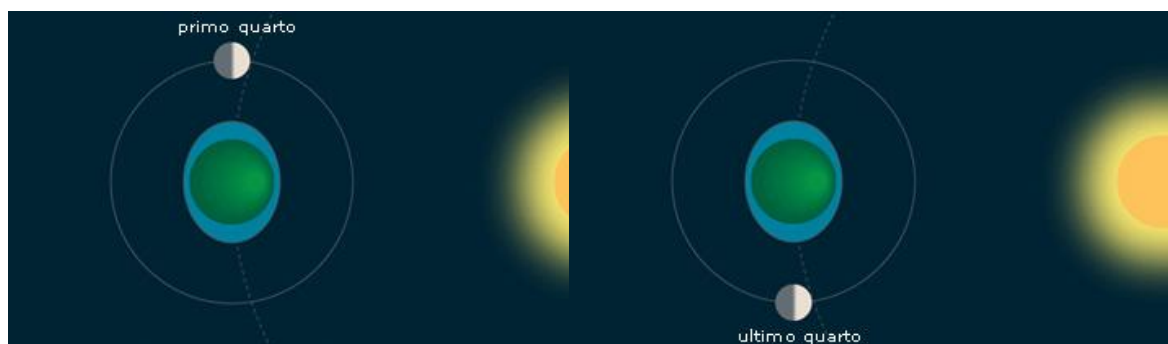


Figura 3 - Maree di quadratura. Fonte immagine: sito Consorzio Venezia Nuova

Come si può osservare, la marea astronomica essendo determinata dalle diverse posizioni relative assunte dagli astri nel tempo risulta sempre ricavabile note le leggi fisiche che regolano il loro moto nello spazio. L'andamento potrà essere ottenuto dalla sovrapposizione di più componenti periodiche.

⁴ Vultaggio, 2012.

⁵ Vultaggio, 2012.

A determinare i livelli di marea registrati in una data località intervengono però ulteriori fattori legati a fenomeni meteorologici, in particolare pressione e vento.

La pressione agisce sul mare attraverso l'*effetto barometrico inverso* ossia: all'aumentare della pressione, la quota del livello marino viene depressa, mentre nei casi di bassa pressione la superficie liquida risulta più elevata rispetto alle condizioni normali. Per avere un'idea del contributo che la pressione atmosferica ha sulla marea basti pensare che in mare aperto, secondo la teoria idrostatica, ad una diminuzione della pressione atmosferica di 1 hPa corrisponde un innalzamento di circa 1 cm del livello marino.

Il vento invece è uno spostamento di masse d'aria dovuto ai gradienti di pressione che intercorrono tra un fenomeno anticiclonico (alta pressione) e uno ciclonico (bassa pressione) che cessa qualora si ritorni ad un nuovo equilibrio barico. Il vento, a causa dell'attrito, rende instabile la superficie del mare originando moto ondoso provocando movimenti d'acqua lungo la direzione di propagazione.

La componente meteorologica sulla marea è comunemente chiamata *sovralzo* e viene calcolata sottraendo dai livelli di marea reale registrati presso la stazione mareografica quelli corrispondenti alla marea astronomica calcolata per quel sito.

I.2. Marea in Adriatico

Nel paragrafo precedente è stata descritta la propagazione dell'onda di marea in ambito generale, essa però assume caratteristiche diverse a seconda delle peculiarità morfologiche del bacino in cui si sviluppa. Il Mar Adriatico si presenta come un bacino stretto e allungato sviluppato in direzione prevalente NO-SE. È lungo circa 800 km e largo mediamente 150 km con una profondità che nella zona settentrionale è inferiore ai 100 m e aumenta fino a circa 1200 m al largo della costa pugliese. Questa sua conformazione, con larghezza e fondale che si riducono verso Nord, causa l'incremento dell'escursione della marea astronomica che penetra dal Mar Mediterraneo. Infatti, da un'escursione media pari a ± 10 cm all'altezza del Canale di Otranto, si arriva ad avere nella Laguna di Venezia un'escursione media dell'ordine di ± 60 cm, con valori massimi di $\pm 75 \div 80$ centimetri⁶.

Analizzando i dati mareografici registrati in numerose stazioni disposte lungo tutto lo sviluppo costiero adriatico sono state individuate le componenti diurne e semidiurne più significative per determinare la marea astronomica nel bacino adriatico e la loro propagazione può essere descritta da due famiglie di curve: le linee cotidali e le linee di

⁶ Berrelli, 2004.

egual semiampiezza di marea. Le prime rappresentano il luogo dei punti in cui si verifica l'alta marea nello stesso istante, mentre la seconda famiglia di curve unisce i punti che mostrano lo stesso valore di semiampiezza di marea⁷.

Le componenti di marea diurne si propagano da Est verso Ovest con linee cotidali che si sviluppano con direzione prossima a quella dell'asse longitudinale adriatico. Le linee di egual semiampiezza seguono, invece, una direzione trasversale con valori che aumentano dallo Stretto di Otranto fino al Golfo di Trieste (fig.4).

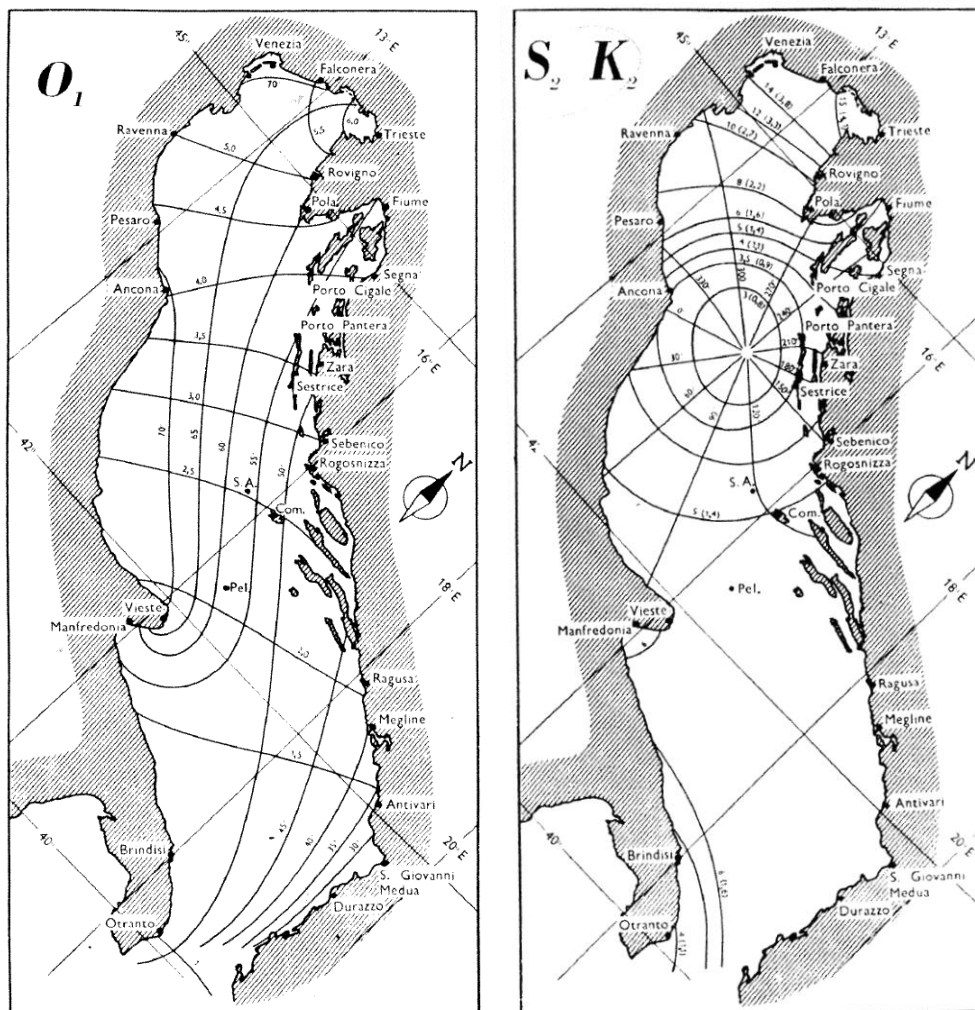


Figura 4 - A sinistra componente di marea lunare diurna principale (O_1); a destra componenti di marea solare semidiurna principale (S_2) lunisolare declinazione semidiurna (K_2)

Nella propagazione delle componenti di marea semidiurne le linee cotidali si mostrano come raggi che dipartono da un punto anfidromico situato in posizione intermedia della congiungente tra Ancona e Sebenico (Croazia). Esse ruotano in senso antiorario per cui quando l'onda di marea entra nel Mare Adriatico risale lungo le coste orientali e scende

⁷ Polli, 1960.

percorrendo le coste italiane. Le linee di egual semiampiezza si dispongono a forma di ellisse attorno al punto anfidromico: in tale punto la semiampiezza di marea è nulla con valori che si incrementano allontanandosi da esso. I dettagli sono visibili in figura 4.

I.3. Marea in Laguna di Venezia

La Laguna di Venezia è collegata al mare attraverso le tre bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia ed ovviamente il regime mareale è determinato da quello presente nel Mare Adriatico. L'onda di marea, entrando attraverso i varchi dati dalle bocche di porto, subisce una forte attenuazione e un ritardo. La propagazione all'interno dello specchio d'acqua lagunare si sviluppa dapprima attraverso i canali che dipartono dalle bocche per poi diffondersi all'interno del bacino, seguendo le cosiddette direttrici di marea⁸ (fig. 5).

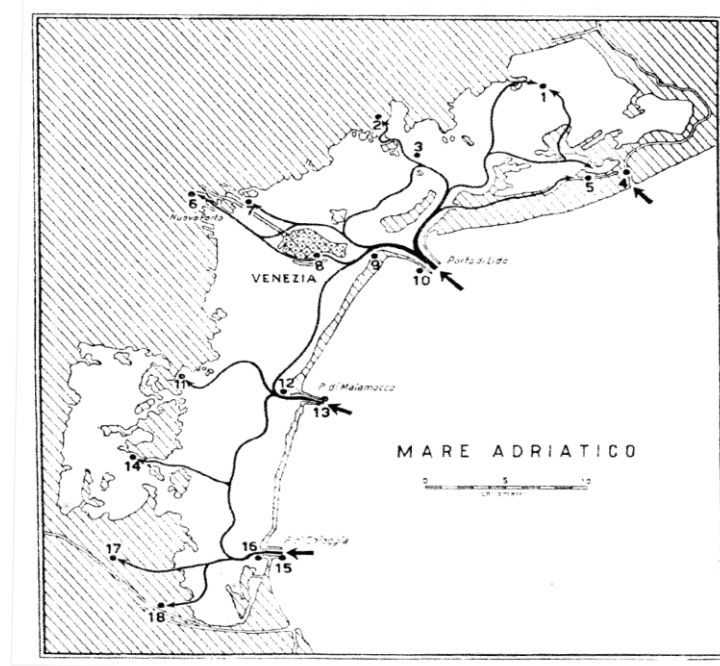


Figura 5 - Principali direttrici di marea dalle bocche di porto lagunari

Le sezioni e le profondità dei canali si riducono man mano che aumenta la distanza dai porti-canale cosicché la marea incontra maggiori resistenze al moto proseguendo verso le zone più interne. Questo fatto provoca l'attenuazione dei colmi e dei cavi e un aumento dei

⁸ Polli, 1952.

ritardi medi, che raggiungono le 2 ore e 30 minuti⁹ nelle porzioni più settentrionali della laguna, zona in cui sono presenti ampie superfici barenicole¹⁰.

La misurazione della marea nella Laguna di Venezia e nell'arco costiero alto Adriatico si realizza attraverso la presenza di 52 stazioni meteo-mareografiche, che costituiscono la Rete Mareografica della Laguna di Venezia e dell'alto Adriatico (RMLV), le quali registrano il livello di marea nelle diverse località ad intervalli regolari di 5 o 10 minuti. La RMLV è gestita dal Servizio Laguna di Venezia dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale (ISPRA). Presso alcune delle stazioni sono installati strumenti che misurano l'ampiezza e il periodo del moto ondoso, nonché parametri meteorologici come precipitazione, pressione atmosferica, temperatura dell'aria, velocità e direzione del vento, radiazione solare e umidità relativa. La registrazione dei dati mareografici occupa un ruolo importante nel campo del monitoraggio dell'ambiente lagunare in quanto permette, tra le varie di osservare nel tempo le modificazioni morfologiche e idrauliche. Ad esempio, analizzando i dati raccolti, possono essere valutate le variazioni morfologiche e idrauliche indotte dalle opere realizzate alle bocche di porto o l'andamento dei processi erosivi in atto. Una parte degli studi ambientali che vengono svolti dal Servizio Laguna di Venezia possono essere riassunti attraverso gli indicatori di sintesi inseriti nell'Annuario dei dati ambientali di ISPRA nella sezione "Idrosfera", ma vengono inoltre realizzati numerosi prodotti divulgativi per diffondere nella collettività una sensibilità ambientale verso la città di Venezia, la sua laguna ed il tratto di mare antistante il litorale Nord Adriatico.

⁹ Previsioni delle altezze di marea per il bacino San Marco e delle velocità di corrente per il Canal Porto di Lido – Laguna di Venezia. Valori astronomici (2012).

¹⁰ Barena: struttura geomorfologia diffusa nelle lagune, che è costantemente emerse dalle acque tranne nei periodi di alta marea.

II. Metodologia

Nei paragrafi seguenti sono descritte le procedure di validazione dei dati meteo-mareografici e le metodologie per la comunicazione efficace dei dati ambientali alla collettività, attività proprie del Servizio Laguna di Venezia e dell'Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale.

La procedura di validazione rappresenta la fase attraverso cui si analizzano ed elaborano i dati raccolti dalla RMLV per poterli successivamente utilizzare per la redazione di documenti tecnico-scientifici. Inoltre l'obiettivo del Servizio e, in generale, di ISPRA è quello di fare in modo che tutto il lavoro divulgato possa raggiungere un pubblico sempre più ampio; risulta quindi necessario studiare attività per migliorare la comunicazione e la visibilità delle informazioni fornite alla collettività.

Il lavoro è esposto in modo tale che il lettore possa comprendere e ripercorrere le operazioni svolte, questo per garantire trasparenza e ripetibilità delle attività realizzate durante il tirocinio.

III. Dalla raccolta alla divulgazione dei dati ambientali

La raccolta dei dati mareografici, affidata alla RMLV, si basa sulla presenza di stazioni mareografiche disposte in diversi siti nella Laguna di Venezia e nell'arco costiero alto Adriatico.

Una stazione mareografica è generalmente costituita da una cabina sorretta da pali di fondazione e circondata da ulteriori pali emersi per permettere l'accosto delle imbarcazioni durante i periodici sopralluoghi per la manutenzione (fig. 6). All'interno della cabina sono posizionati gli strumenti di misura e le apparecchiature per l'acquisizione e la trasmissione dei dati rilevati.



Figura 6 - Stazione mareografica di Canal Ancora. Fonte immagine: ISPRA – Servizio Laguna di Venezia

La cabina mareografica presenta un'apertura sul pavimento dalla quale diparte il cosiddetto “*pozzetto di calma*” collegato al mare tramite due fori opposti e sfalsati che consentono di filtrare il segnale mareale, smorzando le oscillazioni di alta frequenza causate dal moto ondoso. In questo modo si conservano solamente le componenti del segnale con periodo più lungo, cioè le maree. Nel pozzetto di calma viene posto un galleggiante che è allacciato ad una puleggia tramite un filo teso da un contrappeso, mentre la puleggia è collegata al dispositivo che consente di registrare i dati. I mareografi attualmente in uso sono a funzionamento digitale: essi registrano i dati nella memoria interna e contemporaneamente

li inviano alla centrale tramite un collegamento in ponte radio, oppure attraverso la rete gsm. Precedentemente a questi si utilizzavano mareografi meccanici che non trasmettevano i dati in automatico ma li registravano in continuo su di un diagramma cartaceo grazie ad un pennino ad inchiostro. Recentemente sono stati installati anche strumenti che non necessitano del galleggiante, né della cabina mareografica in calcestruzzo. Tra questi si possono citare l'ondametro e l'idrometro a pressione. Il primo è costituito da un sensore ad ultrasuoni che misura il tempo che intercorre tra l'invio del segnale dallo strumento e la ricezione di quello riflesso dalla superficie liquida. Il livello di marea in questo caso è calcolato in modo indiretto operando una media mobile con una adeguata finestra temporale per filtrare i fenomeni ad alta frequenza. L'idrometro a pressione è posto invece sul fondo del mare e la quota di marea viene valutata misurando la pressione sviluppata dalla colonna d'acqua che lo sovrasta.

Per essere utilizzabili, le serie di dati osservati devono essere riportate ad un piano di riferimento. In particolare, per la Laguna di Venezia questo piano è dato dallo Zero Mareografico di Punta della Salute (Z.M.P.S.), il quale rappresenta il livello medio mare osservato nell'omonima stazione nel 1897, calcolato mediando 25 anni di dati (dal 1885 al 1909) ed assegnando il valore di riferimento all'anno centrale. Attualmente lo Z.M.P.S. risulta più basso dello zero della rete altimetrica dello Stato (IGM Genova 1942) di circa 23 cm. Gli strumenti della RMLV sono tarati per fornire direttamente il valore misurato rispetto allo Z.M.P.S. (ad eccezione dei mareografi situati nella Laguna di Marano-Grado, strumenti tarati su IGM '42).

III.1. Il trattamento dei dati mareografici

Con i dati registrati dai mareografi è possibile costruire dei grafici su un piano cartesiano nel quale in ascissa si ha l'orario e in ordinata il relativo livello di marea. Questi dati sono detti "grezzi" perché sono valori provenienti direttamente dagli strumenti e non hanno subito nessun processo di elaborazione ed analisi.

Per assicurare la continuità della raccolta delle serie di dati, le stazioni sono regolarmente visitate dal personale addetto alla manutenzione e taratura dei mareografi e degli altri strumenti in modo tale da evitare perdite di dati e ridurre eventuali errori causati da malfunzionamenti. Ad ogni visita i tecnici compilano un'apposita scheda stazione che permette, durante la successiva fase di validazione delle serie, di risalire alle operazioni svolte così da intervenire adeguatamente sulla loro correzione.

Il processo di validazione costituisce un momento fondamentale tra la raccolta e la divulgazione dei dati in quanto consente di stabilire, attraverso una sequenza di controlli e procedure, che le serie di dati “grezzi” (quelle provenienti dagli strumenti) siano corrette e rese idonee per essere messe a disposizione degli utenti nonché per poter svolgere studi e realizzare pubblicazioni scientifiche.

Il processo di validazione si sviluppa attraverso quattro fasi consequenziali:

- Filtro dei dati grezzi;
- Analisi del sovrizzo;
- Analisi per direttrice di marea;
- Analisi del livello medio mare.

Nella fase iniziale si applica un filtro differenza per individuare gli errori più grossolani nei dati dovuti principalmente a guasti o malfunzionamenti degli strumenti di misura o del sistema di trasmissione dei dati. Il filtro si realizza operando il confronto tra valori successivi della serie di dati: se la loro differenza supera un valore soglia (generalmente 5 o 10 cm) si è in presenza di un possibile errore. Gli errori più comuni che si possono riscontrare attraverso il filtro sono gli *spike*, gli *scarrucolamenti*, i *blocchi*, presenza di *dati mancanti* o *valori privi di significato* (descritti nel successivo capitolo).

Il secondo passo riguarda l'analisi del sovrizzo¹¹. Viene determinato sottraendo la curva della marea astronomica da quella della marea registrata. La marea astronomica, diversa per ogni stazione, si determina dai dati misurati attraverso un'analisi per componenti armoniche scomponendo il segnale nelle diverse curve periodiche. Ognuna di queste componenti, esprimibile con una funzione sinusoidale, è contraddistinta da un'ampiezza A_n , da una frequenza angolare σ_n e da un ritardo di fase κ_n . La marea astronomica si esprime con la formula seguente:

$$y(t) = A_0 + \sum_{n=1}^N A_n \cos(\sigma_n t - \kappa_n)$$

nella quale:

A_0 livello di riferimento, ad oggi +26 cm sullo Z.M.P.S.¹²

N numero di componenti armoniche individuate

¹¹ Sovrizzo: rappresenta la componente meteorologica e residuale della marea osservata rispetto a quella astronomica.

¹² Cordella et al., 2010.

Per il calcolo della marea astronomica nella Laguna di Venezia sono sufficienti otto componenti. Con i mezzi attualmente a disposizione, considerare ulteriori componenti oltre ad essere inutile ai fini pratici non aiuterebbe a migliorare la precisione del calcolo. Nella tabella 1 si osservano quelle calcolate per la stazione di Punta della Salute per l'anno 2012.

COSTANTI ARMONICHE DELLA MAREA ASTRONOMICA PUNTA DELLA SALUTE - ANNO 2012								
	Componenti semidiurne				Componenti diurne			
	M ₂	S ₂	N ₂	K ₂	K ₁	O ₁	P ₁	S ₁
A (cm)	24.8	14.5	4.1	4.3	17.8	5.2	5.8	1.5
σ _n (gradi/h)	28.98	30.00	28.44	30.08	15.04	13.94	14.96	15.00
κ (gradi)	308	318	307	311	86	76	83	275

Tabella 1

In condizioni normali la curva del sovrizzo mostra un andamento irregolare, mentre in presenza di errori di sfasamento dell'orologio dello strumento si nota una certa alcune periodicità nella curva stessa.

