

Analisi dell'azione del vento di Sirocco alle foci dei fiumi Brenta-Bacchiglione e Livenza durante l'evento alluvionale di ottobre-novembre 2010 in Veneto

Francesco Baruffi (*), Massimo Cappelletto (*), Angelo Zandonella (**)

(*) Autorità di Bacino dei Fiumi dell'Alto Adriatico, Dorsoduro 3593, 30123 Venezia
Tel. 041.714444, Fax 041.714313, sistema.informativo@adbve.it
(**) Collaboratore Tecnico-Scientifico, angelo.zandonella@ieee.org

Riassunto

L'azione del vento alle foci del Brenta-Bacchiglione e del Livenza, durante l'evento alluvionale di ottobre-novembre 2010 in Veneto, è stata valutata utilizzando i seguenti indicatori: l'orientamento degli assi fluviali, la persistenza dell'azione del vento, la velocità del vento e l'innalzamento del livello marino.

I dati utilizzati sono: satellitari (radar scatterometro dei venti e radar altimetro), meteorologici e mareografici. Vengono acquisiti con frequenza giornaliera e sono disponibili 24 ore dopo la loro acquisizione.

Le mappe di stima dei vettori di vento sono state prodotte con dati MetOP/ASCAT corretti, lungo le zone costiere, della forma del segnale (eco) di ritorno, mediante un metodo di *retracking*.

Le misure radar altimetro, multi-missione e prodotte con procedure "near-real time", utilizzate sono: le Anomalie in Altezza della Superficie del Mare (AASM) e la Topografia Dinamica Assoluta (TDA). Nella produzione delle mappe AASM e della TDA sono state omesse dalle elaborazioni i dati acquisiti in prossimità delle zone costiere, per ovviare agli effetti, sul segnale di ritorno, della irregolarità fra superficie del mare e terra.

La persistenza dei venti siroccali durante l'evento è stata ricavata dalle misure degli anemometri delle stazioni mareografiche costiere. La velocità del vento alle foci dei fiumi dai dati ASCAT. L'innalzamento del livello marino sia dalle misure idrometriche delle stazioni mareografiche che dall'analisi delle mappe AASM e della TDA.

Abstract

To assess wind action at Brenta-Bacchiglione and Livenza river mouths, during the flood event of october-november 2010 in Veneto region, the following indicators are used: river axes orientation, wind action persistence, wind speed and sea level rise measures.

Spaceborne (wind radar scatterometer and radar altimeter) data, meteorological data and coastal tide gauge stations data are used for this analysis. This data are acquired at daily basis and generally are user-available within 24 hours.

By using MetOP/ASCAT data, wind vector estimation maps are produced, the coastal area waveform data are reprocessed by a retracking method.

Sea Level Anomaly (SLA) and Absolute Dynamic Topography (ADT), derived by near-real time multimission radar altimetry data, are used. To reduced the waveform anomalies along the coastal areas, data acquired in these areas are omitted in SLA and ADT maps production.

The persistence of Sirocco wind during the flood event was obtained by anemometer measures of tide gauge stations. The river mouths wind speed by ASCAT data. The sea level rise by hydrometric measures of tide gauge stations and by SLA and ADT map data analysis.

Introduzione

“Dal 31 ottobre al 2 novembre il Veneto è stato interessato da piogge persistenti in particolare sulle zone prealpine e pedemontane, dove sono stati superati i 300 mm di pioggia ... L'evento è stato caratterizzato anche da venti di Sirocco lungo la costa ed in quota ... A seguito di tale evento gran parte del territorio del Veneto è stato interessato da fenomeni di dissesto idrogeologico e da situazioni di criticità lungo quasi tutti i principali corsi d'acqua, con rotture degli argini o superamenti delle sommità a causa del livello di piena, filtrazioni e allagamenti di ampie parti del territorio regionale ...” (da comunicato ARPAV, 2010 sull'evento alluvionale).

L'ARPAV ha messo a disposizione della comunità scientifica i dati pluviometrici e idrometrici registrati dalle stazioni attive nel corso dell'evento, auspicando che eventuali elaborazioni dei dati possano permettere una “più dettagliata e condivisa valutazione dell'evento occorso”.

Lo scopo di questa relazione è di dare un contributo alla comprensione delle cause che hanno dato luogo ai fenomeni di dissesto idrogeologico accennati.

A questo riguardo è stata condotta un'analisi per valutare l'azione del vento alla foce dei fiumi Brenta-Bacchiglione e Livenza utilizzando come indicatori:

- l'orientamento degli assi fluviali, favorevole allo stress dei venti siroccali;
- la persistenza dell'azione del vento;
- la velocità del vento e l'innalzamento del livello marino rilevati alle foci.

Come è noto, l'azione del vento sulla superficie del mare produce, oltre al moto ondoso, uno spostamento di masse d'acqua. Le conseguenze di questo trasporto sono: un accumulo d'acqua nelle zone costiere sottovento ed una sottrazione in quelle sopravvento. Nel primo caso il livello marino subisce un innalzamento mentre nel secondo un abbassamento.

I venti di Sirocco persistenti, anche se moderati, possono produrre notevoli innalzamenti del livello del mare nell'Adriatico settentrionale. Il fenomeno viene favorito dalla lunghezza della zona d'azione del vento (grossomodo dalla foce dell'Adige a quella dell'Isonzo) ed è amplificata dai bassi fondali (Polli, 1961).

