

Città di Venezia



Istituzione
Centro Previsioni
e
Segnalazioni Maree

2013



500 METRI DI PROFONDITÀ

TUDOR PELAGOS Movimento meccanico a carica automatica, impermeabile fino a 500 m, cassa in titanio e acciaio Ø 42 mm. Per saperne di più, visita tudorwatch.com.



TUDOR
WATCH YOUR STYLE

SALVADORI
IN VENDITA DAL 1897
VENEZIA - VICENZA

RIVENDITORE AUTORIZZATO

VENEZIA - PIAZZA SAN MARCO 44

VENEZIA - MERCERIE SAN SALVADOR, SAN MARCO 5022

VICENZA - CORSO PALLADIO

Il calendario delle maree per il 2013 presenta una importante novità: viene infatti proposto in due lingue, l'italiano per fornire la consueta guida pratica per il cittadino, e l'inglese, per mettere a disposizione del lettore straniero alcune semplici e chiare informazioni sul fenomeno mareale a Venezia.

Molto spesso infatti una marea appena superiore ai valori normali viene erroneamente interpretata come un ostacolo permanente alle normali attività della vita quotidiana o della visita turistica: il che, invece, non è. Una corretta conoscenza del fenomeno – e dei suoi aspetti più importanti, come la superficie allagata ai vari livelli, la durata media delle acque alte – unita alla comprensione dei segnali di allertamento, permetterà quindi di superare alcuni di questi luoghi comuni e di consentire la più soddisfacente fruizione della città.

Il libretto fornisce anche alcune notizie utili sulla evoluzione del fenomeno mareale nel corso del XX secolo fino a oggi: i dati storici di livello osservato in città vengono presentati in forma grafica, per evidenziare in particolare i cambiamenti nella frequenza degli eventi di acqua alta.

Nel descrivere le attività che l'Istituzione Centro Maree svolge da oltre trent'anni, sono riportate in dettaglio tutte le informazioni necessarie per accedere ai diversi servizi offerti all'utenza cittadina, compresi quelli più aggiornati alle nuove tecnologie, al fine di assicurare una precisa e tempestiva informazione sugli eventi di acqua alta. L'Istituzione si augura che questo libretto sia utile a un numero sempre maggiore di cittadini e di turisti.

The 2013 tide chart introduces a new important feature: it is presented in two languages; in Italian, in order to provide a practical guide to the citizen and in English, to inform foreign readers about Venetian tides in a clear way. Actually, the problem is that a tide prediction slightly higher than an average high tide is often misinterpreted as an impediment to develop in a normal way certain daily or tourist-related activities dependent on the climate, and it should be emphasized that it is not so in most cases.

Thus, a better understanding of this phenomenon and its main relevant factors such as the flooding areas and high water levels standard duration, together with the recognition of the high water alarm, will allow citizens and tourists to avoid these flood hazard areas and enjoy the city.

The booklet also provides some useful information on the evolution of the tidal phenomenon from throughout the 20th century up to the present day: the historic levels observed in the city are presented in tables and they show particularly the changes in the frequency in high water events.

In order to describe the activity developed by the Centro Maree from more than thirty years now, detailed information to access the different services is available for the citizen, including the up to date technologies, so as to provide a precise and relevant information on high water (acqua alta) events. The Centro Maree hopes the information provided in the booklet will be helpful for a growing number of citizens and tourists.

**Istituzione
Centro Previsioni
e Segnalazioni Maree**

Presidente *President*

Luigi Alberotanza

Consiglieri *Councilors*

Giovanni Cecconi

Franco Costa

Giampietro Mayerle

Leopoldo Pietragnoli

Direttore *Director*

Paolo Canestrelli



a cura di *edited by*
Franca Pastore

collaborazione scientifica
scientific collaboration

Alberto Tomasin

Università Ca' Foscari, Venezia

Istituto di Scienze Marine del Consiglio

Nazionale delle Ricerche, Venezia

progetto grafico *graphic design*
Fabrizio Olivetti

stampa *print*
Grafiche Veneziane
11.2012

I valori degli estremali di marea utilizzati per le elaborazioni appartengono a differenti archivi: dal 1872 al 1922 sono stati dedotti da fonti diverse (Genio Civile in Bollettini statistici del Comune, Bollettini dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque) e riferiti a mareografi posizionati in diverse località (Arsenale, Santo Stefano e Punta Salute); quelli dal 1923 al 1982 sono tratti dalle tabelle originali del mareografo di Punta Salute conservate presso l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA); infine i dati dal 1983 ad oggi sono stati rilevati dal mareografo di Punta Salute dell'Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree.

The extremal tide values used for the data processing belong to different archives. From 1872 to 1922, they have been obtained from different sources (Genio Civile in Bollettini statistici del Comune, Bollettini dell'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque) and reported to tide gauges located in different places (Arsenale, Santo Stefano and Punta Salute). The ones from 1923 to 1982 are drawn from original charts from the tide gauge of Punta Salute kept at the Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). In short, data from 1983 to the present are being obtained from the tide gauge of Punta Salute by the Institution Centro Previsioni e Segnalazioni Maree.



VICENZO BUSETTO



EUGENIO PENZO



ORIELTA FARISATO



UMBERTO VIO



GIANNI BRANCA



PAOLA SCARPA

Nel segno dell'acqua Le immagini che corredano questo libretto sono il risultato di una selezione tra le oltre ottanta fotografie inviate dai dipendenti del Comune di Venezia al concorso "Fotoritagli", voluto dall'Amministrazione per promuovere la collaborazione tra uffici e ampliare l'Archivio fotografico del Comune. Nella scelta sono state privilegiate quelle fotografie che, pur in situazioni ambientali diverse, vedono l'acqua non già come elemento di sfondo ma come effettiva protagonista, qualificante la particolarità e componente essenziale della singolare vitalità del territorio veneziano: un aspetto del tutto consonante, pur con tutte le doverose diversità, con l'attività quotidiana dell'Istituzione Centro Maree. I grafici e i testi di un anno mareale saranno accompagnati, nel 2013, da un tocco di arte e di poesia: e sia di buon auspicio.

In the sign of water The images furnished in this booklet were chosen from a selection of over eighty photographs sent by some of the "Comune di Venezia" (Venice Municipality) employees to a contest called "Fotoritagli". The contest was arranged by the Administration to promote cooperation amongst offices and in order to expand the Municipality's archives. Even if the images were chosen in different environmental related circumstances, they play a protagonist aspiration role and not a mere background one; essentially eligible as a component in qualifying the unique vitality of Venice's territory. An all consonant aspect, nonetheless the behooove diversity and the Istituzione Centro Maree's daily activities. Graphics and a year's tide text will go be going along next year with a touch of art and poetry: a good omen.

(Leopoldo Pietragnoli)

PAOLA SCARPA



VICENZO BUSETTO



FRANCESCO VIANELLO



ANDREA LAINO



EUGENIO PENZO



ALBINA BARDELLE





INDICE

INDEX

- 7 - 22 l'acqua alta a Venezia:
cause, dati storici e statistiche
high water in Venice:
causes, historical data and statistics
- 24 - 25 l'Istituzione C.P.S.M.
the C.P.S.M. Institution
- 25 - 37 la previsione della marea
e i servizi di informazione
the forecast of tides
and information services
- 38 - 40 il calcolo della marea astronomica
the calculation of the astronomical
tide
- 42 - 43 i tempi di propagazione della marea
the propagation times of tide
- 45 - 58 le previsioni di marea astronomica
2013
the forecast of astronomical tide for
2013



L'“ACQUA ALTA”

La marea che supera a Venezia la soglia di attenzione di +80 cm sopra lo zero mareografico di Punta Salute viene comunemente indicata come “acqua alta”: a questa quota sorgono problemi di trasporto e di viabilità pedonale nei punti più bassi della città (Piazza San Marco). Quando la marea supera i 100 cm, il fenomeno inizia ad interessare tratti più consistenti dei percorsi cittadini. A quota +110 cm, circa il 12% della città è interessata dagli allagamenti. Quando invece si raggiungono i +140 cm, viene allagato il 59% della città (vedi anche pag. 34). La marea osservata a Venezia può essere pensata come la somma di due componenti: la marea astronomica, correlata al moto dei corpi celesti, principalmente Luna e Sole, e il contributo meteorologico dovuto allo stato dell'atmosfera. In condizioni normali il contributo meteorologico è piccolo e il livello che si osserva coincide approssimativamente con la marea astronomica. In caso di condizioni meteorologiche sfavorevoli, tipicamente bassa pressione e forti venti di scirocco, il contributo meteorologico diventa importante: se si verifica contemporaneamente a un massimo di marea astronomica, esso può produrre il fenomeno dell'acqua alta. Il contributo meteorologico può essere anche negativo, a seguito di un'alta pressione, e determinare così notevoli basse maree. All'aumento della frequenza degli eventi di acqua alta a Venezia nel corso degli ultimi decenni, hanno contribuito fenomeni quali l'eustatismo (innalzamento del livello del mare) e la subsidenza (abbassamento del suolo per cause naturali o antropiche).

HIGH TIDE

In Venice, a water level higher than +80 cm above the local datum (the tidal zero) recorded at Punta Salute, is commonly known as “acqua alta”: many problems arise about transport and pedestrian use of roads in the lowest areas of the town (like St. Mark's Square). When tide exceeds 100 cm, the phenomenon involves a large number of pedestrian routes. At an altitude of +110 cm, about 12% of the city is affected by flooding. But when reaching the +140 cm, about 59% of the city is flooded.(see also page 34). The observed tide in Venice can be influenced by two distinct factors: the astronomical tide, correlated to the motion of the heavenly bodies, mostly Moon and Sun, and the meteorological surge due to atmospheric forcings. Under normal conditions, the latter is small and the level observed approximately coincides with the astronomical tide. In case of unfavorable weather conditions, typically low pressure and strong sirocco winds, the meteorological contribution becomes important: if it occurs simultaneously with a maximum of astronomical tide, it can produce the phenomenon of high water. The meteorological contribution can also be negative, as a result of high pressure, and thus determines significant low tides. To the frequency increase of high tide events in Venice during the past decades, phenomena such as eustatism (sea level rise) and subsidence (lowering of the soil through natural or anthropogenic causes) gave their strong contribution.

LA MAREA ASTRONOMICA

La marea astronomica è causata dall'attrazione gravitazionale che i corpi celesti, principalmente Luna e Sole, esercitano sulla massa d'acqua. È calcolabile con elevata precisione e con anticipo anche di molti anni. A Venezia la marea astronomica descrive una curva di tipo prevalentemente semidiurno, con due massimi e due minimi nelle 24 ore. Durante le fasi di luna nuova e di luna piena gli effetti del Sole e della Luna si sommano, determinando le massime oscillazioni di marea (sizigie). Nei periodi di primo e ultimo quarto, invece, la marea è meno ampia e meno regolare (quadratura) e possono esservi giorni con un solo minimo e un solo massimo. Secondo il metodo dell'analisi armonica, la marea astronomica in un determinato luogo può essere calcolata come sovrapposizione di oscillazioni sinusoidali, ciascuna caratterizzata da una propria ampiezza e fase. A Venezia sono sufficienti otto componenti armoniche per descrivere la marea astronomica con precisione dell'ordine di 1 cm (vedi anche pag. 38).



THE ASTRONOMICAL TIDE

The astronomical tide is caused by the gravitational attraction that the heavenly bodies, mainly Moon and Sun, have on the sea water. It can be calculated with high precision and in advance of even many years. In Venice, the astronomical tide is essentially semidiurnal, with two maximum heights and two minimum heights within 24 hours. At the time of new moon and full moon the effects of Sun and Moon results in the highest tidal fluctuations (in syzygies, or spring tide). Instead, at first and last quarter, the tide is less extensive and less regular neap tides and there may be days with only one minimum and one maximum height. According to the method of the harmonic analysis, the astronomical tide at a given location can be calculated as a superposition of sinusoidal oscillations, each one locally characterized by its amplitude and phase. In Venice eight harmonics are sufficient to describe accurately the astronomical tide, order of 1 cm (see also page 38).

IL CONTRIBUTO METEOROLOGICO

Ad alterare la regolarità della marea astronomica in modo a volte notevole, intervengono fattori meteorologici e tra essi soprattutto il vento e la pressione. Nel caso del mare Adriatico, bacino lungo e stretto, chiuso nel lato superiore e aperto in quello inferiore, un forte vento soffiante da sudest (scirocco), lungo l'asse longitudinale, produce un accumulo d'acqua verso l'estremità chiusa. Il fenomeno viene favorito dalla lunga zona d'azione disponibile per il vento ("fetch") ed è ulteriormente amplificato a causa dei bassi fondali della parte settentrionale dell'Adriatico. Il contributo dovuto al vento può superare anche il metro e provocare da solo fenomeni di inondazione. Anche la bora, che spira da nordest con intensità spesso superiore allo scirocco, tende ad accumulare acqua verso la laguna, pur se in misura minore a causa del fetch ridotto. Quando alla bora sull'alto Adriatico si associa lo scirocco sul basso e medio Adriatico, si verifica la cosiddetta "scontraura", cioè la convergenza di correnti marine provocate da venti da nordest e sudest. Il fenomeno, noto fin dai tempi antichi, ha fatto registrare numerosi eventi di marea eccezionale. La pressione atmosferica altera il livello del mare con "effetto barometrico inverso": ad una diminuzione della pressione corrisponde un aumento del livello e viceversa. Di conseguenza, il passaggio di una perturbazione caratterizzata da un'area di bassa pressione sul Nord Adriatico e una di alta al Sud provoca uno spostamento della massa d'acqua verso l'area di pressione più bassa, con una variazione che può arrivare anche a 20 cm.

METEOROLOGICAL FACTORS AND SURGES

The regularity of the astronomical tide can be altered, sometimes considerably by many meteorological factors, and among them, wind and pressure are the most important. In the case of the Adriatic Sea (a long and narrow basin, closed in the northern side and open in the southern one) a strong wind blowing from southeast (sirocco) along the longitudinal axis, produces an accumulation of water to the closed end.