La terza fase consiste nell'analisi per direttrice di marea, nella quale si confrontano i livelli di marea di più stazioni mareografiche poste lungo la stessa direttrice di propagazione. Le direttrici di marea sono i percorsi preferenziali attraverso cui le masse d'acqua si muovono nelle fasi di flusso e riflusso di marea. Queste sono costituite dai canali naturali e artificiali che dalle bocche di porto si snodano fino alla laguna interna (fig. 5). Grazie a questa analisi è possibile riscontrare problemi nell'andamento della marea dal mare fino alla conterminazione lagunare. Lungo una direttrice la marea subisce un'attenuazione di ampiezza e un ritardo di fase. Se dal confronto tra le diverse stazioni si rileva un andamento differente da quello descritto (ad esempio con ritardi di fase diversi da quelli teorici o esaltazioni di marea dalle bocche alla laguna interna) è sintomo che nei punti precedenti non sono state eseguite le adeguate correzioni dei dati. Inoltre, dall'analisi delle direttrici di marea si possono riscontrare errori nella taratura degli strumenti, oppure variazioni della quota dei caposaldi delle stazioni.

L'ultimo punto della procedura di validazione è dato dall'analisi e confronto dei livelli medi decadali, mensili e annuali tra stazioni prossime o appartenenti alla medesima direttrice di marea. Anche questo controllo, abbinato all'esame delle quadrature di marea, è importante per valutare la bontà dei dati verificando inoltre che non ci siano problemi nelle quote dei caposaldi delle stazioni.

Dopo che una serie di dati ha superato con successo i controlli elencati, si può ritenere che sia corretta e quindi la si intende “validata”. Il processo di validazione, tuttavia, non deve essere ritenuto un risultato assoluto in quanto può racchiudere al suo interno fattori soggettivi dell’operatore che lo esegue. La validazione quindi può essere ripetuta anche in un secondo momento se si accertano errori o a seguito di nuove conoscenze che non erano disponibili al momento della validazione originale.

Si evince quindi che il processo di validazione costituisce un momento essenziale per poter successivamente svolgere qualunque studio o analisi tecnico-scientifica. Ogni anno sono esaminati gli sviluppi della propagazione della marea nella Laguna di Venezia legati alle modificazioni dell’ambiente lagunare, vengono prodotti bollettini meteo-mareografici mensili, si analizzano eventi di marea significativi e degni di descrizione, ecc. E’ intuibile quindi che, per fornire al pubblico prodotti di qualità e con contenuti di interesse, i dati raccolti debbano essere rigorosamente controllati mediante l’utilizzo dei più alti standard qualitativi¹³.

III.2. La comunicazione dei dati ambientali

Tutto quello che viene prodotto dal Servizio Laguna di Venezia di ISPRA è inserito nel portale web www.ispravenezia.it, il sito istituzionale della sede veneziana di ISPRA attraverso il quale vengono diffusi dati e informazioni ambientali raccolti, elaborati ed analizzati nel corso delle attività di monitoraggio e studio.

La comunicazione dei dati ambientali è un aspetto di fondamentale importanza in quanto permette anche ad un pubblico non tecnico di essere coinvolto nelle attività di interesse collettivo che l’Ente svolge. Per essere efficace, la comunicazione deve essere utilizzata come servizio per il pubblico; è infatti necessario utilizzare strumenti adeguati e tarati alle diverse categorie di utenti. Essa in questo modo produce conoscenza nell’opinione pubblica.

Innanzitutto si devono predisporre contenuti di qualità, puntuali, costantemente aggiornati e di concreta utilità per l’utente: in questo modo si forma in lui la consapevolezza che l’Ente è competente e autorevole nello svolgere le proprie funzioni.

Successivamente bisogna porre attenzione su come presentare le informazioni al pubblico attraverso prodotti di natura tecnica, non troppo analitici che sarebbero di difficile

¹³ ISPRA, 2012.

comprensione. Si deve cercare, pertanto, di ottimizzare l'accessibilità dell'informazione senza impoverire significativamente il contenuto.

Gli strumenti con cui trasmettere le informazioni consistono nella realizzazione di diversi prodotti che si differenziano per grado di analiticità e sintesi. Tra questi troviamo le banche dati ambientali, articoli scientifici, relazioni tecnico-scientifiche, annuari dei dati ambientali, relazioni sullo stato dell'ambiente, comunicati ai mass media, bollettini periodici, atti di convegni, ecc. In base al dettaglio con cui questi prodotti vengono realizzati si fornisce al pubblico un'informazione che va da quella di carattere generale descrittiva e intuitiva, fino ad arrivare all'informazione più tecnica, scientifica e sintetica per gli utenti più specializzati.

Per essere efficace, la comunicazione verso l'esterno deve prima essere alimentata da una cultura dell'informazione e della comunicazione all'interno dell'Ente stesso promuovendo il dialogo, la formazione e l'interesse di tutti i dipendenti della struttura per una fattiva collaborazione nella realizzazione di prodotti che vengono divulgati. Il coinvolgimento di più persone giova alla qualità dei prodotti stessi e fa sì che tutti si rendano partecipi nel

migliorare il servizio offerto al cittadino. Successivamente è utile avere anche un feedback da parte dei fruitori esterni per avvicinarsi sempre di più alle loro esigenze. In quest'ottica è auspicabile l'attuazione di iniziative di *customer satisfaction*.

Il sito web www.ispravenezia.it (fig. 7) è stato costruito seguendo i criteri sopra descritti. La struttura del sito è composta dalle sezioni accessibili dal menù orizzontale: Home, News, Istituto, La marea, Dati, Modellistica, Meteo e Marea, Ricerche e Link.

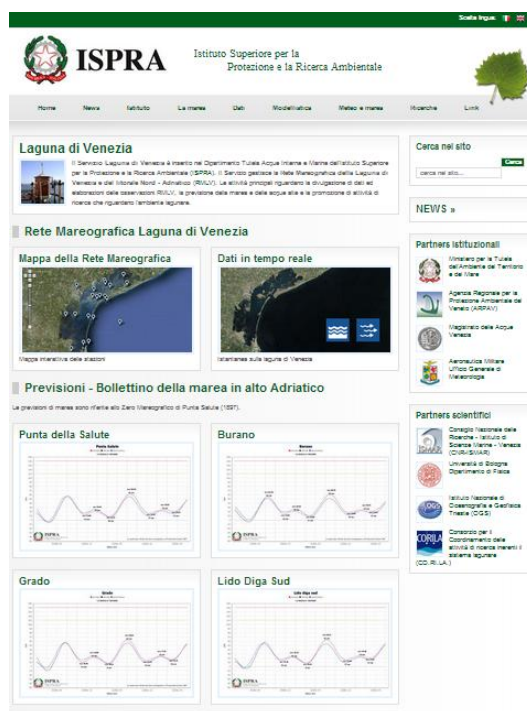


Figura 7 - "Home page" del portale www.ispravenezia.it

Le sezioni a loro volta sono formate da pagine “statiche” oppure da pagine “dinamiche”. Le prime contengono testi e informazioni riguardanti l'attività svolta e i processi meteo-marini che si verificano nell'ambito alto Adriatico (ad esempio le sezioni [Istituto](#) e [La](#)

[marea](#)). Le pagine dinamiche, invece, sono oggetto di continui aggiornamenti perché recuperano i dati in automatico dal data base dell'Ufficio (sezione "Dati"). Notevole importanza assume la pagina con la visualizzazione dei dati misurati in tempo reale dalle stazioni mareografiche, quella di aggiornamento della previsione di marea con le simulazioni dei modelli numerici, il bollettino giornaliero di previsione e la parte riguardante la sezione [Dati](#), nella quale sono inseriti i dati delle ultime 24/48 ore e le serie storiche validate. Il vantaggio delle pagine dinamiche è quello trasmettere informazioni in maniera maggiormente empatica e intuitiva verso l'utente rispetto alle pagine statiche, pagine queste adibite a fornire indicazioni di base utili alla fruizione del sito stesso.

Nelle sezioni [Meteo e Marea](#) e [Ricerche](#) trovano spazio alcuni elaborati redatti dal Settore Studi e Pubblicazioni come i Bollettini Meteo-Mareografici diffusi mensilmente (un esempio nell'allegato VII.1), le analisi di eventi di marea significativi verificatisi nella Laguna di Venezia e nell'arco costiero alto Adriatico (esempio nell'allegato VII.2), tavole annuali di marea, nonché documenti tecnici e articoli scientifici pubblicati dal Servizio Laguna di Venezia. Tutti questi prodotti sono consultabili liberamente cliccando i collegamenti inseriti all'interno del testo.

Anche le serie storiche validate, collocate nell'apposita sezione "Dati", sono consultabili, ma per scaricarle è necessaria la registrazione al sito inserendo le proprie credenziali. Tra queste viene richiesta anche la e-mail, utile per ricevere eventuali comunicazioni periodiche (le e-mail vengono inserite in un'apposita "mailing list" in fase di realizzazione).

Nella pagina [Link](#) infine sono presenti collegamenti con siti di interesse per il fenomeno delle maree in Adriatico o per i temi ambientali trattati, nonché link di partner istituzionali.

IV. Attività svolta durante il tirocinio di formazione ambientale

In questo capitolo è presentata l'attività che ho svolto durante il tirocinio presso il Servizio Laguna di Venezia di ISPRA.

IV.1. Validazione dei dati mareografici di alcune stazioni della laguna settentrionale

La procedura di validazione dei dati di marea descritta nel capitolo precedente è stata svolta per cinque stazioni della RMLV ubicate nella porzione settentrionale della Laguna di Venezia (figura 8). I dati mareografici validati sono quelli registrati negli anni 2009, 2010, 2011 presso le stazioni elencate in tabella 2.

Stazioni	Anni di validazione	Mareografi installati
Treporti	2009 – 2010 – 2011	1 strumento a galleggiante
Le Saline	2009 – 2010 – 2011	1 strumento a galleggiante
Canal Ancora	2009 – 2010 – 2011	1 strumento a galleggiante
Grassabò	2011	2 strumenti a galleggiante
Cavallino Centro	2011	2 strumenti a galleggiante

Tabella 2



Figura 8 - Stazioni appartenenti alla RMLV oggetto di validazione. Fonte immagine: Google Earth 2012

Prima di iniziare le operazioni di controllo dei dati sono state preliminarmente raccolte le informazioni riguardanti le visite eseguite dal personale addetto alla manutenzione. Le

stazioni vengono periodicamente ispezionate al fine di mantenere in buono stato di efficienza la rete mareografica, scaricare i dati salvati nella memoria interna gli strumenti, nonché tararli qualora questi non registrino correttamente i valori di marea. L'intervento di taratura viene preceduto dal cosiddetto “stop” del mareografo: l'operatore, quando arriva in una stazione, misura manualmente con una cordella metrica la quota di marea (annotando anche l'ora esatta in cui si svolge il controllo) e verifica che lo strumento indichi gli stessi valori osservati (orario e livello di marea). Nel caso in cui il livello mostrato dal mareografo differisce da quello misurato manualmente, si procede a regolare l'apparecchio. Per quanto riguarda la regolazione dell'orologio interno viene tollerato uno scostamento massimo dall'orario effettivo pari a ± 10 minuti.

Al termine di questa procedura si svolge un'ulteriore “stop” prima di lasciare la stazione per verificare che la taratura effettuata sia stata eseguita correttamente. Tutte le operazioni svolte dal personale sono contestualmente annotate in un apposito registro denominato “scheda stazione” (esempio in tabella 3).

DATA	NOME STAZIONE		C.S.	OPERATORE
02/04/2010	Cavallino Centro		174.00	<i>Nome Cognome</i>
	Orario	Lettura	Note	
STOP Arrivo	10,30	177.00	-3.00	
Galleggiante 1	10,30	-3.00	Svuoto memoria e cambio batteria	
Galleggiante 2	10,32	-1.00	Regolo quota	
STOP Partenza	10,37	176.00	-2.00	

Tabella 3 - Esempio di scheda stazione: visita della stazione di Cavallino Centro il 2 aprile 2010

La scheda stazione contiene la data della visita, il nome della stazione, l'operatore che ha eseguito la manutenzione, nonché la quota del caposaldo (C.S.) riferita allo Z.M.P.S. espressa in centimetri. La quota di marea nell'istante di misurazione è determinata per differenza tra la quota del caposaldo e la distanza tra la piastrina mareografica e il pelo libero dell'acqua nel pozzetto di calma, quest'ultima misurata dall'addetto con la cordella metrica (fig. 9):

$$\text{Livello di marea} = 174.00 - 177.00 = -3.00 \text{ cm sullo Z.M.P.S.}$$

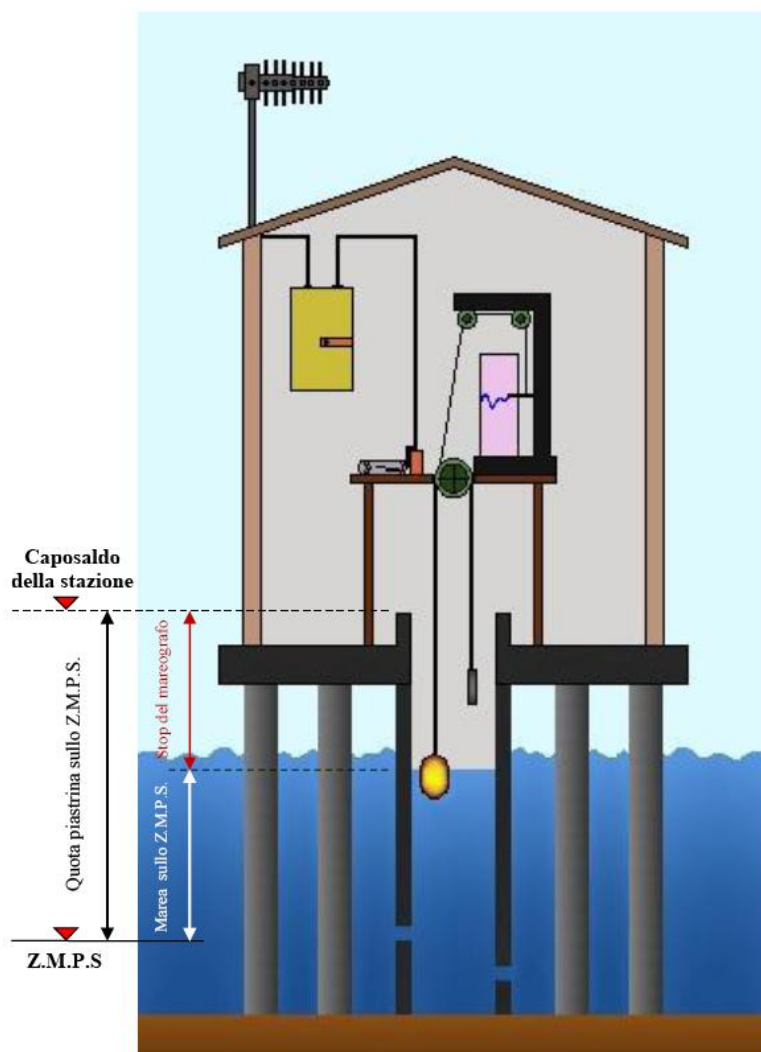


Figura 9 - Esempio di stazione mareografica

Questi documenti sono di fondamentale importanza nella prima fase della procedura di validazione, cioè quando si devono rilevare gli errori nelle serie di dati, in quanto forniscono delle indicazioni sull'entità della correzione da apportare e l'intervallo temporale dove ricercare il momento in cui si è verificato il problema allo strumento. Inoltre, da un'attenta analisi della scheda stazione si può intuire quale sia la serie di dati migliore da validare se nella stazione sono installati più strumenti.

Dopo questa fase preliminare si procede con la procedura di validazione vera e propria articolata in quattro fasi:

- Filtro dei dati grezzi;
- Analisi del sovrizzo;
- Analisi per direttrice di marea;
- Analisi del livello medio mare.

La fase del filtro dei dati grezzi consiste nello scorrere tutta la serie annuale dei dati provenienti dalle stazioni per individuare gli errori che possono essere presenti. Per renderli più facilmente visibili si utilizza un filtro differenza, cioè si confrontano due dati successivi (solitamente di 10 minuti) e se la loro differenza supera la soglia di $\pm 5/10$ cm si è probabilmente in presenza di un errore nella serie.

$$Filtro = x_i - x_{i-1}$$

dove:

x_i livello di marea nell'istante i

x_{i-1} livello di marea nell'istante $i - 1$

Grazie a questo metodo si riescono ad identificare errori quali:

- spike;
- scarrucolamenti;
- presenza di dati mancanti;
- blocchi degli strumenti;
- valori privi di significato.

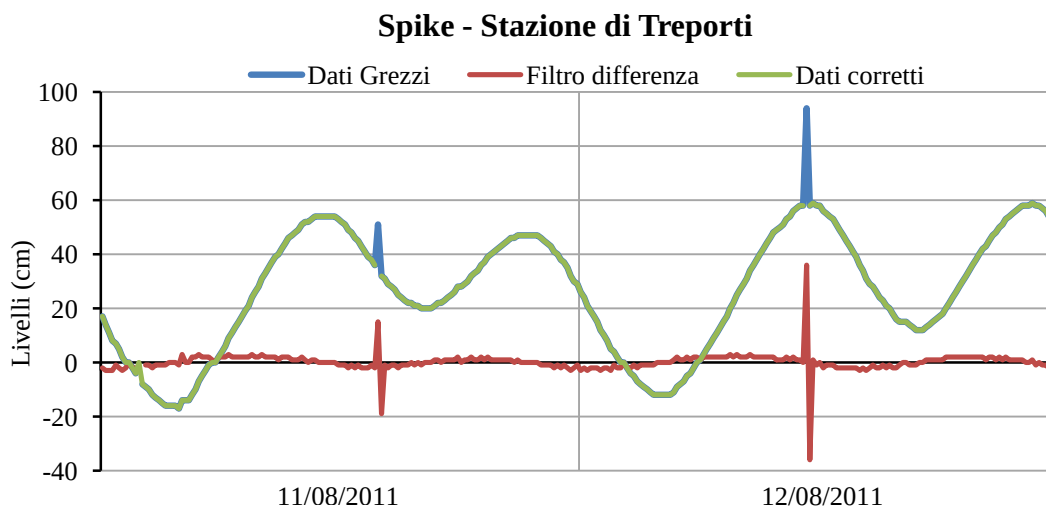


Figura 10 - Esempio di spike e relativa correzione. Stazione di Treporti, 11-12 agosto 2011

Uno *spike* (fig. 10) si mostra come un picco anomalo del tracciato di marea e si nota dal fatto che il filtro differenza oscilla rapidamente tra un valore positivo e uno negativo o viceversa. Solitamente lo spike è dovuto ad un'anomala registrazione del livello di marea da parte del mareografo e la correzione prevede l'eliminazione o l'interpolazione del dato anomalo. Tuttavia se si nota questo picco anche nelle serie degli altri strumenti della stessa

stazione e nelle stazioni più prossime è opportuno svolgere analisi più approfondite sulle cause che l'hanno provocato (ad esempio, un passaggio di una nave di grande stazza nei canali lagunari più importanti provoca un dislocamento d'acqua tale da generare uno spike).

Uno *scarrucolamento* è un errore che si osserva nelle serie registrate dai mareografi a galleggiante ed è contrassegnato da una traslazione improvvisa del tracciato di marea (fig. 11). La causa di questo errore è dovuta all'anomala rotazione di mezzo giro della puleggia. In questo caso nel filtro si osserva un solo picco positivo o negativo a seconda che lo scarrucolamento provochi una traslazione verso l'alto o verso il basso dei livelli registrati. Sapendo che la semicirconferenza della puleggia indica 20 cm di variazione di quota di marea, la correzione si realizza facilmente traslando i dati lungo l'asse y di questa entità ogni qualvolta si osserva uno scarrucolamento fino alla successiva visita della stazione.

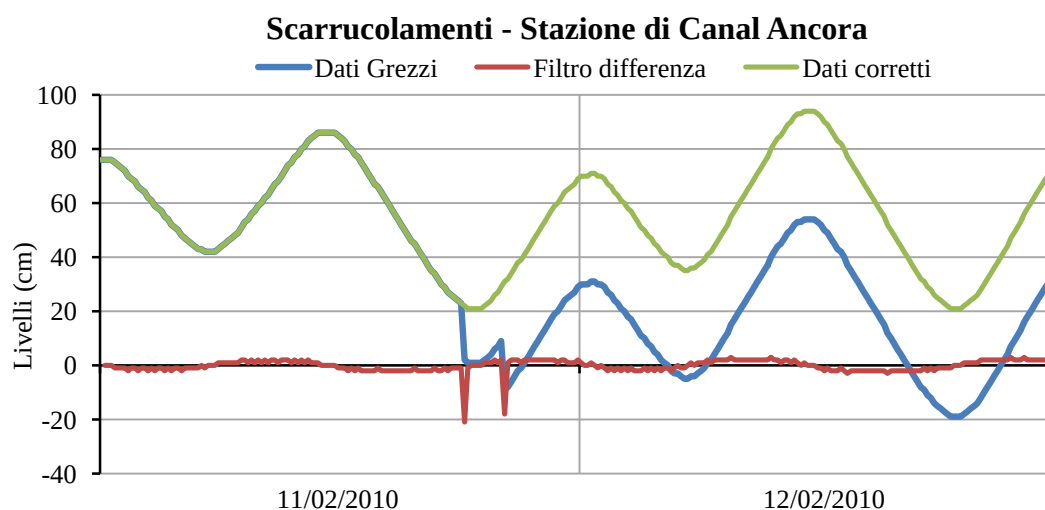


Figura 11 - Esempio di scarrucolamenti e relativa correzione. Stazione di Canal Ancora 11-12 febbraio 2010

Quando le serie registrate mostrano dei “buchi” si è in presenza di *dati mancanti*, problema dovuto principalmente a malfunzionamenti dello strumento. Sono facilmente visibili grazie al filtro differenza in quanto si nota un picco in corrispondenza del buco (fig. 12). I dati mancanti si possono recuperare dalle serie misurate dagli altri strumenti della stazione oppure, se il problema ha riguardato il sistema di trasmissione, i dati sono comunque salvati nella memoria interna del dispositivo e si trovano nelle serie scaricate manualmente dagli operatori durante le visite. Se si ha a disposizione una sola serie la modalità di correzione è diversa a seconda che i dati mancanti si presentino in una fase crescente o calante oppure vicino ai colmi o ai cavi. Nel primo caso si può pensare di ricostruire il

tracciato di marea interpolando i valori, nella seconda situazione, invece, non è possibile operare una correzione poiché non si conosce il reale andamento del colmo o del cavo.