L'innalzamento del livello marino e lo stress del vento lungo gli assi fluviali possono produrre una diminuzione della velocità di deflusso dei fiumi a mare. Questo fattore non è mai stato preso in considerazione nei modelli di trasporto.

Materiali e metodi

I dati utilizzati per questa analisi sono:

- satellitari: Radar Scatterometro (RS) dei venti e Radar Altimetro (RA);
- meteorologici: geopotenziale, pressione in quota ed a livello mare, vento;
- mareografici: delle stazioni mareografiche del litorale costiero Veneziano (Figura 1 – La stazione Piattaforma CNR-ISMAR si trova a 15 Km. dalla costa).

I dati sono di tipo “Near-Real Time” (NRT): vengono acquisiti con frequenza giornaliera e sono disponibili 24 ore dopo la loro acquisizione.

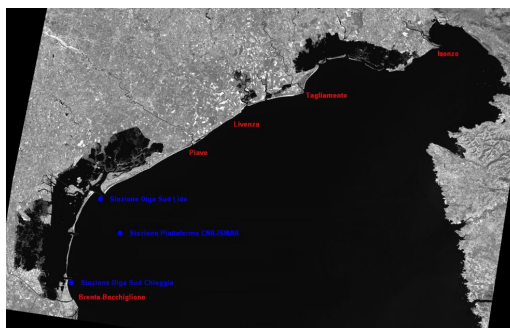


Figura 1 – Foci dei fiumi di competenza dell'Autorità di Bacino e stazioni mareografiche.

Misure radar scatterometro dei venti

Lo strumento non misura direttamente i campi di vento della superficie marina. Opera individuando i cambiamenti di riflessione radar della superficie del mare dovuti alla rugosità o scabrezza determinate dal vento. Le stime della velocità e della direzione del vento sulla superficie del mare vengono ottenute combinando misure di retrodiffusione acquisite da diverse geometrie di osservazione. Dai dati RS dei venti si ricavano le “mappe di stima dei vettori di vento della superficie del mare” al momento del passaggio del satellite.

Va osservato che le misure radar effettuate in prossimità delle zone costiere, possono essere poco accurate. Questo è dovuto alla complessa natura dell’eco di ritorno dalla superficie del mare a causa dell’irregolarità fra superficie del mare e terra lungo la traccia del satellite. Per migliorare la forma del segnale (eco) di ritorno vengono usate delle procedure di *post-processing* chiamate di *retraking*. Le mappe dei vettori di vento, riportate nel lavoro, sono state prodotte utilizzando dati dello scatterometro dei venti ASCAT del satellite MetOP, che è gestito da EUMETSAT (*European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites*).

La risoluzione dei campi di vento è di 25 Km. I dati ASCAT utilizzati nel lavoro sono corretti, lungo le zone costiere, della forma del segnale (eco) di ritorno.

La strategia di correzione utilizzata è basata sul metodo di filtraggio delle forme d’onda di Brown (Challenor e Srokosz, 1989). Tale metodo è stato oggetto di validazione e miglioramento nel progetto COASTALT finanziato dall’ESA (*European Space Agency*), Cipollini et. al. 2009.

L’accuratezza del metodo di correzione può essere desunto dall’esame delle correlazioni fra misure di velocità e direzione del vento rilevate da ASCAT e dagli anemometri delle stazioni mareografiche durante l’evento (Figura 2).

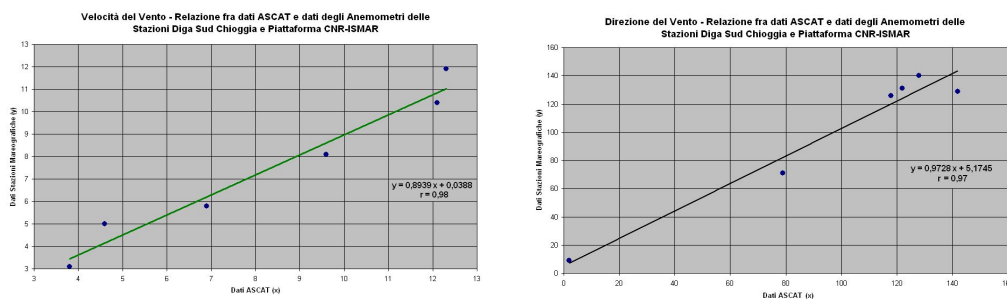


Figura 2 – Direzione e velocità del vento. Relazione fra dati ASCAT e dati degli anemometri delle stazioni mareografiche costiere durante l’evento.

Misure radar altimetro

Quelle prese in considerazione sono: l’Altezza della Superficie del Mare (ASM), le Anomalie in Altezza della Superficie del Mare (AASM) e la Topografia Dinamica Assoluta (TDA).

Le ASM sono misure di distanza della superficie del mare rispetto ad un ellissoide di riferimento. Vengono ottenute mediante differenza fra altitudine orbitale del satellite rispetto all’ellissoide di riferimento e *range* dell’altimetro (distanza fra altitudine orbitale e superficie del mare), corretto degli effetti strumentali.