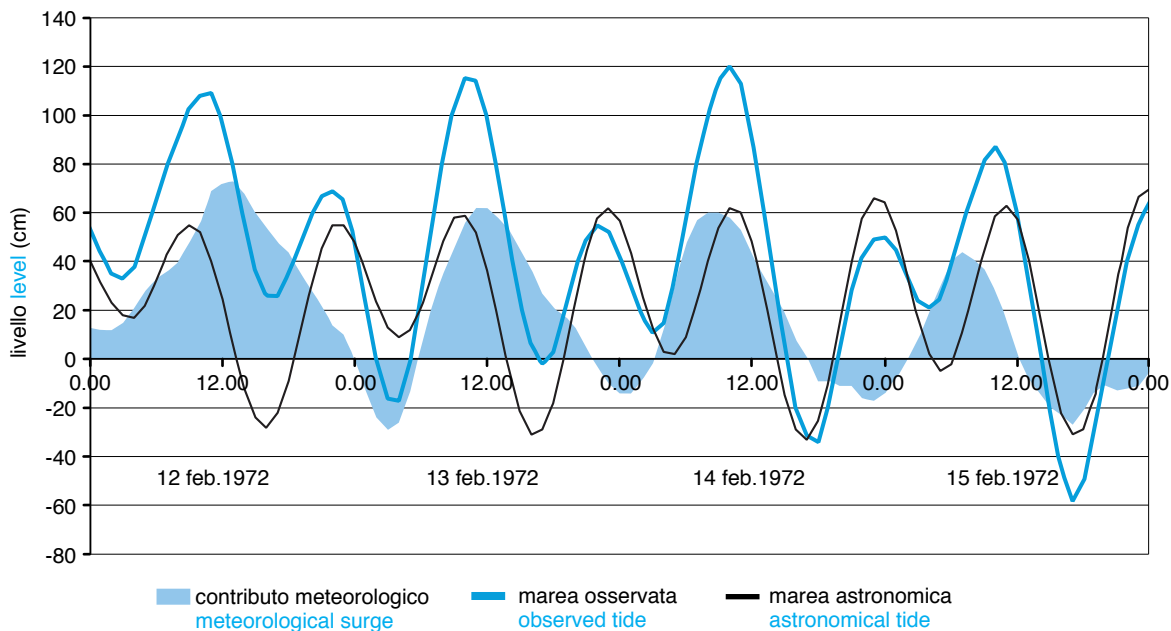
The phenomenon is favored by the long action zone available to the wind ("fetch") and is further amplified because of the shallow waters of the northern Adriatic. The contribution due to the wind can exceed one meter, consequently causing the flooding by itself. Also the Bora wind, which originates from Northeast with an intensity that often exceeds the Sirocco, tends to accumulate water into the lagoon, although to a lesser extent due to reduced fetch. When Bora in the Northern Adriatic is associated with Sirocco on low and middle Adriatic, the so-called "scontraura" (i.e. collision) is originated, which is the convergence of sea currents caused by winds from Northeast and Southeast. The phenomenon, known since ancient times, has led to many events of high tides. The atmospheric pressure alters the sea level by the "inverse barometer effect": a decrease of pressure corresponds to an increase in the level and vice versa. Consequently, the passage of a storm characterized by a low pressure area over Northern Adriatic and a high pressure in the South results in a shift of the mass of water to the area of lower pressure, with a variation that can reach also 20 cm.

LE SESSE

Nel loro passaggio le perturbazioni agiscono sulla marea con una sorta di stimolo impulsivo, lo “storm surge”, in seguito al quale l’Adriatico, a causa della forma del bacino, si comporta come una cavità risonante: al cessare dell’impulso rimane una situazione perturbata del livello marino, che si manifesta con una serie di oscillazioni longitudinali e trasversali, le “sesse”, la cui ampiezza si smorza nel tempo. L’oscillazione fondamentale, longitudinale, ha un periodo di 22 ore circa. Di quest’ultima componente bisogna tener conto nella previsione di marea: accade infatti abbastanza spesso che nei giorni successivi ad uno “storm surge”, grazie allo sfasamento di quasi 2 ore tra la periodicità della marea astronomica (circa 24 ore) e la sessa (circa 22 ore), l’oscillazione possa trovarsi in fase con il massimo di marea astronomica e provocare acqua alta. Un esempio evidente si può osservare nella figura 1 che si riferisce al periodo 12 - 15 febbraio 1972: il massimo contributo meteorologico si era verificato nel giorno 12, mentre il livello di marea osservata ha raggiunto il massimo valore due giorni dopo, il 14 febbraio, nonostante il miglioramento delle condizioni atmosferiche, quando marea astronomica e contributo meteorologico si sono trovati più in fase.

THE SEICHES

In their passage, the perturbations act on the tide as a sort of impulsive stimulation, the “storm surge”, following which the Adriatic, because of the shape of the basin, behaves as a resonant cavity: at the end of the pulse a troubled situation remains in the sea level, and a series of longitudinal and transverse oscillations appears, the “seiches”, whose amplitude progressively fades. The fundamental oscillation, longitudinal, has a period of 22 hours. The above mentioned factor must be taken into account when predicting tide: as it frequently occurs in the days following a “storm surge”, and due to the phase shift of almost two hours between the frequency of the astronomical tide (about 24 hours) and the seiche (about 22 hours), the oscillation could happen together with the highest astronomical tide and lead to high water. A clear example can be seen in figure 1 that refers to the period during February 12 to 15, 1972: the maximum meteorological input occurred on the 12th, while the observed sea level has reached the maximum value after two days, on February 14th, despite improved weather conditions, when astronomical tide and meteorological contribution got more in phase.



LA SUBSIDENZA E L'EUSTATISMO

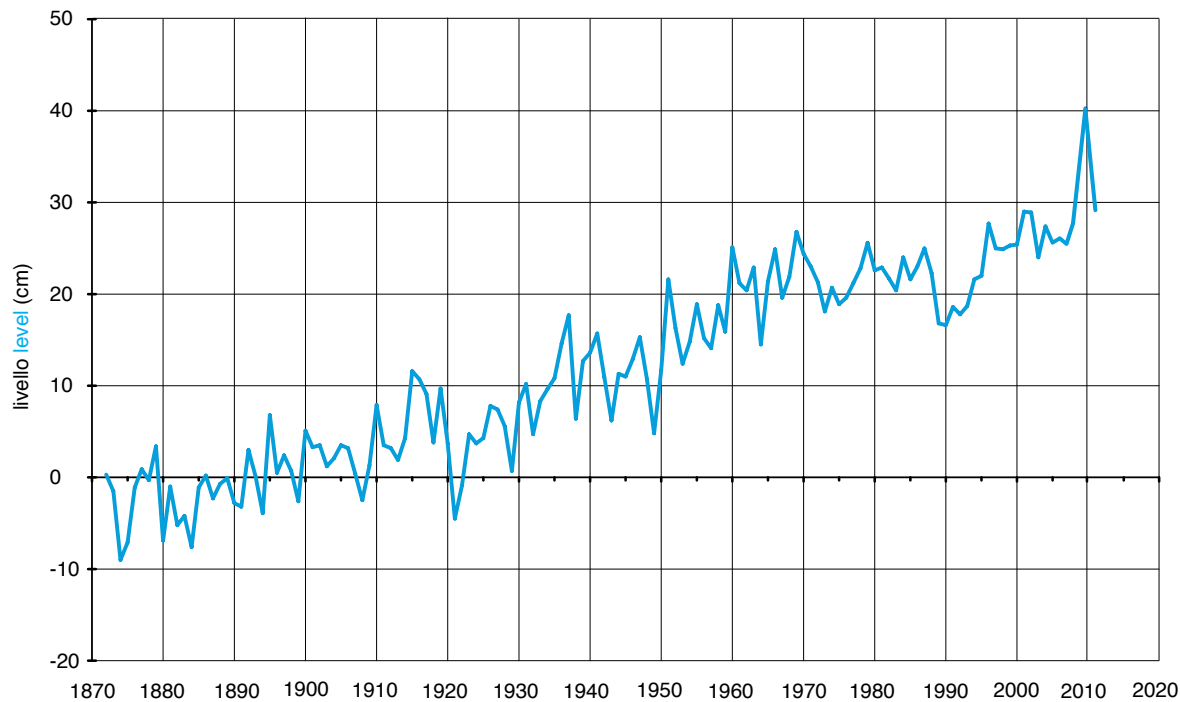
Al fenomeno acqua alta contribuiscono:

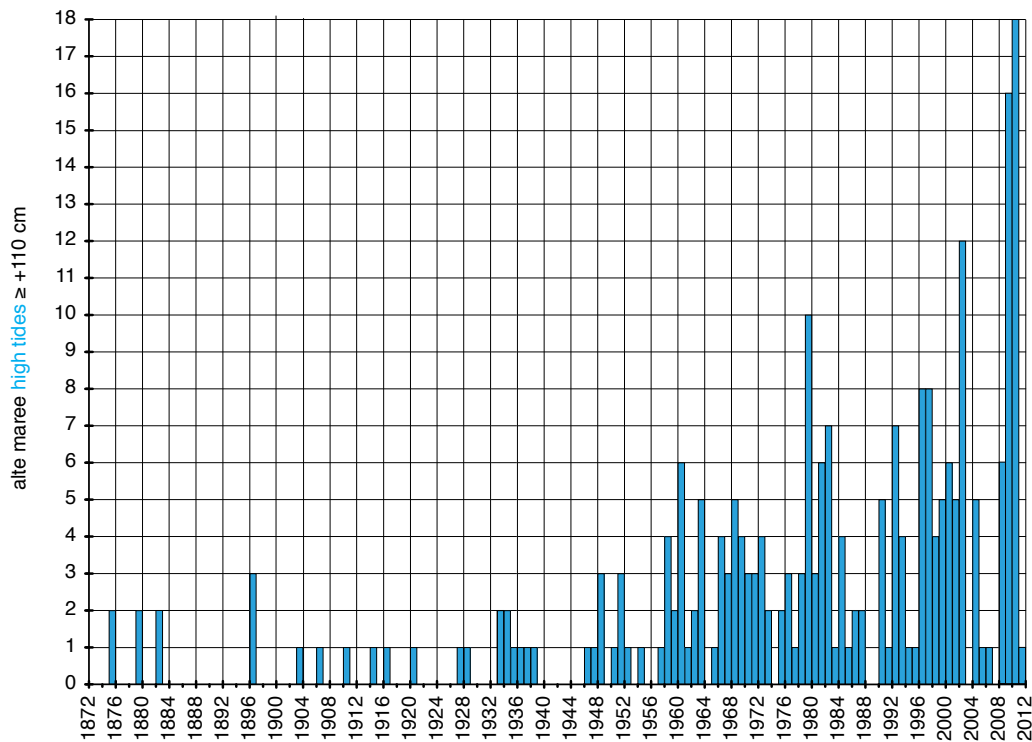
- la **subsidenza**, cioè lo sprofondamento del suolo per cause naturali e antropiche, è dovuta principalmente all'emungimento delle falde acquifere che in passato è stato cospicuo, specie nella zona industriale di Marghera. Dal 1950 al 1970 l'abbassamento medio del suolo nell'area veneziana è stato di circa 12 cm;
- l'**eustatismo**, innalzamento del livello del mare, è legato alle variazioni climatiche del globo: dagli inizi del secolo scorso agli anni '70, la risalita eustatica a Venezia è stata di 9 cm. Dal 1970 ad oggi l'aumento, osservato anche a Trieste e quindi indipendente da subsidenza locale, è stato di circa 5 cm. Questi due processi hanno contribuito a far variare nel tempo il livello medio del mare (figura 2), che attualmente è circa 26 cm più alto di quello del 1897. Il grafico di figura 3 (eventi di marea $\geq +110$ cm dal 1872 ad oggi) mostra che per circa ottant'anni, fino al 1950, si è avuto un andamento delle alte maree pressoché stazionario, mentre negli ultimi decenni la frequenza è molto aumentata, fino a raggiungere i 52 eventi nel decennio 2000 - 2009 (figura 4). Lo stesso comportamento si osserva nel grafico che rappresenta gli eventi $\geq +120$ cm (figura 5), arrivati ad una frequenza di 20 eventi nell'ultimo decennio. In corrispondenza, le basse maree inferiori a -50 cm (figura 6) sono sensibilmente diminuite nel corso dell'ultimo secolo arrivando a meno di 20 volte all'anno, fino a quasi azzerarsi nel 2010 e 2011. Tutto ciò va attribuito principalmente agli effetti di eustatismo e subsidenza.

SUBSIDENCE AND EUSTATISM

Subsidence and eustatism also contribute to the phenomenon of high water.

- The **subsidence**, the sinking of the land due to natural and anthropogenic causes, is primarily induced by the drawing of groundwater that in the past has been strong, especially in the industrial area of Marghera. From 1950 to 1970 the lowering of the soil in the Venice area was approximately 12 cm.
- The **eustatism**, the sea-level rising, is linked to climatic variations of the globe: from the beginning of the last century to the '70s, the eustatic rise in Venice was 9 cm. Since 1970 the increase observed in Trieste and thus independent of local subsidence, was approximately 5 cm. These two processes have contributed to the change in the decades of the mean sea level (figure 2), which currently is about 26 cm (average for the last ten years) higher than that of 1897. The graph in figure 3 (high tide events $\geq +110$ cm since 1872 to present time) shows that for about eighty years, until 1950, there was a trend of high tides almost stationary, while the frequency in recent decades has greatly increased, reaching the 52 events during the years 2000 - 2009 (figure 4). The same behavior is observed in the graph that represents the events $\geq +120$ cm (figure 5), reaching a frequency of 20 events in the last decade. Correspondingly, the low tides lower than -50 cm (figure 6) have significantly decreased in the last century coming to occur less than 20 times a year, up to zero in 2010. All this is primarily attributed to the effects of eustatism and subsidence.





3

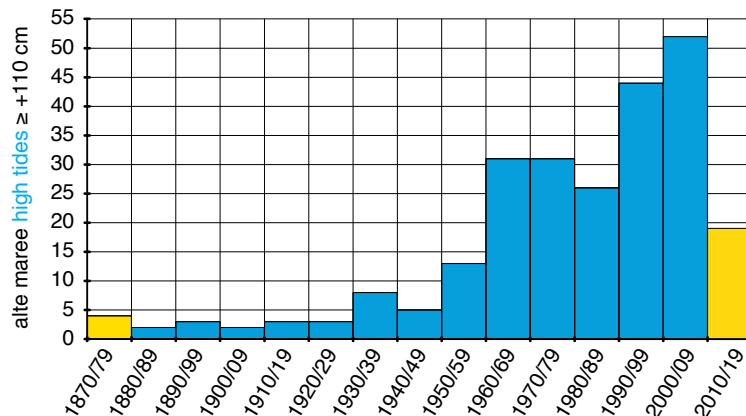
Distribuzione annuale delle alte maree $\geq +110$ cm
registrate a Venezia, dal 1872 al 2011.