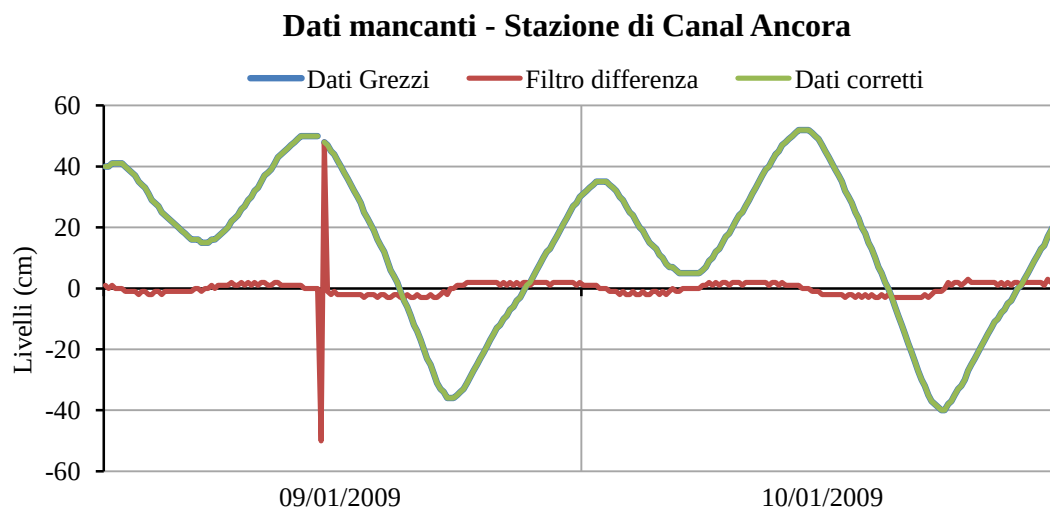


Figura 12 - Esempio di dati mancanti e relativa correzione. Stazione di Canal Ancora 9-10 gennaio 2009

Quando nei dati registrati si osserva un andamento con quota perfettamente costante si è in presenza di un *blocco del mareografo* (fig. 13). Questo avviene nel momento in cui la puleggia per qualche motivo non ruota impedendo così di registrare il reale andamento dei livelli. Generalmente, dopo un certo tempo il problema rientra e il tracciato di marea ritorna regolare. Il filtro differenza fa notare questo errore solamente nel momento in cui lo strumento si sblocca segnalando un picco positivo o negativo. L'errore può essere corretto ricavando i dati da un'altra serie mareografica se la stazione possiede più strumenti. Al contrario, se si ha a disposizione una sola serie la modalità di correzione come per il caso precedente può prevedere l'interpolazione oppure l'eliminazione dei dati.

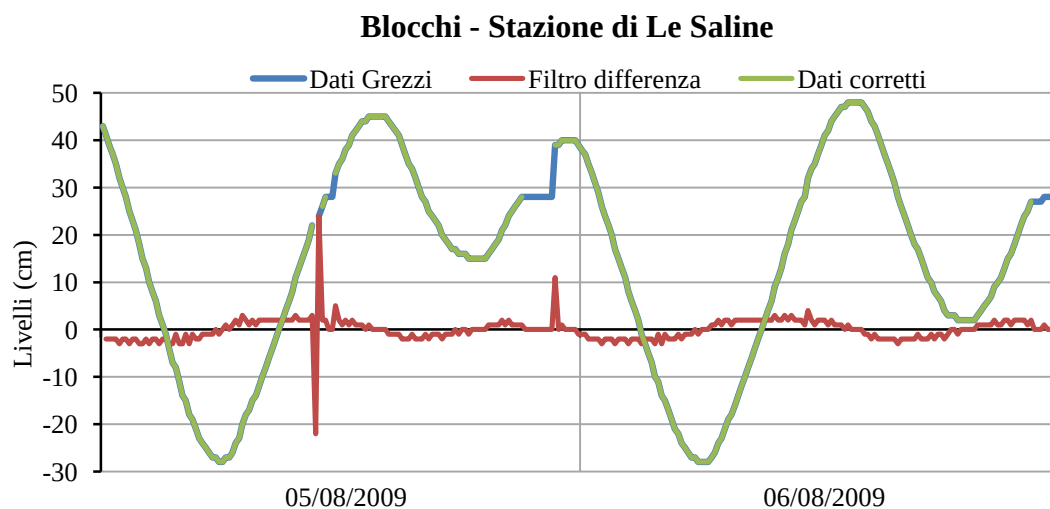


Figura 13 - Esempio di blocchi e relativa correzione. Stazione di Le Saline 5-6 agosto 2009

Infine, quando nei dati si rilevano *valori privi di significato* si procede alla loro eliminazione e sostituzione con dati corretti se si hanno a disposizione altre serie di dati per quella stazione. Questo errore è dovuto ai più disparati malfunzionamenti e avarie dei mareografi (fig. 14).

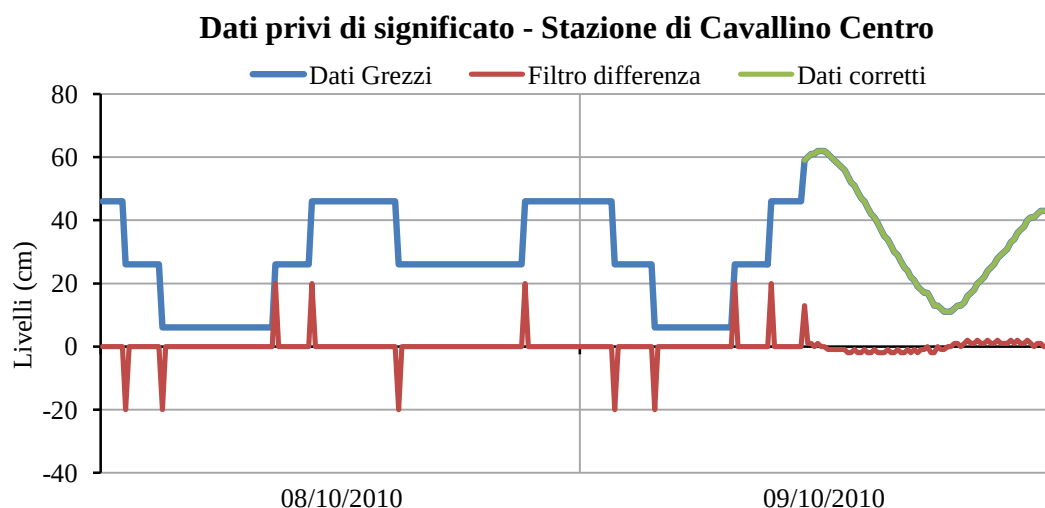


Figura 14 - Esempio di dati privi di significato e relativa correzione. Stazione Cavallino Centro 8-9/10/2010

Il secondo passo della procedura di validazione è dato dall'analisi del sovrалzo. Come affermato in precedenza, esso si ricava sottraendo dai valori della marea osservata quelli della marea astronomica. Questo tipo di analisi permette di rilevare scostamenti dell'orario del mareografo rispetto a quello reale. Infatti se lo strumento funziona correttamente il sovrалzo non dovrebbe presentare elementi di periodicità mentre, se l'orario è sfasato, nel grafico si evidenzia con andamento molto regolare del sovrалzo simile a quello della marea astronomica (fig. 15).

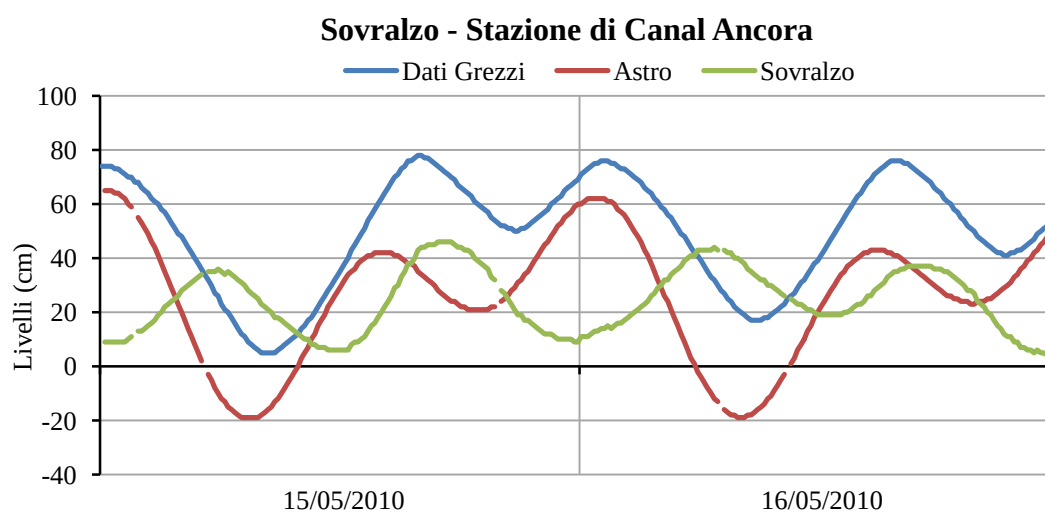


Figura 15 - Esempio di sovrалzo con periodicità. Stazione di Canal Ancora, 15-16 maggio 2010

È bene precisare che si nota un andamento periodico anche quando vi è la circolazione di una sessa¹⁴ nel Mare Adriatico, ma in questo caso l'oscillazione tende a smorzarsi dopo pochi giorni dal cessare delle forzanti che l'hanno innescata. Dalle schede stazioni si ricava l'entità della variazione di orario e la correzione dei dati consiste nella traslazione del grafico lungo l'asse dei tempi in modo graduale fino alla precedente visita della stazione. Oppure si possono eliminare i dati inidonei inserendo quelli registrati da un secondo strumento.

La fase dell'analisi della direttrice di marea si svolge confrontando le serie di dati delle stazioni poste lungo lo stesso percorso di propagazione dell'onda di marea all'interno della laguna.

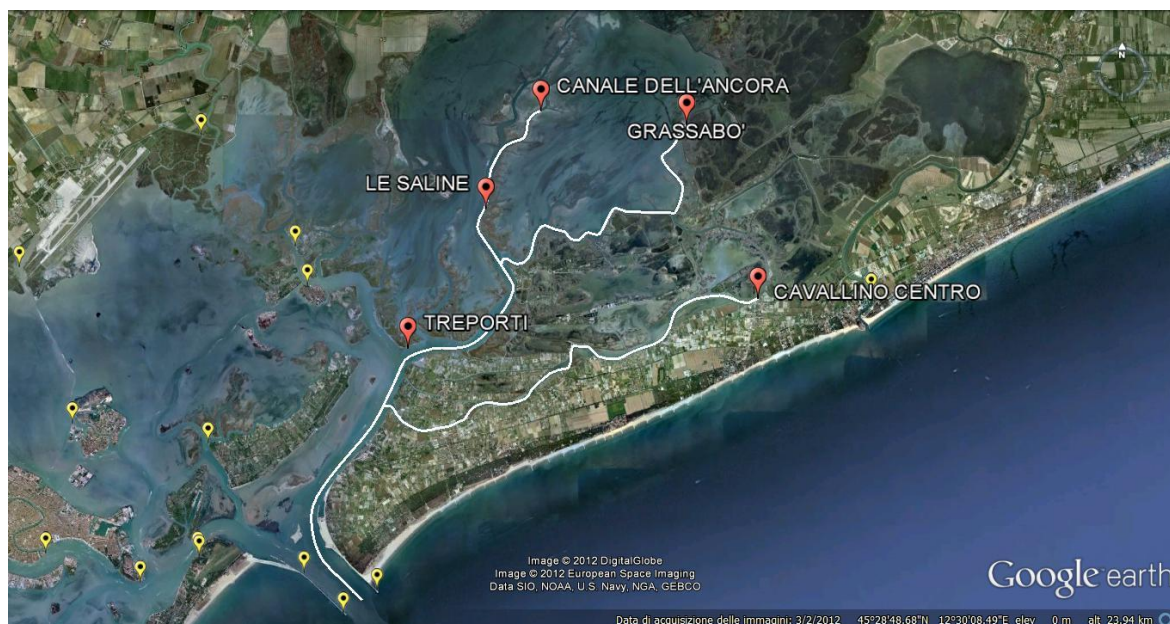


Figura 16 - Direttrici di marea delle stazioni oggetto di validazione. Fonte immagine: Google Earth 2012

Per le stazioni oggetto di validazione, nel presente lavoro le direttrici che si possono individuare sono due e si snodano dalla bocca di porto di Lido seguendo il canale di Treporti fino ad addentrarsi nella parte più interna (figg. 16, 17, 18). In particolare la prima tocca le stazioni di Diga Sud Lido¹⁵ (DS), Treporti (TR), Le Saline (LS), Canal Ancora (CN) e Grassabò (GB) e l'altra si sviluppa seguendo il percorso Diga Sud Lido (DS),

¹⁴ Sessa: oscillazione libera del mare che interessa mari interni, bacini chiusi, porti, ecc. Ad esempio nel mare Adriatico le sesse più significative sono causate dal passaggio di forti gradienti di pressione dal Sud al Nord del bacino associati a venti sciroccali.

¹⁵ Le serie di marea della stazione di Lido Diga Sud sono ritenute esenti da errori in quanto è stata recentemente controllata la quota del caposaldo. Inoltre le serie sono validate fino all'anno 2011.

Treporti (TR) e prosegue fino alla stazione di Cavallino Centro (CV). Nella propagazione, la marea subisce un'attenuazione dei colmi e dei cavi e impiega un certo tempo per raggiungere tutte le zone lagunari. L'entità dell'attenuazione è variabile a seconda della morfologia della laguna in prossimità della stazione considerata: una stazione situata nei pressi di un importante canale fornisce attenuazioni più ridotte rispetto ad un'altra stazione posizionata in una zona barenicola, in cui le resistenze al moto tendono a smorzare significativamente l'onda di marea. Questo indicatore, pertanto, va valutato caso per caso, in funzione della localizzazione delle stazioni. Il ritardo medio di propagazione dell'onda di marea tra stazioni afferenti alla stessa direttrice deve mantenersi invece su valori costanti. Esso infatti è noto a priori dalle tavole annuali di previsione della marea astronomica e una sua variazione significativa può essere indice di uno sfasamento temporale nelle registrazioni di una certa stazione.

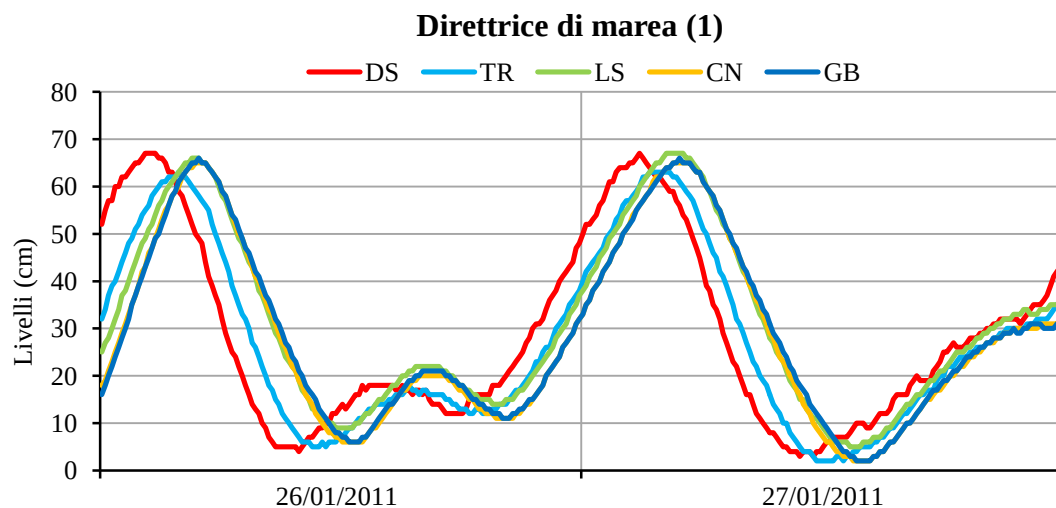


Figura 17 - Esempio analisi direttrice di marea

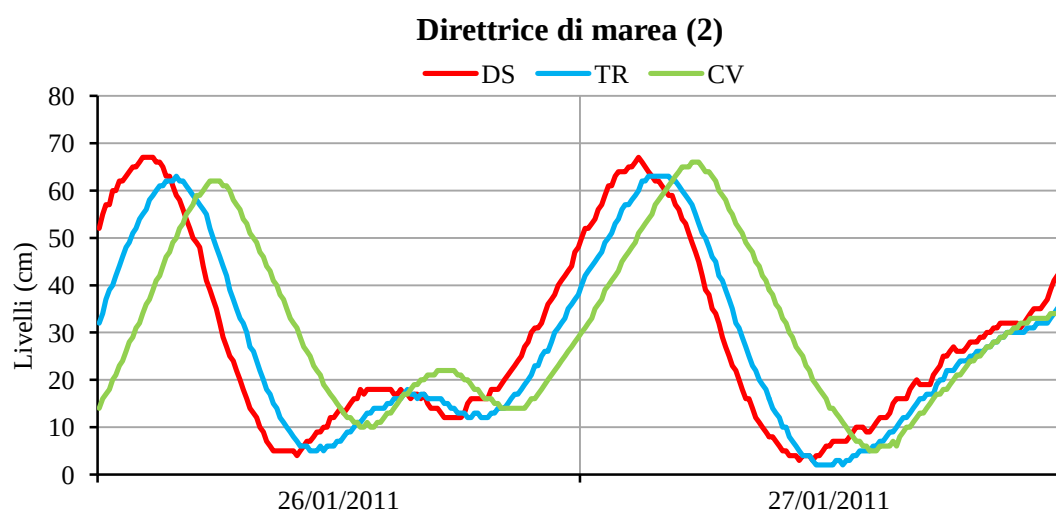


Figura 18 - Esempio analisi direttrice di marea

Quindi mettendo, a confronto stazioni appartenenti alla stessa direttrice si possono notare anomalie nella riduzione dei colmi o nei ritardi. Ad esempio, se in un periodo con condizioni meteo stabili una stazione posta in una zona interna registra colmi e/o cavi superiori o inferiori a quelli di una stazione posta su un canale vicino alle bocche è indice che le correzioni sui livelli non sono state eseguite adeguatamente oppure si è in presenza di un abbassamento della quota del caposaldo della stazione dovuto a fenomeni di subsidenza locale o a sprofondamenti della stazione stessa.

Infine l'ultimo controllo dei dati presuppone l'analisi dei livelli medi mare decadali, mensili e annuali. Questi vengono calcolati tramite una media aritmetica dei valori in base alla finestra temporale definita:

$$\text{livello medio} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$

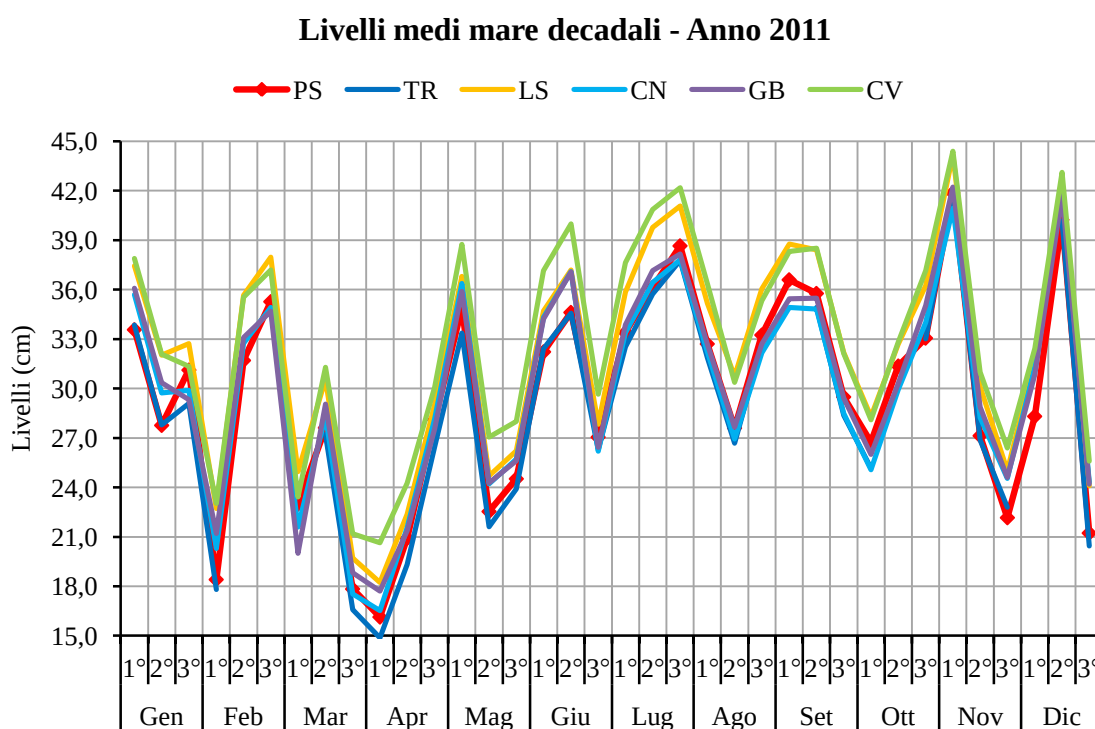


Figura 19 - Andamento livelli medi mare decadali, anno 2011

L'analisi dei livelli medi permette di verificare che le misure delle stazioni mareografiche siano concordanti tra di loro. Il termine di paragone per il confronto dei livelli medi del mare per la RMLV è la stazione di Punta della Salute, che per la sua importanza storica, è

quella che viene maggiormente controllata e si suppone che i dati da essa registrati siano quelli meno affetti da errori¹⁶.