Le AASM sono variazioni delle misure ASM rispetto alla Superficie Media del Mare (SMM) e corrette di alcuni effetti geofisici noti, come la circolazione oceanica e dei poli, l’inversione barometrica. Le misure AASM tengono conto della variabilità stagionale. Da questi dati si ricavano le Mappe AASM.

Le TDA sono misure di altezza della superficie del mare rispetto al geoide. Il modello di geoide usato è molto accurato ed è ottenuto con dati acquisiti per 4,5 anni dai satelliti della missione GRACE e dati acquisiti per molti anni dai satelliti con RA a bordo. Da questi dati si ricavano le

Mappe della TDA. La procedura usata per la produzione delle mappe è riportata in APPENDICE. Le misure AASM e TDA, usate in questo lavoro, sono misure RA prodotte con procedure NRT, per una rapida consegna all'utenza.

Dall'analisi di queste mappe, nel corso di una perturbazione, è possibile:

- localizzare le zone costiere di innalzamento del livello marino;
- localizzare le zone di spostamento e sollevamento delle masse d'acqua dovute a forzanti meteo.

Per ottenere stime quantitative (volume, altezza) della massa d'acqua spostata e sollevata è necessario utilizzare misure RA prodotte con procedure "Delayed Time" (RA-DT).

A differenza delle misure RA-NRT, quelle RA-DT utilizzano orbite precise, ma vengono fornite alcuni mesi dopo l'acquisizione.

Una descrizione più dettagliata di queste misure si può trovare nei manuali d'utenza dei vari satelliti e nei manuali dei prodotti multi-missione (AVISO, 2008, 2009)

Le misure ASM, AASM e TDA non sono direttamente confrontabili con quelle dei Livelli Medi Mareali (LMM) delle stazioni mareografiche costiere, se non mediante opportune correzioni e trasformazioni. In effetti, le misure LMM contengono contributi sia sulle variazioni reali del livello marino che su altri fattori, come i movimenti verticali della crosta terrestre (Woodworth et al., 1999, Fenoglio-Marc et al, 2004). A differenza delle misure RA quelle LMM non vengono corrette dalle anomalie gravimetriche, inversione barometrica, effetti delle correnti oceaniche, ecc. Inoltre le misure LMM, della Rete Telemareografica della Laguna di Venezia, fanno riferimento al piano fondamentale della Rete Altimetrica dello Stato del 1897, più basse di 23 cm. rispetto alla attuali.

Per ovviare alle limitazioni nelle misure RA lungo le zone costiere, dovute alla forma del segnale (eco) di ritorno (Fenoglio-Marc et al., 2007) nelle Mappe AASM e nelle Mappe della TDA prodotte e riportate nel lavoro, sono stati omessi dalle elaborazioni i dati RA-NRT relativi a tali zone.

Analisi dell'evento

Condizioni meteorologiche generali

Erano caratterizzate da una profonda depressione fra il Sud della Francia, Golfo di Biscaglia, Pirenei, allargatosi successivamente fra le Baleari e la Sardegna, (Figura 3), causando differenze di pressione fra il sud ed il nord Adriatico (in media 9 hPa nel corso della giornata del 31 ottobre, 8 hPa nel corso della giornata del 1 novembre, Figure 5 e 6).

Il fronte caldo, originato dai venti siroccali, è risalito lungo l'Adriatico e si è addossato al settore alpino (Figura 4). L'aria resa umida dal contatto con il Mediterraneo e sollevata da tali venti ha raggiunto le Prealpi ed è stata la causa delle forti piogge che hanno interessato vaste zone delle Prealpi e delle Alpi del Veneto.

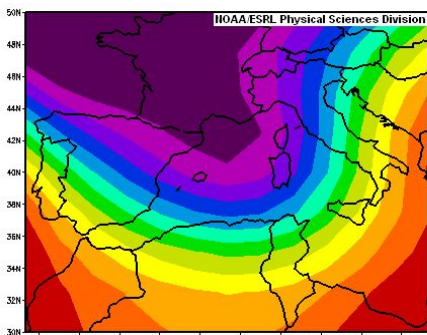


Figura 3 – Altezza del geopotenziale meteo (850 hPa) composto nel periodo 31 ott–2 nov 2010.

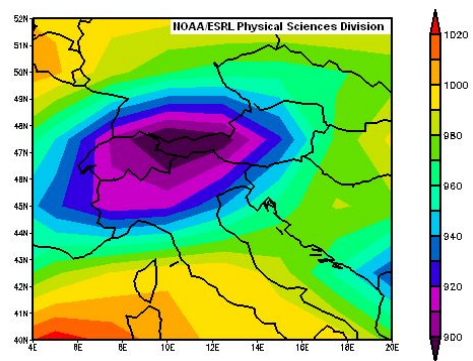


Figura 4 – Pressione in quota composta nel periodo 31 ott–2 nov 2010.

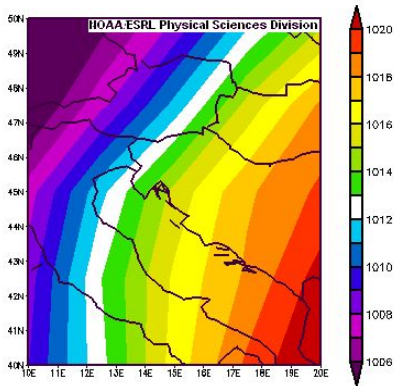


Figura 5 – Pressione a livello mare il 31 ottobre 2010.