Yearly distribution of high tides $\geq +110$ cm
recorded in Venice, from 1872 to 2011.

4

Distribuzione decennale delle alte maree $\geq +110$ cm registrate a Venezia, dal 1872 al 2011.
Un colore diverso evidenzia i decenni incompleti.

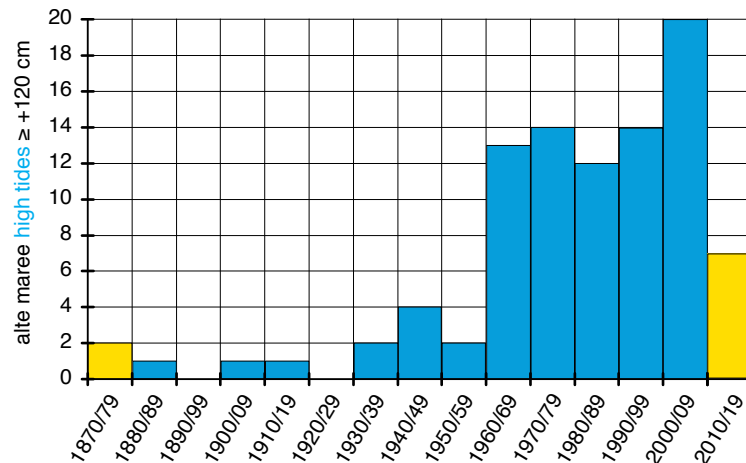
Ten-year distribution of high tides $\geq +110$ cm recorded in Venice, from 1872 to 2011.
A different color highlights incomplete decades.

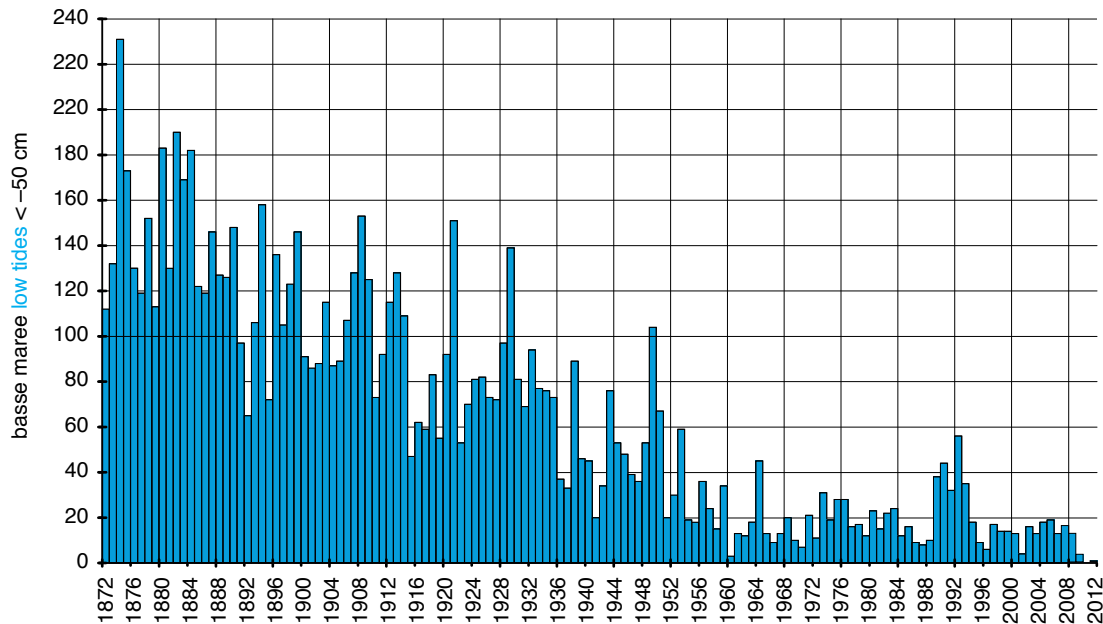


5

Distribuzione decennale delle alte maree $\geq +120$ cm registrate a Venezia, dal 1872 al 2011.
Un colore diverso evidenzia i decenni incompleti.

Ten-year distribution of high tides $\geq +120$ cm recorded in Venice, from 1872 to 2011.
A different color highlights incomplete decades.





6

Distribuzione annuale delle basse maree < -50 cm registrate a Venezia, dal 1872 al 2011.

Yearly distribution of low tides < -50 cm recorded in Venice, from 1872 to 2011.



STAGIONALITÀ DEL FENOMENO

L'impatto delle alte maree sulla città è molto legato alla distribuzione temporale del fenomeno.

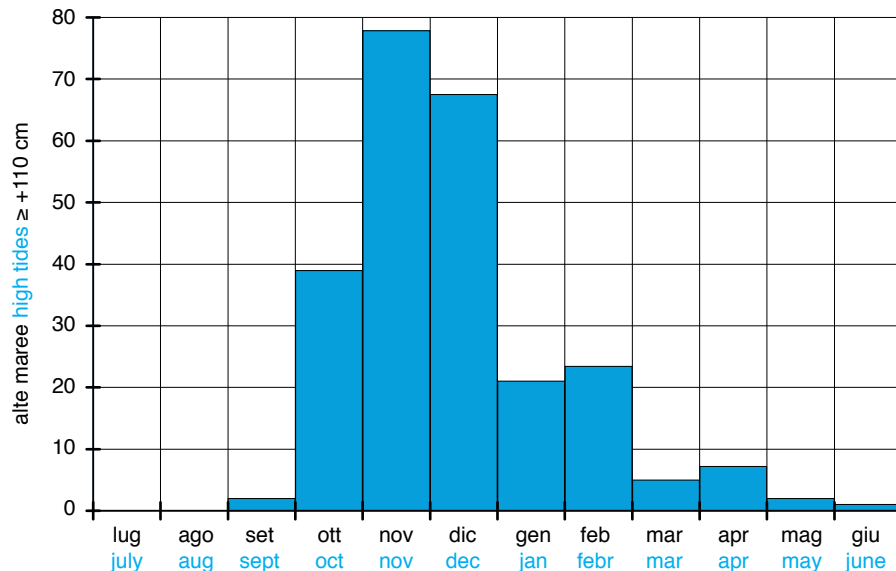
La frequenza massima degli eventi si osserva a novembre, seguito da dicembre e ottobre: in questi tre mesi si concentra circa il 75% degli eventi. Nei rimanenti mesi la frequenza è molto bassa: l'unico evento estivo si è verificato il 6 giugno del 2002 con +121 cm.

SEASONALITY VARIABILITY OF THE PHENOMENON

The impact of high tides on the city is closely tied to seasons. The maximum frequency of events is observed in November, followed by December and October: in these three months is concentrated about 75% of the events. In the remaining months, the frequency is very low: the only summer event occurred on June 6, 2002 reaching a level of +121 cm.

7
Distribuzione mensile delle
alte maree $\geq +110$ cm
registrate a Venezia, dal
1872 al 2011.

Monthly distribution of high
tides with level $\geq +110$ cm
recorded in Venice, from
1872 to 2011.



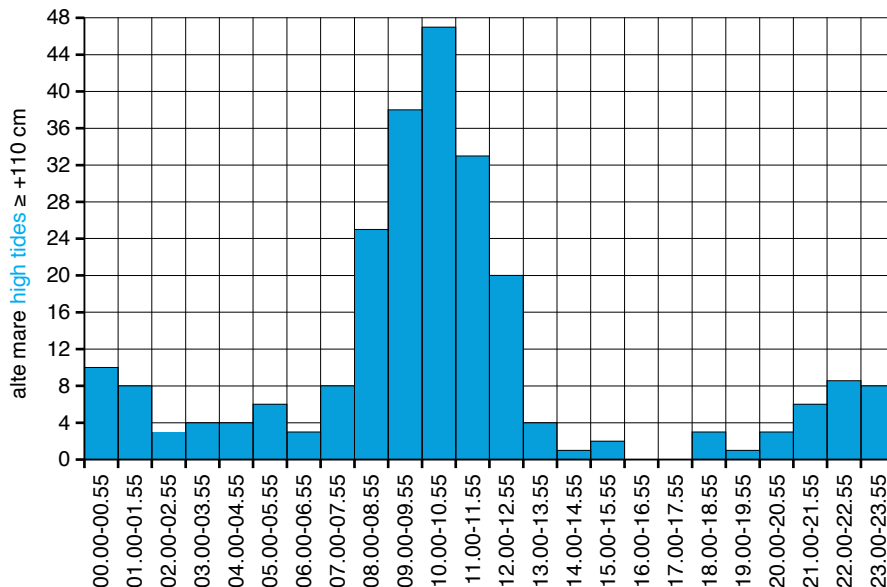
VARIABILITÀ DIURNA

La distribuzione dei casi di marea superiore a +110 cm nell'arco della giornata è rappresentata in figura 8: gli eventi di acqua alta sono molto più frequenti durante la mattinata, mentre nessun evento si è mai verificato nel primo pomeriggio. La causa di ciò è il concentrarsi dei massimi giornalieri di marea astronomica nella mattinata durante i mesi autunnali, nei quali è più probabile il verificarsi di un elevato contributo meteorologico.

DIURNAL VARIABILITY

The distribution of cases with tide level higher or equal to 110 cm during the day is shown in figure 8: high water events are more frequent during the morning, and no event has ever occurred in the early afternoon. The cause of this is the concentration of the daily maximum astronomical tide in the morning during the autumn months, when it is more likely the occurrence of a high meteorological contribution.

8
Distribuzione oraria
degli estremi $\geq +110$ cm
registrati a Venezia,
dal 1872 al 2011.
Hourly distribution
of extremal $\geq +110$ cm
recorded in Venice,
from 1872 to 2011.



**Valori caratteristici
della marea a Venezia
per il periodo 1872-2011**
Characteristic values
of the tide in Venice
from 1872 to 2011

altezza massima <i>maximum height</i>	194 cm	4.11.1966
altezza minima <i>minimum height</i>	-124 cm	18.1.1882
escursione massima <i>maximum range</i>	318 cm	—
ampiezza massima di marea dalla alta alla bassa <i>maximum range of the tide from high to low</i>	163 cm	25.2.1879
	163 cm	28.1.1948
	163 cm	28.12.1970
ampiezza massima di marea dalla bassa alla alta <i>maximum range of the tide from low to high</i>	151 cm	15.11.1910

20

**Valori di marea
≥ +140 cm registrati
a Venezia
dal 1872 al 2011**
Tide values ≥ +140 cm
recorded in Venice
from 1872 to 2011

	<i>data date</i>	<i>ora hour</i>	<i>valore value</i>
1	16.4.1936	21.35	147 cm
2	12.11.1951	8.05	151 cm
3	15.10.1960	7.55	145 cm
4	4.11.1966	18.00	194 cm
5	3.11.1968	7.30	144 cm
6	17.2.1979	1.15	140 cm
7	22.12.1979	9.10	166 cm
8	1.2.1986	3.55	159 cm
9	8.12.1992	10.10	142 cm
10	6.11.2000	20.35	144 cm
11	16.11.2002	9.45	147 cm
12	1.12.2008	10.45	156 cm
13	23.12.2009	5.05	144 cm
14	25.12.2009	3.55	145 cm
15	24.12.2010	1.40	144 cm



Permanenza della marea nel periodo 1966-2011

The tide duration in the period 1966-2011

La tabella seguente rappresenta il numero di eventi di marea sopra e sotto quote prestabilite nel periodo 1966-2011, la durata media per ogni evento e la frequenza con cui si verificano. Un'alta marea di +110 cm, per esempio, può verificarsi circa 4 volte all'anno e durare mediamente 2 ore e 30 minuti.

The following table represents the tide permanence and the number of events above and below specified levels, in the period 1966-2011. Frequency of events is also shown. A high tide of +110 cm, for example, may occur about 4 times a year and lasts an average of 2 hours and 30 minutes.

<i>livelli di marea tide levels</i>	<i>numero casi number of cases</i>	<i>durata media ore/min average duration hours/min</i>	<i>frequenza media annua yearly average frequency</i>
≥ 190 cm	1	0:10	0.02
≥ 180 cm	1	1:30	0.02
≥ 170 cm	1	5:50	0.02
≥ 160 cm	2	4:40	0.04
≥ 150 cm	4	4:25	0.08
≥ 140 cm	12	2:55	0.3
≥ 130 cm	32	2:25	0.3
≥ 120 cm	77	2:25	1.7
≥ 110 cm	189	2:30	4.1
≥ 100 cm	473	2:25	10.3
≥ 90 cm	1092	2:35	23.7
≥ 80 cm	2715	2:35	59.0
<hr/>			
< -50 cm	794	1:45	17.3
< -60 cm	217	1:40	4.7
< -70 cm	51	1:25	1.1
< -80 cm	12	1:00	0.3
< -90 cm	2	0:30	0.04
< -100 cm	0	0:00	0



L'ISTITUZIONE CENTRO PREVISIONI E SEGNALAZIONI MAREE

All'inizio degli anni '70, il Comune di Venezia istituì il primo servizio di osservazione delle maree per segnalare, con una sirena posta sul campanile di San Marco, l'avvicinarsi di gravi eventi. Nel 1980, dopo l'inondazione del 1979 fu istituito un nuovo servizio, il Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, con il compito di garantire alla cittadinanza la massima informazione sulla marea ed un efficace e tempestivo servizio di allarme in caso di acqua alta. Per assolvere tali compiti il Centro, da qualche anno Istituzione, si è progressivamente arricchito di sistemi sempre più perfezionati, raggiungendo un notevole livello di prestazione nel monitoraggio, nella previsione e nell'informazione. Per l'acquisizione dei dati vengono utilizzati:

- una rete telemareografica formata da una stazione centrale e 16 stazioni periferiche per la misura del livello del mare e di alcuni parametri meteorologici: le stazioni sono collocate nel centro storico, all'interno della laguna, alle tre bocche di porto e alla Piattaforma CNR, in mare aperto; una rete ondometrica per la misura del moto ondoso in laguna e dell'altezza dell'onda in Piattaforma CNR; un correntometro acustico installato nella bocca di Porto di Chioggia; alcune piattaforme AGIP collocate nel centro e nord Adriatico.
- sistemi per la ricezione di dati meteorologici quali: dati SYNOP delle stazioni costiere dei mari Adriatico e Tirreno

24

THE INSTITUTION CENTRO PREVISIONI E SEGNALAZIONI MAREE

In the early '70s, the municipality of Venice founded the first service to monitor tide streams and to alert citizens, with a siren on San Marco bell tower, in case of high tide level. After the flooding of 1979, a new service has been instituted, the Centro Previsioni e Segnalazioni Maree (tidal forecast and information center). Its goal is to guarantee maximum information on tide and an efficient and immediate alerting service in the event of high tide.