Ponendo a confronto i livelli di più stazioni ci si aspetta di osservare una sostanziale omogeneità nei risultati. In particolare, per quanto concerne le stazioni poste all'interno della Laguna di Venezia si accetta una differenza massima dai livelli medi di Punta della Salute di ± 1 cm.

Qualora si evidenzi che una o più stazioni si discostano da Punta della Salute di un valore superiore a tale soglia, è opportuno indagare i motivi che hanno causato lo scostamento. In primo luogo si ripercorrono tutte le fasi precedenti per verificare le operazioni eseguite e, se queste sono risultate corrette, è possibile che la causa della differenza dei livelli medi sia dovuta ad una variazione della quota del caposaldo della stazione mareografica. Per confermare questa ipotesi si deve eseguire contestualmente anche l'analisi di alcune quadrature di marea che hanno avuto luogo nel bacino lagunare.

Una quadratura (fig. 20) è un fenomeno durante il quale il livello del mare all'interno della laguna si mantiene pressoché costante per un tempo che può raggiungere le sei ore. Perché la quadratura sia idonea per confrontare i livelli di più stazioni devono essere soddisfatte determinate condizioni:

- periodo di quadratura della marea astronomica;
- oscillazioni di livello di marea contenute in ± 1 cm per una durata di almeno 3 ore;
- condizioni meteorologiche favorevoli, caratterizzate da pressione atmosferica stabile ed intensità del vento inferiore a 6 m/s.

Pertanto, se anche dall'esame delle quadrature si osserva una differenza delle quote di marea da Punta della Salute simile a quella che si ha nel grafico dei livelli medi, si può addurre che la stazione abbia subito una variazione della quota del caposaldo. Per tutti i dettagli su come viene svolta l'analisi della quota di un caposaldo si rimanda all'allegato VII.3.

¹⁶ È in vigore una convenzione (tra ISPRA Servizio Laguna di Venezia, Istituzione Centro di Previsione e Segnalazione Maree del Comune di Venezia e CNR-ISMAR di Venezia) per il controllo del caposaldo della stazione, controllato anche tramite rilevazioni satellitari (GPS).

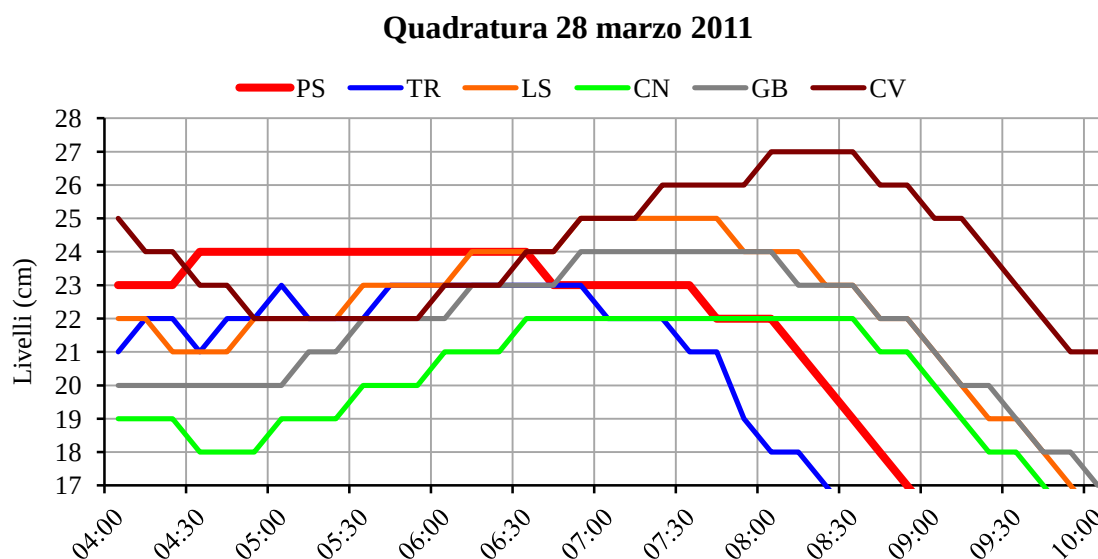


Figura 20 - Quadratura di marea verificatasi il 28 marzo 2011

Una volta superati tutti questi controlli ed eseguite le opportune correzioni, le serie di dati si definiscono “validate” e sono pubblicate nel sito web e liberamente scaricabili dal pubblico previa registrazione nell’apposita sezione “Dati”.

IV.2. Prodotti sviluppati dal Servizio Laguna di Venezia

In questa sezione sono descritte due pubblicazioni tecnico scientifiche prodotte dal Servizio Laguna di Venezia: il bollettino meteo-mareografico mensile e l’analisi di particolari eventi di marea. Dopo un’adeguata formazione su come vengono realizzati questi documenti, nel corso del mio tirocinio ho poi avuto modo di redigerli personalmente.

IV.2.1. Bollettino Meteo-Mareografico mensile

Il bollettino meteo-mareografico è un prodotto periodico del Servizio Laguna di Venezia (Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine - ISPRA), pubblicato con cadenza mensile. In questo elaborato viene analizzato quello che è successo in Laguna di Venezia e nell’arco costiero alto Adriatico dal punto di vista meteorologico e mareografico, documento utile perché rappresenta una “fotografia” di ciò che è realmente accaduto nel corso del mese

precedente. È consultabile e scaricabile dal sito internet www.ispravenezia.it alla sezione “Meteo e Marea” ed è composto da 2 sezioni:

- Sezione meteorologica

Le misure analizzate in questa sezione sono la temperatura massima e minima giornaliera (espressa in °C), la pressione media giornaliera (hPa) e la precipitazione totale giornaliera (mm). Per tutte le misure sono utilizzati i dati rilevati presso la stazione meteorologica “Lido Meteo”, la stazione meteo della RMLV che meglio si presta a rappresentare la situazione meteo del bacino lagunare.

- Sezione mareografica

Viene analizzato l’andamento dei livelli di marea per alcune stazioni della RMLV prossime ai principali centri abitati delle lagune di Venezia e di Marano-Grado: Punta della Salute, Burano, Chioggia Vigo e Grado. Oltre ad elencare una serie di parametri mareografici registrati nel periodo di riferimento (livelli massimi e minimi raggiunti, escursione massima, numero di eventi in cui la marea ha eguagliato o superato la quota di +110 cm sullo Z.M.P.S.), viene posta particolare attenzione agli effetti provocati dal contributo meteorologico (sovralzo) sui valori di marea osservati. Tutte le misurazioni riferite ai livelli di marea registrati fanno riferimento allo Z.M.P.S. (Zero Mareografico di Punta della Salute) comprese, per esigenze di uniformità delle informazioni in tempo reale, anche quelle relative alla stazione mareografica di Grado, pur non appartenendo al bacino lagunare veneziano.

È importante precisare che i dati che vengono elaborati per la realizzazione di questo documento non subiscono una vera e propria validazione. Tuttavia sono comunque soggetti ad un controllo approfondito per eliminare gli errori più evidenti in modo tale da fornire al pubblico informazioni corrette. Durante lo stage ho collaborato allo sviluppo dei bollettini dei mesi di luglio, agosto e ottobre 2012, mentre ho redatto interamente il bollettino di settembre 2012 (uscito a nome mio) visibile nell’allegato n. VII.1 del presente lavoro.

IV.2.2. Analisi di particolari eventi di marea

Le analisi degli eventi di marea sono pubblicate dal Servizio Laguna di Venezia nella sezione “Meteo e Marea” del sito web a seguito di un evento per il quale si ritiene interessante l’analisi del fenomeno. In questo documento sono studiati ed elaborati dati

meteo-mareografici quali le forzanti meteo (pressione e vento) registrate all'interno del bacino della Laguna di Venezia e lungo il Mare Adriatico e i livelli di marea registrati durante l'evento. La pubblicazione è organizzata come segue:

- **Analisi meteorologica**

In questa sezione sono analizzati l'andamento delle pressioni lungo il bacino adriatico da Otranto fino a Venezia. Inoltre si osservano anche le pressioni registrate in Mediterraneo presso le stazioni di Porto Torres e Genova. Oltre alla pressione viene studiata l'altra forzante meteorologica influente sull'andamento di marea, il vento, con particolare riferimento ai principali regimi che sferzano sul capoluogo veneto: Scirocco (SE) e Bora (NE);

- **Analisi mareografica**

Nella sezione mareografica è studiato e descritto in dettaglio il regime mareale osservato durante l'evento mettendo a confronto quanto accaduto in diverse stazioni all'interno del bacino lagunare e lungo tutto l'arco costiero Nord Adriatico. Vengono inoltre calcolati i sovralti per porre in evidenza gli effetti della componente meteo sulla marea osservata.

Gli eventi di marea che vengono sottoposti ad analisi sono solitamente quelli in cui si verificano casi di "acqua alta"¹⁷ oppure quando, a seguito di particolari fenomeni meteorologici, si assiste nella Laguna di Venezia ad inconsuete condizioni idrauliche, come ad esempio il fenomeno dei "sovralti differenziati". Quest'ultimo indica una particolare condizione di regime idraulico lagunare nella quale si osservano contributi meteo significativamente diversi tra stazioni mareografiche poste agli estremi della laguna. Anche questi prodotti sono pubblicati nella sezione "Meteo e Marea" del sito del Servizio Laguna di Venezia, con l'intenzione di far conoscere alla cittadinanza le dinamiche meteo-marine che caratterizzano l'alto bacino adriatico e le cause che le provocano. Per vedere un esempio completo di tale documento si rimanda all'allegato n. VII.2, nel quale ho studiato e descritto l'evento di marea verificatosi nei giorni 12 e 13 aprile 2011.

¹⁷ Il termine "acqua alta" è utilizzato nel bacino lagunare veneziano per indicare quegli eventi di marea in cui il livello raggiunge o supera i +110 cm sullo Zero Mareografico di Punta della Salute.

IV.3. Proposte di miglioramento del sito web www.ispravenezia.it e incremento della visibilità nei motori di ricerca

Una parte del tirocinio è stata impiegata per approfondire le potenzialità che un sito web può fornire nell'ambito della comunicazione dei dati ambientali di interesse per la collettività. Dopo aver esaminato il portale del Servizio Laguna di Venezia sono state definite delle azioni strategiche da mettere in atto per migliorare e ampliare i contenuti, nonché incrementare la capacità del sito stesso di raggiungere una vasta platea di utenti.

Per aumentare la visibilità di un portale sono stati studiati i fattori generali che permettono di migliorare il posizionamento di un sito web nei motori di ricerca. Attualmente il numero uno dei motori di ricerca è Google, preferito da quasi il 90% degli utenti mondiali. È bene evidenziare che, secondo le statistiche ufficiali, il 70% degli utenti che si rivolgono ai motori di ricerca non vanno mai oltre la prima pagina dei risultati, ed il 90% non va oltre la terza.

Da quanto appena detto è evidente che, per ottenere la maggiore visibilità e quindi aumentare il numero di accessi al proprio sito web, risulta di importanza fondamentale essere ben posizionati nei motori di ricerca più diffusi (Google su tutti). Questo significa che il sito si deve posizionare nella loro prima o seconda pagina, garantendosi quindi visibilità e promozione a 360 gradi.

I fattori che si possono individuare per risalire nel posizionamento sono dati essenzialmente da:

- **contenuti:** avere contenuti di qualità, di interesse per gli utenti e che trattano un ampio spettro di argomenti inerenti all'ambito di lavoro del detentore del sito;
- **parole chiave:** in inglese "*keyword*", sono le parole che consentono di agevolare lo screening da parte dei motori di ricerca e in genere devono essere simili alle parole maggiormente ricercate dagli utenti;
- **backlink:** sono i collegamenti in altri siti web che rimandano al portale di cui si vuole migliorare il posizionamento. I backlink dovrebbero essere presenti su siti affini per contenuti e temi trattati.



Figura 21 – Spearman Correlation. Study of Google search results

Oltre a questi fattori principali ve ne sono altri che influenzano positivamente e negativamente la posizione assunta dal sito nei motori di ricerca (fig. 21). L'immagine mostra sull'asse delle ascisse l'indice di correlazione di Spearman per numerosi fattori che agiscono sul *Page Rank*, ovvero il peso e l'attendibilità che il sito ha “davanti agli occhi” di Google. Più lunga è la barra nel verso positivo dell'asse orizzontale, maggiore è la correlazione positiva del fattore nel posizionamento. Viceversa una barra lunga nella zona negativa dell'asse X è indice che il fattore influisce negativamente sul ranking e contribuirà ad allontanare il sito dalle prime pagine del motore di ricerca.

Si è osservato che i fattori che aiutano maggiormente a “svettare” su Google sono le condivisioni nei motori di ricerca, le condivisioni nei social network, i backlink, le keyword nel dominio della pagina, nella URL e nel testo della pagina stessa. Al contrario il SEO (Search Engine Optimization) correla negativamente la presenza di troppi termini e troppe *keywords* nel titolo della pagina, interpretando il sito come poco attendibile. Per vedere come si posiziona il proprio sito a seguito dell'inserimento di determinate parole

chiave nei motori di ricerca è possibile consultare il portale www.seoutilility.com. E' consigliabile controllare periodicamente il posizionamento per monitorare la visibilità del sito. Per scalare il *Page Rank*, e migliorare di conseguenza il posizionamento, si ritiene opportuno mettere in atto una serie di attività espresse qui di seguito:

- analisi della giusta combinazione delle “parole chiave” (*keywords*) per capire quali termini sono maggiormente utilizzati in modo efficace l'utilizzatore tipo. Questo lo si può fare attraverso l'immedesimazione nel potenziale visitatore. Nel contempo è utile anche analizzare gli eventuali siti concorrenti;
- aumentare i link presenti su altri siti web (es.: partner istituzionali) o su altre pagine web, che puntano al nostro sito (*backlinks*). In questo modo è come “informare” i motori di ricerca che in relazione a quel contenuto, frase o concetto, il nostro sito è da preferire rispetto ad altri siti che trattano argomenti analoghi, aumentando così il numero di accessi e di conseguenza il posizionamento;
- porre attenzione al “testo di ancoraggio” (*anchor text*), esso è il testo scelto per legare al contenuto il link a cui siamo interessati. È da precisare che, se il sito riceve 100 backlinks e tutti e 100 hanno il medesimo testo di ancoraggio, Google lo penalizza perché ritiene artificioso questo risultato e per tale ragione non riconosce alcun beneficio nel posizionamento anzi, è facile scivolare indietro nel ranking. Bisognerà quindi variare il testo di ancoraggio per rendere più omogenea e veritiera la risultante (piuttosto di usare il nome del sito, usare ad esempio: "*vai al sito*", "*segui maggiori approfondimenti Qui*", ecc.);
- sviluppo dei contenuti del sito: essi devono essere il più possibile unici, originali e interessanti. Se c'è un qualcosa di nuovo e originale che altri non hanno mai detto su quell'argomento, bisogna pubblicarlo;
- creare, all'esterno del sito, articoli di peso e valore (interessanti per gli utenti), che siano nuovi come contenuti e concetti espressi ed utilizzarli per linkare il nostro sito (ad es. inserendo un articolo nel sito www.isprambiente.gov.it e poi utilizzare un backlink);
- promuovere il sito nella rete (es.: da social network e/o forum relativi alle tematiche trattate nel sito);
- avere pazienza, i risultati non saranno apprezzabili immediatamente dato che all'interno dei motori di ricerca sono presenti tanti altri siti web più anziani, con più attendibilità (per Google), che trattano lo stesso argomento e/o appartengono allo stesso settore.

Le azioni che si possono sviluppare in ordine di priorità per far “svettare” il portale www.ispravenezia.it nei principali motori di ricerca sono riassunte nella tabella 4.

<i>Fase</i>	<i>Azione</i>	<i>Descrizione</i>
0	Comunicazione interna e esterna	Individuazione degli users coinvolti nella fornitura di informazioni all’utenza. Introduzione alla struttura e contenuti tecnici e informativi del sito. Conoscenza delle pubblicazioni periodiche di recente introduzione.
1	Mailing list	Recupero di indirizzi e-mail degli utenti iscritti al sito di enti a livello locale, regionale e nazionale, università, biblioteche e esperti del settore da includere in una mailing list, da utilizzare per la diffusione di una newsletter periodica del Servizio.
2	Newsletter	Progettazione di una newsletter periodica da inoltrare agli iscritti al sito web. La struttura potrà essere ideata sul modello di altri prodotti redatti in altri contesti produttivi. La newsletter è un prodotto periodico, che risponde all’esigenza di comunicare le novità rilevanti del sito. Deve essere di facile e veloce leggibilità, senza per questo essere povera di contenuti. Deve essere di stimolo per il lettore a consultare il sito.
3	Link	Individuazione di siti di interesse per il fenomeno della marea o per le tematiche ambientali. Fornire un elenco di siti interessanti e utili per l’utente lo porterà a consultare il sito nuovamente. Perciò andranno limitati link generici, ma ci si dovrà focalizzare su link tecnici di tematica ambientale.
4	Link di ritorno (backlink)	E’ ugualmente necessario attivare i link nella direzione opposta, ovvero farsi “pubblicizzare” da altri siti, collegati tematicamente a ISPRA Venezia. Quanti più link esterni un sito possiede, quante maggiori possibilità ci sono di intercettare nuovi utenti. Per realizzare quest’azione, è necessario prendere contatto singolarmente col gestore di ogni sito.
5	Pagine statiche	Revisione critica dei contenuti delle pagine statiche del sito: Istituto, La Marea, testi della Home.
6	Lingua straniera	Pubblicazione di alcune sezioni del sito in lingua inglese.
7	Fattori di posizionamento del sito	Conoscenza e attenzione ai fattori di posizionamento utilizzati dagli algoritmi dei motori di ricerca (Search Engine Optimization SEO), in particolare Google.

Tabella 4

Un'ulteriore interessante attività che ci si è proposti di realizzare era quella di sviluppare contenuti nell'enciclopedia libera "Wikipedia". L'inserimento di nuove voci all'interno dell'enciclopedia deve essere studiato correttamente per non incorrere in violazioni del regolamento con conseguente rimozione dei contenuti da parte dei cosiddetti "utenti amministratori". L'operazione di creare una voce intitolata al Servizio Laguna di Venezia non è andata a buon fine, ma questo insuccesso ha dato spunti per sviluppare in futuro pagine di temi affini a quelli trattati dal Servizio con all'interno backlink che rimandino alle pagine del sito ufficiale www.ispravenezia.it. In alcune voci già esistenti in Wikipedia, come la pagina "Acqua Alta", sono stati inseriti dei link che rimandano a pagine e pubblicazioni del sito ispravenezia ed inoltre sono stati modificati collegamenti a vecchi documenti dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici le cui URL non erano più attive.

In collaborazione con i colleghi del Settore Studi e Pubblicazioni sono stati individuati gli Enti nazionali ed internazionali, che si occupano di tematiche ambientali vicine a quelle del Servizio Laguna di Venezia, ai quali dare spazio nella propria pagina "Link". Conseguentemente, è opportuno richiedere che venga fatto altrettanto nei siti di questi Enti contattando gli amministratori perché inseriscano backlink che rinviino ad ispravenezia.it. Nella tabella sottostante sono riassunti i principali siti web da poter linkare e essere backlinkati.

Organismi e progetti internazionali		
<i>Sigla</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Sito web</i>
GLOSS	Global Sea Level Observing System	http://www.gloss-sealevel.org/
IOC	Intergovernmental Oceanographic Commission - Homepage	http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/ioc-oceans/
IODE	International Oceanographic Data and Information Exchange	http://www.iode.org/
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration - Homepage	http://oceanservice.noaa.gov/welcome.html

PSMSL	Permanent Service for Mean Sea Level	http://www.psmsl.org/
UHSLC	University of Hawaii Sea Level Center	http://uhslc.soest.hawaii.edu/
Organismi e progetti europei		
<i>Sigla</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Sito web</i>
EasyTIDE	Admiralty EasyTIDE – Worldwide Tidal Predictions	http://easytide.ukho.gov.uk/EASYTIDE/EasyTide/index.aspx
ECMWF	European Centre for Medium-Range Weather Forecasts	http://www.ecmwf.int/
Organismi e progetti nazionali italiani		
<i>Sigla</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Sito web</i>
ADRIAMET	Progetto Adriamet: meteorologia per la nautica nel mare Adriatico	http://85.42.129.76/adriamet/index.html
GNOO	Gruppo Nazionale di Oceanografia Operativa	http://gnoo.bo.ingv.it/
KASSANDRA	Kassandra Storm Surge Modelling System – CNR-ISMAR	http://kassandra.ve.ismar.cnr.it:8080/kassandra/homepage
LaguNET	Italian Network for Lagoon Research - Homepage	http://www.lagunet.it/
Laguna di Venezia		
<i>Sigla</i>	<i>Descrizione</i>	<i>Sito web</i>
IVSLA	Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti – Homepage	http://www.istitutoveneto.it/
SALVE	Attività per la salvaguardia di Venezia e della sua laguna	http://salve.it/it/default.htm
SILV	Atlante della Laguna di Venezia	http://www.silvenezia.it/

Tabella 5

Infine, per quanto riguarda la creazione di nuovi contenuti del sito web è stata avanzata l'idea di sviluppare una nuova sezione dal titolo "Climatologia". Alla base del progetto vi è l'intenzione di far conoscere al pubblico l'evoluzione dei fenomeni climatici nella Laguna di Venezia e, in parallelo con la sezione "Meteo e Marea", anche i legami esistenti con il cambiamento della morfologia e delle dinamiche lagunari.