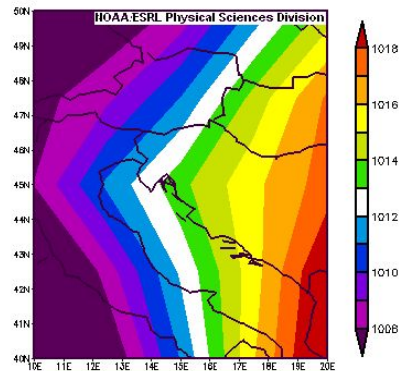


Figura 6 – Pressione a livello mare il 1 novembre 2010.

Venti siroccali

I campi di vento, rilevati da MetOp/ASCAT, evidenziano:

- Il 31 ottobre alle ore 20:17 UTC un intenso vento di Sirocco su tutto l'Adriatico, con velocità raggiungenti i 18 m/s lungo la costa Croata e 14 m/s lungo quella Italiana (Figura 7). Le velocità rilevate alle foci del Brenta-Bacchiglione e del Livenza erano, rispettivamente, di 13 m/s e di 15 m/s.
- Il 1 novembre alle ore 8:32 UTC un intenso vento di Sirocco su tutto l'Adriatico, con velocità raggiungenti i 18 m/s lungo la costa Croata dell'Adriatico centrale (Figura 8). Le velocità rilevate alle foci del Brenta-Bacchiglione e del Livenza erano, rispettivamente, di 7 m/s e di 13 m/s.
- Il 2 novembre alle ore 9:51 UTC un moderato vento di Sirocco sull'Adriatico, con velocità raggiungenti i 10 m/s lungo la costa Istriana e 5 m/s lungo quella Italiana (Figura 9). La velocità rilevata alla foce del Brenta-Bacchiglione era di 4 m/s, mentre alla foce del Livenza la direzione del vento era cambiata.

Va osservato che i dati ASCAT vengono acquisiti in circa 2 minuti per tracce del satellite MetOp longitudinali all'Adriatico e in circa mezzo minuto per tracce trasversali.

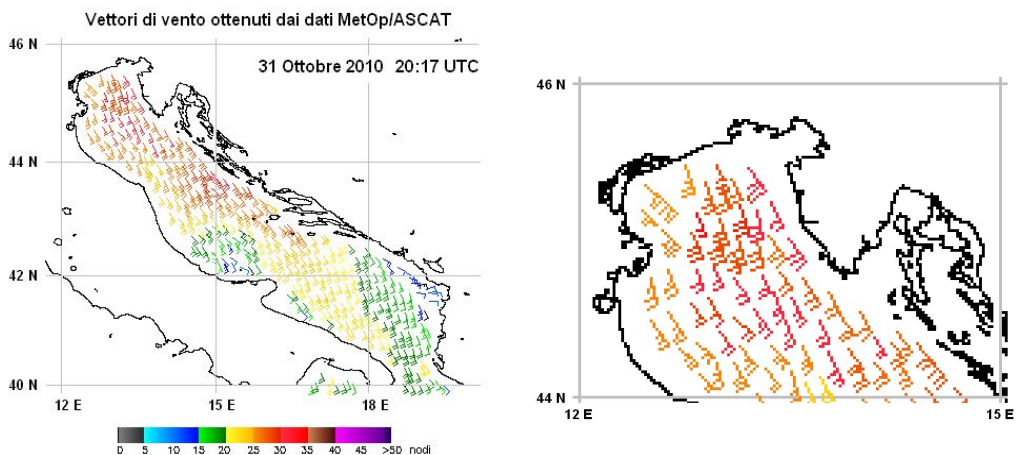


Figura 7 – Campi di vento rilevati da MetOP/ASCAT il 31 ottobre alle ore 20:17 UTC.

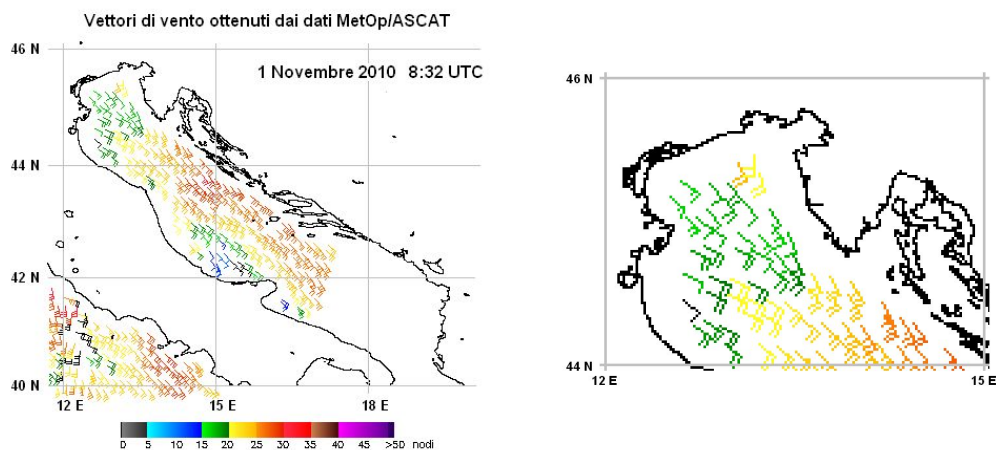


Figura 8 – Campi di vento rilevati da MetOP/ASCAT il 1 novembre alle ore 8:32 UTC.