To fulfill these tasks the Center (which has recently become an Institution) has gradually improved its systems reaching a very good quality in monitoring, forecasting and information services.

To acquire data the following tools are used:

- the tide gauge network is formed by a central station and 16 peripheral stations that measure the sea level and meteorological parameters: these stations are located in the historical center, inside the lagoon, at the three inlets and at a CNR Platform, offshore; an ondametric network that measures the waves in the lagoon and the wave height at the CNR platform; an acoustic current meter installed in the mouth of the port of Chioggia; some AGIP oil platforms located in the central and northern Adriatic.
- systems for the reception of meteorological data such as SYNOP reports from the stations on the coast of the

(Aeronautica Militare), dati meteorologici del modello atmosferico dal centro europeo ECMWF di Reading; del Servizio Meteorologico della Croazia (modello ALADIN) e dell'ARPA Emilia Romagna (modello LAMI); immagini dal satellite Meteosat (EUMETSAT); immagini radar dal Centro Meteorologico di Teolo (ARPA Veneto); carte meteorologiche dal centro DWD (Offenbach Germania); dati di vento osservato dal satellite QuikSCAT.

LA PREVISIONE DELLA MAREA

Per la previsione del livello di marea in città sono operativi numerosi modelli numerici, alcuni di tipo statistico altri di tipo idrodinamico. Tutti i modelli calcolano la componente del livello dovuta alle condizioni meteorologiche. Questa viene successivamente sommata alla componente astronomica, calcolabile con precisione in largo anticipo per dare il livello totale previsto. La previsione dei modelli numerici viene sempre interpretata dai tecnici di sala operativa, che la confrontano con i numerosi dati osservati e, attraverso la personale conoscenza ed esperienza, formulano la previsione di livello per il giorno corrente e quelli successivi.

Modelli statistici

Un insieme di modelli statistici di crescente complessità è stato sviluppato presso l'ICPSM. Essi si basano su un

Adriatic and Tyrrhenian seas (Air Force), weather data of the atmospheric model from ECMWF in Reading; the Meteorological Service of Croatia (ALADIN model) and ARPA Emilia Romagna (model LAMI); images from Meteosat (EUMETSAT); radar images from the meteorological center from Teolo (ARPA Veneto); weather maps from the center DWD (Offenbach Germany); wind data observed by the QuikSCAT satellite.

25

TIDE PREDICTIONS

To predict the tide level in the city several numerical models are implemented, both statistical and hydrodynamic. All these models calculate the component level due to weather conditions. It is then added to the astronomical component estimated in advance to produce the tide prediction. The forecast of the numerical models is always interpreted by analysts, who compare the available predictions and through their extensive experience and expertise in the field are able to provide the tidal predictions for the current day and the following ones.

The statistical models

A set of statistical models of increasing complexity has been developed at the ICPSM. They are based on a linear, autoregressive moving average model that estimate the future level in Venice as a linear combination of several

modello lineare, autoregressivo a media mobile che calcola il livello del mare a Venezia come combinazione lineare di alcuni predittori: i valori osservati di livello a Venezia e di pressione atmosferica in un insieme di stazioni costiere adriatiche e tirrene. I coefficienti della combinazione lineare sono stati calcolati durante la fase di calibrazione del modello, attraverso la serie storica di dati osservati nel periodo 1966-2006. Le versioni più recenti utilizzano come predittori anche i valori di pressione atmosferica e di vento previsti dal Centro Europeo ECMWF (UK). Un'ulteriore sviluppo è costituito dal modello statistico Esperto, caratterizzato dalla capacità di 'decidere' quale set di coefficienti utilizzare, in base alle condizioni meteorologiche osservate e previste per le ore successive.

Modelli deterministici

I modelli idrodinamici integrano le equazioni della fluidodinamica e calcolano lo stato del mare (livello e correnti) in tutto il bacino considerato, sotto l'azione delle forzanti meteorologiche. Come forzanti sono utilizzati i campi di vento e pressione atmosferica calcolati dal modello atmosferico globale dell'ECMWF, diffusi dall'Aeronautica Militare Italiana. Il modello SHYFEM, sviluppato presso ISMAR CNR di Venezia si basa sul metodo degli elementi finiti e utilizza una griglia di calcolo che rappresenta il Mar Mediterraneo. Una seconda griglia, ad elevata risoluzione spaziale, rappresenta la Laguna di Venezia.

26

predictors: the observed sea level values in Venice and atmospheric pressure in a number of Adriatic and Tyrrhenian coastal stations. The coefficients of the linear combination were obtained in the calibration phase of the model, through data observed during the period 1966-2006. The most recent versions use as predictors the values of atmospheric pressure provided by the European Centre ECMWF (UK).

A further development is presented by the statistical model Esperto, which is able to 'decide' which set of coefficients to use, depending on the observed and predicted meteorological conditions for several hours to come.

The Deterministic models

The hydrodynamic models integrate the equations of fluid dynamics and calculate the state of the sea (level and current) throughout the basin, under the action of meteorological forcing. The model is forced with both wind and pressure fields calculated from the ECMWF global atmospheric model, made available by the Italian Air Force. The SHYFEM model, developed at the ISMAR CNR - Venice, is based on the finite element technique and uses a numerical grid that represents the Mediterranean Sea. A second grid, with higher spatial resolution, refers to the Venice Lagoon.

SERVIZI DI INFORMAZIONE E COMUNICAZIONE ALLA CITTÀ

Segreteria telefonica

Il tradizionale sistema informativo usato dall'Istituzione Centro Maree è stato, sin dall'inizio, la segreteria telefonica. Ancora oggi è il sistema più usato dai cittadini, in quanto è in grado di soddisfare oltre diecimila utenti all'ora.

La segreteria telefonica, composta da 120 linee in ricerca automatica, può essere ascoltata al numero 041 2411996.

Numeri diretti

Il personale della sala operativa dell'Istituzione Centro Maree può essere contattato telefonicamente al numero 041 2748787 oppure via fax al numero 041 5210378.

Quotidiani

I quotidiani veneziani, "Il Gazzettino" e "La Nuova Venezia", riportano ogni giorno un grafico con le previsioni di marea.

Sito web

Il sito web www.comune.venezia.it/maree fornisce informazioni dettagliate sulle attività dell'Istituzione Centro Maree. Oltre alle previsioni di marea aggiornate più volte al giorno, sono consultabili i dati storici di marea a Punta Salute, a partire dal 1984, i dati recenti delle diverse stazioni della rete telemareografica e i grafici delle maree astronomiche.

INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM

Automatic call center

From the beginning, the answering machine has been the traditional information system used by the Centro Maree. Today it is still the most widely used tool, as it is able to meet more than ten thousand users per hour.

The answering machine consists of 120 lines in automatic search and it is possible to listen to an extract of the tidal forecast (in Italian) by calling the phone number +39 041 2411996.

Direct numbers

The staff of the Institution Centro Maree can be contacted by phone at +39 041 2748787 or by fax at +39 041 5210378.

Newspapers

The Venetian newspapers "Il Gazzettino" and "La Nuova Venezia", report a daily chart of the tide predictions.

website

The website www.comune.venezia.it/maree provides detailed information on the activities of the Centro Maree.

In addition to the tide predictions updated several times a day, historical data of tide in Punta Salute are available, since 1984, recent data of the different stations of the tide gauge network and charts of astronomical tides planned for the current year.

Bollettino

Il Bollettino in formato pdf, scaricabile dal sito web, fornisce alcune utili informazioni: la previsione di marea per 72 ore, informazioni sugli estremali significativi e il loro impatto sulla viabilità pedonale e inoltre la situazione meteorologica presente. L'utente, previa iscrizione, può scegliere di essere avvisato via mail quando il Bollettino viene aggiornato.

Smartphone

Gli utenti in possesso di iPhone o Smartphone con sistema operativo Android, potranno accedere gratuitamente a informazioni sullo stato della marea a Venezia. E' sufficiente scaricare gli applicativi collegandosi alle pagine web dell'Istituzione Centro Maree.

Twitter

La previsione di marea viene pubblicata in forma sintetica anche su Twitter. Assieme ai dati di previsione vengono pubblicate altre informazioni che possono essere d'aiuto al cittadino e al turista che abbiano la necessità di muoversi per la città anche in caso di "acqua alta".

Il profilo dell'Istituzione Centro Maree al quale associarsi è ICPSMVenezia.

28

The Bulletin

The Bulletin in pdf format can be downloaded from the website. It provides useful information: the prediction of tides for 72 hours with information on the critical extremal and their impact on pedestrian and also the present weather conditions. After registering, the user can choose to be notified via email when the Bulletin is updated.

Smartphones

Users with iPhone and Android smartphones can have free access to the information on the state of the tide in Venice by simply downloading the application throughout the website of the ICPSM.

Twitter

Tidal forecasts are also published in a concise way on Twitter. Further information is also available, that together with tidal forecast may help people to move in the city during "acqua alta". The twitter account of the Centro Maree is ICPSMVenezia.

Piano dei percorsi pedonali su passerelle

I percorsi pedonali su passerelle sono stati pensati per collegare i terminal di Piazzale Roma e stazione ferroviaria con il centro storico, passando per il maggior numero di uffici. Oltre alla tradizionale mappa (vedi pag. 36) è possibile consultare l'“Atlante dei percorsi pedonali su passerelle” disponibile on line. La totalità dei circa 4,5 Km di percorsi è stata suddivisa per sestiere. Per ogni percorso è disponibile una rappresentazione cartografica che evidenzia le sue caratteristiche: in particolare le diverse quote altimetriche della pavimentazione vengono indicate con colori diversi. Le pagine sono visibili sul sito dell'Istituzione Centro Maree alla voce “servizi”.

Servizio quote altimetriche

L'Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree gestisce un sistema informativo delle quote della pavimentazione stradale del centro storico di Venezia. Tale attività viene svolta in collaborazione con Insula SpA, che provvede all'aggiornamento della banca dati man mano che vengono eseguiti lavori di rialzo del suolo cittadino. Su richiesta del cittadino vengono fornite, su un apposito modello, le quote altimetriche in prossimità delle unità immobiliari del centro storico e isole. All'indirizzo www.ramses.it è consultabile l'altimetria della città di Venezia.

The pedestrian raised walkways

The raised walkways for pedestrian (in fact, boardwalks) have been designed to connect the terminal of Piazzale Roma and the railway station with the city center, with the largest possible number of places of interest. In addition to the traditional map (see page 36) it is possible to consult the “Atlante dei percorsi pedonali su passerelle”, available online. The about 4.5 km of trails have been divided into sections for each district. For each trail there is a mapping that highlights its features: in particular different elevations of the pavement are indicated by different colors. The pages are available on the site ICPSM under “services”.

Service of information about elevations

The Centro Maree manages an information system about elevations of the streets and the thresholds of the buildings of Venice. This activity is carried out in collaboration with Insula SpA, which updates the database as works are executed on the soil. Upon citizen's request, a form is provided for the elevations in the vicinity of the buildings in the historical center and the islands. At the address www.ramses.it you can see the elevation of Venice.

Punti informativi

Attraverso queste strutture il Centro è in grado di comunicare alla cittadinanza, 24 ore su 24, in tempo reale, il livello di marea osservato e la tendenza per le ore successive.

Attualmente sono installati a:

- Piazzale Roma, presso l'autorimessa comunale
- Burano, presso l'approdo ACTV
- Rialto, presso l'approdo ACTV

Quest'ultimo è stato trasformato in punto informativo con notizie sulla previsione, sugli allagamenti, sui percorsi pedonali e sui dati meteorologici e di livello in laguna in tempo reale.

30

Information displays

Through these structures the center is able to inform citizens around the clock, in real time, on the tide level and the trend expected for the next hours.

The displays are located in:

- Piazzale Roma, at the municipal parking building
- Burano, at the ACTV boat stops
- Rialto, at the ACTV boat stops

The latter has been transformed into an information point with news on the prediction, on flooding, pedestrian routes and also on meteorological data and the level in the lagoon in real time.

SERVIZIO DI ALLERTAMENTO ACQUA ALTA

Codici colore

L'Istituzione CPSM provvede ad informare la cittadinanza sullo stato della marea prevista associando i seguenti codici colore:

marea $\geq +140$ cm	marea eccezionale <i>exceptional high tide</i>	rosso red
$+110 \div +139$ cm	marea molto sostenuta <i>very high tide</i>	arancio orange
$+80 \div +109$ cm	marea sostenuta <i>high tide</i>	giallo yellow
$-50 \div +79$ cm	marea normale <i>normal tide</i>	verde green
$-90 \div -51$ cm	marea al di sotto dei valori normali <i>low tide</i>	bianco white
marea < -90 cm	bassa marea eccezionale <i>exceptional low tide</i>	azzurro blue

TIDE ALERT SERVICE

Color Codes

The CPSM institution informs the citizens about the state of the tide expected with the following color codes:

SMS

È possibile ricevere automaticamente un sms di allertamento in caso di previsione di marea $\geq +110$ cm. L'iscrizione al servizio si effettua sulle pagine web dell'ICPSM, all'indirizzo www.comune.venezia.it/maree. Inoltre, inviando un sms al numero 3424141041, con testo MAREA, è possibile in qualunque momento ricevere in risposta un sms automatico gratuito dove viene riportato il valore di marea istantaneo rilevato presso Punta Salute e i successivi estremali previsti.

Call Manager

Questo servizio è riservato ai residenti dei piani terra del centro storico e a coloro che sono titolari di attività commerciali in centro, ma residenti in terraferma. Il sistema è in grado di comunicare telefonicamente la previsione per maree $\geq +110$ cm agli utenti registrati. Il servizio è gratuito.

SMS

An SMS alert is also possible in case of tide prediction $\geq +110$ cm. Registration for this free service is made through the website of the ICPSM, at www.comune.venezia.it/maree. Additionally, by sending at any time an SMS to the phone number +39 3424141041 (insert text MAREA), one automatically receive an SMS message with the value of tide detected at Punta Salute and the following predictions.

Call Manager

This service is meant for residents living at the ground floor of the historic center and to those who are business owners downtown, not residents on the mainland. The system is able to communicate by phone the prediction for tides $\geq +110$ cm to registered users. This is a free service.

Sistema di allertamento mediante sirene

L'attuale sistema di diffusione digitale del suono, funziona con segnalatori acustici collegati alla centrale operativa mediante una rete wireless dedicata. L'impianto assicura una migliore copertura acustica rispetto al passato in tutte le aree della città e delle isole e offre inoltre la possibilità di essere usato anche per altri segnali. I nuovi diffusori sono installati nella città, nel litorale veneziano e nelle isole.

