

## Introduzione

In questo lavoro, si presentano i fenomeni di "acqua alta" a Venezia in un modo particolare. Come breve chiarimento, bisogna ricordare che i livelli d'acqua che si osservano sono dovuti a due fattori piuttosto slegati fra loro: la normale marea astronomica (dovuta alla dinamica di terra-luna-sole) che, più o meno estesa nelle varie condizioni lunisolari, non è mai in grado di provocare inondazioni; poi, il contributo meteorologico ("storm surge", in inglese, ossia ondata di bufera), consistente nell'effetto del vento e della pressione atmosferica sull'acqua. Quest'ultimo effetto (di "rialzo marino" quando innalza il livello e analogamente di "ribasso" quando lo deprime) è più sfuggente dell'altro, in quanto prevedibile solo con grande impegno e con margini di tempo molto ridotti.

I due effetti (astronomico e meteorologico), nella realtà dei fatti, si sommano, per cui all'osservatore può capitare di misurare dei livelli eccezionali per origini diverse: una forte marea astronomica con un'aggiunta scarsa (ma sufficiente a provocare disagi) o viceversa, ovvero ambedue i fattori coalizzati. Poiché è il contributo meteorologico che merita (per la sua variabilità) la maggiore attenzione scientifica, per questo studio si sono individuati i casi di rialzi molto intensi, anche se la coincidenza con condizioni astronomiche può aver dato luogo ad "acque alte" più o meno intense, o addirittura a livelli osservabili di poco conto (caso di bassa marea astronomica).

La scelta qui effettuata, come si è detto, si spiega con l'interesse di analizzare le circostanze meteorologiche, ben note per la difficoltà di una previsione (e addirittura una descrizione) davvero puntuale.

Un altro aspetto potrebbe suscitare perplessità: se il mare, di anno in anno, varia di alcuni centimetri, in un senso o nell'altro, il suo livello medio (davanti alla laguna, ma anche in tutto l'Adriatico, e il Mediterraneo), se, poi, Venezia subisce variazioni altimetriche per fenomeni locali (la subsidenza), come si possono confrontare eventi diversi, a distanza di anni? Sono necessarie delle scelte, e qui si è deciso di confrontarsi con il livello medio del particolare anno considerato e non, ad esempio, con una media su lunghi periodi.

Allora, il rialzo è definito, istante per istante, come il livello marino osservato meno il valore della marea astronomica riportata al livello medio di quell'anno, noto ovviamente solo a posteriori. Definita così la grandezza oggetto di studio, si sono considerati tutti i casi in cui i rialzi hanno raggiunto o superato i novanta centimetri, negli ultimi cinquant'anni (Tab. 1): novanta centimetri, quindi, tutti da attribuire alla particolare bufera e non all'abbassamento di Venezia o alle variazioni del livello medio a largo respiro.

## Introduction

*In this work, the phenomenon of "high water" in Venice (the exceptional level causing floods) is introduced with a particular point of view. In short, what is observed in the lagoon is due to two rather independent factors: the normal tide (due to astronomy, i.e. to the Earth-Moon-Sun dynamics), which, with a varying amplitude in time, cannot reach a flood level by itself, in any case; second, the meteorological contribution (storm surge), caused by wind and pressure effects.*

*The latter effect (which can act both to raise and to lower the water) is more whimsical, and it can be predicted only by large efforts and with a limited time lag.*

*Sea level measurements give the addition of the two factors, and an exceptionally high level can be reached in different conditions: a strong astronomical tide with a moderate surge (sufficient anyway to reach the alarm threshold), or vice versa, or with two substantial contributions at about the same time.*

*Since the meteorological contribution, due to its variability, is worth the greatest scientific attention, in the present study the most relevant surges have been selected, irrespective of the observed level, which may turn out to cause more or less heavy floods, or even not to show any relevance, depending on the astronomical tide that, at the time of the surge, is at any possible phase. The present choice is supported by the importance to analyze the weather scenario giving origin to a surge, since the forecast of the local, precise, atmospheric forcings (and even their hindcast) is challenging.*

*Another aspect of the present choice is important: since the yearly mean sea level changes by a few centimeters in either sense (in the lagoon, but also in the Adriatic and all over) and since Venice is subject to a varying subsidence, how can different surges be compared, if they occurred dozens of years apart? The choice has been adopted here to refer to the specific annual mean, and not (for example) to a long-period average.*