V. Conclusioni

In questo lavoro è stata descritta l'attività da me svolta nel percorso formativo, in cui ho posto particolare attenzione al flusso dei dati meteo-mareografici all'interno del Servizio Laguna di Venezia di ISPRA. I dati "grezzi", registrati dalle stazioni della RMLV, vengono inizialmente acquisiti attraverso il sistema di trasmissione e ricezione ed inseriti nei database dell'ufficio. Successivamente le serie sono sottoposte al processo di validazione con il quale si identificano ed eliminano gli errori eventualmente presenti. La validazione assume pertanto un ruolo di rilievo nell'attività del SLV in quanto da essa dipende la qualità delle pubblicazioni tecnico-scientifiche che vengono redatte. Per questo motivo sono state approfondite nel dettaglio le diverse fasi della procedura, mostrando anche le metodologie per la correzione degli errori riscontrati nelle serie mareografiche. Una volta che i dati sono definiti "validati" possono essere impiegati per realizzare diversi prodotti editoriali da divulgare alla collettività.

Durante il tirocinio mi sono occupato anche dell'aspetto comunicativo dei dati ambientali, con l'intenzione di migliorare i servizi offerti dal Servizio Laguna di Venezia. In particolare è stata studiata la struttura del portale www.ispravenezia.it evidenziando pregi e criticità e sono state proposte idee per incrementare i contenuti e le potenzialità del sito stesso. Un secondo aspetto affrontato, riguardante la comunicazione ambientale, è quello legato alla visibilità del sito nei motori di ricerca. Essere nelle prime posizioni dei motori di ricerca consente ad un pubblico sempre più ampio di fruire del lavoro svolto dal Servizio Laguna di Venezia. Sono state analizzate le tecniche per riuscire a "scalare" il posizionamento nelle pagine di Google suggerendo le azioni da poter attuare gradualmente nel tempo.

Sotto questo profilo, il lavoro svolto durante il mio tirocinio vuole essere uno stimolo per ampliare i servizi offerti alla collettività e portare a conoscenza dell'opinione pubblica l'importante attività svolta da ISPRA in tema di monitoraggio e studi finalizzati alla tutela ambientale. Una volta pubblicato il presente documento, esso potrà costituire una base solida per le future attività istituzionali riguardanti la comunicazione dei dati ambientali al fine di raggiungere una platea sempre più vasta di utenti.

VI. Bibliografia

- AA.VV., 2012, *Atlante geologico della Provincia di Venezia*, Provincia di Venezia, Venezia.
- Berrelli G., 2004, *Influenza delle condizioni meteorologiche sui sovralti differenziati dei livelli di marea nella Laguna di Venezia*, Tesi di laurea, Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Roma.
- Bompani M., 2011, *Comunicazione ambientale di Arpa*, Atti del convegno “Conflitti ambientali. La gestione dei conflitti e il ruolo strategico della comunicazione”, IUAV, Venezia.
- Bonato N., Ferla M., Umgieser G., Zen, G., 2002, *Eventi di acqua alta in Laguna di Venezia. Approfondimenti e confronti sugli effetti di circolazione indotti dal vento*, Atti del convegno “Il dissesto idrogeologico: inventario e proposte”, Accademia dei Lincei, Roma.
- Canesso, D., 2011, *Il processo di raccolta e validazione dei dati mareografici registrati nella Laguna di Venezia e nell’arco costiero Nord Adriatico*, ISPRA Servizio Laguna di Venezia, Venezia.
- Canestrelli P., Ferla M. Trincardi, F., 2012, *Previsioni delle altezze di marea per il bacino San Marco e delle velocità di corrente per il Canal Porto di Lido – Laguna di Venezia. Valori astronomici*, ICSPM – ISPRA Servizio Laguna di Venezia – CNR-ISMAR, Venezia.
- Canestrelli P., Cordella M., Ferla M., Pastore F., Tomasin A., Zampato L., 2010, *Le tavole annuali di marea per Venezia*, Atti dell’Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, Tomo CLXIX, Venezia.
- Dorigo L., 1961, *Le correnti di marea nei porti e nella Laguna di Venezia*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, Venezia.
- Dorigo L., 1961, *Le osservazioni mareografiche in Laguna di Venezia*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, Venezia.
- Ferla M., Rusconi A., Zen G., 2000, *Indagine sperimentale sui cicli di invaso e di svaso nella Laguna di Venezia in condizione meteo avverse*, Atti del convegno “Venezia: città a rischio”, Accademia dei lincei, Roma.
- Gottardo D., 1975, *Propagazione della marea nella Laguna di Venezia*, Giornale Economico Speciale, Venezia.
- Google, 2012, *Guida introduttiva di Google all’ottimizzazione per motori di ricerca (SEO)*.
- Guérin O., 1999, *Comprendre les Marées*, Éditions Ouest, Francia.

ISPRA, 2012, Manuali e linee guida 77/2012 *Manuale di mareografia e linee guida per i processi di validazione dei dati mareografici*, ISPRA, Roma.

ISPRA, 2012, Quaderni di Ricerca Marina 4/2012 *2010: un anno da ricordare per l'eccezionale crescita del livello medio mare a Venezia e nel Nord Adriatico*, ISPRA, Roma.

ISPRA, 2011, *Annuario dei dati ambientali*, ISPRA, Roma.

Matteotti G., 2004, *Lineamenti di costruzioni marittime*, S.G.E., Padova.

Polli S., 1952, *Propagazione della marea nella Laguna di Venezia*, Istituto Talassografico Sperimentale, Pubbl. n. 288, Trieste.

Polli S., 1960, *La propagazione delle maree nell'Adriatico*, Istituto Talassografico Sperimentale, Pubbl. n. 370, Trieste.

Polli S., 1961, *Sul fenomeno dell'acqua alta nell'Adriatico settentrionale*, Istituto Talassografico Sperimentale, Pubbl. n. 384, Trieste.

Polli S., 1961, *Propagazione della marea nel golfo di Venezia*, Istituto Talassografico Sperimentale, Pubbl. n. 385, Trieste.

Polli S., 1962, *Le sesse (seiches) dell'Adriatico*, Istituto Talassografico Sperimentale, Pubbl. n. 393, Trieste.

Tomasin A., Pirazzoli P. A., 1999, *The seiches in the Adriatic sea*, Istituto Veneto di Scienze, Lettere e Arti, Venezia.

Vultaggio M., 2012, *Dispense di navigazione 2 vol. 1 – Maree e correnti di marea*, Università degli Studi di Napoli "Parthenope", Napoli.

Consorzio Venezia Nuova, <http://www.salve.it/it/eco/default.htm>, 15/11/2012

ENEA Archivio ATENA, <http://spa.casaccia.enea.it/atena/Enea/tesi/239/239.htm>, 20/11/2012

Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti, <http://www.istitutoveneto.it>, 15/11/2012

ISPRA, http://www.ispravenezia.it/ispra/index.php?folder_id=11, 25/11/2012

Searchmetrics, <http://www.searchmetrics.com/en/white-paper/google-ranking-factors-italy-2012/>, 18/11/2012

SEO Utility, http://www.seoutilility.com/it/tools/google/posizionamento_su_google.aspx, 18/11/2012

Wikipedia, http://it.wikipedia.org/wiki/Laguna_di_Venezia, 20/11/2012

VII. Allegati

VII.1. Bollettino Meteo-Mareografico mensile – Settembre 2012

VII.2. Analisi evento di marea 12 e 13 aprile 2011

VII.3. Proposta di variazione della quota del caposaldo e relativa correzione dei dati di marea delle stazioni di Cavallino Centro e Le Saline



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine
Servizio Laguna di Venezia

Bollettino Meteo-Mareografico

Numero 9

-

Settembre 2012

Castello, 4665 - 30122 Venezia

Tel: 041 5220555 / 5235895 - Fax: 041 5220521

Segreteria previsione di marea: 041 5202027 / 5202083

e-mail: venezia@isprambiente.it

www.ispravenezia.it

Allegato VII.1

Note di lettura per la consultazione del Bollettino Meteo-Mareografico

Il bollettino Meteo-Mareografico, consultabile e scaricabile dal sito internet www.ispravenezia.it alla sezione “Meteo e marea”, è un prodotto periodico del Servizio Laguna di Venezia (Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine - ISPRA), pubblicato mensilmente.

Il bollettino è composto da 2 sezioni:

1. Sezione meteorologica

Le misure analizzate in questa sezione sono la temperatura massima e minima giornaliera (espressa in °C), la pressione media giornaliera (hPa) e la precipitazione totale giornaliera (mm).

Per tutte le misure sono utilizzati i dati rilevati presso la stazione meteorologica “Lido Meteo”, la stazione meteo della RMLV (Rete Mareografica della Laguna di Venezia e del litorale Nord Adriatico) che meglio si presta a rappresentare la situazione meteo del bacino lagunare.

2. Sezione mareografica

Viene analizzato l'andamento dei livelli di marea per alcune stazioni della RMLV prossime ai principali centri abitati delle lagune di Venezia e di Marano-Grado. Oltre ad elencare una serie di parametri mareografici registrati nel periodo di riferimento, viene posta particolare attenzione agli effetti provocati dal contributo meteorologico (sovrizzo) sui livelli di marea osservati.

Tutte le misurazioni riferite ai livelli di marea registrati fanno riferimento allo ZMPS (Zero Mareografico di Punta della Salute) comprese, per esigenze di uniformità delle informazioni in tempo reale, anche quelle relative alla stazione mareografica di Grado, pur non appartenendo al bacino lagunare veneziano.

Si ricorda inoltre che il Servizio Laguna di Venezia pubblica regolarmente altri documenti nel proprio sito www.ispravenezia.it quali il bollettino di marea giornaliero e le elaborazioni modellistiche per le previsioni di marea per le stazioni di Venezia - Punta della Salute, Burano, Chioggia, Grado e Porto Caleri, aggiornate più volte nel corso della giornata. Vengono emessi anche altri prodotti aventi finalità specifiche come ad esempio speciali bollettini relativi all'analisi di eventi eccezionali di “acqua alta”.

Appare inoltre utile ricordare che, alla sezione “Dati” del sito, sono disponibili i dati in tempo reale e quelli differiti di 24 h rispettivamente per 25 e 15 stazioni della RMLV. Sono inoltre disponibili e scaricabili, previa registrazione, i dati storici validati di tutte le stazioni della RMLV.

Si precisa che tutti i dati sono espressi in ora solare locale. I dati mareografici relativi all'anno 2011 sono stati rilasciati come validati mentre quelli del 2012 sono da considerarsi provvisori. I dati meteorologici relativi agli anni 2011 e 2012 sono da considerarsi anch'essi provvisori.



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

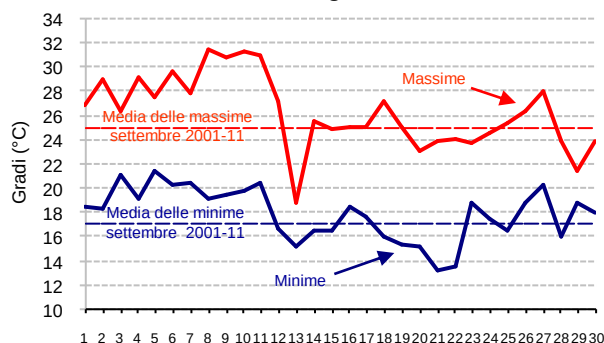
Bollettino n. 9 - Anno 2012

Meteorologia

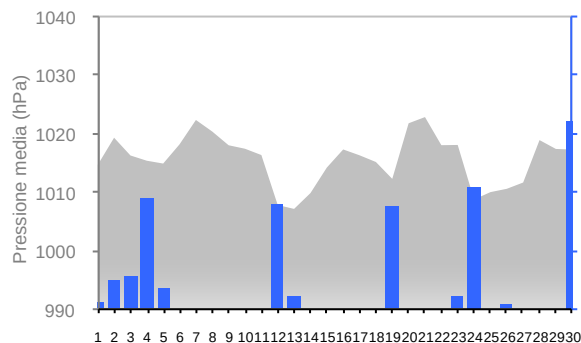
Stazione: **Lido Meteo**

Periodo: **Settembre 2012**

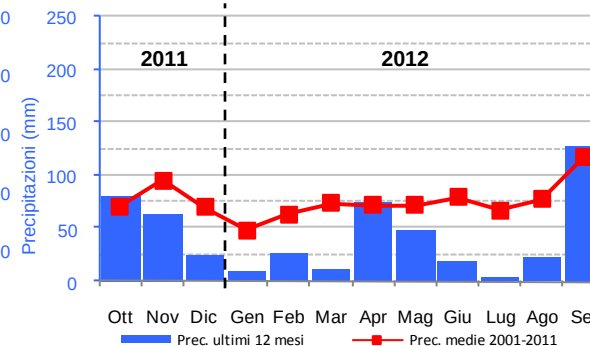
Temperatura massima e minima giornaliera



Pressione media e precipitazioni totali giornaliere



Precipitazioni mensili ultimo anno e undicennio 2001-2011



ANALISI DEL PERIODO

Il mese di settembre 2012 si è contraddistinto a Venezia per la forte variabilità meteorologica, il tempo instabile si è manifestato a più riprese, intervallato da brevi incursioni dell'anticiclone delle Azzorre. I primi 6 giorni del mese hanno visto il passaggio di una lenta perturbazione seguita da tempo stabile e soleggiato che ha portato le temperature massime ampiamente sopra la media del periodo. Il 12 settembre si è assistito ad un crollo barico coincidente con l'arrivo di una seconda perturbazione; l'evento è stato accompagnato da venti freddi provenienti dal nord Europa che hanno contribuito ad abbassare le temperature, in particolare le massime. Nella seconda parte del mese, l'arrivo da ovest di flussi d'aria umida ha riportato una forte variabilità. In questa fase le temperature massime si sono attestate su valori in linea alla media, mentre le minime hanno mostrato oscillazioni più marcate, legate soprattutto agli effetti dei transiti perturbativi. Nel corso del mese in esame la temperatura minima registrata è stata di +13.2 °C il giorno 21 alle ore 4:20 e quella massima è stata di +31.4 °C il giorno 8 alle ore 13:50. La temperatura media del periodo è stata di 21.4 °C, superiore di +0.4 °C rispetto alla media dell'undicennio precedente (2001-2011). La temperatura media delle minime giornaliere (17.9 °C) e la temperatura media delle massime giornaliere (26.2 °C) risultano entrambe superiori alle relative medie del periodo di riferimento rispettivamente di +0.7 e +1.3 °C. Dal punto di vista pluviometrico, settembre 2012 ha visto il susseguirsi di cinque perturbazioni che hanno fatto registrare, nel corso di 11 giorni piovosi, complessivamente 127.2 mm di pioggia.

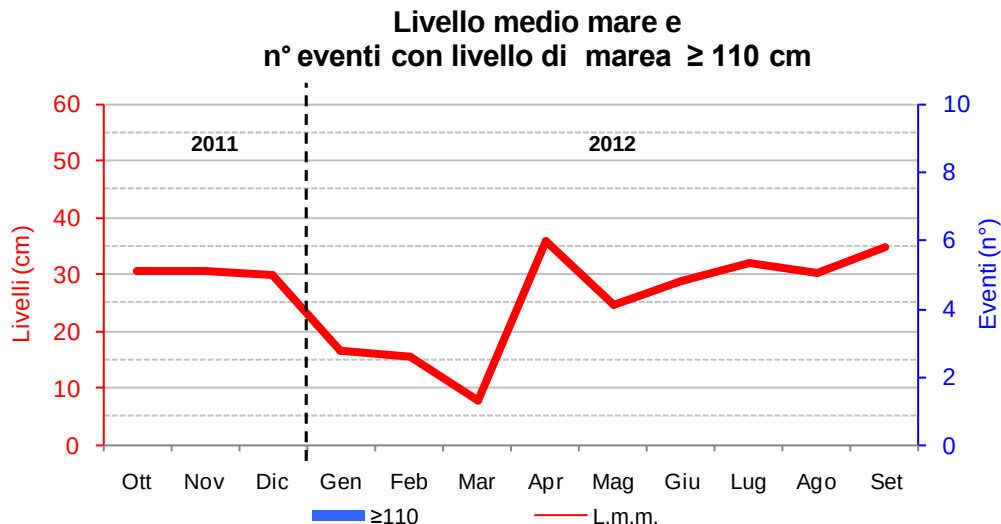
Dopo un lungo periodo di preoccupante deficit pluviometrico, settembre 2012 si è attestato su valori di precipitazioni in linea con la media del periodo, cosa che negli ultimi dodici mesi era accaduta nei soli aprile 2012 e ottobre 2011. Da notare anche come nel mese in esame si sia registrato il 25% degli apporti meteorici rilevati negli ultimi dodici mesi.

Mareografia

Stazione: **Venezia - Punta della Salute**

Periodo: **Settembre 2012**

Massimo	+93 cm 14 settembre (h 20:50) 17 settembre (h 11:30)
Minimo	-19 cm 02 settembre (h 05:40)
Escursione massima di marea	112 cm
Livello medio mare mensile	34.80 cm
n° eventi con livello di marea ≥ 110 cm	-



ANALISI DEL PERIODO

Nel mese di settembre 2012, la marea a Venezia - Punta della Salute ha raggiunto la quota massima di +93 cm nei giorni 14 (ore 20:50) e 17 (ore 11:30) e la quota minima di -19 cm il giorno 2 alle ore 05:40. Il livello medio mare mensile calcolato risulta pari a 34.80 cm, valore decisamente superiore ai 30.24 cm registrati nel precedente mese di agosto, in linea con i 33.95 cm di settembre 2011. Non si sono registrati eventi di acqua alta (≥ 110 cm sullo Z.M.P.S.).

Nella prima decade non si è osservata una differenza sostanziale tra la marea osservata e quella astronomica, visibile dai valori assunti dal sovrizzo, il quale rappresenta la componente meteorologica della marea osservata. Dal giorno 12 un crollo barico ha innalzato il livello di marea e causato l'insorgenza di una sessa, rendendo periodico l'andamento del sovrizzo, il quale ha raggiunto il picco mensile pari a +54 cm il giorno 14 per l'azione di venti provenienti da est. All'inizio della terza decade si è ristabilito il normale regime mareale. Successivamente, dal 24 settembre, un nuovo crollo barico ha causato l'incremento della marea osservata e un'oscillazione del sovrizzo, smorzata dopo il giorno 27 per l'aumento della pressione.



