

**PROGETTO: "RICOSTRUZIONE DELLA SERIE STORICA DI
VENEZIA – PUNTA DELLA SALUTE"
(1924-2005)**

Dr.ssa Elisa Rosso

Tutor: Dr. Marco Cordella

Data	Firma Stagista	Firma Tutor	Firma Responsabile Servizio

Prefazione

Venezia e la sua laguna costituiscono da secoli un esempio di come l'uomo abbia mantenuto in vita un ambiente di transizione destinato a trasformarsi in un braccio di mare o ad interrarsi nel corso del tempo. La Repubblica Serenissima ben comprese l'esigenza di preservare l'ambiente lagunare sia dall'interramento da parte dei fiumi sia dall'aggressività del mare. Tutta la storia della laguna è un susseguirsi di imponenti opere idrauliche orientate a mantenere intatto un delicatissimo equilibrio. Esempi classici di tali opere sono la deviazione degli alvei dei principali corsi d'acqua che in origine sfociavano all'interno della laguna o nelle sue immediate vicinanze (Piave, Sile, Brenta, Po). Altre opere mastodontiche sono i cosiddetti "murazzi", autentiche muraglie costruite sui litorali per rafforzare le difese naturali della laguna dalle mareggiate dell'Adriatico. Venezia, e più in generale tutte le isole della laguna, hanno sempre convissuto con l'elemento acqua: fin da epoca storica il fenomeno dell'acqua alta (altrimenti detta "acqua granda") era noto alla popolazione, come ben noto era l'andamento delle maree che garantisce il ricambio delle acque interne alla laguna. Proprio per il cruciale ruolo svolto dalle maree nella sopravvivenza dei centri abitati sin dalla fine del XIX secolo sono iniziati i rilievi sistematici dei livelli marini, dapprima in centro storico e poi, via via, anche in altri siti. Venezia, assieme a Trieste, Genova e Ravenna vanta la serie storica più lunga delle osservazioni mareografiche in Italia. La stazione di Punta della Salute a Venezia, operante sin dal 1923, è tutt'ora in esercizio e costituisce il punto di riferimento per tutto il centro storico, sia per l'osservazione delle maree che per il monitoraggio di fenomeno di lungo periodo, quali l'innalzamento globale del livello medio mare e la subsidenza.

Nel presente stage si è affrontato in prima battuta il controllo di qualità dei dati informatizzati, si è successivamente intervenuti in tutti i casi di errori palesi di spoglio dei mareogrammi cartacei. Queste operazioni hanno richiesto un controllo minuzioso dei lucidi su cui veniva trascritto lo spoglio dei dati e costituiscono il valore aggiunto di tutto il lavoro: in alcuni casi la rivisitazione del dato ha richiesto il confronto con altre stazioni o addirittura con la marea astronomica. I dati che provengono da questa positiva esperienza di stage sono una base di alta qualità per tutte le elaborazioni statistiche presentate nel seguito, quali: il calcolo della frequenza di superamento di quote "critiche" di marea, il calcolo del livello medio mare, l'analisi stagionale, annuale e quinquennale del comportamento delle alte e basse maree. Tale lavoro ha permesso inoltre di revisionare l'archivio degli eventi più severi di acqua alta verificatisi a Venezia a partire dal 1924.

La revisione sistematica delle osservazioni mareografiche a Venezia costituisce un punto di partenza fondamentale per qualsiasi ragionamento sulla tutela del centro storico e della sua laguna, sia dal punto ambientale che storico. L'informazione ambientale, a cui questo lavoro di tesi

contribuisce significativamente, costituisce una delle attività fondamentali di APAT per la sua divulgazione ad un ampio pubblico, che nel caso di Venezia è certamente a scala mondiale.

Il Tutor

Marco Cordella

Abstract

La presente tesi costituisce una sintesi dell'attività di stage svolta presso l'APAT, nell'ambito del progetto "Ricostruzione della serie storica di Venezia - Punta della Salute" (1924-2005).

I dati provenienti dalla stazione di Punta della Salute costituiscono una delle più lunghe serie storiche di dati mareografici in Italia e rappresentano la base informativa necessaria per ogni analisi del fenomeno mareale a Venezia.

Questo lavoro ripercorre tutte le fasi di controllo a cui sono stati sottoposti i dati degli estremali di marea, dall'informatizzazione alle verifiche di coerenza, alle eventuali integrazioni.

La serie storica completa e corretta è stata analizzata, successivamente, dal punto di vista statistico, focalizzando l'attenzione sui valori rilevanti e sulle statistiche annuali, mensili e quinquennali.

Alla presente tesi è allegato un cd in cui si possono trovare tutte le tabelle a cui fa riferimento il testo.

Indice

Introduzione	1
--------------	---

Capitolo 1

Il fenomeno delle maree a Venezia

1.1 la marea a Venezia	2
1.2 Le osservazioni mareografiche a Venezia	4
1.3 La stazione di Punta della Salute	6
1.4 Classificazione delle maree	7

Capitolo 2

Il controllo dei dati

2.1 I dati	8
2.2 Il controllo dei dati	9

Capitolo 3

Analisi dei dati

3.1 Livelli massimi e minimi rilevanti	11
3.2 Statistiche annuali	14
3.3 Statistiche mensili	18
3.4 Statistiche quinquennali	26

Conclusioni

Ringraziamenti

Allegato

Bibliografia

Introduzione

Il mareografo di Venezia - Punta della Salute fornisce dal 1923 una delle più lunghe serie di osservazioni mareografiche in Italia e nel Mediterraneo e proprio per questo costituisce una banca dati di importanza notevole, in quanto si possono analizzare dati mareografici relativi ad un lungo periodo di tempo. Questo lavoro illustra un'analisi dei dati provenienti dalla stazione di Punta della Salute dal 1924 al 2005, compiuta nell'ambito di uno stage formativo della durata di sei mesi.

L'obiettivo alla base del presente lavoro è l'inventario, l'informatizzazione, il controllo e l'elaborazione dei dati provenienti dalle maree massime e minime, misurate a Venezia presso la stazione mareografica di Punta della Salute.

Il presente lavoro può essere suddiviso in tre parti principali: una prima parte introduttiva del fenomeno delle maree a Venezia, una seconda parte relativa al controllo e correzione dei dati ed una terza relativa alle analisi svolte.

La prima parte affronta gli aspetti principali della marea a Venezia, la sua periodicità, la suddivisione in due componenti principali (marea astronomica e contributo meteorologico) ed i fenomeni di subsidenza ed eustatismo. Viene poi accennata una breve storia sulle osservazioni delle maree a Venezia e l'importanza che assume la stazione di Punta della Salute come riferimento delle misure dei livelli della marea nella città di Venezia. Viene inoltre indicata una classificazione dei livelli di marea a Venezia.

Nella seconda parte del lavoro si descrivono i dati relativi al periodo dal 1924 al 2005, provenienti dalla stazione di Punta della Salute, che sono stati utilizzati per le successive elaborazioni. Si illustrano, inoltre, le diverse fasi percorse per il controllo e la correzione dei dati.

Nella terza parte del lavoro si mostrano i risultati ottenuti dalle elaborazioni dei dati. In particolare si calcolano i massimi e minimi assoluti, la massima escursione e le massime ampiezze. Si osservano i dieci più alti o più bassi casi di marea verificatesi ogni anno, in modo tale da analizzarne l'andamento nel periodo dal 1924 al 2005. Si calcolano inoltre le frequenze delle acque alte o basse eccezionali, in modo tale da studiare la distribuzione annuale, mensile e quinquennale delle maree. Si pone anche l'attenzione sul fenomeno della stagionalità delle maree, sia per quanto riguarda le alte, sia per le basse maree.

Tutte le elaborazioni compiute in questo lavoro sono state effettuate con Excel ed il software statistico R. Tutte le Tabelle citate sono reperibili nel cd allegato al presente lavoro.

Capitolo 1

Il fenomeno delle maree a Venezia

1.1 La marea a Venezia

La marea è il periodico movimento di innalzamento e abbassamento del livello marino, provocato dall'attrazione gravitazionale che il Sole e la Luna esercitano sulle masse acquee.

Nelle variazioni del livello marino si distinguono: una fase di innalzamento (flusso di marea) durante la quale l'acqua raggiunge il livello massimo e una fase di abbassamento (reflusso di marea) durante la quale il livello si abbassa fino ad un minimo.

Le maree possono essere suddivise in base alla loro periodicità in due gruppi fondamentali:

- diurne, con un'alta e una bassa nell'arco delle 24 ore;
- semidiurne con due alte e due basse maree nell'arco delle 24 ore.

A Venezia la marea dipende dalla composizione degli effetti derivanti da due fattori: la marea astronomica e la componente meteorologica.

L'azione o forza di marea che un corpo celeste esercita sulla Terra è direttamente proporzionale alla sua massa ed inversamente proporzionale al cubo della sua distanza dal centro della Terra. Poiché la Luna è molto più vicina alla Terra del Sole la sua azione attrattiva è maggiore del doppio di quella del Sole. L'intensità della marea cambia al variare della posizione che durante il mese lunare il satellite occupa rispetto alla Terra e al Sole. Quando i tre corpi si trovano allineati (in congiunzione o in opposizione) l'alta marea raggiunge il livello massimo (marea sigiziale), mentre durante le posizioni di quadratura si registra il valore minimo dell'alta marea (marea di quadratura) infatti nel primo caso le forze di attrazione lunare e solare si sommano, nel secondo si sottraggono. Nelle quadrature dell'Adriatico si ha il fenomeno detto il "morto d'acqua" costituito dalla scomparsa di una delle due oscillazioni normali, derivata dalla prevalenza dell'onda a periodo diurno su quella a periodo semidiurno.

Vengono dette linee cotidali le linee che congiungono tutti i punti nei quali l'alta marea avviene nel medesimo istante; queste linee divergono da centri, detti nodi anfidiromici, in cui la marea è nulla.

La componente astronomica di marea è descritta da una formula matematica precisa e il calcolo di essa si fonda sullo sviluppo della marea in componenti armoniche.

Le osservazioni della marea spesso non coincidono con le previsioni della marea astronomica in quanto nella realtà si somma l'azione della componente meteorologica dipendente dalle condizioni atmosferiche. Questi fenomeni fisici chiamati "sovrалzo" e sesse si sovrappongono quindi alle normali oscillazioni astronomiche esaltandone l'effetto. Il "sovrалzo" rappresenta l'innalzamento del livello del mare causato dall'azione della pressione atmosferica e del vento. Le variazioni, positive o negative, tra la marea osservata e la marea astronomica vengono identificate con in generale con il termine "sovrалzo". Gli elementi che danno un maggiore contributo alla formazione del "sovrалzo" sono la pressione atmosferica ed il vento.

La pressione atmosferica è la forza che la massa d'aria esercita sulla Terra per effetto della forza di gravità: essa agisce anche sulla superficie del mare, comprimendola in proporzione al valore barico. Nella parte di bacino in cui si ha una zona di pressione relativamente bassa, si avrà una minore forza esercitata sul mare, con un conseguente innalzamento del livello medio; viceversa, si avrà un abbassamento del livello medio del mare in caso di alta pressione.

Il vento, invece, soffiando verso la costa innalza il livello del mare sui litorali, soffiando verso il largo abbassa il livello presso i litorali. A Venezia gli allagamenti sono spesso provocati dallo Scirocco che soffia lungo l'Adriatico da Sud verso Nord nei periodi autunnali. L'effetto del vento viene inoltre influenzato dalla profondità dei fondali marini, quando il mare è molto profondo l'effetto si riduce.

Le sesse sono dovute normalmente a variazioni locali di pressione, in seguito al passaggio di una perturbazione meteorologica o all'azione del vento, che provocano un temporaneo accumulo di acqua in una parte del bacino, dando origine ad una sorta di onda che si sposta provocando un innalzamento del livello del mare. L'onda di sollevamento che si determina è denominata sessa. Questo fenomeno si verifica nel mar Adriatico proprio per la conformazione stretta e poco profonda che lo caratterizza. Queste oscillazioni sono tipicamente stazionarie ed hanno un'ampiezza che si smorza nel tempo; esse possono manifestarsi sia lungo l'asse maggiore del bacino (oscillazioni longitudinali), sia lungo quello minore (oscillazioni trasversali).

Il livello complessivo del mare deriva quindi dalla sovrapposizione di "sovrалzo", sesse e maree i cui effetti devono essere sommati in caso di simultaneità.

Anche l'eustatismo e la subsidenza contribuiscono al fenomeno dell'acqua alta a Venezia. L'eustatismo è l'innalzamento del livello del mare legato alle variazioni climatiche del globo e la subsidenza è lo sprofondamento del suolo dovuto all'emungimento delle falde acquifere. A Venezia è stato calcolato uno sprofondamento del suolo di 23 cm, che può essere calcolato come risultante

di tre fattori: 3 cm dovuti a subsidenza naturale, 9 cm dovuti a subsidenza antropica e 11 cm dovuti all'incremento del livello del mare. (Carbognin et al., 2005). In Figura 1.1 si possono osservare le variazioni dei riferimenti della stazione di Venezia – Punta della Salute dovuti a subsidenza ed eustatismo.

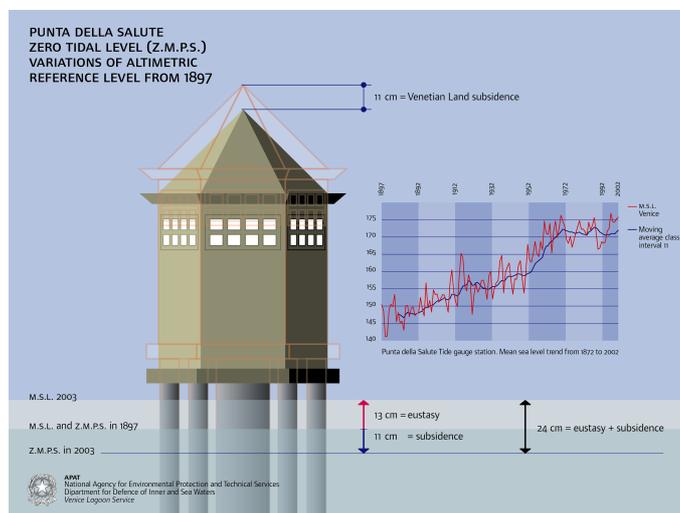


Figura 1.1. I livelli di riferimento della stazione di Punta della Salute.

1.2 Le osservazioni mareografiche a Venezia

Le misurazioni sistematiche del livello del mare a Venezia e le registrazioni dei massimi e minimi, con il relativo orario, iniziano a Venezia quando il primo mareografo viene installato nel 1871 in Campo Santo Stefano, presso la sede del Genio Civile. Un altro mareografo viene successivamente predisposto nel 1888 presso l'Arsenale, ad opera dell'Istituto Geografico Nazionale. La stazione mareografica che storicamente ricopre il maggior interesse è la stazione di Punta della Salute. Il primo mareografo di Punta della Salute viene installato nel 1906 sul lato Canal Grande per essere spostata nel 1923 nell'attuale sito, sul lato del Canale della Giudecca.

Le misurazioni del livello del mare erano inizialmente di competenza del Genio Civile che in seguito trasmetteva i dati al Comune e al Magistrato alle Acque. Con la legge istitutiva n°257 del 24 maggio 1907 al Magistrato alle Acque vengono affidati i compiti di studio dei bacini, dei corsi d'acqua, delle lagune e dei litorali e, per tale ragione, l'Istituto aveva anche la funzione di provvedere alla raccolta metodica ed ordinata delle osservazioni idrografiche riguardanti le lagune, il litorale, il mare, i fiumi e i bacini montani. Per assolvere a tali funzioni viene costituito l'Ufficio Idrografico che, tra le varie attività, era impegnato con il servizio mareografico. L'Ufficio

Idrografico quindi ereditò tutta l'organizzazione già esistente, acquisendo tutti gli strumenti e le dotazioni che erano state usate in precedenza. L'Ufficio Idrografico ha svolto tale importante funzione per quasi un secolo, e dal 2002 l'attività è stata affidata all'Agenzia Per la protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT).

I dati raccolti in questo periodo costituiscono le fonti di riferimento per lo studio di varie questioni di interesse tecnico-scientifico quali le variazioni del livello del mare, la difesa di Venezia dalle alte maree, le trasformazioni morfologiche del bacino lagunare, il rischio di inondazione di tutta la fascia costiera nord adriatica.

Nel 1912 l'Ufficio Idrografico iniziò la pubblicazione dei Bollettini mensili, nei quali venivano raccolti i valori orari della marea per la stazione di San Nicolò del Lido, le ore e le altezze delle alte e basse maree osservate ai mareografi di San Nicolò del Lido, di Punta della Salute, e di San Felice di Chioggia, ed inoltre venivano rese note informazioni sull'andamento del livello medio del mare.