*Under these conditions, the surge value is defined, at every instant, as the observed sea level minus the astronomical tide embedding the mean sea level of that year (that was obviously not known at that time). Given this definition, all the events have been considered whose surge has reached or exceeded ninety centimeters, in the last fifty years (Table 1). These ninety centimeters (or more) were to be attributed, for what was said above, only to the particular surge and not to Venice subsidence or climatic sea level changes.*

Studi precedenti (Dorigo, 1961, 1966, 1968; Ferla e Rusconi, 1994; Padoan e Dorigo, 1963; Rusconi, 1986) avevano già messo in relazione alcuni casi di "acqua alta" con le situazioni meteorologiche che avevano accompagnato il fenomeno. In questo lavoro si è cercato di considerare separatamente i vari fattori che contribuiscono al rialzo marino. Sommariamente, com'è noto, questi fattori sono costituiti dal vento (che con la sua azione superficiale può spingere le masse d'acqua) e dalle basse pressioni locali: dove l'atmosfera preme di meno, lì il mare tenderà a sollevarsi (effetto del barometro invertito). Ambedue i fattori sono invertibili, favorendo il ribasso, ma questo ora non interessa. Com'è noto, osservando i grafici sia della marea osservata che di quella meteorologica (il rialzo marino) si nota un andamento oscillante: per la prima ciò è ovvio, pensando alla luna (o al sole) che prima si alza sull'orizzonte, poi si abbassa, con un moto chiaramente periodico. Per i rialzi, le oscillazioni qui presenti sono invece un fenomeno particolare, legato a caratteristiche locali: dopo un impulso dovuto ad una bufera, tutto l'Adriatico è coinvolto nelle "sesse", le oscillazioni caratteristiche di un bacino quasi chiuso com'esso è. Esse sono importanti per il possibile realizzarsi di acque alte (magari quando il tempo si è tranquillizzato da giorni) e sono state messe in evidenza. Per ogni periodo considerato, sono state anche filtrate via dai rialzi le sesse principali dell'Adriatico, che hanno un periodo di quasi 22 ore, e le sesse secondarie, il cui periodo avvicina le 11 ore. Quello che rimane è il "residuo", che può essere considerato come il rialzo medio (dopo deduzione delle oscillazioni delle sesse). In maggiore dettaglio, va chiarito che l'operazione che mette in evidenza le sesse è necessariamente imperfetta: esse sono infatti oscillazioni libere, che andrebbero considerate in completa assenza di vento e di spinte dovute alla pressione, cosa irrealizzabile. Ci si affida così ad una procedura numerica che esalta le periodicità (già note) delle sesse, ma in modo forzatamente grezzo (con le oscillazioni che talvolta sembrano cominciare prima della bufera...). Essendo questa la procedura, si assegna una certa ampiezza alla sessa osservata, pur conoscendo i limiti di una simile affermazione. Com'è noto, si ricordi a questo proposito che l'ampiezza è sempre la metà dell'escursione tra colmo e cavo. Quanto poi al residuo (una volta tolte le sesse), si può avere una buona immagine del suo significato nel modo seguente: un vento (o un effetto depressivo) che inizia e perdura poi per lungo tempo determina un innalzamento stabile del livello (una media temporanea) attorno al quale oscillano le sesse. Ecco allora il residuo, destinato ad annullarsi con il tranquillizzarsi della situazione.

*Previous studies (Dorigo, 1961, 1966, 1968; Ferla and Rusconi, 1994; Padoan and Dorigo, 1963; Rusconi, 1986) have already correlated a few cases of Venice floods to the meteorological situations that had caused them. In this work the different forcings that contribute to the surge have been separated. It is well known that these factors are the wind, that moves water with its surface stress, and the local low-pressure: where the atmosphere presses the sea with less intensity than in other places, there the sea will rise ("inverted barometer" effect). Both factors can occasionally act in a reverse way, giving low level, but this will not be considered here.*

*A glance at the observed tide record shows an oscillating behaviour, and this is true also for the graph of the pure meteorological contribution: for the former this is expected, due to the daily periodicity (for a fixed observer) of the Sun and the Moon in their rising and descending. But for surges this is a peculiar aspect, connected with local conditions: after a pulse due to a storm, the whole Adriatic is involved in "seiches", the oscillations of a semi-closed basin, as it is. They are important for the possible occurrence of floods, maybe when the weather has already improved for one or two days: the seiches are considered and plotted separately for each case.*