ISPRA

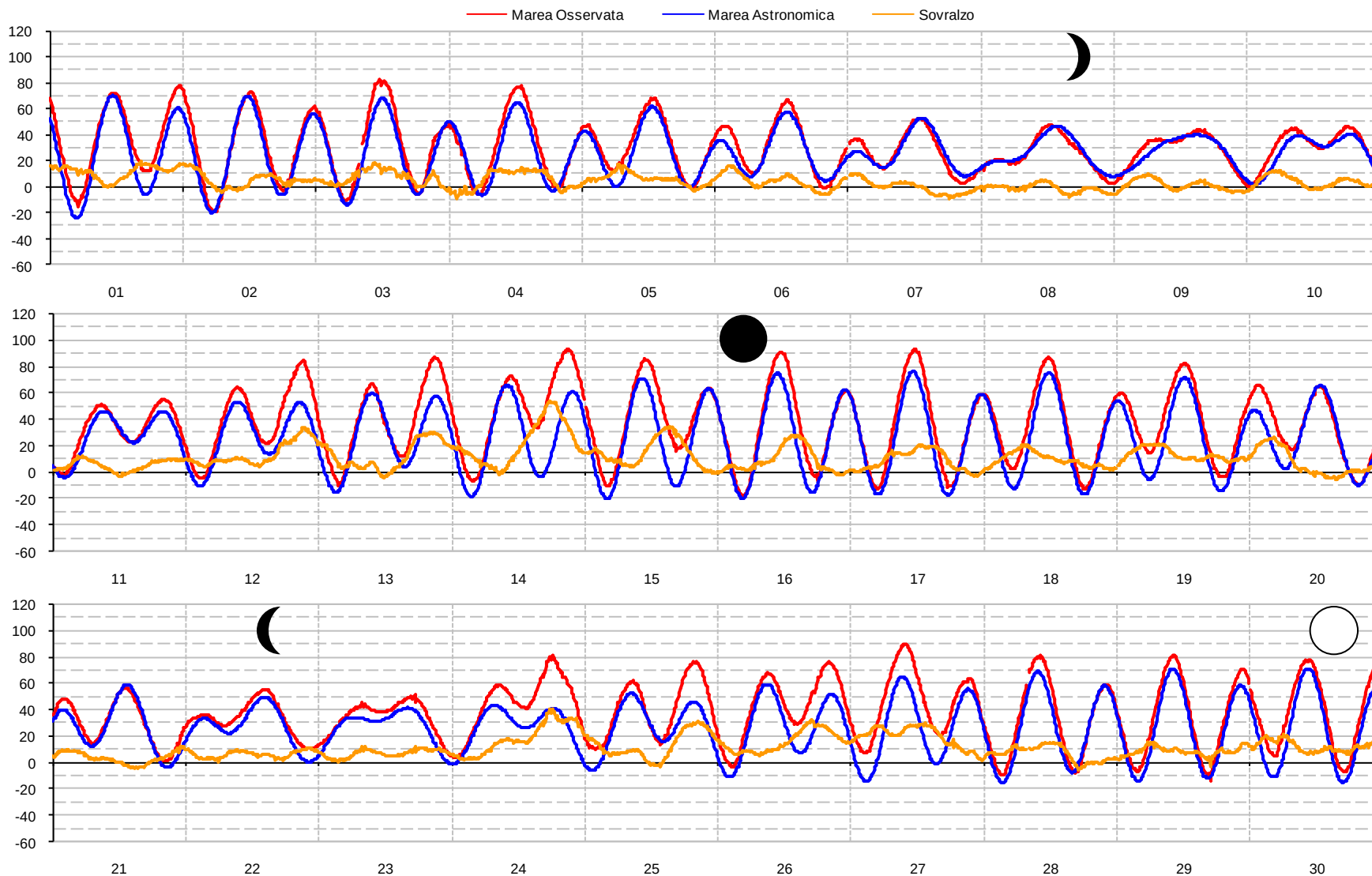
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Bollettino n. 9 - Anno 2012

Mareografia

Stazione: **Venezia - Punta della Salute**

Periodo: **Settembre 2012**

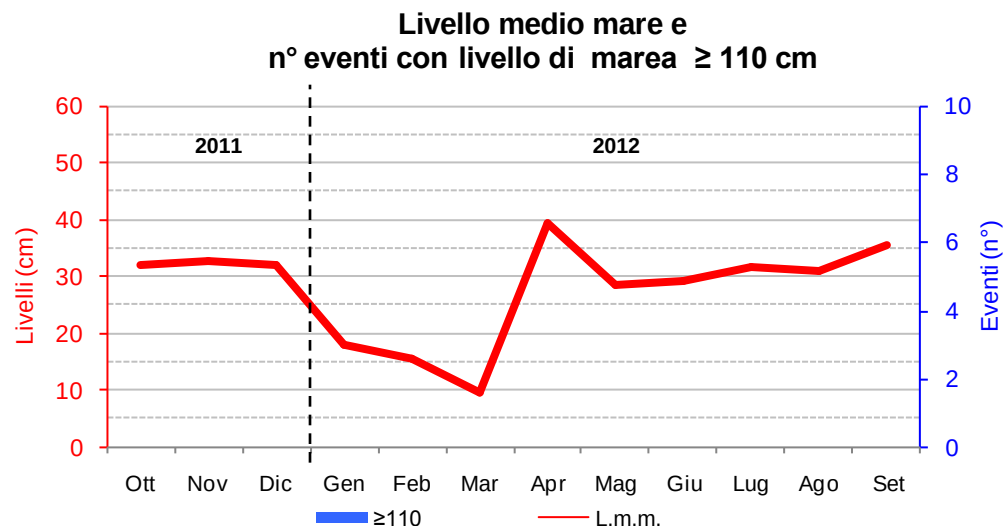


Mareografia

Stazione: **Burano**

Periodo: **Settembre 2012**

Massimo	+88 cm 14 settembre (h 21:20)
Minimo	-10 cm 02 settembre (h 06:10)
Escursione massima di marea	98 cm
Livello medio mare mensile	35.42 cm
n° eventi con livello di marea ≥ 110 cm	-



ANALISI DEL PERIODO

Nel mese di settembre 2012, la marea a Burano ha raggiunto la quota massima di +88 cm il giorno 14 alle ore 21:20 e la quota minima di -10 cm il giorno 2 alle ore 06:10. Il livello medio mare mensile calcolato risulta pari a 35.42 cm, valore decisamente superiore ai 31.01 cm registrati nel precedente mese di agosto, in linea con i 34.99 cm di settembre 2011. Non si sono registrati eventi di acqua alta (≥ 110 cm sullo Z.M.P.S.).

Nella prima decade non si è osservata una differenza sostanziale tra la marea osservata e quella astronomica. Dal 12 settembre un crollo barico ha innalzato il livello di marea e causato l'insorgenza di una sessa, rendendo periodico l'andamento del sovrizzo, il quale ha raggiunto il picco mensile pari a +50 cm il 14 settembre. All'inizio della terza decade si è ristabilito il normale regime mareale. Successivamente, dal 24 settembre, un nuovo crollo barico ha causato l'incremento della marea osservata, e un'oscillazione del sovrizzo, smorzatasi dopo il giorno 27 per l'aumento della pressione.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

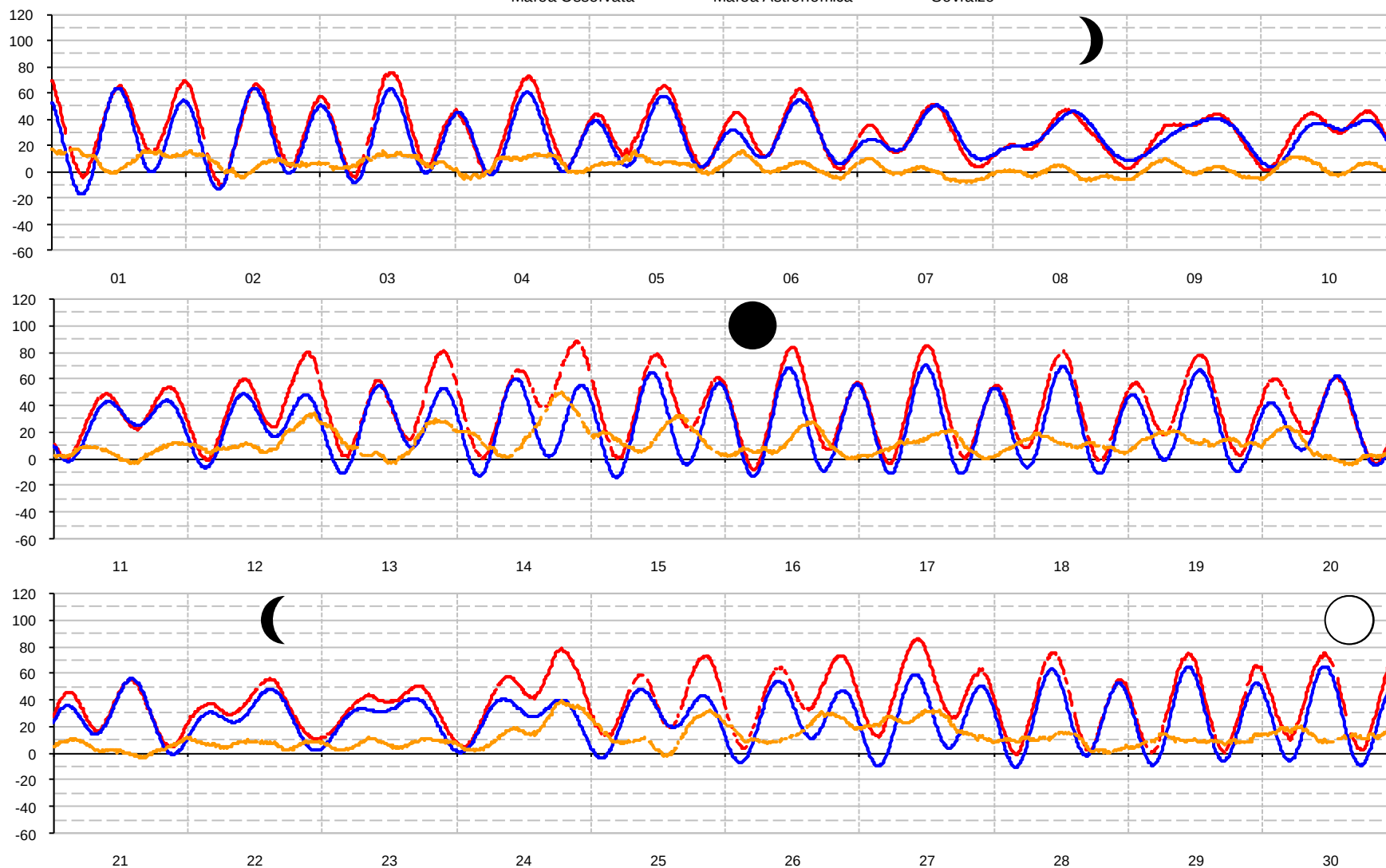
Bollettino n. 9 - Anno 2012

Mareografia

Stazione: **Burano**

Periodo: **Settembre 2012**

— Marea Osservata — Marea Astronomica — Sovralzo

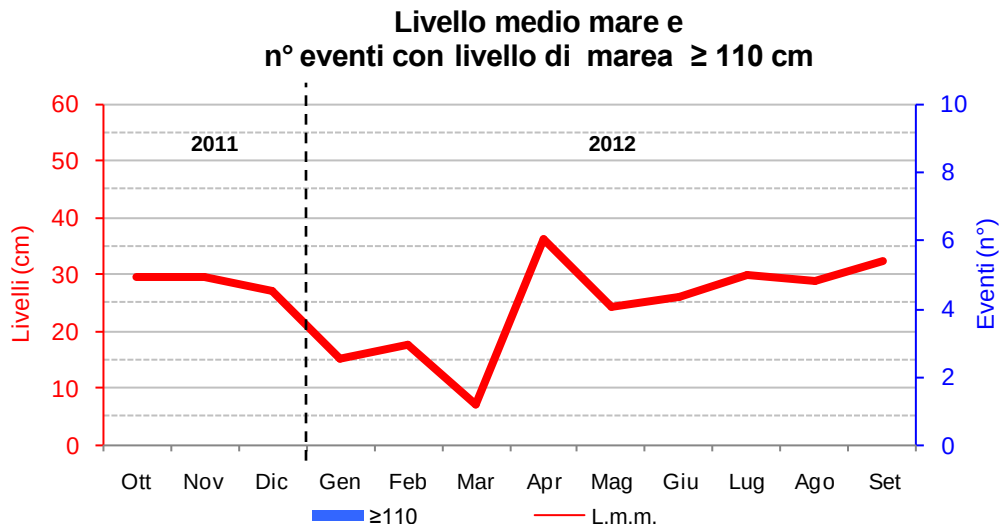


Mareografia

Stazione: **Chioggia Vigo**

Periodo: **Settembre 2012**

Massimo	+90 cm 14 settembre (h 20:40) 17 settembre (h 11:20)
Minimo	-19 cm 16 settembre (h 04:00)
Escursione massima di marea	109 cm
Livello medio mare mensile	32.32 cm
n° eventi con livello di marea ≥ 110 cm	-



ANALISI DEL PERIODO

Nel mese di settembre 2012, la marea a Chioggia Vigo ha raggiunto la quota massima di +90 cm nei giorni 14 (ore 20:40) e 17 (ore 11:20) e la quota minima di -19 cm il giorno 16 alle ore 04:00. Il livello medio mare mensile calcolato risulta pari a 32.32 cm, valore superiore sia ai 28.75 cm registrati nel precedente mese di agosto, che a ai 30.70 cm di settembre 2011. Non si sono registrati eventi di acqua alta (≥ 110 cm sullo Z.M.P.S.).

Nella prima decade non si è osservata una differenza sostanziale tra la marea osservata e quella astronomica. Dal giorno 12 un crollo barico ha innalzato il livello di marea e causato l'insorgenza di una sessa, rendendo periodico l'andamento del sovrizzo, il quale ha raggiunto il picco mensile pari a +51 cm il 14 settembre per l'azione di un vento locale da nord-est. All'inizio della terza decade si è ristabilito il normale regime mareale. Successivamente, dal 24 settembre, un nuovo crollo barico ha causato l'incremento della marea osservata e un'oscillazione del sovrizzo, smorzatasi dopo il giorno 27 per l'aumento della pressione.



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

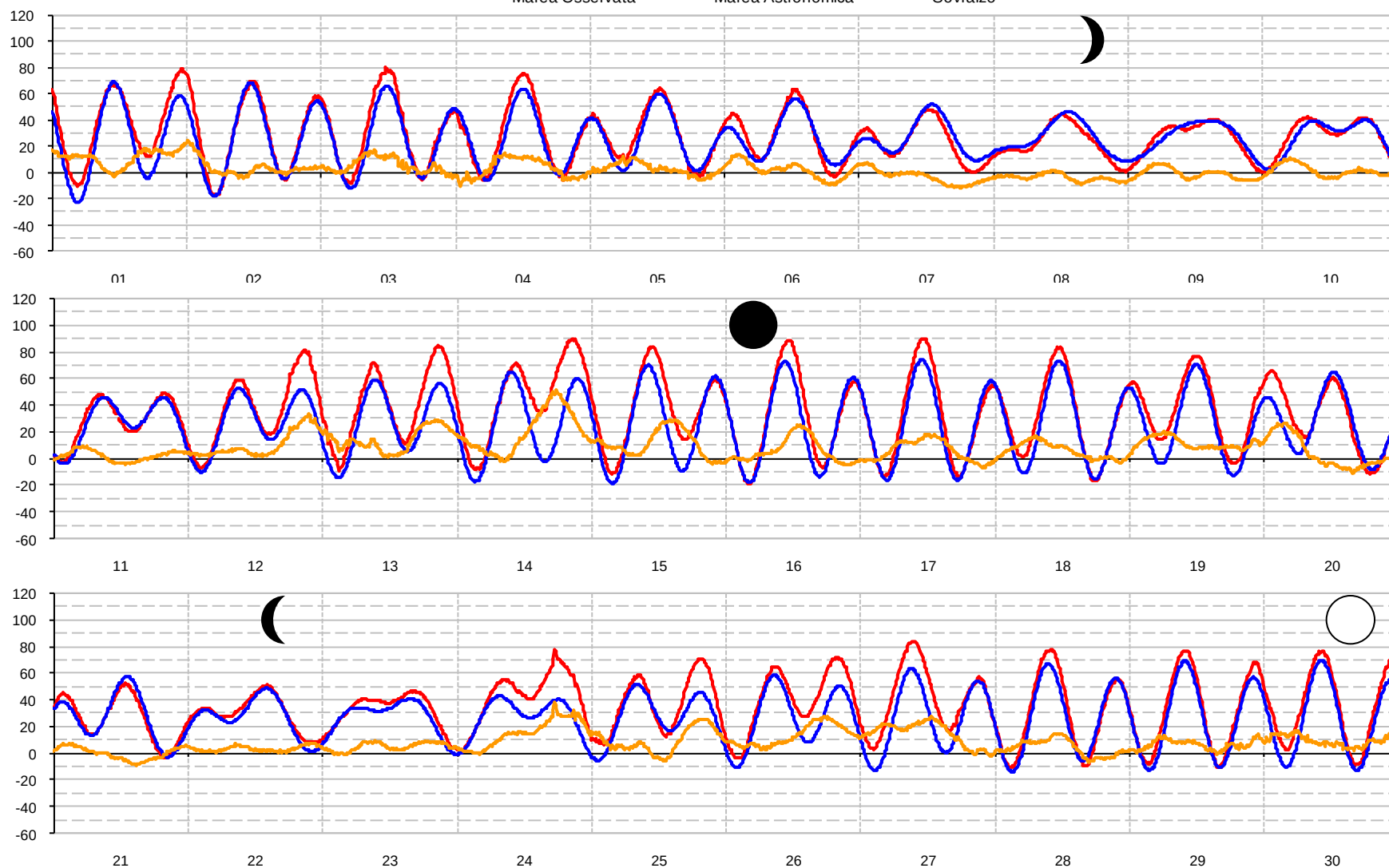
Bollettino n. 9 - Anno 2012

Mareografia

Stazione: **Chioggia Vigo**

Periodo: **Settembre 2012**

— Marea Osservata — Marea Astronomica — Sovralzo

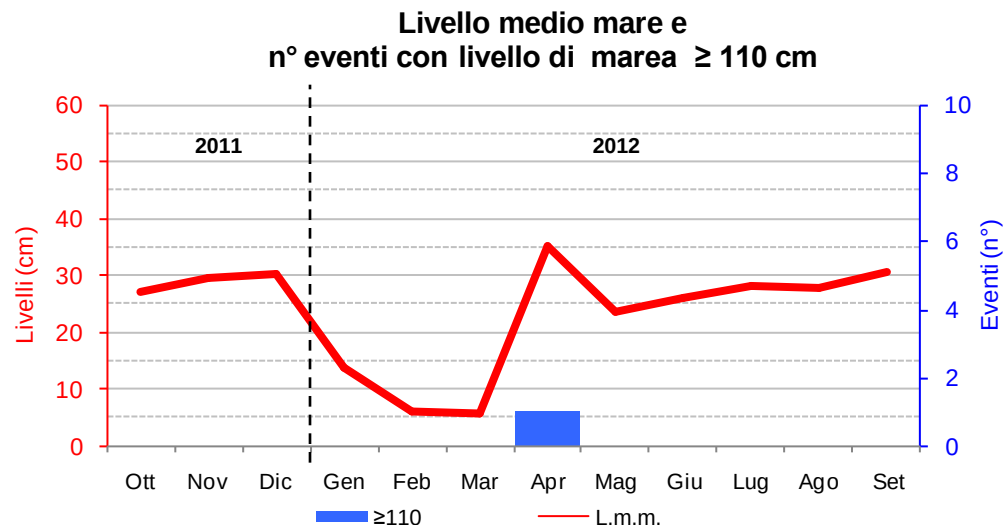


Mareografia

Stazione: **Grado**

Periodo: **Settembre 2012**

Massimo	+103 cm 17 settembre (h 10:20)
Minimo	-36 cm 02 settembre (h 04:40)
Escursione massima di marea	139 cm
Livello medio mare mensile	30.63 cm
n° eventi con livello di marea ≥ 110 cm	-



ANALISI DEL PERIODO

Nel mese di settembre 2012, la marea a Grado ha raggiunto la quota massima di +103 cm il giorno 17 alle ore 10:20 e la quota minima di -36 cm il giorno 02 alle ore 04:40. Il livello medio mare mensile calcolato risulta pari a 30.63 cm, valore superiore ai 27.70 cm registrati nel precedente mese di agosto, in linea con i 30.38 cm di settembre 2011. Non si sono registrati eventi di acqua alta (≥ 110 cm sullo Z.M.P.S.).

Nella prima decade non si è osservata una differenza sostanziale tra la marea osservata e quella astronomica.

Dal giorno 12 un crollo barico ha innalzato il livello di marea e causato l'insorgenza di una sessa, rendendo periodico l'andamento del sovrizzo.

All'inizio della terza decade si è ristabilito il normale regime mareale. Il 24 settembre un nuovo crollo barico ha causato l'incremento della marea osservata, con il sovrizzo che ha raggiunto il valore massimo mensile pari a +48 cm alle ore 19:50.



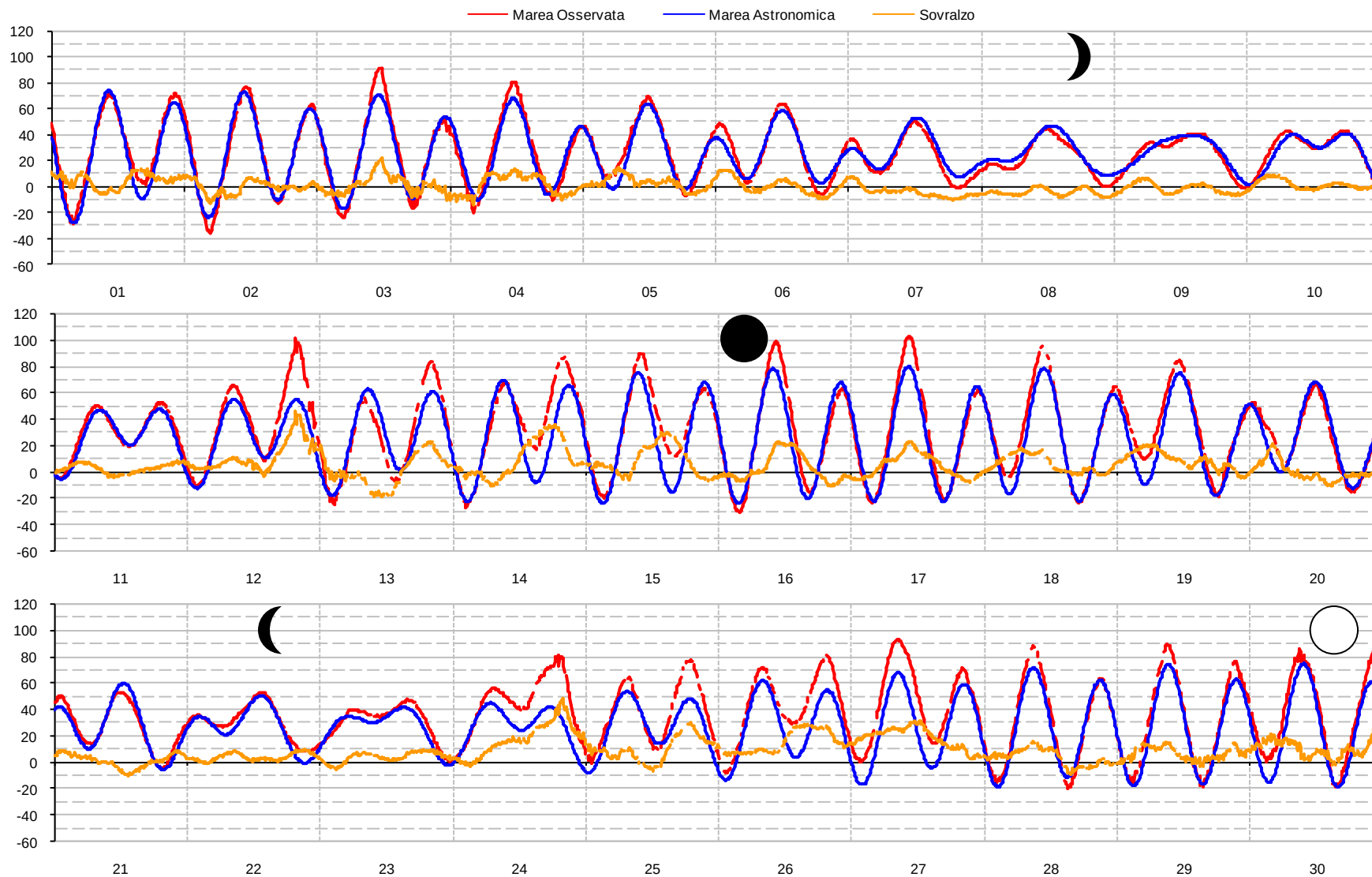
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Bollettino n. 9 - Anno 2012

Mareografia

Stazione: **Grado**

Periodo: **Settembre 2012**





Allegato VII.2

ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine
Servizio Laguna di Venezia

Analisi eventi di marea

Rapporto n. 02/2011

-

12 - 13 Aprile 2011

Castello, 4665 - 30122 Venezia
Tel: 041 5220555 / 5235895 - Fax: 041 5220521
Segreteria previsione di marea: 041 5202027 / 5202083
e-mail: venezia@isprambiente.it
www.ispravenezia.it

Analisi evento 12 – 13 aprile 2011

In questo documento viene presentata l'analisi dell'evento di marea avvenuto tra il 12 ed il 13 aprile 2011, giorni nei quali si è verificata, a breve distanza di tempo, la dominanza di venti dal primo e dal secondo quadrante che hanno portato differenti effetti sui livelli e sull'assetto idraulico della laguna e del litorale alto adriatico.