Presso l'APAT sono conservati i lucidi in cui sono stati riportati i livelli del mare rilevati dal 1887 al 1989. In particolare:

- dal 1887 al 1908 sono disponibili i lucidi relativi alle misurazioni effettuate presso la stazione mareografica di Santo Stefano;
- dal 1909 al 1918 si trovano i lucidi relativi alle misurazioni effettuate presso la stazione mareografica di Punta della Salute quando era ancora collocata sul lato Canal Grande;
- dal 1920 al 1922 si hanno a disposizione i lucidi relativi alle misurazioni effettuate presso la stazione mareografica di Diga Sud Lido;
- dal 1923 al 1989 si dispone dei lucidi relativi alle misurazioni effettuate presso la stazione di Punta della Salute nell'odierna collocazione.
- Dal 1989 ai giorni nostri la stazione ci fornisce non solo i dati riguardanti i valori massimi e minimi ma si hanno a disposizione anche le misurazioni del mare ogni ora/mezz'ora.

1.3 La stazione di Punta della Salute

Il punto fondamentale per l'osservazione dei livelli di marea a Venezia è la stazione mareografica di Punta della Salute. Il primo mareografo viene collocato nel 1906 sul lato Canal Grande ed in seguito viene spostato nel 1923 sul lato del Canale della Giudecca, sito dell'attuale collocazione. Nel presente lavoro si farà riferimento ai dati provenienti dalla stazione di Punta della Salute dal 1924 al 2005, in quanto l'anno 1923 presenta numerosi problemi di funzionamento del mareografo.



Figura 1.2. la stazione mareografica di Punta della Salute

Le misurazioni del livello del mare a Venezia hanno come riferimento il livello medio del mare dell'anno 1897, calcolato dall'Istituto Geografico Militare, allo scopo di definire lo zero della rete altimetrica a Venezia. Tale riferimento è stato calcolato mediando le osservazioni di venticinque anni, dal 1885 al 1909, ed assegnando il valore di riferimento all'anno centrale 1897. Tale riferimento viene definito "Zero Mareografico di Punta della Salute" ed è stato assunto come piano di riferimento per tutte le stazioni della Rete Telemareografica della laguna di Venezia. Ciò significa che, se è lecito supporre tale riferimento solidale con il suolo veneziano, la differenza tra il livello medio marino calcolato oggi a Punta della Salute e il l.m.m. del 1897 fornisce la stima più attendibile dell'abbassamento subito da Venezia in poco più di un secolo (APAT, 2006 a). Il vantaggio di avere mantenuto tale riferimento ha consentito di svincolare le misure del livello marino dai movimenti relativi del suolo veneziano rispetto alla posizione media della superficie marina che, dal 1897 ad oggi, si è elevata per l'effetto combinato di eustatismo e subsidenza (APAT, 2006 b). Per convenzione le misure del livello del mare sono calcolate da una distanza fissa di 150 cm al di sotto del livello di riferimento (ZMPS), in modo tale da evitare l'inconveniente di dover distinguere tra misure positive e negative.

La stazione di Punta della Salute è collegata alla Rete Telemareografica della Laguna di Venezia (RTLTV), che è la rete di collegamento del sistema delle centrali, delle stazioni di osservazione e dei collegamenti in ponte radio e che consente le attività di osservazione, segnalazione e previsione degli eventi meteo marini che interessano la Laguna e l'arco costiero Nord-Adriatico, e in generale per la gestione del sistema idraulico lagunare.

La rilevazione della marea nella stazione di Punta della Salute prevede la registrazione dei dati su duplice supporto, informatico e cartaceo, che garantisce un elevato grado di affidabilità nella qualità delle osservazioni, che vengono trasmesse in tempo reale alle centrali di acquisizione. Dal 2005 la stazione mareografica è inoltre dotata di un ricevitore fisso GPS per l'esecuzione in continuo di misure geodetiche finalizzate al controllo di stabilità dei capisaldi della RTLTV e dei movimenti crostali verticali nell'area peri-adriatica. (APAT, 2006 b).

1.4 Classificazione dei livelli di marea

I livelli di marea a Venezia vengono classificati e definiti in base alle altezze calcolate sul livello di riferimento del 1897.

In base alle altezze raggiunte le maree vengono definite come:

- medio alte, se il livello raggiunto è maggiore o uguale di 80.0 e minore di 110.0;
- alte, se il livello raggiunto è maggiore o uguale a 110.0 e minore di 140.0;
- eccezionali, se il livello raggiunto è maggiore o uguale a 140.0;
- normali, se il livello raggiunto è maggiore o uguale di -50.0 e minore di 80.0;
- al di sotto dei valori normali, se il livello raggiunto è maggiore o uguale di -90.0 e minore di -50.0;
- basse maree eccezionali, se il livello raggiunto è minore di -90.0.

Capitolo 2

Il controllo dei dati

2.1 I dati

La serie storica di dati di marea della stazione di Punta della Salute rappresenta una delle serie più lunghe che sono state raccolte nel Mediterraneo. In questo lavoro si prendono in considerazione i dati relativi al periodo dal 1924 al 2005.

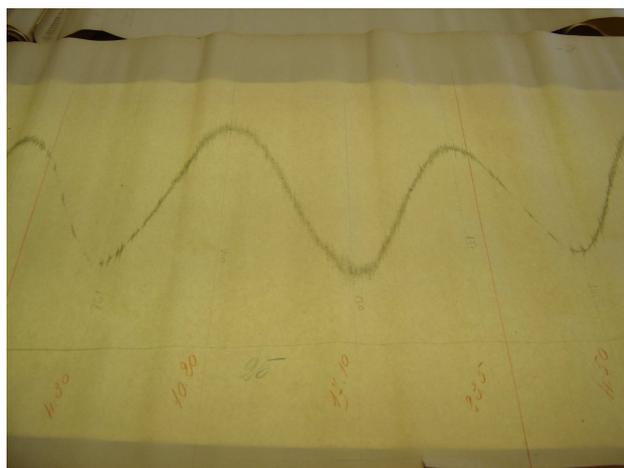


Figura 2.1. Un diagramma di Punta della Salute, anno 1935.

I dati provengono dallo spoglio dei diagrammi della stazione mareografica di Punta della Salute, (Figura 2.1), che sono stati trascritti da alcuni operatori e sono reperibili sotto forma di lucidi presso l'APAT di Venezia.

La serie dei dati è formata dalle registrazioni nei lucidi dei livelli di massimo e di minimo del mare, con il relativo orario, per quanto riguarda il periodo dal 1924 al 1988. Per quanto riguarda il periodo successivo, i dati sono stati raccolti con una frequenza di campionamento diversa: per il periodo dal 1989 al 1994 esistono dati di marea ogni ora, invece per gli anni compresi tra il 1995 ed il 2005 la frequenza di raccolta dei dati è ogni mezz'ora. Tutti i dati di cui si dispone sono stati informatizzati da alcuni tecnici dell'ufficio dell'APAT.

2.2 Il controllo dei dati

Una fase particolarmente impegnativa e delicata è stata quella del controllo e correzione dei dati a disposizione.

La serie storica dei dati dal 1924 al 2005 è completa, i lucidi tuttavia presentano alcuni errori e alcuni dati mancanti: ogni singolo problema che è stato riscontrato sui dati è stato analizzato e trattato singolarmente, cercando di risolverlo in modo ragionevole.

Assicurarsi che i dati informatizzati fossero coerenti con quelli cartacei è stato il primo e più intenso controllo effettuato. Questa verifica ha impegnato molto tempo e pazienza da parte dei tecnici, che hanno letto a voce tutte le ore ed i livelli della marea e li hanno confrontati con i dati che erano stati informatizzati. Questo controllo basilare ha consentito di correggere quegli errori dovuti all'imputazione. Durante questa prima fase del controllo dei dati sono emerse alcune incoerenze nei lucidi quali:

- livelli massimi o minimi mancanti;
- orari mancanti;
- livelli massimi e minimi adiacenti con uguale valore;
- successione temporale errata tra massimi e minimi.

Tali incoerenze sono state annotate e sono elencate nella Tabella 1.

Per la correzione di questi errori si è ritenuto opportuno compiere delle scelte coerenti e ragionevoli che cercassero di non distorcere l'informazione di cui si disponeva. Una volta identificato l'errore nei lucidi sono stati controllati *in primis* gli Annali pubblicati dall'Ufficio Idrografico. Ogni Annale è la raccolta annuale dei Bollettini Mensili che riportano nella sezione mareografica le ore e le altezze delle alte e basse maree, osservate ai mareografi di Venezia - Punta della Salute, San Nicolò del Lido e San Felice di Chioggia. La pubblicazione degli Annali inizia nel 1912 e prosegue fino al 1954 ed in essi si trovano informazioni che riguardano, oltre alle mareografie, l'idrologia e la meteorologia di tutto il compartimento Triveneto (APAT, 2006 a). Nell'Annale alcuni di questi dati errati sono stati eliminati ma, in alcuni casi, i dati pubblicati contenevano degli errori evidenti e si è ritenuto opportuno esaminare i dati provenienti da altre stazioni. Alcuni valori errati sono stati sostituiti con quelli della stazione di Diga Sud del Lido, mantenendo l'orario dell'estremale di Punta della Salute e sostituendo solamente la quota della marea. Solamente in altri due casi sono state utilizzate le quote della stazione di Porto Marghera e Cason Figheri, in quanto erano le sole stazioni di cui si avevano informazioni. Quando non si disponeva di altre stazioni, si è scelto quindi di interpolare il dato, approssimando i valori delle maree vicine a quella in esame. Per gli anni dal 1955 al 1988 non sono stati pubblicati gli estremali di marea negli Annali e, nel momento in cui si

riscontravano delle incoerenze, sono state analizzate le pubblicazioni relative alle Previsioni di marea astronomica. Talvolta nei lucidi erano presenti livelli massimi e minimi adiacenti con uguale valore, spesso in concomitanza a fenomeni di quadratura tra Luna, Terra ed Sole; in questi casi si è ritenuto opportuno eliminare i valori uguali in quanto non erano rappresentativi dei livelli di massimo o minimo. Il criterio adottato per identificare massimi e minimi due livelli di marea adiacenti è quello tale che ci sia tra di essi una differenza di almeno cinque cm e che siano intercorse almeno tre ore di tempo.

Dopo aver controllato e corretto tutte le incoerenze riscontrate, i dati dal 1924 al 1988 sono stati sottoposti ad un altro controllo: è stato verificato che ci fosse una corretta alternanza tra massimi e minimi. In pratica ci si è assicurati che ogni minimo fosse minore del massimo seguente e che, viceversa, ogni massimo fosse maggiore del minimo successivo.

Per quanto riguarda i dati dal 1989 al 2005, avendo a disposizione una quantità maggiore di informazioni, dovute alla diversa frequenza di campionamento, è stato effettuato un controllo visivo della curva della marea osservata, in modo tale da individuare immediatamente sul grafico alcuni “picchi” che evidenziavano delle incoerenze sui dati. La correzione di questi “picchi” è stata effettuata riportando i valori al naturale andamento della serie storica dei dati.

Grazie a questi controlli sono stati individuati altri errori che sono stati corretti ed elencati in Tabella 1.

Capitolo 3

Analisi dei dati

3.1 Livelli massimi e minimi rilevanti

Il fenomeno dell'“acqua alta” assume particolare rilievo nel momento in cui influenza le normali abitudini dei cittadini allagando parte della superficie della città, creando problemi di trasporto e viabilità pedonale. Nel punto più basso della città, Piazza San Marco, l'acqua comincia ad affiorare attorno ai +70 cm. Come si può notare in Figura 3.1, con una marea di 100 cm sopra lo Zero Mareografico di Punta della Salute il 4% della città viene allagata, e questa percentuale aumenta all'aumentare del livello di marea che si raggiunge. Già con 110 cm si allaga il 12 % della superficie della città, e questa percentuale quasi si triplica quando si raggiungono i 120 cm di marea.

Altezza della marea sullo zero mareografico di Punta della Salute (cm)	Allagamento della città (%)
190	100
140	90
130	69
120	35
110	12
100	4

Figura 3.1. Percentuali di allagamento del suolo di Venezia in base all'altezza di acqua alta raggiunta.

Proprio per questo motivo il livello di 110 cm viene considerato critico.

Per la salvaguardia di Venezia dagli allagamenti dal 1987 è stato attuato un Piano Generale di Interventi ad opera del Ministero delle Infrastrutture, con il Magistrato alle Acque di Venezia tramite il concessionario Consorzio Venezia Nuova. Tra i vari interventi previsti nel Piano c'è il MOSE (MODulo Sperimentale Elettromeccanico), i cui lavori sono tutt'ora in fase di avanzamento.

Il MOSE è un sistema integrato di opere di difesa costituito da schiere di paratoie mobili a scomparsa in grado di isolare la laguna di Venezia dal Mare Adriatico durante gli eventi di alta marea superiori ad una quota concordata di 110 cm e fino ad un massimo di 3 metri. Sono in corso di realizzazione da parte del Comune di Venezia degli interventi di rialzo di rive e pavimentazioni per garantire la difesa dei centri abitati lagunari dalle acque medio alte.

Si riporta in Tabella 2, in allegato, l'elenco delle alte maree (uguali o superiori a 110 cm sul l.m.m) a Venezia - Punta della Salute per il periodo 1924-2005. Accanto ad ogni livello si riporta anche il valore della minima precedente e la differenza tra i due livelli che si sono verificati.

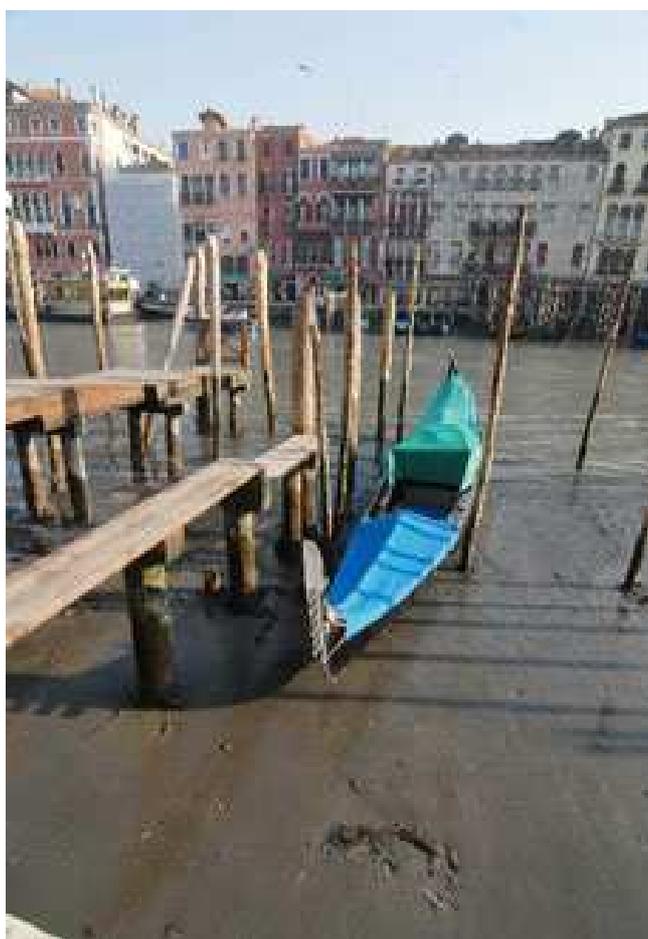


Figura 3.2. Venezia con una bassa marea eccezionale.

Le basse maree eccezionali sono le maree il cui livello è inferiore ai -90 cm e, pur essendo meno note, creano molti disagi nella città di Venezia. Con le basse maree eccezionali infatti i canali si prosciugano e si hanno gravi disagi con il trasporto.

Nella Tabella 3, in allegato viene riportato l'elenco ordinato delle basse maree eccezionali, registrate a Venezia - Punta della Salute per il periodo 1924-2005.

In Figura 3.3 sono indicati i valori caratteristici della marea a Venezia – Punta della Salute per il periodo 1924 – 2005. In particolare si indicano il massimo assoluto, il minimo assoluto, l’escursione massima (calcolata come la differenza tra i due valori estremi assoluti) e le massime ampiezze di marea dalla alta alla bassa e, viceversa, dalla bassa alla alta (calcolate come differenze di livelli massimi e minimi adiacenti). La massima assoluta, del 4 novembre 1966, è stata di +194 cm sullo ZMPS. Meno nota, la minima assoluta del 14 febbraio 1934 (-121 cm).

	quota	data
Altezza massima (cm)	194	04/11/1966
Altezza minima (cm)	-121	14/02/1934
Escursione massima (cm)	315	-
Ampiezza massima di marea dalla alta alla bassa (cm)	163	28/01/1948
	163	28/12/1970
Ampiezza massima di marea dalla bassa alla alta (cm)	151	27/12/1970

Figura 3.3. I valori estremi della marea a Venezia. (Periodo 1924-2005).

Nella Tabella 5, in allegato, si riporta l’elenco dei 10 casi di maree più alte verificatesi per ogni anno compreso tra il 1924 ed il 2005. Questa analisi consente di valutare l’andamento dei casi di alta marea nel corso di ogni anno. In analogia a quanto fatto nella Tabella 5, in Tabella 6 si riporta l’elenco dei 10 casi di maree più basse verificatesi per ogni anno compreso tra il 1924 ed il 2005.