*This means that, in each event, a filter has extracted from the surge curve the main seiche of the Adriatic, with a well-known period close to 22 hours, and the secondary one, with 11-hour returns. By subtracting these oscillations from the meteorological contribution, a residual curve is obtained, to be considered as a temporary mean level due to the surge, around which the seiches oscillate.*

*In better detail, the procedure evidencing seiches is necessarily vulnerable: they are in fact free oscillations, to be measured in absence of wind and any other forcing (like pressure gradients), which is usually not realistic.*

*One relies on a numerical procedure enhancing periodicities (for the known "tones") related to seiches, but in a necessarily questionable way (with oscillations that sometime seem to originate before any storm...). With the convention of this procedure, one estimates a certain amplitude for the observed seiche, keeping in mind the limits of a similar statement. By the way, it is stressed here that amplitude is one half of the total range (crest to trough).*

*At this point a clear image is available of the residual (after excluding seiches): a wind (or a low-pressure effect) that begins and then persists for a certain time, causes, for that time, a stable rise of the level (a temporary mean), around which seiches swing. This is the residual, which is bound to peter out when the weather becomes better.*

Per i casi qui presentati, scelti secondo il criterio sopra esposto, l'aspetto meteorologico è quello più sviluppato in dettaglio, dovendo mostrare il meccanismo che ha portato al rialzo in questione. Si dà, per ciascun caso, un'informazione descrittiva (a parole) dell'evoluzione del fenomeno, accompagnata dalle mappe meteorologiche relative (scelte in modo significativo per l'evoluzione stessa). Si tratta di carte dell'epoca, con uno stile tutt'altro che unitario. Inoltre, (ed è tutt'altro che una ripetizione) si mostrano in modo continuo, o più esattamente ogni tre ore, le grandezze atmosferiche più importanti (la pressione e il vento) di alcune stazioni, nei giorni interessati dal fenomeno (dove e quando si sono reperiti i dati). Oltre a Tessera o al Lido (che rappresentano la situazione vicino a Venezia), le altre stazioni meteorologiche utilizzate sono Trieste o Ronchi per l'alto Adriatico, Rimini o Ancona o Falconara (aeroporto di Ancona) per il medio Adriatico e Termoli o Bari o Brindisi o Leuca per il basso Adriatico. Sotto forma di tabella unificata, si dà anche un'informazione di tipo estremo: quando la ricostruzione è stata possibile, si è riportata la raffica di vento più forte, in ciascuna stazione, nel giorno in cui si è verificato il rialzo studiato (Tab.2). Con una grandezza come il vento, sfuggente ad una misura precisa (tutti ne abbiamo esperienza), questa ulteriore documentazione è assai valida.

Una considerazione circa il riferimento temporale: nel mondo scientifico si tende ad osservare sia la meteorologia che i fenomeni marini con una visione d'insieme, con una scala che normalmente scavalca i fusi orari. Per questo si usa il tempo universale (TU), quello del meridiano di Greenwich. Esso mostra un'ora in meno che nell'Europa centrale (trascurando le ore legali). Non ci si stupisca quindi di trovare una certa acqua alta, poniamo, alle 12, quando altri testi la riportano alle 13.

Sempre parlando dei tempi, si noti che le elaborazioni si fondano sistematicamente su valori osservati allo scadere di ogni ora: confronti, medie, la stessa scelta dei rialzi maggiori di 90 centimetri seguono questo criterio. Solo nel riportare il livello massimo osservato in ciascun caso si è precisato il minuto ed il livello effettivamente raggiunto, per una specie di rispetto storico di quanto si legge nelle tabelle ufficiali. Si considerino ora le diverse grandezze meteorologiche riportate. La pressione, misurata in hPa (o in millibar, nella vecchia dizione), sarà sempre in diminuzione al passaggio della perturbazione che causa il fenomeno, ma con modalità diverse lungo l'Adriatico, il che (assieme al vento) determina la varietà dei casi. Si è già ricordato che la diminuzione di pressione determina l'aumento locale del livello del mare, con tutte le oscillazioni che questo può innescare. La rappresentazione del vento richiede di più, dovendosi dare direzione e velocità. La direzione è quella di provenienza e si indica in gradi: 90° da est, 360° da nord, e così via, mentre la direzione 0° indica calma di vento.