Analisi meteorologica

Andamento delle pressioni in Adriatico

Nella mattinata del giorno 11 la pressione nel medio alto Adriatico si è mantenuta su valori nettamente superiori a quelli del basso Adriatico. A partire dal pomeriggio la pressione ha iniziato a decrescere a Venezia e a San Benedetto del Tronto, mentre ad Otranto è rimasta sostanzialmente costante, vicina ai 1016 hPa. Verso le ore 6:00 del 12 aprile, si è osservata la prima inversione del campo barico nel bacino adriatico con valori di pressione atmosferica più elevati nella parte meridionale rispetto a quella settentrionale. Successivamente, nel corso della seconda parte della giornata, la pressione ha iniziato a diminuire anche ad Otranto. Dopo aver toccato il minimo di 1008.1 hPa alle ore 18:00 del 12 aprile, la pressione a Venezia è tornata a risalire superando dapprima quella di San Benedetto (verso le ore 20:00), poi anche quella di Otranto nelle prime ore del 13 aprile. Da registrare il massimo gradiente barico nella porzione centro-settentrionale dell'Adriatico grazie alla differenza di pressione di 7.3 hPa tra Venezia e la località marchigiana la mattina del 13 aprile (evidenziata con l'ellisse maggiore in fig. 1).

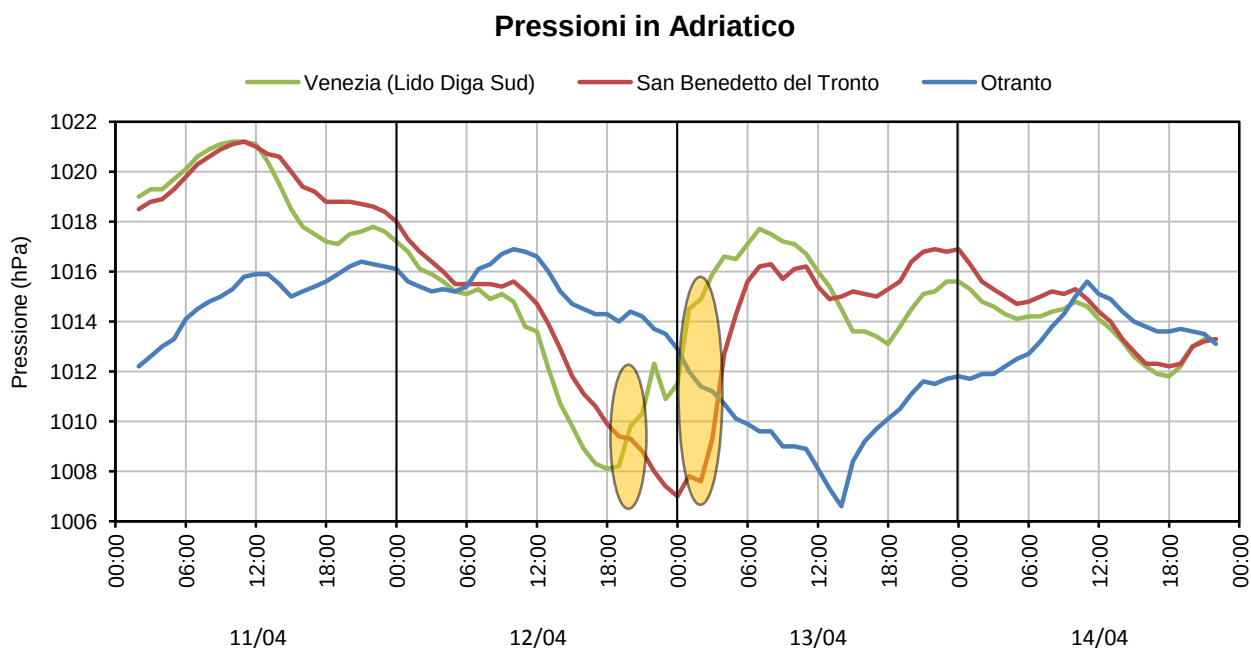


Figura 1

Alle 14:00 del 13 aprile si è assistito ad un'ulteriore inversione barica con valori di pressione a San Benedetto nuovamente superiori a quelli del capoluogo veneto; inoltre in quello stesso istante si è verificato il picco minimo ad Otranto con 1006.6 hPa (differenza di 7.9 hPa con Venezia). Infine, dalla mattinata del 14 aprile le pressioni sono ritornate pressoché uniformi lungo tutto l'Adriatico.

Regime dei venti

A Venezia ha spirato un vento locale proveniente da sud il giorno 11 tra le 10:00 e le 22:00 (fig. 2). La sera del 12 aprile, in corrispondenza del rialzo barico a Venezia rispetto a San Benedetto tra le 20:00 alle 23:00, si è assistito ad un vento di Bora che ha raggiunto l'intensità massima di 14.9 m/s. Dalla mezzanotte e per tutte le prime ore del 13 aprile il vento è ruotato disponendosi dal secondo quadrante (direzione prevalente attorno ai 100 gradi) raggiungendo l'intensità massima di 17.2 m/s (alle ore 1:40 del 13 aprile).

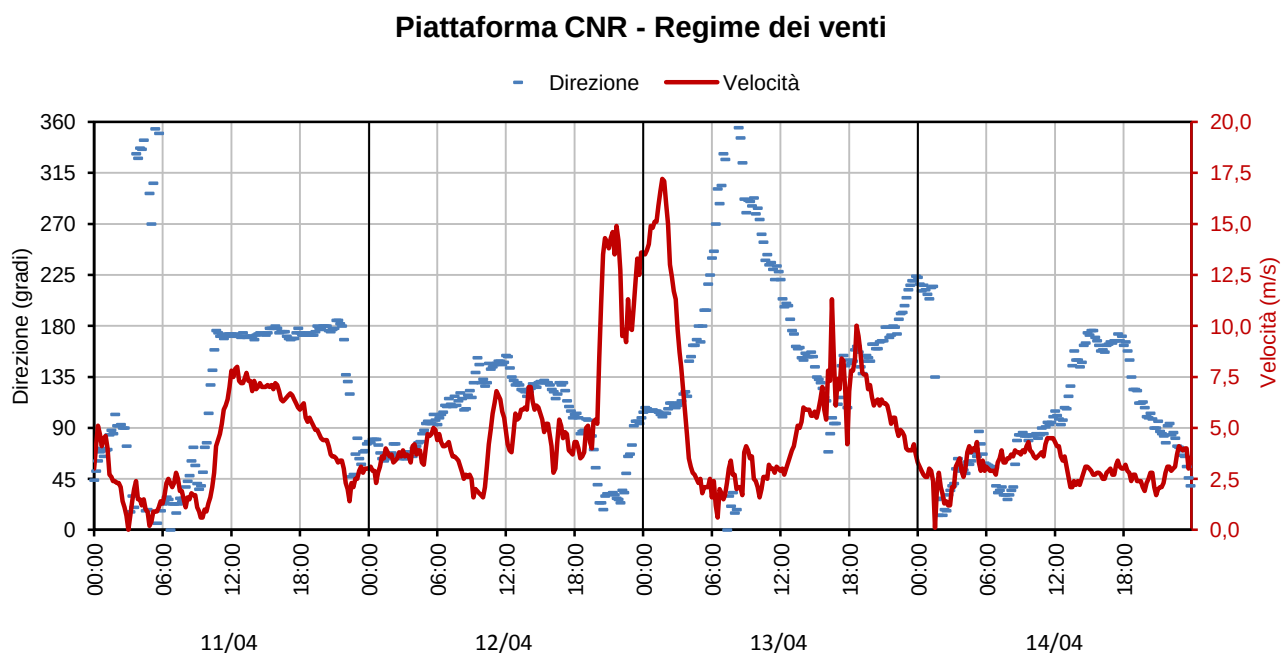


Figura 2

Da quel momento in poi il vento ha iniziato a spirare con minor intensità, da settore di provenienza variabile, tanto da non risultare più significativo.

Analisi mareografica

I livelli di marea in Laguna di Venezia hanno seguito un andamento pressoché regolare durante il giorno 11 aprile e nella prima metà del giorno successivo. È necessario evidenziare che il livello di Val Fogolana mostra una curva appiattita quando la marea scende al di sotto dei -5 cm sullo

Z.M.P.S.¹. Questo fenomeno è dovuto al fatto che la stazione è situata in una area barenicola nella parte meridionale del bacino lagunare, zona che viene esposta all'aria quando l'acqua scende al di sotto di quella quota. A partire dalle ore 12:00 del 12 aprile la presenza di vento di Bora, con picchi massimi di 14.9 m/s, ha provocato i primi segnali di disordine idraulico che sono sfociati nel caratteristico fenomeno dei “sovralti differenziati” verso le 20:00. Il fenomeno dei “sovralti differenziati” consiste nel fatto che, in presenza di Bora, nella parte settentrionale della laguna i livelli di marea risultano inferiori rispetto a quelli previsti dalla marea astronomica (sovralti negativi), mentre nella parte meridionale l'insaccamento dell'acqua fa registrare quote idrometriche incrementate e quindi sovralti positivi. In figura 3 si può notare come la curva di marea della stazione di Val Fogolana si sia spinta fino alla quota massima +97 cm sullo Z.M.P.S. alle 21:20 del 12 aprile con un sovralt di +44 cm (fig 4). Nella stazione di Grassabò (situata nel nord-est lagunare) il livello ha raggiunto la quota di +40 cm sullo Z.M.P.S alle 22:10, con un sovralt negativo di -7 cm. Nel resto della laguna i sovralti sono risultati contenuti.

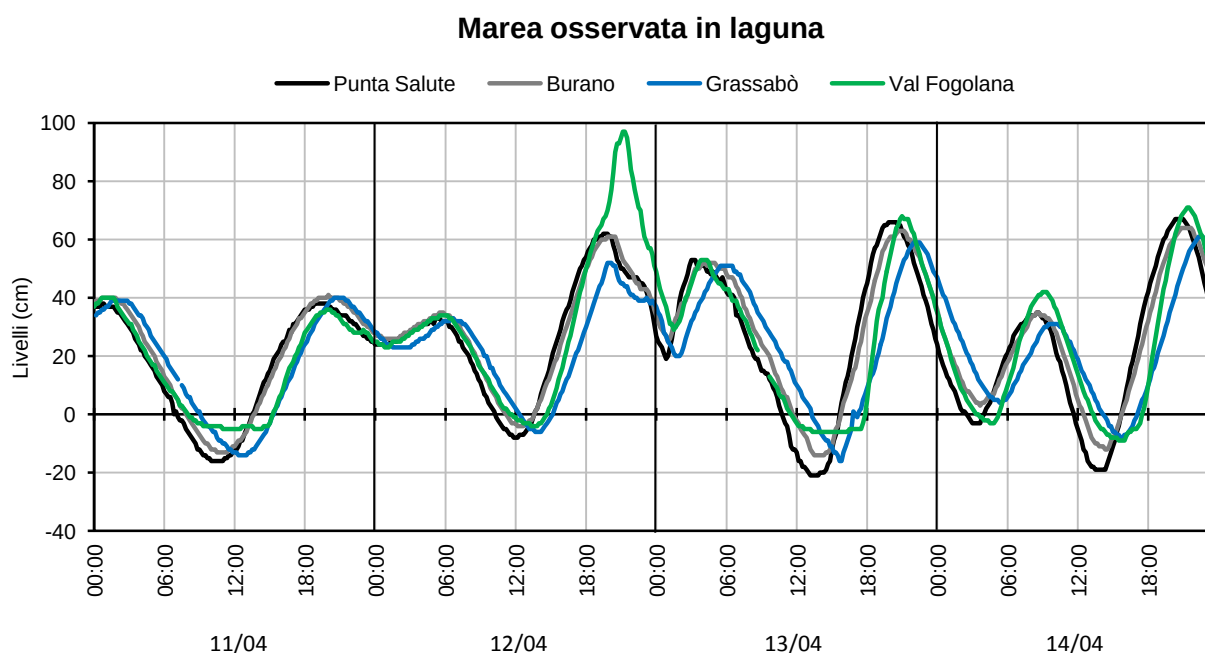


Figura 3

Dalle prime ore del 13 aprile l'instaurarsi di un vento dal secondo quadrante determina l'aumento dei sovralti in tutta la laguna che hanno raggiunto, nelle stazioni considerate, valori compresi tra i +30 e i +40 cm (fig. 4).

Man mano che il vento locale diminuisce, i sovralti tendono a ritornare omogenei.

¹ Zero Mareografico di Punta della Salute. Per maggiori approfondimenti consultare il sito www.ispravenezia.it, sezione “La Marea”.

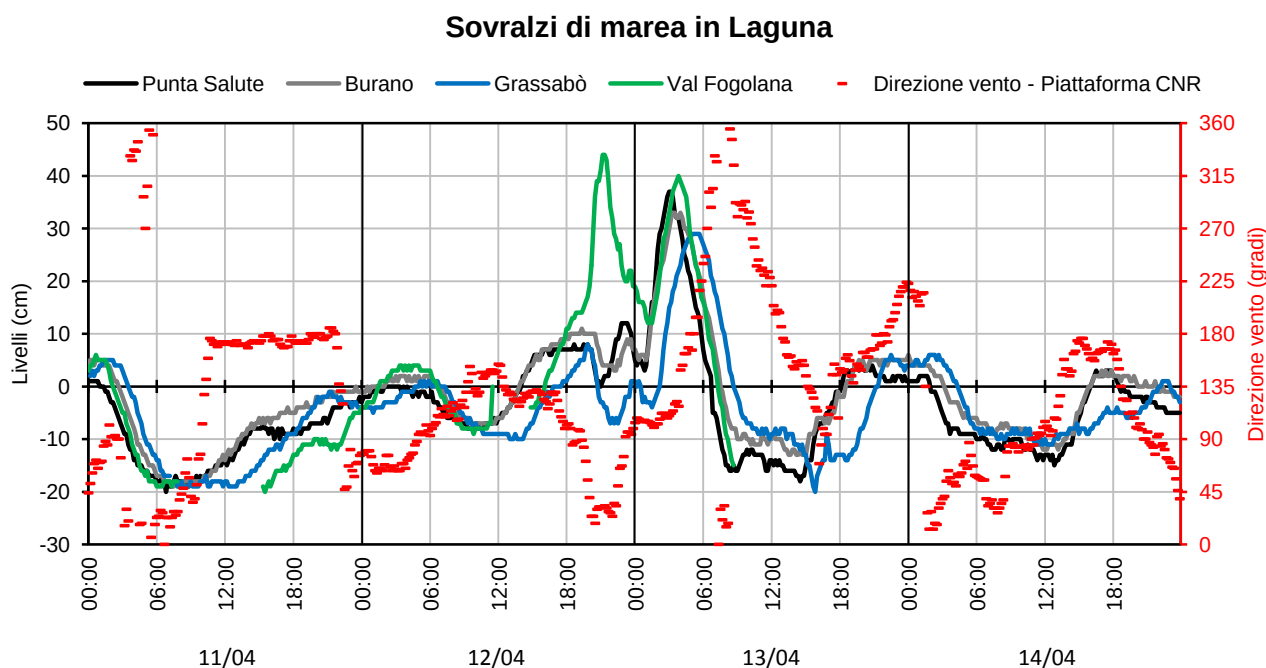


Figura 4

Per quanto riguarda l'ambito della costa alto adriatica, si assiste ad un'omogeneità nell'andamento dei sovralti fino al tardo pomeriggio del 12 aprile. Quando inizia a spirare la Bora (verso le ore 20:00) si nota in maniera evidente il differente comportamento della Laguna di Caleri rispetto a quella di Marano-Grado. La stazione di Porto Caleri si trova sottovento rispetto ai venti dal primo quadrante ed il sovraltito raggiunge il valore di +42 cm alle 23:10 del 12 aprile, mentre a Grado (sopravento) si osserva un sovraltito negativo di -23 cm alle ore 22:10 a causa dello svuotamento di quella porzione di bacino lagunare (fig. 5). Anche la mareaa Piattaforma CNR risente del vento di Bora, con un sovraltito salito fino al valore massimo di +24 cm alle ore 21:50 del 12 aprile.

Il vento dal secondo quadrante che inizia a soffiare dalle prime ore del 13 aprile provoca un incremento dei livelli in tutte e tre le stazioni a mare esaminate. Si deve evidenziare che, in questo caso, l'effetto più significativo sull'andamento della marea si è avuto a Piattaforma CNR con il sovraltito che ha raggiunto +45 cm. Anche a Porto Caleri e a Grado si osservano sovralti positivi significativi, rispettivamente pari a +38 cm e +23 cm, legati al riempimento forzato dei relativi bacini lagunari.

Passata la fase di vento più intenso dalla seconda metà del 13 aprile nell'Adriatico settentrionale, i sovralti tornano omogenei ed è possibile riconoscere la presenza di una sessa (oscillazione libera del mare con periodo di circa 22 ore).

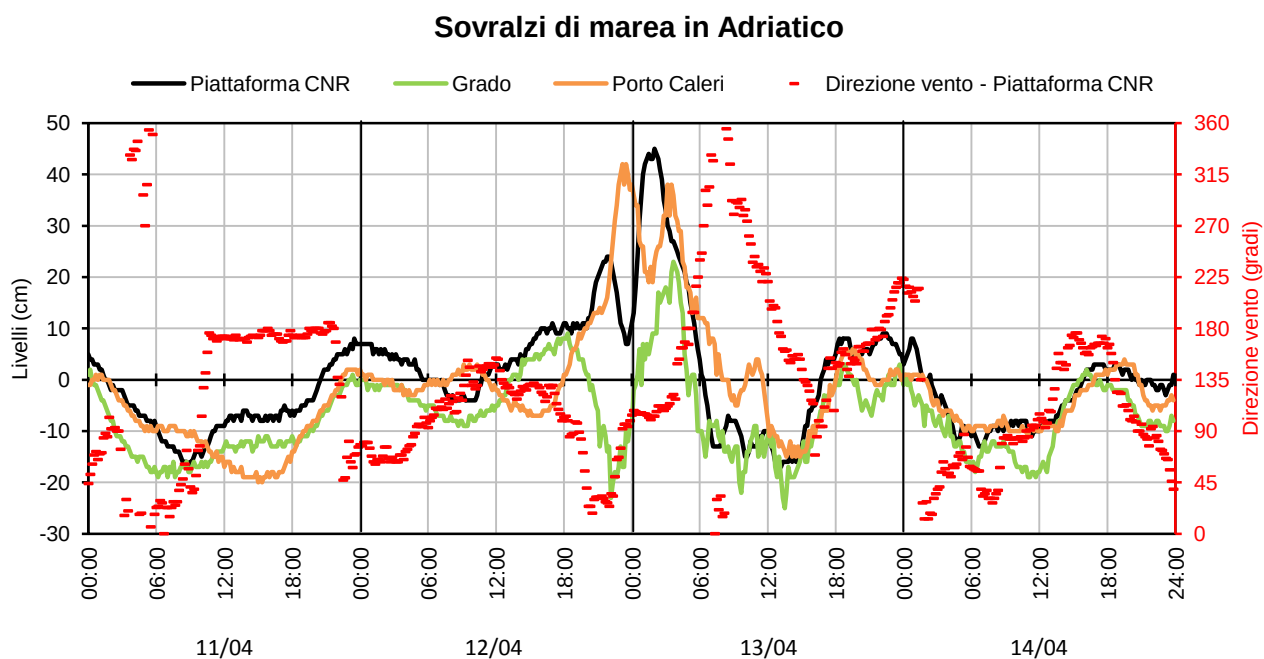


Figura 5

Conclusioni

I giorni 12 e 13 aprile 2011 costituiscono un esempio significativo dei diversi effetti indotti sul bacino lagunare veneziano da parte di venti di Bora e da venti provenienti dai settori sud-orientali. Infatti, mentre la Bora causa il cosiddetto fenomeno dei “sovrалzi differenziati”, i venti da est/sud-est tendono a spingere l’acqua ortogonalmente all’arco costiero alto Adriatico e quindi anche all’interno della Laguna di Venezia.

La Bora induce sovrалzi positivi nella parte bassa della Laguna di Venezia e a Porto Caleri (sottovento) e, di converso, sovrалzi negativi nella porzione settentrionale della laguna veneta e a Grado (sopravento).

I venti provenienti dal secondo quadrante causano effetti simili lungo tutto l’alto Adriatico incrementando i livelli della marea osservata rispetto a quelli previsti dalla marea astronomica.