I grafici riportati in Figura 3.4 mostrano la distribuzione quinquennale dei dieci peggiori eventi di alta e bassa marea per anno. Si osserva una tendenza alla crescita delle massime più alte di ogni anno. Analogamente, si riconosce una tendenza alla diminuzione dei valori più bassi delle minime.

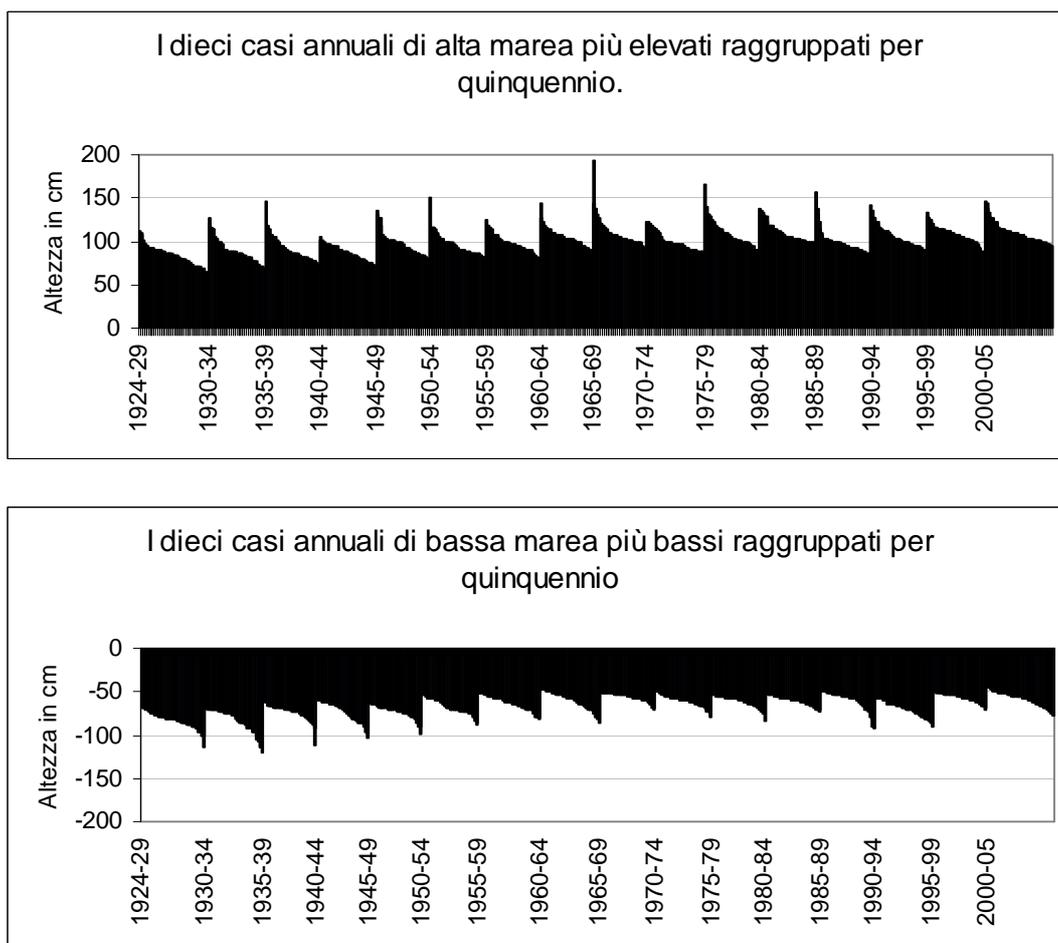


Figura 3.4. I dieci casi annuali di alta e bassa marea rispettivamente più elevati e più bassi per quinquennio.

3.2 Statistiche annuali

L'analisi della serie storica di Punta della Salute, mediante statistiche annuali, permette di studiare l'evoluzione e la variabilità del fenomeno dell'acqua alta nel tempo. In allegato si riporta la Tabella 7 nella quale vengono riportate le frequenze assolute annuali dei livelli delle massime di, suddivise in intervalli di 10 cm, per il periodo 1924-2005. Nell'ultima colonna vengono riportati le somme delle frequenze per ogni intervallo di altezza. Pare opportuno analizzare tutti i livelli massimi che eccedono il massimo della marea astronomica, valutabile in circa 75-80 cm sopra lo ZMPS. In allegato si rappresentano le frequenze assolute dei casi di acqua alta per anno e per classi di altezza (cm) per la stazione di Venezia - Punta della Salute. La Figura 3.5 mostra la distribuzione annuale delle alte maree maggiori o uguali a +110 cm.

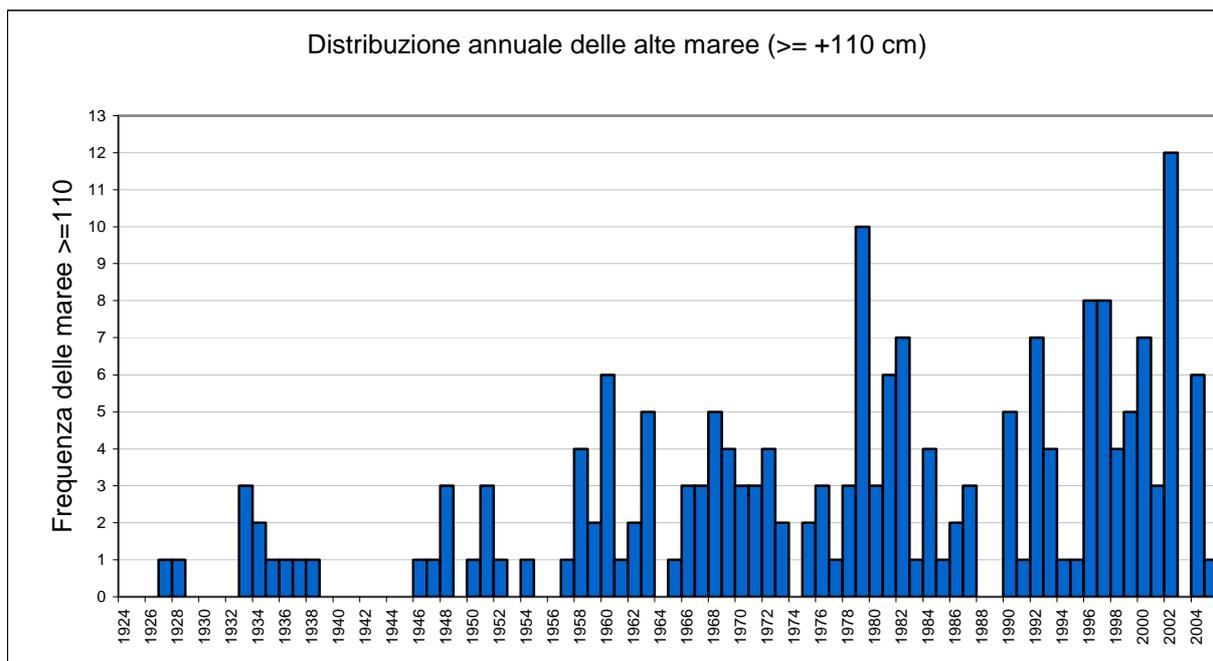


Figura 3.5. La distribuzione della alte maree maggiori o uguali a +110 cm.

Dal grafico riportato in Figura 3.5. si osserva che l'andamento delle frequenze delle maree maggiori dei 110 cm è crescente nel tempo, gli anni con le frequenze più elevate sono gli anni 2002 e 1979, rispettivamente con 12 e 10 casi.

In Tabella 9 si riportano le frequenze assolute annuali delle minime di marea, suddivise in intervalli di 10 cm, per il periodo 1924-2005. Nell'ultima colonna vengono riportate le somme delle frequenze per ogni intervallo di altezza. Si riporta in Figura 3.6 la distribuzione annuale delle basse maree minori di -90 cm.

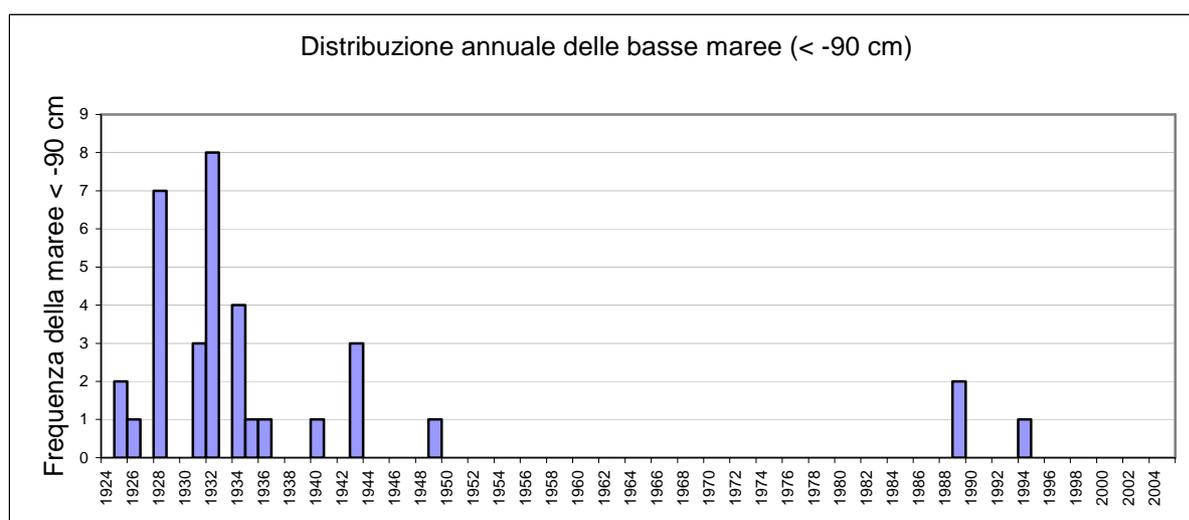


Figura 3.6. La distribuzione annuale delle basse maree minori a -90 cm.

Nel grafico riportato in Figura 3.6 si nota che le basse maree eccezionali si sono verificate con maggior frequenza nel periodo dal 1924 al 1949, gli anni che presentano maggiori frequenze sono il

1932 ed il 1928, rispettivamente con 8 e 7 casi. Dal 1950 al 1989 e dal 1995 al 2005 non si è mai verificata una bassa marea inferiore a -90 cm. Dall'osservazione di questo grafico non si riesce però a delineare una distribuzione annuale delle basse maree, in quanto la soglia -90 cm non sembra più rappresentativa delle basse maree eccezionali. E' quindi opportuno riportare in Figura 3.7, la distribuzione annuale delle basse maree con un livello inferiore a -60 cm che rappresenta meglio l'andamento delle basse maree più rilevanti.

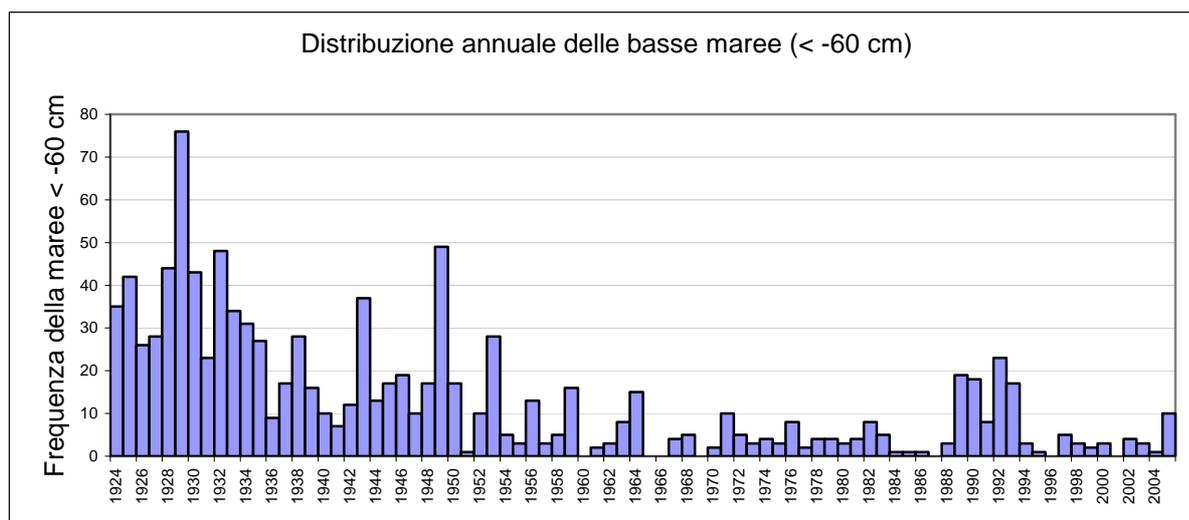


Figura 3.7. La distribuzione annuale delle basse maree minori a -60 cm.

La situazione è speculare a quella osservata per le maree superiori ai 110 cm, infatti, dalla distribuzione delle basse maree e si può osservare una tendenza decrescente negli anni. In questo caso le frequenze riportate nell'asse delle ordinate hanno una scala maggiore rispetto al grafico riportato in precedenza (Figura 3.6), infatti, gli eventi verificatesi sono al massimo 76 per l'anno 1929 . Dal grafico si vede come le minime al di sotto dei -60 cm siano drasticamente ridotte dopo gli anni '40. Solo tra il 1989 ed il 1993 il loro numero cresce, per poi tornare a livelli minimi, negli ultimi anni.

Un'ulteriore indicazione utile, fornita dalle serie di Punta della Salute, è costituita dal livello medio mare annuale. Tale misura consente di valutare le variazioni di altezza del mare rispetto ad un punto di riferimento.

Nel caso specifico di Venezia, la città non può essere considerata stabile, a causa del tipo di terreno su cui poggia. Come anticipato in precedenza, Venezia è soggetta al fenomeno della subsidenza, ovvero al fenomeno di compattamento del suolo, che tende a far perdere alla città altezza rispetto al livello al livello medio mare. Dunque, il livello medio mare a Venezia è un indicatore sia dell'eustatismo, che della subsidenza locale.

In allegato si riporta la Tabella 10 in cui sono elencati i valori del livello medio del mare annuale, per il periodo 1924-2005, per la stazione di Punta della Salute. Il livello medio del mare viene calcolato come media dei valori massimi e minimi registrati in un anno. Questa analisi consente di studiare come varia il livello del mare nell'intero periodo preso in considerazione.

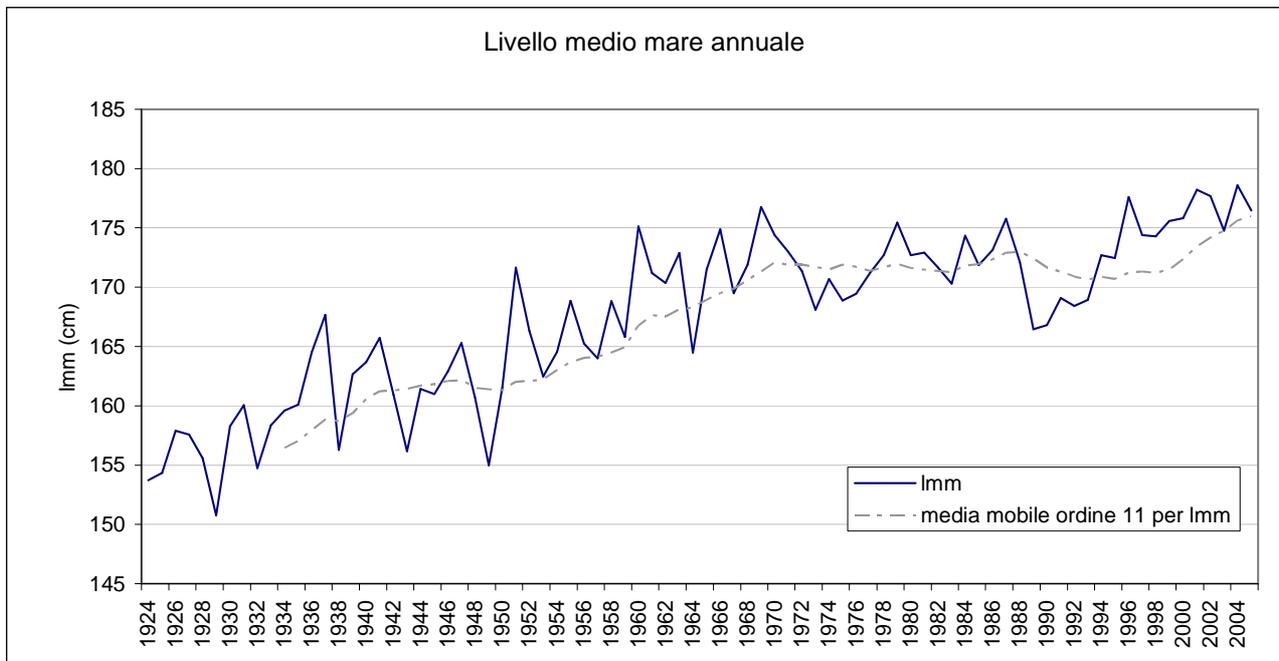


Figura 3.8. Livello medio mare annuale per il periodo 1924-2005.