Il sistema funziona nel seguente modo:

1. Un suono simile a quello usato in passato richiamerà l'attenzione sull'allarme marea.
2. Seguirà un segnale che avrà la funzione di indicare il livello di marea atteso.

Quest'ultimo segnale prevede 4 "livelli" sonori in scala, quanti sono i livelli di marea da segnalare (vedi figura).

- +110 cm: un suono prolungato sulla stessa "nota";
- +120 cm: due suoni in scala crescente;
- +130 cm: tre suoni in scala crescente;
- +140 cm e oltre: quattro suoni in scala crescente.

Per capire i nuovi segnali è sufficiente contare i suoni. Il segnale sarà ripetuto più volte per consentire un più facile riconoscimento del livello di marea previsto. Si possono ascoltare i segnali nella sezione "Servizi di allertamento" alla pagina www.comune.venezia.it/maree

Sirens warning system

The current system of widespread alarm, works with acoustic signals triggered by the control center via a dedicated wireless network.

The system ensures better sound coverage than ever before in all areas of the city and of the islands and also offers the possibility to be used for other signals. The new loudspeakers are installed in the city, in the Venetian coast and in the islands.

The system works as follows:

1. A sound similar to that used in the past will call the attention the to tide alert.
2. A following codified signal will serve to indicate the expected tide level.

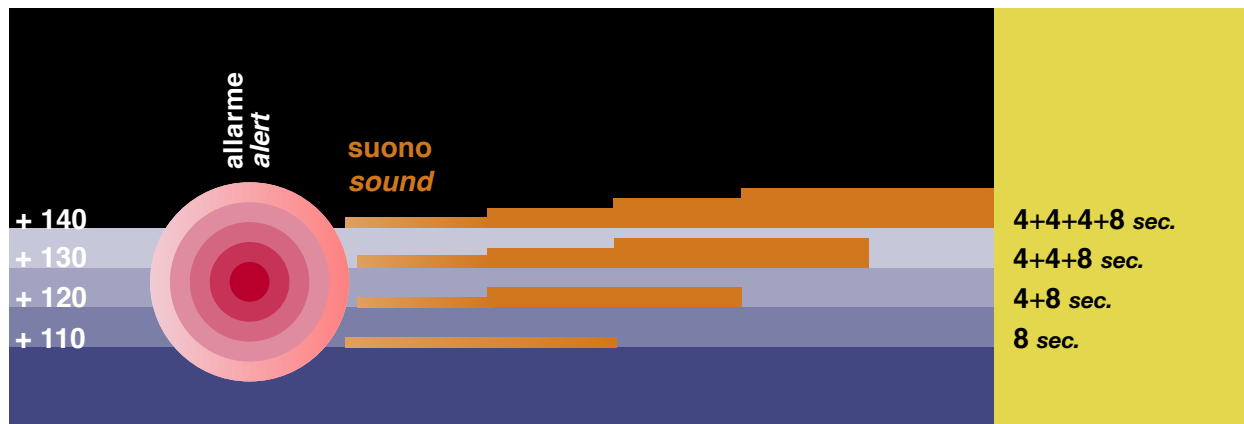
This latest signal has 4 "levels" sound scale, as there are tidal levels to be indicated (see figure).

- +110 cm: a prolonged sound at the same pitch;
- +120 cm: two sounds at an increasing scale;
- +130 cm: three sounds at an increasing scale;
- +140 cm and further: four sounds at an increasing scale.

To understand the new acoustic signals just count the sounds. The signal will be repeated several times to allow an easier recognition of the tide level expected. It is possible to listen to the signals in the section “High water alerting sirens” on page www.comune.venezia.it/maree



acqua alta, ma quanto alta? *high water, but how much?*



Percentuali di allagamento

(centro storico e Giudecca)

Percentage of flooding

(historical center and Giudecca)

altezza maree high tides	allagamento flooding
+200 cm.....	91%
+190 cm.....	88%
+180 cm.....	85%
+170 cm.....	82%
+160 cm.....	77%
+150 cm.....	70%
+140 cm.....	59%
+130 cm.....	46%
+120 cm.....	28%
+110 cm.....	12%
+100 cm.....	5%
+90 cm.....	2%

*Dati aggiornati periodicamente da Insula SpA
(ultimo aggiornamento agosto 2011).*

Data periodically updated by Insula SpA.

L'ALTIMETRIA DEL CENTRO STORICO

Gli interventi eseguiti nell'ultimo decennio sul suolo cittadino da parte di Insula SpA nell'ambito del "Progetto integrato rii", hanno comportato la necessità di effettuare numerosi rilievi topografici. Questi, assieme ai rilievi del territorio già esistenti, hanno permesso nel tempo di realizzare una precisa rappresentazione altimetrica del suolo veneziano collegando le percentuali di allagamento derivanti dal fenomeno dell'acqua alta alla superficie di pavimentazione pedonale pubblica. Con il progetto Ramses, promosso dal Comune di Venezia e attuato da Insula SpA, è stata realizzata una rappresentazione tridimensionale, al centimetro, della pavimentazione del centro storico e isole. Sul sito www.ramses.it si possono consultare le isolinee relative all'intera viabilità pedonale. Con i dati degli ultimi rilevamenti è stata ricavata la seguente tabella nella quale sono riportate le percentuali progressive di allagamento riferite alla superficie pedonale pubblica del centro storico e isola della Giudecca.

THE ALTIMETRY OF THE HISTORICAL CENTER

The operations performed in the last decade on the city soil by Insula SpA as part of the "progetto integrato rii" project, have resulted in the need for numerous topographic surveys. These, together with previous campaigns, led in time to an accurate mapping of the altimetry of the city, connecting Venice flooding rates due to high water to the surface of streets. With Ramses project, promoted by the Venice City Council and implemented by Insula SpA, a three-dimensional representation, accurate to one centimeter, of the floor of the historic center and islands was made. On the website www.ramses.it isolines for the entire pedestrian viability can be consulted. With the most recent surveys the following table was obtained, which shows the progressive percentages of flooding related to the pedestrian public area of the historical town and Giudecca island.

La quota di calpestio è riferita allo zero mareografico di Punta Salute. Esso è stato calcolato all'inizio del XX secolo come media del livello del mare su alcuni decenni centrati sul 1897 ed è tuttora usato come livello di riferimento per Venezia. Attualmente il livello medio mare è più alto di circa 26 cm rispetto a tale riferimento.

+194 quota raggiunta il 4 novembre 1966

+80 quota calpestio

The street level is referred to the tide zero of Punta Salute. It has been established at the beginning of the twentieth century as the mean sea level of several decades centered on 1897 and is still used as a benchmark for Venice.

Currently the average sea level is higher than about 26 cm with respect to this reference.

+194 level reached on the 4th of November, 1966.

+80 walking level.

+194

(4.11.1966)

+140

+110

+80

quota di calpestio [walking level](#)





PERCORSI PEDONALI IN CASO DI ACQUA ALTA





Dal 15 settembre al 30 aprile l'Amministrazione comunale attiva il "Piano di Viabilità Pedonale" su passerelle, la cui gestione e posa è affidata alla società VERITAS SpA. Durante questo periodo infatti, è più probabile il verificarsi del fenomeno dell'acqua alta a Venezia. I percorsi indicati nella pianta assicurano la viabilità a "piedi asciutti" fino alla quota di marea di circa +120 cm. Oltre tale quota alcuni percorsi possono risultare inagibili.

ELEVATED WALKWAYS IN CASE OF HIGH WATER

From September 15th to April 30th the local administration activates the 'Piano di Viabilità Pedonale' (Pedestrian mobility plan) based on elevated walkways. Its management and layout are entrusted to the company VERITAS SpA.

The phenomenon known as 'acqua alta' is more likely to occur in Venice during this period.

These raised routes, shown in the plan, ensure to keep people at a safe level when tide is expected to reach up to +120cm. If the floods rise above +120cm, some routes might be impracticable.

-  Percorso a quota ≥ 120 cm [Route at height of \$\geq 120\$ cm](#)
-  Percorso su passerelle [Route on raised walkways](#)
-  Traghetto gondola [Gondola crossing](#)
-  ● Imbarcaderi ACTV [Boat stops](#)



IL CALCOLO DELLA MAREA ASTRONOMICA

Per calcolare la marea astronomica in una determinata località, si utilizza lo sviluppo della marea in componenti armoniche. Si assume cioè che il livello ad un certo istante t si ottenga come somma di più onde sinusoidali del tipo $A \cos(\omega t - \varphi)$, dove A , ω e φ sono caratteristiche della particolare componente:

A è l'ampiezza, ω la velocità angolare (o pulsazione) e φ il ritardo di fase. A questa somma si aggiunge, il livello medio di riferimento osservato nel periodo 1999-2008 ($A_0 = 26$ cm). A Venezia sono sufficienti otto di tali componenti, indicate da una sigla legata all'origine astronomica: M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , S_1 . L'indice 1 o 2 indica la periodicità (diurna o semidiurna) di ciascuna componente. L'aggiunta di ulteriori componenti apporterebbe miglioramenti inferiori a un centimetro, considerato come il limite degli errori di misura. Le costanti armoniche A e φ utilizzate per ottenere i grafici di questa pubblicazione, e riportate nella prima tabella, sono state ottenute usando i dati di osservazione del periodo 1999-2008. Esse risultano perciò aggiornate rispetto a possibili variazioni morfologiche e climatiche. I livelli ricavati per Punta Salute sono considerati convenzionalmente i valori ufficiali per tutta Venezia, anche se è facile intuire che si possono verificare variazioni di altezza e fase nelle altre parti della città, dovute a molti fattori tra i quali il vento. Nel calcolo della marea astronomica bisogna convenire chiaramente sul tempo di partenza, in quanto da esso dipende il valore della fase φ : infatti al tempo iniziale $t=0$ la componente che si considera vale $A \cos \varphi$. Ad esempio, per una componente "lunare" il riferimento temporale parte dall'istante del passaggio della luna al meridiano della località considerata: la fase mostra il ritardo (in termini angolari) tra l'arrivo della luna e quello dell'onda di marea corrispondente. Questo ritardo sarebbe nullo se le acque potessero portarsi all'istante in equilibrio con le forze che le sollecitano. Quando si ragiona così, il ritardo di fase viene indicato dal simbolo κ , come nella prima tabella di pag. 40. Quando invece, per una migliore visione d'insieme, si prende come riferimento il passaggio della luna, o dell'astro rilevante per quella componente, sul meridiano di Greenwich, si usa il simbolo g . Per chi deve eseguire praticamente il calcolo sono più utili dei riferimenti comodi: la seconda tabella di pag. 40, fornisce i valori del ritardo di fase φ legati all'anno 2013, in modo che t sia espresso in ore e $t=1$ corrisponda alle ore 1 del 1 gennaio 2013 (ora italiana), $t=2$ alle ore 2, ... $t=8760$ alle ore 24 del 31 dicembre 2013. I valori riportati tengono conto anche della leggera variazione di A e φ , che si verifica anno per anno attorno ai valori medi, secondo leggi ben precise, ma che costringe all'uso di tabelle. Se si esegue il calcolo anche per anni diversi dal 2013, ma abbastanza vicini, o se si tollerano errori al 5%, questi valori sono comunque soddisfacenti.

CALCULATION OF THE ASTRONOMICAL TIDE

To calculate the astronomical tide at a given location, the development of tides in harmonic components can be used. It is assumed that the level at a certain time t is obtained as a sum of several sinusoidal waves of the type $A \cos(\omega t - \varphi)$, where A , ω and φ are characteristics of the particular component: A is the amplitude, ω is the angular velocity (or pulsation) and φ is the phase delay.

This sum is added to the average reference level. In Venice the period 1999-2008 is used, ($A_0 = 26$ cm). Eight sinusoidal waves are sufficient here, indicated by a code relating to the astronomical origin: M_2 , S_2 , N_2 , K_2 , K_1 , O_1 , P_1 , S_1 . The index 1 or 2 indicates the frequency (diurnal or semi-diurnal, one or two cycles per day) of each component. The addition of further components would bring improvements less than one centimeter, regarded as the limit of measurement errors. The harmonic constants A and φ used to obtain the graphs of this publication, and reported in the first table, were obtained using observation data of the period 1999-2008. They are therefore updated with respect to morphological and climatic variations. The levels obtained for Punta Salute are conventionally considered the official values for all Venice, although it is easy to guess that there may be variations in height and phase in other parts of the city, due to many factors including wind.

In the calculation of the astronomical tide there must be a clear agreement on the time zero, since the phase φ depends on its choice: at the initial time $t = 0$ the value of the considered component is $A \cos \varphi$.

For example, for a “moon” component the reference time starts from the instant of the passage of the moon at the meridian of the locality concerned: the phase shows the delay (in angular terms) between the arrival of the moon and the corresponding tidal wave. This delay would be zero, should water instantly cope with the forces that solicit it. Thinking this way, the phase delay is indicated by the symbol κ , as in the first table on page 40.

When, for a better overview, the passage of the moon (or of the relevant celestial body for that chosen component) on the meridian of Greenwich, is taken as reference, we use the symbol g .

For those who must perform the calculation handy references are practically more useful: the second table on page 40 gives the values of the phase delay φ referred to the year 2013, so that t is in hours and $t=1$ corresponds to the first hour of January 1, 2013 (Italian time, UT+1), $t=2$ at 2, ... $t=8760$ at 24.00, 31 December 2013.

The values reported also take into account the slight variation of A and φ , which occurs year by year around the average values, according to precise laws, but which forces to use tables.

If one uses the constant for estimates in other years, but close enough to 2013, or if one tolerates errors within 5%, these values are still satisfactory.