Allegato VII.3

Proposta di variazione della quota del caposaldo e relativa correzione dei dati di marea delle stazioni di Cavallino Centro e Le Saline

Con il presente documento si vuole porre l'attenzione sui livelli di marea registrati¹ nelle stazioni di Cavallino Centro e Le Saline, livelli che presentano valori sistematicamente superiori a quelli rilevati dalle altre stazioni della Rete Mareografica della Laguna di Venezia (RMLV).

Nel corso delle procedure di validazione dei dati registrati nelle stazioni della laguna settentrionale², tra gli anni 2009 e 2011 si è osservato come l'andamento del livello medio mare mensile e annuale a Le Saline e a Cavallino Centro evidenzia valori prevalentemente maggiori rispetto a quelli riscontrati nelle altre stazioni analizzate. Questo comportamento si nota anche nel confronto con le medie calcolate per la stazione di Punta della Salute (indicata con PS). Si è scelto quindi di utilizzare quest'ultima stazione come termine di paragone per svolgere considerazioni in merito all'attendibilità delle quote dei caposaldi, poiché si ritiene che i dati registrati presso questa postazione siano quelli meno affetti da errore³.

La *figura 1* mostra i livelli medi mensili per gli anni 2009, 2010 e 2011 per tutte le stazioni oggetto di validazione. Con le linee tratteggiate si è voluta sottolineare la differenza dei livelli medi di Cavallino Centro e di Le Saline rispetto a quelli di Punta della Salute.

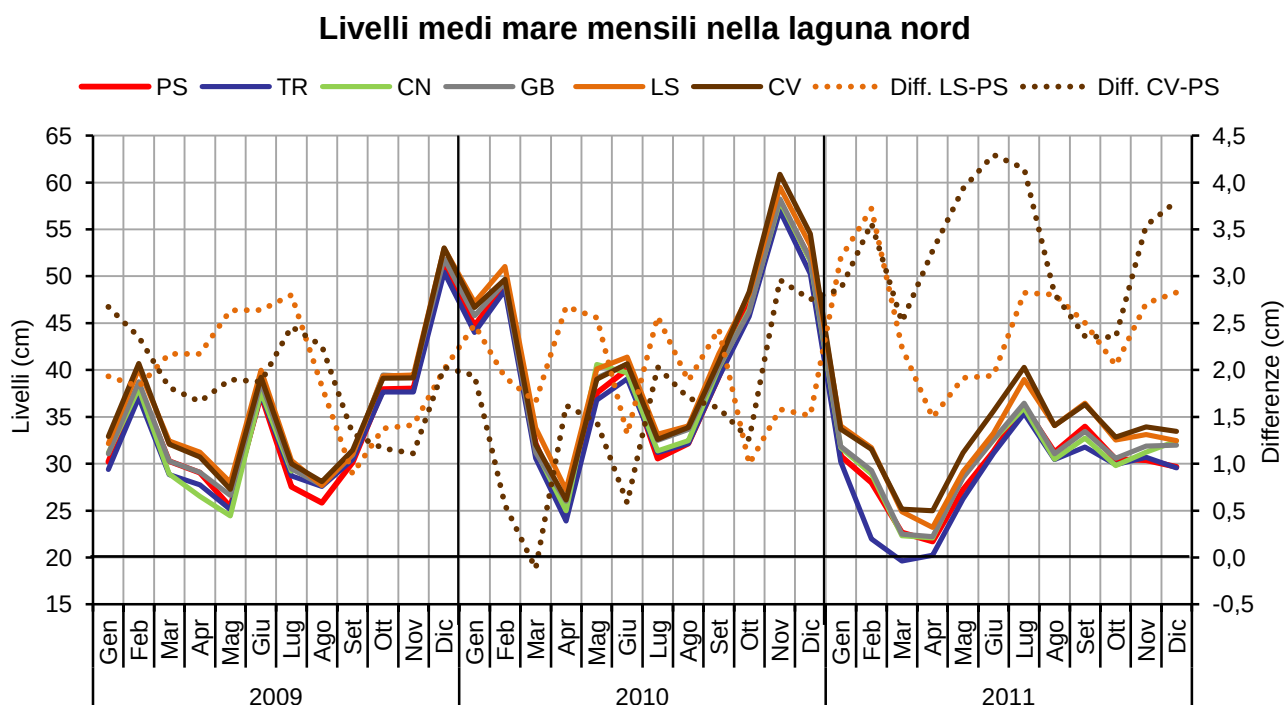


Figura 1

¹ Livelli riferiti allo Zero Mareografico di Punta della Salute (ZMPS).

² Stazioni di Treporti (TR), Le Saline (LS), Canal Ancora (CN), Cavallino Centro (CV) e Grassabò (GB).

³ Si veda la convenzione per il controllo del caposaldo di Punta della Salute tra ISPRA, ICPSM e CNR-ISMAR di Venezia.

Dal grafico si evince che, nel periodo analizzato, i livelli medi mensili nelle stazioni di Grassabò, Canal Ancora e Treporti risultano in linea con quelli di Punta della Salute. Al contrario, le curve di Le Saline e Cavallino Centro mostrano valori del livello medio mare tendenzialmente più elevati. A riprova di quanto affermato, nella tabella sottostante vengono proposti i confronti tra livelli medi annui osservati nell'ultimo triennio.

	Differenza livelli medio mare annuo con Punta della Salute				
	TR-PS	CN-PS	GB-PS	LS-PS	CV-PS
2009	-0.2	0.3	1.0	2.0	1.9
2010	-0.7	0.0	0.7	2.0	1.5
2011	-0.6	0.4	0.7	2.5	3.3
Media	-0.5	0.2	0.8	2.2	2.2

Tabella 1

Tra il 2009 e il 2011 le stazioni di Le Saline e Cavallino hanno registrato mediamente una differenza di +2.2 cm rispetto a Punta della Salute. Alla luce delle considerazioni sull'andamento del livello medio mare si ipotizza che questo scostamento sia legato ad un problema di quota del caposaldo, dipeso presumibilmente da una subsidenza locale o da un'errata campagna di assegnazione di quota delle piastre mareografiche.

Questo scostamento sembra confermato anche dall'analisi della quadratura di marea verificatasi il 30 ottobre 2010.

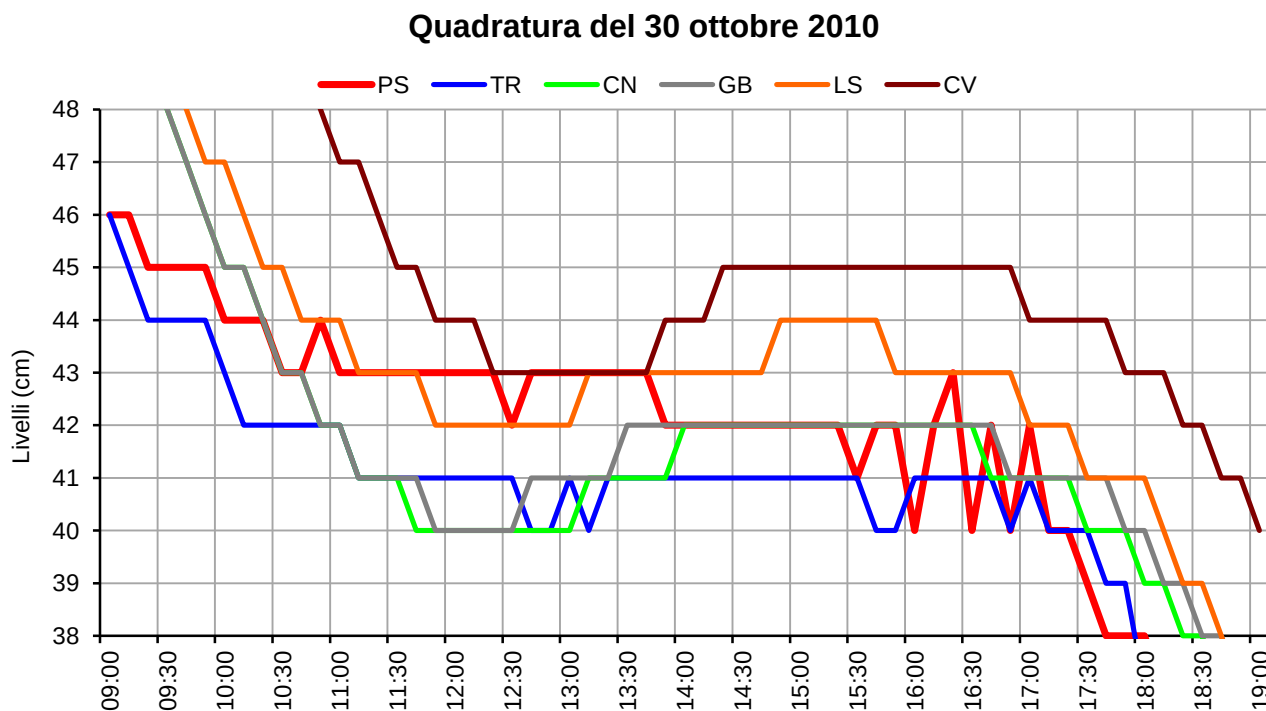


Figura 2

La quadratura è stata maggiormente riconoscibile nella porzione settentrionale della laguna a differenza della parte centrale. Pertanto, si è ritenuto più significativo confrontare i livelli di Le Saline con quelli di Treporti, in quanto si trovano lungo il medesimo canale lagunare, mentre i livelli di Cavallino Centro sono stati comparati con quelli di Grassabò, poiché entrambe situate nella zona interna nord-orientale della laguna e con un ritardo di fase comparabile.

Durante la fase di quadratura il livello medio mare misurato nella stazione di Treporti è stato di 40.8 cm e quello di Le Saline è stato di 43.3 cm, con una differenza tra i due pari a 2.5 cm. Allo stesso modo i livelli medi di Grassabò e Cavallino Centro sono stati rispettivamente di 41.9 cm e 44.8 cm (differenza di 2.9 cm).

Quindi, anche l'analisi di una buona quadratura di marea conferma che risulta necessario intervenire per correggere le quote dei capisaldi di Le Saline e Cavallino.

Da queste considerazioni si suggerisce di abbassare le quote dei capisaldi delle stazioni di Le Saline e Cavallino Centro di una quantità pari a **-2 cm**, portandole rispettivamente da 243 cm a 241 cm e da 174 cm a 172 cm sullo ZMPS.

Sussiste poi un secondo aspetto legato alla modifica delle serie pregresse; è quindi essenziale individuare il periodo dal quale iniziare a modificare i dati. Per le stazioni sopra citate sono state oggetto di rianalisi le serie raccolte dall'anno 1992⁴ al 2008.

Livelli medi mare annui dal 1992 al 2011

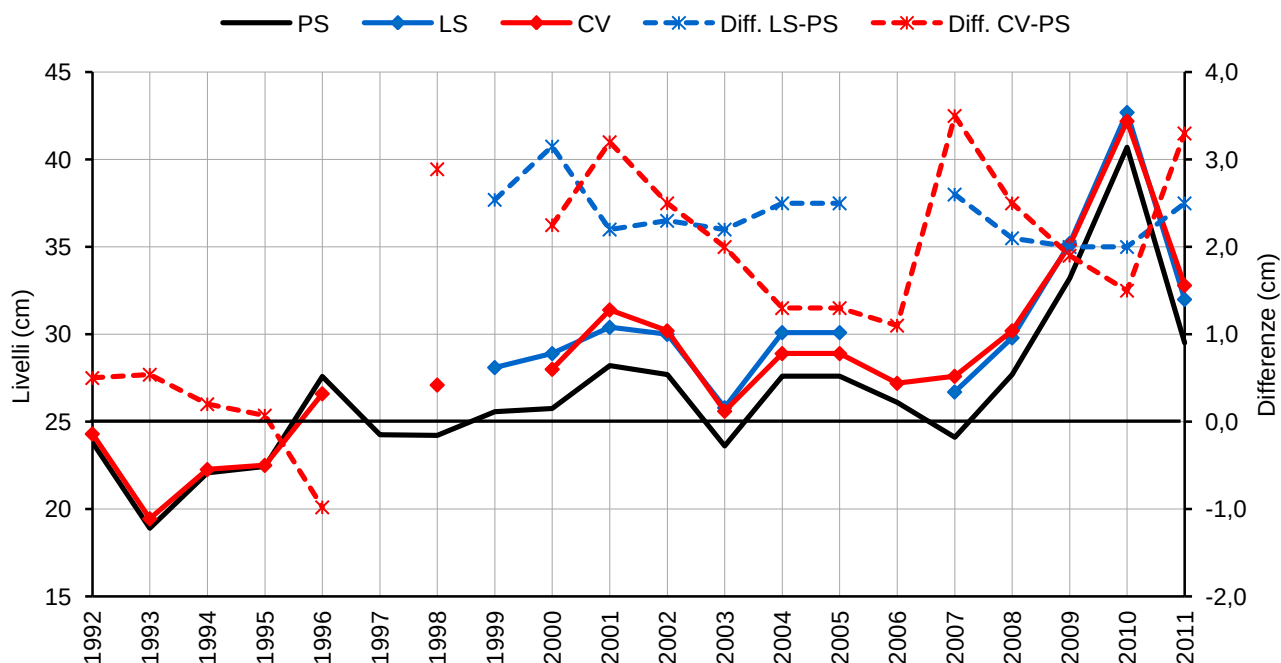


Figura 3

⁴Le serie di dati della stazione di Cavallino Centro degli anni 1997 e 1999 presentavano lunghi periodi di assenza di dati e non sono state considerate. Per la stazione di Le Saline mancavano le serie degli anni 1992, 1993, 1995, 1996, 1998, 2006. Inoltre sempre per quest'ultima stazione, la serie del 1994 risultava inattendibile, mentre quella del 1997 era composta solamente da due decadi di dati per cui si è scelto di non tenerle in considerazione per l'analisi.

Dall'esame dei livelli medi annui osservati nell'ultimo ventennio si nota che i valori registrati a Cavallino Centro sono risultati in linea con quelli di Punta della Salute fino all'anno 1996 (*figura 3*). Successivamente, dal 1997⁵ fino al 2011, il livello medio mare a Cavallino Centro è stato costantemente superiore di quello della stazione di Punta della Salute, con una differenza che si è attestata mediamente a +2.2 cm.

Per quanto riguarda la stazione di Le Saline si deve preliminarmente osservare che fino al 1999 non è stato possibile effettuare confronti in quanto le serie raccolte risultavano inattendibili oppure totalmente mancanti. A partire da quell'anno lo strumento OTT della stazione è stato ripristinato e ha registrato regolarmente i livelli di marea, ma fin dall'inizio si constata che i valori del livello medio mare della località risultano sistematicamente superiori a quelli di Punta della Salute con una differenza che mediamente è pari a +2.5 cm.

Quanto affermato è avvalorato dall'analisi della quadratura verificatasi nei giorni 11 e 12 marzo 2003. Anche in questo evento appare chiaramente che le curve di marea di Le Saline e Cavallino Centro si discostano di +2/+3 cm da quella di Punta della Salute.

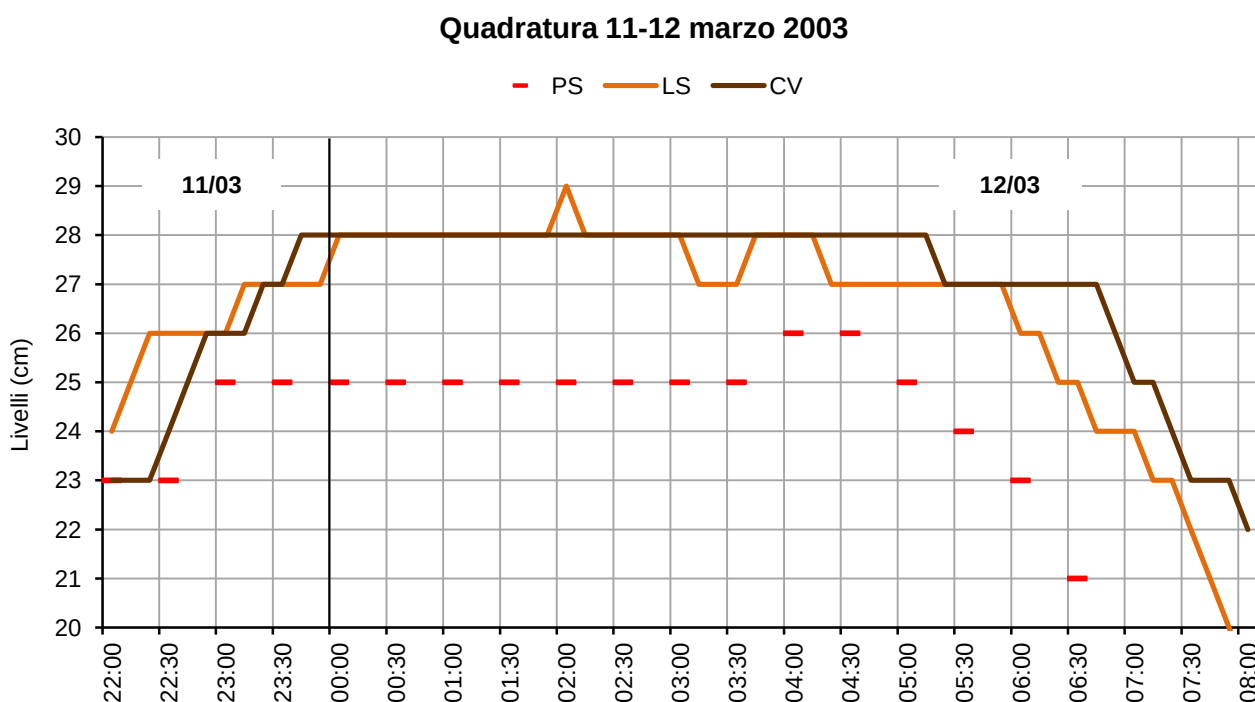


Figura 4

Contestualmente è necessario correggere le serie di dati della stazione di Le Saline di **-2 cm** dalla serie dell'anno 1999 a quella dell'anno 2011. Per la stazione di Cavallino Centro dovrà essere apportata una modifica di **-2 cm** dal 1997 al 2011.

⁵ Sebbene non sia stata inserita nei grafici, in sede di analisi si è osservato che anche la serie di dati del 1997 di Cavallino Centro presentava, in linea con gli anni successivi, valori mediamente superiori di 2 cm rispetto a quelli di Punta della Salute.

Correzione dati - Livelli medi mare annui

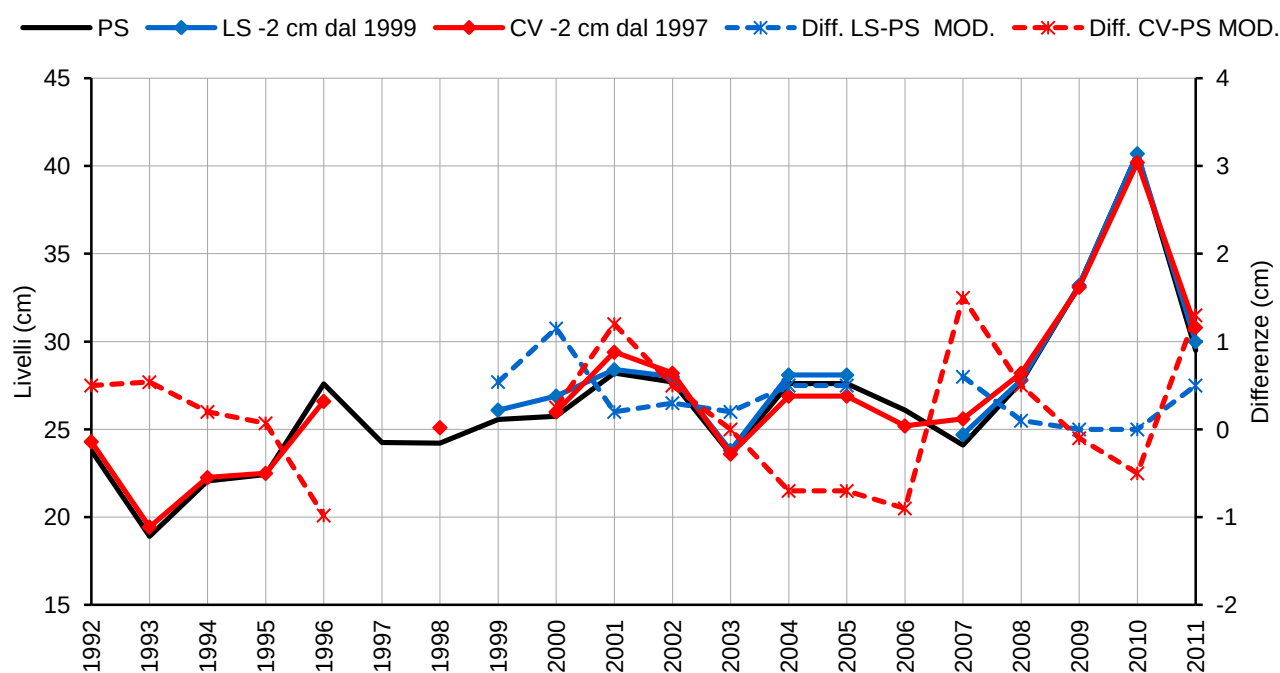


Figura 5

Con le correzioni proposte, i livelli registrati nelle due stazioni in analisi assumerebbero un andamento in linea con quelli di Punta della Salute (*figura 5*), con una differenza media dei livelli medi annui nel ventennio esaminato (1992-2011) che si attesta a +0.5 cm per Le Saline e a +0.4 cm per Cavallino Centro.

Infine, si propone di eliminare la serie mareografica di Le Saline dell'anno 1994 che, a seguito di ulteriori controlli, presenta dati inattendibili.