Il grafico riportato in Figura 3.8 mostra l'andamento del livello medio del mare annuale e della media mobile, calcolata con passo 11 anni. Dal grafico si nota che il livello del mare si è alzato in modo non uniforme nel periodo 1924-2005. Si nota una crescita particolarmente marcata negli anni 1950-1970, a seguito del consistente emungimento dalle falde ad uso industriale. Alla chiusura dei pozzi si nota una stabilizzazione, fino al 2000 circa. Nell'ultimo periodo si osserva, ancora una volta, ad un incremento evidente del livello medio del mare.

3.3 Statistiche mensili

L'analisi della serie storica mediante statistiche mensili consente di studiare la stagionalità del fenomeno delle maree e di comprendere il verificarsi dei livelli massimi e minimi di marea nel corso dell'anno. La Tabella 11, allegata, mostra le frequenze assolute mensili dei livelli massimi comprese in intervalli di 10 cm. Nell'ultima colonna è riportato inoltre il totale delle frequenze per ogni classe di altezza. In Figura 3.9 si riporta la distribuzione mensile delle alte maree maggiori o uguali a +110 cm sullo ZMPS.

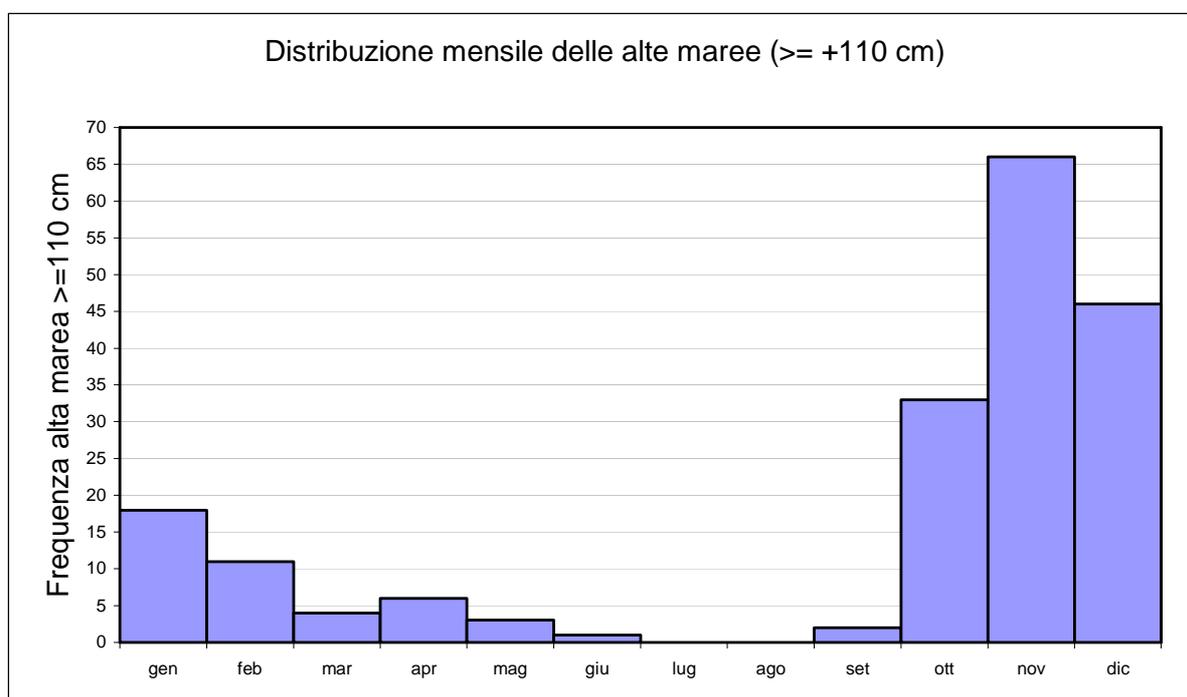
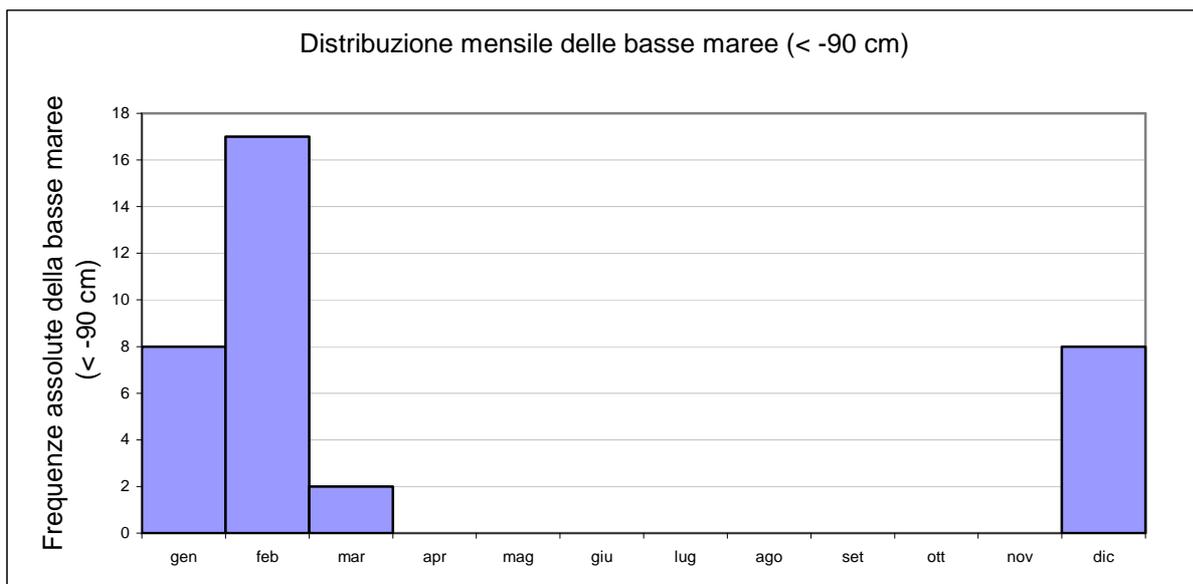


Figura 3.9. Distribuzione mensile delle alte maree maggiori o uguali a +110 cm.

Si osserva che le alte maree sono soprattutto concentrate durante i mesi autunnali, ed in particolare nel mese di novembre con 66 casi. Durante i mesi di luglio ed agosto non si sono mai verificate maree superiori ai +110 cm tra il 1924 ed il 2005. Da questo grafico ben si evidenzia come il fenomeno dell'acqua alta sia fortemente stagionale e concentrato in particolare nei mesi autunnali. Analogamente a quanto fatto per i valori massimi, nella Tabella 12 allegata, si riportano per l'intero periodo considerato le frequenze assolute dei livelli minimi, comprese in intervalli di 10 cm, calcolate per ognuno dei 12 mesi dell'anno. Si riporta in Figura 3.10 la distribuzione mensile delle basse maree eccezionali (<-90cm).



Figura

3.10. Distribuzione mensile delle basse maree minori di -90 cm.

Il grafico mostra come il periodo in cui si concentrano con maggiore frequenza i casi di bassa marea siano i mesi invernali, ed in particolare il mese di febbraio con 17 eventi. Questo livello però non è molto rappresentativo per la distribuzione mensile delle basse maree, in quanto non si verificano eventi per i mesi da aprile a novembre. Inoltre, come evidenziato in precedenza, la quota -90 cm pare poco significativa per individuare i casi di bassa marea eccezionale. Pare quindi opportuno riportare, anche in questo caso, un'ulteriore grafico (Figura 3.11), relativo alla distribuzione mensile delle basse maree inferiori a -60cm.

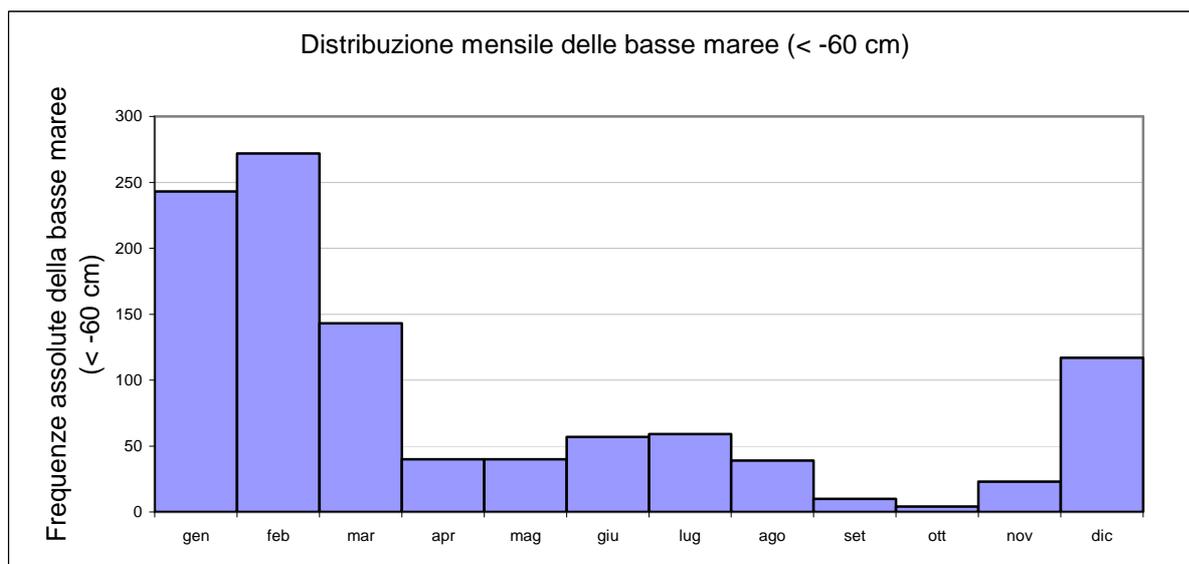


Figura 3.11. Distribuzione mensile delle basse maree minori di -60 cm.

Si può notare che i mesi invernali sono quelli in cui si concentra la maggiore frequenza di basse maree, ed in particolare in febbraio con 272 casi. Il mese con minore frequenza di basse maree è il mese di ottobre con 4 eventi. La stagionalità delle basse maree si lega all'instaurarsi di campi di alta pressione, tipici dei primi mesi invernali.

Per approfondire lo studio della stagionalità si ricorre all'analisi delle informazioni derivanti dal livello medio mare. Nelle Tabelle 14 e 15, in allegato, vengono riportati, rispettivamente, i valori del livello medio mare mensile e decadale per il periodo 1924-2005. Nella Figura 3.12 è riportata un'analisi della stagionalità della serie storica del livello medio mare mensile depurata del trend, ovvero i valori mensili sono depurati del livello medio mare annuale. Tale accorgimento permette di confrontare anni diversi.

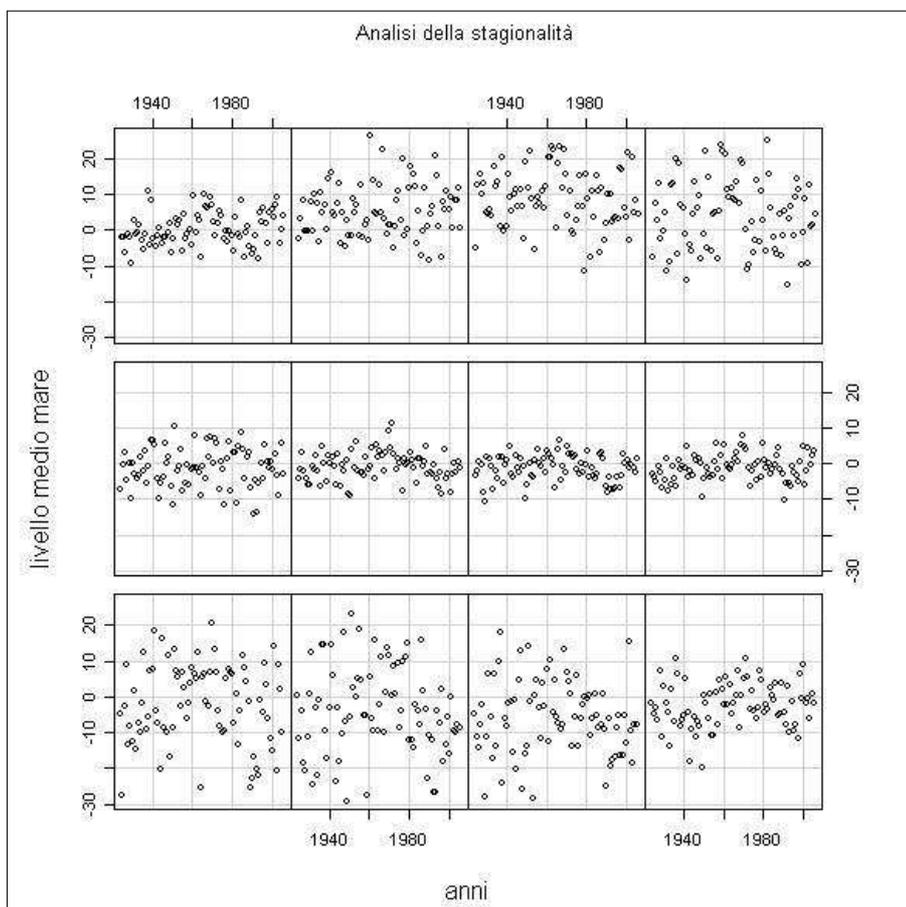


Figura 3.12 Analisi della stagionalità (Periodo 1924-2005)

Per la lettura del grafico riportato in Figura 3.12 l'ordine da gennaio a dicembre è dal basso verso l'alto e da sinistra verso destra. Il riquadro relativo al mese di gennaio è quindi in basso a sinistra e quello relativo al mese di dicembre è in alto a destra. Il grafico mostra chiaramente che la variabilità

della serie storica del livello medio mare è molto elevata per i mesi da novembre a marzo, mentre per i mesi da maggio a settembre si ha una variabilità molto più contenuta.

Nelle Figure 3.13, 3.14, 3.15, 3.16 si riportano i grafici relativi al livello medio mare per ogni mese, nei quali si mette in evidenza il trend lineare della serie storica.

Dall'analisi di questi grafici si osserva che il livello medio mare per ogni mese preso in esame ha una tendenza crescente nel periodo dal 1924 al 2005. La linea di tendenza che ha pendenza maggiore è quella relativa al mese di aprile e l'equazione della retta è $y=0.2865x+153.3$, la minore è quella relativa al mese di novembre e l'equazione della retta è $y=0.2178x+167.39$. Come già osservato in precedenza, si nota una maggiore variabilità nei mesi invernali ed autunnali mentre nei mesi da maggio a settembre la variabilità è piuttosto contenuta.