COSTANTI ARMONICHE DELLE MAREE

HARMONIC CONSTANTS OF TIDE

Punta della Salute (Venezia)

	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
K	308°	318°	307°	311°	86°	76°	83°	275°

latitudine [latitude](#) 45°25'51" N

longitudine [longitude](#) 12°20'15" E

**Adattamento delle costanti armoniche di marea
da usare per il calcolo pratico della marea per il 2013**

[Adaptation of the harmonic constants of tide
to use for the practical calculation of the tide for 2013](#)

	Ampiezza A (cm) Amplitude A (cm)	Fase φ (gradi) Phase φ (degrees)	Velocità angolare ω (gradi/ora) Angular velocity ω (degrees/hour)
M ₂	25.5	42°	28.9841042
S ₂	14.5	323°	30.0
N ₂	4.2	295°	28.4397295
K ₂	3.5	102°	30.0821373
K ₁	16.4	72°	15.0410686
O ₁	4.5	188°	13.9430356
P ₁	5.8	96°	14.9589314
S ₁	1.5	267°	15.0000020





Tempo medio di ritardo della marea rispetto al bacino San Marco

Average delay of the tide compared to St. Mark's basin

1. Piattaforma "Acqua Alta" (ISMAR-CNR)	- 51
2. Diga Lido	- 47
3. Diga Malamocco	- 49
4. Diga Chioggia	- 45
5. Interno bocca di porto di Malamocco	- 7
6. Interno bocca di porto di Chioggia	- 20
7. Laguna nord Canale S. Felice	+ 77
8. Burano (darsena sud)	+ 40
9. Murano Colonna	+ 15
10. Sacca Misericordia	+ 22
11. Chioggia Vigo	- 14
12. Fusina	+ 13

I valori sono espressi in minuti (i tempi negativi indicano anticipi).
The values are given in minutes (negative times mean in advance).

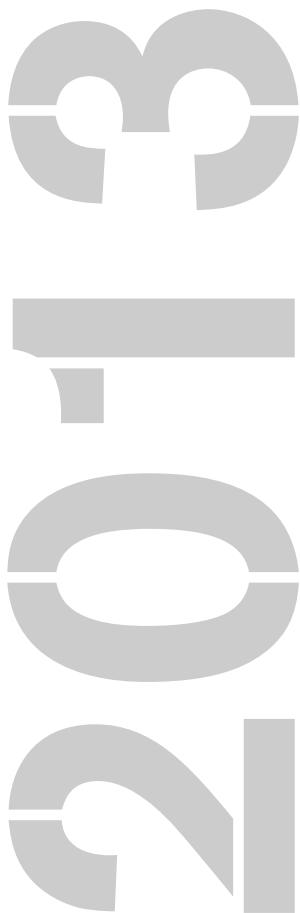
TEMPI DI PROPAGAZIONE DELLA MAREA

La previsione di marea relativa al bacino San Marco non può essere usata senza modifiche per le altre località lagunari: l'onda di marea, infatti, subisce un ritardo e un'attenuazione durante la sua propagazione dalle bocche di porto alle località più interne della laguna. Con buona approssimazione, pur sapendo che la curva di marea sarà diversa in ampiezza e leggermente modificata nella forma, è possibile determinare un tempo di ritardo medio per le diverse località, rispetto al bacino San Marco. I valori riportati in tabella sono stati calcolati su livelli di marea registrati nel periodo 2005 - 2011 dalla rete di monitoraggio dell'ICPSM.

PROPAGATION TIMES OF THE TIDE

The tide forecast for St. Mark's basin (i.e. Punta Salute) can not be used without modification for all lagoon sites: the tidal wave, in fact, is delayed and attenuated while spreading from the inlets to the inner places of the lagoon. With good approximation, even knowing that the tidal curve will be different in magnitude and slightly modified in shape, an average delay time for different locations can be determined, with respect to St. Mark's basin. Values in the table were calculated on tide levels recorded in the period 2005 - 2011 by the ICPSM monitoring network.





Previsioni di marea astronomica

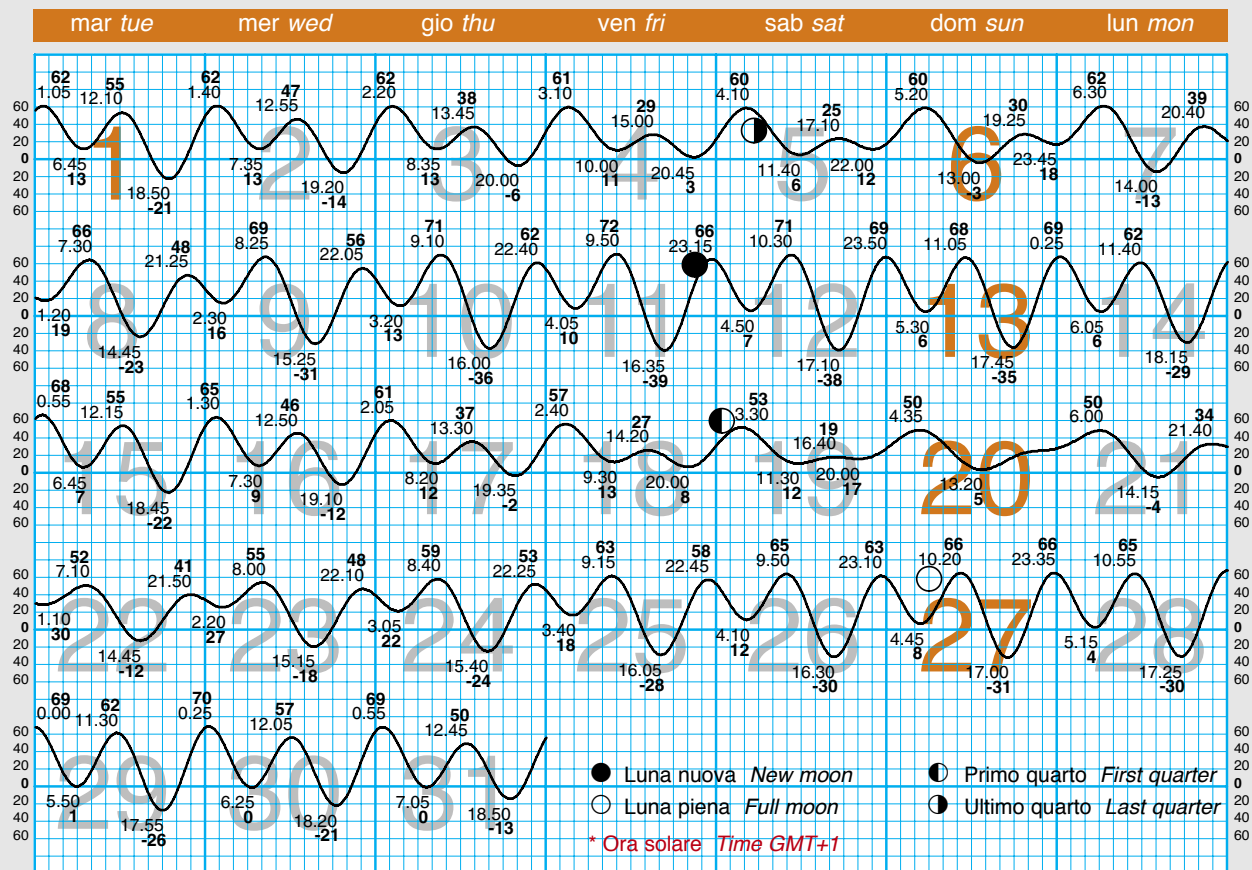
Sono riportati di seguito i grafici mensili delle maree astronomiche previste nel centro storico, a Punta Salute, per l'anno 2013. Il calendario astronomico delle maree è in ora solare.

Di conseguenza, dalle ore 2:00 del 31 marzo alle ore 2:00 del 27 ottobre 2013, si dovrà aggiungere un'ora a quella indicata per ottenere l'ora legale.

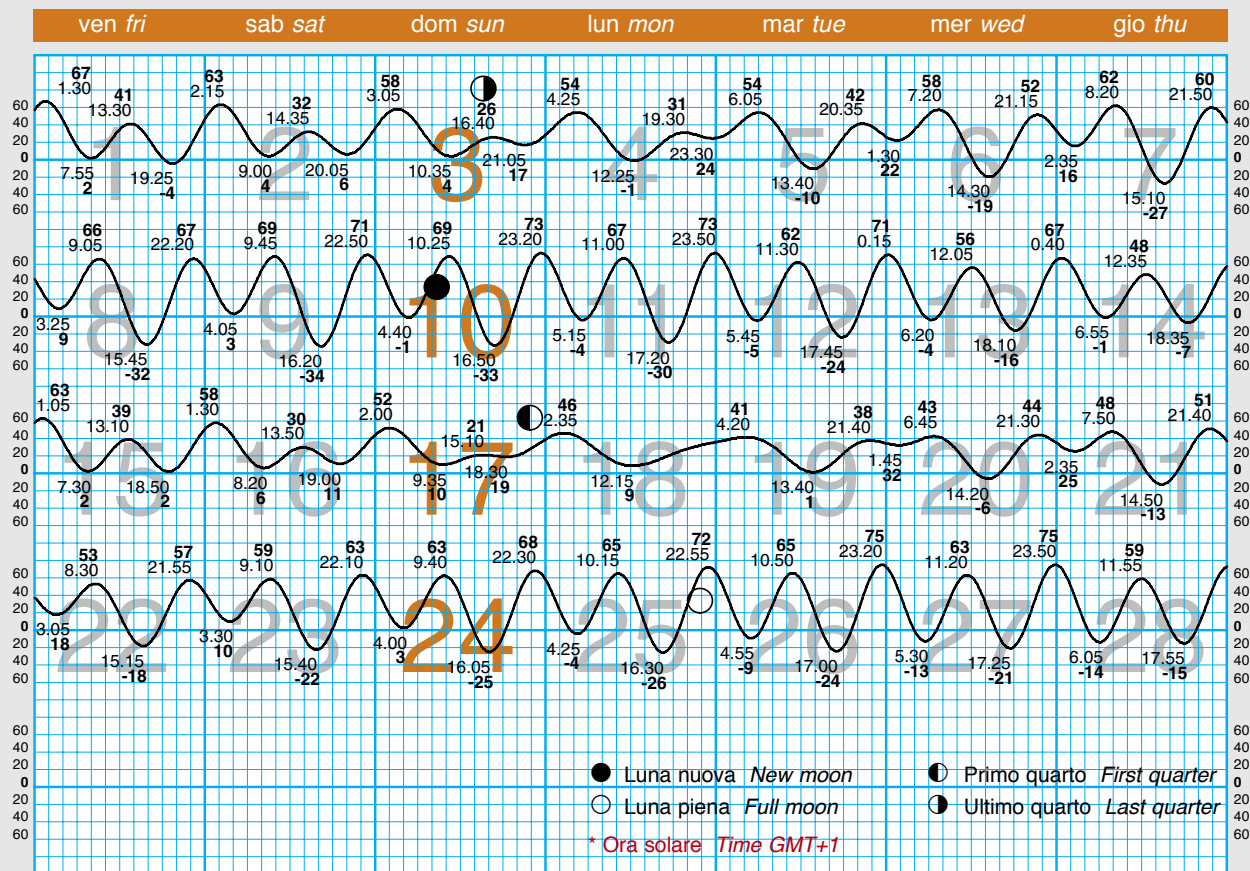
Astronomical tide prediction

The following monthly charts show the astronomical tide expected in the historical center, at Punta Salute, during 2013. Astronomical tide calendar is in GMT (Greenwich Mean Time) +1, i.e. the Central Europe Standard Time. Consequently, from March 31st 2013 at 2 am to October 27th 2013 at 2 am it will be necessary to add one hour to the printed time in order to adjust to the daylight saving time.