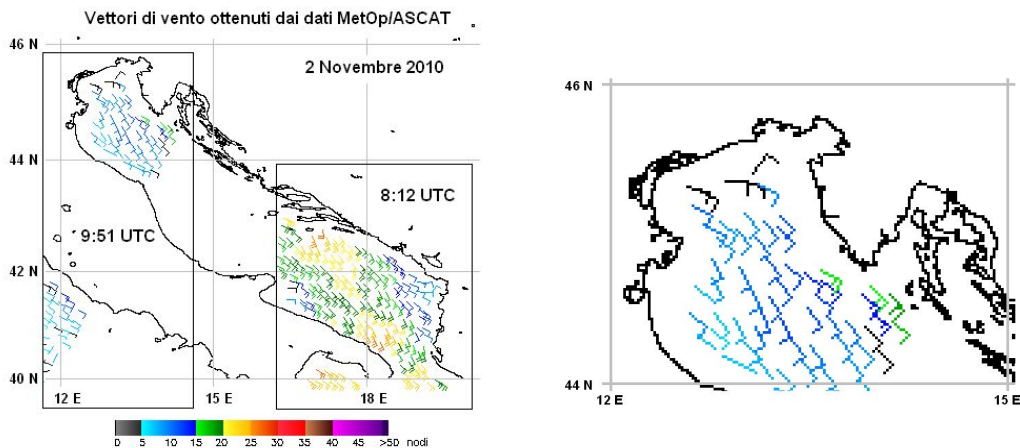


Figura 9 – Campi di vento rilevati da MetOP/ASCAT il 2 novembre alle ore 9:51 UTC.

Persistenza dei venti siroccali

L'azione continua e persistente dei venti di Sirocco (durata due giorni e mezzo) può essere desunta dall'esame delle misure degli anemometri delle stazioni mareografiche costiere riportate nella Tabella 1 e Figura 10.

Tabella 1 – Velocità minima e massima dei venti siroccali misurate dalle stazioni mareografiche.

Giorno	Ora		Stazione Diga Sud Chioggia		Stazione Piatt. CNR-ISMAR	
	Da	A	Min	Max	Min	Max
31 ottobre	3:00	24:00	6,8 m/s	11,7 m/s	9,1 m/s	14,4 m/s
1 novembre	1:00	13:00	4,5 m/s	10,7 m/s	6,5 m/s	12,5 m/s
	14:00	24:00	3,0 m/s	6,2 m/s	6,3 m/s	8,3 m/s
2 novembre	1:00	4:00	3,8 m/s	9,3 m/s	8,9 m/s	11,4 m/s
	7:00	13:00	3,0 m/s	3,7 m/s	4,2 m/s	9,9 m/s

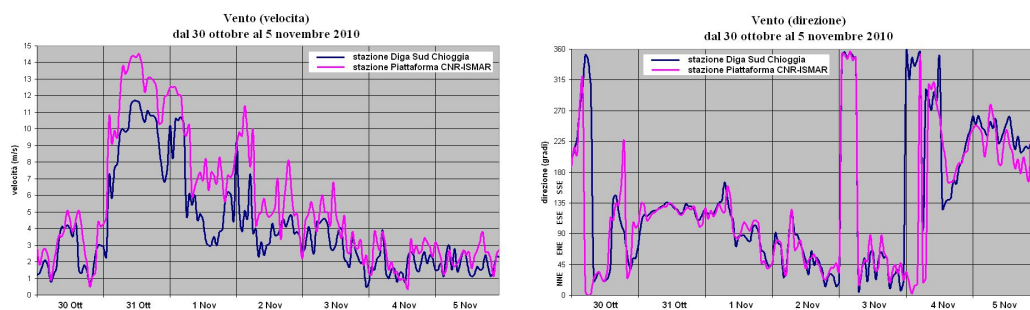


Figura 10 – Dati di vento registrati dagli anemometri delle stazioni Diga Sud Chioggia e Piattaforma CNR-ISMAR.

Innalzamento del Livello del Mare dovuto all'azione del vento

Dai dati LMM delle stazioni mareografiche (Diga Sud Chioggia, Piattaforma CNR-ISMAR e Diga Sud Lido) risulta che l'innalzamento medio del livello marino lungo il litorale costiero, fra il 30 ottobre ed il 1 novembre, è stato di circa 30 cm., passando da 40 cm. a 70 cm.

Il 2 novembre, con la riduzione degli effetti dei venti siroccali, inizia a ristabilirsi l'equilibrio del dislivello creato. Come è noto, per le caratteristiche del bacino dell'Adriatico, questo avviene mediante una successione di oscillazioni (oscillazioni libere) che gradualmente si smorzano.

Dal 2 novembre al 5 novembre il livello medio marino è passato da 70 cm. a 20 cm. (Figura 11).