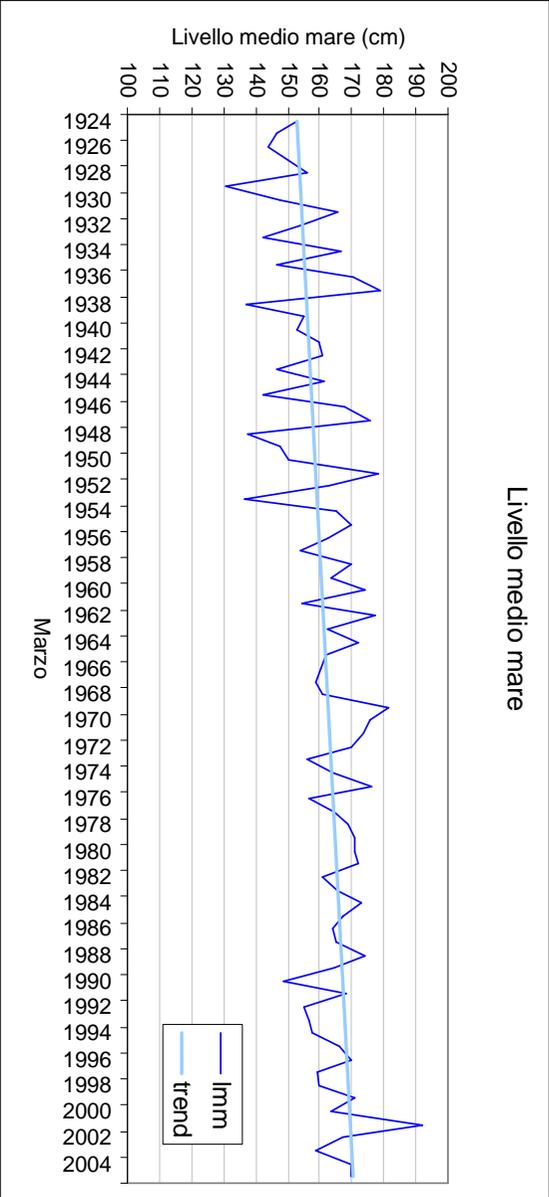
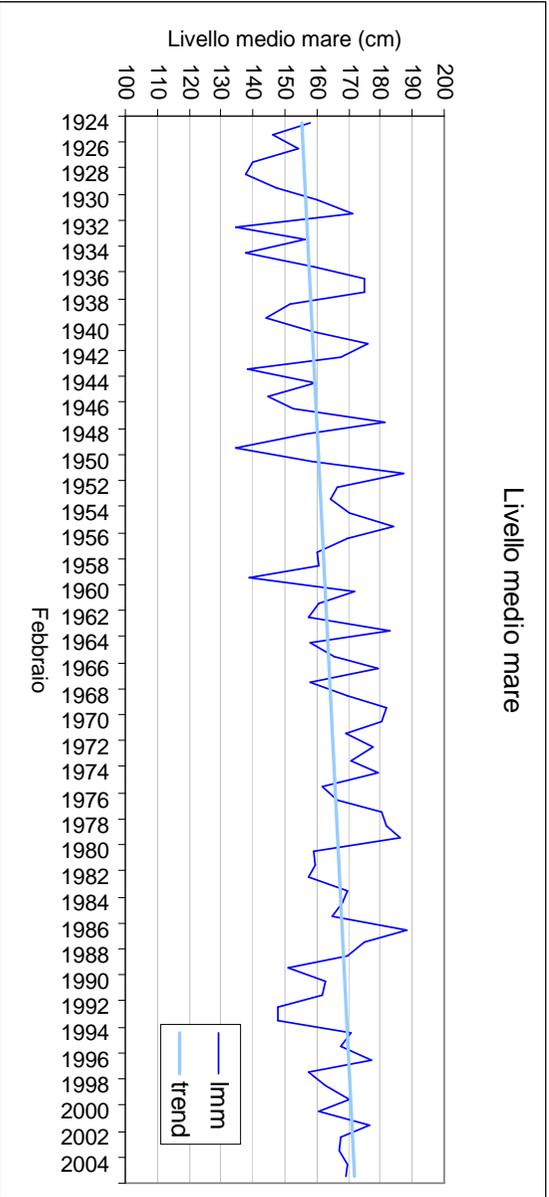
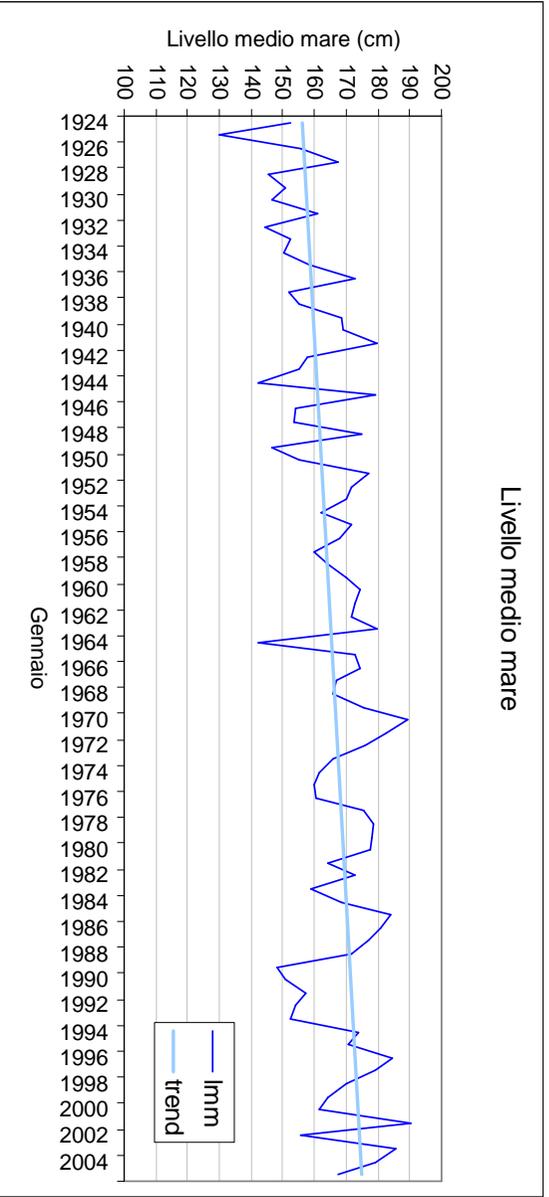


Figura 3.13 Livello medio mare per il periodo dal 1924 al 2005 per i mesi di gennaio febbraio e marzo.

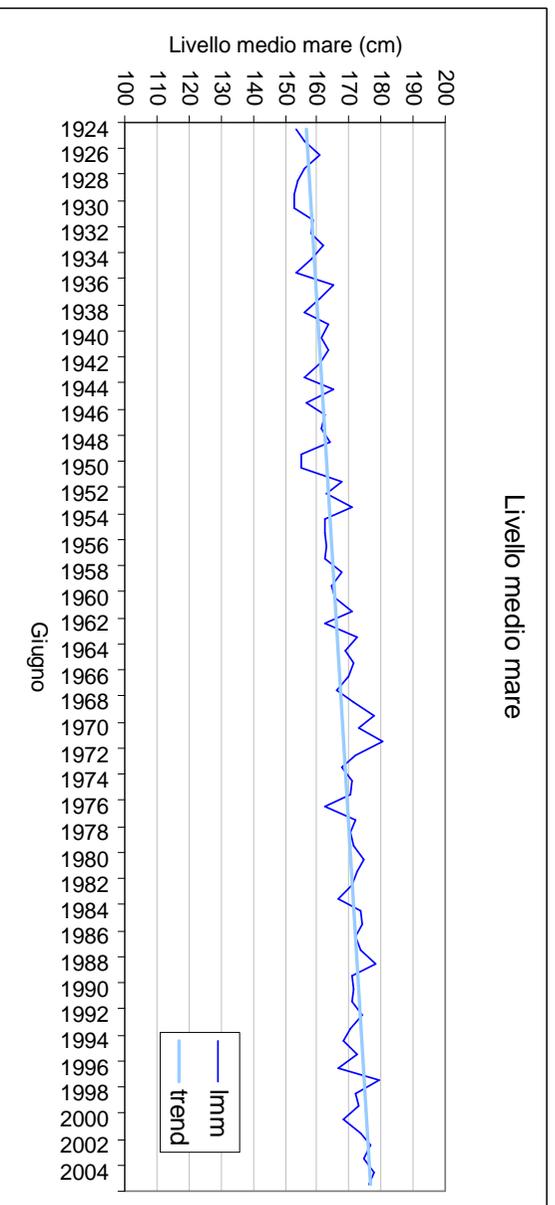
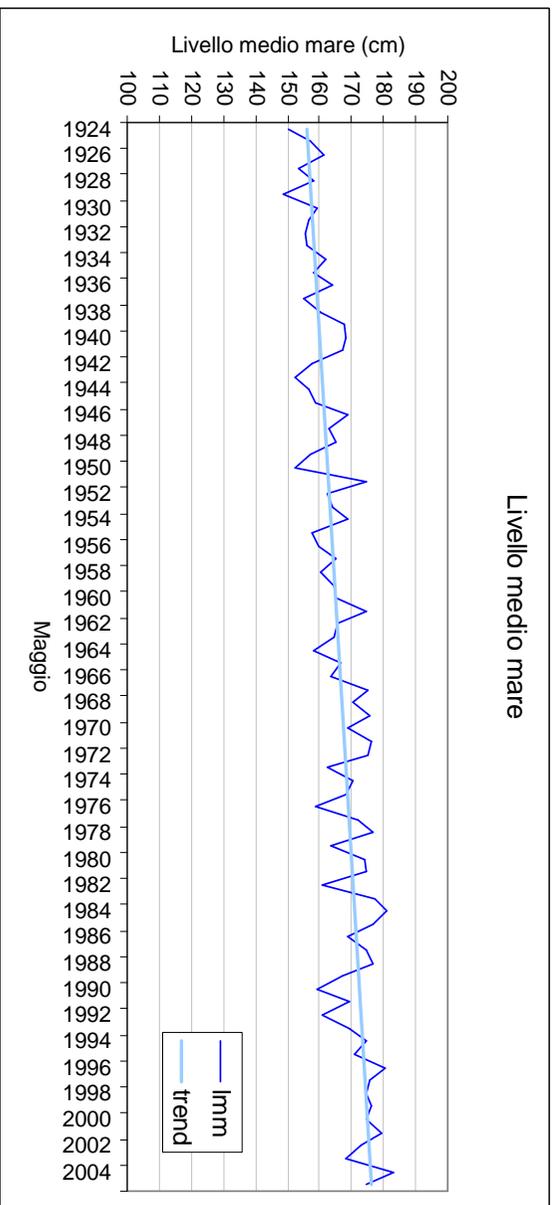
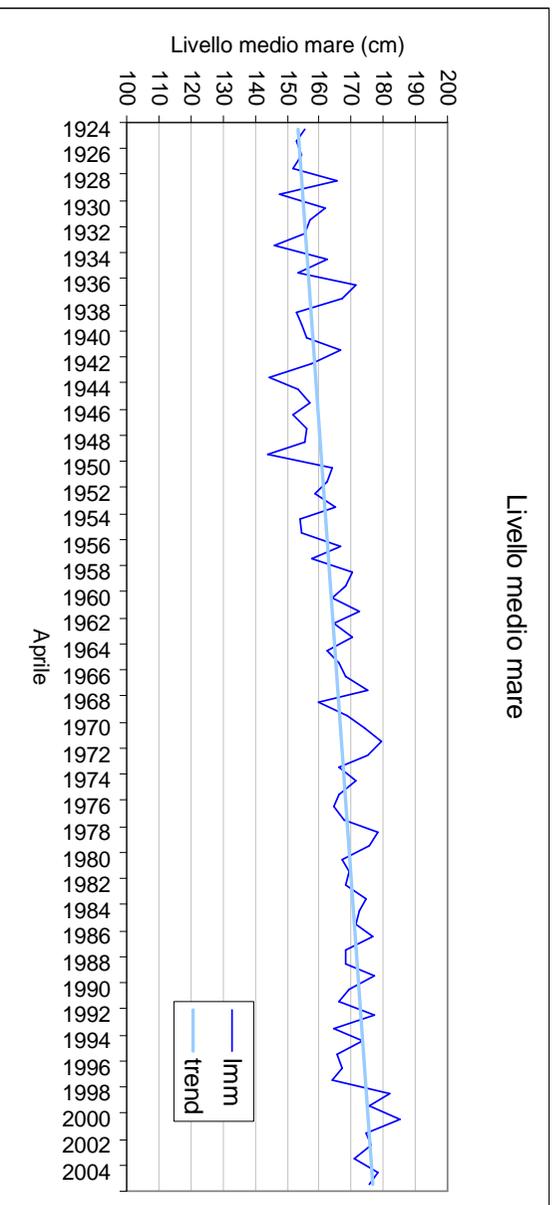


Figura 3.14 Livello medio mare per il periodo dal 1924 al 2005 per i mesi di aprile maggio e giugno.

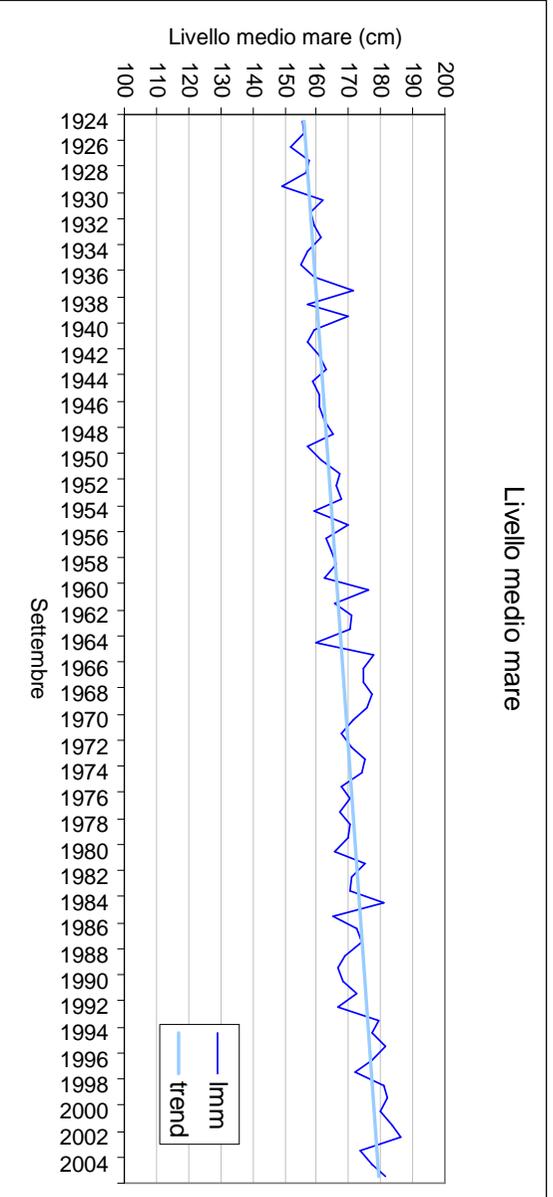
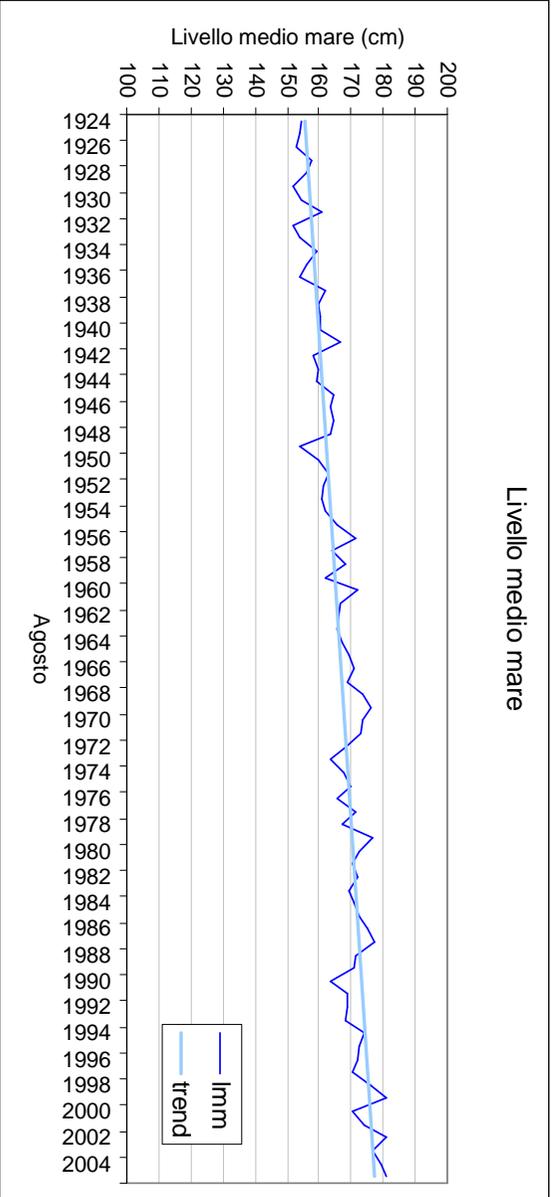
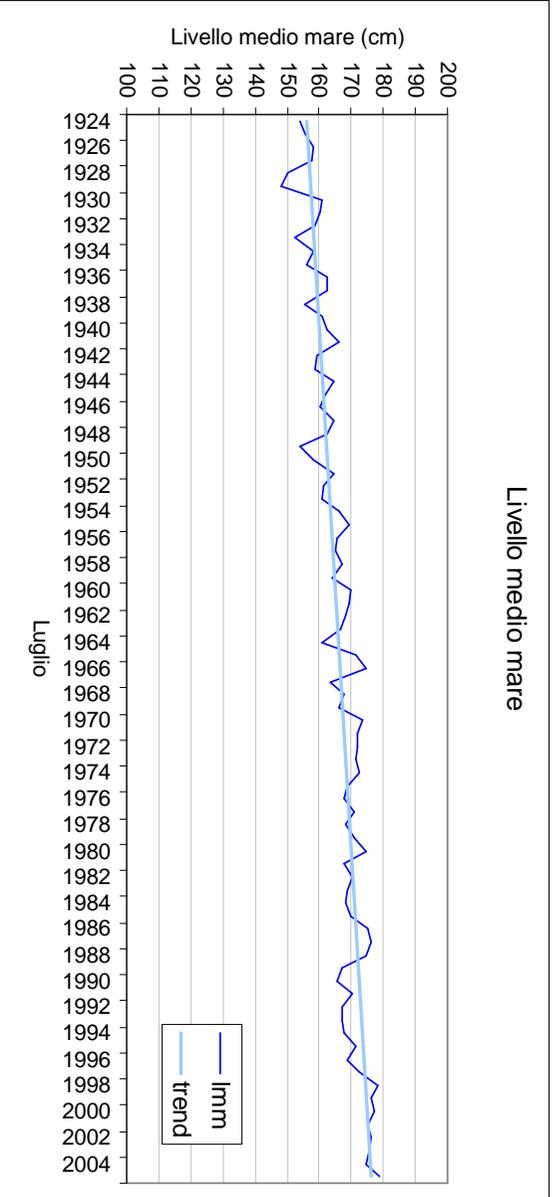


Figura 3.15 Livello medio mare per il periodo dal 1924 al 2005 per i mesi di luglio, agosto e settembre.