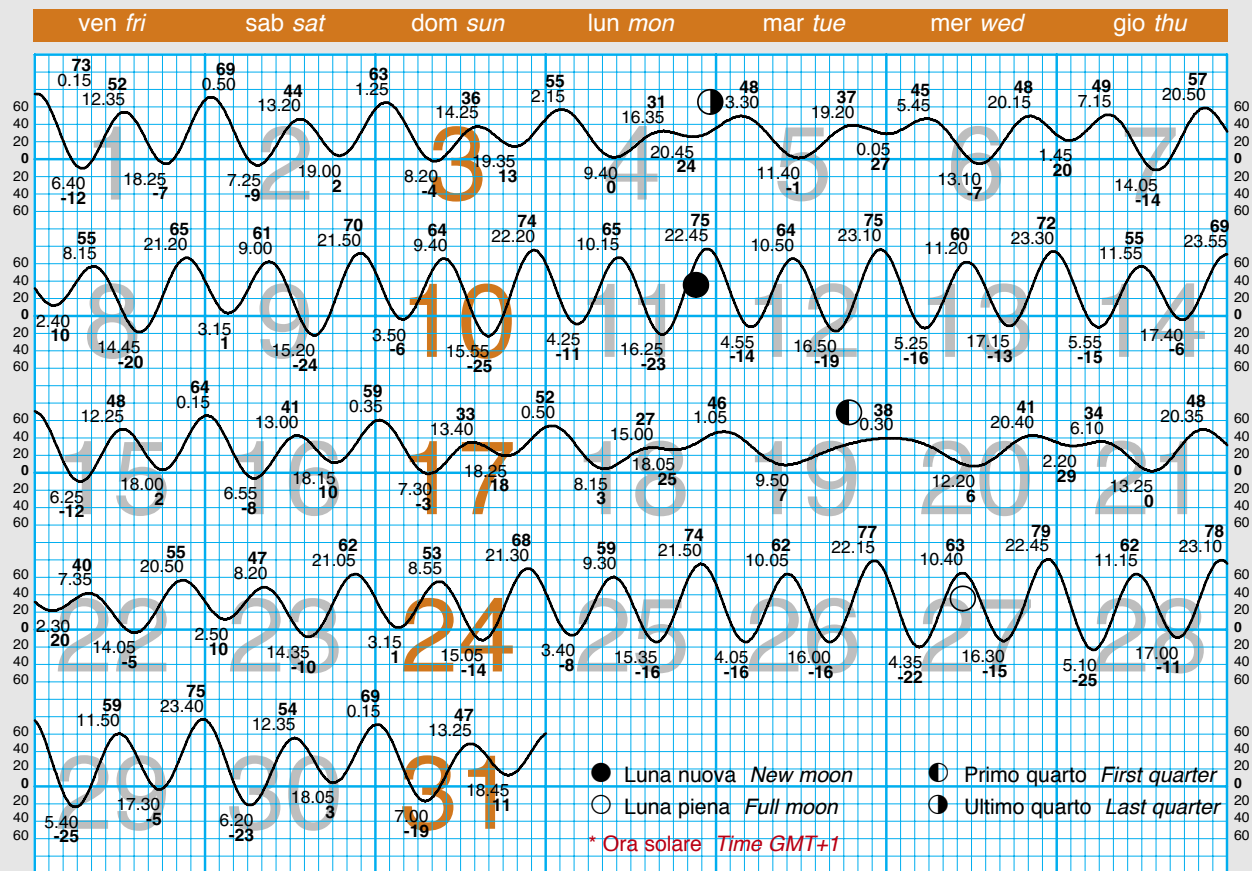




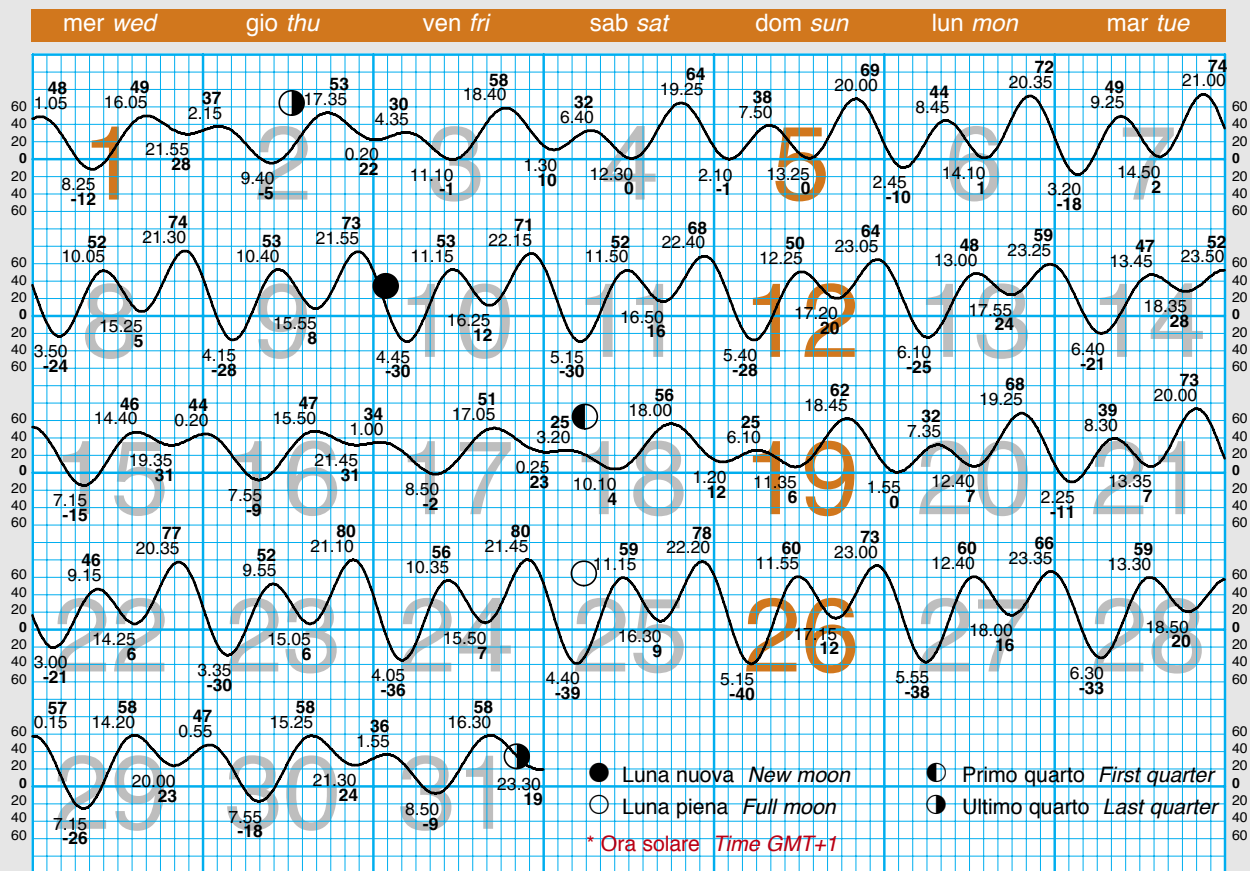
2013 GENNAIO JANUARY



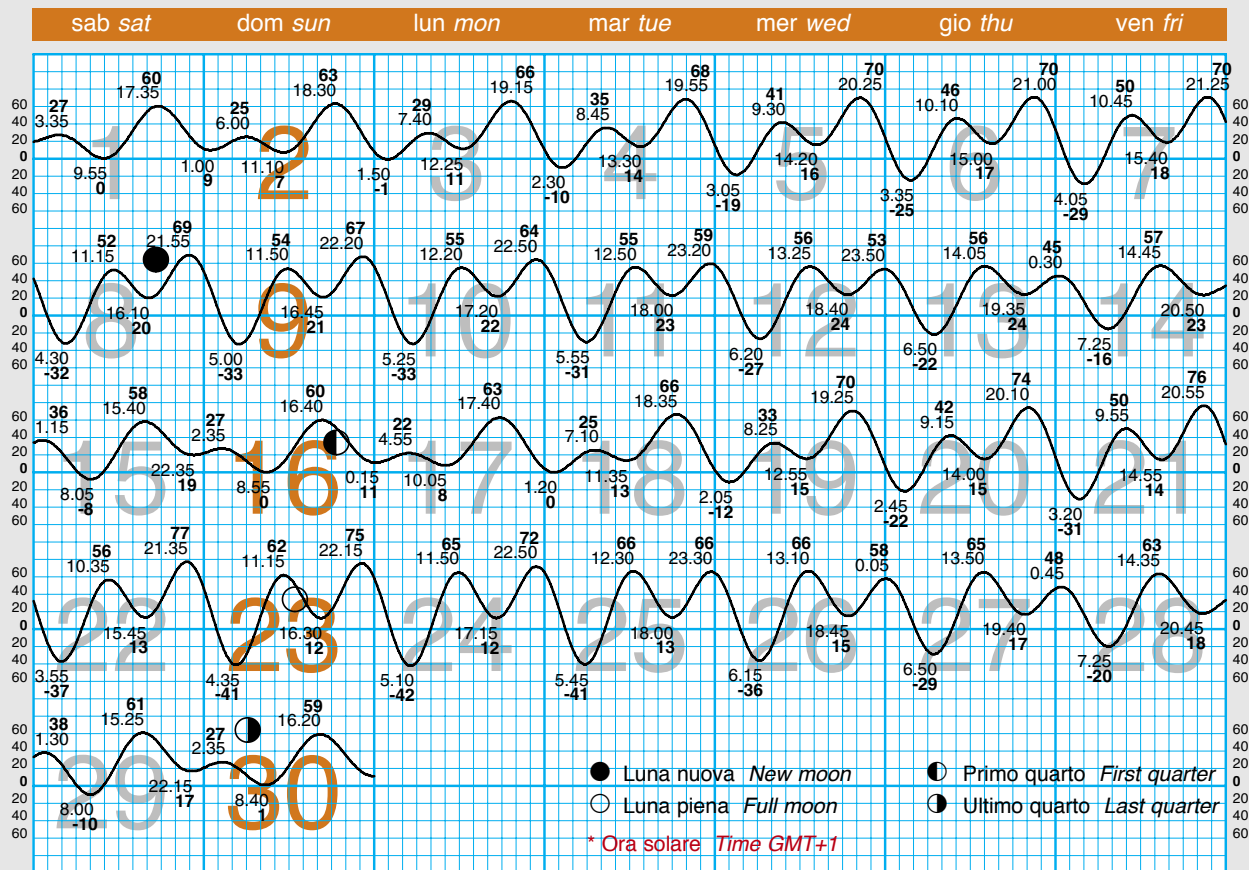
2013 FEBBRAIO / FEBRUARY



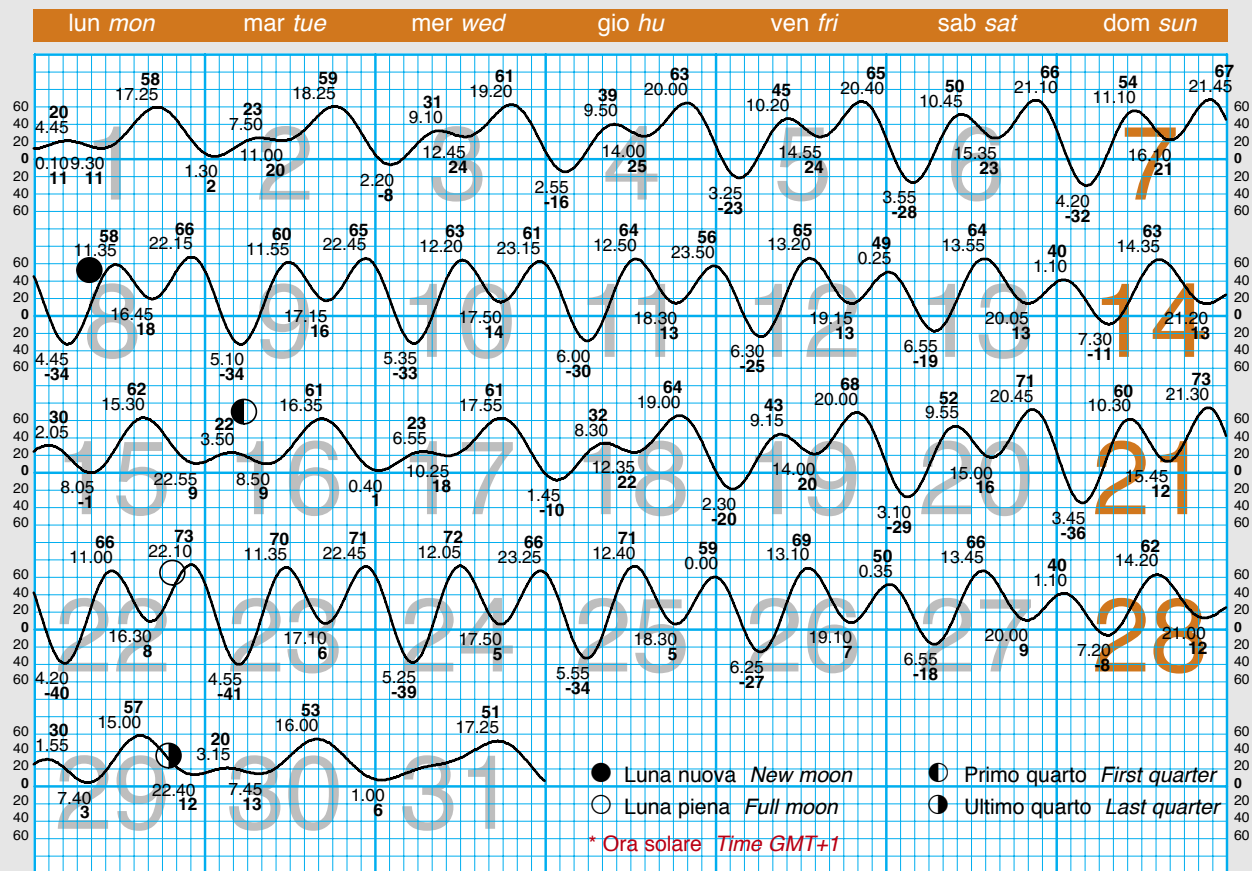
2013 MARZO MARCH



2013 MAGGIO MAY



2013 GIUGNO JUNE



2013 LUGLIO JULY

gio thu

ven fri

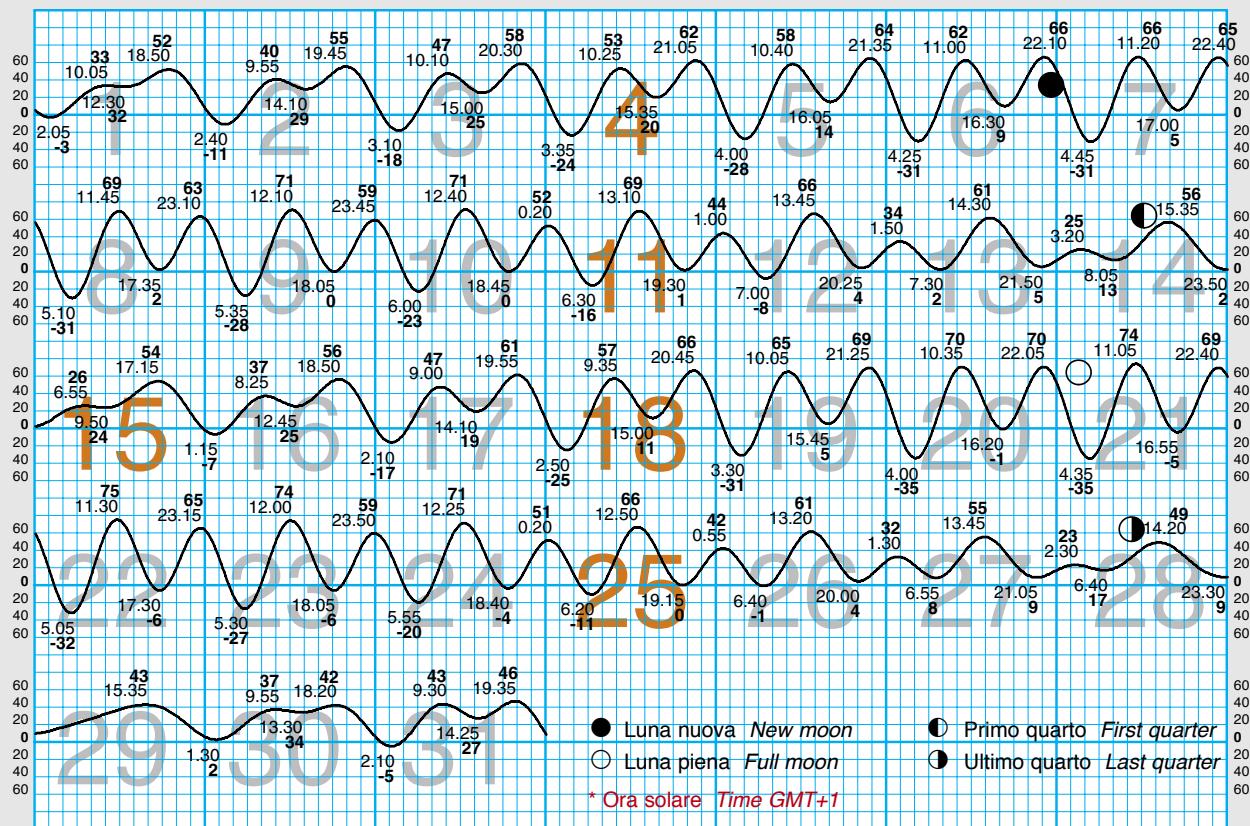
sab sat

dom sun

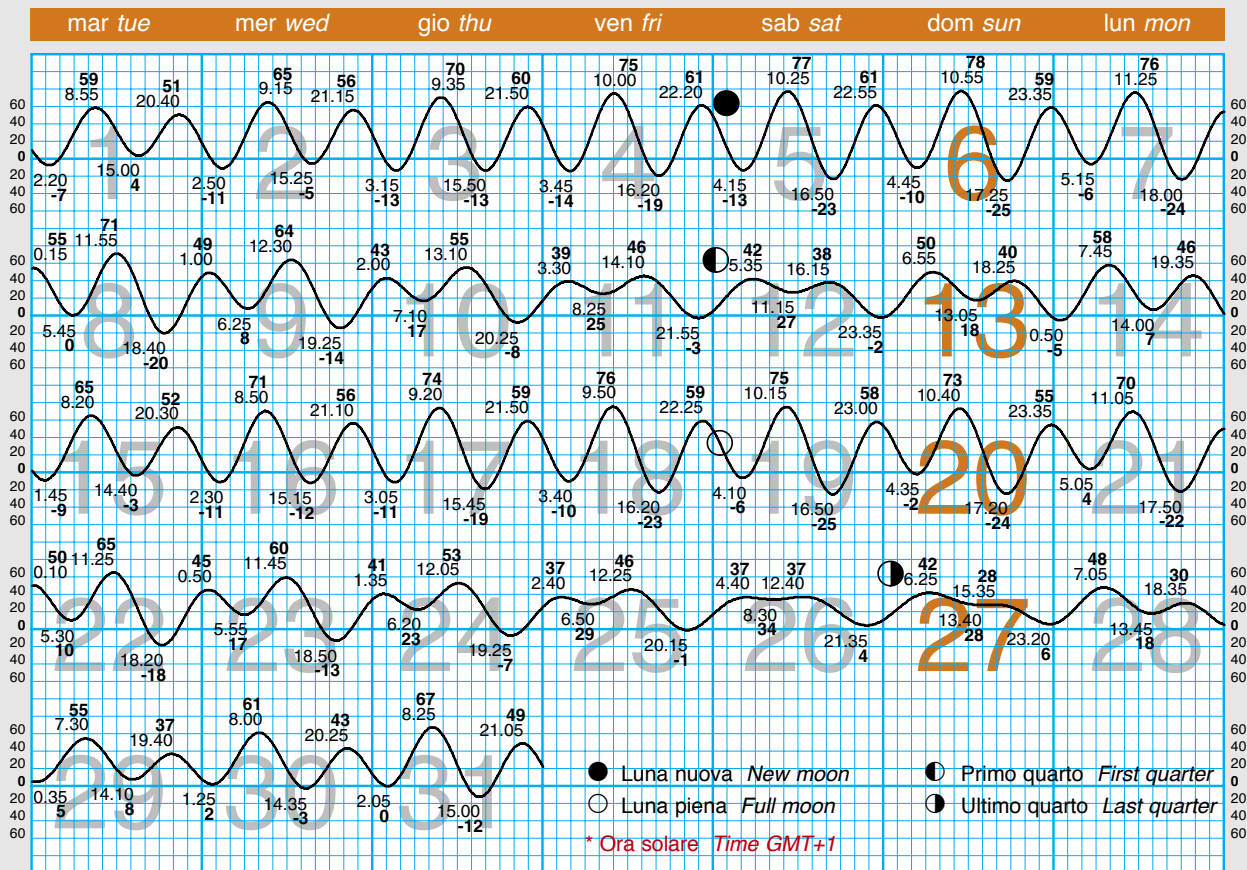
lun mon

mar tue

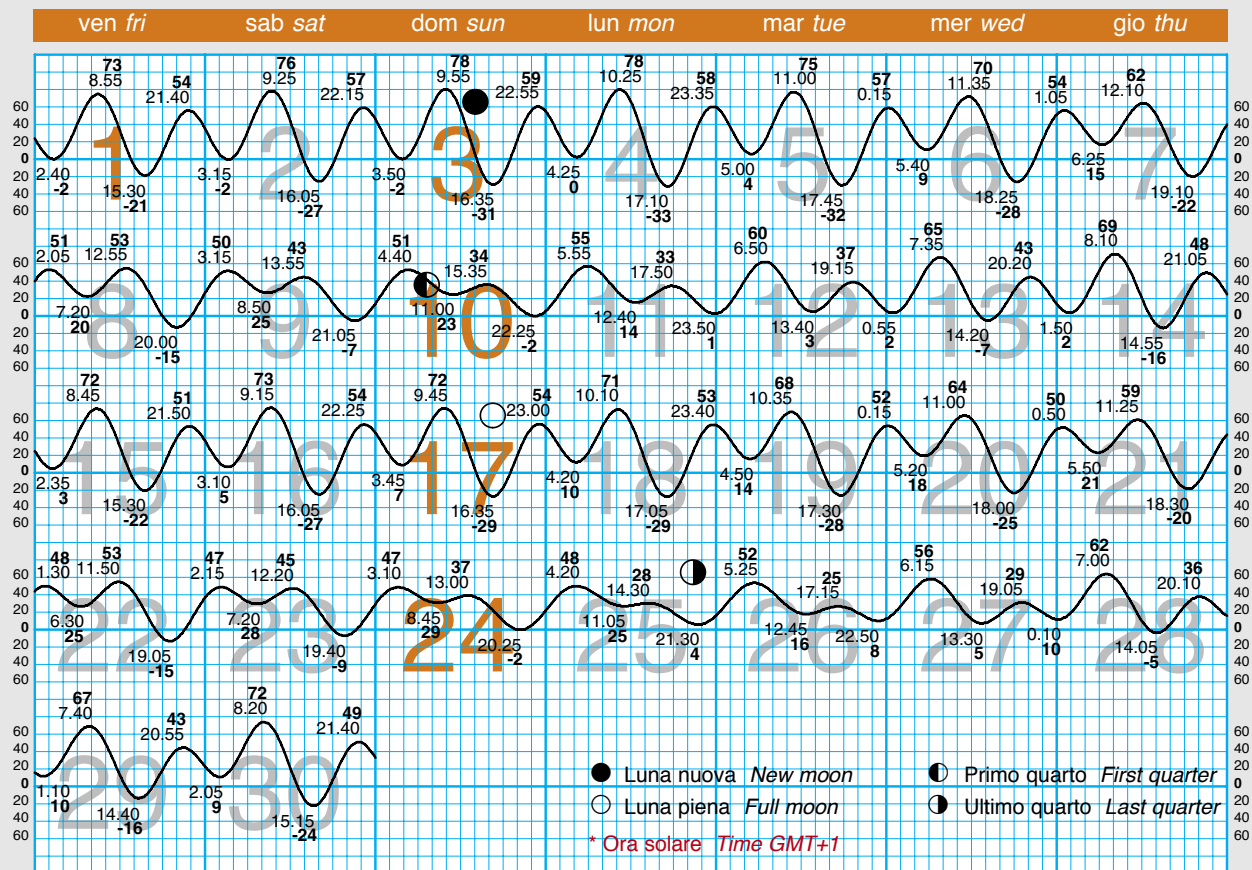
mer wed



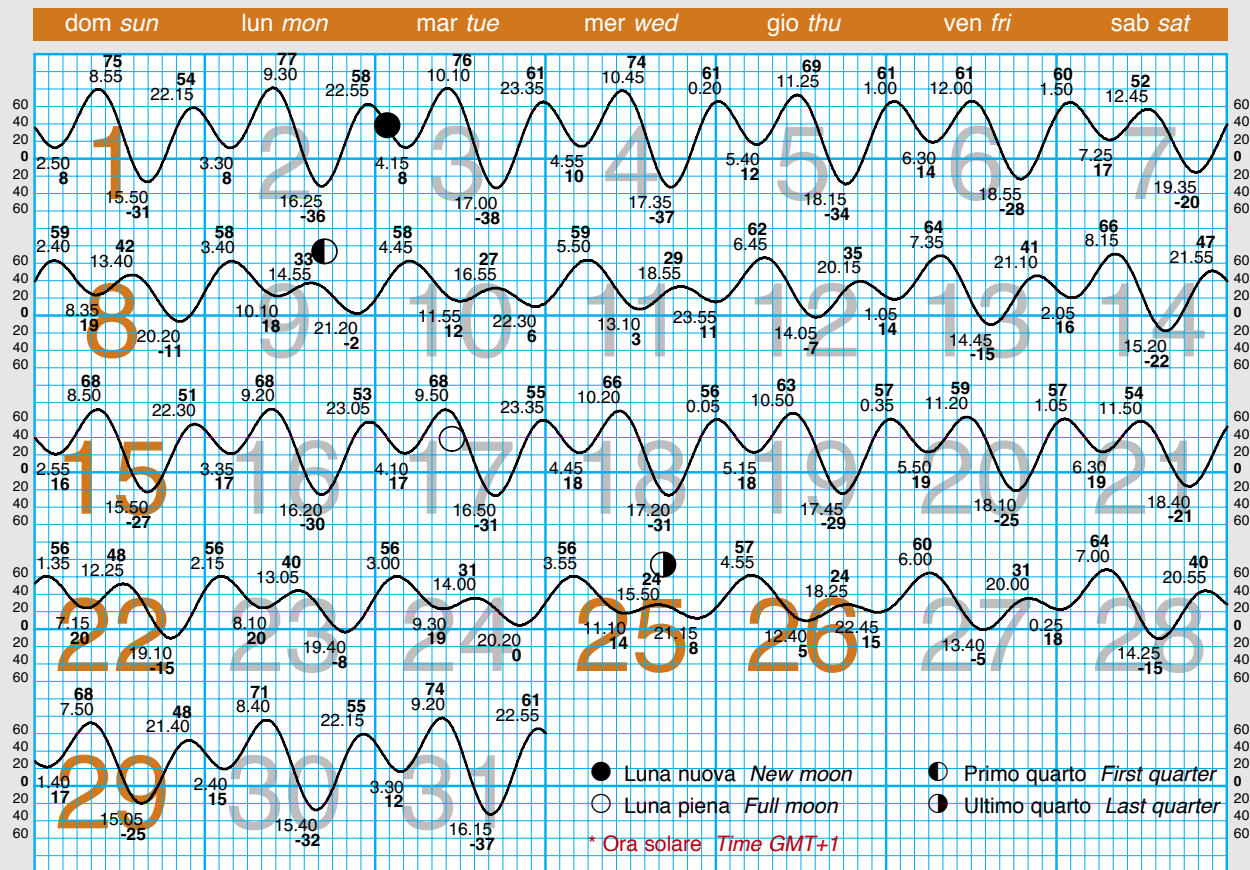
2013 AGOSTO AUGUST