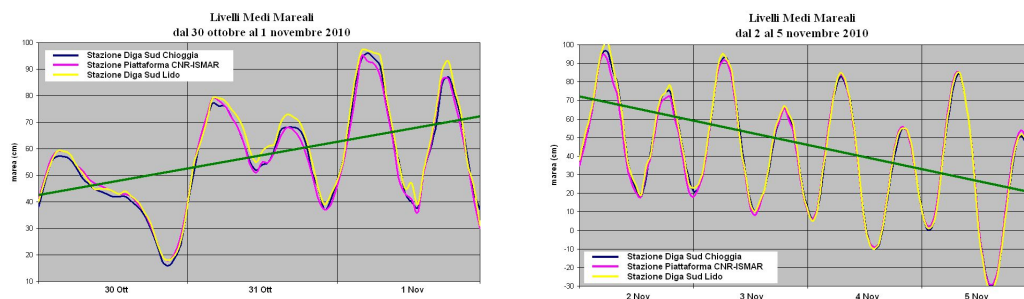


Figura 11 – Livelli Medi Mareali registrati dai mareografi delle stazioni: Diga Sud Chioggia, Piattaforma CNR-ISMAR e Diga Sud Lido.

Fenomeni Osservati dal 31 Ottobre al 2 Novembre

La giornata del **31 ottobre** era caratterizzata dai seguenti fenomeni:

- Forte vento di Sirocco, dalle ore 3 alle ore 24, con velocità da 6,8 a 14,4 m/s (Tabella 1).
- Un innalzamento del livello del mare lungo tutto il litorale costiero dell'Adriatico settentrionale, dovuto allo spostamento delle masse d'acqua prodotto dai venti siroccali.
- Uno spostamento e sollevamento di masse d'acqua di fronte alla costa occidentale dell'Istria, creando in tale zona un temporaneo dislivello.
- Un sollevamento del livello marino, in prossimità delle foci del Brenta-Bacchiglione e del Livenza, superiore a quello in prossimità della foce del Piave (cfr. Mappe AASM e della TDA della Figura 12).

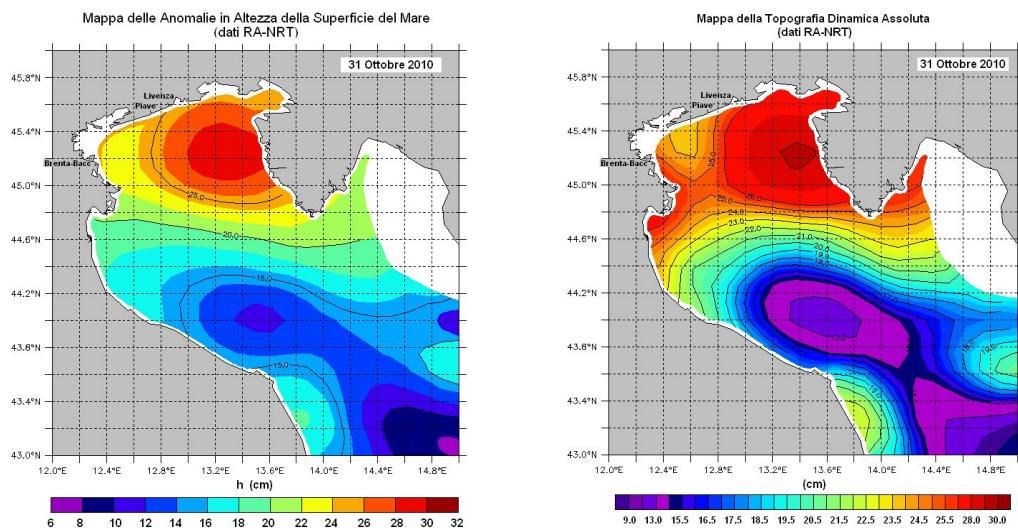


Figura 12 – Mappe AASM e della TDA ottenute da elaborazioni di dati RA-NRT del 31 ottobre 2010.

La giornata del **1 novembre** era caratterizzata da:

- Forte vento di Sirocco, dalle ore 1 alle 24, con velocità da 3 a 12,5 m/s (Tabella 1).
- Un ulteriore aumento del livello marino lungo il litorale costiero dell'Adriatico settentrionale e, in particolare, dalla foce del fiume Livenza a quella dell'Isonzo, dovuto all'azione continua e persistente dei venti siroccali (cfr. Mappe AASM e della TDA della Figura 13).