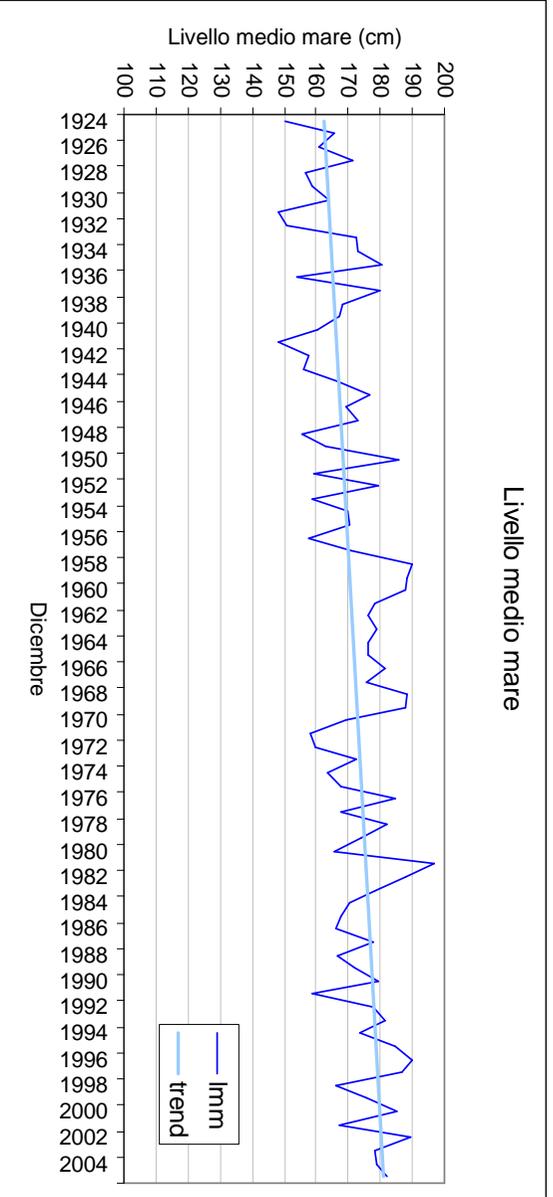
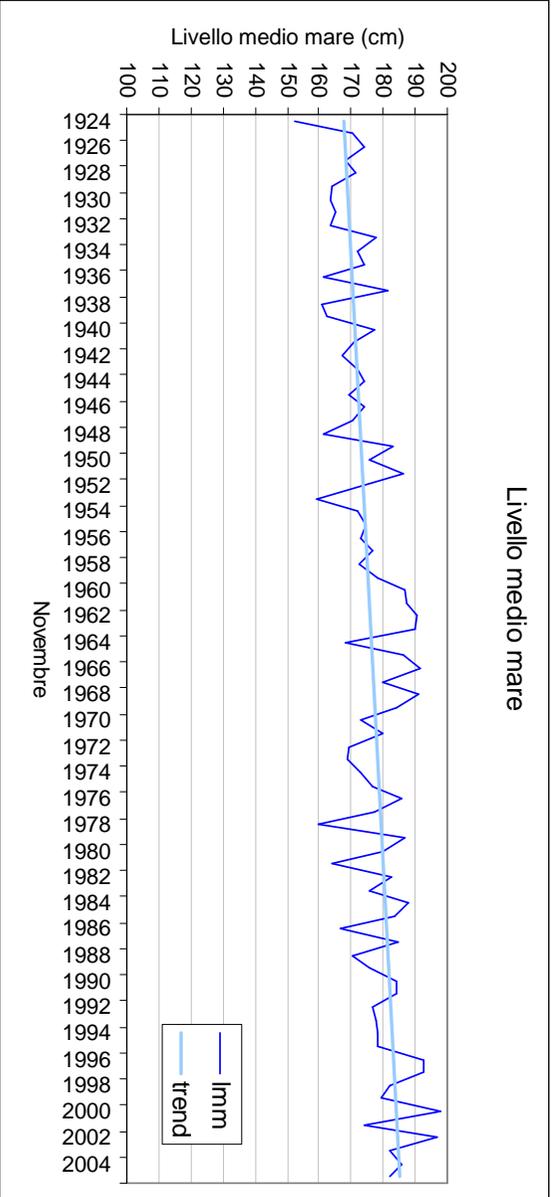
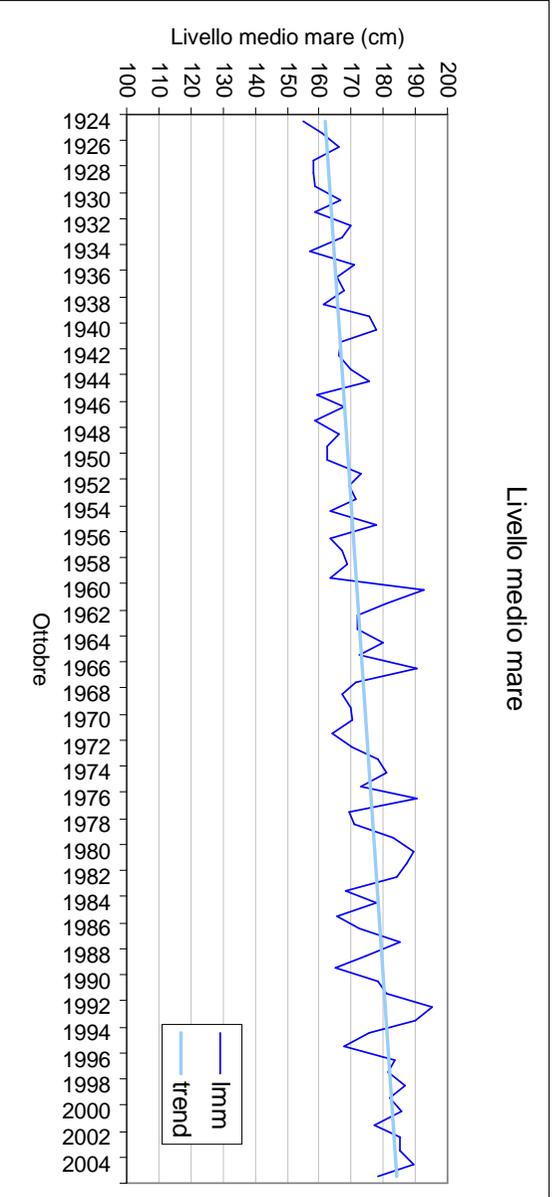


Figura 3.16. Livello medio mare per il periodo dal 1924 al 2005 per i mesi di ottobre, novembre e dicembre.

3.4 Statistiche quinquennali

Si presentano in questa sezione alcuni studi sulle frequenze assolute dei livelli massimi e minimi calcolati per i quinquenni dal 1924 fino al 2005. Il primo e l'ultimo quinquennio preso in considerazione sono l'aggregazione di sei anni di dati, in quanto si è scelto di non perdere le informazioni relative al primo e all'ultimo anno della serie storica. Nella Tabella 16, allegata, sono riportate le frequenze assolute dei massimi, suddivise per quinquenni, comprese in intervalli fissati di 10 cm. In Tabella 17 vengono invece rappresentate le frequenze assolute dei casi di acqua alta a Venezia - Punta della Salute, per quinquennio e per classi di altezza. In Figura 3.17 è riportata la distribuzione quinquennale delle alte maree superiori o pari a +110cm.

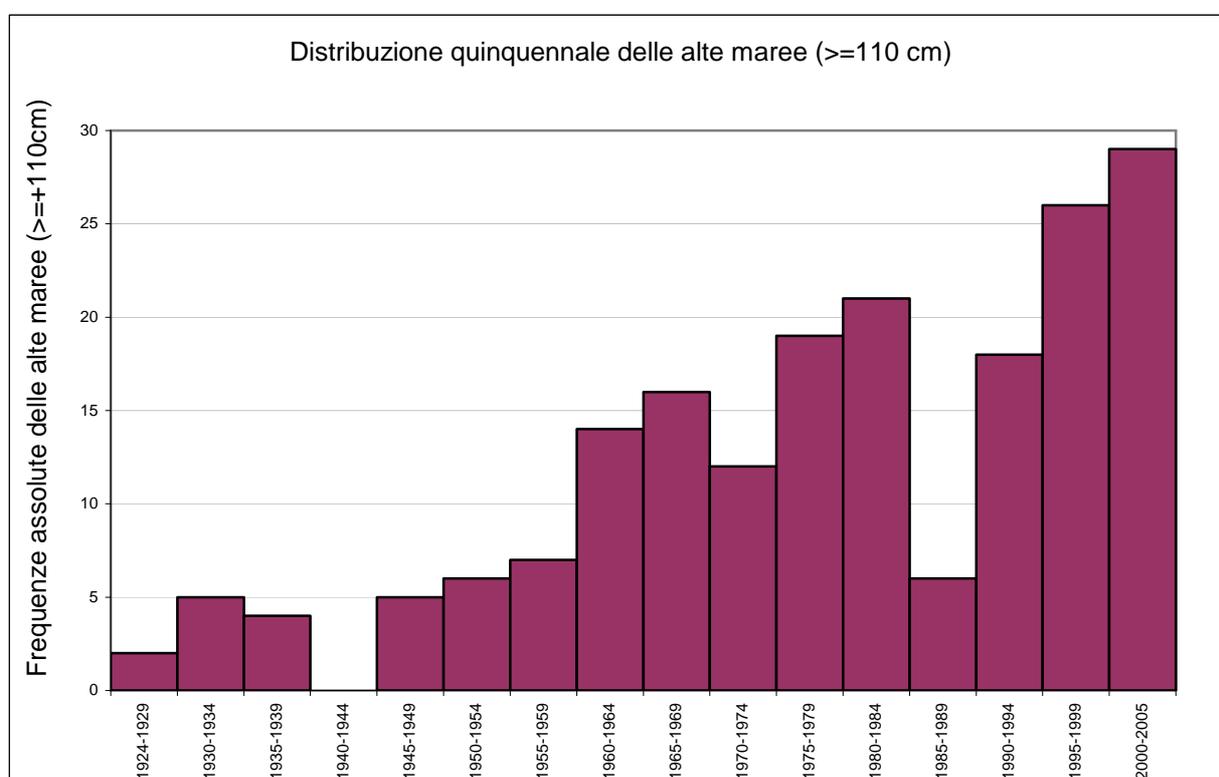


Figura 3.17. Distribuzione quinquennale delle alte maree maggiori o uguali a +110 cm.

Nel grafico riportato in Figura 3.17 si osserva, in generale, una tendenza crescente nella distribuzione quinquennale dei livelli di acqua alta. Si nota che nei primi quinquenni gli eventi di acqua alta sono abbastanza contenuti, e nel quinquennio dal 1940 al 1944 non si verificano mai casi di marea superiore al livello fissato. Anche in questo caso negli anni '60 si ha un incremento netto dei casi di acqua alta, che diventa più contenuta negli anni '70. Nel quinquennio dal 1985 al 1989 si verificano 6 casi di acqua alta, un numero ben inferiore rispetto ai quinquenni immediatamente precedenti e successivi. Il valore più elevato è quello relativo all'ultimo quinquennio, con 29 casi,

valore accentuato anche dal fatto che l'ultimo quinquennio è costituito dall'aggregazione di sei anni anziché cinque.

Nella Tabella 18, allegata, sono riportate le frequenze assolute dei minimi, suddivise per quinquenni, comprese in intervalli fissati di 10 cm.

In Figura 3.18 viene riportata la distribuzione delle basse maree eccezionali, inferiori a -90 cm.

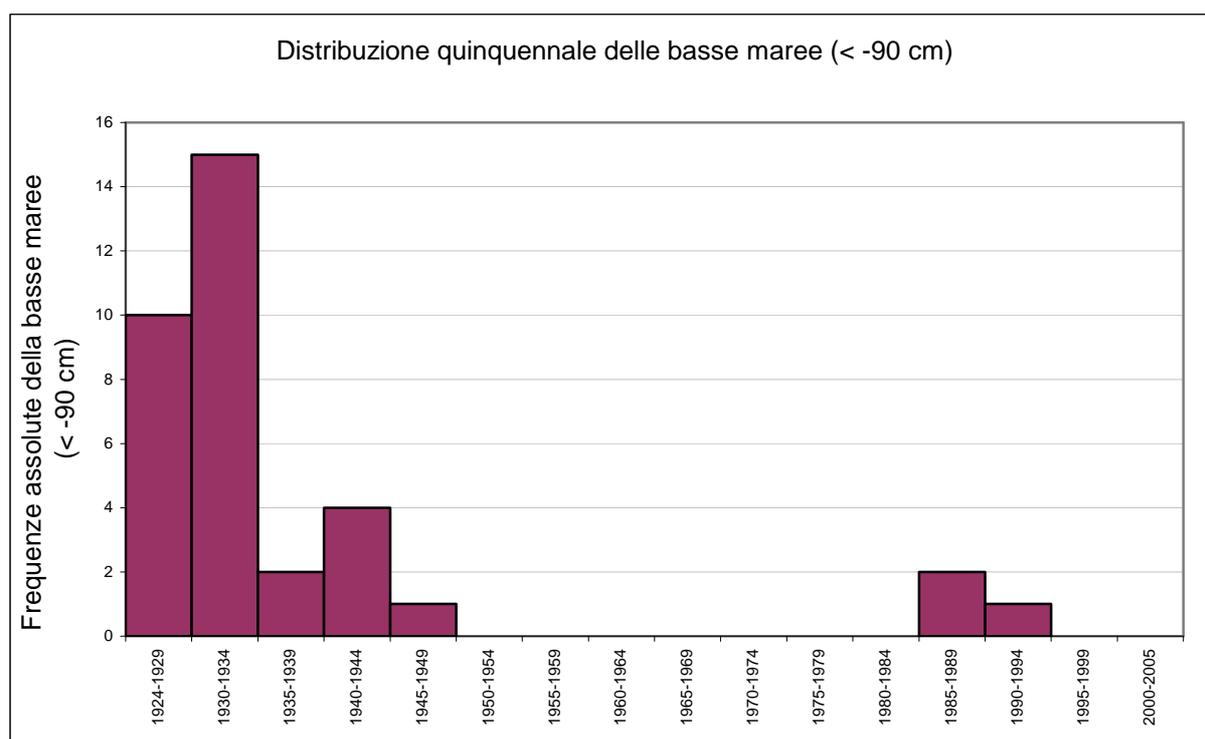


Figura 3.18 Distribuzione quinquennale delle basse maree inferiori a -90 cm.

Osservando il grafico della distribuzione quinquennale delle basse maree (Figura 3.18) possiamo vedere che ad un iniziale crescita degli eventi di bassa marea, segue un calo delle frequenze. Dal 1950 al 1984 e dal 1995 al 2005 non si sono mai verificati casi di bassa marea eccezionale, e anche nei due quinquenni dal 1985 al 1994 il numero degli eventi è particolarmente ridotto. Sembra opportuno anche in questo caso proporre un altro grafico (Figura 3.19), relativo alla distribuzione quinquennale delle basse maree inferiori a -60 cm. Nel grafico riportato in Figura 3.19 si osserva una distribuzione che decresce in modo più regolare. Il maggior numero di eventi di bassa marea (<-60 cm) si verifica nel primo quinquennio, con 251 casi. Poi la frequenza diminuisce e raggiunge il minimo nel quinquennio 1965-1969 con 9 casi. Nel periodo successivo si ha un periodo di stabilità tranne che per il quinquennio dal 1990-1994 in cui il numero di eventi aumenta e raggiunge i 69 casi. Nell'ultimo quinquennio (2000-2005) si sono verificati 21 casi.

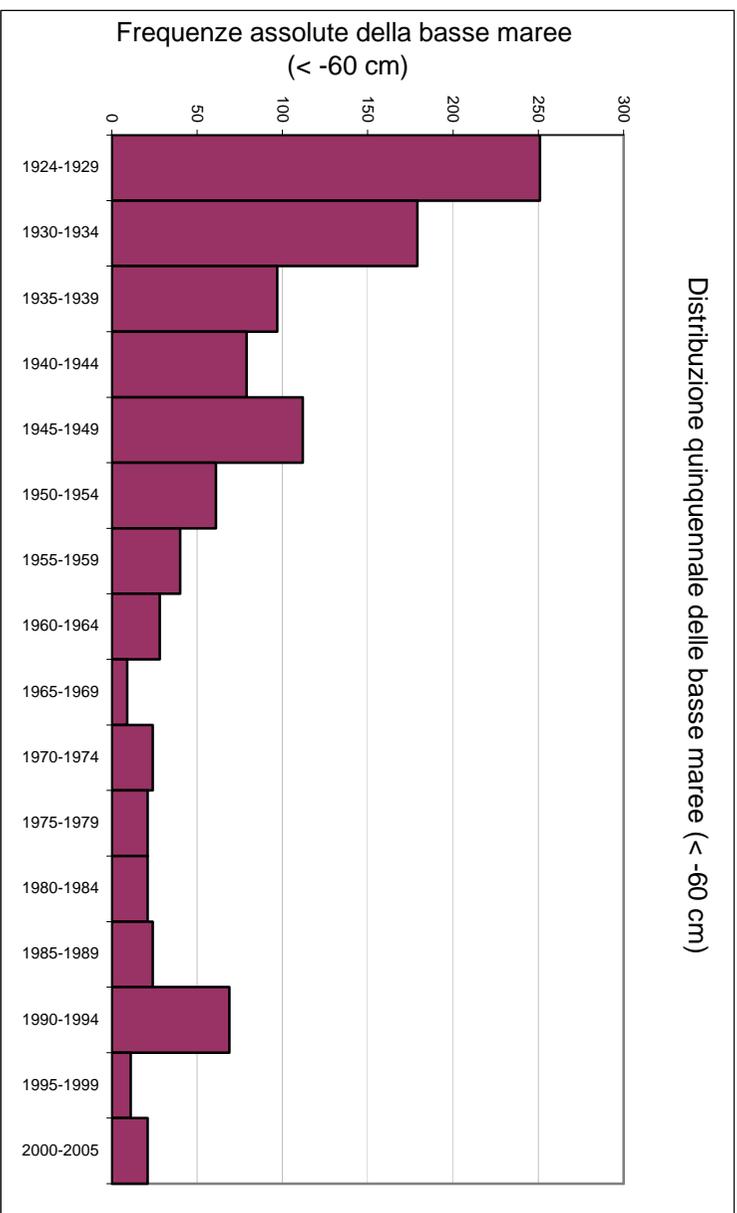


Figura 3.20. Distribuzione quinquennale delle basse maree inferiori a -60 cm.