*For the events considered here, using the selection explained above, the meteorological aspect is the most developed in detail, with the aim to explain the dynamics that gave origin to the particular surge. For each case, a verbose description of the phenomenon is given, supported by weather maps, chosen as the most significant for the evolution. The maps were drawn at the time of the event and they are obviously not unitary in style.*

*Further - and it is not a repetition - the most relevant meteorological variables (pressure and wind) are shown for a few stations, in a continuous, or better three-hourly, graph, for the days surrounding the event (when and where data were available).*

*In addition to Tessera and Lido (that give the situation close to Venice), the other weather stations used were Trieste or Ronchi for the northern Adriatic, Rimini or Ancona or Falconara (the airport of Ancona) for the central Adriatic, and Termoli or Bari or Brindisi or Leuca for the south.*

*Using a unified table, the information about the extreme has been reported: when possible, the maximum gust has been shown, for each station, on the day of the surge peak (Table 2). This is quite significant since wind is very difficult to measure in a stable way, as we all know from our experience.*

*There is an important remark about time reckoning: in scientific terms, both meteorological and marine phenomena are observed synoptically, with a view that disregards time zones. For this reason the universal time (UT) is used, in fact the Greenwich mean time. It is one hour late with respect to central Europe (forgetting daylight-savings corrections), so that a certain event may be reported here as occurred at noon, while in other texts one finds 1 PM.*

*Another problem related to time concerns the fact that our processing refers to recordings taken at exact hourly values: comparisons, averages and even the 90 cm threshold for surges to be considered here, all obey this criterion.*

*Only while reporting the maximum level really reached in each case, the precise minute and the connected value are given, for a kind of historical respect for the content of the official tables.*

*A few comments about the meteorological variables considered here. Air pressure, measured in hPa (corresponding to the old-fashioned millibar), is expected to drop at the arrival of the storm, but this occurs differently along the Adriatic. This causes (together with wind) the variety of the events. Pressure decrease, as explained above, implies the local rise of sea level, with all the following oscillations.*

*Representing wind requires more, since both speed and direction are expected. Direction refers to the origin of the wind and is given in degrees: 90 from the east, 360 from the north and so on, while zero means calm. Speed is given in knots.*

La velocità è in nodi. La direzione, si noti, è scritta lungo il bordo del cerchio rappresentativo, mentre i vari raggi del cerchio (ossia il procedere circolare, orario) determinano il giorno e l'ora dell'osservazione. I dati mancanti si identificano dalla mancanza di direzione, abbinata ad una fittizia velocità zero. L'importanza del vento è dominante: lo scirocco, vento di sud-est, ha a disposizione tutto l'Adriatico per trascinare l'acqua verso il bordo chiuso ed alzare così il livello a Trieste e Venezia. Minore effetto ha la bora, vento di nord-est, che soffia trasversalmente all'asse del mare. Siccome è frequente il caso di bora a Trieste e a Venezia, mentre lo scirocco soffia sul medio e basso Adriatico, un osservatore locale, al nord, tende a considerare la bora colpevole delle inondazioni, ma questo è inesatto. Ancora circa il vento, così importante e così sfuggente: esso viene praticamente sempre misurato da stazioni costiere, mentre i valori efficaci sarebbero da cercare in mare aperto. Ricordiamo, tra tanti studi, quello che valuta il vento rivierasco come ridotto del 40% rispetto a quello marino nel basso Adriatico (Nania, 1969) ed anche dell'80% nel medio e alto Adriatico (Accerboni e Manca, 1973). Ricordiamo pure, a questo proposito, i molti progetti e tentativi per avere misure di vento da piattaforme od apposite boe. Attualmente, la piattaforma oceanografica del CNR (che sostiene anche attrezzature del Centro Maree di Venezia) è la più continua risposta a questa necessità.

Sempre per completezza di informazione, bisogna considerare che i livelli osservati sono riferiti allo zero mareografico del 1897 (ossia, per dire rozzamente, ad un certo livello immutabile rispetto a Venezia e alle sue costruzioni: se Venezia affonda sembra che il mare si alzi). I valori di livello, inoltre, sono tratti dal mareografo di Punta della Salute (o Punta della Dogana) a Venezia. Si ricorderà che l'onda mareale giunge a Venezia attraverso le bocche di porto e questo passaggio (con tutta la dinamica interna della laguna) implica piccole deformazioni e ritardi. Ci si domanda se fossero da preferire le registrazioni prese sul mare, come al mareografo di Diga sud Lido. Non è così: queste ultime, specie negli eventi di forte intensità qui considerati, si presentano assai meno affidabili per la loro esposizione e soggette ad effetti locali.