2013 OTTOBRE OCTOBER



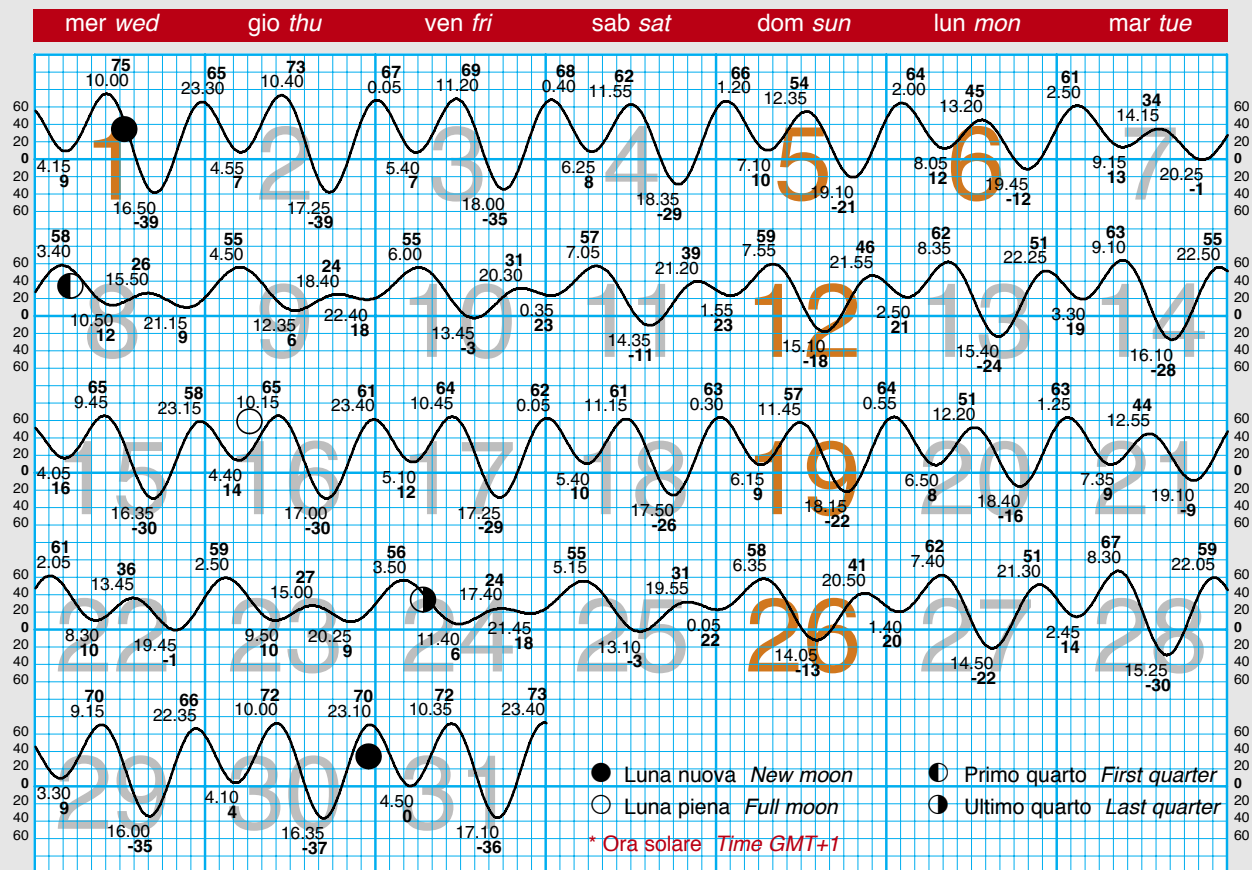
2013 NOVEMBRE NOVEMBER



2013 DICEMBRE *DECEMBER*







2014 GENNAIO JANUARY







veneziasì

**Hotel
RESERVATIONS**

450 HOTEL DISPONIBILI ON LINE

PROFESSIONISTI DEL TURISMO
MAESTRI D'OSPITALITÀ.

www.veneziasì.com



Associazione Veneziana Albergatori
Venetian Hoteliers Association

Ministero
delle Infrastrutture
e dei Trasporti
Magistrato alle Acque
di Venezia
concessionario
Consorzio Venezia
Nuova



**A Venezia
si sta costruendo
il Mose, per difendere
la città e la laguna
dalle acque alte**