Conclusioni

In questo lavoro sono stati controllati, verificati, validati ed elaborati i dati provenienti dalla stazione mareografica di Punta della Salute relativi al periodo dal 1924 al 2005.

La fase più impegnativa e delicata è stata quella del controllo e correzione dei dati. Le fonti cartacee a disposizione presentavano, infatti, diversi errori, sia nelle altezze, sia nell'orario. Sono stati quindi elencati gli errori che si sono riscontrati all'interno dei lucidi e tali errori sono stati corretti utilizzando dati provenienti da altre stazioni, oppure interpolando il dato. Per la correzione di questi errori sono state compiute delle scelte coerenti e ragionevoli che non distorcessero l'informazione a disposizione.

C'era inoltre la necessità di controllare la coerenza tra le fonti ed i dati informatizzati. In questo modo sono ora disponibili su supporto informatizzato tutti i dati della serie storica di Punta della Salute dal 1924 al 2005.

In seguito è stata posta l'attenzione sui livelli di marea rilevanti, sulle statistiche annuali e quinquennali: per il periodo 1924-2005 si osserva per le alte maree eccezionali una tendenza crescente, ed in modo speculare, si osserva che le basse maree hanno invece una distribuzione decrescente. Per quanto riguarda la distribuzione mensile è interessante osservare come le alte maree sono concentrate soprattutto nei mesi autunnali, in particolare nel mese di novembre, mentre le basse maree sono concentrate nel periodo invernale, in particolare nel mese di febbraio.

Per quanto riguarda il livello medio mare annuale, le elaborazioni mostrano un andamento crescente nell'intero periodo 1924-2005: questo è dovuto anche all'instabilità del terreno su cui poggia Venezia e ai fenomeni congiunti di subsidenza ed eustatismo. Anche i livelli medi del mare mensili mostrano una tendenza crescente nel periodo considerato.

In questo lavoro i dati utilizzati sono stati quelli relativi al periodo 1924-2005, ma le rilevazioni a Venezia sono iniziate nel 1872 con il mareografo di Campo Santo Stefano. Si potrebbe quindi pensare di "omogeneizzare" i dati relativi alla stazione di Campo Santo Stefano con i dati relativi a Punta della Salute, in modo da ottenere una serie storica dei livelli del mare a Venezia dal 1872 al 2005. Si può quindi pensare a questo lavoro come una prima parte di un lavoro più esteso, che consentirebbe una analisi ancora più completa del fenomeno delle maree a Venezia.

Ringraziamenti

Un sentito ringraziamento a tutto l'ufficio dell'APAT, in particolare al sig. Stelvio Battaglion e al geom. Guido Pavon, per l'impegno prestato nel controllo dei dati di Punta della Salute.

Allegato

Nel seguente allegato si riportano le tabelle citate nel corpo della tesi. Per motivi di spazio non tutte le tabelle sono state stampate, vengono comunque riportate nella loro interezza in formato elettronico nel cd allegato.

Tabella 1	Fonti e dati mancanti nel periodo 1924-2005.
Tabella 2	Elenco delle alte maree (uguali o superiori a 110 cm sul l.m.m) a Venezia Punta della Salute per il periodo 1924-2005.
Tabella 3	Elenco delle basse maree (inferiori o pari a -90 cm sul l.m.m.) a Venezia - Punta della Salute per il periodo 1924-2005.
Tabella 4	Valori caratteristici della marea a Venezia - Punta della Salute per il periodo 1924 – 2005.
Tabella 5	Elenco dei dieci livelli estremali più alti per anno. Periodo 1924-2005.
Tabella 6	Elenco dei dieci livelli estremali più bassi per anno. Periodo 1924-2005.
Tabella 7	Frequenze assolute annuali dei massimi per classi di altezza. Periodo 1924-2005.
Tabella 8	Frequenze assolute dei casi di acqua alta per anno e per classi di altezza (cm).
Tabella 9	Frequenze assolute annuali dei minimi per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.
Tabella 10	Livello medio mare per anni. Periodo 1924-2005.
Tabella 11	Frequenze assolute mensili dei massimi, per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.
Tabella 12	Frequenze assolute mensili dei minimi, per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.
Tabella 13	Principali dati statistici mensili relativi al periodo 1924-2005.
Tabella 14	Livello medio mare mensile. Periodo 1924-2005.
Tabella 15	Livello medio mare decadale. Periodo 1924-2005.
Tabella 16	Frequenze assolute dei massimi, suddivise per quinquenni, per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.
Tabella 17	Frequenze assolute dei casi di acqua alta per quinquenni e per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.
Tabella 18	Frequenze assolute dei minimi, suddivise per decenni, per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.

Tab. 1 Fonti e dati mancanti nel periodo 1924-2005.

Anno	Mareografo	Frequenza Campionamento	Fonte	Dati mancanti	Correzioni
1924	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1925	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1926	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	20-05 max mancante (coincide con l'annale) 21-05 max mancante (coincide con l'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1927	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	24-06 max mancante (coincide con l'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1928	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	05-03 valori errati (coincide con l'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1929	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	09-03 dato mancante nei lucidi (coincide con l'annale) 03-04 dato errato nei lucidi 04-04 orario e dato errato	corretto con il dato di Diga Sud Lido corretto con l'annale
1930	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	24-06 dato mancante nei lucidi (nell'annale il dato è presente)	corretto con l'annale
1931	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	01-01 minima mancante (coincide con l'annale) 4-10 ore mancanti (coincide con l'annale) 5-10 ore mancanti (coincide con l'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1932	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1933	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	01-12 valore errato (coincide con l'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido (valori interpolati)
1934	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	10-01 max<min (nell'annale valori eliminati) 11-01 valori errati 15-01 max mancante 21-05 errati (nell'annale valori eliminati) 19,20-07 valori errati (nell'annale valore eliminato) 02-12 max mancante (nell'annale c'è la correzione)	corretto con l'annale
1935	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1936	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	26-08 valori errati (nell'annale valori eliminati)	corretto con l'annale
1937	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	11-10 valore errato per lucidi (nell'annale c'è la correzione)	corretto con l'annale
1938	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	8-07 dati errati (coincidenti con quelli presenti nell'annale) 16-07 dati errati (coincidenti con quelli presenti nell'annale) 20-09 dati errati (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1939	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	12-01 dati errati (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1940	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	23-03 valore errato (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1941	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	18-12 valore errato (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1942	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	

Anno	Mareografo	Frequenza Campionamento	Fonte	Dati mancanti	Correzioni
1943	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	15-04 valore errato (coincidenti con quelli presenti nell'annale) 22-04 valore errato (coincidenti con quelli presenti nell'annale) 06-12 valore errato (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con il dato di Diga Sud Lido
1944	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1945	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	24-01 dato errato (coincidente con quello presente nell'annale) 20-09 dati errati (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con il dato di Porto Marghera corretto con l'annale
1946	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1947	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	19-09 ore 5,50	dati interpolati
1948	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	22-11 dati errati (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con Valle Figheri
1949	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	14-05 dati errati (coincidenti con quelli presenti nell'annale)	corretto con orario di Diga Sud Lido
1950	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	21-05 28-3	dati interpolati
1951	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1952	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1953	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1954	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1955	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1956	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	11-08 12-08	dati interpolati
1957	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1958	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1959	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	01-11	dato interpolato
1960	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1961	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1962	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1963	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	02-03	Corretto con le Previsioni di marea astronomica
1964	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	05-01	Corretto con le Previsioni di marea astronomica
1965	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1966	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	31-05 30-07	dati interpolati
1967	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1968	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	09-03	dato interpolato
1969	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1970	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1971	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	

Anno	Mareografo	Frequenza Campionamento	Fonte	Dati mancanti	Correzioni
1972	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1973	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1974	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1975	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1976	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1977	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1978	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1979	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1980	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1981	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1982	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1983	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1984	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1985	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1986	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1987	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1988	Punta della Salute	massimi e minimi	lucidi Apat	completo	
1989	Punta della Salute	ogni ora	lucidi Apat	completo	
1990	Punta della Salute	ogni ora	lucidi Apat	completo	
1991	Punta della Salute	ogni ora	lucidi Apat	completo	
1992	Punta della Salute	ogni ora	lucidi Apat	completo	
1993	Punta della Salute	ogni ora	lucidi Apat	completo	
1994	Punta della Salute	ogni ora	lucidi Apat	completo	
1995	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
1996	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
1997	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
1998	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
1999	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
2000	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
2001	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
2002	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
2003	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
2004	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	
2005	Punta della Salute	ogni mezz'ora	lucidi Apat	completo	

Tab.2 Elenco delle alte maree (uguali o superiori a 110 cm sul l.m.m) a Venezia Punta della Salute per il periodo 1924-2005.

N. Ordine	Data	Altezza di marea registrata sul l.m.m 1897				Differenza in cm
		Alta		Bassa precedente		
		h	cm	h	cm	
1	10/11/1927	11.20	111	4.20	24	87
2	28/10/1928	10.30	110	3.45	13	97
3	14/12/1933	20.40	127	17.10	2	125
4	15/12/1933	9.35	121	1.25	-7	128
5	16/12/1933	9.10	113	17.45	-25	138
6	11/11/1934	11.55	113	19.00	-9	122
7	16/12/1934	6.55	116	13.45	11	105
8	18/11/1935	5.50	114	18.30	34	80
9	16/04/1936	21.35	147	12.00	12	135
10	12/03/1937	11.45	119	4.55	-6	125
11	23/12/1938	11.15	114	4.00	41	73
12	09/12/1946	11.50	136	4.00	21	115
13	29/11/1947	10.40	126	2.40	37	89
14	27/01/1948	12.00	119	5.05	15	104
15	28/01/1948	1.25	126	18.45	5	121
16	28/01/1948	11.00	132	5.45	81	51
17	08/12/1950	8.50	117	2.35	49	68
18	03/01/1951	6.35	114	13.30	11	103
19	08/03/1951	0.10	117	16.40	-16	133
20	12/11/1951	8.05	151	16.05	13	138
21	21/10/1952	10.45	116	5.00	33	83
22	11/12/1954	11.15	112	5.00	48	64
23	10/11/1957	13.00	119	5.35	38	81
24	13/11/1958	0.35	113	17.10	20	93
25	17/12/1958	5.00	110	20.20	-2	112
26	18/12/1958	4.30	114	19.10	-2	116
27	24/12/1958	8.20	124	2.35	88	36
28	29/10/1959	9.15	118	3.00	42	76
29	11/12/1959	8.10	117	2.05	53	64
30	15/01/1960	11.00	126	4.20	47	79
31	16/01/1960	11.30	114	5.20	59	55
32	23/02/1960	9.20	110	2.05	42	68
33	15/10/1960	7.55	145	16.50	46	99
34	20/10/1960	23.50	116	16.50	-9	125
35	05/11/1960	11.00	123	5.00	50	73
36	12/11/1961	12.55	122	5.55	41	81
37	08/11/1962	10.05	114	2.05	13	101
38	11/11/1962	10.30	110	3.30	15	95
39	07/01/1963	8.50	118	1.30	38	80
40	12/02/1963	0.55	110	17.35	9	101
41	11/04/1963	11.35	112	5.00	-21	133
42	01/11/1963	11.05	116	3.40	-5	121
43	06/11/1963	12.30	114	6.05	54	60
44	28/09/1965	12.10	110	5.30	12	98
45	22/02/1966	0.15	126	17.10	35	91
46	04/11/1966	1.30	127	18.15	45	82
47	04/11/1966	18.00	194	5.30	116	78

48	21/04/1967	22.00	118	14.30	-10	128
49	03/11/1967	10.45	118	4.00	20	98
50	05/11/1967	11.20	138	4.15	52	86
51	03/11/1968	7.30	144	2.10	74	70
52	19/11/1968	9.10	114	3.00	34	80
53	17/12/1968	8.00	123	0.20	56	67
54	18/12/1968	8.00	132	2.50	79	53
55	18/12/1968	23.10	112	16.10	5	107
56	15/01/1969	7.15	116	2.10	74	42
57	26/11/1969	1.05	138	17.40	-2	140
58	07/12/1969	9.00	114	2.10	34	80
59	08/12/1969	8.40	120	2.30	36	84
60	05/01/1970	7.40	119	1.55	72	47
61	14/11/1970	9.55	122	4.05	48	74
62	28/12/1970	9.30	123	16.40	-28	151
63	01/02/1971	1.20	122	17.45	14	108
64	30/11/1971	8.45	116	0.55	18	98
65	01/12/1971	9.15	116	2.10	24	92
66	18/01/1972	10.55	113	5.15	51	62
67	12/02/1972	10.45	111	2.35	34	77
68	13/02/1972	10.20	118	3.30	-19	137
69	14/02/1972	10.00	120	3.10	12	108
70	14/10/1973	11.30	114	4.55	16	98
71	25/12/1973	10.20	111	4.20	43	68
72	28/03/1975	23.00	110	16.35	7	103
73	18/11/1975	10.05	125	3.45	48	77
74	30/10/1976	6.30	124	19.45	38	86
75	30/10/1976	12.35	114	11.20	102	12
76	07/12/1976	9.50	122	3.00	64	58
77	21/11/1977	22.20	120	14.30	12	108
78	29/01/1978	1.50	132	18.30	9	123
79	11/02/1978	1.40	110	18.05	16	94
80	03/10/1978	11.25	114	4.25	-11	125
81	28/01/1979	10.25	131	4.15	46	85
82	29/01/1979	10.50	115	5.20	33	82
83	17/02/1979	1.15	140	18.35	25	115
84	24/04/1979	21.20	115	14.45	17	98
85	24/09/1979	11.45	130	4.35	2	128
86	15/11/1979	11.00	118	1.55	13	105
87	15/11/1979	18.10	112	15.25	86	26
88	17/11/1979	9.35	116	2.00	3	113
89	18/11/1979	9.00	122	2.10	26	96
90	22/12/1979	9.10	166	5.00	76	90
91	14/10/1980	12.45	111	5.40	18	93
92	17/10/1980	8.45	114	23.00	60	54
93	25/10/1980	11.25	134	4.30	38	96
94	26/10/1981	22.30	136	16.15	18	118
95	27/10/1981	8.55	119	4.45	69	50
96	12/12/1981	10.40	110	4.20	32	78
97	18/12/1981	18.25	128	9.40	47	81
98	22/12/1981	9.05	138	2.00	46	92
99	29/12/1981	12.10	130	4.35	50	80
100	06/10/1982	13.35	132	5.45	8	124