I dati di marea osservati provengono dall'Ufficio Idrografico e Mareografico di Venezia (già Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque), mentre i dati e le carte meteorologiche provengono dal Servizio Meteorologico dell'aeronautica Militare e dal Servizio Meteorologico Tedesco.

*To be noted that the direction is written close to the circumference of the circle drawn, while the rays (i.e. the circular, clockwise advancing) determine the time of the observation. Missing data are recognized by the lack of any direction number, with a fictitious zero speed.*

*The practical importance of the wind for our surges is prevailing: sirocco, the south-easterly wind, can act on a large part of the Adriatic to drag water towards the dead end, and this way it raises the level in Trieste and Venice.*

*Bora, the north-easterly wind, has a smaller effect, since it blows at a right angle with the axis of the sea. Since it is frequent to observe bora in Trieste and Venice, while sirocco is blowing on the central and the southern Adriatic, a local observer, in the north, tends to consider bora the main cause of the flood, but this is incorrect.*

*More about wind, very important and very elusive: almost all the times it is measured in coastal stations, while effective values should be obtained over the open sea. Among many studies, we quote the one that estimates the shore wind as reduced by 40% with respect to the offshore magnitude in the southern Adriatic (Nania, 1969) and even 80% in the middle and northern Adriatic (Accerboni e Manca, 1973).*

*In this sense, there are many projects and attempts to have wind measurements from platforms or buoys. At present, the CNR oceanographic platform (where also instruments of the Centro Maree of Venice are operating) is the most effective fulfilment of this demand.*

*For a precise interpretation of the data reported here, the observed levels are referred to the mean sea level of 1897 (considered, roughly speaking, as a zero that never changes with respect to Venice: if the town sinks, the sea seems to rise).*

*Moreover, the water levels come from the tide gauge of Punta della Salute (or Punta della Dogana) in Venice. It is well known that the tidal wave reaches Venice passing through the inlets and this transfer, together with the complex dynamics of the lagoon, implies deformations and delays.*

*The question arises whether the records taken on the sea (like at Diga Sud Lido) were to be preferred. It is not so: these latter observations, particularly in the violent conditions considered here, turn out to be less reliable due to the scarce protection of the instruments and to local distortions.*

*The observed values of the sea level are due to the Ufficio Idrografico e Mareografico of Venice (formally Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque), while meteorological data and maps come from the Servizio meteorologico dell'aeronautica Militare Italiana and the Deutscher Wetterdienst.*

Tabella 1 - Eventi di marea a Venezia con contributo meteorologico  $\geq 90$  cm (1951-2000)Table 1 – Tide events in Venice with surge contribution  $\geq 90$  cm (1951-2000)

n°	data date	osservata (cm) observed (cm)	ora T.U. hour T.U.	contr. meteo (cm) surge contr. (cm)	ora T.U. hour U.T.
1	12 Nov. 51	151	7.05	109	2.00
2	10 Nov. 57	120	12.00	98	14.00
3	13 Dec. 57	98	3.05	94	20.00
4	15 Oct. 60	145	6.55	93	6.00
5	04 Nov. 66	194	17.00	185	17.00
6	17 Feb. 67	107	20.00	94	19.00
7	03 Nov. 68	144	6.30	93	5.00
8	26 Nov. 69	138	0.05	88*	0.00
9	30 Oct. 76	124	5.30	90	11.00
10	21 Nov. 77	120	21.20	93	22.00
11	15 Nov. 79	118	10.00	103	12.00
12	22 Dec. 79	166	8.10	120	8.00
13	18 Dec. 81	128	17.25	116	18.00
14	06 Oct. 82	132	12.35	96	15.00
15	01 Feb. 86	158	2.45	101	3.00
16	25 Nov. 90	116	14.00	99	14.00
17	10 Dec. 90	128	2.35	114	9 Dec. 90 20.00
18	24 Nov. 91	107	13.00	100	16.00
19	08 Dec. 92	142	9.10	108	13.00
20	02 Oct. 93	112	21.10	95	18.00
21	18 Nov. 96	134	6.25	93	8.00
22	20 Dec. 97	125	10.55	90	11.00
23	06 Nov. 00	144	19.35	118	21.00

(\*) Questo evento è stato incluso in quanto il rialzo supera i 90 cm al momento del massimo anche se il valore alla scadenza oraria più prossima ne rimane inferiore (si veda la discussione nell'introduzione).