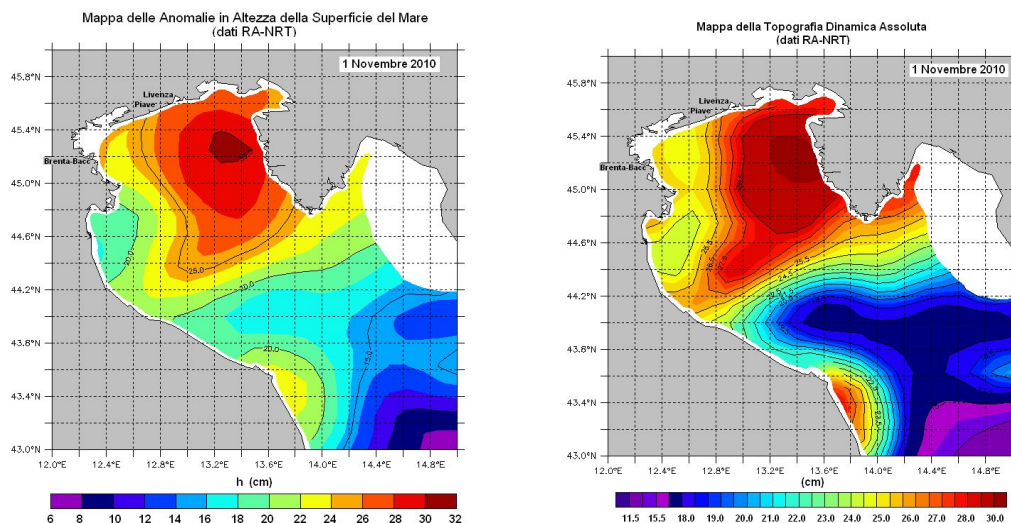


Figura 13 – Mappe AASM e della TDA ottenute da elaborazioni di dati RA-NRT del 1 novembre 2010.

La giornata del **2 novembre** era caratterizzata da:

- Vento di Sirocco, dalle ore 1 alle 4, dalle 7 alle 13, con progressiva riduzione della velocità nel corso della giornata (Tabella 1).
- Una lieve diminuzione dei dislivelli creati dai venti meridionali lungo la zona costiera del nord Adriatico.
- Permangono i maggiori dislivelli lungo la zona costiera fra la foce del Livenza e quella dell'Isonzo rispetto a quella fra la foce del Piave e quella del Brenta-Bacchiglione.
- Inizia la fase di ristabilimento dell'equilibrio marino (cfr. Mappe AASM e della TDA della Figura 14).

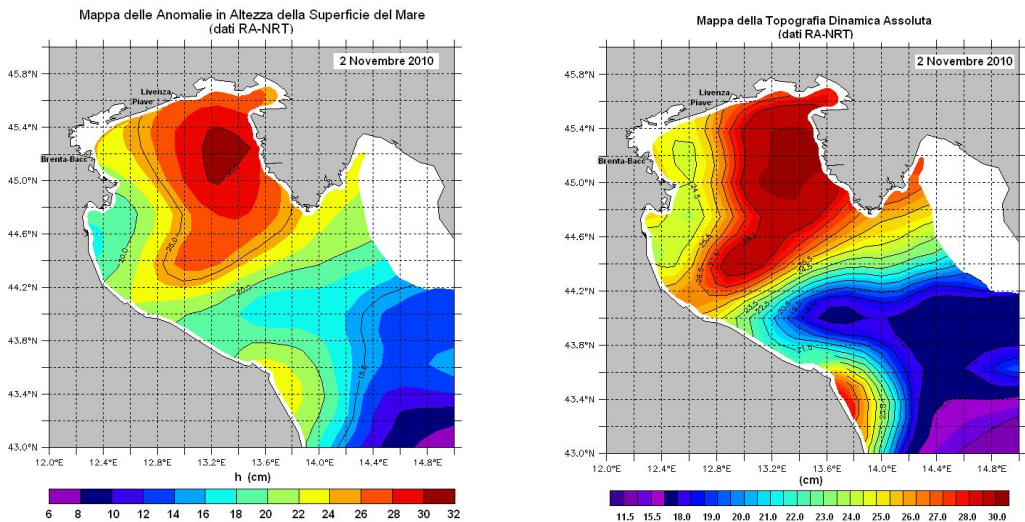


Figura 14 – Mappe AASM e della TDA ottenute da elaborazioni di dati RA-NRT del 2 novembre 2010.

Conclusioni

L'azione del vento di Sirocco alle foci del Brenta-Bacchiglione e Livenza è stata valutata mediante una serie di indicatori quali: l'orientamento degli assi fluviali, la persistenza dell'azione del vento, la velocità del vento e l'innalzamento del livello marino.

Dall'analisi dei dati satellitari e mareografici disponibili, acquisiti con procedure NRT, si può affermare quanto segue:

- L'azione del vento di Sirocco continua e persistente (durata due giorni e mezzo), la velocità del vento (da 3 m/s a 15 m/s) e l'innalzamento (di circa 30 cm) del livello marino alle foci dei fiumi Brenta-Bacchiglione e Livenza, possono aver contribuito ad un rallentamento del loro deflusso a mare.
- La maggiore velocità del vento rilevate da MetOp/ASCAT alla foce del Livenza rispetto a quella del Brenta-Bacchiglione il 31 ottobre ed il 1 novembre, il maggior innalzamento del livello marino rilevato dai RA lungo il litorale costiero fra le foci del Livenza e dell'Isonzo, rispetto a quello fra le foci del Piave e Brenta-Bacchiglione nei giorni 1 e 2 novembre, sono fattori che possono indicare una maggior diminuzione della velocità di deflusso a mare del Livenza rispetto a quello del Brenta-Bacchiglione.

Ringraziamenti

I dati delle stazioni mareografiche usati nel lavoro sono distribuiti dal Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia.

Le immagini del geopotenziale, della pressione in quota ed a livello mare sono prodotte dalla NOAA/ESRL (*National Oceanic & Atmospheric Administration/Earth System Research Laboratory*).