101	07/10/1982	13.45	118	5.55	-21	139
102	14/10/1982	8.55	112	2.20	26	86
103	28/11/1982	9.00	129	1.50	20	109
104	29/11/1982	8.50	117	2.25	27	90
105	01/12/1982	10.35	113	3.55	34	79
106	02/12/1982	10.35	110	4.30	37	73
107	22/12/1983	10.55	122	5.20	74	48
108	21/05/1984	0.05	119	7.00	-14	133
109	20/11/1984	9.10	115	1.50	5	110
110	21/11/1984	9.15	119	2.15	10	109
111	22/11/1984	9.25	111	3.10	26	85
112	13/11/1985	11.05	123	3.45	34	89
113	01/02/1986	3.45	158	20.10	82	76
114	02/02/1986	2.35	113	19.10	1	112
115	11/10/1987	22.40	110	17.15	41	69
116	24/11/1987	12.25	138	5.30	68	70
117	25/11/1987	0.50	131	19.10	48	83
118	01/11/1990	9.35	115	2.35	22	93
119	03/11/1990	10.35	112	4.10	23	89
120	25/11/1990	15.00	116	8.50	62	54
121	09/12/1990	21.25	111	9.55	41	70
122	10/12/1990	3.30	129	22.50	104	25
123	12/10/1991	12.25	126	5.05	48	78
124	31/03/1992	22.35	122	14.30	10	112
125	02/04/1992	23.35	111	15.10	-4	115
126	04/10/1992	9.15	119	21.55	21	98
127	05/10/1992	8.35	126	0.10	-6	132
128	08/12/1992	10.00	142	2.25	52	90
129	09/12/1992	10.40	135	1.50	65	70
130	10/12/1992	10.20	115	4.00	39	76
131	02/10/1993	11.40	111	4.25	17	94
132	02/10/1993	22.00	112	16.15	58	54
133	14/10/1993	9.30	123	3.10	27	96
134	15/10/1993	10.20	110	4.00	12	98
135	11/01/1994	10.00	111	3.35	29	82
136	31/12/1995	7.10	111	22.45	25	86
137	15/10/1996	12.20	111	4.35	7	104
138	14/11/1996	11.55	113	6.00	46	67
139	18/11/1996	7.20	134	21.15	9	125
140	20/11/1996	7.40	130	13.35	33	97
141	22/11/1996	8.20	110	1.35	17	93
142	23/11/1996	10.40	112	2.25	6	106
143	24/11/1996	9.35	116	3.25	15	101
144	25/12/1996	10.40	114	4.30	43	71
145	04/01/1997	5.40	120	14.00	16	104
146	06/05/1997	21.35	127	15.15	41	86
147	12/11/1997	9.10	116	3.00	17	99
148	13/11/1997	10.20	111	3.15	11	100
149	14/11/1997	10.30	110	3.50	-6	116
150	15/11/1997	10.35	112	3.40	12	100
151	03/12/1997	11.35	110	7.00	54	56
152	20/12/1997	11.55	125	6.55	71	54
153	07/10/1998	11.50	124	4.50	15	109

154	08/10/1998	11.55	113	5.00	5	108
155	04/11/1998	10.20	113	4.00	14	99
156	04/12/1998	10.55	114	4.00	11	103
157	25/10/1999	11.00	114	4.30	3	111
158	26/10/1999	11.20	111	4.50	16	95
159	07/11/1999	10.10	116	4.10	45	71
160	20/11/1999	9.10	115	0.30	-11	126
161	21/11/1999	9.00	121	2.10	10	111
162	05/04/2000	23.30	113	17.00	-5	118
163	13/10/2000	10.30	110	4.00	12	98
164	06/11/2000	20.45	144	12.00	60	84
165	13/11/2000	10.35	110	3.45	17	93
166	14/11/2000	11.15	110	4.40	44	66
167	21/11/2000	8.00	126	0.40	29	97
168	28/12/2000	0.20	116	17.20	6	110
169	03/01/2001	5.30	110	19.20	44	66
170	07/01/2001	21.15	111	15.00	25	86
171	08/01/2001	9.45	110	2.30	46	64
172	13/11/2001	9.35	114	3.10	-2	116
173	14/11/2001	10.10	123	3.40	12	111
174	06/06/2002	20.05	121	13.00	37	84
175	22/10/2002	9.45	112	4.00	21	91
176	16/11/2002	9.40	147	1.40	57	90
177	16/11/2002	20.00	126	15.30	83	43
178	18/11/2002	10.25	123	2.55	13	110
179	19/11/2002	9.35	113	3.10	30	83
180	22/11/2002	10.30	114	4.25	55	59
181	25/11/2002	2.05	111	18.30	26	85
182	25/11/2002	12.00	111	6.15	80	31
183	03/12/2002	9.40	110	2.55	35	75
184	04/12/2002	10.25	123	3.25	43	80
185	05/12/2002	10.30	123	4.40	48	75
186	04/05/2004	21.25	111	16.15	40	71
187	31/10/2004	11.05	137	4.50	36	101
188	01/11/2004	11.45	115	4.55	34	81
189	10/11/2004	8.50	124	1.30	30	94
190	26/12/2004	9.45	115	2.50	42	73
191	27/12/2004	11.10	128	3.25	39	89
192	03/12/2005	11.10	134	3.55	61	73

Tab 3. Elenco delle basse maree (inferiori o pari a -90 cm sul l.m.m.) a Venezia - Punta della Salute per il periodo 1924-2005.

N. Ordine	Data	Altezza di marea registrata sul l.m.m 1897				Differenza in cm
		Bassa		Alta precedente		
		h	cm	h	cm	
1	22/01/1925	15.10	-95	8.25	15	110
2	23/01/1925	15.55	-96	9.20	21	117
3	11/03/1926	14.20	-100	7.10	15	115
4	13/03/1926	16.15	-90	10.15	20	110
5	05/02/1927	18.20	-90	12.25	18	108

6	07/01/1928	16.50	-101	10.05	36	137
7	08/01/1928	17.05	-91	10.40	27	118
8	21/02/1928	17.00	-96	10.30	36	132
9	22/02/1928	17.25	-97	11.00	27	124
10	23/02/1928	17.10	-113	11.45	2	115
11	25/12/1928	16.00	-92	9.20	34	126
12	26/12/1928	16.30	-92	9.40	35	127
13	14/12/1929	15.40	-90	8.15	45	135
14	24/12/1931	16.10	-94	9.35	24	118
15	25/12/1931	16.15	-97	9.40	19	116
16	26/12/1931	16.50	-93	10.20	11	104
17	22/01/1932	15.50	-93	9.15	29	122
18	24/01/1932	17.10	-92	10.50	30	122
19	06/02/1932	16.20	-92	9.35	23	115
20	21/02/1932	16.20	-113	10.10	22	135
21	22/02/1932	16.30	-105	10.45	20	125
22	23/02/1932	17.15	-96	11.05	11	107
23	24/02/1932	17.20	-96	11.50	3	99
24	27/12/1932	16.50	-93	10.20	26	119
25	13/02/1934	16.05	-113	10.10	24	137
26	14/02/1934	16.10	-121	10.35	-3	118
27	15/02/1934	16.25	-108	11.05	-1	107
28	16/02/1934	16.55	-101	12.00	-9	92
29	30/03/1935	13.15	-112	5.40	-2	110
30	27/12/1936	16.05	-92	9.30	29	121
31	21/02/1940	14.30	-103	8.30	17	120
32	21/02/1943	17.00	-91	10.40	14	105
33	22/02/1943	18.00	-98	11.30	16	114
34	28/12/1943	17.20	-96	11.15	31	127
35	27/02/1945	17.15	-90	11.05	19	109
36	29/01/1949	16.30	-98	10.50	8	106
37	16/02/1949	18.05	-90	12.05	6	96
38	06/02/1989	16.50	-93	10.10	26	119
39	07/02/1989	17.05	-91	10.55	26	117
40	29/01/1994	17.30	-91	10.45	17	108

Tab. 4 Valori caratteristici della marea a Venezia - Punta della Salute per il periodo 1924 – 2005.

	quota	data
Altezza massima (cm)	194	04/11/1966
Altezza minima (cm)	-121	14/02/1934
Escursione massima (cm)	315	-
Ampiezza massima di marea dalla alta alla bassa (cm)	163	28/01/1948
	163	28/12/1970
Ampiezza massima di marea dalla bassa alla alta (cm)	151	27/12/1970

Tab. 5 Elenco dei dieci livelli estremali più alti per anno. Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato

Tab. 6 Elenco dei dieci livelli estremali più bassi per anno. Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato

Tab. 7 Frequenze assolute annuali dei massimi per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato

Tab.8 Frequenze assolute dei casi di acqua alta per anno e per classi di altezza (cm).

	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	130-139	>140
1924	0	0	0	0	0	0	0
1925	3	3	0	0	0	0	0
1926	10	5	0	0	0	0	0
1927	5	2	3	1	0	0	0
1928	5	5	0	1	0	0	0
1929	2	1	0	0	0	0	0
1930	6	1	1	0	0	0	0
1931	5	4	1	0	0	0	0
1932	0	0	0	0	0	0	0
1933	14	0	3	1	2	0	0
1934	9	3	0	2	0	0	0
1935	15	2	3	1	0	0	0
1936	7	2	0	0	0	0	1
1937	22	8	5	1	0	0	0
1938	4	1	0	1	0	0	0
1939	6	0	0	0	0	0	0
1940	12	7	2	0	0	0	0
1941	12	6	0	0	0	0	0
1942	4	2	0	0	0	0	0
1943	2	1	0	0	0	0	0
1944	8	3	1	0	0	0	0
1945	7	1	2	0	0	0	0
1946	7	1	4	0	0	1	0
1947	9	7	2	0	1	0	0
1948	5	2	2	1	1	1	0
1949	5	3	4	0	0	0	0
1950	13	2	0	1	0	0	0
1951	18	12	4	2	0	0	1
1952	8	5	2	1	0	0	0
1953	14	4	2	0	0	0	0
1954	6	4	1	1	0	0	0
1955	15	9	0	0	0	0	0

1956	7	3	0	0	0	0	0
1957	13	7	2	1	0	0	0
1958	19	9	5	3	1	0	0
1959	20	10	4	2	0	0	0
1960	40	9	8	3	2	0	1
1961	20	8	4	0	1	0	0
1962	28	12	4	2	0	0	0
1963	35	13	8	5	0	0	0
1964	12	5	5	0	0	0	0
1965	26	7	6	1	0	0	0
1966	42	23	4	0	2	0	1
1967	23	6	2	2	0	1	0
1968	14	15	7	2	1	1	1
1969	36	19	7	2	1	1	0
1970	27	14	2	1	2	0	0
1971	35	11	5	2	1	0	0
1972	30	5	0	3	1	0	0
1973	16	8	0	2	0	0	0
1974	20	7	0	0	0	0	0
1975	18	2	5	1	1	0	0
1976	23	15	7	1	2	0	0
1977	18	8	2	0	1	0	0
1978	29	15	6	2	0	1	0
1979	36	18	12	5	1	2	2
1980	36	11	6	2	0	1	0
1981	27	14	8	2	1	3	0
1982	30	8	4	5	1	1	0
1983	17	13	4	0	1	0	0
1984	32	17	9	4	0	0	0
1985	37	11	2	0	1	0	0
1986	31	11	1	1	0	0	1
1987	37	15	4	1	0	2	0
1988	24	3	1	0	0	0	0
1989	16	6	1	0	0	0	0
1990	25	8	2	4	1	0	0
1991	19	8	4	0	1	0	0
1992	22	14	7	3	2	1	1
1993	24	9	3	3	1	0	0
1994	22	9	1	1	0	0	0
1995	35	4	4	1	0	0	0
1996	56	20	13	6	0	2	0
1997	45	18	7	5	3	0	0
1998	30	11	5	3	1	0	0
1999	32	9	10	4	1	0	0
2000	39	27	10	5	1	0	1
2001	45	18	7	3	0	0	0
2002	57	24	8	6	5	0	1
2003	46	21	8	0	0	0	0
2004	45	20	16	3	2	1	0
2005	48	20	1	0	0	1	0

Tab. 9 Frequenze assolute annuali dei minimi per classi di altezza (cm). Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato.

Tab. 10 Livello medio mare per anni. Periodo 1924-2005.

Anno	Livello medio mare (cm)
1924	153.72
1925	154.35
1926	157.89
1927	157.58
1928	155.58
1929	150.76
1930	158.27
1931	160.04
1932	154.73
1933	158.37
1934	159.59
1935	160.12
1936	164.53
1937	167.67
1938	156.28
1939	162.67
1940	163.67
1941	165.71
1942	160.94
1943	156.17
1944	161.42
1945	160.99
1946	162.91
1947	165.28
1948	160.71
1949	155.00
1950	161.53
1951	171.66
1952	166.34
1953	162.46
1954	164.55
1955	168.85
1956	165.23
1957	164.02
1958	168.83
1959	165.80
1960	175.10
1961	171.21
1962	170.34
1963	172.88
1964	164.49
1965	171.50
1966	174.87

1967	169.49
1968	171.89
1969	176.76
1970	174.39
1971	172.99
1972	171.35
1973	168.11
1974	170.68
1975	168.88
1976	169.45
1977	171.20
1978	172.70
1979	175.44
1980	172.69
1981	172.93
1982	171.66
1983	170.30
1984	174.35
1985	171.85
1986	173.12
1987	175.76
1988	172.11
1989	166.46
1990	166.81
1991	169.09
1992	168.41
1993	168.93
1994	172.68
1995	172.46
1996	177.60
1997	174.38
1998	174.27
1999	175.58
2000	175.81
2001	178.20
2002	177.66
2003	174.76
2004	178.61
2005	176.46

Tab. 13 Principali dati statistici mensili relativi al periodo 1924-2005.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
media massimi	45.55	44.43	42.44	45.47	45.87	45.79	46.03	47.28	49.22	53.74	56.12	51.15
media minimi	-14.40	-17.06	-19.21	-14.96	-13.20	-12.16	-13.42	-14.45	-13.41	-8.04	-3.19	-7.30
livello medio												
Massimo assoluto	132	158	122	147	127	121	105	100	130	145	194	166
data	28/01/1948 29/01/1978	01/02/1986	31/03/1992	16/04/1936	06/05/1997	06/06/2002	15/07/2002	28/08/1995	24/09/1979	15/10/1960	04/11/1966	22/12/1979
Minimo assoluto	-101	-121	-112	-84	-78	-87	-79	-75	-75	-88	-81	-97
data	07/01/1928	14/02/1934	30/03/1935	11/04/1949	11/05/1929 21/05/1932	02/06/1942	09/07/1929	04/08/1925 24/08/1949	03/09/1929	31/10/1954	03/11/1954	25/12/1931
Minore (Massimi)	-36	-30	-20	-17	-26	-9	-11	-4	-2	-2	-12	-28
data	18/01/1925	06/02/1949	02/03/1948	19/04/1935	21/05/1934	26/06/1924	12/07/1929	11/08/1944 13/08/1952 16/08/1955	06/09/1928 23/09/1936	22/10/1947	30/11/1934	26/12/1941
Maggiore (Minimi)	82	68	66	59	70	50	72	53	68	102	116	104
data	23/01/1966 31/01/1986	26/02/1935	02/03/1989	01/04/1971	03/05/1991	10/06/2001	29/07/1988	30/08/1992	12/09/1998	30/10/1976	04/11/1966	09/12/1990

Tab. 14 Livello medio mare mensile. Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato.

Tab. 15 Livello medio mare decadale. Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato.

Tab. 16 Frequenze assolute dei massimi, suddivise per quinquenni, per classi di altezza (cm).
Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato.

Tab. 17 Frequenze assolute dei casi di acqua alta per quinquenni e per classi di altezza (cm).
Periodo 1924-2005.

	80-89	90-99	100-109	110-119	120-129	130-139	>140
1924-1929	25	16	3	2	0	0	0
1930-1934	34	8	5	3	2	0	0
1935-1939	54	13	8	3	0	0	1
1940-1944	38	19	3	0	0	0	0
1945-1949	33	14	14	1	2	2	0
1950-1954	59	27	9	5	0	0	1
1955-1959	74	38	11	6	1	0	0
1960-1964	135	47	29	10	3	0	1
1965-1969	141	70	26	7	4	3	2
1970-1974	128	45	7	8	4	0	0
1975-1979	124	58	32	9	5	3	2
1980-1984	142	63	31	13	3	5	0
1985-1989	145	46	9	2	1	2	1
1990-1994	112	48	17	11	5	1	1
1995-1999	198	62	39	19	5	2	0
2000-2005	280	130	50	17	8	2	2

Tab. 18 Frequenze assolute dei minimi, suddivise per decenni, per classi di altezza (cm).
Periodo 1924-2005.

Vedi cd allegato.

Bibliografia

APAT, “Stazioni di osservazione Meteo - Mareografiche nella laguna di Venezia e nell’arco costiero Nord-Adriatico” - Rapporto 68/2006 (a).

APAT, “Aggiornamenti sulle osservazioni dei livelli di marea a Venezia” - Rapporto 69/2006 (b).

APAT, “Database degli indicatori ambientali”, <http://annuario.apat.it>,2007.

Battistin, Canestrelli, "La serie storica della marea a Venezia, 1872-2005". Anno 2006.

Bollettino / R. Magistrato alle acque, Ufficio idrografico, Venezia, Servizio mareografico, Dati orari e dati di alta e bassa marea. – Venezia.

Canestrelli P., Mandich M., Pirazzoli P.A. e Tomasin A. (2001), “Venti, depressioni e sesse: perturbazioni delle marea a Venezia (1951-2000)”, pubbl. interna, Comune di Venezia - Istituzione CPSM (Centro Previsioni e Segnalazioni Maree).

Carbognin, L.,Teatini,P.,Tosi, L., 2005. Land subsidence in the Venetian area: known and recent aspects. *Giornale di geologia Applicata* (2005)1,5-11.

Comune di Venezia - Istituzione CPSM, APAT, CNR-ISMAR, “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.” Anno 2008, Istituto Poligrafico dello Stato, Roma.

Ferla M., Cordella M., Michielli L., Rusconi A., 2007, Long-term variations on sea level and tidal regime in the lagoon of Venice., *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 75 (2007) 214-222.