(\*) This event has been included since the surge is greater than 90 cm at the time of its maximum, even if at the closest hour the value remains lower (see the introduction).

Tabella 2 - Raffiche massime quotidiane [velocità in nodi (ora) direzione] in stazioni adriatiche per giorni di rialzi  $\geq 90$  cm a Venezia (Punta della Salute)Table 2 - Maximum daily gusts [speed in knots (hour) direction] at Adriatic stations in days of surges  $\geq 90$  cm at Venice (Punta della Salute)

Maximum surges	Trieste		Ronchi	Lido	Tessera		Rimini		Falconara		Termoli	Bari		Brindisi	Leuca		
15 Oct. 1960, h 5-7, 93 cm	40	120°					40	180°	42	200°				38	160°		
4 Nov. 1966, h 17, 182 cm	41	140°			52	140°	41	220°	47	130°		48	170°	58	140°	44	170°
3 Nov. 1968, h 5, 96 cm	37 (h 2) 120°			48 (h 4) 130°	45 (h 4) 140°		33 (h 7) 170°		33 (h 1) 140			38 (h 1) 180°		40	170°	39 (h 19) 210°	
26 Nov. 1969, h 0, 88 cm	56 (h 1) 190°			44 (h 1) 260°	40 (h 13) 230°		41 (h 13) 220°					40 (h 10) 240°		39	210°	38 (h 1) 220°	
30 Oct. 1976, h 11, 90 cm	53 (h 14) 240°		53 (h 14) 240°	37 (h 10) 120°	45 (h 10) 130°		33 (h 13) 160°		29 (h 7) 150°		53 (h 14) 240°	54 (h 4) 190°	48	140°	44 (h 8) 150°		
21 Nov. 1977, h 22-23, 93 cm	40 (h 17) 130°		38 (h 22) 170°			23 (h 17) 40°	30 (h 16) 120°		23 (h 16) 150°		30 (h 22) 170°	25 (h 16) 200°	20	150°	31 (h 19) 180°		
15 Nov. 1979, h 12, 103 cm	27 (h 10) 120°		37 (h 10) 140°			32 (h 10) 170°	34 (h 10) 200°		31 (h 16) 210°		37 (h 10) 140°	26 (h 5) 200°	38	180°	39 (h 17) 190°		
22 Dec. 1979, h 8, 120 cm	33 (h 4) 60°		40 (h 8) 80°			42 (h 7) 60°	41 (h 14) 160°		38 (h 5) 130°		40 (h 8) 80°	40 (h 10) 170°	48	360°	47 (h 4) 130°		
18 Dec. 1981, h 18, 116 cm	38 (h 16) 110°		49 (h 19) 160°			30 (h 16) 50°	35 (h 16) 150°		30 (h 13) 130°		49 (h 19) 160°	29 (h 10) 200°	44	170°	32 (h 16) 150°		
6 Oct. 1982, h 15, 96 cm	35 (h 13) 180°		48 (h 13)			35 (h 16) 220°	43 (h 19) 210°		32 (h 22) 200°		48 (h 13)	35 (h 11) 180°	45	250°	34 (h 10) 130°		
1 Feb. 1986, h 2, 101 cm			42 (h 2) 90°			43 (h 2) 70°	19 (h 1) 210°		34 (h 1) 130°		42 (h 2) 90°	57 (h 2) 160°	27	140°			
25 Nov. 1990, h 14, 99 cm	45 (h 13) 90°				46		36 (h 17) 170°						14	140°			
9 Dec. 1990, h 20, 114 cm	29 (h 14) 110°						27 (h 19) 130°						28	120°	42 (h 22) 170°		
10 Dec. 1990, h 2, oss: 126 cm	34	150°	35 (h 10) 180°				47 (h 7) 190°			35 (h 10) 180°					51 (h 8) 180°		
24 Nov. 1991, h 16, 100 cm	59 (h 14) 50°		42 (h 14) 70°			41 (h 13) 30°	46 (h 13) 60°		49 (h 8) 20°		42 (h 14) 70°		36	140°	58 (h 10) 230°		
8 Dec. 1992, h 12-13, 108 cm	58 (h 19) 50°						33 (h 22) 60°						35	130°	37 (h 16) 210°		

Nota: Le raffiche massime sono qui riportate per i casi in cui sono state reperite. Nell'evento del dicembre 1990 si sono considerati i due giorni contigui, interessati rispettivamente dal rialzo massimo e dal massimo livello osservato.