I dati MetOp/ASCAT, usati per la produzione delle mappe dei vettori di vento, sono distribuiti dalla NOAA/NESDIS (*National Oceanic & Atmospheric Administration/National Environmental Satellite, Data, and Information Service*).

I dati RA-NRT, usati per la produzione delle mappe AASM e della TDA, sono distribuiti da AVISO (*Archiving, Validation and Interpretation of Satellite Oceanographic data*).

Bibliografia

ARPAV (2010), Comunicato ARPAV “Evento alluvionale ottobre – novembre 2010 in Veneto”.

<http://www.arpa.veneto.it>

AVISO (2009), “SSALTO/DUACS User Handbook: (M)SLA and (M)ADT Near-Real Time and Delayed Time Products”, Issue 1, Rev. 10.

AVISO (2008), “DT CorSSH and DT SLA Product Handbook”, Issue 1 Rev. 4.

Challenor P.G., Srokosz M.A. (1989), “The extraction of geophysical parameters from radar altimeter return from a nonlinear ocean surface”, *Mathematics in Remote Sensing*, Clarendon Press.

Cipollini P., Gommenginger C., Coelho H., Fernandes J., Gomez-Enri J., Martin-Puig C., Vignudelli S., Woodworth P., Dinardo S., Benveniste J. (2009), "Progress in Coastal Altimetry: the experience of the COASTALT Project", EGU 2009, Vienna, Austria.

Fenoglio-Marc L., Groten E. and Dietz C., (2004), “Vertical Land Motion in the Mediterranean Sea from altimetry and tide gauge stations”, *Marine Geodesy*, 27 (3-4): 683-701.

Fenoglio-Marc L., Vignudelli S., Humbert A., Cipollini P., Fehla M., Becker M. (2007), “An assessment of satellite altimetry in proximity of the mediterranean coastline”, *Proc. Envisat Symposium 2007*, Montreux, Switzerland (ESA SP-636, July 2007).

Polli S. (1961), “Sul fenomeno dell'acqua alta nell'Adriatico Settentrionale”, *Rapp. prelim. della commissione di studio per la conservazione della laguna di Venezia*, Vol. 1, Istituto Veneto di Scienze Lettere ed Arti.

Woodworth P.L., Tsimplis M.N., Flather R.A., Shennan I. (1999), “A review of the trends observed in the British Isles mean sea level data measured by tide-gauges”, *Geophysical Journal International*, 136: 651-670.

APPENDICE

Procedura utilizzata per la produzione delle mappe AASM e della TDA

Fasi della procedura:

- Fase 1** - Eliminazione, dalle elaborazioni, dei punti della traccia fino a 25 Km dalla costa (Fenoglio-Marc et al., 2007).
- Fase 2** - Suddivisione dell'area di studio (Adriatico settentrionale) mediante una griglia con celle di 1/8 di grado per 1/8 di grado.
- Fase 3** - Assegnazione di pesi diversi ai dati della traccia acquisiti in tempi diversi: giorno t (= 1), giorno t-1 (da 0,9 a 0,4), giorno t-2 (da 0,3 a 0,1).
- Fase 4** - Stima del valore centrale "AASM" o "TDA" della generica cella in funzione della distanza (inferiore ad una distanza massima) fra l'i-mo punto della traccia ed il punto centrale della cella:

$$Z_k = \frac{\sum_{i=1}^n Z_i / D_{i,k}}{\sum_{i=1}^n 1 / D_{i,k}} \quad \text{per } D_{i,k} \leq D_{\max,k} \quad [1]$$

$$D_{i,k} = [(X_k - X_i)^2 + (Y_k - Y_i)^2]^{1/2} \quad [2]$$

dove:

- Z_k Valore centrale stimato ("AASM" o "TDA") della k-ma cella della griglia.
 Z_i Valore osservato ("AASM" o "TDA") dell'i-mo punto della traccia.
 $D_{i,k}$ Distanza fra l'i-mo punto della traccia ed il valore centrale della k-ma cella della griglia.
 $D_{\max,k}$ Distanza massima di $D_{i,k}$.
 X, Y Coordinate.

- Fase 5** - Interpolazione dei dati di stima dei centri delle celle della griglia con una superficie polinomiale di ordine "L". La bontà dell'adattamento viene valutato mediante analisi della varianza. "L" deve risultare statisticamente significativo e non devono esserci differenze significative fra "L" ed "L+1".
- Fase 6** - Se l'andamento nel tempo dei dati AASM o della TDA, in prossimità delle zone costiere, non corrisponde all'andamento dei dati LMM delle stazioni mareografiche costiere vengono modificati i pesi e la distanza massima.

Si osserva che vi sono delle differenze fra questa procedura e quelle generalmente usate per la produzione delle mappe AASM o della TDA. In effetti, in queste procedure:

- Vengono considerate tutte le tracce utili fino a 7 giorni antecedenti. Ai dati delle tracce di giorni diversi vengono assegnati gli stessi pesi.
- Il valore centrale di stima della k-ma cella non viene pesato con una distanza di tipo $D_{i,k}$.
- L'interpolazione dei dati di stima dei centri delle celle della griglia viene effettuata con una interpolazione spaziale ottimale, non necessariamente valutata statisticamente.
- Non vi sono valutazioni sui risultati finali ottenuti.