Note: The maximum daily gusts given here refer only to the cases where they were available. In the event of December 1990 the two successive days have been considered, that respectively refer to the maximum surge and to the maximum observed level.

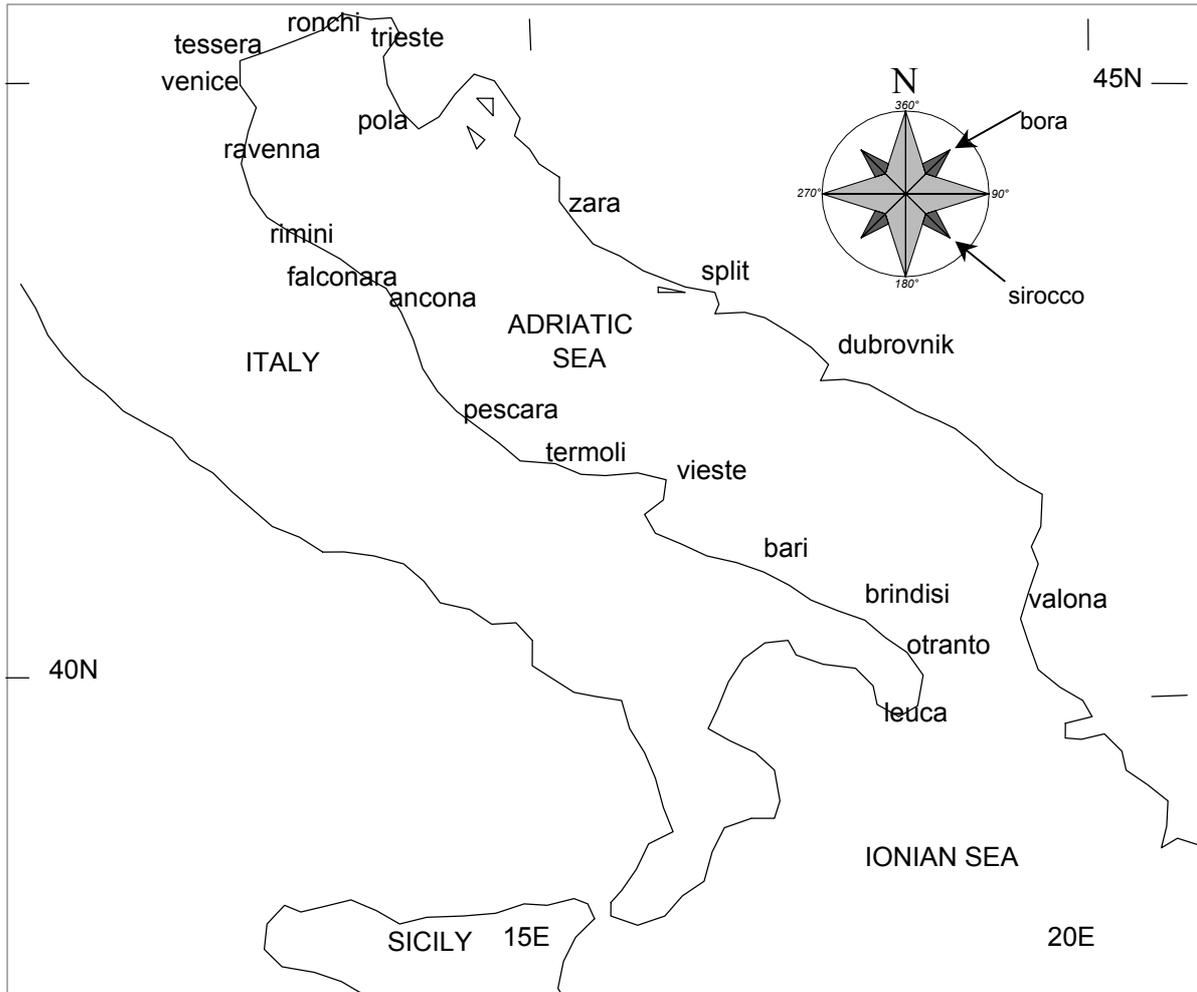


Fig. 1: Carta di localizzazione

Fig. 1: Location map